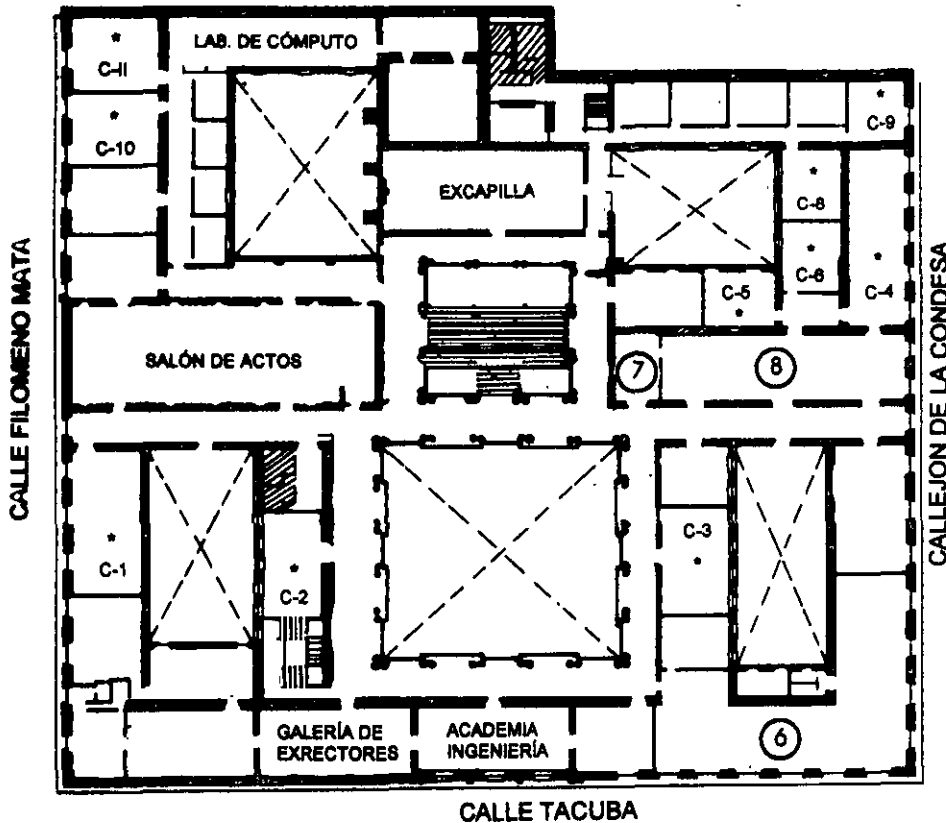


# PALACIO DE MINERÍA



## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANITARIOS

\* AULAS

**1er. PISO**



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

### **DIPLOMADO EN EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES**

**MODULO OPTATIVO: SAP 2000 PARA  
ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y  
CIMENTACIONES  
CA 025**

**TEMA  
EFECTO DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN  
UN EDIFICIO REGULAR DE DIEZ NIVELES**

**ING. FERNANDO MONROY MIRANDA  
PALACIO DE MINERÍA  
OCTUBRE DE 2002**

Se determinan los efectos de la interacción suelo-estructura en un edificio regular de diez niveles. Se ilustra cómo definir el espectro para diseño sísmico, conocido el periodo dominante más largo del sitio de interés,  $T_s$  (fig 3.2 y tabla 3.1); se muestra el cálculo del valor aproximado del periodo fundamental de vibración, incluyendo las contribuciones provenientes de interacción suelo-estructura debidas al desplazamiento horizontal y rotación de la base de la construcción (tabla 3.2 y fig 3.3). Asimismo, se presenta cómo determinar los elementos elásticos (resortes) de rigideces  $K_x$  y  $K_r$  que simulan la flexibilidad del terreno; para ello se recurre al artificio de modelación estructural con un entrepiso ficticio cuyas propiedades de vigas y columnas corresponden a la rigidez y masa de la cimentación (fig 3.4).

**DATOS**

<u>Vigas</u>	Sección
	(cmxcm)
— Principales	40x100
- - - Secundarias	35x70

Espesor de losas:

10 cm

<u>Columnas</u>	Sección
	(cmxcm)

Exteriores (todas) 120x60

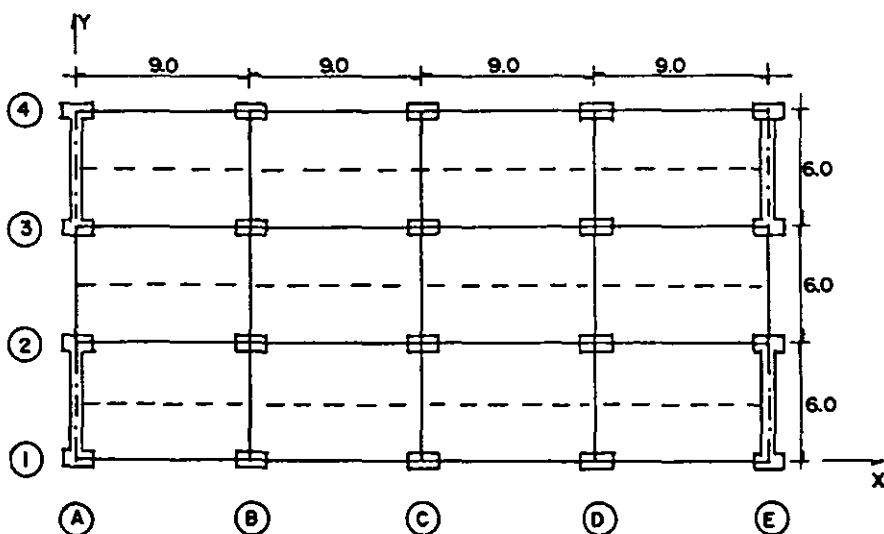
Interiores (Hasta nivel 4) 120x60

110x60

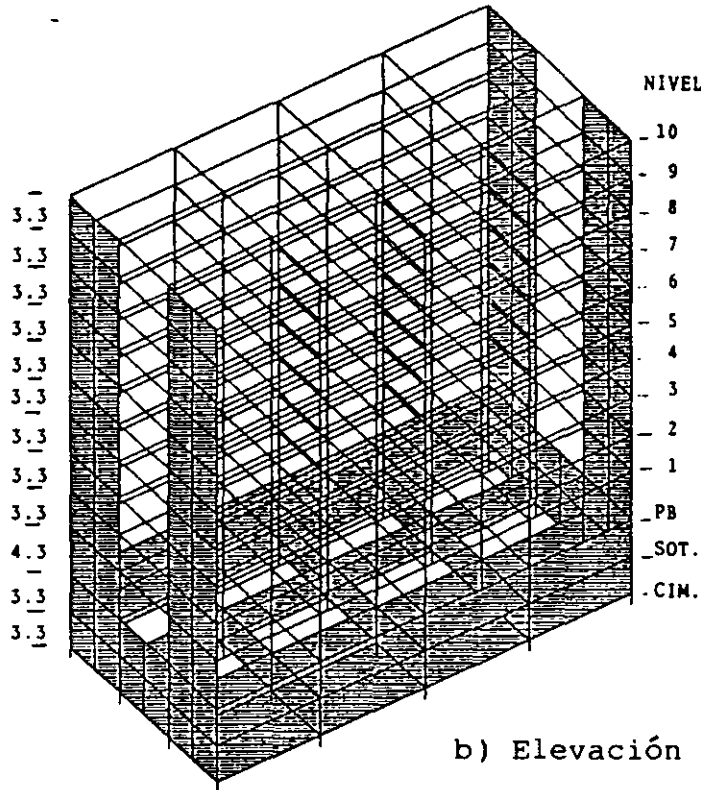
(Entrepisos 5-7)

100x60

(Entrepisos 8-10)



a) Planta tipo



<u>Muros y</u> <u>contratraves</u>	Esesor (cm)
Cajón	50
Hasta nivel 4	40
Entrepisos 5-7	35
Entrepisos 8-10	30

Dimensiones en m, si no se indica otra cosa

Los claros son entre ejes

Las alturas son de piso a piso de losa

FIG 3.1 PROPIEDADES ESTRUCTURALES

DIEZ NIVELES + CAJÓN DE CIMENTACIÓN + PILOTES DE FRICCIÓN

EDIFICIO PARA OFICINAS

GRUPO A

ZONA III (COMPRESIBLE)

$$Q = 2$$

$$\gamma_p \leq 0.006$$

$$T_s = 2.0 \text{ s}$$

$$H = 40 \text{ m}$$

CONCRETO CLASE 1:  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ ,  $E_c = 14,000 \sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

**CONSTANTES**

$$E_c = 14,000 \sqrt{250} = 221,360 \text{ kg/cm}^2 = 221.36 \text{ t/cm}^2$$

$$I_{\bar{x}} = \frac{18^3 (36)}{12} = 17,496 \text{ m}^4$$

$$I_{\bar{y}} = \frac{18 (36^3)}{12} = 69,984 \text{ m}^4$$

$$A = 18 \times 36 = 648 \text{ m}^2$$

$$R_x = (A/\pi)^{1/2}$$

$$R_x = (648/\pi)^{1/2} = 14.36 \text{ m}$$

$$R_y = (4I/\pi)^{1/4}$$

$$R_y \text{ (Longitudinal)} = [4 (69,984)/\pi]^{1/4} = 17.26 \text{ m}$$

$$R_y \text{ (Transversal)} = [4 (17,496)/\pi]^{1/4} = 12.22 \text{ m}$$

$$7 \quad G = 2 (H/T_s)^2$$

$$G = 2(40/2)^2 = 800 \text{ t/m}^2$$

$$8 \quad K_x = 8GR_x$$

$$K_x = 8 (800) (14.36) = 91,904 \text{ t/m}$$

$$9 \quad K_r = 11 GR^3$$

$$K_r (\text{Longitudinal}) = 11 (800) (17.26)^3 = 45,406,067 \text{ t-m/rad}$$

$$K_r (\text{Transversal}) = 11 (800) (12.22)^3 = 16,058,179 \text{ t-m/rad}$$

## 10 ESPECTROS MODIFICADOS PARA DISEÑO SISMICO

Conocido  $T_s = 2 \text{ s}$ , para estructuras del grupo A y zona III:

$$T_b = 0.35 T_s = 0.7 \text{ s} > 0.64 \text{ s, se utiliza } T_b = 0.7 \text{ s}$$

$$T_b = 1.2 T_s = 1.2(2) = 2.4 \text{ s}$$

$$C = \frac{1.5(1.6) T_s}{4 + T_s^2} = \frac{1.5(1.6)(2)}{4 + 2^2} = 0.6$$

La fig 3.2 muestra la comparación de los espectros para diseño sísmico para  $Q = 1$  y  $Q = 2$  para los casos en que se desconoce y se conoce  $T_s$ . La tabla 3.1 presenta los cálculos.

### CÁLCULO DEL PERIODO FUNDAMENTAL, $T_1$

$$T_1 = [T_0^2 + T_x^2 + T_r^2]^{1/2}$$

$T_0$  = Periodo fundamental, base rígida (empotramiento en PB)

### CÁLCULO DE $T_x$

Suponiendo que el desplazamiento de la base está restringido por un elemento elástico cuya rigidez vale  $K_x$  (en t/m), entonces:

$$T_x = 2\pi (W'_0 / gK_x)^{1/2} \text{ (segundos)}$$

donde

$W'_0$  = Peso neto de la construcción en el nivel de desplante = valor de  $W_0$  en el nivel de desplante de la estructura, incluyendo el peso de la cimentación menos el peso del suelo desplazado en el nivel de desplante

$g$  = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$$W'_o = 11,226 - (6.6 \times 18 \times 36)1.5 = 4,811 \text{ t}$$

$$0.7 W_o = 0.7(11,226) = 7,859 \text{ t}$$

Como  $W'_o$  resulta menor que  $0.7W_o$ , se utiliza  $W'_o = 7,859 \text{ t}$ , tal que sustituyendo valores:

$$T_x = 2\pi [(7,859)/(9.81 \times 91,904)]^{1/2} = 0.59 \text{ s}$$

### CÁLCULO DE $T_r$

Suponiendo ahora que la rotación de la base está restringida por un elemento elástico de rigidez  $K_r$  (en t-m/rad), se tiene que:

$$T_r = 2\pi (J/gK_r)^{1/2} \text{ (segundos)}$$

donde

$J$  = Momento de inercia neto del peso de la construcción con respecto al eje centroidal de su base y perpendicular a la dirección que se analiza, descontando el momento de inercia del peso del suelo desplazado por la estructura

12

$$J = W_o h_{cg}^2 - W_{suelo} (\text{profundidad desplante}/2)^2$$



$$J = (11,226) (18.32)^2 - (6.6 \times 18 \times 36) (1.5) \left( \frac{6.6}{2} \right)^2 = 3,697,990 \text{ t-m}^2$$

$$0.7 J_o = 0.7 (W_o h_{cg}^2) = 0.7 (11,226) (18.32)^2 = 2,637.496 \text{ t-m}^2$$

Como  $J$  resulta mayor que  $0.7J_o$ , se utiliza  $J = 3,697,990 \text{ t-m}^2$ .

Sustituyendo valores,

$$T_r (\text{Longitudinal}) = 2\pi [(3,697,990)/(9.81) (45,406,067)]^{1/2} = 0.57 \text{ s}$$

$$T_r (\text{Transversal}) = 2\pi [(3,697,990)/(9.81) (16,058,179)]^{1/2} = 0.96 \text{ s}$$

### CÁLCULO DE $T_r$

Conocidos  $T_o$  (base fija),  $T_x$  y  $T_r$ ,

$$T_r (\text{Longitudinal}) = (0.82^2 + 0.59^2 + 0.57^2)^{1/2} = 1.16 \text{ s}$$

$$T_r (\text{Transversal}) = (0.61^2 + 0.59^2 + 0.96^2)^{1/2} = 1.28 \text{ s}$$

Los periodos fundamentales de vibración en las direcciones longitudinal y transversal del edificio con base fija se obtuvieron a partir del modelo tridimensional de la estructura. Para incluir en los análisis los efectos de la flexibilidad de la base se incluyó en la cimentación un piso ficticio, con columnas de propiedades equivalentes que simulan la rigidez lineal y angular del terreno.

13 CÁLCULO DE PROPIEDADES GEOMÉTRICAS PARA LOS MIEMBROS DEL PISO FICTICIO**EFFECTOS DE LA RIGIDEZ LINEAL DEL TERRENO**

$$K_x = \sum_{i=1}^n \frac{12E_i I_i}{L^3}$$

$I_i$  es el momento de inercia de las columnas ficticias. Para  $E_i = E$ ,  $I_i = I$  y  $n$  columnas, resulta

$$I = \frac{K_x L^3}{n(12E)}$$

Sustituyendo valores (ver fig 3.4),

$$I = [(91,904) (1)^3] / [(20)(12)(2,213,600)] = 0.000173 \text{ m}^4$$

$$I = 17,300 \text{ cm}^4$$

**EFFECTOS DE LA RIGIDEZ ANGULAR DEL TERRENO**

$$K_r = \sum_{i=1}^n \delta_i \frac{A_i E_i}{L} X_i$$

Para  $A_i = A$ ,  $E_i = E$ ,

$$A = A_x = \frac{K_r L}{E \sum_{i=1}^n \delta_i X_i}$$

---

Sustituyendo valores (ver fig 3.4) para ambas direcciones, se tiene que:

$$A_x \text{ (Longitudinal)} = \frac{45,406,067 (1)}{2,213,600 (56.56)}$$

$$A_x \text{ (Longitudinal)} = 0.3627 \text{ m}^2 = 3,627 \text{ cm}^2$$

$$A_x \text{ (Transversal)} = \frac{16,058,179 (1)}{2,213,600 (15.71)}$$

$$A_x \text{ (Transversal)} = 0.4618 \text{ m}^2 = 4,618 \text{ cm}^2$$

## RESULTADOS ANALÍTICOS Y COMPARACIONES

### PERIODOS (tabla 3.3)

Se presentan los periodos de vibración del edificio con y sin los efectos de la interacción suelo-estructura, así como también con y sin la influencia de las deformaciones axiales de las columnas, para fines comparativos. En la dirección transversal los efectos de la interacción son más importantes.

Al comparar los resultados analíticos con los determinados mediante la fórmula aproximada de las NTC-S, para la dirección longitudinal se observa muy buena congruencia (1.12 s contra 1.16 s); para la dirección corta el valor con fórmula parece sobrevaluar el periodo (1.27 s contra 0.97 s).

15 **DESPLAZAMIENTOS (tablas 3.4 y 3.5, figs 3.5 a 3.7)**

Se tienen los resultados de desplazamientos laterales máximos totales y los de las relaciones desplazamiento relativo entre altura de entrepiso, con y sin la influencia de la interacción suelo-estructura y de las deformaciones axiales de los miembros estructurales verticales, para fines comparativos. La revisión ante el valor permisible de 0.006 debe hacerse con los resultados que no incluyen los efectos de las deformaciones axiales de las columnas, pero determinados con las fuerzas sísmicas dinámicas  $F_d$  que se calcularon a partir del análisis con la influencia de la interacción y de las deformaciones axiales de dichos miembros estructurales verticales.

La estructura en la dirección longitudinal resulta más flexible, lo que concuerda con los resultados de los periodos de vibración.

Con los efectos de interacción suelo-estructura se incrementan los desplazamientos con respecto a los calculados bajo la hipótesis de que la estructura se apoya rígidamente en su base; ocurre lo mismo con los periodos de vibración.

16 **FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO (tablas 3.6 y 3.7, figs 3.8 y 3.9)**

En los entrepisos inferiores se tienen mayores diferencias entre la condición de base fija y base flexible, resultando mayores para esta última condición de apoyo.

Para el edificio del ejemplo no se tienen cambios importantes en las fuerzas del modelo con y sin la influencia de los efectos de las deformaciones axiales de las columnas.

## COMENTARIOS

1. El ejemplo está basado en el apéndice A de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTC-S).

Se utilizó el factor de comportamiento sísmico  $Q = 2$  sólo para fines de aplicación. Tal vez en una estructura nueva de este tipo convendría  $Q = 3$ . Depende de que se cumplan ciertas condiciones.

Se muestran comparaciones de respuestas sísmicas del ejemplo, con y sin la influencia de los efectos de la interacción suelo-estructura (tablas 3.3 a 3.7 y figs 3.5 a 3.9).

2. Las esquadras propuestas de vigas, columnas y muros son las necesarias para que las deformaciones laterales de entrepiso debidas a fuerza cortante (sin la influencia de las deformaciones axiales de columnas), incluyendo los efectos de interacción suelo-estructura, resultaran del orden de 0.006 veces la altura de entrepiso (art 209 del Reglamento); se obtuvieron por tanteos a partir del análisis bajo fuerzas laterales.
3. La estructura se considera ubicada en un sitio en que se conoce el periodo dominante más largo del terreno,  $T_s$ , y la profundidad de los depósitos firmes profundos en dicho sitio,  $H$ .
4.  $A$  es el área de la superficie neta de cimentación;  $I_{\bar{x}}$ ,  $I_{\bar{y}}$  los momentos de inercia de dicha superficie con respecto a sus ejes centroidales, perpendiculares a la dirección que se analiza, respectivamente.
5.  $R_x$  y  $R_r$  son los radios equivalentes para el cálculo de  $K_x$  y  $K_r$ , respectivamente.

6.  $R_L$  (Longitudinal) y  $R_T$  (Transversal) son los radios equivalentes para incluir los efectos de la interacción suelo-estructura debidos a la rotación de la base de la construcción en las direcciones larga y corta del edificio, respectivamente.
7. Es el módulo de rigidez del suelo, en  $t/m^2$ .
8. Valor definido en la tabla A7.1 de las NTC-S para la zona III, para una profundidad de desplante mayor de 3 m.
9. Valor definido en la tabla A7.1 para estructuras cimentadas sobre pilotes de fricción, zona III y profundidad de desplante mayor de 3 m.
10. El edificio se ubica en un sitio fuera de las partes sombreadas de la figura de las NTC-S en que se muestra la subzonificación de la zona del lago y de la zona de transición (sección A4). Las ordenadas de los espectros de aceleraciones para diseño sísmico,  $a$ , expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad, se especifican según la sección 3.
11.  $T_1$  es el periodo fundamental de vibración de la estructura en la dirección que se analiza, corregido por la interacción con el suelo;  $T_o$ , el periodo fundamental que tendría la estructura si se apoyara sobre una base rígida;  $T_x$ , el periodo natural que tendría la estructura si fuera infinitamente rígida y su base sólo pudiera trasladarse en la dirección que se analiza, y  $T_y$  es el periodo natural que tendría la estructura si fuera infinitamente rígida y su base sólo pudiera girar con respecto a un eje horizontal que pasara por el centroide de la superficie de desplante de la estructura y fuera perpendicular a la dirección que se analiza (sección A7 de las NTC-S).

- 
12. La altura ( $h_{cg}$ ) del centro de gravedad de los diferentes pesos de la construcción se obtiene de la relación  $h_{cg} = \Sigma Wh/W_o$ , donde las diferentes variables utilizadas se entienden con la ayuda de la tabla 3.2. Para la masa del suelo desplazada se supone que el centro de gravedad se localiza en el centro de la profundidad de desplante; esto es,  $6.6/2 = 3.3$  m. El peso volumétrico del suelo se considera de  $1.5 \text{ t/m}^3$ .
13. Algunos programas de computadora permiten considerar de manera explícita los resortes que simulan la flexibilidad del terreno. Cuando este no es el caso se puede recurrir a artificios de modelación estructural como puede ser un entrepiso ficticio.

Para el caso de la rigidez lineal se da al entrepiso un desplazamiento unitario en la dirección de análisis (fig 3.4). La suma de las fuerzas ocasionadas en las columnas de la estructura debe ser igual al valor de  $K_x$ . De esta condición se obtiene el valor del momento de inercia,  $I$ , de las columnas.

Para simular la rigidez angular del terreno se procede de manera similar: se da un giro unitario al entrepiso (fig 3.4), ocasionando así fuerzas verticales en cada columna, cuyos momentos con respecto al centro de giro (para cada dirección de análisis) deben ser igual a la rigidez  $K_r$ . De esta igualdad se obtiene el valor de las áreas transversales de las columnas de los marcos.

El programa de análisis estructural empleado permite simular la rigidez lateral del terreno mediante la definición de resortes con propiedades elásticas, o también con la ayuda del entrepiso ficticio; para ilustrar el procedimiento se procedió a considerar la interacción mediante el modelo comentado anteriormente.

14. Los resultados analíticos se obtuvieron con computadora con base en el modelo matemático tridimensional del edificio, con y sin la influencia de la interacción suelo-estructura. Las respuestas se calcularon con y sin los efectos de las deformaciones axiales de las columnas para hacer ver su influencia en la revisión del estado límite de servicio (desplazamientos relativos de entrepiso); esta revisión debe hacerse sin considerar los acortamientos o alargamientos de las columnas.

Se propone que para revisar la condición de servicio se analice el modelo restringiendo las deformaciones axiales de las columnas, pero ante las fuerzas sísmicas  $F_i$  del análisis con los efectos de dichas deformaciones.

Estos resultados se determinaron con el espectro modificado por efectos de interacción, reducido en sus ordenadas espectrales por el factor  $Q'$ ; no se notaron diferencias al comparar los valores de desplazamientos laterales y fuerzas cortantes de entrepiso calculados con el espectro modificado ( $T_s$  se conoce) y sin modificar ( $T_s$  se desconoce).

15. Ya están multiplicados por el factor de comportamiento sísmico  $Q = 2$ , según la sección 4 de las NTC-S.
16. Son resultados de los análisis sísmicos con el espectro modificado por interacción (se conoce  $T_s$ ), con ordenadas espectrales reducidas por el factor  $Q'$ . Estas fuerzas se determinaron según el siguiente procedimiento:

Primero se hizo un análisis sísmico dinámico modal espectral, incluidos los efectos de las deformaciones axiales de columnas (caso A). De este análisis se obtuvieron unas fuerzas sísmicas dinámicas  $F_i$ , dependientes de los diferentes modos de vibrar de cada dirección del edificio.



Posteriormente, con las fuerzas  $F_i$  del caso A, se hizo un análisis sísmico estático, restringiendo las deformaciones axiales de las columnas (caso C). Los resultados de este análisis sirvieron para revisar el estado límite de servicio (desplazamientos).

Las respuestas del caso B se obtuvieron con base en un análisis sísmico dinámico modal espectral, restringidas las deformaciones axiales de las columnas, para fines de compararse con el procedimiento anterior. En los resultados del caso B está presente la influencia implícita de los modos de vibrar más rígidos (no se están incluyendo los acortamientos y alargamientos de las columnas), con respecto de la estructura del caso A. Las diferencias en respuesta entre un modelo y otro no resultan importantes para fines prácticos.

TABLA 3.1 CÁLCULO DE LAS ORDENADAS DE ESPECTROS DE ACELERACIONES PARA DISEÑO SÍSMICO PARA ESTRUCTURAS DEL GRUPO A, ZONA III,  $Q = 1$  Y  $2$ ,  $T_g$  CONOCIDO Y DESCONOCIDO

T (s)	$T_g = 2$ s (Conocido)			$T_g$ (Desconocido)		
	Q = 1	Q = 2		Q = 1	Q = 2	
	a	Q'	a/Q'	a	Q'	a/Q'
0.0	0.150	1.000	0.150	0.150	1.00	0.150
0.1	0.214	1.143	0.188	0.225	1.167	0.193
0.2	0.279	1.286	0.217	0.300	1.333	0.225
0.3	0.343	1.429	0.240	0.375	1.500	0.250
0.4	0.407	1.571	0.259	0.450	1.667	0.270
0.5	0.471	1.714	0.275	0.525	1.833	0.286
0.6	0.536	1.857	0.289	0.600	2.000	0.300
0.7	0.600	2.000	0.300	0.600	2.000	0.300
2.4	0.600	2.000	0.300	0.600	2.000	0.300
2.5	0.576	2.000	0.288	0.600	2.000	0.300
2.7	0.533	2.000	0.267	0.600	2.000	0.300
2.9	0.497	2.000	0.248	0.600	2.000	0.300
3.1	0.465	2.000	0.232	0.600	2.000	0.300
3.3	0.436	2.000	0.218	0.600	2.000	0.300
3.5	0.411	2.000	0.206	0.600	2.000	0.300
3.7	0.389	2.000	0.195	0.600	2.000	0.300
3.9	0.369	2.000	0.185	0.600	2.000	0.300
4.0	0.360	2.000	0.180	0.585	2.000	0.293

Ordenadas espectrales entre la aceleración de la gravedad (sección 3 de las NTC-S):

$$a = (1 + 3T / T_g) \quad \text{si } T < T_g$$

$$a = c \quad \text{si } T_g < T < T_b$$

$$a = (T_b / T) c \quad \text{si } T > T_b$$

$T_g$  conocido:

$$T_g = 0.7 \text{ s}$$

$$T_b = 2.4 \text{ s}$$

$$r = 1.0$$

$$c = 0.4 \times 1.5 = 0.6$$

$$Q = 2.0$$

Factor reductivo (sección 4 de las NTC-S):

$$Q' = Q \quad \text{si se desconoce } T \text{ o} \quad \text{si } T \geq T_g$$

$$Q' = 1 + (T / T_g) (Q - 1) \quad \text{si } T < T_g$$

$T_g$  desconocido:

$$T_g = 0.6 \text{ s}$$

$$T_b = 3.9 \text{ s}$$

$$r = 1.0$$

$$c = 0.4 \times 1.5 = 0.6$$

$$Q = 2.0$$

TABLA 3.2 CÁLCULO DE LA ALTURA ( $h_{cg}$ ) del CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS DIFERENTES PESOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Nivel	Entre-piso	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (t)	$W_i H_i$ (t-m)
10			40.60	633.1	25,704.3
	10	3.3			
9			37.30	767.3	28,618.8
	9	3.3			
8			34.00	77.03	26,190.2
	8	3.3			
7			30.70	773.3	23,741.2
	7	3.3			
6			27.40	777.1	21,292.3
	6	3.3			
5			24.10	780.8	18,818.2
	5	3.3			
4			20.80	784.6	16,319.7
	4	3.3			
3			17.50	788.9	13,806.9
	3	3.3			
2			14.20	789.7	11,213.6
	2	3.3			
1			10.90	819.8	8,935.8
	1	4.3			
PB			6.60	943.8	6,228.9
	PB	3.3			
Sótano			3.30	1,447.4	4,776.5
	Sótano	3.3			
Ciment.			-	1,150.3	-
Sumas				11,226.5	205,646.6

$$h_{cg} = \frac{205,646.6}{11,226.5} = 18.32 \text{ m} = 0.45 \text{ (altura total)}$$

**TABLA 3.3 COMPARACIÓN DE PERIODOS NATURALES DE VIBRACIÓN CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS**

Dirección	Modo	Periodo de vibración, $T_i$ (s)			
		Empotramiento en PB (base rígida)		Base flexible	
		Caso A	Caso B	Caso A	Caso B
Longitudinal (X)	1	0.820	0.809	1.121	1.114
	2	0.262	0.259	0.414	0.411
Transversal (Y)	1	0.608	0.578	0.968	0.825
	2	0.134	0.133	0.387	0.227
Torsión ( $\Theta$ )	1	0.405	0.391	0.453	0.260
	2	0.088	0.087	0.111	0.059

Base rígida : Empotramiento en planta baja (PB)

Base flexible : Efectos de la interacción suelo-estructura

(Periodos calculados con fórmula para base flexible:  $T_{1x} = 1.165$  s;  $T_{1y} = 1.27$  s)

**Caso A:** Resultados del modelo tridimensional, con los efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales

**Caso B:** Resultados del modelo tridimensional, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

TABLA 3.4

COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES Y DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE:  
 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN X

Nivel o entepiso	Empotramiento en PB (Base rígida)						Base flexible					
	Caso A		Caso B		Caso C		Caso A		Caso B		Caso C	
	$\Delta_x$	$\Delta_{xr}/h$	$\Delta_x$	$\Delta_{xr}/h$	$\Delta_x$	$\Delta_{xr}/h$	$\Delta_x$	$\Delta_{xr}/h$	$\Delta_x$	$\Delta_{xr}/h$	$\Delta_x$	$\Delta_{xr}/h$
10	13.08	0.0013	12.68	0.0012	12.84	0.0012	25.20	0.0015	24.72	0.0012	23.92	0.0013
9	12.84	0.0020	12.28	0.0018	12.28	0.0019	24.72	0.0022	24.32	0.0021	23.50	0.0021
8	11.98	0.0028	11.88	0.0027	11.64	0.0027	24.00	0.0031	23.84	0.0029	22.82	0.0030
7	11.04	0.0036	10.80	0.0034	10.74	0.0034	22.98	0.0039	22.88	0.0038	21.82	0.0038
6	9.88	0.0042	9.68	0.0041	9.62	0.0041	21.68	0.0047	21.44	0.0046	20.58	0.0047
5	8.46	0.0048	8.32	0.0047	8.26	0.0047	20.12	0.0055	19.92	0.0053	19.02	0.0054
4	6.88	0.0053	6.78	0.0052	6.72	0.0051	18.30	0.0062	18.18	0.0060	17.24	0.0081
3	5.14	0.0055	5.08	0.0053	5.04	0.0053	16.26	0.0067	16.18	0.0066	15.24	0.0066
2	3.34	0.0053	3.32	0.0053	3.28	0.0053	14.06	0.0070	14.00	0.0070	13.08	0.0069
1	1.58	0.0037	1.56	0.0036	1.54	0.0036	11.74	0.0065	11.70	0.0064	10.78	0.0064
PB	----	----	----	----	----	----	8.94	0.0038	8.94	0.0038	8.02	0.0038
Sótano	----	----	----	----	----	----	7.68	0.0013	7.70	0.0013	6.78	0.0013
Cimentación	----	----	----	----	----	----	7.24	----	7.28	----	6.34	----

$\Delta$  : Desplazamiento horizontal máximo total (multiplicado por  $Q$ ), en cm

$\Delta_r$  : Desplazamiento relativo entre dos niveles consecutivos

PB : Planta baja;  $h$ : altura de entepiso

Caso A : Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, con efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales

Caso B : Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

Caso C : Resultados de un análisis sísmico estático (con las fuerzas  $F_i$  del caso A), sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

**TABLA 3.5** COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES Y DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE:  
 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

Nivel o entrepiso	Empotramiento en PB (base rígida)						Base flexible					
	Caso A		Caso B		Caso C		Caso A		Caso B		Caso C	
	$\Delta_y$	$\Delta_y/h$	$\Delta_y$	$\Delta_y/h$	$\Delta_y$	$\Delta_y/h$	$\Delta_y$	$\Delta_y/h$	$\Delta_y$	$\Delta_y/h$	$\Delta_y$	$\Delta_y/h$
10	8.14	0.0028	7.28	0.0024	7.38	0.0025	20.30	0.0038	11.84	0.00061	10.16	0.00067
9	7.22	0.0030	6.46	0.0025	6.54	0.0026	19.10	0.0038	11.44	0.00073	9.94	0.00079
8	6.24	0.0030	5.62	0.0026	5.68	0.0026	17.84	0.0040	11.20	0.00073	9.68	0.00079
7	5.26	0.0030	4.76	0.0027	4.82	0.0027	16.52	0.0041	10.96	0.00085	9.42	0.00091
6	4.28	0.0029	3.88	0.0025	3.94	0.0026	15.18	0.0041	10.68	0.00085	9.12	0.00091
5	3.32	0.0027	3.04	0.0025	3.08	0.0025	13.84	0.0041	10.40	0.00085	8.82	0.00103
4	2.42	0.0024	2.22	0.0022	2.26	0.0023	12.50	0.0039	10.12	0.00097	8.48	0.00097
3	1.62	0.0021	1.50	0.0019	1.50	0.0019	11.22	0.0035	9.80	0.00091	8.16	0.00097
2	0.92	0.0016	0.86	0.0015	0.86	0.0015	10.08	0.0031	9.50	0.00103	7.84	0.00109
1	0.38	0.0009	0.36	0.0008	0.36	0.0008	9.04	0.0030	9.16	0.00107	7.48	0.00107
PB	---	---	---	---	---	---	8.06	0.0010	8.70	0.00067	7.02	0.00067
Sótano	---	---	---	---	---	---	7.72	0.0007	8.48	0.00067	6.80	0.00067
Cimentación	---	---	---	---	---	---	7.50	---	8.26	---	6.58	---

$\Delta$  : Desplazamiento horizontal máximo total (multiplicando por  $Q$ ), en cm

$\Delta_y$  : Desplazamiento relativo entre dos niveles consecutivos

PB : Planta baja;  $h$ : altura de entrepiso

**Caso A :** Resultados en un análisis sísmico dinámico modal espectral con efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales

**Caso B :** Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

**Caso C :** Resultados de un análisis sísmico estático (con las fuerzas  $F_i$  del caso A), sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

**TABLA 3.6**

**COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN X**

Entrepiso	Fuerza cortante de entrepiso, $V_x$ (t)			
	Empotramiento en PB (Base rígida)		Base flexible	
	Caso A = Caso C	Caso B	Caso A = Caso C	Caso B
10	261.24	259.38	267.75	265.86
9	556.84	554.07	582.81	579.56
8	831.32	828.78	885.43	881.69
7	1081.51	1080.03	1171.43	1167.94
6	1304.75	1304.87	1438.05	1435.43
5	1497.95	1499.90	1683.06	1681.75
4	1657.86	1661.63	1904.89	1905.18
3	1781.34	1786.68	2102.71	2104.72
2	1864.48	1870.96	2274.62	2278.34
1	1907.08	1914.20	2425.57	2430.92
PB	-----	-----	2561.39	2568.37
Sótano	-----	-----	2749.62	2758.83

**PB: Planta baja**

**Caso A: Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, con efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales**

**Caso B: Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas**

**Caso C: Resultados de un análisis sísmico estático (con las fuerzas  $F_i$  del caso A), sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas**

**TABLA 3.7**

**COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN Y**

Entrepiso	Fuerza cortante de entrepiso, $V_y$ (t)			
	Empotramiento en PB (Base rígida)		Base flexible	
	Caso A = Caso C	Caso B	Caso A = Caso C	Caso B
10	298.07	293.74	290.92	223.36
9	603.23	595.88	618.60	488.94
8	859.17	850.61	921.79	749.74
7	1072.93	1064.51	1200.14	1005.35
6	1248.58	1241.12	1453.86	1255.47
5	1389.62	1383.46	1683.66	1499.92
4	1498.07	1493.20	1890.70	1738.27
3	1575.98	1572.20	2077.19	1970.65
2	1625.22	1622.21	2244.85	2195.66
1	1649.84	1647.27	2402.86	2421.12
PB	-----	-----	2567.80	2667.77
Sótano	-----	-----	2817.12	3037.08

PB: Planta baja

**Caso A:** Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, con efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales

**Caso B:** Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

**Caso C:** Resultados de un análisis sísmico estático (con las fuerzas  $F_i$  del caso A), sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas



ESPECTROS DE DISEÑO; RCDF-93; ZONA III

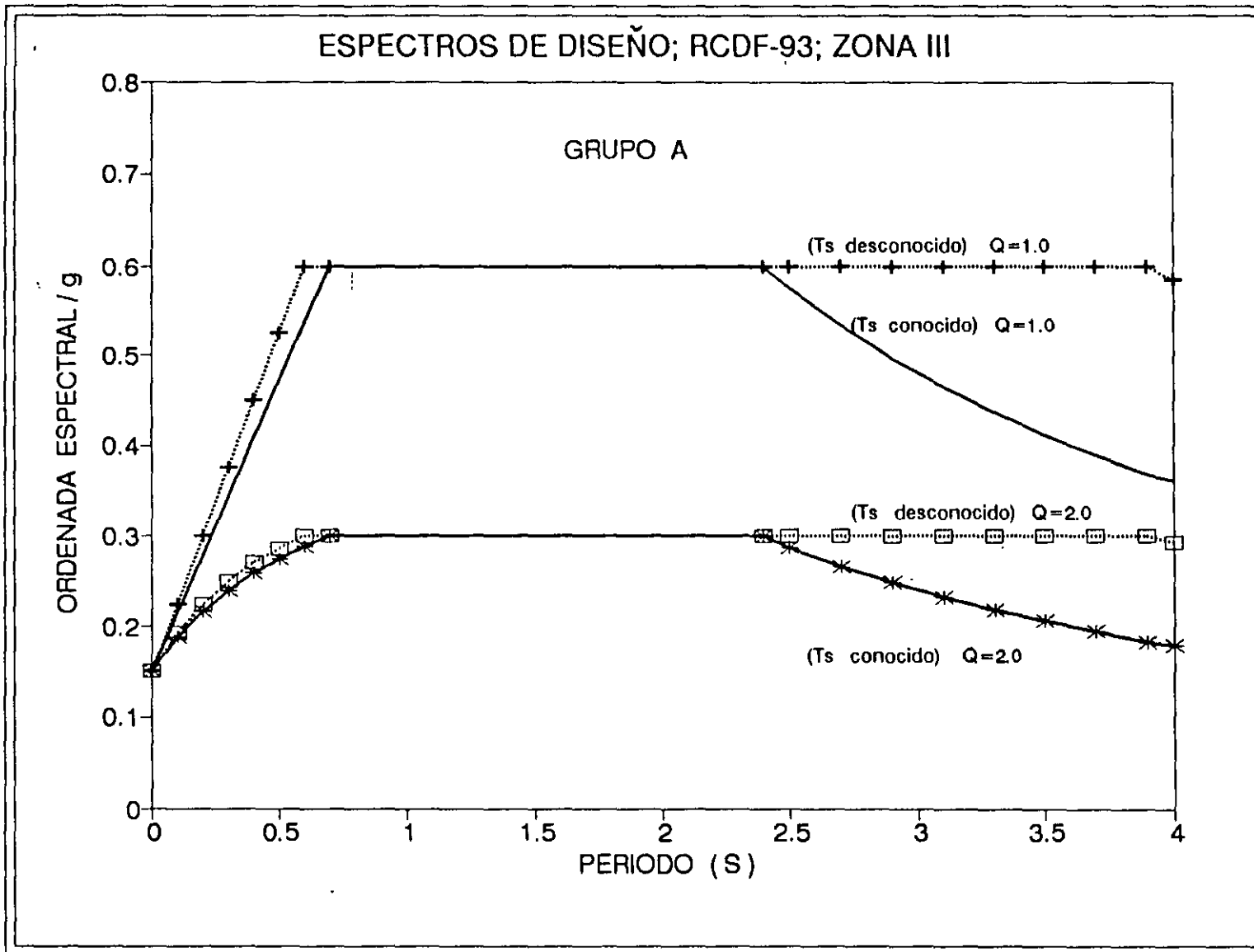


FIG 3.2 ESPECTROS DE DISEÑO SÍSMICO PARA Q = 1 Y Q = 2, ZONA III (COMPRESIBLE), GRUPO A,  $T_s$  CONOCIDO Y DESCONOCIDO

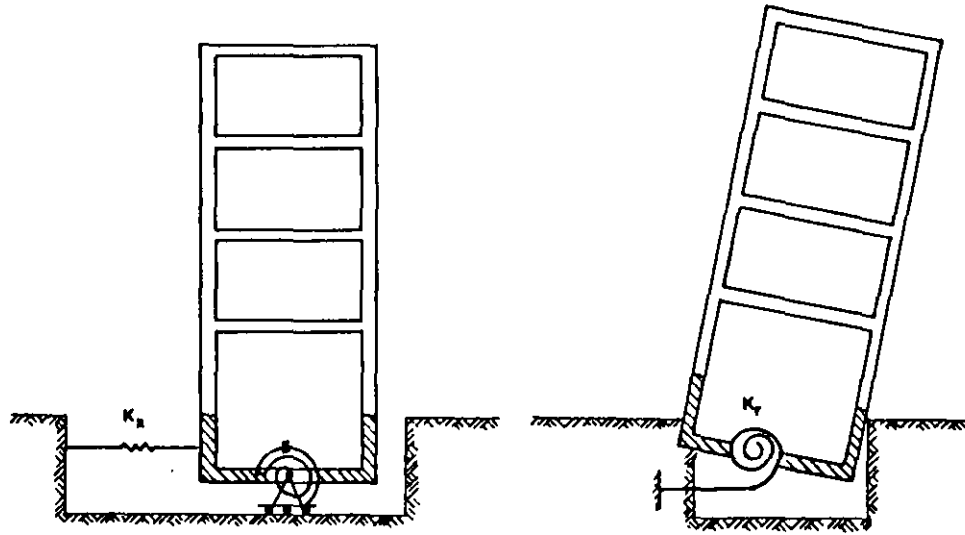
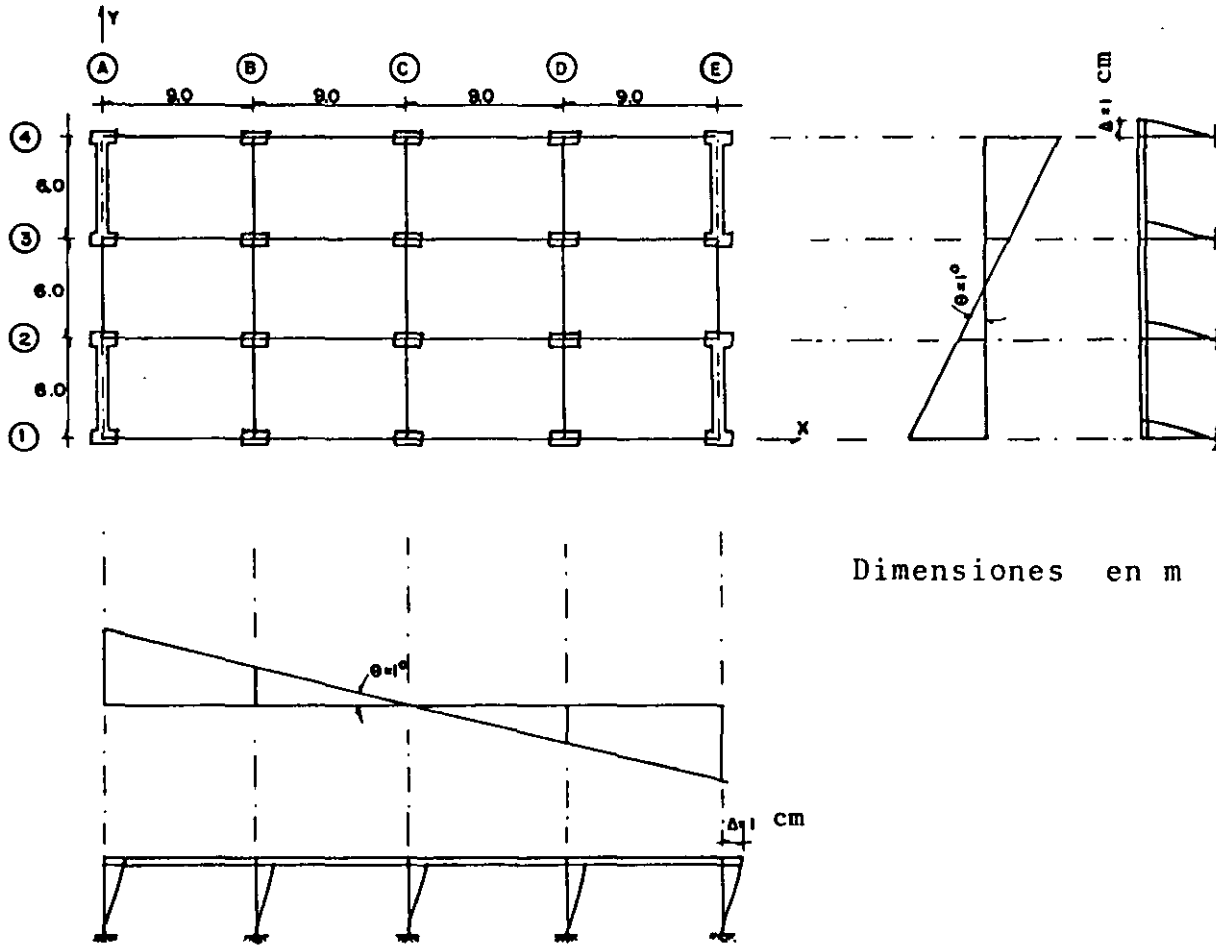


FIG 3.3 MOVIMIENTOS DE CUERPO RÍGIDO PARA  
INCLUIR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA



Dimensiones en m

FIG 3.4 CONSIDERACIONES PARA MODELAR LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DEL PISO FICTICIO E INCLUIR LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

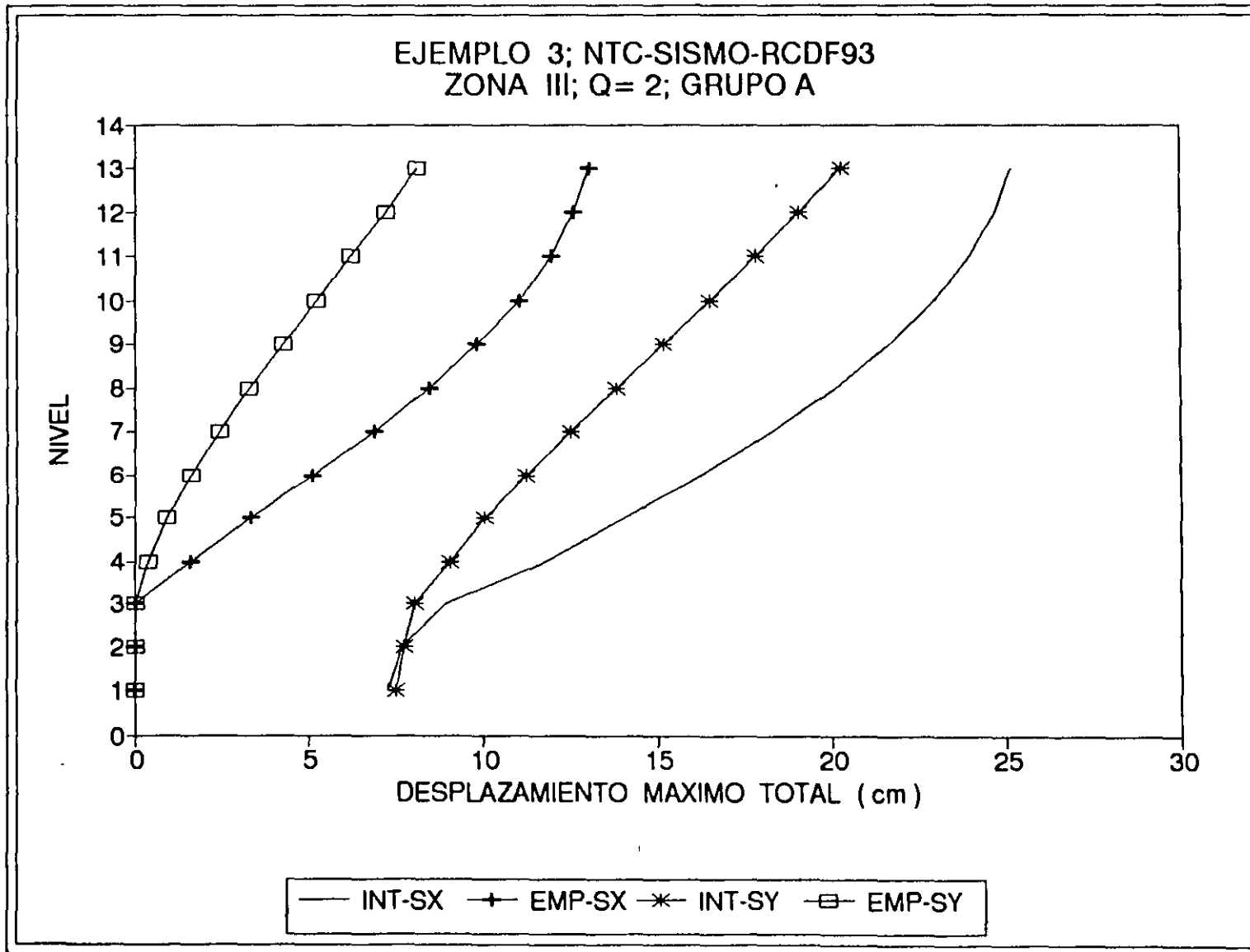


FIG 3.5 COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES CON Y SIN LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, SISMO EN DIRECCIONES X Y Y

EJEMPLO 3; NTC-SISMO-RCDF93  
ZONA III; Q=2; GRUPO A

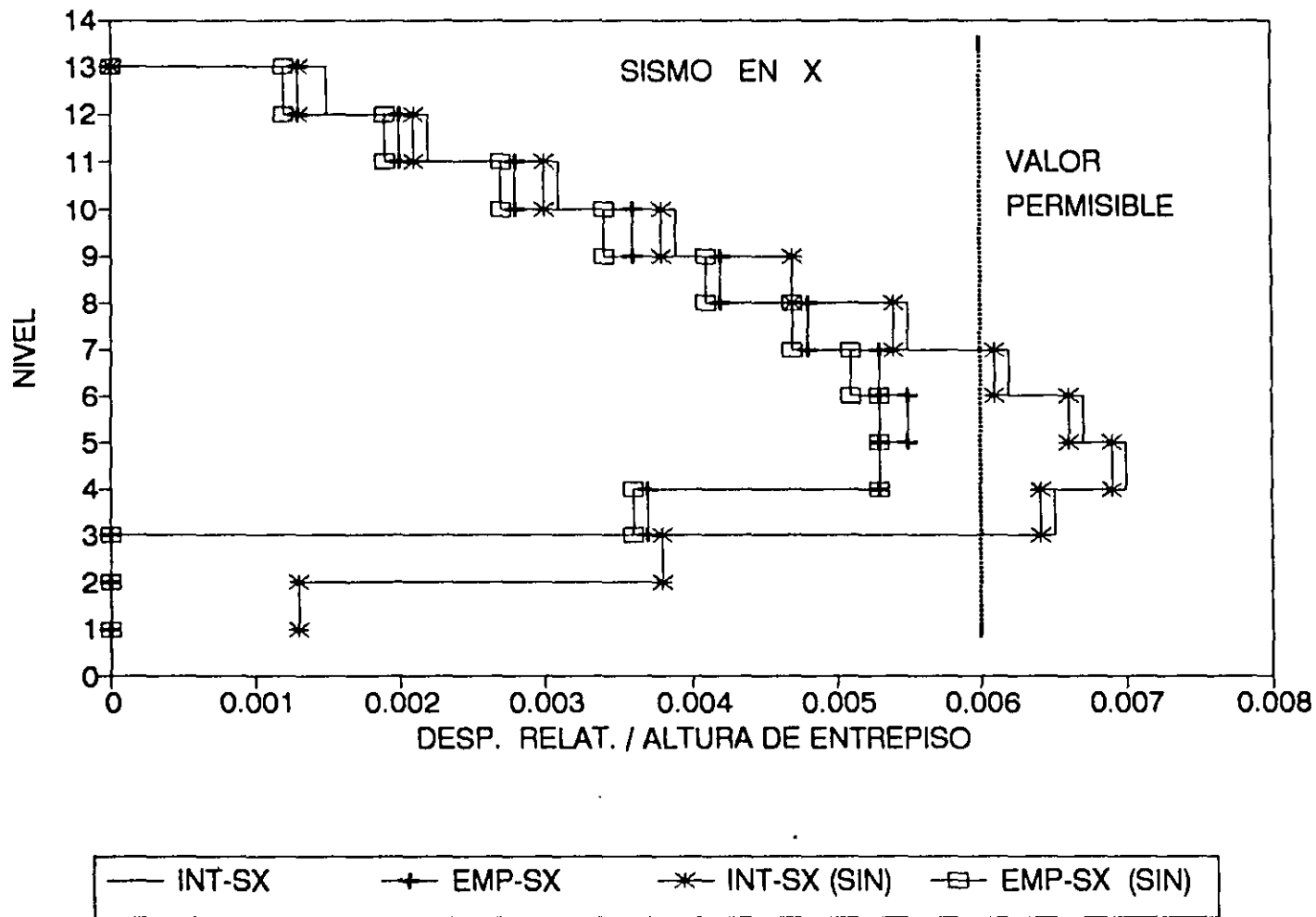


FIG 3.6 COMPARACIÓN DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTO RELATIVO ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN X

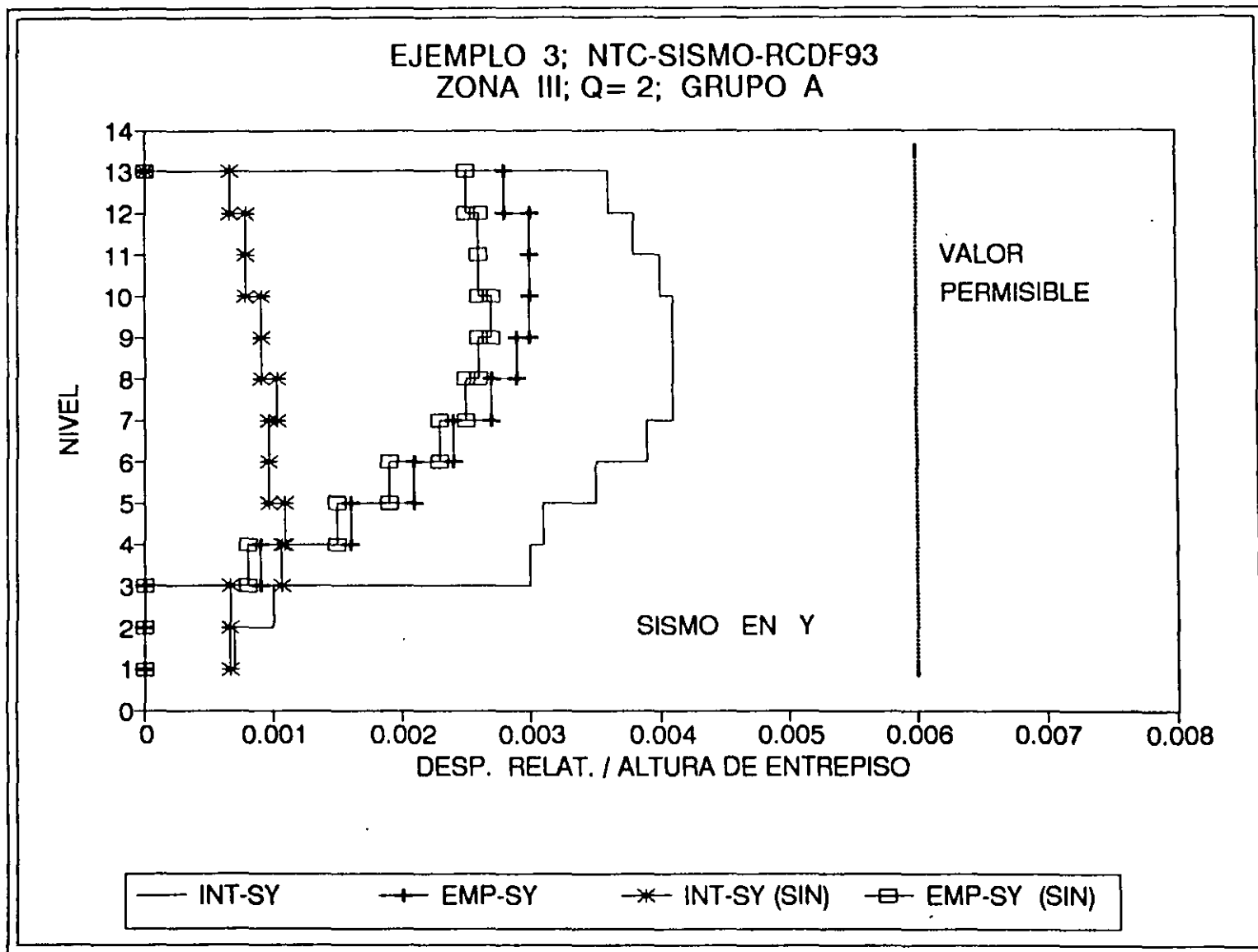


FIG 3.7 COMPARACIÓN DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTO RELATIVO ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN Y

EJEMPLO 3; NTC-SISMO-RCDF93  
ZONA III; Q= 2; GRUPO A

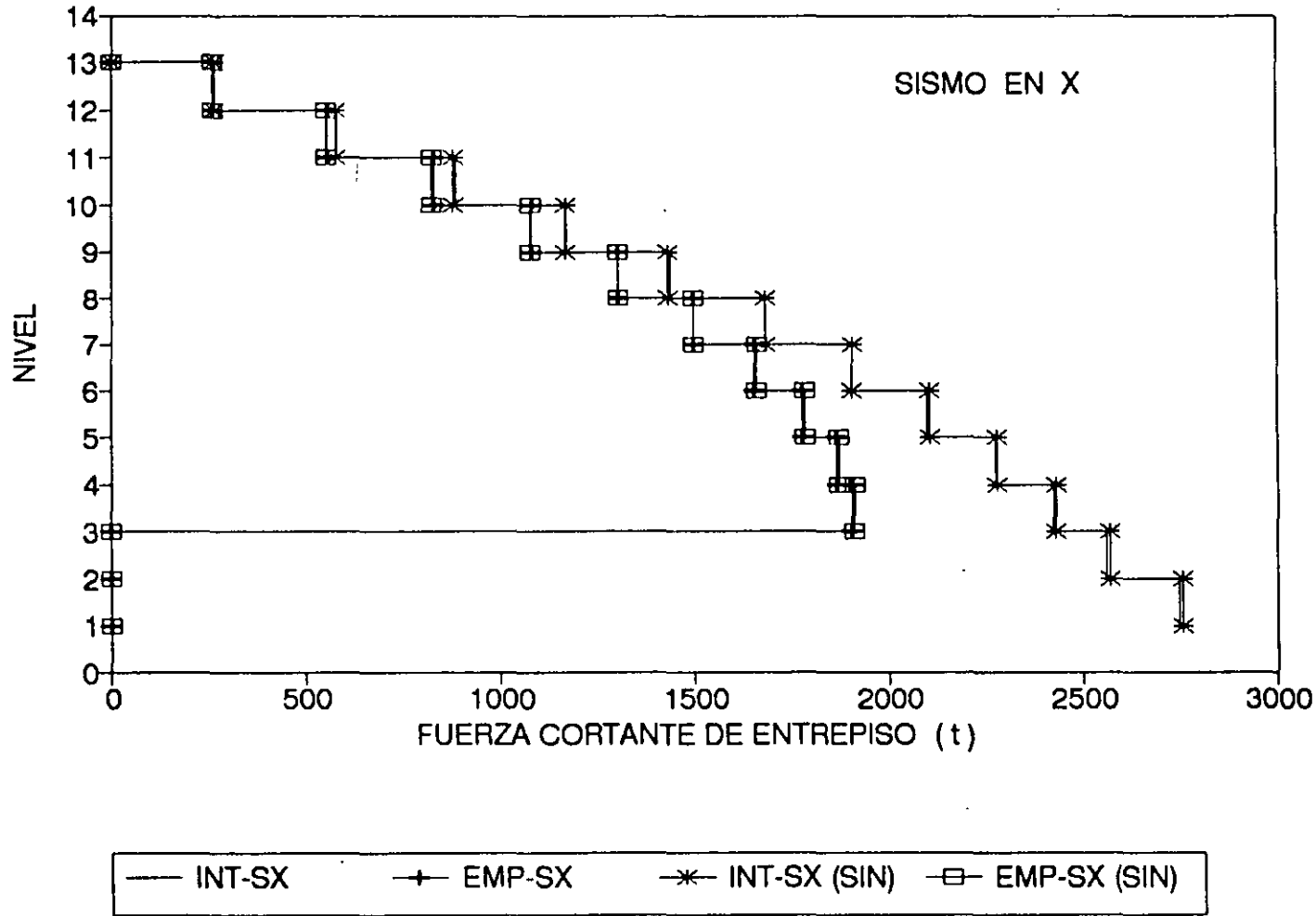
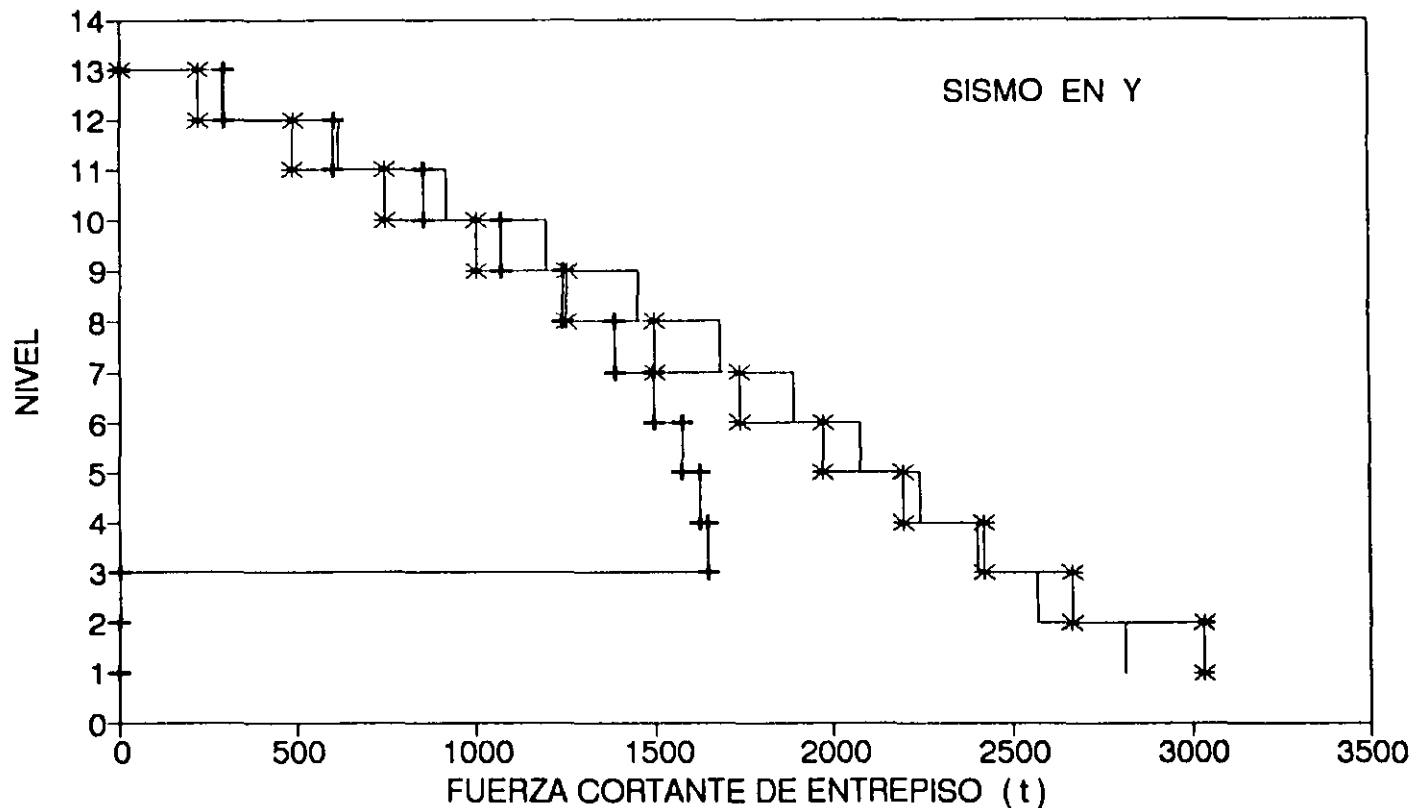


FIG 3.8 COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN X

EJEMPLO 3; NTC-SISMO-RCDF93  
 ZONA III; Q= 2; GRUPO A



— INT-SY    + EMP-SY    \* INT-SY (SIN)    □ EMP-SY (SIN)

FIG 3.9 COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN DIRECCIÓN Y





**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

### **DIPLOMADO EN EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES**

**MODULO OPTATIVO: SAP 2000 PARA  
ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y  
CIMENTACIONES  
CA 025**

**TEMA  
APUNTES GENERALES**

**ING. FERNANDO MONROY MIRANDA  
PALACIO DE MINERÍA  
OCTUBRE DE 2002**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

***INSTRUCTIVO PARA LA UTILIZACION DEL  
PROGRAMA DE COMPUTADORA SAP 2000***

*Análisis y Diseño Integrado de Estructuras por el Método de Elementos  
Finitos*

FERNANDO MONROY MIRANDA

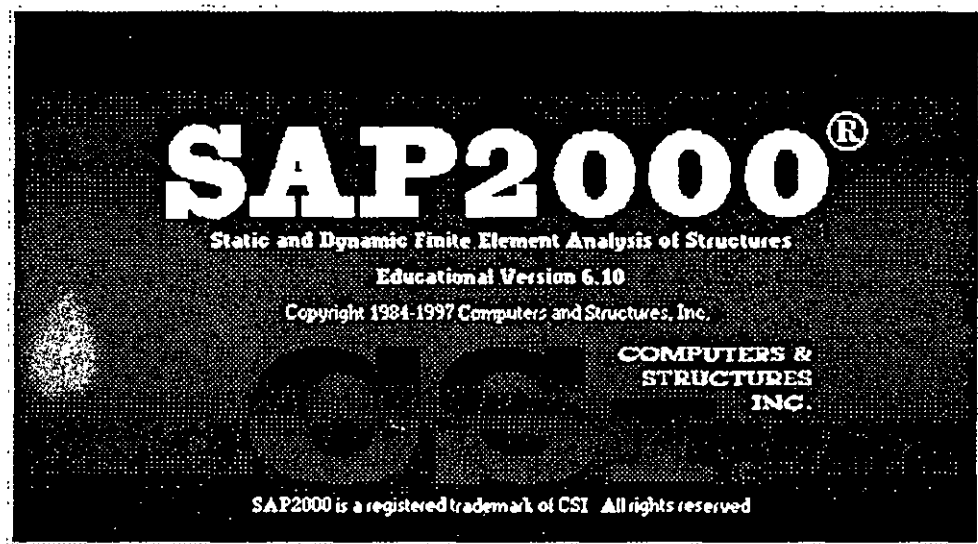
DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL, TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA  
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS  
LABORATORIO DE CÓMPUTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

# SAP-2000

(STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAM

Análisis y Diseño Integrado de Estructuras por el Método de Elementos Finitos)



## **INSTRUCTIVO PARA LA UTILIZACION DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA SAP 2000**

FERNANDO MONROY MIRANDA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL, TOPOGRÁFICA Y GEODÉSIC  
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

# PRÓLOGO

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

Por lo anterior, desde hace algunos años el Departamento de Estructuras de la División de Ingeniería Civil Topográfica y Geodesia de la Facultad de Ingeniería de la UNAM consideró conveniente impartir una serie de cursos para enseñar a manejar el programa, para ello el contar con un instructivo que permita introducir al usuario de una manera fácil al programa facilitará el objetivo anterior, por lo que se sugiere que el lector asista a los cursos que organiza del Departamento de Estructuras o la División de Educación Continua de la FI de la UNAM.

En este instructivo se describen algunos de los principales elementos que intervienen en el uso del programa de computadora para Análisis y Diseño Estructural SAP-2000, cuya principal utilización será para los alumnos de la materia "Diseño Estructural" de la carrera de Ingeniero Civil que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Se ha procurado realizar este instructivo de una manera sencilla y resumida para que el usuario no emplee demasiado tiempo en leerlo y pueda resolver su problema en lo que respecta al Análisis y Diseño de Estructuras utilizando el programa SAP-2000.

Se recomienda que si algunos de los elementos no son descritos ampliamente se consulten los manuales respectivos o la ayuda en línea incluida en el programa y se observen los ejemplos que se desarrollan al final del instructivo. Se supone que el usuario está familiarizado con la nomenclatura y terminología utilizada en el Análisis y Diseño Estructural y que cuenta con conocimientos básicos de computación en lo que respecta a manejo de información (archivos) y ejecución de programas en ambiente Windows 95, 98.

El autor agradece al Ing. Miguel Ángel Rodríguez Vega, Jefe del Departamento de Estructuras el apoyo para el desarrollo de este tipo de actividades, por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo así como la revisión del presente instructivo.

**FERNANDO MONROY MIRANDA**

Cd. Universitaria, Marzo del 2000

# **CONTENIDO**

## **PRÓLOGO**

## **CAPÍTULO 1 EL PROGRAMA SAP 2000**

### **1.1 Introducción al programa SAP 2000**

## **CAPÍTULO 2 RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL PROGRAMA**

### **2.1 Paso 1. Tipo de estructura**

### **2.2 Paso 2. Definición de la geometría**

### **2.3 Paso 3. Definición de las propiedades elásticas de los materiales**

### **2.4 Paso 4. Definición de las propiedades geométricas de los elementos**

### **2.5 Paso 5. Definición las características de las fuerzas y de las combinaciones**

### **2.6 Paso 6. Elección del tipo de análisis y resultados**

### **2.7 Paso 7. Diseño de elementos**

## **CAPÍTULO 3 MÓDULOS DEL PROGRAMA DESCRIPCION GENERAL**

### **3.1 Ejecución del programa, módulos que lo componen**

### **3.2 Descripción general**

## **CAPÍTULO 4 OPCIONES PARA LA GENERACIÓN DE LA ESTRUCTURA**

### **4.1 Introducción**

### **4.2 Descripción General**

### **4.3 Generación de la Geometría**

### **4.4 Definición y asignación de propiedades geométricas**

### **4.5 Definición y Asignación materiales**

### **4.6 Condiciones de Frontera, tipos de apoyo**

4.7 Asignación de Fuerzas y combinaciones

4.8 Opciones de Análisis y Diseño, selección de resultados

## **CAPÍTULO 5 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA**

5.1 Verificando algunos elementos del proceso de análisis

## **CAPÍTULO 6 SELECCIÓN E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

6.1 Introducción

6.2 Ver la estructura deformada

6.3 Ver los diagramas de elementos mecánicos

6.4 Ver los resultados de diseño

6.5 Otras características

## **CAPÍTULO 7 OPCIONES ADICIONALES**

7.1 Introducción

7.2 Ver el archivo de entrada

7.3 Ver el archivo de salida

7.4 Relación con AUTO CAD

## **CAPÍTULO 8 EJEMPLOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Ejemplo No. 1

Ejemplo No. 2

Ejemplo No. 3

Ejemplo No. 4

Ejemplo No. 5

## **CAPÍTULO 9 COMENTARIOS FINALES**

# EL PROGRAMA SAP 2000

# CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el desarrollo de los equipos y sistemas de computo ha permitido una comunicación mucho más rápida, directa y sencilla entre el usuario y la computadora logrando la posibilidad de desarrollar programas que, utilizando las características de las computadoras de hoy en día, nos permitan usarlas mas eficientemente y entre otras cosas facilitándonos la posibilidad de explorar varias alternativas de solución de problemas estructurales o bien considerar más variables en el comportamiento de las estructuras con el objeto de lograr un mejor modelo de la estructura.

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

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

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

Consta básicamente de una serie de menús (Véase Figura 1) que se despliegan en la pantalla al inicio del programa y por lo general después de terminada la ejecución de cada una de las opciones, con ellas, el usuario puede introducir y/o modificar datos, o bien almacenarlos para su procesamiento posterior, analizar la estructura, ver resultados en la pantalla o imprimirlos, ver resultados de diseño, etc.

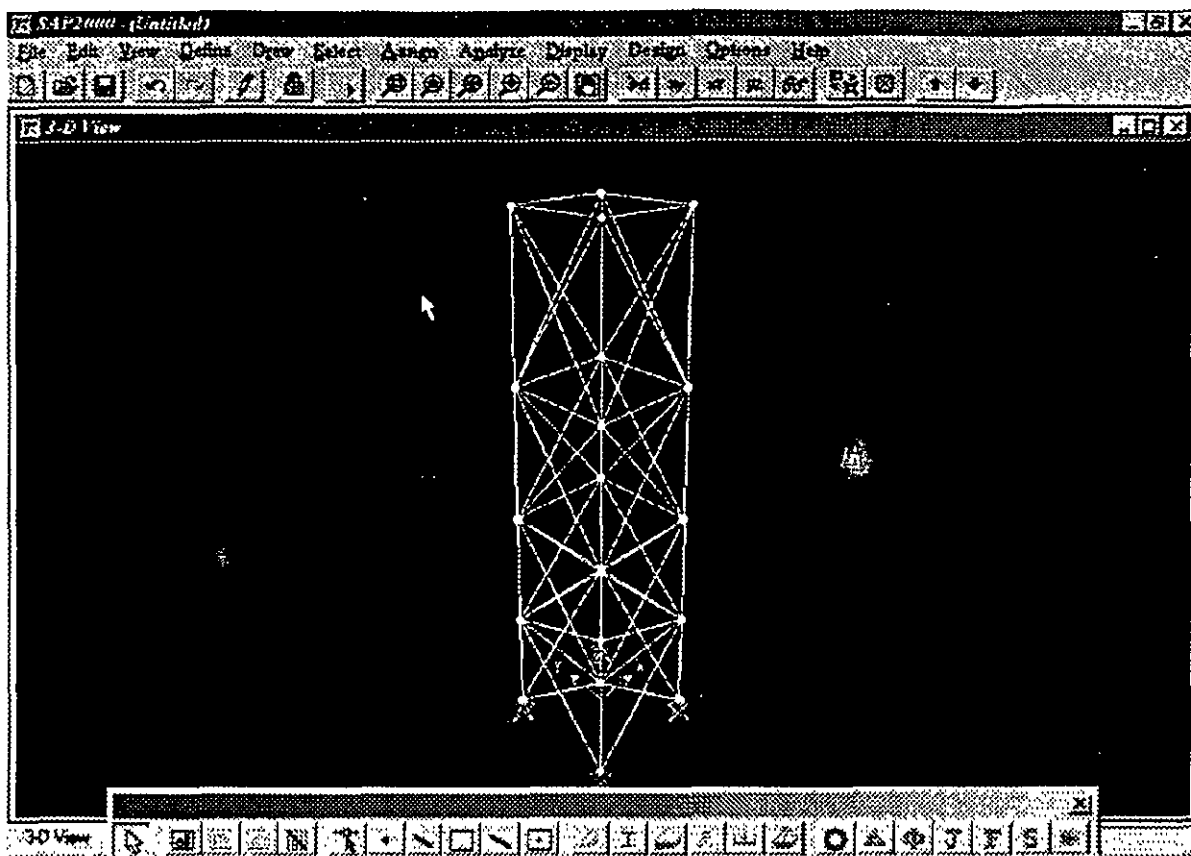


Figura 1.1 SAP 2000, menú principal.

Una de las principales características del programa es la interacción que se puede establecer entre éste y el usuario, y debido al número de opciones que el usuario puede activar, se requiere aprender su lenguaje específico para poder utilizarlo, ya que, el usuario puede seleccionar varias opciones y la ejecución de cada una de ellas genera otras más, **SAP 2000** es un programa orientado a eventos (seleccionar un elemento con el ratón, elegir una opción, activar/desactivar sucesos, etc.) y no siempre solicita textualmente los elementos (datos) que se vayan requiriendo para la ejecución completa de ese módulo, por otro lado además es necesario saber las convenciones de signos empleadas, los sistemas de referencia utilizados así como algunas recomendaciones para su uso, éstas y algunas características más son descritas en los capítulos posteriores.

En el capítulo 2 se dan las recomendaciones necesarias para facilitar la preparación e introducción de datos, en el capítulo 3 se comentan los módulos que componen el programa, el capítulo 4 describe el módulo para crear la estructura, en el capítulo 5 se presenta el módulo de análisis, en el capítulo 6 se presentan las opciones para ver resultados del Análisis y Diseño, en el capítulo 7 se describen algunas opciones adicionales o complementarias, el capítulo 8 contiene algunos ejemplos con la correspondiente interpretación de los resultados obtenidos por el programa **SAP 2000**, por último en el capítulo 9 se incluyen algunos comentarios y sugerencias finales.



# RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL PROGRAMA

# CAPÍTULO 2

## 2.1 INTRODUCCION

El programa SAP 2000 posee una interfase gráfica como una opción que le permite al usuario modelar, analizar, diseñar y desplegar tanto datos como resultados de una estructura, una vez que se cuenta con los datos de geometría, propiedades de los materiales de los cuales están hechos los elementos estructurales así como las cargas y desde luego un completo y correcto entendimiento del problema, se esta en condiciones de utilizar el programa, para ello habrá necesidad de modelar a los elementos anteriores, una vez definido el modelo que se utilizará para esos elementos se introducirá el modelo completo utilizando por ejemplo la interfase gráfica.

La estructura idealizada estará formada por:

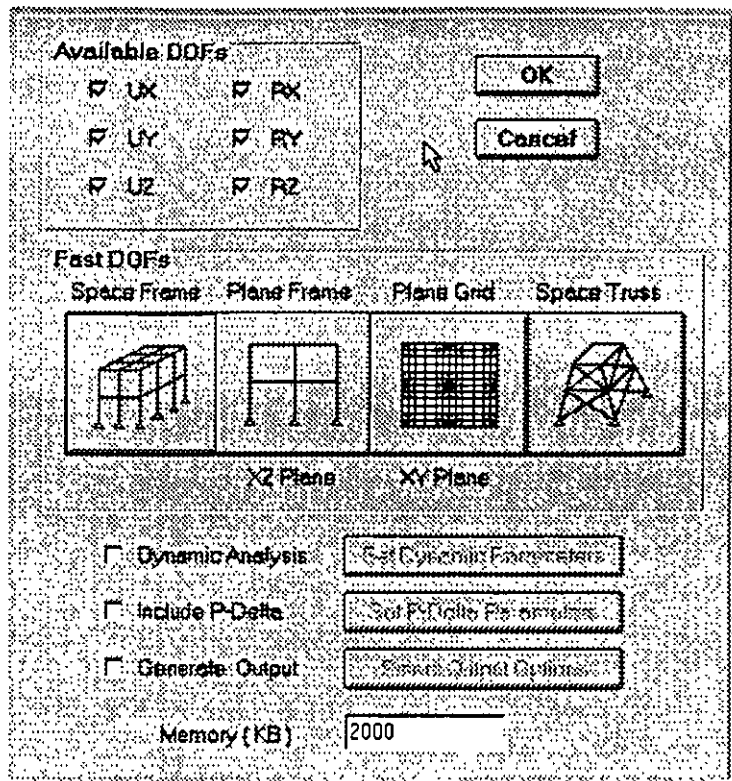
- Elementos barra (FRAME) usados para representar a las vigas, columnas, diagonales, etc.
- Elementos placa (SHELL) usados para representar muros, losas, rampas, etc.
- Elementos sólidos (SOLID) usados para modelar estructuras continuas tridimensionales.
- Nudos (JOINTS) que representan la conexión entre los elementos barra, placa y sólido.
- Propiedades físicas y elásticas de los materiales
- Apoyos y resortes que representan las restricciones de desplazamiento del nudo.
- Cargas (concentradas, uniformes, etc.) que representan a las acciones (peso propio, viento, sismo, ocupación, etc.).

## 2.1 PASO 1. TIPO DE ESTRUCTURA

SAP 2000 permite manejar a la estructura en un sistema coordenado tridimensional, sin embargo, antes de realizar el análisis se pueden seleccionar determinados grados de libertad (ver figura 2.1) y así aunque la estructura este referida a un sistema tridimensional se pueden analizar:

Marcos y vigas en un plano vertical  
Retículas (en un plano horizontal)

Desde luego se permite modelar y analizar Armaduras y marcos tridimensionales.



**Figura 2.1.** Selección de grados de libertad de acuerdo al tipo de estructura

Para el caso de las estructuras tipo armadura sólo se considerará el efecto axial en el análisis.

En las estructuras planas se consideran cortante y axial en el plano de la estructura y flexión perpendicular a ese plano.

El tipo retícula permite analizar estructuras con acciones perpendiculares a su plano considerando flexión en el plano, torsión y cortante.

El caso general lo constituye el tipo marco tridimensional en donde se consideran flexión y cortante en dos direcciones, torsión y axial con seis grados de libertad por nudo, desde luego que se pueden liberar extremos de las barras a algún elemento mecánico y suprimir o ligar grados de libertad (diafragma rígido por ejemplo).

## 2.2 PASO 2. DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA

Antes de iniciar la ejecución del programa SAP 2000 es conveniente como segundo paso definir completamente la geometría del modelo. La estructura real se idealizará mediante una serie de elementos estructurales conectados entre sí, los cuales, de acuerdo a sus características se podrán modelar como elementos barra (trabes, columnas, diagonales), elementos placa (losas, muros) o elementos sólidos tridimensionales (elementos continuos), estos elementos estarán unidos en puntos

comunes (nudos), algunos nudos estarán completamente o parcialmente restringidos (apoyos), en uno o varios grados de libertad.

La definición de los elementos (barra, placa, sólido, etc.) se logra localizando sus nudos extremos (incidencias) en un sistema coordenado cartesiano proporcionando las coordenadas de esos nudos.

No es necesario numerar en ningún orden a los nudos que forman parte de la estructura ya que el programa los numera. Es conveniente localizar nudos en donde se tenga cambio de propiedades geométricas o elásticas, recordando que el elemento barra requiere de dos nudos para localizarlo, el elemento placa 3 ó 4 y el sólido comunmente 8 nudos.

Como se verá posteriormente el editor gráfico permite introducir la geometría de la estructura de una manera bastante sencilla y directa, ya que con la ayuda del “ratón” (dispositivo tipo puntero o *mouse*) simple y sencillamente por ejemplo haciendo clic en las coordenadas de los puntos extremos de la barra automáticamente se definen sus incidencias así como las coordenadas de esos nudos.

### 2.3 PASO 3. DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LOS ELEMENTOS

SAP 2000 permite manejar una gran variedad de formas predefinidas para la sección transversal de las barras que componen la estructura (ver figura 2.2), como por ejemplo:

- Secciones I, canal, T, ángulos, ángulos dobles, cajón, tubos, etc.
- Secciones rectangulares, circulares.
- Secciones cualquiera (proporcionando sus propiedades)
- Sección no prismáticas (propiedades variables).

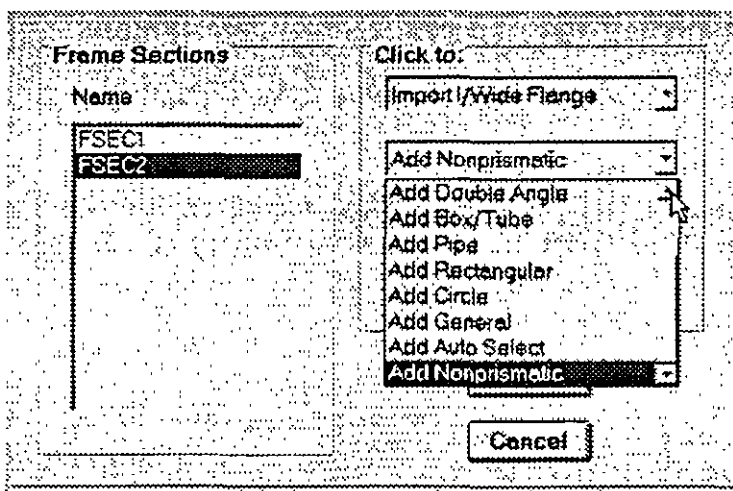


Figura 2.2. Algunas formas para la sección transversal de las barras

Una vez elegida la forma de la sección transversal será necesario introducir los datos relativos a las dimensiones (tamaño) de la forma seleccionada (ver figura 2.3).

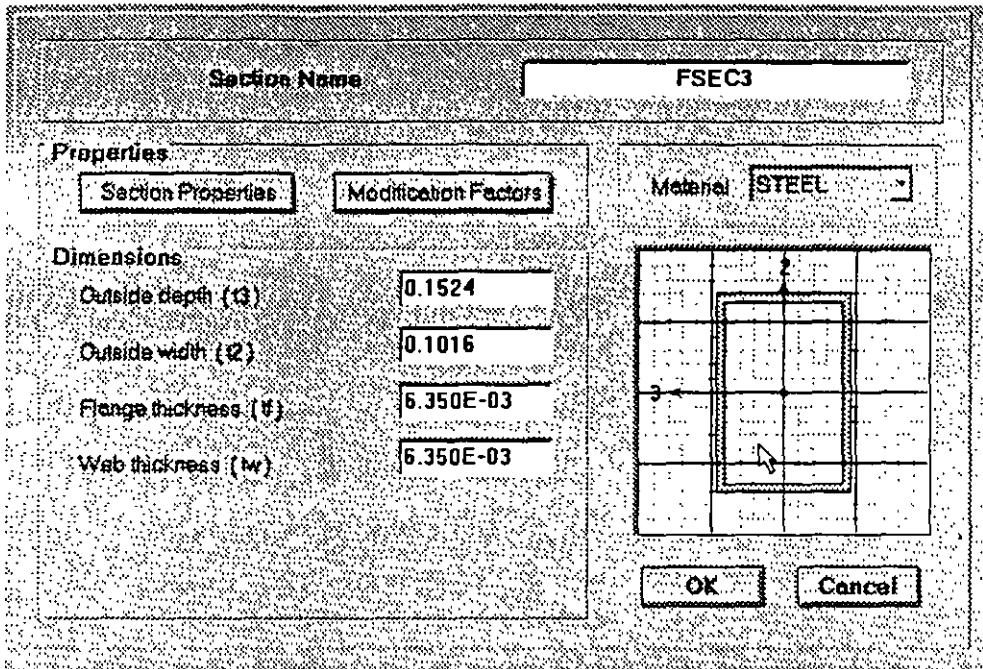


Figura 2.3. Dimensiones de una forma de sección transversal específica.

Para los elementos barra prismáticos (general) de una estructura tridimensional se requiere proporcionar las siguientes propiedades referidas a ejes locales, centroidales y principales de la barra (ver figura 2.4).

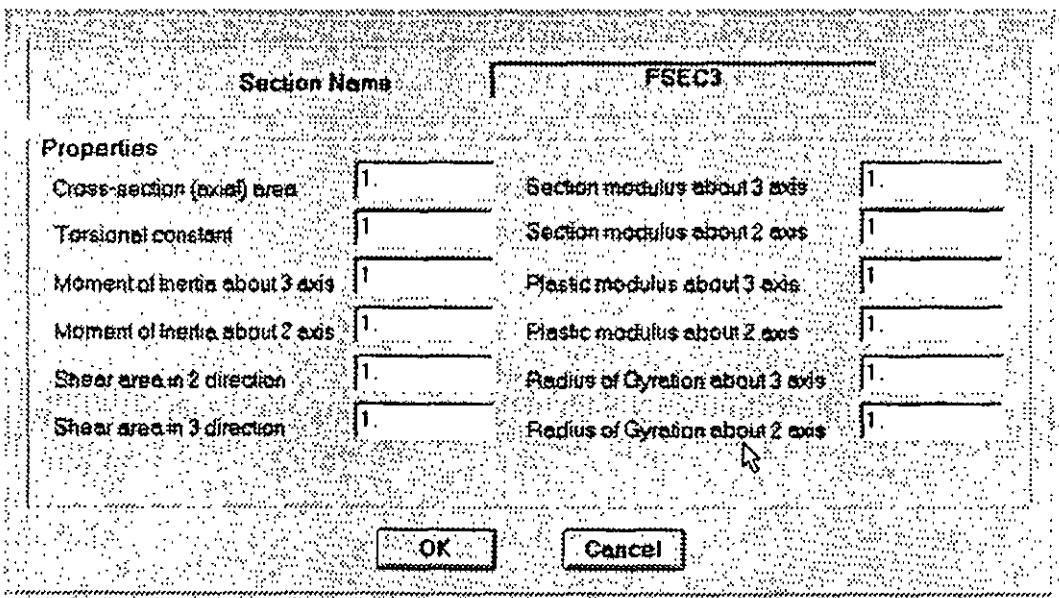


Figura 2.4. Características del tipo de sección transversal “general”.

Dependiendo del tipo de estructura, en la tabla 2.1 se muestran las propiedades geométricas mínimas que es necesario proporcionar para que el análisis se pueda realizar.

Tipo de estructura	Propiedad requerida
TRUSS	AX
PLANE	AX, IZ ó IY
FLOOR	IX, IZ ó IY
SPACE	AX, IX, IY, IZ

Tabla 2.1 Propiedades geométricas mínimas requeridas.

El programa SAP 2000 permite asignar las propiedades de los elementos barra de acuerdo a una tabla de perfiles de acero estándar ( P. ej. tabla AISC, ver figura 2.5) o tomarlas de una tabla definida por el usuario.

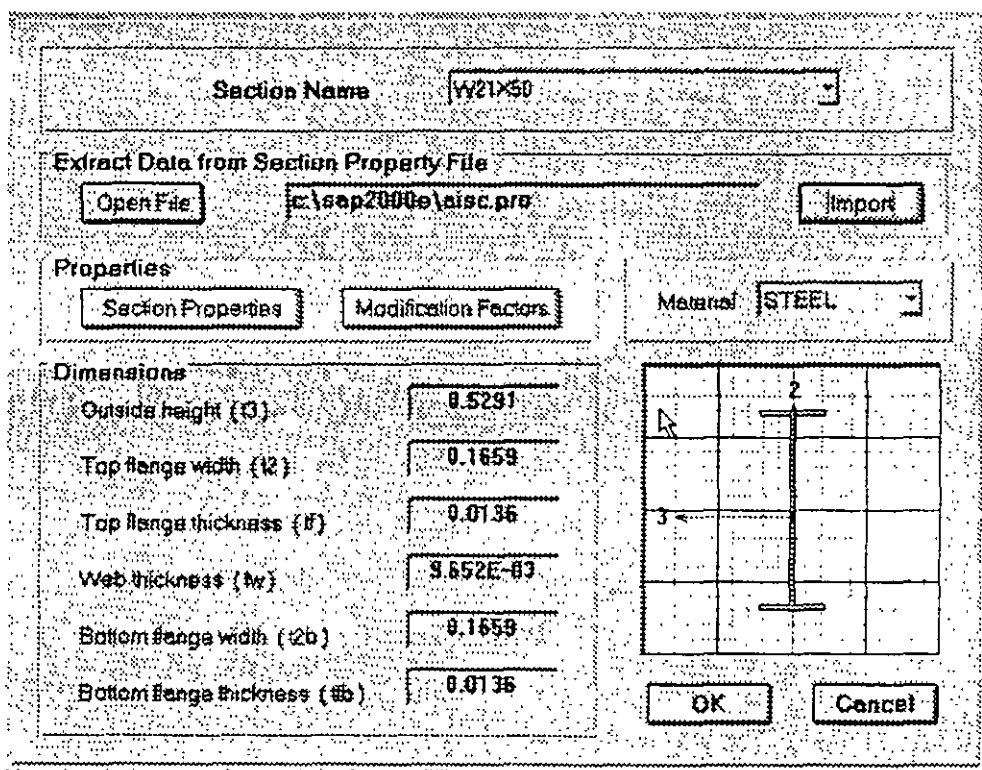


Figura 2.5. forma y propiedades geométricas tomadas de una tabla de perfiles.

Para el caso de los elementos placa será necesario proporcionar el espesor de la placa y seleccionar el tipo de trabajo de esta ("Shell", "Membrane" o "Plate", ver figura 2.6), para el sólido no es necesario proporcionar propiedades geométricas, sólo constantes elásticas.

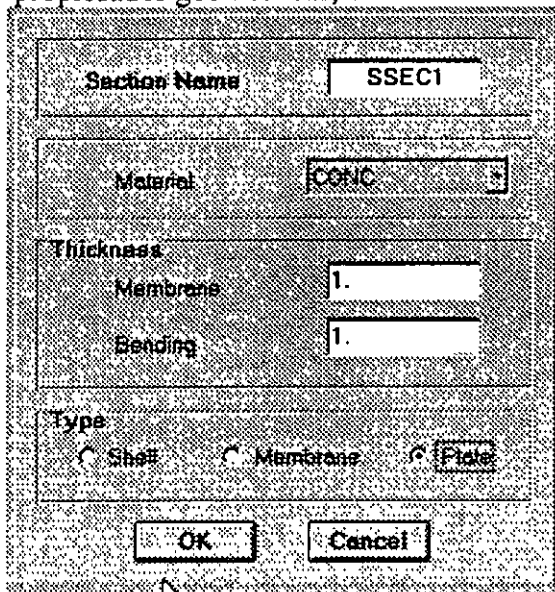


Figura 2.6. Datos para los elementos placa.

#### 2.4 PASO 4. DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LOS MATERIALES

Para realizar el análisis se requiere tener definidas las constantes del material del cual están o estarán hechos los elementos (barra, placa, sólido) como son E (Módulo elástico), y  $\nu$  (relación de Poisson). Para incluir el peso propio es necesario proporcionar el peso volumétrico, si se desea emplear alguna opción de análisis dinámico entonces es necesario proporcionar la masa por unidad de longitud (en un modelo de masas distribuidas), masas en los nudos (modelo de masas concentradas), si quiere que se considere efectos de temperatura será necesario especificar el coeficiente lineal de dilatación térmica (ver figura 2.7).

<b>Material Name</b>	MAT1	<b>Design Type</b>	Concrete
<b>Analysis Property Data</b>		<b>Design Property Data</b>	
Mass per unit Volume	0.7981	Reinforcing yield stress, fy	60.
Weight per unit Volume	7.8334	Concrete strength, fc	4.
Modulus of elasticity	20389020	Shear steel yield stress, fyv	40.
Poisson's ratio	0.3	Concrete shear strength, fcs	4.
Coeff of thermal expansion	1.170E-05		
OK		Cancel	

Figura 2.7. Datos para las propiedades de un material.

## 2.5 PASO 5. TIPOS DE FUERZAS Y COMBINACIONES

Es necesario tener completamente identificados comunmente los sistemas o conjuntos de fuerzas (condiciones de carga) bajo los que se realizará el análisis ( P. ej. peso propio, carga viva, sismo, viento, etc.) y para cada condición de carga las características de las fuerzas (tipo, magnitud, dirección, etc.) que forman parte de ese sistema de fuerzas.

Por ejemplo una condición de carga puede ser la carga muerta que puede estar formada por ejemplo por: fuerzas uniformes en algunas barras simulando el peso de los muros divisorios, fuerzas concentradas simulando el peso de tanques, etc.

Otra condición de carga puede ser el sismo, que por ejemplo pudiera ser representado por una serie de fuerzas estáticas (sismo estático) aplicadas en determinados nudos.

Una condición más puede ser la carga viva, idealizada como una fuerza por unidad de área actuando en una determinada zona de la estructura (P. ej. azotea, entrepiso, escaleras, etc.).

Los sistemas de carga independientes pueden ser utilizados para formar sistemas de carga dependientes es decir combinaciones, si lo anterior se desea, es necesario saber de antemano el número de combinaciones a incluir en el análisis y para cada combinación las condiciones de carga que se incluirán así como su participación respectiva (factor de carga), por ejemplo teniendo como marco al Reglamento de Construcciones para el D.F. pensando en una estructura del grupo A, localizada en el D. F. una combinación es 1.5 de la carga muerta + 1.5 de la carga viva máxima, por lo que el factor de carga (o de participación) de las condiciones anteriores (1 y 2) es 1.5, siendo 1 y 2 las condiciones de carga respectivas.

## 2.6 PASO 6. ELECCIÓN DEL TIPO DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

SAP 2000 permite realizar un análisis elástico lineal de 1er. orden, también se pueden incluir efectos P- $\Delta$  o bien un análisis dinámico, por lo anterior habrá que decidir sobre el tipo de análisis a efectuar por el programa.

En cuanto a los resultados que el programa puede proporcionar, será necesario saber cuales se requerirán, por ejemplo: desplazamientos, elementos mecánicos, gráficas y diseño, y de que elementos se requieren; por ejemplo: de algunos o de todos los nudos, de algunos o de todas las barras, gráficas de la deformada, de algún marco o de toda la estructura, etc., lo anterior se tendrá que definir para una, algunas o todas las condiciones de carga y/o combinaciones. Si el usuario no selecciona o define los elementos (nudos, barras, etc.), condiciones y/o combinaciones la impresión la realiza para todos los elementos y todos los sistemas de fuerzas existentes.

## 2.7 PASO 7. DISEÑO DE ELEMENTOS

SAP 2000 permite diseñar elementos de acero y concreto por lo que será necesario definir un código o especificaciones a utilizar (ACI, AISC, LRFD, ASSTHO, etc.) y proporcionar los valores de los parámetros a utilizar ( $f'_c$ ,  $f_y$ , etc.), así como especificar los elementos que se diseñarán y el criterio a seguir para su diseño (viga, columna, etc.).



# DESCRIPCION GENERAL

# CAPÍTULO 3

## 3.1 INTRODUCCION

Una vez que se ha modelado la estructura (previo al uso del programa), es decir, seleccionada la forma de la sección transversal de las barras, definidas las características físicas y mecánicas de los materiales estructurales, especificados los sistemas de fuerzas (definidas cada una de las fuerzas que componen a cada sistema o condición de carga y combinaciones) bajo las cuales se analizará el modelo estructural, seleccionado el tipo de análisis así como el tipo de resultados, entonces se esta en condiciones de introducir los datos antes mencionados utilizando la interface gráfica que ofrece el programa con la cual es posible:

Manejar (Definir, mover, copiar, borrar) elementos estructurales (barra, placa, etc.).

Definir Tipos de apoyo (fijo o con grados de libertad, resortes).

Definir y asignar propiedades geométricas a los elementos barra de acuerdo a una tabla de perfiles estándar (AISC por ejemplo) o usar secciones prismáticas (circular, rectangular, Te, etc.), también es posible la utilización de secciones no prismáticas o de sección variable.

Definir el espesor de los elementos placa

Definir y asignar propiedades a uno o varios elementos o grupo de elementos (barra, placas), las propiedades pueden ser densidad, módulo elástico, relación de Poisson, coeficiente de dilatación térmica, etc. Así como definir la posición de la sección dentro de la estructura (posición de ejes locales con respecto a los globales). Algunas de las propiedades se tienen predefinidas para ciertos materiales (acero y concreto) o se pueden introducir valores particulares

Es posible seleccionar barras para liberarlos de algunos elementos mecánicos en sus extremos, también se pueden definir diafragmas rígidos.

Desde luego se permite introducir fuerzas estáticas aplicadas a los nudos, desplazamientos prescritos en ellos, en el caso de barras se puede incluir el peso propio, fuerzas uniformes, concentradas, con variación lineal, de presfuerzo y debidas a incrementos de temperatura, a ajustes en la longitud inicial de los elementos y algunas otras.

Además de las fuerzas de tipo estático, se puede incluir cargas variables (móviles), de acuerdo a AASHTO ( HS20, HS15, H20, H15, etc.), o al UBC, o bien especificadas por el usuario. Una buena variedad de fuerzas dinámicas (fuerza-tiempo o aceleración-tiempo) pueden

incluirse como sistemas de fuerzas, especificadas de acuerdo a sus características dinámicas (amplitud y frecuencia), definiendo el lapso de tiempo de actuación de la fuerza.

Una vez introducida la geometría, propiedades y fuerzas que actúan sobre la estructura, **SAP 2000** permite la realización del Análisis operando sobre el contenido del archivo que se ha seleccionado o definido previamente el cual desde luego debe contener los datos de la estructura en estudio, el módulo de análisis interpreta cada una de las ordenes o definiciones indicadas en el archivo de datos en el orden en que se encuentran, el contenido del archivo de datos e instrucciones puede introducirse manualmente vía algún editor previo a la ejecución de **SAP 2000** o bien mediante la instrucción **Save** al estar creando la estructura a través del editor gráfico característico del programa, ambas opciones se describirán posteriormente.

Después de ejecutada la opción de análisis, **SAP 2000** genera archivos conteniendo los resultados de la fase de análisis, si este concluye satisfactoriamente se desplegará la configuración deformada de la estructura. Enseguida se podrán seleccionar opciones y elementos para que de ellos se muestren en el monitor los resultados numéricos y gráficos obtenidos por el programa como resultado del análisis.

### 3.2 EJECUCIÓN DEL PROGRAMA, MENU DE OPCIONES

Para iniciar el programa se puede hacer doble clic en el icono del programa o bien desde el menú de inicio hacer clic en la carpeta programas **SAP 2000 educacional** (versión educativa) o **SAP 2000 NonLinear** (versión profesional), enseguida se ejecuta el programa presentándose la imagen mostrada en la figura 3.1, una vez haciendo clic en la caja OK de la ventana en la parte central (“*Tip of the day*”) desaparece esta dejando lugar a la ventana principal del programa **SAP 2000**.

En el “renglón” superior de esta ventana se encuentra en su extremo izquierdo el nombre del programa (**SAP2000**) seguido del nombre de archivo en donde se almacenarán los datos o de donde han sido tomados, en el extremo derecho se encuentran los iconos de minimizar, restaurar la ventana y cerrarla (una forma de finalizar la ejecución del programa es haciendo clic en este icono), debajo de lo anterior se localiza la barra de menú conteniendo las opciones que el programa tiene disponibles (**F**ile, **E**dit, **V**iew, etc.) las cuales se describirán posteriormente, debajo de esas opciones se encuentran una serie de iconos que realizan acciones de uso frecuente (seleccionar elementos, cambiar alguna opción de presentación, elegir algún tipo de resultado, etc.), se recomiendo al lector consultar las tablas que se presentan al final de este trabajo en donde se describe cada uno de esos iconos (incluyendo los de la barra flotante que también forma parte de la ventana de **SAP 2000**).

Debajo de los iconos está el área de presentación (con fondo negro) en la que se muestra gráficamente el modelo de la estructura por analizar así como diversa información en forma de ventanas que serán desplegadas por el programa después de que el usuario seleccione alguna de las opciones disponibles de **SAP 2000**.

Por último, en la parte inferior debajo de la barra flotante de iconos se muestra información acerca de las características del área de dibujo (vista o plano de presentación, coordenadas de algún nudo, etc.) y un poco a la derecha esta el cuadro de selección de unidades en las que se introducirá la

información, antes de este cuadro se muestra información acerca del estado que guarda alguna instrucción o del programa.

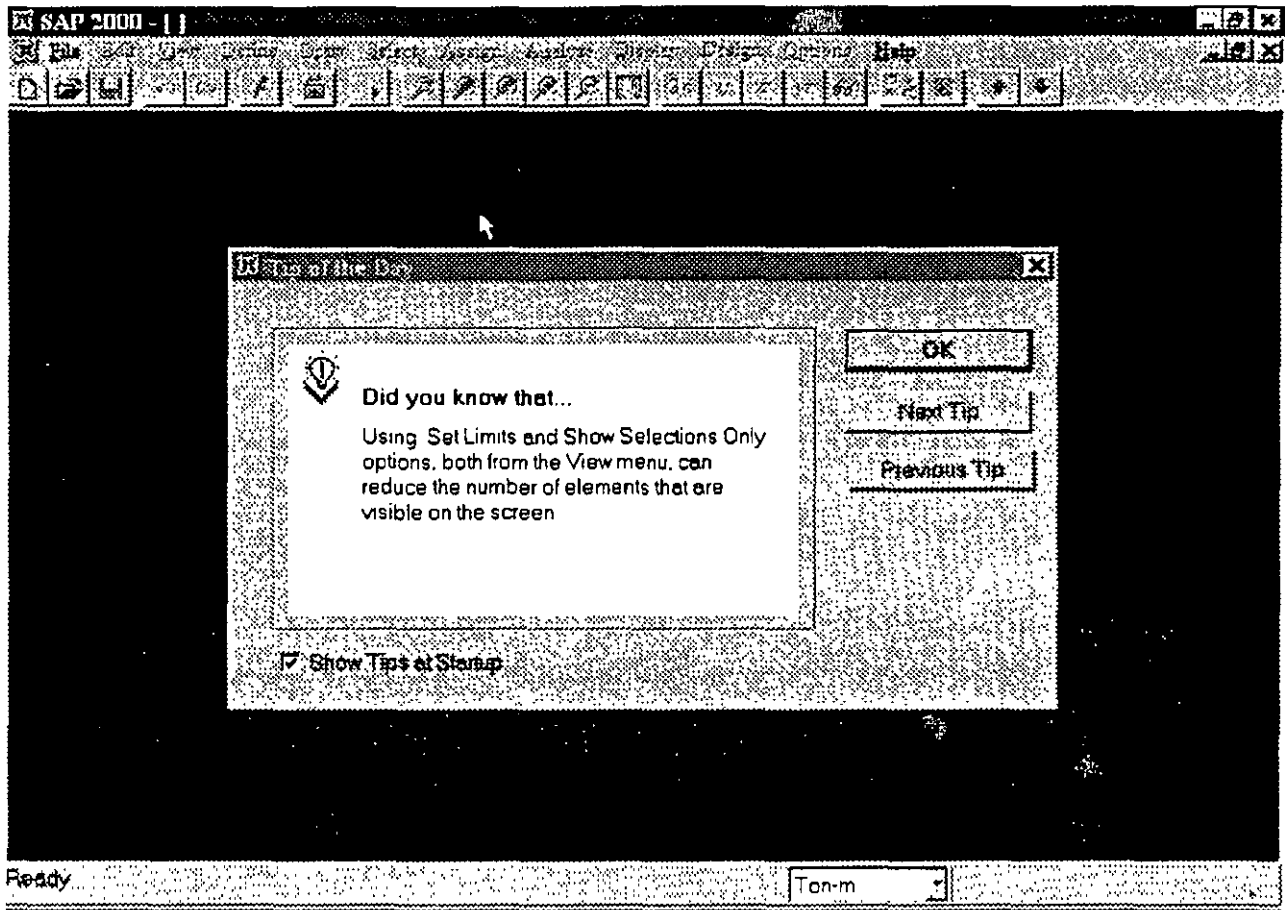


Figura 3.1 Iniciando el programa SAP 2000

En la versión 6.1 del programa SAP 2000 se pueden seleccionar varias opciones, las que se describen a continuación pueden ser las de uso más frecuente.

### 3.3 El menú File

EL menú File (ver figura 3.2) permite entre otras opciones manejar la información de alguna estructura contenida en un archivo, esa información pudo haberse generado previamente a la ejecución del programa o durante su uso, las opciones de este menú permiten:

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b><u>N</u>ew Model</b>               | Iniciar un problema nuevo.   |
| <b><u>N</u>ew Model from template</b> | Iniciar un problema nuevo, seleccionando una geometría típica de algunas formas estructurales como las mostradas en la figura 3.3. |
| <b><u>O</u>pen...</b>                 | Abrir un archivo existente con datos de alguna estructura.   |

**Save**

Guarda los datos de la estructura.

**Save As**

Guarda los datos de la estructura en otro archivo.

**Import**

Permite ingresar los datos de un archivo generado con AutoCad, o bien para SAP90.

**Export**

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

**Print...**

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

**Exit**

Cerrar el programa y regresar a Windows.

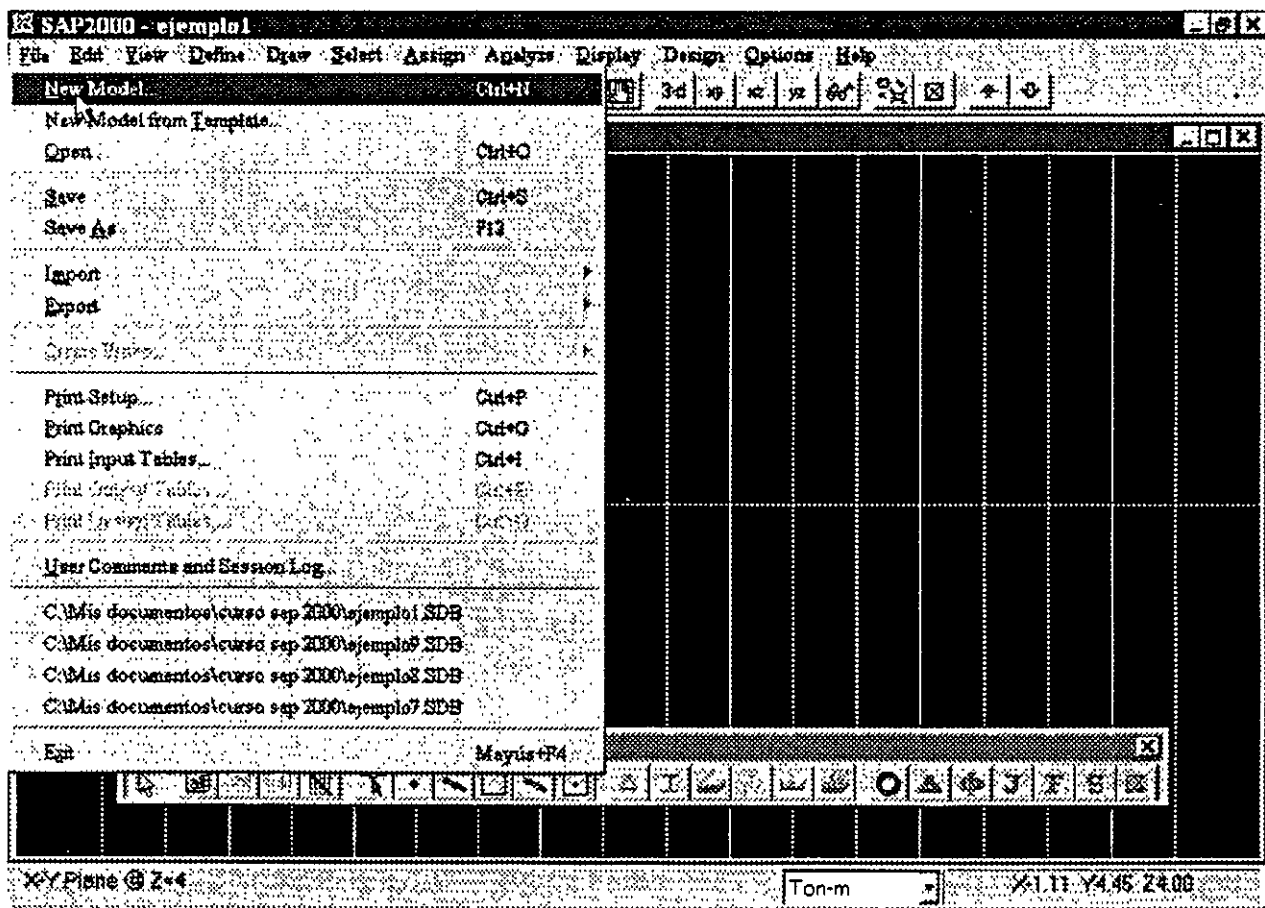
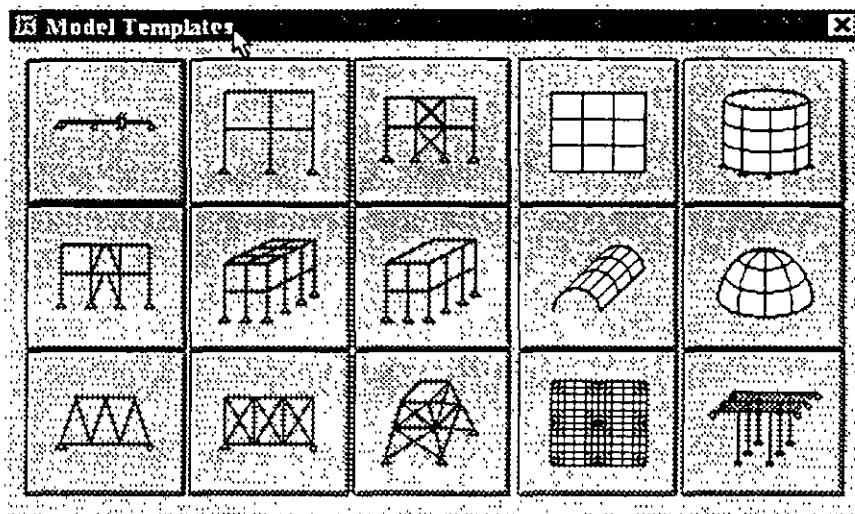


Figura 3.2 Módulos principales del menú **F**ile.Figura 3.3. Geometrías predefinidas en la opción **N**ew **M**odel from **T**emplate

Existen dentro de este menú otras opciones de uso no muy frecuente. Al iniciar **SAP 2000** se recomienda seleccionar las unidades en las que se van a introducir los datos de la estructura a analizar, por ejemplo si estas fueron ton-m (toneladas y metros) los valores de las fuerzas uniformes se deben de proporcionar en ton/m, de las inercias en  $m^4$ , para el módulo elástico en  $\text{ton}/m^2$ , etc., es decir los valores deben ser consistentes.

### 3.3 El menú **E**dit

EL menú **E**dit (ver figura 3.4) permite desde introducir y hacer cambios a la geometría del modelo hasta suprimir algunos de sus elementos muchas de las opciones contenidas en este menú operan en conjunto con las del menú **S**elect (ver siguiente sección), las opciones de este menú permiten:

<b>Cut</b>	Suprimir los elementos seleccionados, guardándolos en la memoria temporal.
<b>Copy</b>	Copiar sin borrar los elementos seleccionados a la memoria temporal.
<b>Paste</b>	Insertar los elementos contenidos en la memoria temporal especificando nuevas posiciones.
<b>Delete</b>	Suprimir los elementos seleccionados.

- Merge Joints** Juntar los nudos que tengan una separación menor que un cierto valor (dejando uno solo y suprimiendo los demás es decir los nudos duplicados).
- Move** Mueve los nudos seleccionados especificando el incremento en sus coordenadas, moviendo también los elementos que estén conectados a esos nudos.
- Replicate** Realiza una copia (réplica) de los elementos seleccionados especificando el incremento en las coordenadas de sus nudos extremos.
- Divide frames** Divide a las barras seleccionadas en un número especificado por el usuario.
- Join frames** Junta varias barras seleccionadas en una sola (operación inversa de Divide frames).
- Change Labels** Cambia la numeración de los elementos seleccionados (renumera).

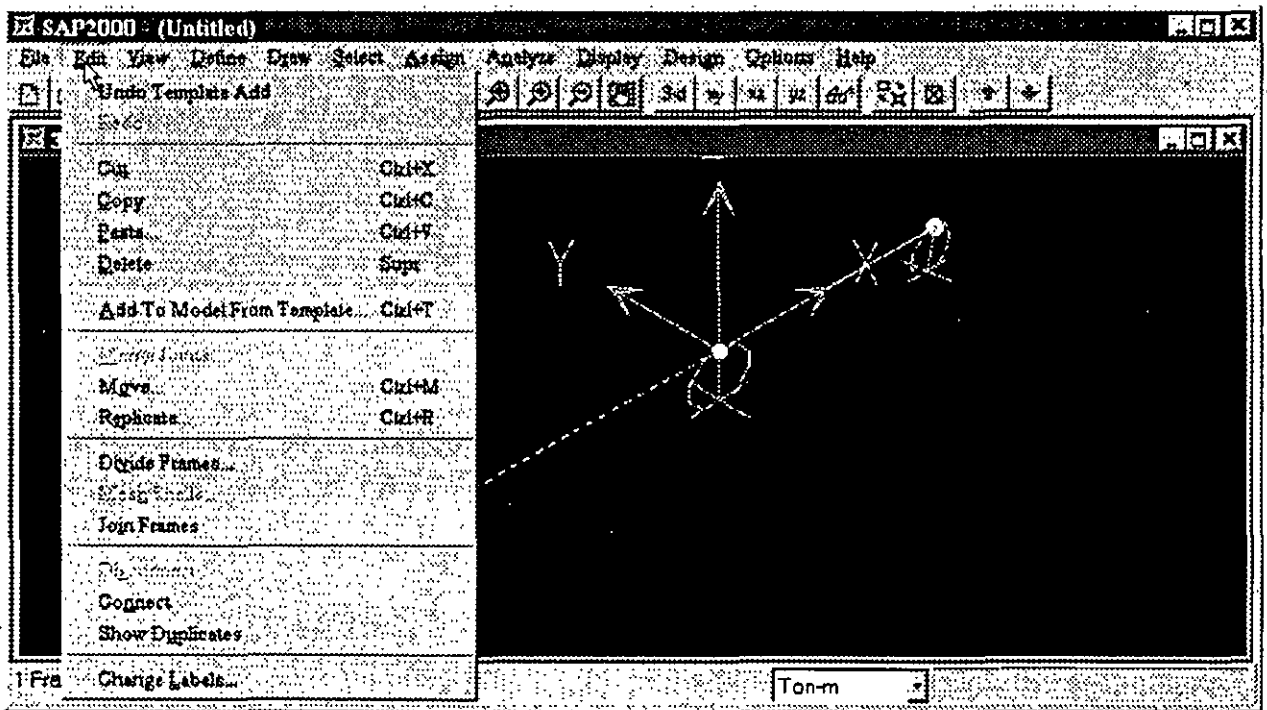


Figura 3.4. Opciones del menú Edit.

### 3.4 El menú View

EL menú View (ver figura 3.5) permite cambiar la presentación del área de dibujo de la estructura, algunas opciones que resultan de uso cotidiano son:

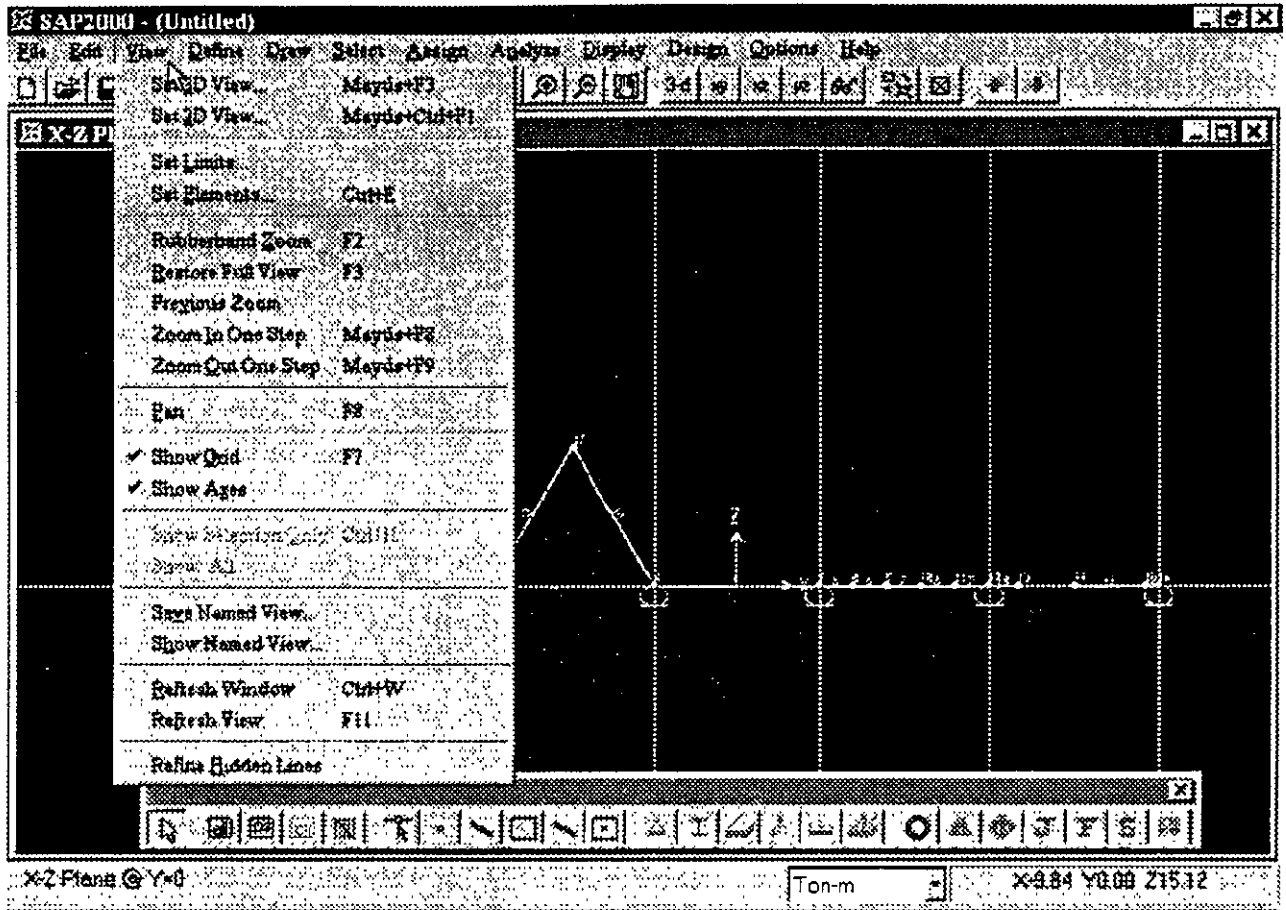


Figura 3.5. Opciones del menú View.

**Set Elements**

Permite seleccionar la información a ser incluida dentro del área de dibujo (numeración de nudos, barras, ejes, etc.), ver figura 3.6.

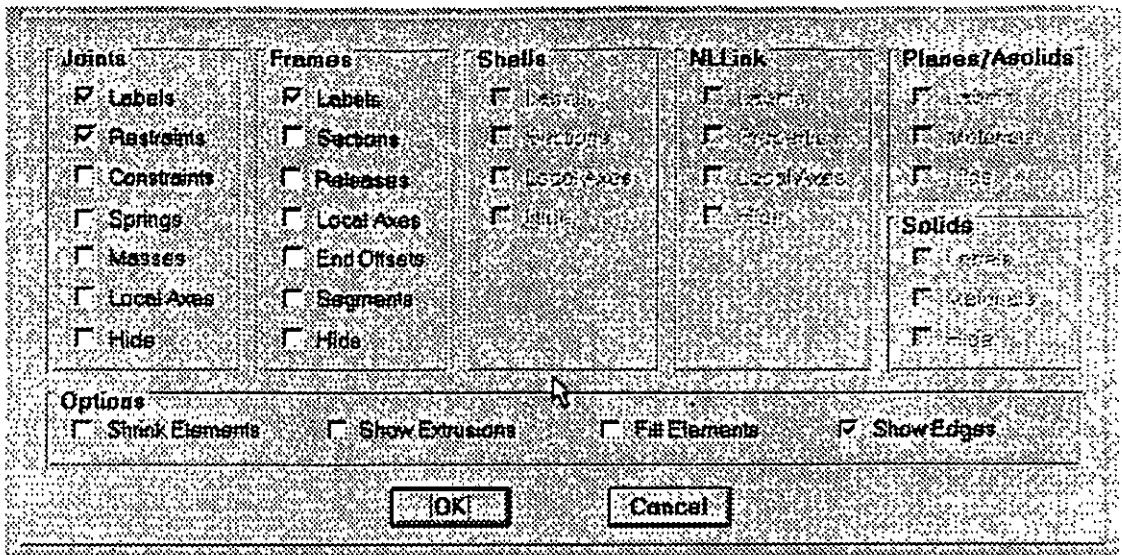


Figura 3.6. Opciones de Set Elements.

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

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

Se deja al lector que pruebe el efecto de las otras opciones, las características de algunas de ellas se verán posteriormente en el desarrollo paso a paso de algún ejemplo.

### 3.5 El menú Define

El menú Define (ver figura 3.7) permite especificar propiedades de los materiales (Materials...), características geométricas como forma, dimensiones, material, etc. para las barras del modelo (Frame Sections..) y algunas características para los elementos placa (Shell Sections...) También permite definir características generales de las condiciones de carga estática como su título o identificación, el tipo de carga (de acuerdo a su origen) y si se incluirá el peso propio en la condición de carga.

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



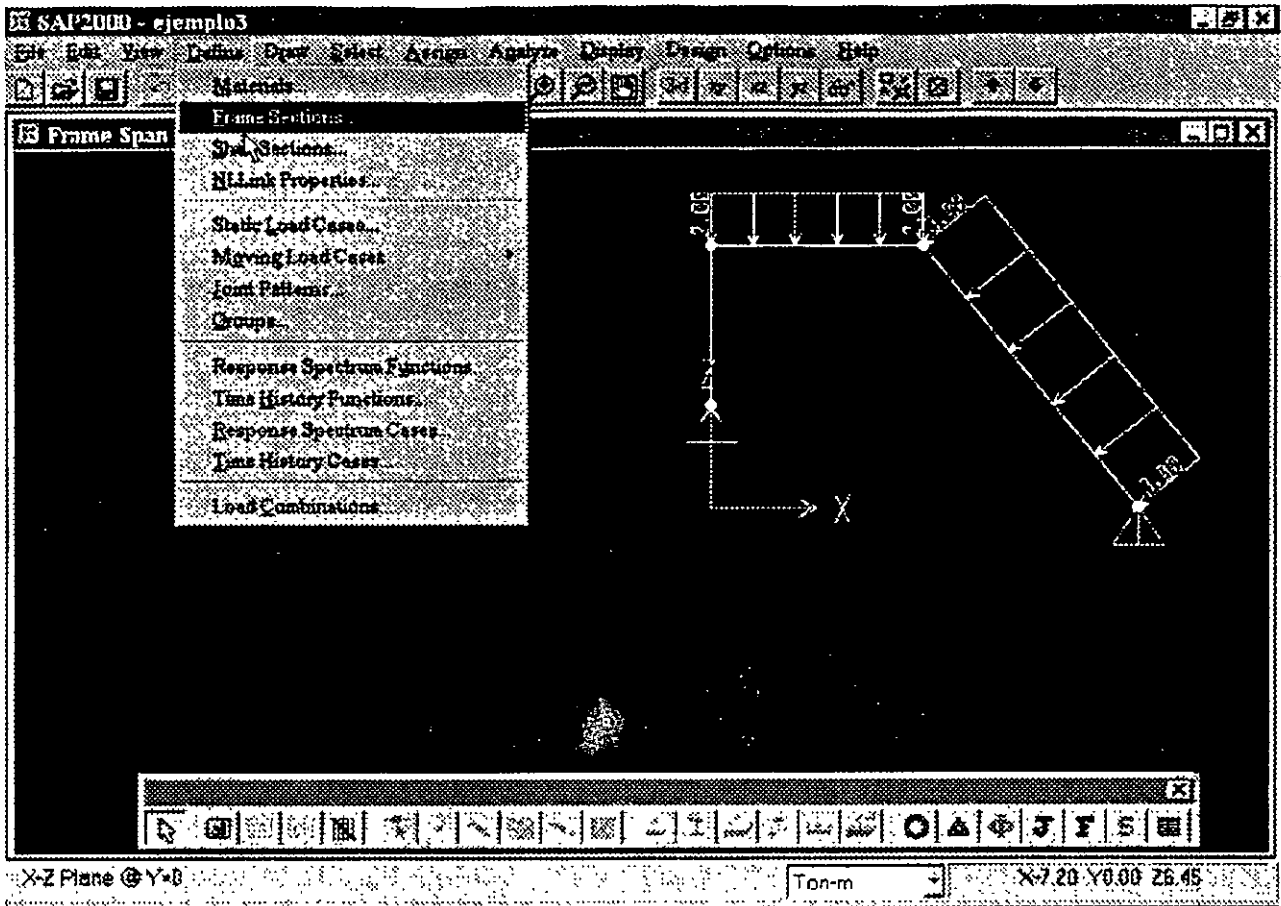


Figura 3.7. Opciones del menú Define.

### 3.5 El menú Draw

Algunas de las opciones del menú Draw (ver figura 3.8) permiten dibujar esquemáticamente a los elementos barra, placa, etc. con los que se irá construyendo el modelo estructural por analizar, algunas opciones de uso frecuente son:

#### Edit Grid

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

#### Draw Frame Element

Permite iniciar el dibujo (con la ayuda del ratón) de elementos barra, después de seleccionar esta opción se hace clic izquierdo del ratón en el nudo donde inicia la barra (en caso de que este no halla sido creado se hace clic en sus coordenadas), luego se desplaza el puntero (sin arrastrar) hacia el nudo final de la barra haciendo clic izquierdo en el nudo con lo que queda especificada esa barra (se recomienda utilizar la malla auxiliar cambiando la separación de las líneas de la malla para que algunas de las intersecciones de esas líneas coincidan con la mayoría de los nudos de la estructura), la secuencia de dibujo de

barras se puede interrumpir con un doble clic del botón derecho en cualquier parte del área de dibujo (con lo que es posible dibujar barras en otras posiciones), para terminar el dibujo de barras se hace clic en el icono de puntero de la barra flotante de iconos, posteriormente se puede dibujar más barras volviendo a seleccionar esta opción, lo anterior se puede hacer tantas veces como se requiera.

**Draw Shell Element**

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

**Quick Draw Frame Element** y **Quick Draw Shell Element** permiten el dibujo de barras y placas respectivamente con un solo clic izquierdo cerca de alguna de las líneas de la malla auxiliar (para el caso de barras) y en algún punto dentro de un área delimitada por líneas de la malla auxiliar de dibujo (para el dibujo de placas), se deja al lector la práctica con estas opciones antes de abordar los ejemplos que se presentan en el capítulo correspondiente.

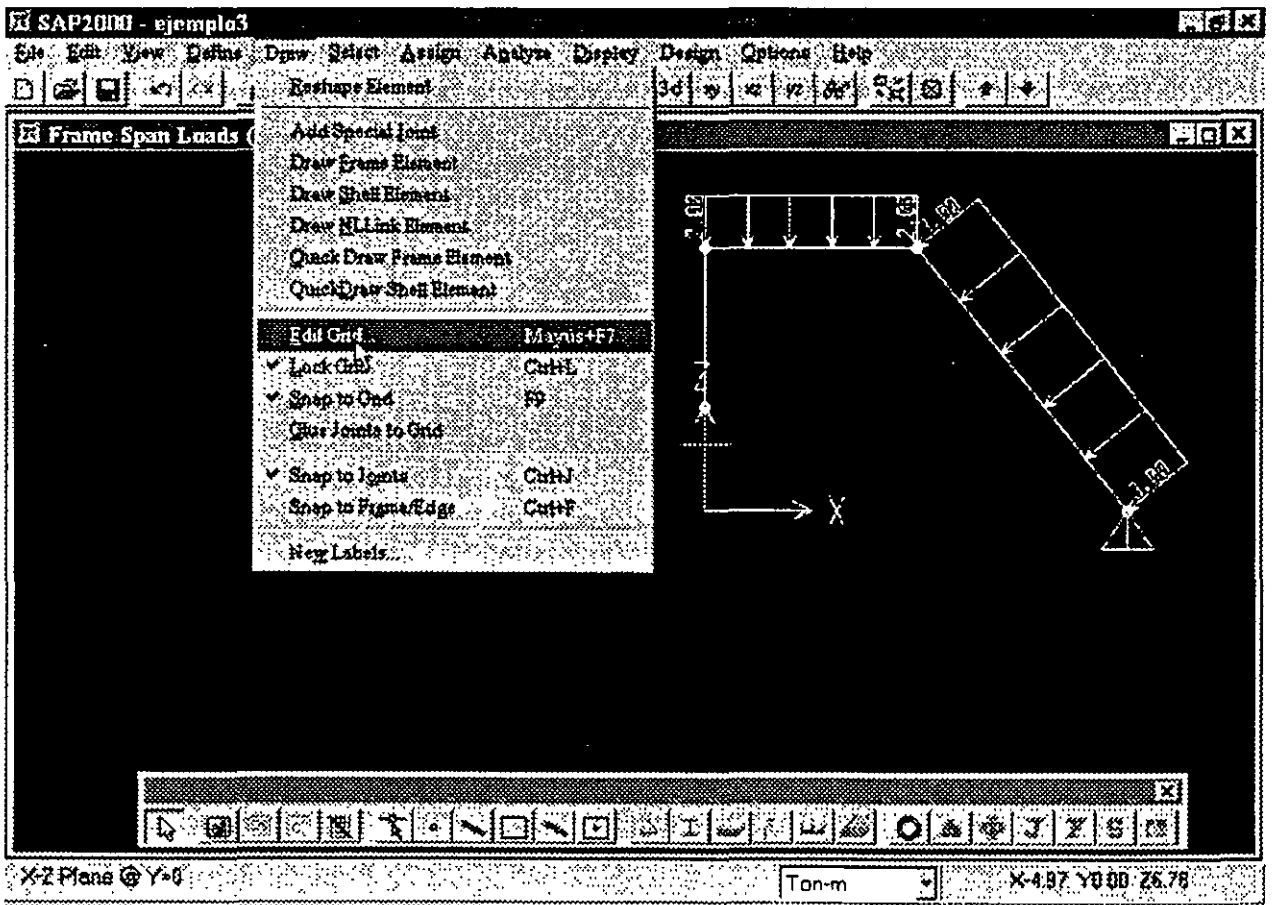


Figura 3.8. Opciones del menú Draw.

### 3.6 El menú **Select**

Algunas de las opciones del menú **Select** (ver figura 3.9) nos permitirán seleccionar elementos ya existentes dentro del modelo, la selección de elementos es necesaria para poder asignar (ver menú **Assign**) algunas características a los mismos, por ejemplo si se seleccionan barras se les podrá asignar secciones, cargas, etc. las siguientes son algunas opciones que resultan de uso frecuente:

**Pointer/Window**

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

**Intersecting Line.**

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

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

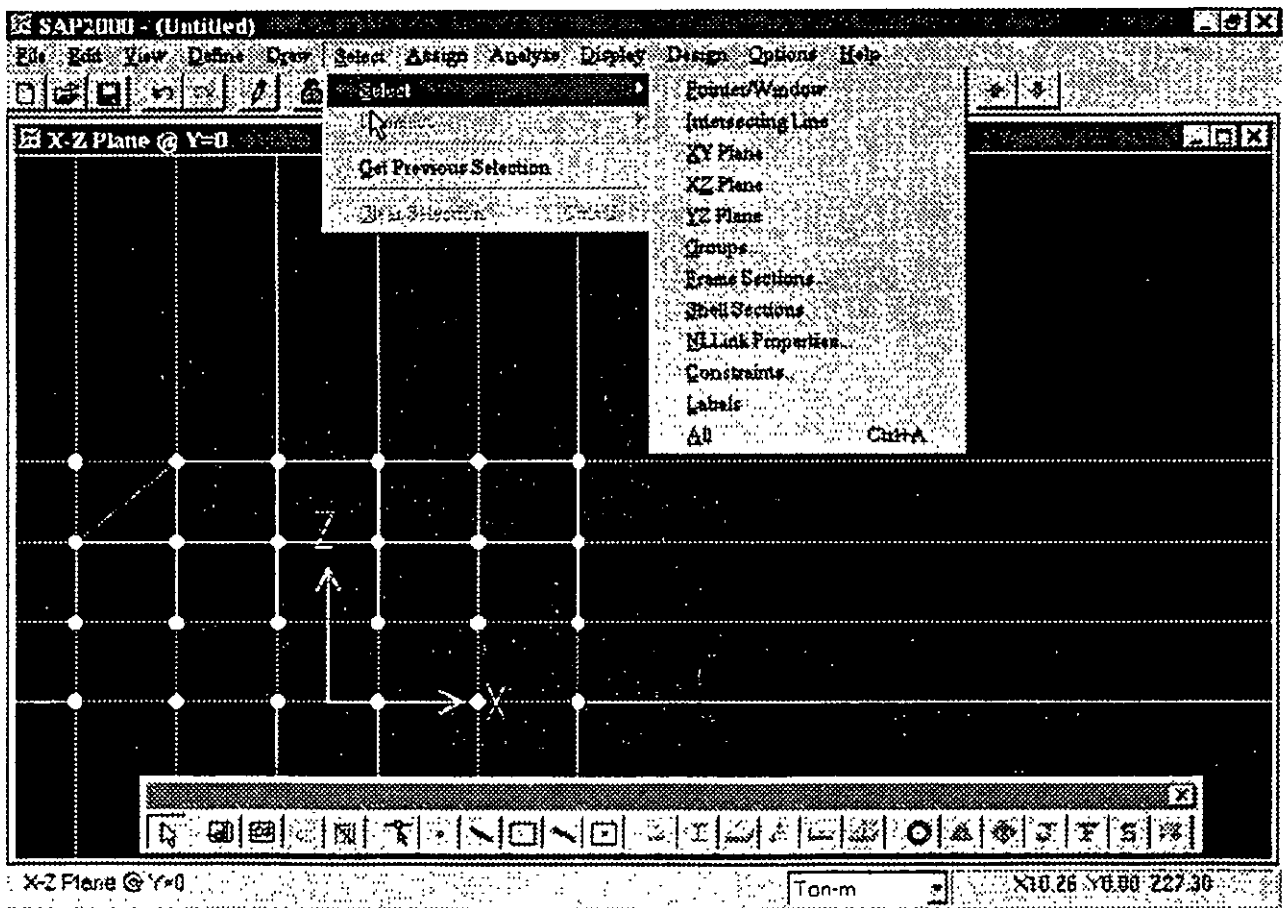


Figura 3.9. Algunas opciones del menú **Select**.

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

### 3.7 El menú **Assign**

Una vez seleccionados algunos elementos (nudos, barras, etc.) podemos asignarles alguna característica propia del elemento (restricciones, fuerzas, secciones, etc.), el menú **Assign** (ver figura 3 10) junto con sus opciones nos permitirán realizar esa actividad, enseguida una breve descripción de algunas opciones del menú **assign**.

<b>Joint</b>	Permite asignar a los nudos seleccionados restricciones o apoyos (restraints), asignar el mismo desplazamiento (constraints), asignar resortes (springs), etc.
<b>Joint Static Loads</b>	Con esta opción se asignan a los nudos seleccionados fuerzas (Forces) o desplazamientos prescritos (Displacements).
<b>Frame</b>	Permite asignar a las barras seleccionadas propiedades (Sections), liberarlas de algún elemento mecánico (Releases), especificar sus ejes locales (Local Axes), etc.
<b>Frame Static Loads</b>	Con esta opción se asignan fuerzas estáticas de gravedad (Gravity), puntuales y/o uniformes (Point and Uniform), con variación lineal (Trapezoidal), efectos de temperatura (Temperature), y efectos de presfuerzo (Prestress).

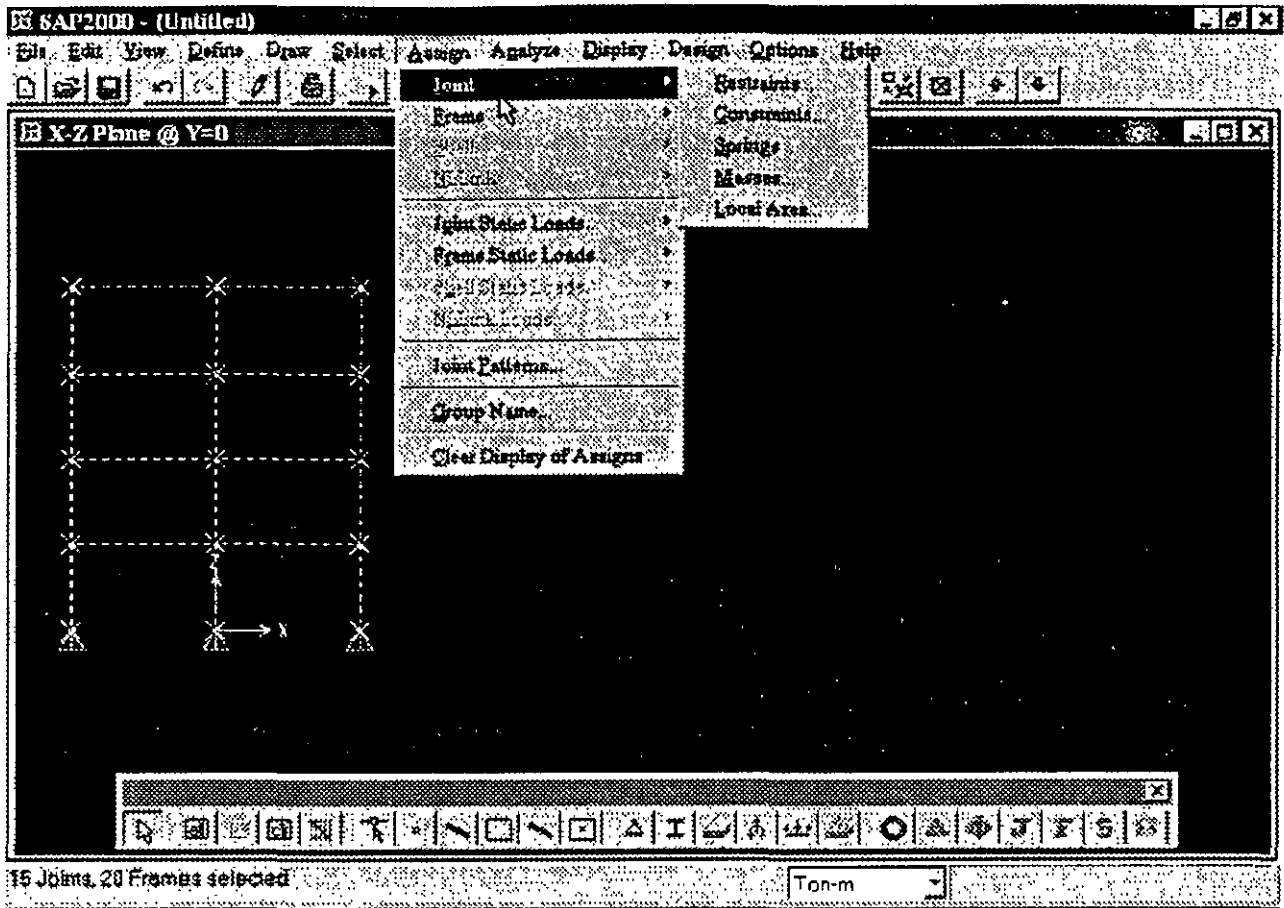


Figura 3.10. Algunas opciones del menú Assign.

### 3.8 El menú **Analyze**.

El menú **Analyze** (ver figura 3.11) permite seleccionar algunas opciones de análisis (**Set Options...**), o bien se puede solicitar que el programa **SAP 2000** realice el análisis (**Run**) con los resultados desplegados en una ventana normal o bien en una ventana minimizada (**Run Minimized**), se recomienda guardar el archivo de trabajo antes de solicitar el análisis (inclusive guardarlo en disco flexible y luego en el disco duro).

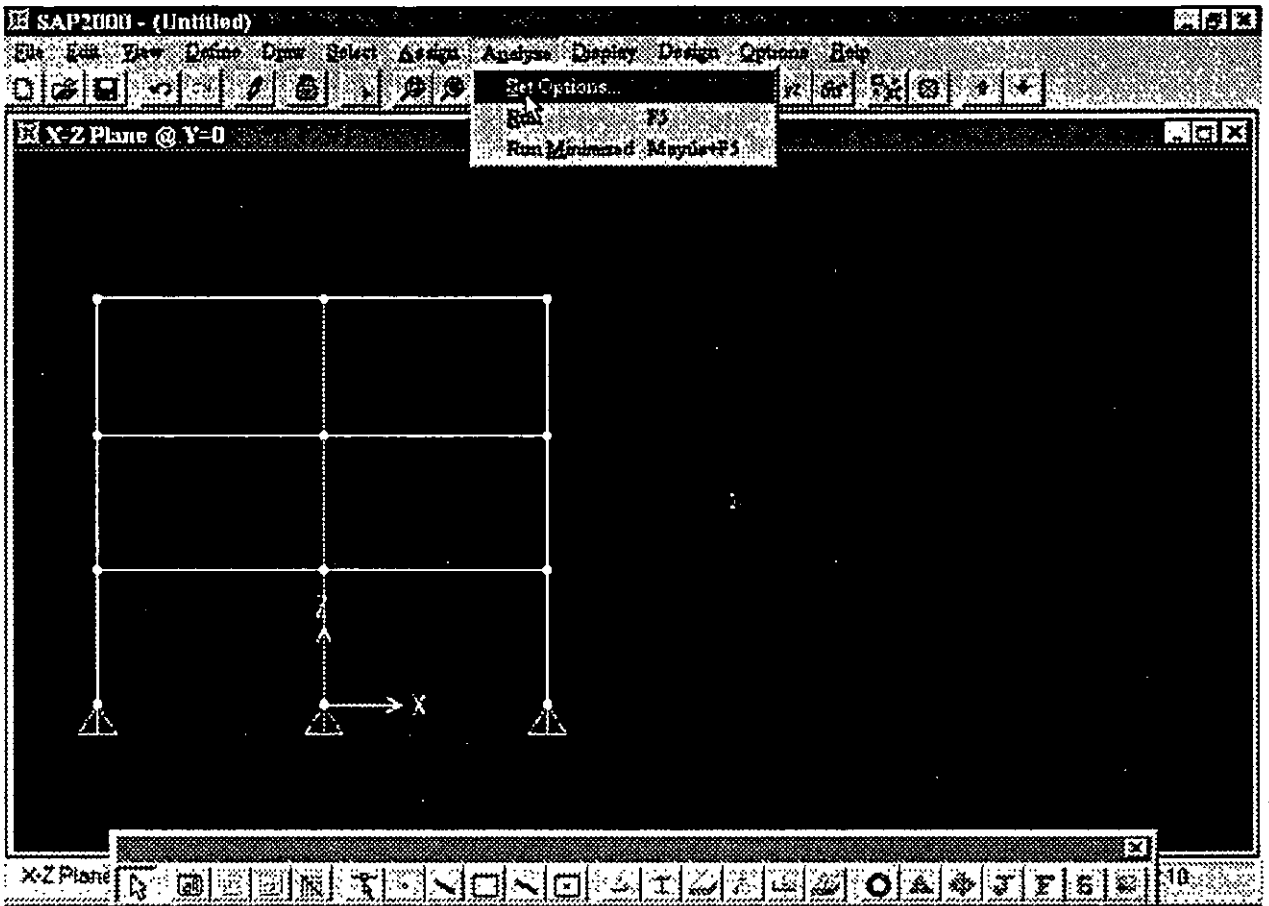


Figura 3.11 Opciones en el menú **Analyze**.

Las opciones de **Set Options...** (ver figura 3.12) permiten seleccionar los grados de libertad activos (**Available DOFs**) dependiendo del tipo de estructura que se analizará, será necesario identificar y seleccionar haciendo clic en los cuadros respectivos del área correspondiente (un cuadro en blanco significa que ese grado de libertad no está activo), otra manera de seleccionar los grados de libertad es utilizando la opción de selección rápida (**Fast DOFs**), lo anterior se realiza haciendo clic en alguna de las figuras que corresponda a nuestra estructura, la selección inadecuada de los grados de libertad puede generar resultados incorrectos o estructura inestable (división entre cero) durante la fase de análisis.

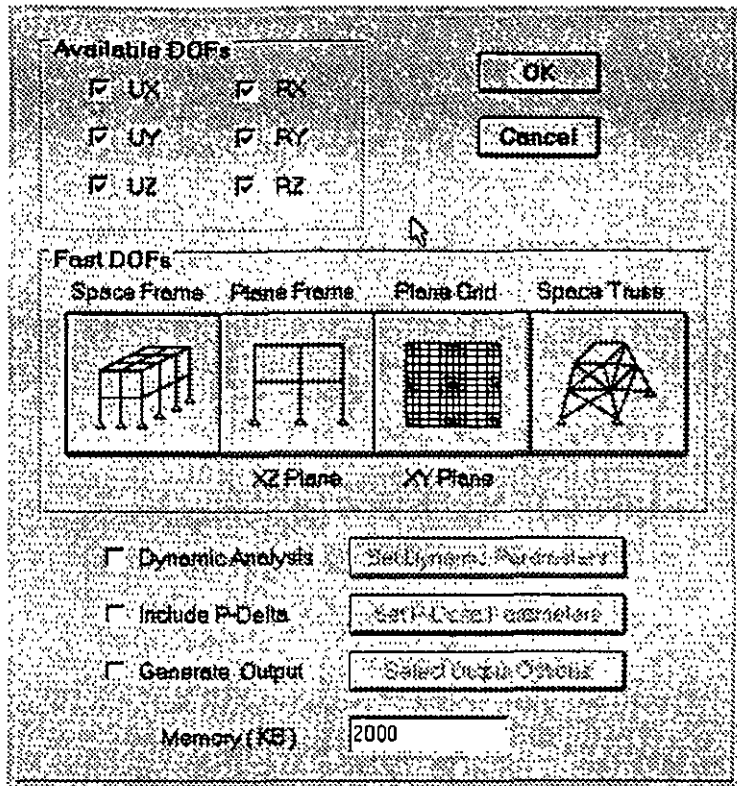


Figura 3.12. Opciones de Set Options... del menú **Analyze**.

Al final de la caja de selección se puede indicar que se realice un Análisis Dinámico (**Dynamic Analysis**), que se incluyan efectos  $P-\Delta$  (**Include P-Delta**) y que se generen archivos de salida (**Generate Output**), para estas últimas opciones es conveniente indicar algunos parámetros y seleccionar algunas opciones específicas.

Cuando se selecciona la opción de Análisis (**Run**), y algunos resultados del proceso se van desplegando en la pantalla (ventana) quedando al final algo similar a lo que se muestra en la figura 3.13.

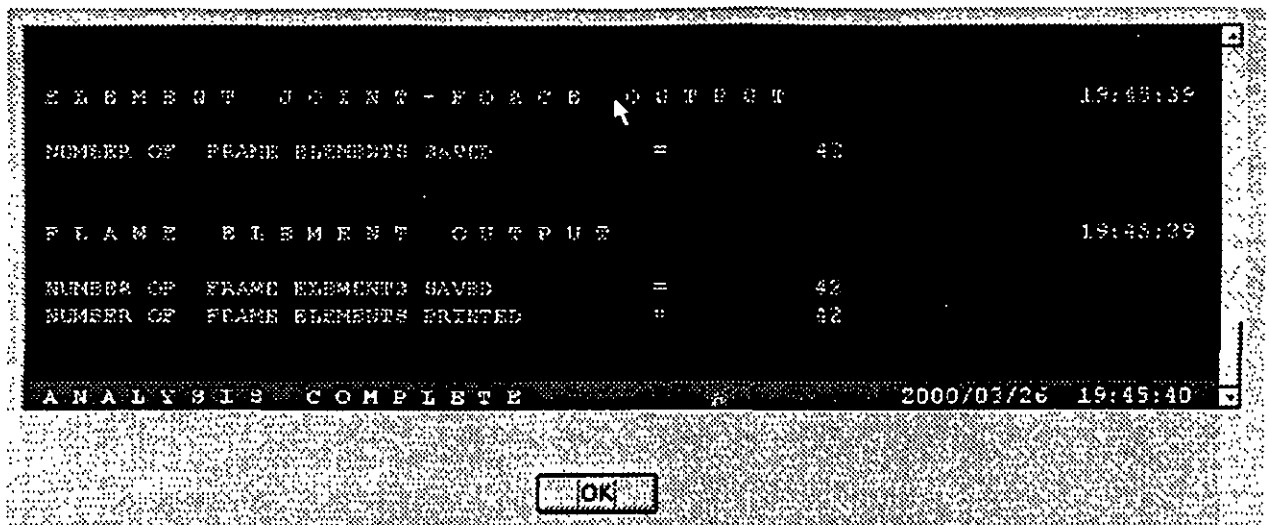


Figura 3.13. Ventana al finalizar el análisis.

Al hacer clic en el botón OK de la ventana que se muestra al final del análisis, se despliega en el área de dibujo la configuración deformada de la estructura para determinada condición de carga, en esta parte del programa se podrán seleccionar los resultados del análisis por ejemplo desplazamientos de los nudos, reacciones, elementos mecánicos, diagramas de elementos mecánicos, configuraciones deformadas, etc.

### 3.9 El menú Display

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

Mediante la opción **Show Input Tables** (ver figura 3.14) se solicita al programa que muestre en una ventana conteniendo una lista con los datos numéricos de la geometría en lo que respecta a nudos (coordenadas, restricciones, etc.), barras (incidencias, tipo de sección, etc.) y cargas (en los nudos, en las barras y en las placas), produciendo una salida parecida a la de la figura 3.15, la tabla mostrada puede imprimirse o grabarse en un archivo.



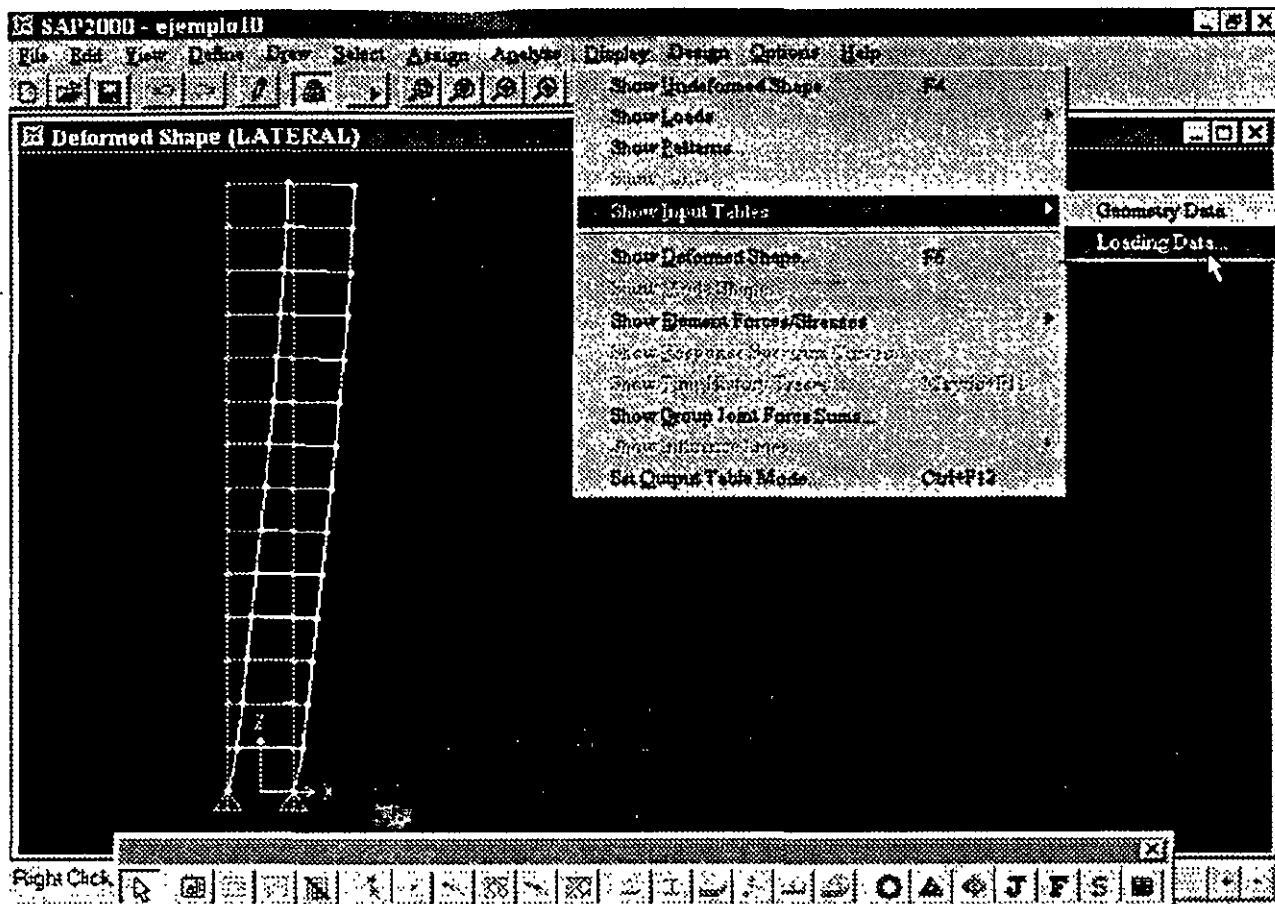


Figura 3.14. Opciones del menú Display.

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A
1	-3.00000	0.00000	0.00000	1 1 1 1 0 1	0.000
2	-3.00000	0.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000
3	-3.00000	0.00000	8.00000	0 0 0 0 0 0	0.000
4	-3.00000	0.00000	12.00000	0 0 0 0 0 0	0.000
5	-3.00000	0.00000	16.00000	0 0 0 0 0 0	0.000
6	-3.00000	0.00000	20.00000	0 0 0 0 0 0	0.000
7	-3.00000	0.00000	24.00000	0 0 0 0 0 0	0.000
8	-3.00000	0.00000	28.00000	0 0 0 0 0 0	0.000
9	-3.00000	0.00000	32.00000	0 0 0 0 0 0	0.000
10	-3.00000	0.00000	36.00000	0 0 0 0 0 0	0.000

Figura 3.15. Salida típica a partir de Show Input tables del menú Display.

Mediante la opción **Show Deformed Shape** y después de seleccionar la condición de carga, SAP 2000 muestra la configuración deformada correspondiente (ver figura 3.16).

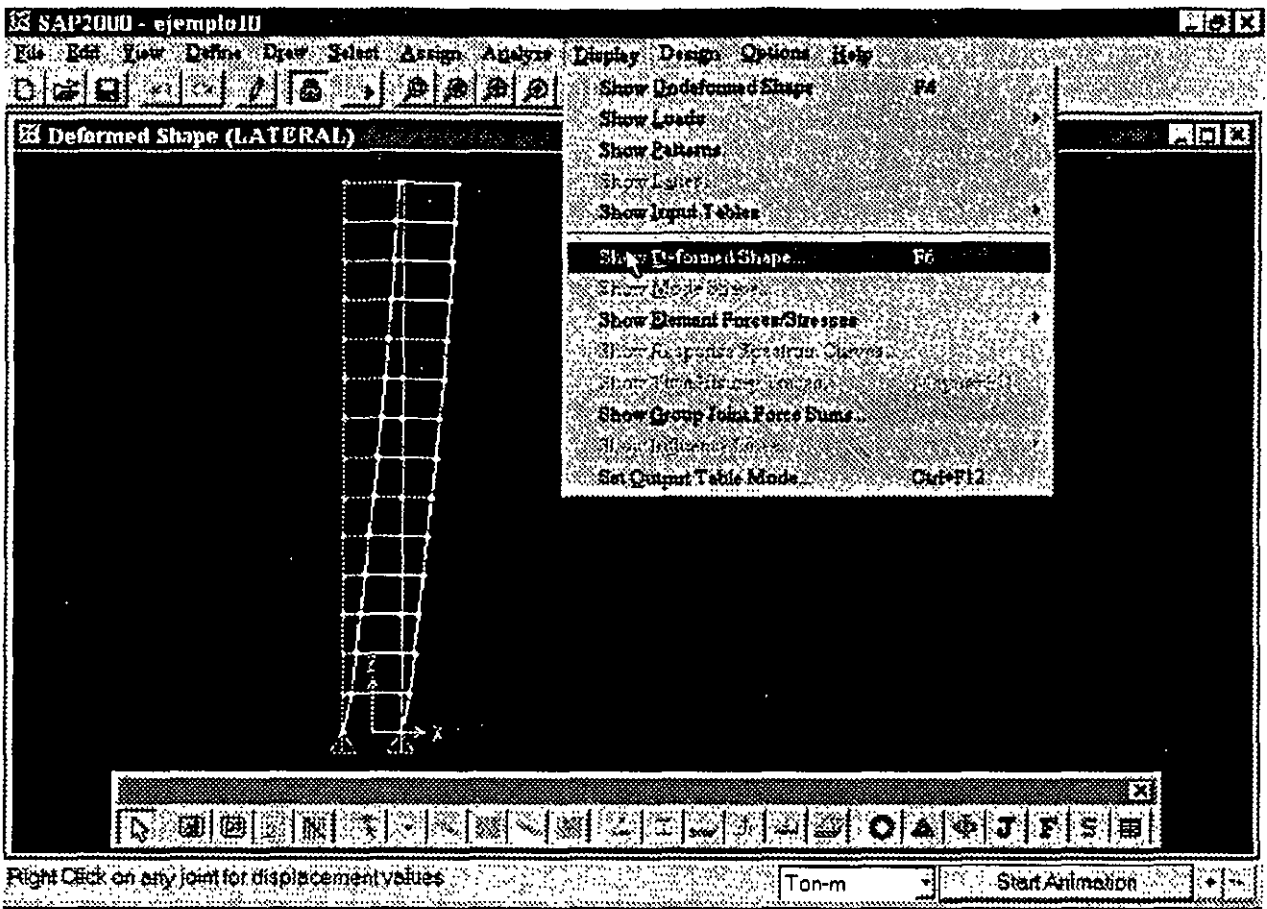


Figura 3.16. Salida típica a partir de Show Deformed Shape del menú Display

La opción **Show Element Forces/Stresses** y dependiendo de la selección que se haga SAP 2000 puede mostrar elementos mecánicos, esfuerzos, reacciones, etc. produciendo una salida similar a la que se muestra en la figura 3.17.

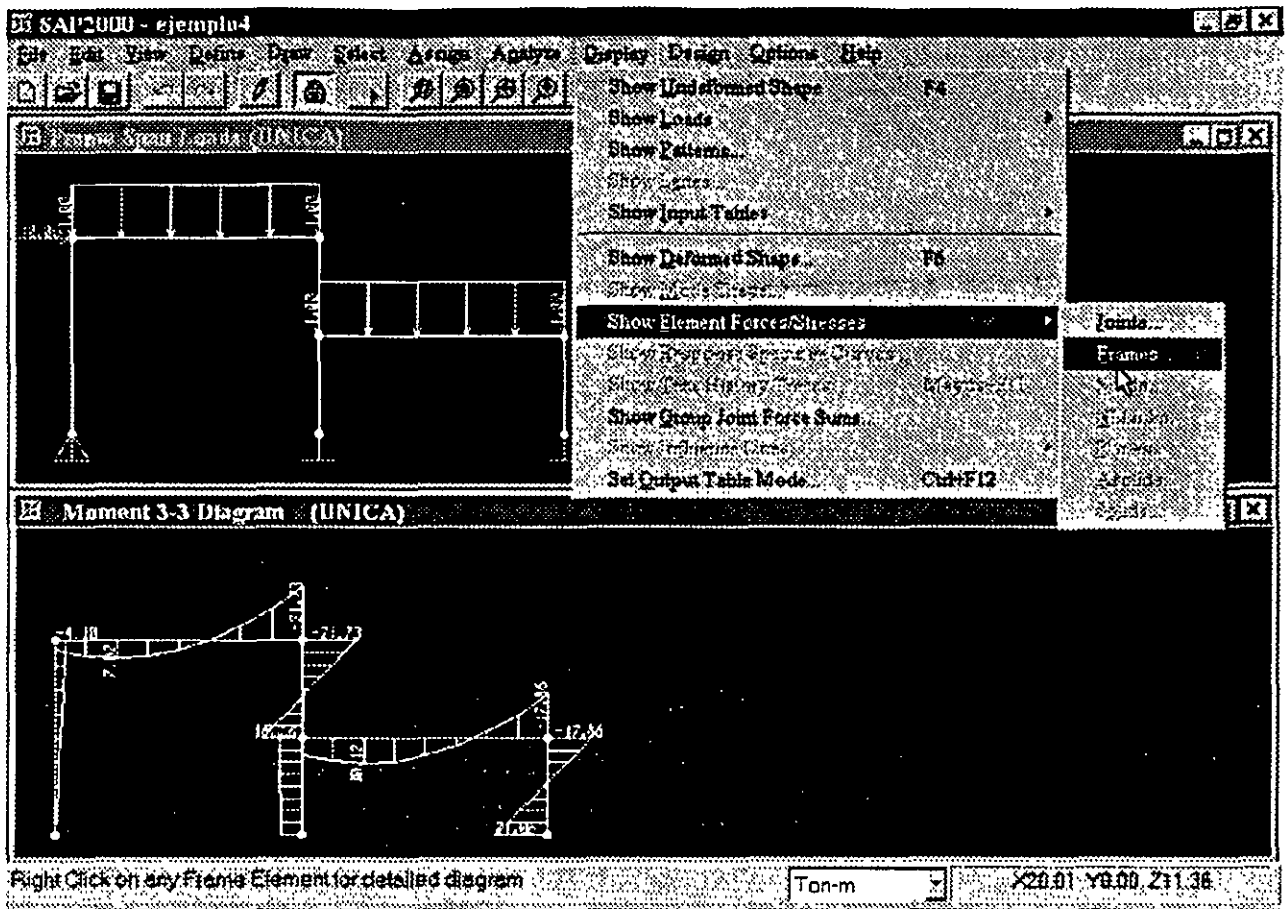


Figura 3.17. Salida obtenida con Show Element Forces/Stresses del menú Display

### 3.10 El menú Design

EL menú **Design** (ver figura 3.18) permite seleccionar algunas opciones de diseño, realizar el diseño (verificación) de elementos con la posibilidad de optimizar secciones, con la característica de producir salidas similares a las mostradas en las figuras 3.19 y 3.20 de entre otras.

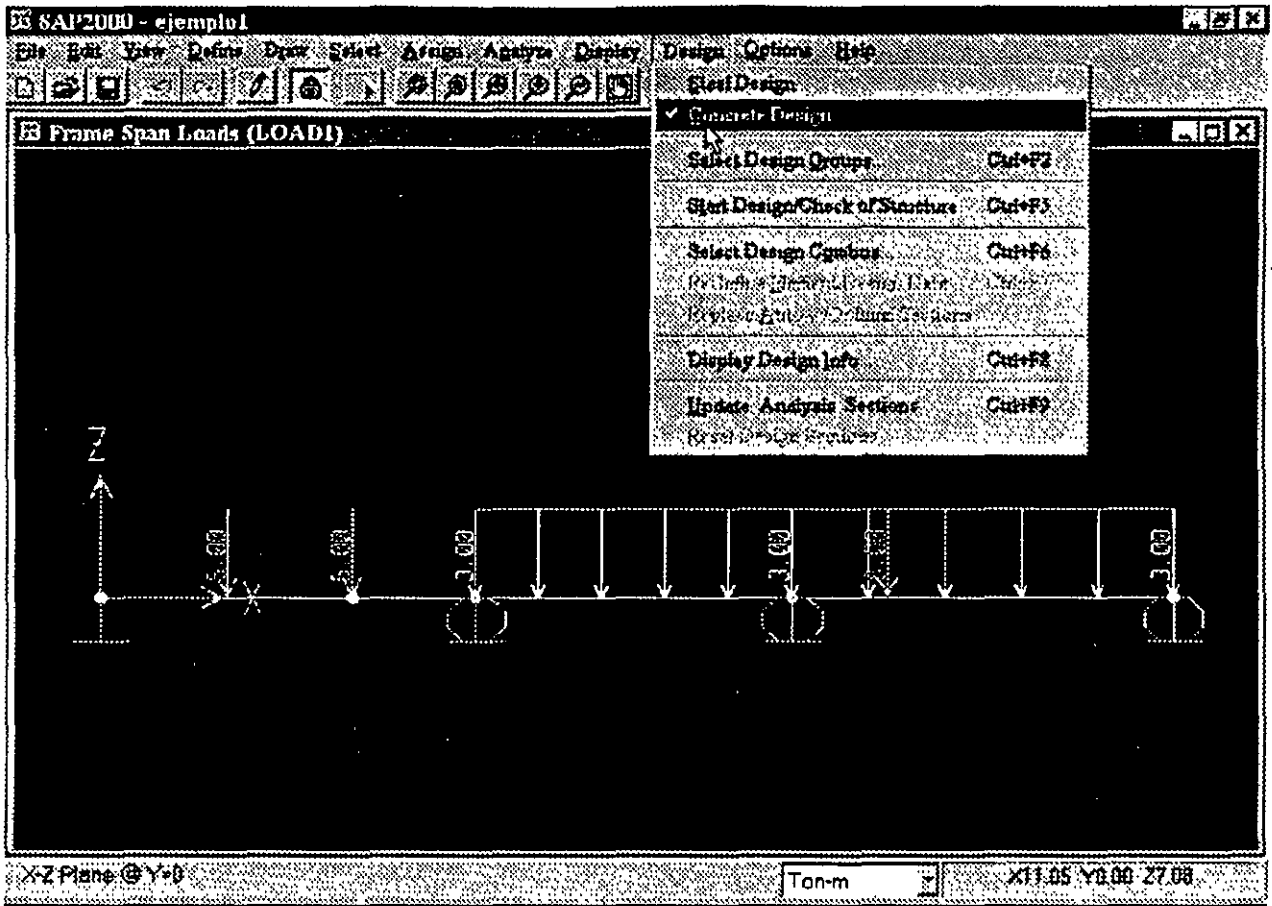


Figura 3.18. Opciones del menú Design.

Frame ID: 2  
 Section ID: REC25X50

Interaction Details ReDesign

COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DCON1	1.25	0.007	O/S #3	0.000
DCON1	2.50	O/S #2	O/S #3	0.000
DCON1	3.75	O/S #2	O/S #3	0.000
DCON1	5.00	O/S #2	O/S #3	0.000
DCON2	0.00	O/S #2	O/S #7	0.000
DCON2	1.25	0.007	O/S #7	0.000
DCON2	2.50	O/S #2	O/S #7	0.000
DCON2	3.75	O/S #2	O/S #7	0.000
DCON2	5.00	O/S #2	O/S #7	0.000

OK Cancel

Figura 3.19. Algunos resultados del menú Design.

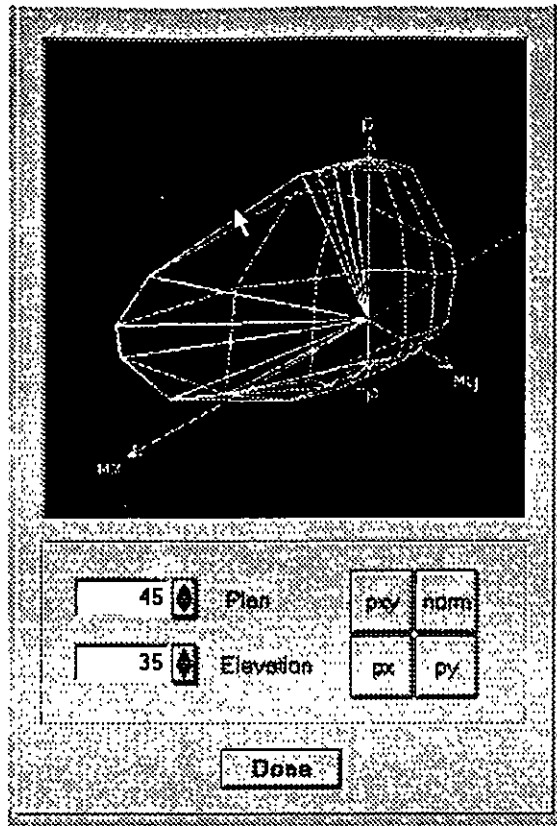


Figura 3.20. Algunos resultados del menú Design.

COLUMN SECTION DESIGN		Type: Sway Special	Units: Ton-m		
Frame ID	2				
Station Loc	5.00				
Section ID	REC25X50				
Combo ID	DCON2				
L=5.000					
B=0.250 D=0.500 dc=0.050					
E=2200000.000 fy=60.000 fc=4.000 fcs=4.000					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3					
	Rebar	Design	Design	Design	Minimum
	Area	Pu	M2	M3	M2
	O/S #2	0.000	0.000	20.793	0.000
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS					
		Cm	Delta_ns	Delta_s	K
		Factor	Factor	Factor	Factor
	Major Bending(M3)	1.000	1.000	1.000	1.000
	Minor Bending(M2)	1.000	1.000	1.000	1.000

Figura 3.21. Algunos resultados del menú Design.

### 3.11 Los menús Options y Help

El menú **Options** (ver figura 3.22) permite por así decirlo controlar el tipo y características de la información que será mostrada en las diferentes áreas de presentación (colores, número de ventanas, etc.).

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

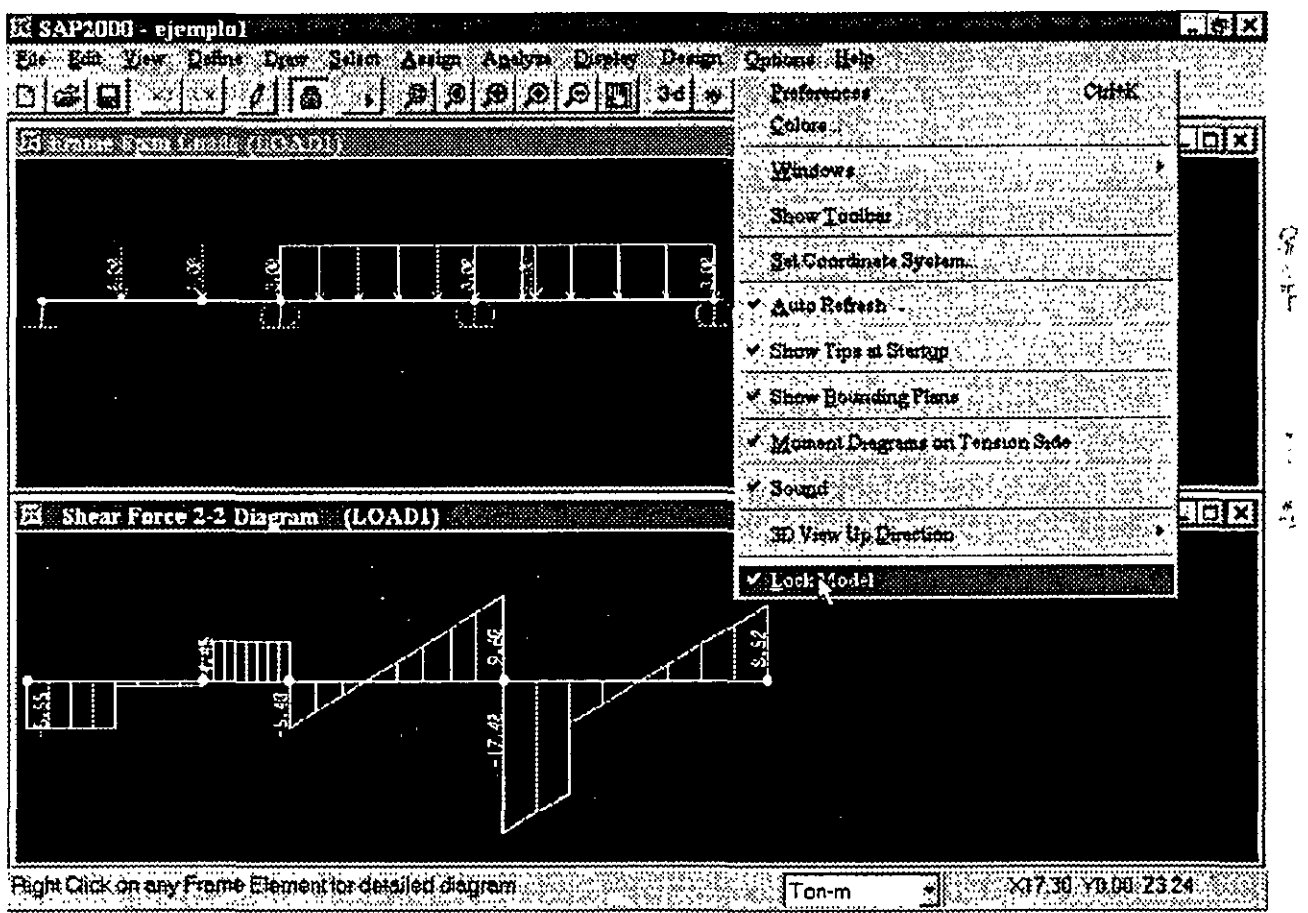


Figura 3.21. Opciones en el menú **Options** y desbloqueo del modelo.

Se deja al lector que pruebe el efecto de las otras opciones del menú **Options** así como las del menú **Help**, las características de algunas de ellas se verán posteriormente en el desarrollo de algunos ejemplos.

# GENERACION DE LA ESTRUCTURA

# CAPÍTULO 4

## 4

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En SAP 2000 la generación de la estructura se entiende como la ubicación con respecto a un sistema de coordenadas (global) de los elementos barra, placa y sólido, la asignación de propiedades geométricas y elásticas a los elementos ya localizados, la introducción de apoyos, la definición y asignación de fuerzas a los nudos, barras y placas, la selección del tipo de análisis y resultados, por último, el dimensionamiento o revisión de elementos.

La forma de iniciar el programa SAP 2000 ha sido descrita con anterioridad (ver inciso 3.2 del capítulo anterior), enseguida se recomienda elegir las unidades en que se introducirán los datos haciendo clic en la pestaña que se encuentra a la derecha del cuadro de unidades y seleccionándolas de la caja que muestra el programa (ver figura 4.1).

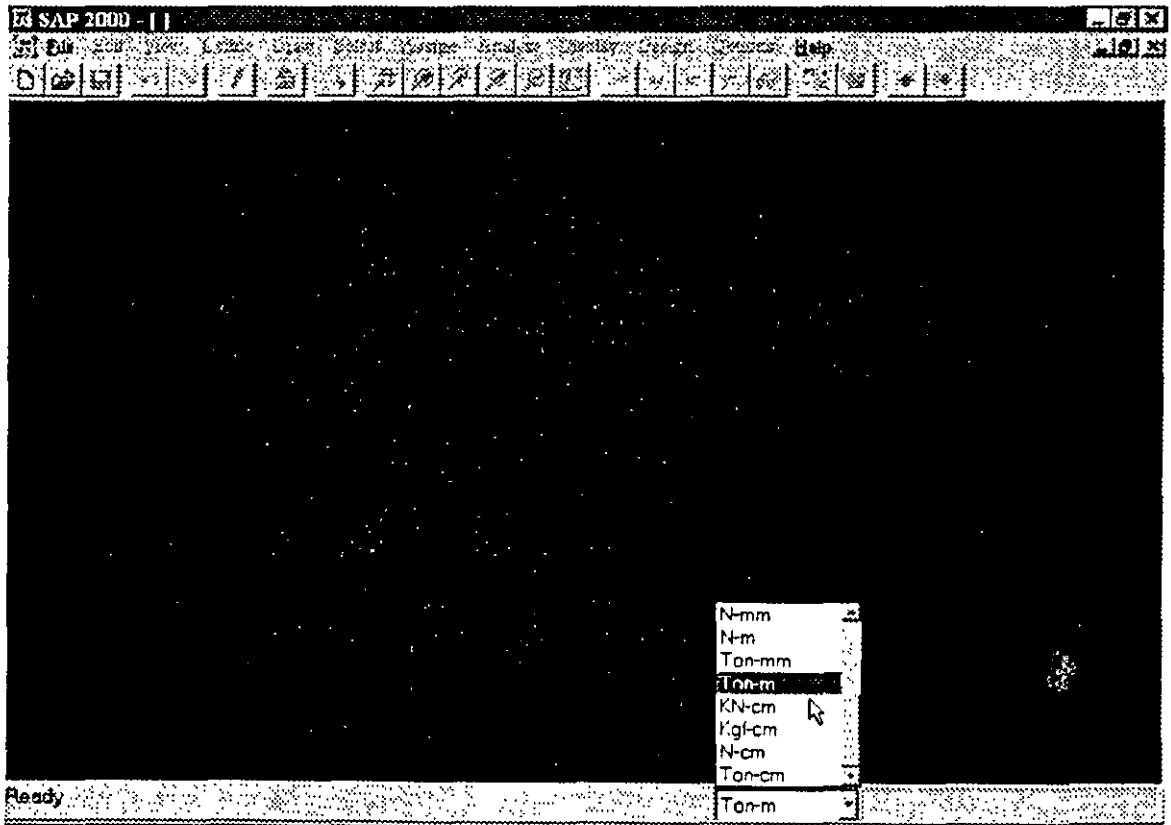
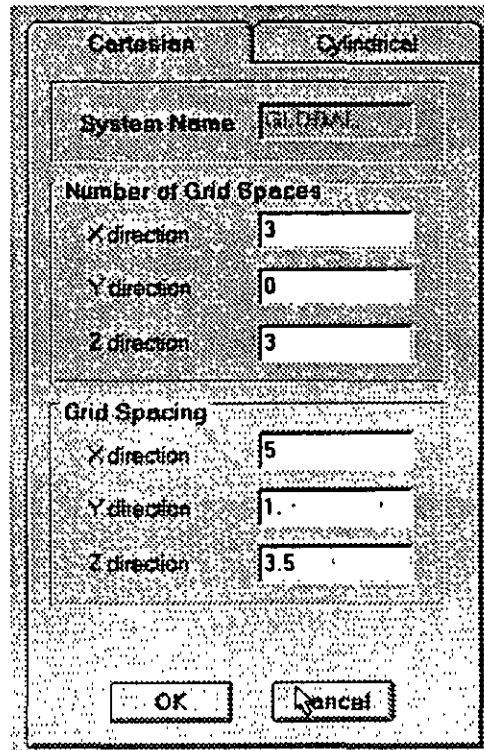


Figura 4.1 Selección de unidades.

SAP 2000 ofrece varias alternativas para introducir la topología de la estructura, aquí empezaremos por una de las más comunes que es introduciendo elemento por elemento, para ello se recomienda auxiliarnos de la malla (grid) que el programa nos proporciona por lo que se tendrá que ajustar la separación de las líneas que forman esa malla, seleccionemos **New Model** del menú **File**, enseguida el programa mostrará un cuadro en donde se especificarán las características de la malla como el número de espacios en cada dirección así como su separación los cuales se pueden modificar introduciendo valores particulares en los cuadros en fondo blanco haciendo clic en el que se quiera modificar (ver figura 4.2)



**Figura 4.2** Ventana para definir las características de la malla auxiliar.

Una vez que se ha hecho clic en el botón OK el programa muestra la malla resultante en el área de dibujo (con fondo negro) dividiéndola en 2 cuadros mostrando en ellos una vista diferente de la malla (3 D y en el plano X-Y en Z=10.5), también puede observarse los ejes coordenados globales (ver figura 4.3).



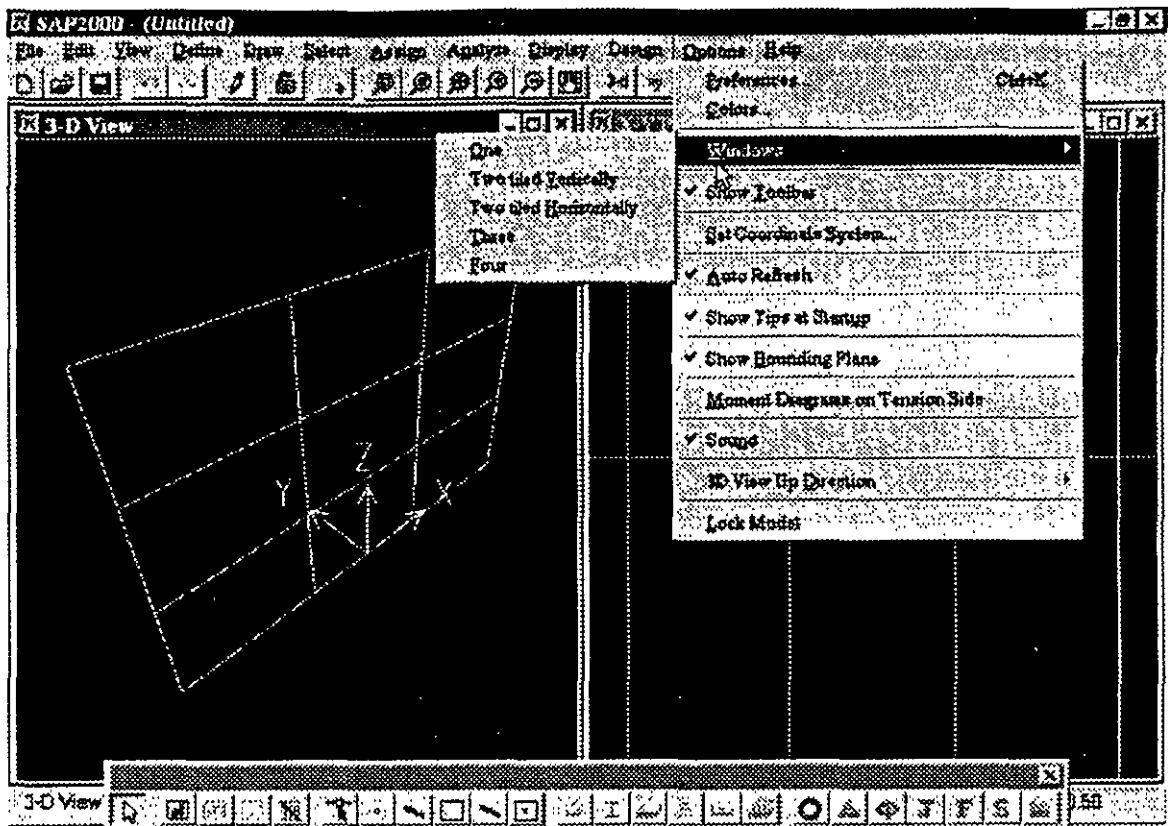


Figura 4.3 Imagen típica después de definir las características de la malla auxiliar.

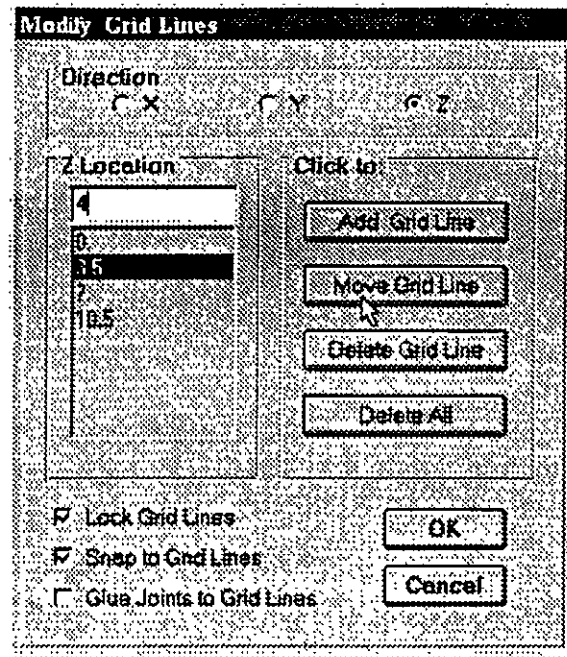
Cada una de esas ventanas tiene en su extremo superior derecho los botones de minimizar, ventana completa y cerrar, el número y tipo de ventanas a mostrarse en la pantalla puede seleccionarse a través de la opción Windows del menú **Options**.

De las ventanas que se muestran, la ventana activa o en la que se muestran los resultados de los comandos que se elijan es aquella cuya barra de título está en color (generalmente diferente del gris), se activa una ventana haciendo clic en su interior.

La malla así creada tiene separación constante entre las líneas de una misma dirección, existen varias maneras de cambiar la separación entre cada línea de la malla, una de ellas es, después de seleccionar una vista en planta hacer dos clics seguidos en una de las líneas de la malla (con el botón izquierdo del ratón), enseguida se mostrará una ventana conteniendo información acerca de la posición de esas líneas con la opción de seleccionar la dirección de las líneas de la malla así como adicionar, mover y borrar líneas.

Haciendo clic en el cuadro en blanco e introduciendo el valor de la nueva posición de la línea y después de hacer clic en la opción **Add grid line** se ha introducido una nueva línea a la malla. Para modificar el valor de una línea se selecciona de la caja en gris haciendo clic izquierdo en la línea a modificar con lo cual se muestra en la caja en blanco y haciendo clic en esa caja se puede cambiar su valor, para que el cambio resulte efectivo después de modificar el valor de la caja en blanco necesita hacer clic en el botón **Move**, las demás opciones complementan la modificación de la malla.

(ver figura 4.4). Desde luego que para que todos los cambios produzcan efecto es necesario hacer clic en el botón OK.



**Figura 4.4** Modificación de la separación individual entre las líneas de la malla.

Otra manera para que se muestre el cuadro de la figura 4.4 es seleccionando **Edit Grid** del menú **Draw**, otro comando que resulta útil es la opción **Show Grid** del menú **View** con el cual se suprime o activa la aparición de la malla en área de dibujo.

Los datos de la estructura que se vayan introduciendo son almacenados en memoria volátil (RAM) por tal motivo se recomienda que con cierta frecuencia se graben en el disco duro (o en disco flexible), para ello se puede utilizar la opción **Save** o **Save As** del menú **File**, el programa asignará al nombre del archivo proporcionado por el usuario la extensión **.SDB**.

Ahora podemos introducir todos los elementos que componen a la estructura, a continuación se presenta una breve descripción lógica de las opciones de uso común así como de los comandos que nos permitirán la generación de la estructura en el orden mencionado al inicio de este capítulo, varios de los comandos fueron descritos en el capítulo anterior.

## 4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

La parte del proceso de modelación que consume más recursos (tiempo y esfuerzo) es la que concierne a la introducción de elementos (barra, placa, etc.), es por ello que el uso eficiente de los comandos del menú **Draw** y en combinación con algunos otros nos permitirá la generación de la topología (forma) de la estructura lo más pronto posible, como recomendaciones generales, se pueden mencionar las que se indican en los párrafos siguientes.

Procurar iniciar la geometría de la estructura a partir de alguna de las predefinidas que trae la librería del programa (vigas, marcos, etc.), enseguida realizar los cambios necesarios para ajustar esa geometría a la del modelo por analizar (adicionando o borrando algunos elementos, cambiándolos de posición, copiándolos, etc.)

Para la definición de elementos (barra, placa, etc.) auxiliarse de la malla (grid) cambiando la separación de las líneas de la malla para que sus intersecciones definan la mayor cantidad de coordenadas de los nudos de nuestro modelo procurando que con la nueva separación de las líneas de la malla los elementos resultantes tengan las características (dimensiones e inclinación) deseadas con lo que el uso de las opciones de dibujo rápido de elementos (con un solo clic, en lugar de dos clics) traerá algún ahorro y facilidad de creación o modificación del modelo.

Las características a ser mostradas en la pantalla (numeración, ejes locales, etc.) de los elementos que se van adicionando al modelo (nudos, barras, placas, etc.) pueden ser controladas mediante la opción Set Elements del menú View (ver figura 4.5). La información mostrada puede ser de utilidad, también es conveniente recordar que las características de algún elemento (nudo, barra, placa, etc.) pueden desplegarse seleccionándolo (clic izquierdo) y luego haciendo clic derecho, algunos de los elementos en la caja mostrada pueden ser modificados (ver figura 4.6).

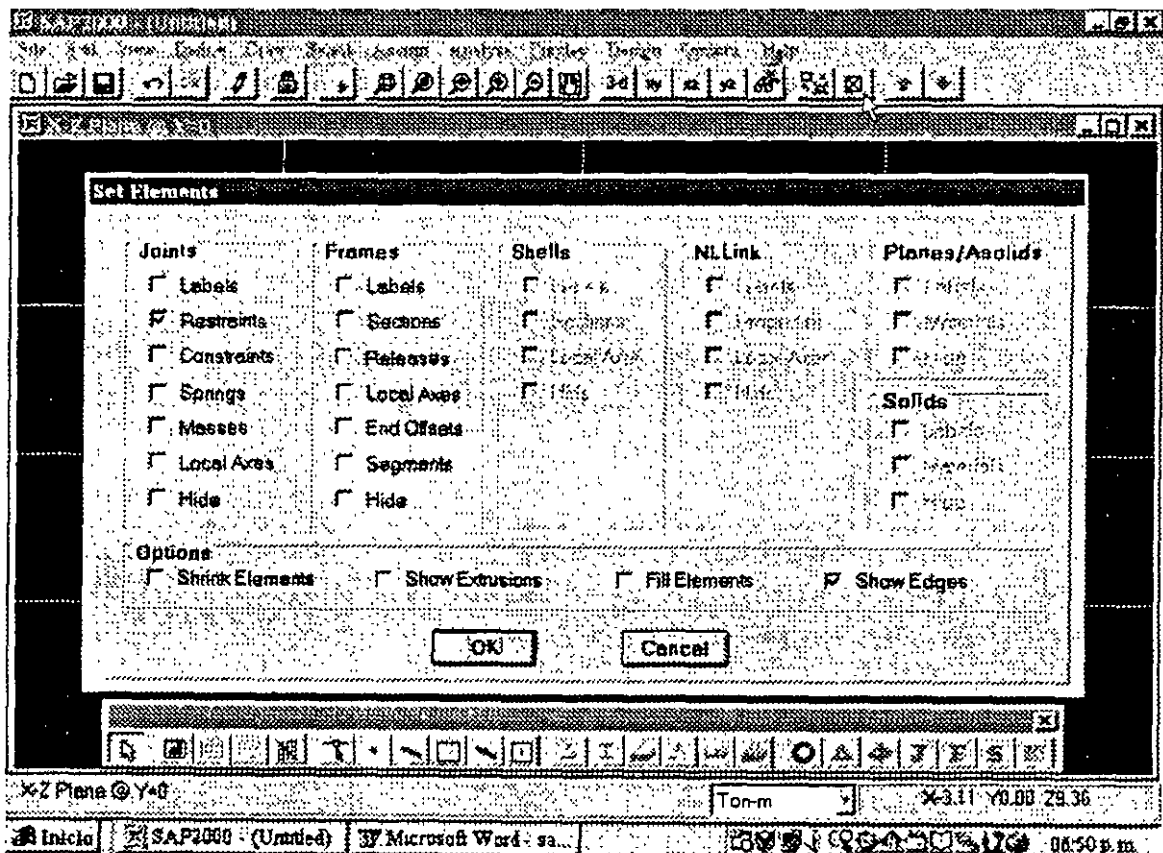


Figura 4.5 Selección de información a desplegarse en el área presentación del modelo.

Frame Information			
<b>Identification</b>			
Frame	10	Start Joint	6
Element Length	6	End Joint	9
			OK
			Cancel
<b>Specifications</b>			
Number of Output Segments	4		
Local Axis Angle	90		
Section	Name	Shape	C12x30
	C12x30		C12x30
<b>Releases</b>			
Start			R2 R3
End			
<b>Rigid End Offsets</b>			
Start	0	Stiffness Reduction	1
End	0		

Figura 4.6 Características del elemento barra seleccionado (la información en el cuadro en blanco puede ser modificada directamente).

### 4.3 GENERACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Una de las maneras de crear el archivo de datos o de modificar su contenido, es a través del editor gráfico cuyas opciones están contenidas principalmente en el menú **Draw** (ver figura 4.7), algunas de ellas se describen a continuación.

**Draw Frame Element** permite adicionar un nuevo elemento barra, para ello se hace clic primero en el punto extremo de la barra y luego en el opuesto.

**Draw Shell Element** permite adicionar un nuevo elemento placa, haciendo clic en los puntos extremos (vértices) sucesivos del elemento empezando por cualquiera de ellos se define la geometría de este elemento.

**Quick Draw Frame element** permite adicionar un elemento barra haciendo un solo clic en una línea de la malla auxiliar de dibujo que este delimitada por otras dos perpendiculares a la primera, esas líneas definen los límites del elemento, si se hace clic en cualquier punto de la zona delimitada por cuatro líneas de la malla o por cuatro nudos se adicionan dos elementos barra diagonales.

**Quick Draw Shell element** adiciona un nuevo elemento **shell** haciendo un solo clic en cualquier punto de la zona delimitada por cuatro líneas de la malla.

Comúnmente al seleccionar alguna de las opciones anteriores la forma del cursor cambia a una flecha vertical vacía hacia arriba, para cancelar o terminar la opción se hace clic en el primer icono de la barra flotante con lo que el cursor cambia a flecha inclinada llena.

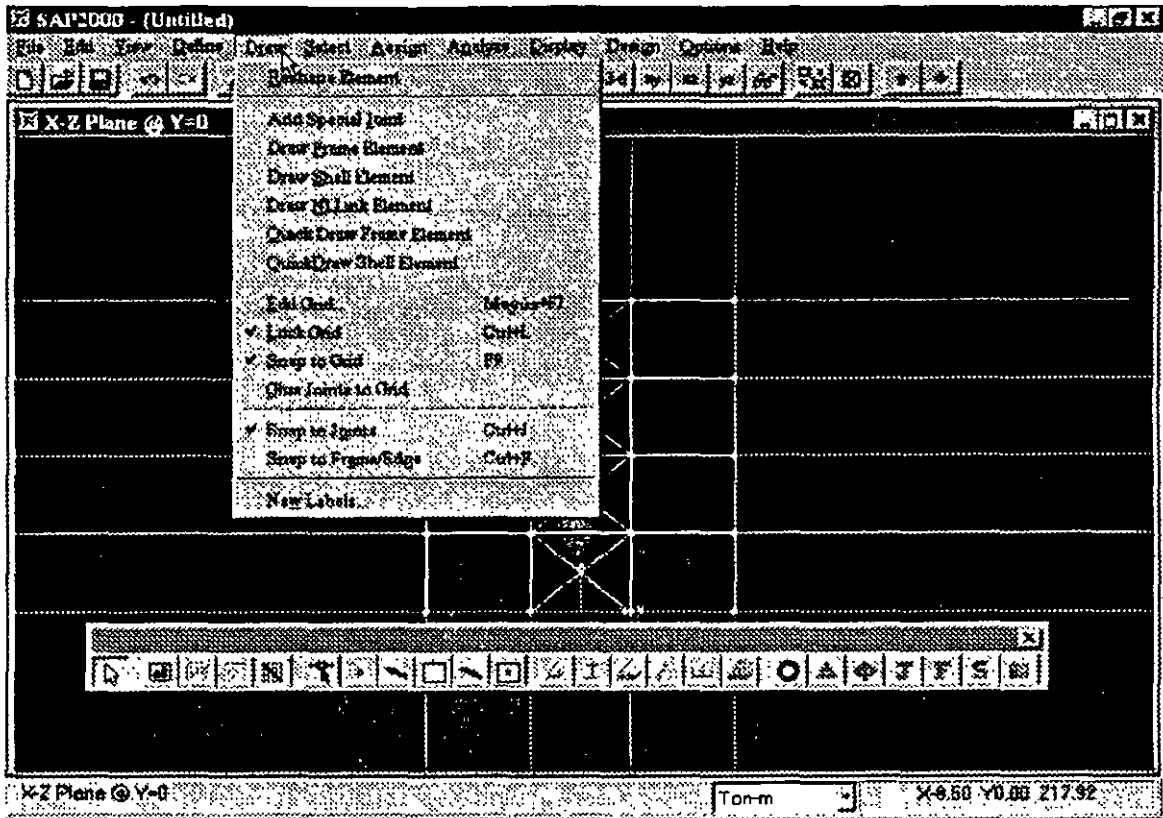


Figura 4.7 Opciones del menú Draw.

Con objeto de completar el modelo o realizar los cambios que se deseen, una vez que se han ubicado elementos, cuando sea posible se recomienda generar algunos otros realizando copias, giros, etc. de uno o varios de los que ya se tienen definidos.

Para tal efecto varias opciones se encuentran en el menú **Edit** (ver figura 4.8), pero para poder utilizar algunas de ellas es necesario seleccionar elementos (por ejemplo los que se van a copiar), para ello existen disponibles varias formas de seleccionar elementos, la más sencilla es hacer clic en el elemento a seleccionar (nudo o barra), el elemento seleccionado se muestra con línea discontinua, se puede anular la selección haciendo clic en un elemento seleccionado, también se pueden seleccionar elementos que queden totalmente contenidos en una ventana rectangular creada haciendo clic en uno de los vértices de la ventana y arrastrando el ratón hasta el vértice opuesto de la misma y soltando ahí, otras opciones de selección se encuentran en la opción **Select** del menú con el mismo nombre, desde luego que las acciones anteriores se pueden aplicar en repetidas ocasiones e inclusive combinar varias maneras de seleccionar y excluir (**Unselect**) elementos para lograr un resultado deseado.

Hecha la selección de algunos elementos (también puede ser uno o todos) se pueden llevar a cabo ciertas acciones con ellos dando como resultado posibles cambios a esos elementos y en general al modelo o estructura por analizar, cuando el efecto final no es el esperado se recomienda cancelar la acción, para ello se hace clic en el icono (**Un Do**) que está casi por debajo del menú **View**.

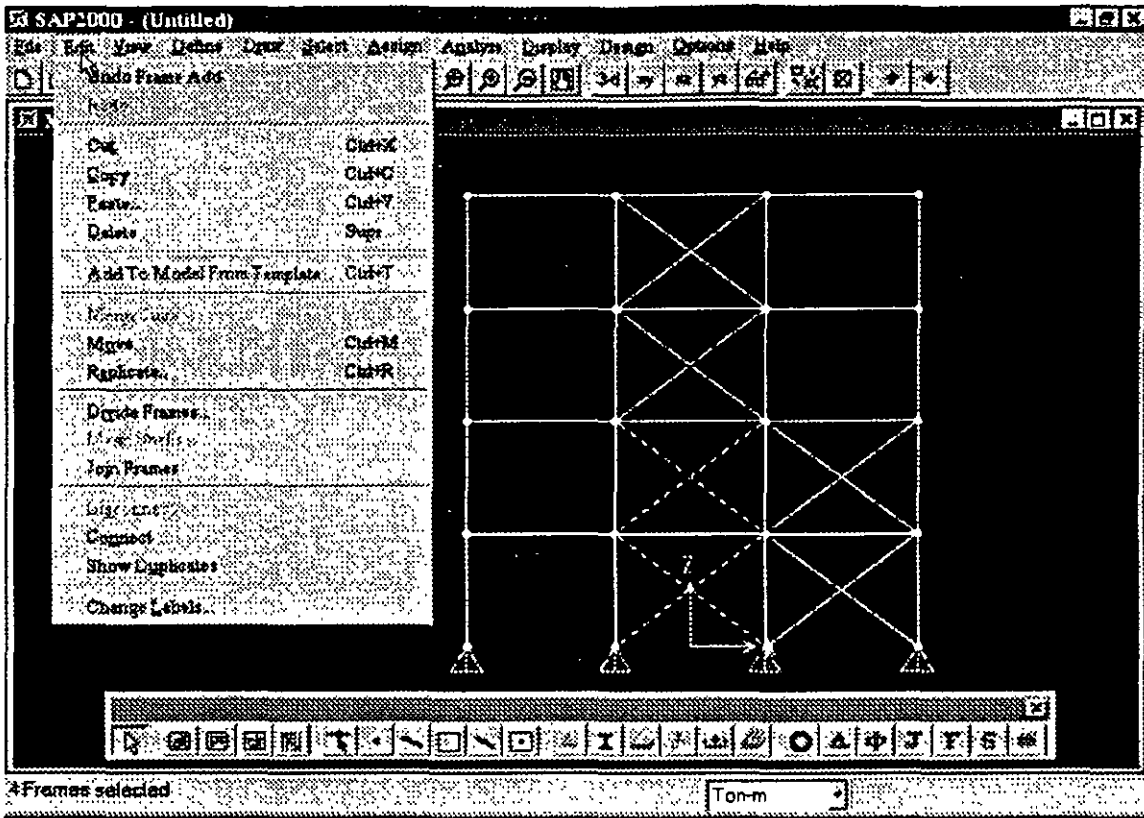


Figura 4.8 Opciones del menú Edit.

**Cut y Delete** Elimina los elementos seleccionados.

**Copy** copia los elementos seleccionados a una memoria temporal permitiendo ser insertados posteriormente, los elementos que actualmente se encuentran seleccionados no se suprimen, cuando se aplica nuevamente la opción **Copy** a una nueva selección, los elementos seleccionados anteriormente (si es que los había) se eliminan de la memoria temporal quedando los actualmente seleccionados.

**Paste** inserta los elementos que se almacenaron previamente en la memoria temporal mediante la opción **Copy**, al seleccionar esta opción se presenta una ventana en donde se puede especificar un incremento a todas las coordenadas de los nudos y a los nudos extremos de los elementos guardados previamente con la opción **Copy** (ver figura 4.9).

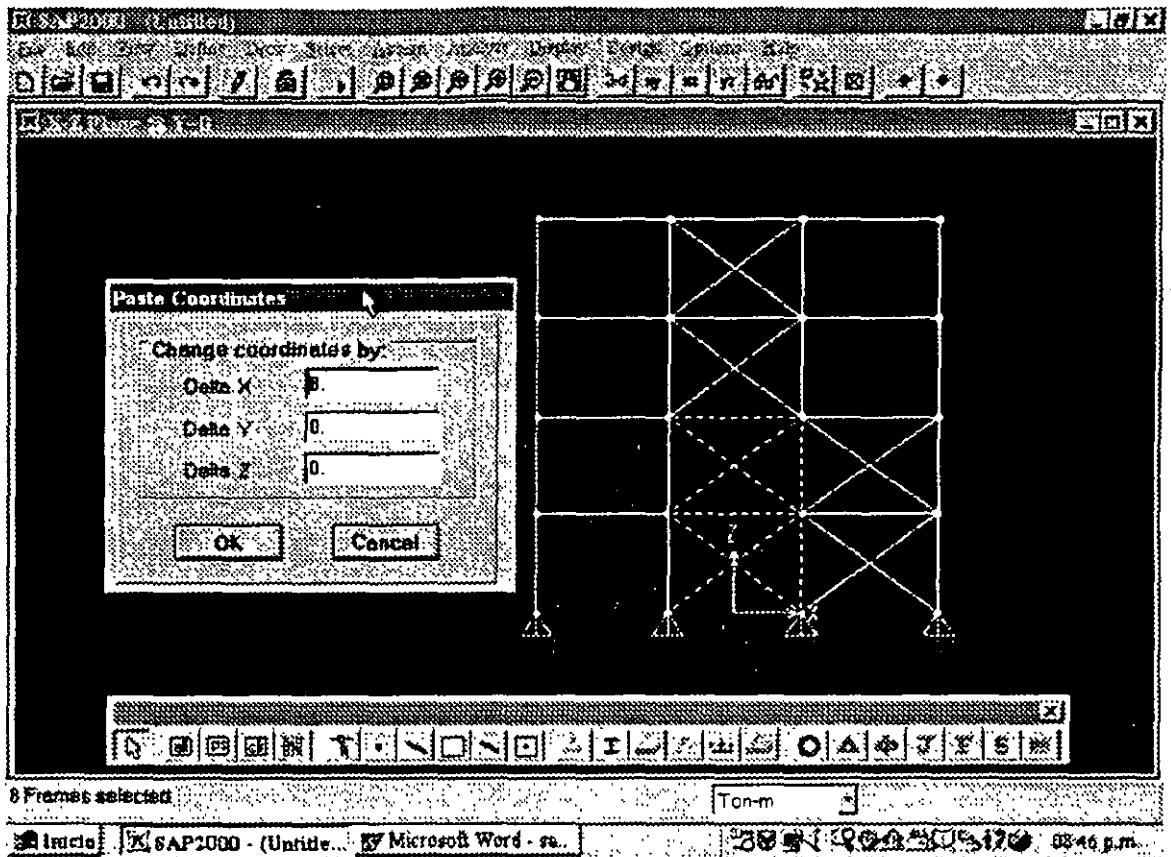


Figura 4.9 Opción Paste del menú Edit.

**Move** Una vez seleccionados algunos nudos este comando permite cambiar las coordenadas de los nudos seleccionados desplazándolos hacia nuevas posiciones obtenidas a partir de sus coordenadas actuales y de la información que el usuario proporcione en la ventana que se despliega cuando se elige esta opción (ver figura 4.10).

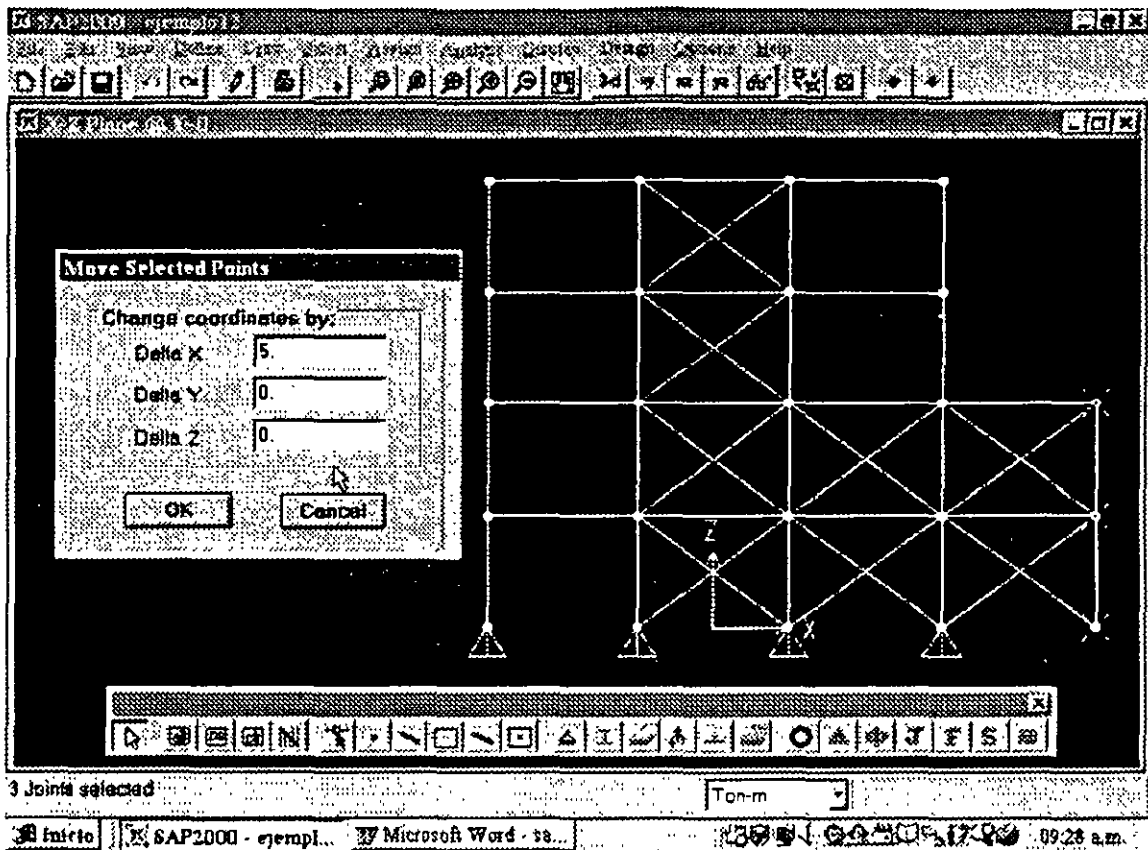


Figura 4.10 Información complementaria de la opción Move del menú Edit.

**Replicate** Una de las opciones más poderosas con la que se pueden realizar varios efectos es la opción **Replicate** del menú **Edit**, dentro de esta opción a su vez se encuentran disponibles otras 3, **Linear**, **Radial** y **Mirror**.

La opción **Linear** permite realizar varias copias de los elementos seleccionados, esas copias se pueden realizar en cualquiera de las direcciones x, y o z, por ejemplo si las copias se quieren realizar en dirección x se especifica un valor de x diferente de cero en la caja respectiva y cero en las demás (ver figura 4.11), desde luego se pueden especificar valores diferentes de cero con el efecto correspondiente, la opción **Radial** permite realizar copias en dirección radial (angular) especificando el eje alrededor del cual se van a hacer las copias así como el incremento en grados y el número de estas.



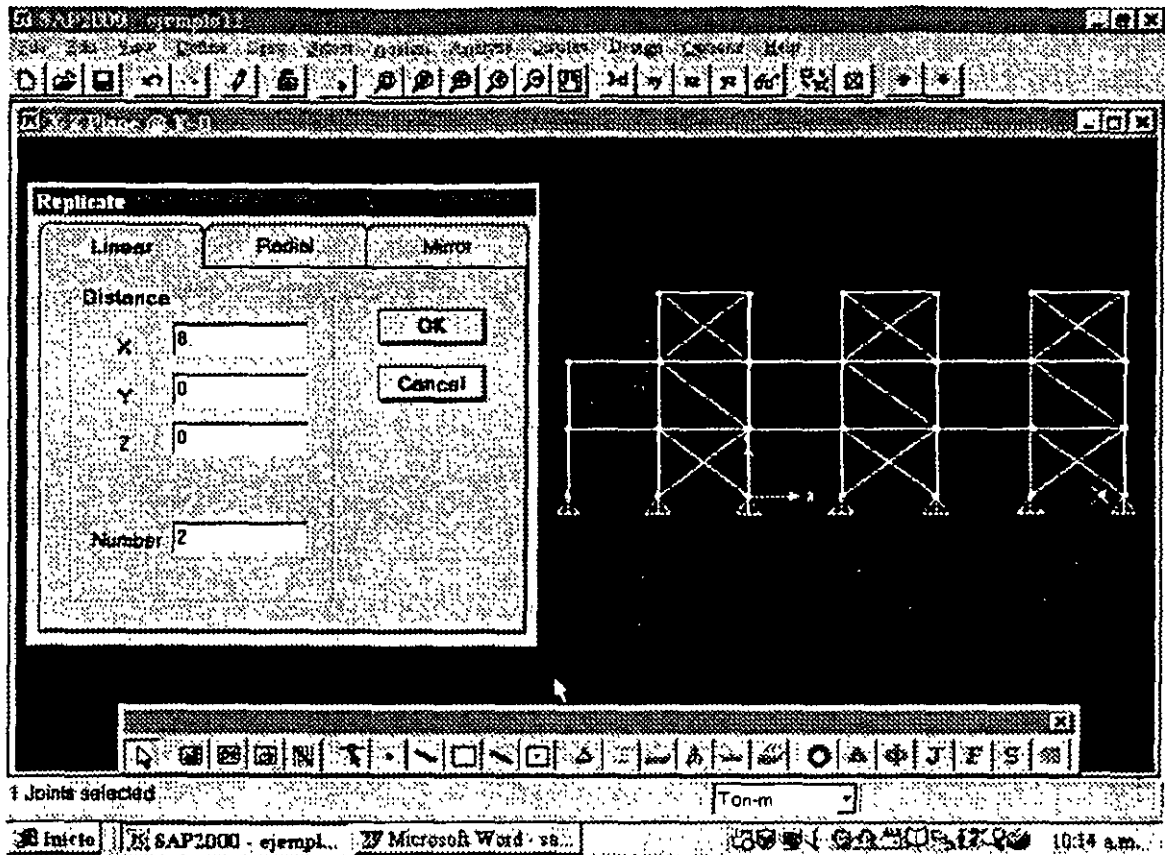


Figura 4.11 Efecto de Linear en la opción Replicate del menú Edit.

La opción **Mirror** permite realizar una copia tipo espejo de los elementos seleccionados especificando la posición del espejo mediante la selección de un plano (xy, yz o xz) y la distancia del origen a la posición del espejo (ver figura 4.12), esta opción resulta muy útil cuando se tiene una estructura simétrica ya que se introduce una parte de la misma y se genera la otra (parte simétrica) mediante la opción **Mirror**.

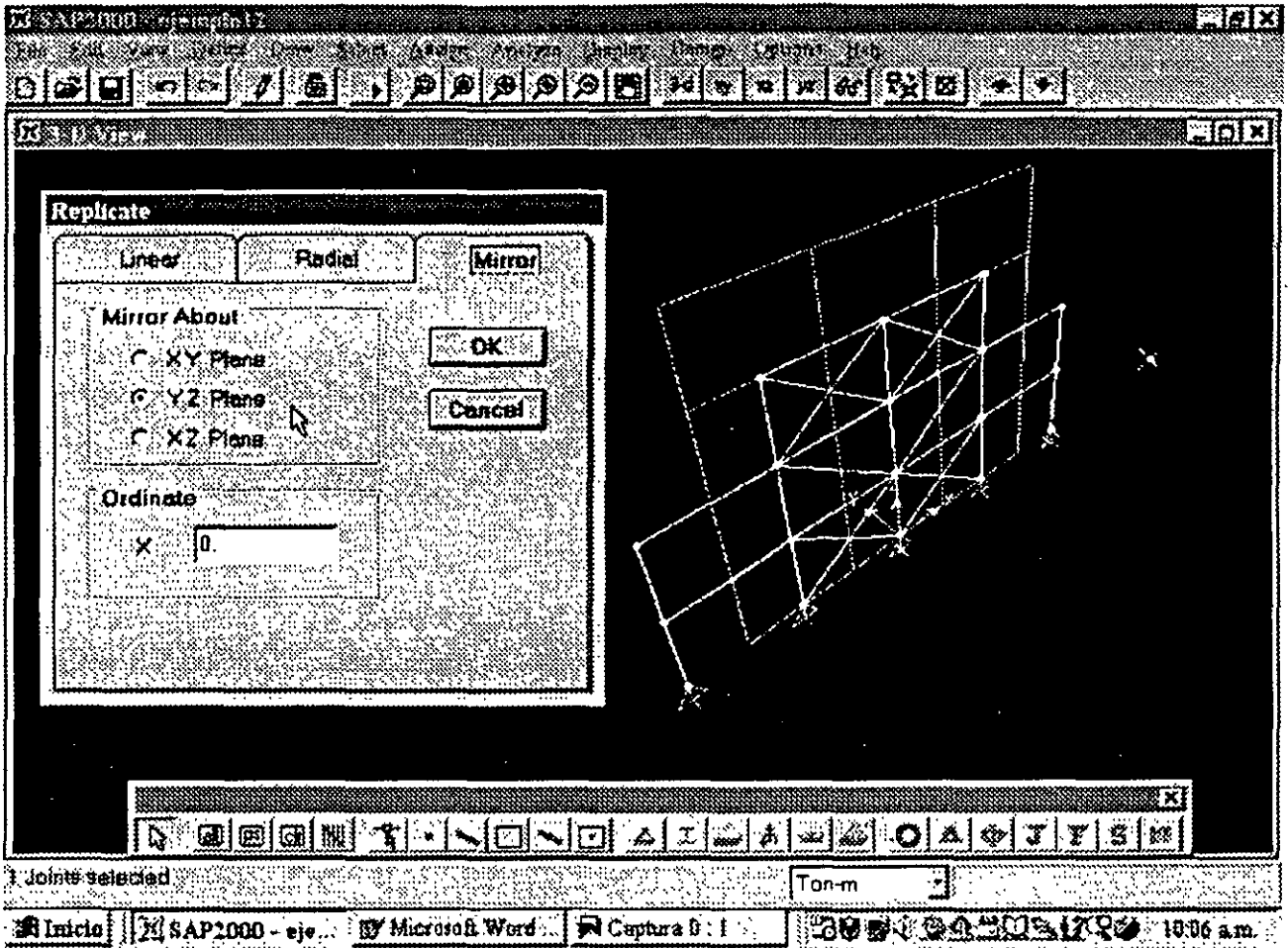


Figura 4.12 Efecto al seleccionar **Mirror** de la opción **Replicate** en el menú **Edit**.

### 4.4 DEFINICIÓN Y ASIGNACIÓN DE MATERIALES

En el menú Define en la opción **Materials** se podrán especificar las características de los materiales del cual estarán formados los elementos estructurales, en este menú se pueden especificar materiales tales como concreto, acero y otros; después de seleccionar esta opción aparece el cuadro que se muestra en la figura 4.13, en donde como puede observarse mediante la opción **Modify/Show Materials**, se mostrarán con la posibilidad de modificar algunas características del material que interviene para el análisis y el diseño de elementos (ver figura 4.14).

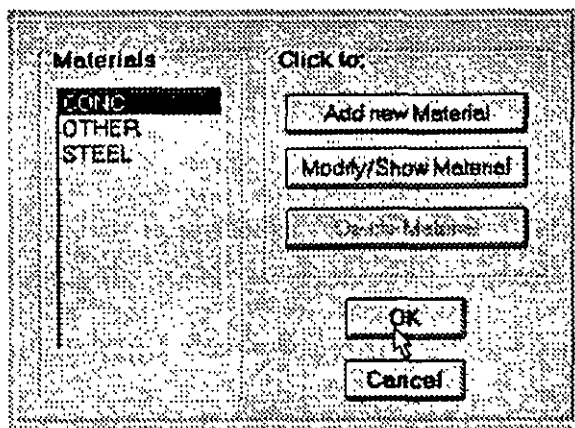


Figura 4.13 Ventana para definición de materiales.

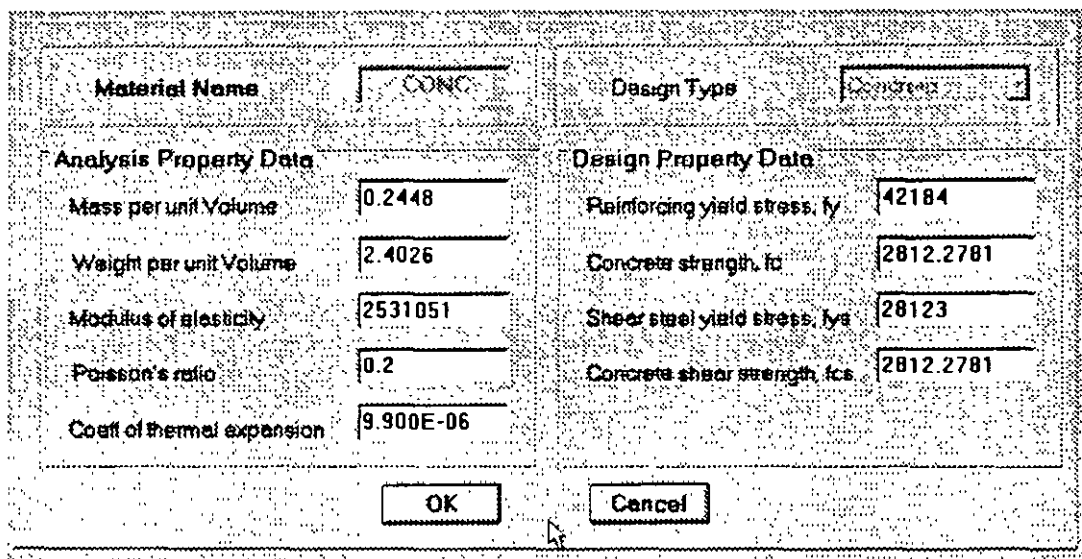


Figura 4.14 Ventana Modifi/Show Material de la opción Define Materials.

**Add New material** permite definir un nuevo material, se tendrá que especificar desde el nombre (**Material Name**), formado por un conjunto de hasta ocho caracteres el cual hará referencia a este material, se tendrán que proporcionar por lo menos los datos que se muestran en el cuadro análisis **Property Data**, sobre todo el módulo elástico y la relación de Poisson, en el caso de que se requiera considerar el peso propio en alguna condición de carga se tendrá que proporcionar el peso

por unidad de volumen, si se va a solicitar alguna opción de análisis dinámico en donde se quiera considerar a la masa de la estructura repartida a lo largo de sus elementos será necesario proporcionar el valor de la masa por unidad de volumen, en el caso de que se requiera considerar el efecto de temperatura es necesario proporcionar el coeficiente de expansión térmica (ver figura 4.15).

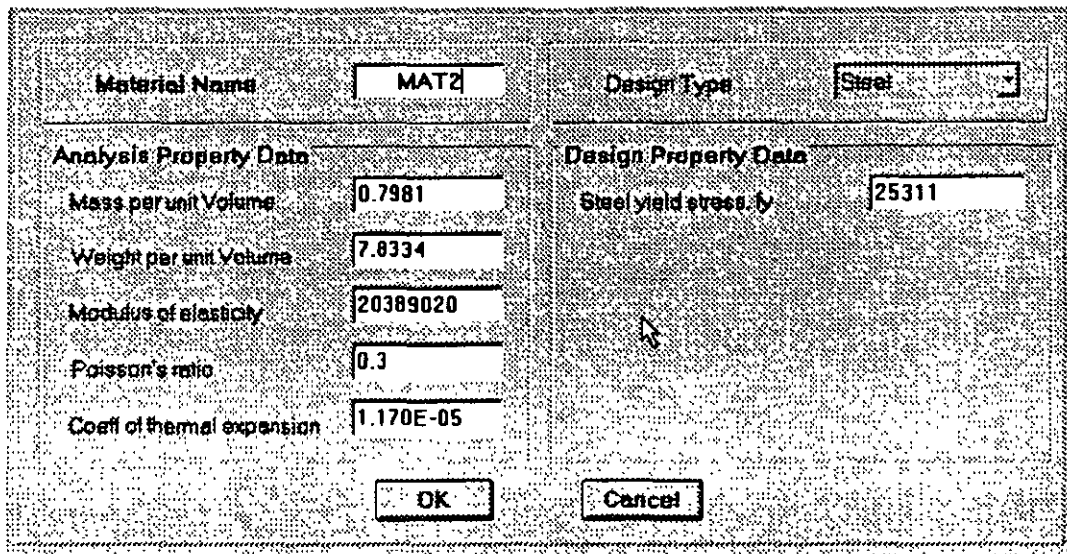


Figura 4.15 Opción Add New material de Define Materials

Se pueden definir varios materiales dependiendo de los que se requieran para especificar a los elementos en la estructura, la opción **Materials** del menú **Define** también permitirá eliminar algún material de los que se muestran en el cuadro **Materials** con excepción de los materiales **Conc** y **Steel**, para ello sólo se hace clic en el nombre del material a eliminar y luego en el botón **Delete Material**.

#### 4.6 DEFINICION Y ASIGNACION DE PROPIEDADES GEOMETRICAS

En el menú **Define** también se encuentra presente la opción para definir características de las secciones transversales (**Frame Sections**) de los elementos que están presentes en la estructura por analizar. En la ventana correspondiente (ver figura 4.16), se tiene la opción **Import** para seleccionar las propiedades de una base de datos con extensión **PRO**, la versión educativa del programa **SAP2000** proporciona los archivos **Aisc.Pro**, **Cisc.Pro** y **Sections.Pro** de los dos primeros se pueden seleccionar algunas formas comunes, esos archivos se encuentran en la carpeta **SAP2000e**.

También se pueden definir las propiedades a partir de formas comunes mediante la opción **Add**, otras opciones que también se encuentran disponibles permiten modificar (**Modify/Show Section**) o eliminar alguna propiedad (**Delete Section**).

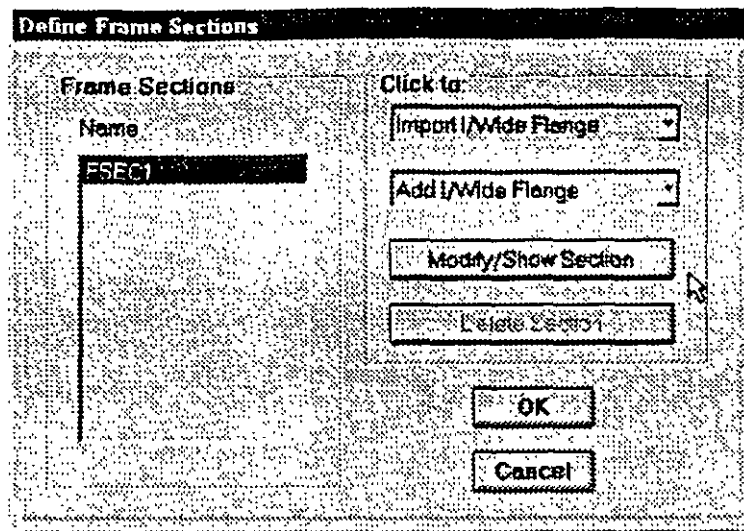


Figura 4.16 Opciones en Define Frame Sections del menú Define.

En la opción **Add** se tendrá que seleccionar la forma de la sección (rectangular, circular, tee, general, etc., ver figura 4.17).

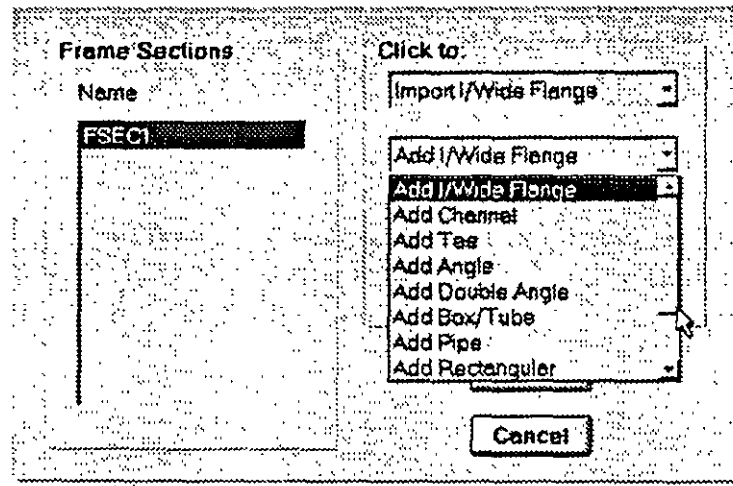


Figura 4.17 Selección de una forma predeterminada.

Una vez seleccionada la forma habrá que proporcionar algunas de las dimensiones de la misma con las cuales el programa obtiene de manera automática las propiedades geométricas de la forma definida (ver figura 4.18).

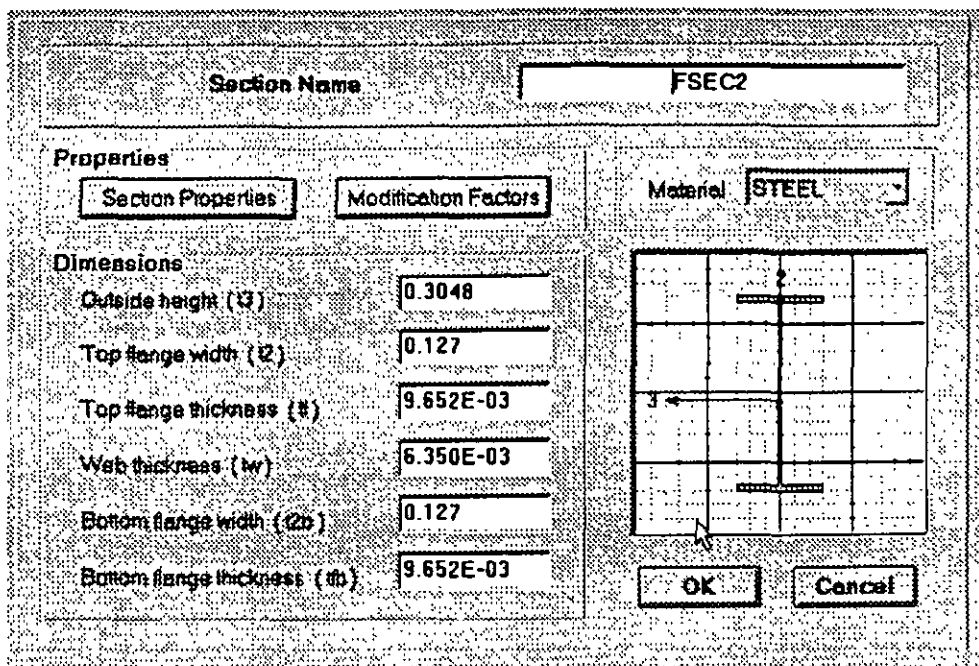


Figura 4.18 Especificación de las dimensiones de la forma de una sección transversal seleccionada.

El nombre de la sección se puede cambiar modificando el contenido del cuadro en blanco (**Section Name**), este nombre se utilizará para referencias posteriores (asignar esta sección transversal a uno o más elementos del modelo). Las características a modificar se presentan en el cuadro **Dimensions**, del cuadro **Material** se deberá seleccionar el material (los materiales se definieron previamente, ver párrafos anteriores) del cual esta o estará formada esa sección transversal. Una vez proporcionadas las dimensiones de la forma de la sección transversal se pueden mostrar sus propiedades geométricas (área, momentos de inercia, etc.) seleccionando la opción **Section Properties** del cuadro **Properties**, se pueden modificar (aumentar o disminuir en cierta proporción) algunas de esas propiedades modificando el factor correspondiente a la propiedad que se quiera modificar (el factor que se especifica es con respecto a la unidad) para ello habrá que seleccionar el botón **Modification Factors** del cuadro **Properties** y modificar el contenido del cuadro en blanco que corresponda a la propiedad que se quiere modificar.

Una vez definidas las distintas secciones de los diversos elementos estructurales habrá que indicar la sección transversal que corresponda al o a los elementos estructurales (la forma de la estructura ya se ha generado), primero se seleccionan los elementos que tiene una misma sección transversal, para ello se puede utilizar algún método de selección de la opción **Select** del menú con el mismo nombre, enseguida seleccionar **Sections** de la opción **Frame** en el menú **Assign**, con lo que aparece la ventana que se muestra en la figura 4.16, por último, en esa ventana se tendrá que seleccionar el nombre de la sección (la cual se definió previamente) del cuadro **Frame Sections**, después de hacer clic en el botón **OK** se asigna a los elementos seleccionados las características especificadas en la sección transversal seleccionada. La operación anterior se repetirá tantas veces como sea necesario para asignar secciones a todos los elementos que componen al modelo.

#### 4.6 CONDICIONES DE FRONTERA, TIPOS DE APOYO

Para especificar los tipos de apoyo o condiciones de frontera de la elástica de la estructura primero se seleccionan aquellos nudos que tengan las mismas restricciones de desplazamiento, esto se hace con algunas de las opciones aplicables del menú **Select** y después seleccionar **Restraints** de la opción **Joint** del menú **Assign** (ver figura 4.19), desplegándose la ventana que se muestra en la figura 4.20, en ella se habrá de indicar el tipo de restricción que tendrán los nudos que se han seleccionado previamente, a menos que se modifiquen las direcciones 1, 2 y 3, corresponden a las direcciones globales X, Y y Z respectivamente, se puede seleccionar algún tipo de apoyo particular de uso común haciendo clic en alguno de ellos en el cuadro **Fast Restraints**. La operación anterior se puede aplicar en repetidas ocasiones para especificar completamente todos los nudos restringidos que tiene el modelo.

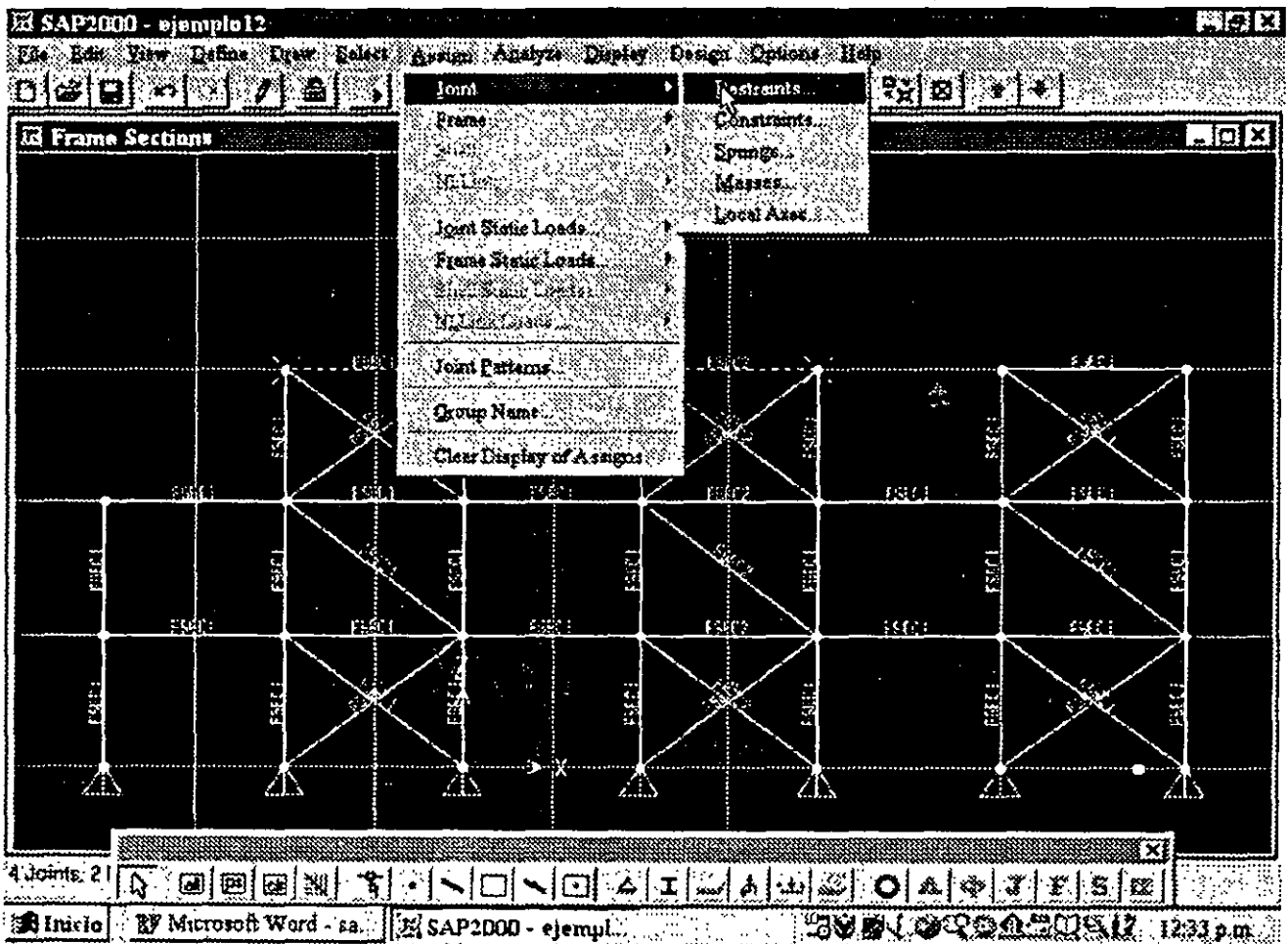


Fig. 4.19 Selección de restricciones.

Para cambiar las restricciones de algún nudo se requiere seleccionarlo y asignarle las nuevas restricciones, si se desea que ese nudo tenga posibilidad de desplazamiento lineal y angular en todas las direcciones habrá que dejar en blanco todos los cuadros del marco **Restraints in Local Directions** o bien hacer clic en el icono con un punto negro del marco **Fast Restraints**.

### 4.7 ASIGNACION DE FUERZAS Y COMBINACIONES

Para introducir diversos tipos de fuerza estática al modelo, primero habrá que definir condiciones de carga estática, para ello se selecciona la opción **Static Load Cases** del menú **Define** mostrándose la ventana de la figura 4.20, en ella se puede adicionar una nueva (**Add New Load**), modificar características de una que existe (**Change Load**), o suprimir una condición de carga (**Delete Load**), resulta lógico que al menos se debe proporcionar una condición de carga.

El nombre de la condición se especifica en el cuadro en blanco debajo de **Load** y si se quiere considerar el peso propio en esa condición de carga se debe de proporcionar el valor de 1 en el cuadro en blanco debajo de **Self Weight Multiplier**, una vez que se han introducido los datos anteriores se puede seleccionar **Add...** para definir una nueva condición de carga o bien **Change...** para cambiar los datos de la condición de carga seleccionada (con fondo oscuro) por los datos de los cuadros en blanco.

Para modificar el nombre y el multiplicador del peso propio además de introducir el nuevo valor en los cuadros en blanco habrá que seleccionar la condición que se quiera modificar haciendo clic sobre ella, con lo que el fondo de la condición seleccionada cambia a oscuro y después hacer clic en el botón **Change Load** se realizan los cambios indicados ya que hasta que se ha hecho clic en este botón quedan registrados esos cambios es decir no basta modificar el contenido de las cajas en blanco.

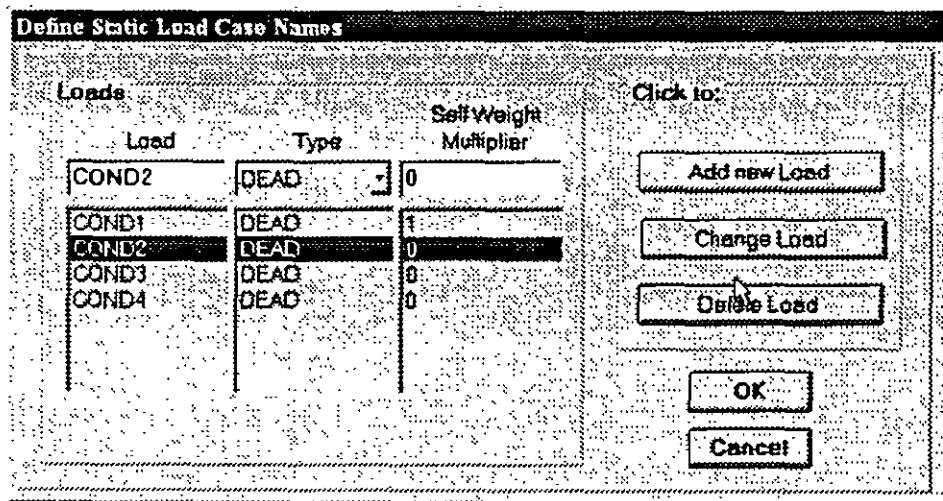


Fig. 4.20 Definición de condiciones de carga estática.

Para la asignación de fuerzas y o momentos a los nudos habrá que seleccionar aquellos nudos que tengan las mismas fuerzas y después seleccionar **Forces** de la opción **Joint Static Loads** en el menú **Assign** (ver figura 4.21)



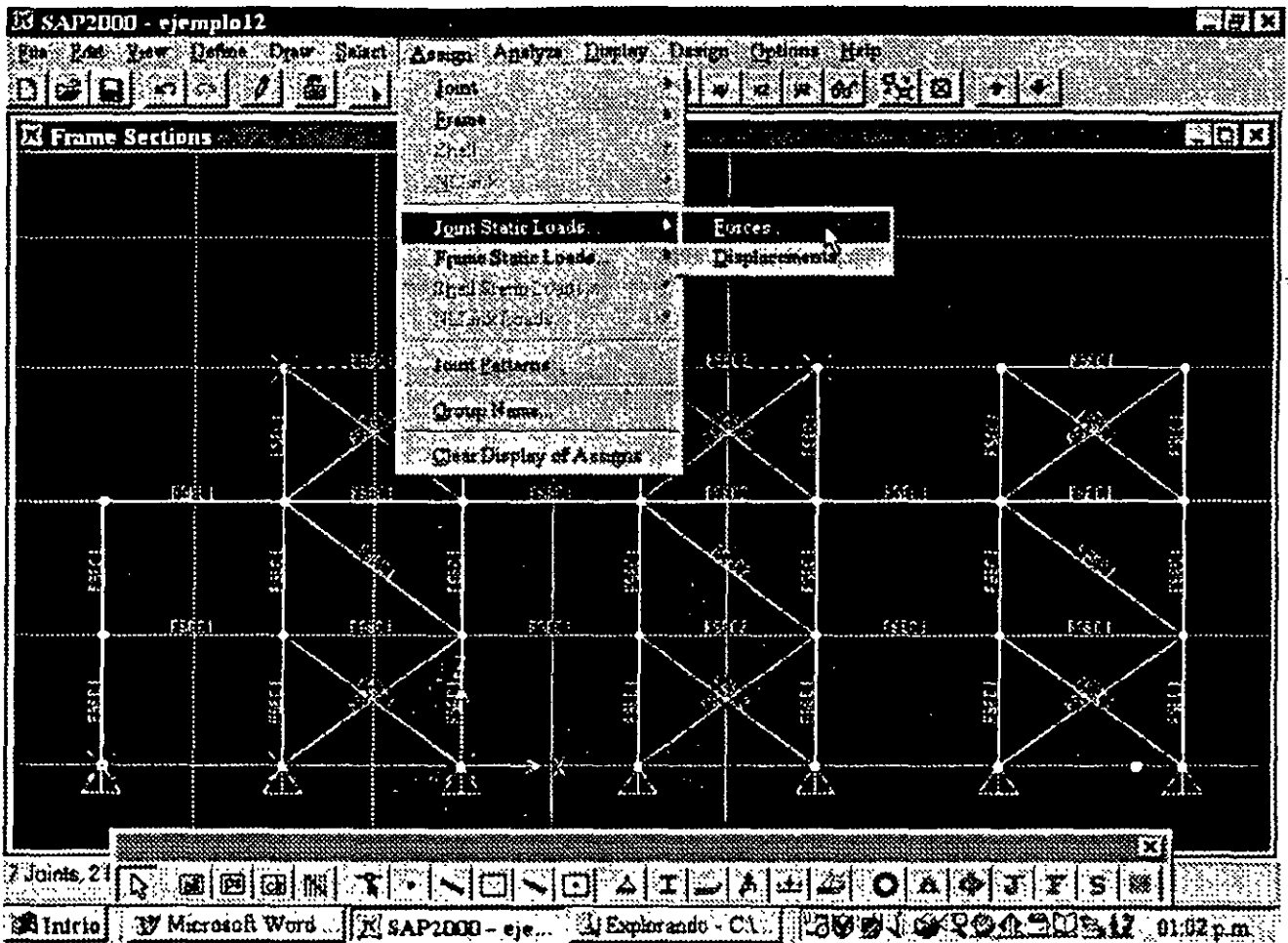


Fig. 4.21 Opción para asignar fuerzas a los nudos previamente seleccionados.

Enseguida se despliega la ventana mostrada en la figura 4.22, en ella se habrá de seleccionar del marco **Load Case Name** la condición en que se incluirán las fuerzas que se están especificando (por omisión aparece **LOAD1**), en el cuadro correspondiente a la dirección de la fuerza y o momento que actuará sobre los nudos seleccionados se introducirán los valores respectivos (en el marco **Loads**), también se encuentran disponibles las opciones:

**Add To Existing Loads** (seleccionada por omisión), la cual adicionará a las fuerzas existentes en los nudos seleccionados las nuevas fuerzas que se están especificando, es decir si los nudos ya tenían fuerzas se les adicionarán las nuevas fuerzas cuyos valores se han introducido en los cuadros en blanco.

**Replace Existing Loads** permitirá eliminar las fuerzas existentes en los nudos seleccionados remplazándolas por las que se están especificando en el marco **Loads**.

**Delete Existing Loads** suprimirá las fuerzas existentes en los nudos seleccionados, independientemente de los valores que se están especificando en el marco **Loads**.

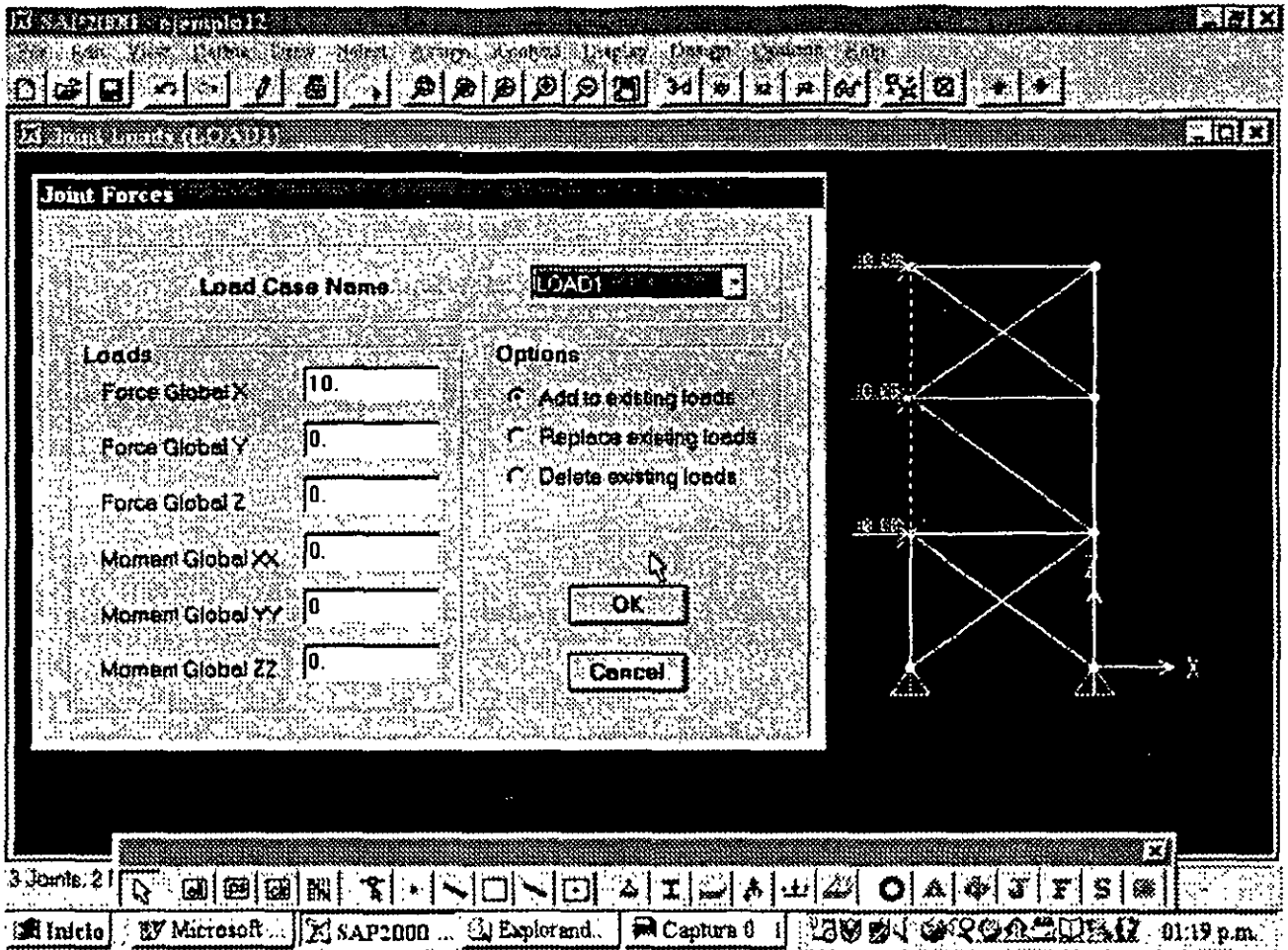


Fig. 4.22 Especificación de fuerzas en los nudos.

Para definir y asignar fuerzas a las barras primero se seleccionan las barras a las cuales se les asignarán las mismas fuerzas, después se selecciona el tipo de fuerza (uniforme, concentrada, variación lineal, etc.) de la opción **Frame Static Loads** del menú **Assign** (ver figura 4.23).

Por ejemplo para cargas puntuales y o uniformes en las barras se muestra la ventana de la figura 4.24, en donde se selecciona el nombre de la condición a donde se incluirán las fuerzas que se están especificando, así como el tipo de carga (fuerza o momento) así como la dirección en que actuarán y la opción a utilizar (**Add...**, **Replace...** y **Delete...**). En los cuadros en blanco del marco **Point Loads** se especifica el valor de las cargas concentradas así como la posición de cada una de ellas con respecto a la longitud del elemento, es decir si el valor de **Distance** es 0.5 indica que la carga está aplicada a la mitad del elemento, en el cuadro en blanco del marco **Uniform Load** se proporciona el valor correspondiente a la carga uniforme que actuará sobre el elemento. Pueden especificarse simultáneamente cargas concentradas y uniformes o sólo algún tipo de los anteriores.

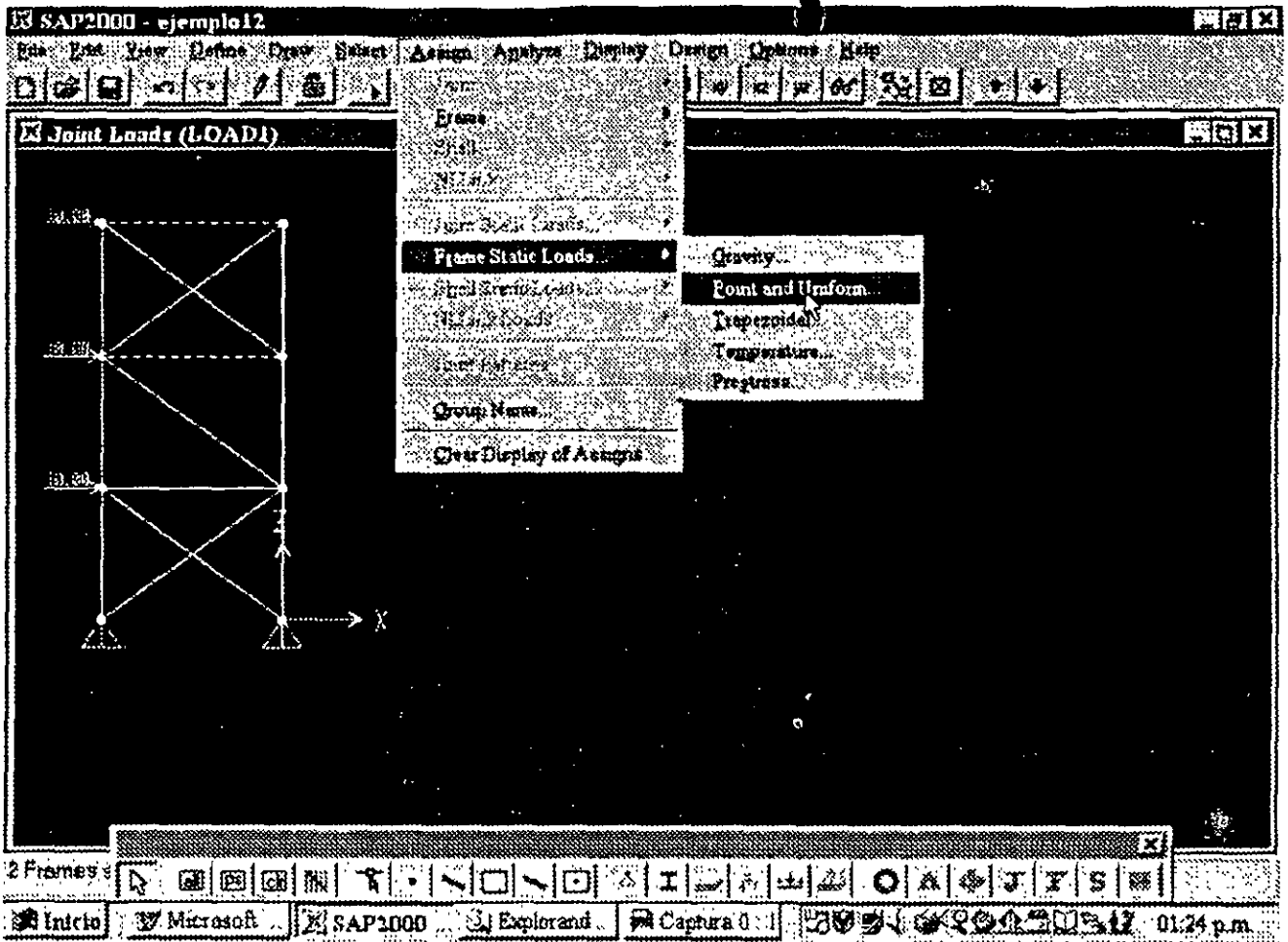


Fig. 4.23 Opción para introducir fuerzas en las barras.

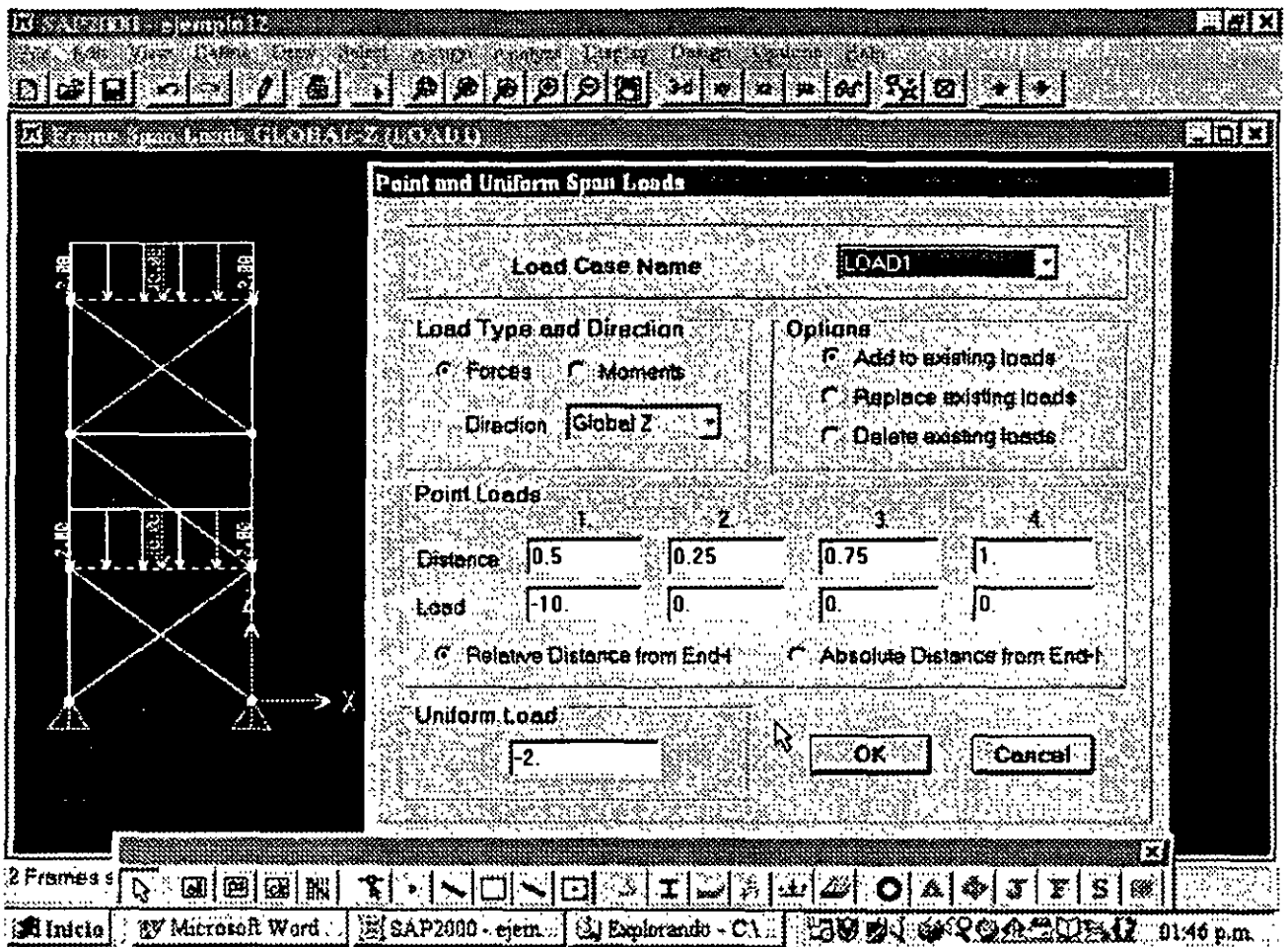


Fig. 4.24 Definición de fuerzas uniformes y/o concentradas en las barras.

Una vez que se especifican las fuerzas y se hace clic en el botón OK se ejecuta la opción seleccionada, en el caso de que esta sea adicionar o remplazar cargas, estas se muestran con sus características en el área de dibujo de la pantalla

Definidas las condiciones de carga se pueden realizar combinaciones de las anteriores, es decir condiciones de cargas dependientes, para ello se selecciona la opción **Load Combinations** del menú **Define** mostrándose la ventana de la figura 4.25, con la posibilidad de adicionar, modificar y suprimir combinaciones de carga estas opciones se muestran en el marco **Combinations** las combinaciones que se tengan definidas hasta el momento.

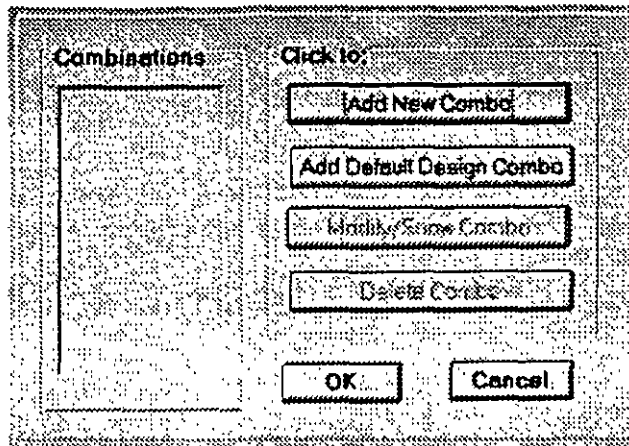


Fig. 4.25 Ventana para especificar y modificar combinaciones.

La opción para adicionar una nueva combinación despliega la ventana que se muestra en la figura 4.26, ahí se especificará el nombre, tipo y algún título para la combinación. Para definir las condiciones de carga que participarán en la combinación que se especifica, así como su respectivo factor de participación (con relación a la unidad, 1=100%) se selecciona el nombre y se modifica el valor en el cuadro en blanco debajo de **Scale Factor** en el marco **Define Combination** y después se hace clic en cualquiera de los botones **Add**, **Modify**, o **Delete**.

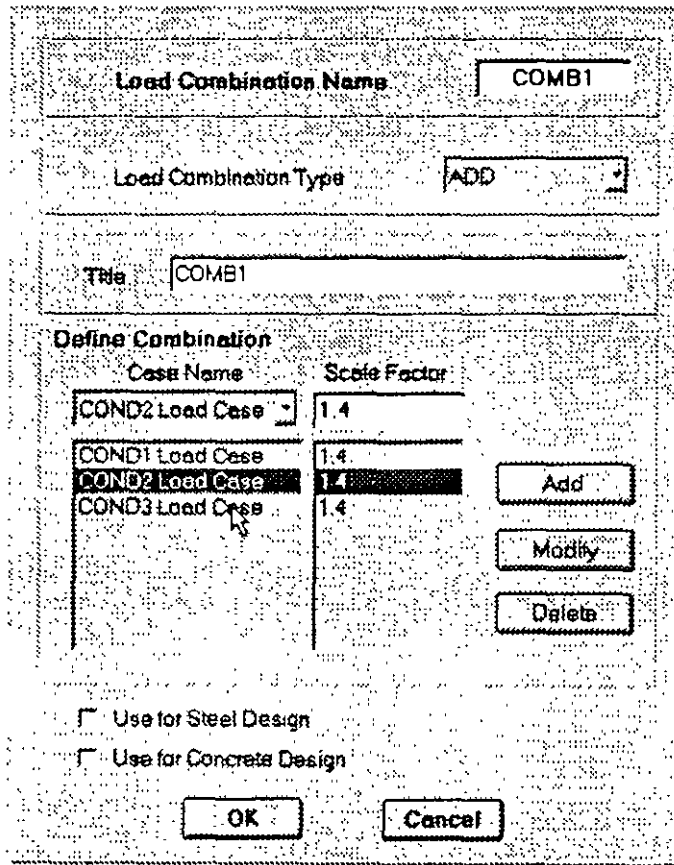


Fig. 4.26 Especificación de las características de una combinación.

Cuando se han especificado los datos de la combinación se hace clic en el botón **OK**.

Una vez que se han definido combinaciones se puede modificar sus características con la opción **Modify/Show Combo** o bien suprimir alguna combinación con la opción **Delete Combo**, cualquiera de estas opciones se selecciona haciendo clic sobre ella en el marco **Combinations**. Se pueden especificar tantas combinaciones como el problema de Análisis lo requiera.

#### 4.8 OPCIONES DE ANALISIS SELECCIÓN DE RESULTADOS

Una vez que se han especificado completamente las características geométricas, elásticas, condiciones de frontera y fuerzas se está en posibilidades de que el programa **SAP2000** realice el Análisis Estructural del modelo, sin embargo es conveniente especificar algunas opciones de Análisis, para ello se selecciona la opción **Set Options** del menú **Analyze**, desplegándose la ventana que se muestra en la figura 4.27.

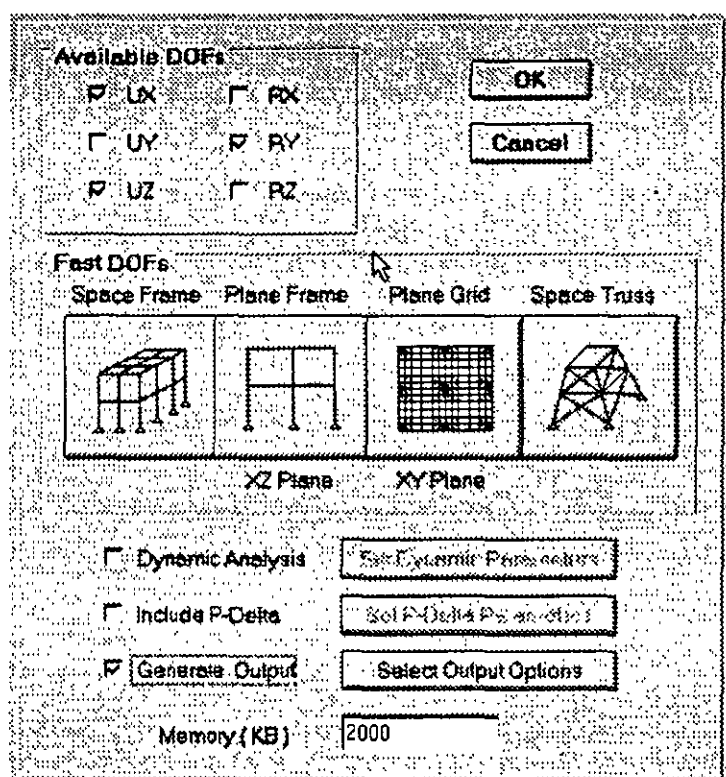


Figura 4.27 Selección de opciones de Análisis.

En ella se pueden seleccionar las componentes de desplazamiento independientes o grados de libertad que se considerarán para el análisis, **SAP2000** permite analizar estructuras en un espacio tridimensional por lo que cada nudo tiene la posibilidad de desplazarse lineal y angularmente en tres direcciones ortogonales, es decir en general posee 6 grados de libertad (a menos que se indique otra alternativa)

Si la estructura está contenida en un plano es conveniente indicar los grados de libertad que no intervienen en el Análisis con objeto de eliminar la posibilidad de inestabilidad en dirección perpendicular al plano de la estructura, disminuyendo además el tiempo de ejecución del Análisis, lo anterior se realiza desactivando grados de libertad en el marco **Available DOFs** o bien permitiendo que el programa lo realice dependiendo del tipo de estructura que se selecciona haciendo clic en alguno de los iconos que se muestran en el marco **Fast DOFs** y que corresponda con las características de la estructura que se vaya a analizar.

En la parte inferior de la ventana se muestran las opciones de Análisis Dinámico y efectos P-Delta, también se pueden seleccionar resultados que han de almacenarse en el archivo de salida (nombre.OUT), en el último renglón se muestra en un cuadro en blanco el valor de la memoria reservada para la solución del problema, este valor deberá aumentarse en caso de que no sea suficiente cuando se muestre el mensaje correspondiente durante el proceso de Análisis.

La selección de resultados del Análisis se puede realizar haciendo clic en el cuadro en blanco a la izquierda de **Generate Output** (ver figura 4.27) y después de hacer clic en el botón **Select Output Options** se muestra la ventana de la figura 4.28.

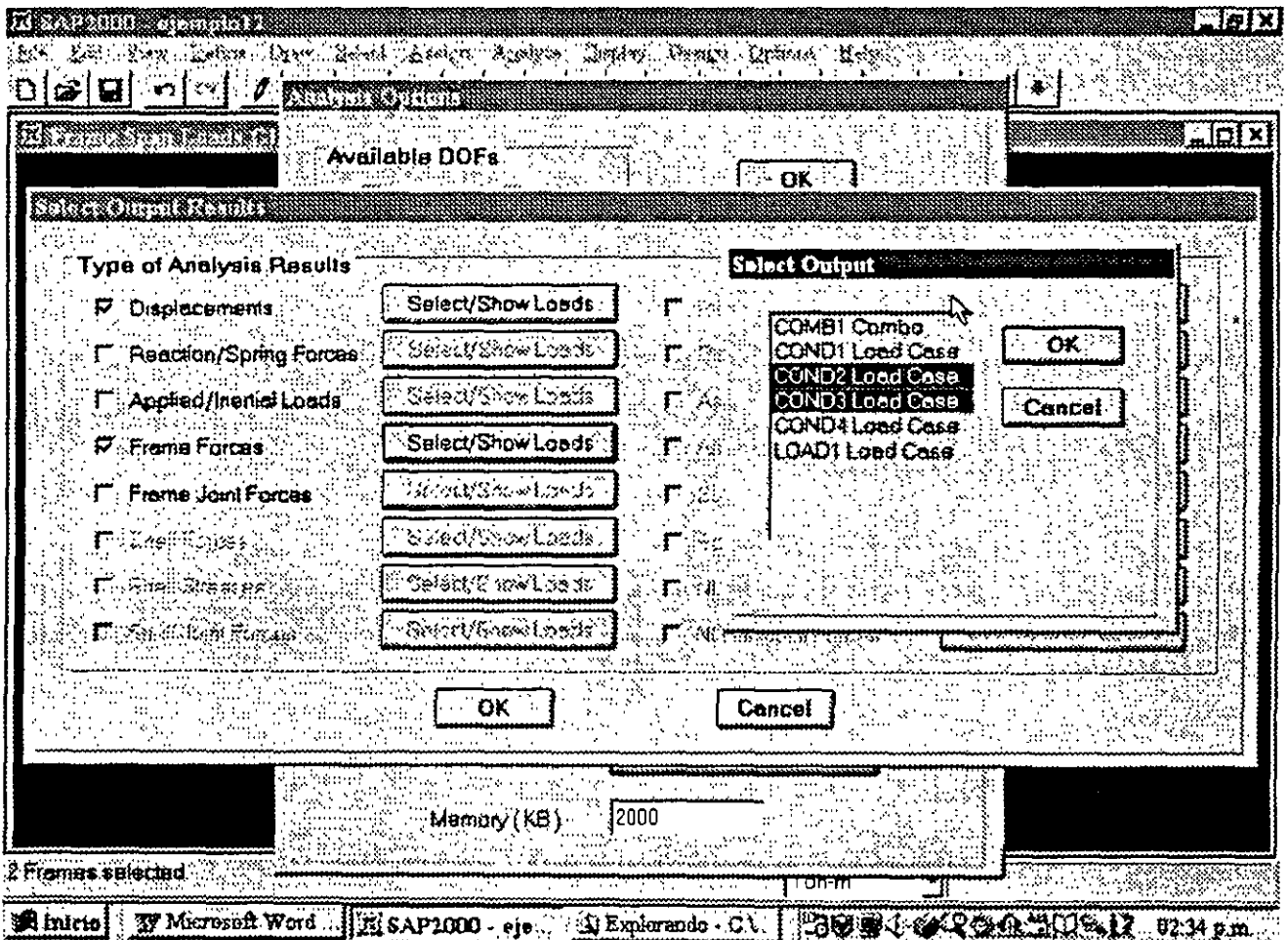


Figura 4.28 Selección de combinaciones de carga y tipos de resultados a incluirse en el archivo de salida.

En ella habrá que indicar los resultados que se incluirán en el archivo de salida haciendo clic en los cuadros en blanco y seleccionando para cada uno de esos resultados las condiciones de carga de los cuales se requieren los resultados seleccionados, lo anterior se logra haciendo clic en el botón **Select/Show Loads** correspondiente, con lo que se presentará una ventana mostrando las condiciones y combinaciones de Análisis que se han especificado para la estructura por analizar, en esa nueva ventana se deberán seleccionar las condiciones de carga para las que se requieren los resultados seleccionados, la condición o combinación de carga seleccionada se muestra con fondo oscuro, se puede seleccionar más de una combinación de carga arrastrando el ratón en el cuadro de selección.

Es necesario que se seleccione al menos una condición o combinación de carga para que los resultados se encuentren disponibles en el archivo de salida ya que de no hacerlo los resultados no se almacenarán (ver figura 4.28).



# ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

## CAPÍTULO 5

### 5.1 ANÁLISIS DEL MODELO

Una vez que se han especificado las opciones de Análisis se puede solicitar la ejecución del mismo, seleccionando la opción **Run** del menú **Analyze** con lo que el análisis se efectúa y los resultados de esta fase se muestran en la ventana de la figura 5.1, en su extremo derecho se observa una barra de desplazamiento vertical que permite ver el contenido de la pantalla, al final de esta se muestra el botón **OK** haciendo clic en él se despliega en la mayoría de los casos la configuración deformada de la estructura para la primera condición de carga con lo que se está en posibilidades de tener acceso a varias opciones del menú **Display** las cuales nos mostrarán de manera gráfica y numérica algunos resultados del Análisis (desplazamientos, elementos mecánicos, etc ).

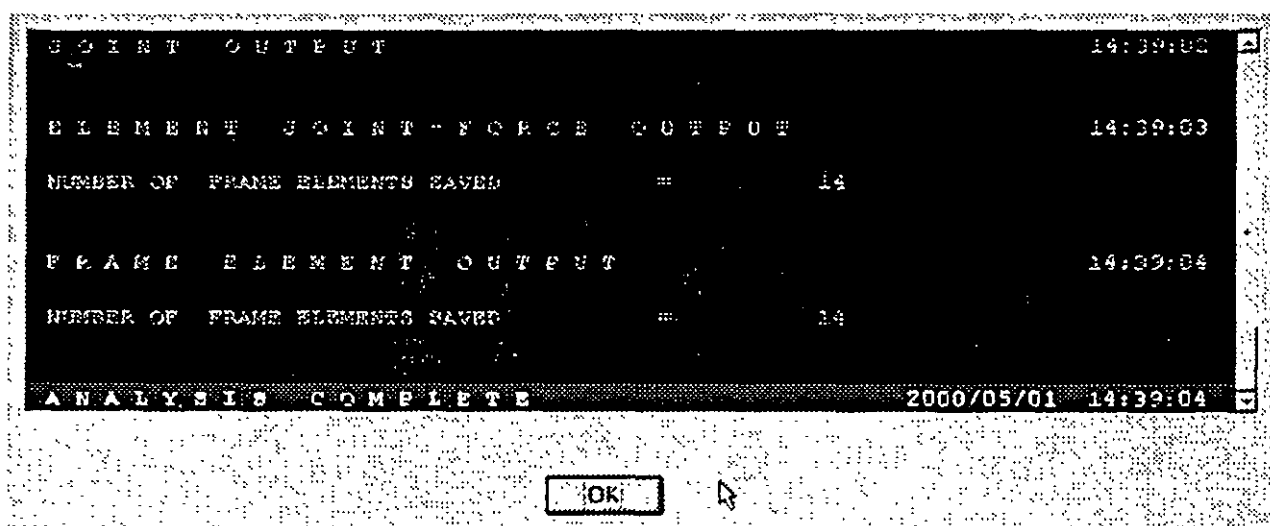


Figura 5.1 Ventana después de seleccionar la opción **Run** del menú **Analyze**

### 5.2 VERIFICACION DE ALGUNOS ELEMENTOS DEL PROCESO DE ANALISIS

Después de que el Análisis ha concluido se generan una serie de archivos con el mismo nombre que el archivo de datos pero con extensión diferente, algunos de los que se generan y que pueden ser de utilidad son:

El archivo nombre.LOG (ver figura 5.2), el cual contiene información de la fase de Análisis (memoria disponible, número de ecuaciones de equilibrio formadas, características de la matriz de rigideces, balance de errores relativos y diversa información de salida).

El archivo nombre.\$2k contiene los datos de la estructura a analizar como son: geometría, materiales, secciones, cargas, combinaciones, etc., tal y como se generaron por ejemplo mediante el editor gráfico del programa SAP2000, se puede recurrir a este archivo en el caso de que el archivo nombre.SDB sufra algún cambio que lo imposibilite para ser procesado por SAP2000.

```

prueba.LOG - WordPad
Archivo Edición Ver Insertar Formato Ayuda
PROGRAM SAP2000 - VERSION ES.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED
REGION ANALYSIS PHASE
MEMORY AVAILABLE FOR DATA (BYTES) = 1000000
JOINT ELEMENT FORMATION
NUMBER OF JOINT ELEMENTS FORMED = 3
NUMBER OF SPRING ELEMENTS FORMED = 0
FRAME ELEMENT FORMATION
NUMBER OF FRAME ELEMENTS FORMED = 14
EQUATION SOLUTION
TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS = 20
APPROXIMATE "EFFECTIVE" BAND WIDTH = 0
NUMBER OF EQUATION STORAGE BLOCKS = 1
MAXIMUM BLOCK SIZE (NUMBER OF TERMS) = 147
SIZE OF STIFFNESS FILE (BYTES) = 1240
NUMBER OF EQUATIONS TO SOLVE = 20
NUMBER OF STATIC LOAD CASES = 5
NUMBER OF ACCELERATION LOADS = 7
NUMBER OF NONLINEAR DEFORMATION LOADS = 0
JOINT OUTPUT
GLOBAL FORCE BALANCE RELATIVE ERRORS
PERCENT FORCE AND MOMENT ERROR AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES
LOAD FX FY FZ MX MY MZ
COND1 7.52E-16 .000000 .000000 .000000 1.10E-14 .000000
COND2 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
COND3 2.78E-15 .000000 .000000 .000000 1.11E-14 .000000
COND4 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
LOAD1 5.30E-15 .000000 7.06E-15 .000000 9.77E-14 .000000
COND MAX/MIN FX FY FZ MX MY MZ
COND1 7.52E-16 .000000 .000000 .000000 1.10E-14 .000000
COND1 7.52E-16 .000000 .000000 .000000 1.10E-14 .000000
ELEMENT JOINT - FORCE OUTPUT
NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED = 14
FRAME ELEMENT OUTPUT
NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED = 14
ANALYSIS COMPLETE
FILE: PRUEBA.LOG
2000/05/01 14:52:48
14:52:49
14:52:49
14:52:50
14:52:51
14:52:51
14:52:52
14:52:52
2000/05/01 14:52:52
    
```

Figura 5.2 Contenido típico del archivo nombre.LOG

El archivo nombre.EKO contiene una imagen o resultado del procesamiento de los datos contenidos en el archivo nombre SDB generado mediante el editor gráfico del programa SAP2000, este archivo (nombre EKO), contiene textos que indican las características de los datos procesados por ejemplo: hay un título y encabezado para las coordenadas de los nudos seguido de éstas, es decir se despliega información respectiva para cada bloque de datos así como los valores respectivos, únicamente se incluyen en este archivo los datos procesados

En el caso de que se hayan seleccionado resultados para ser impresos éstos se encuentran en el archivo nombre.OUT

Es conveniente verificar algunas características particulares del problema que se resolvió, por ejemplo que coincida el número total de grados de libertad que la estructura tiene con el número de ecuaciones de equilibrio que el programa formó y resolvió, también es conveniente verificar el

número de elementos barra, placa, etc. que el programa procesó. Desde luego es conveniente verificar que todos los datos del problema fueron procesados por el módulo de Análisis, para todo lo anterior se recurre a revisar el contenido de los archivos mencionados en los párrafos anteriores para tener acceso al contenido de esos archivos se puede recurrir a varios programas o procesadores de texto (por ejemplo Edit, Word Pad, Word, etc.)

# SELECCION E INTERPRETACION DE RESULTADOS

# CAPÍTULO 6

## 6.1 INTRODUCCION

Una vez que el Análisis se ejecuta sin que se hayan generado errores durante el mismo y después de hacer clic en el botón OK de la ventana que se muestra en la opción **Run** del menú **Analyze**, se pueden seleccionar varias opciones del menú **Display** que nos permitirán ver los diversos resultados tanto de manera gráfica como numérica, por ejemplo **Show Deformed Shape** nos mostrará la configuración deformada de la estructura para alguna condición de carga, **Show Element Forces/Stresses** nos mostrará el diagrama de elementos mecánicos, como puede verse en la figura 6.1, se encuentran disponibles algunas otras opciones para despliegue de resultados.

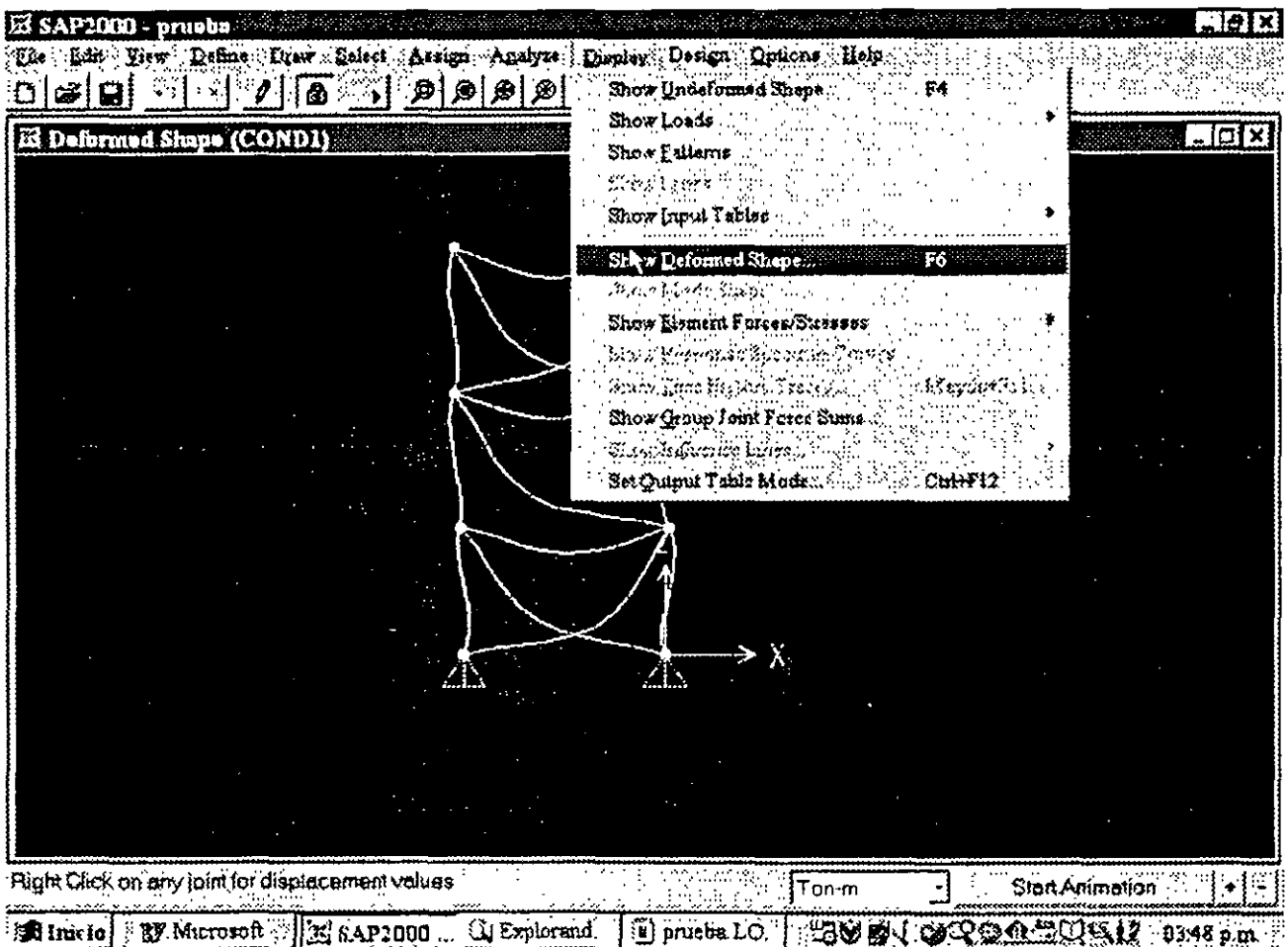


Figura 6.1 Opciones en el menú Display

## 6.2 VER LA ESTRUCTURA DEFORMADA

Para ello como se indicó en el párrafo anterior se selecciona la opción **Show Deformed Shape** del menú **Display** mostrándose la ventana de la figura 6.2, en esa ventana se selecciona del marco **Load** (parte superior de la ventana) la condición de carga de la cual se quiere ver la estructura deformada; en el marco **Scaling** se presentan dos opciones para la escala que se utilizará al desplegar la configuración deformada en caso de que se seleccione **Scale Factor** se presentará el factor de escala que se utilizará para tal fin, este factor mostrado en la caja en blanco puede ser modificado por el usuario, otras dos opciones se encuentran en el extremo inferior izquierdo de esa ventana, la primera de ellas es decir **Wire Shadow** mostrará además de la configuración deformada la no deformada, la última opción que es **Cubic Curve**, en caso de estar activada mostrará la configuración deformada ajustando una curva a esa configuración, en caso contrario sólo se dibujará la configuración deformada con líneas rectas.

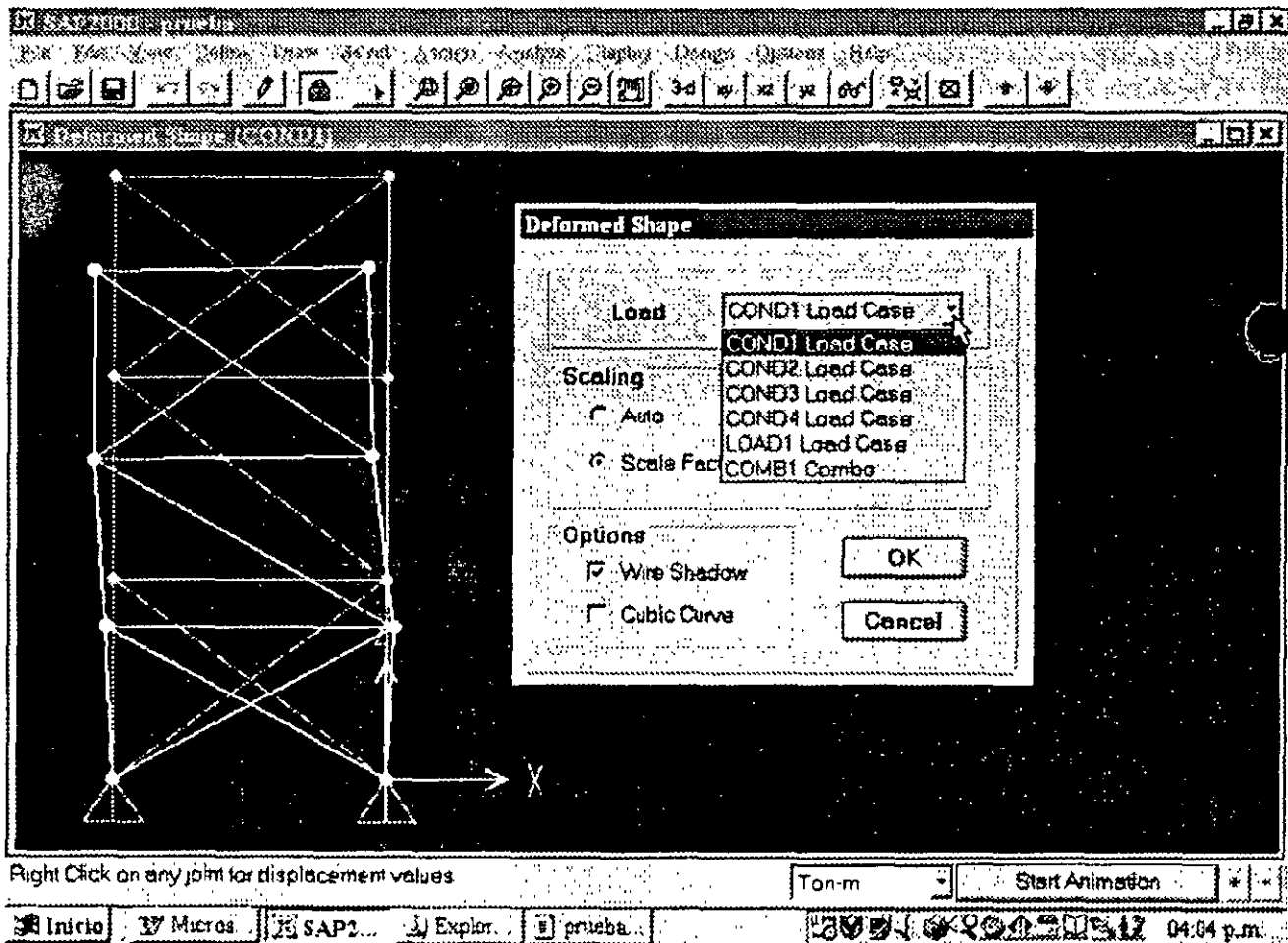


Figura 6.2 Selección de parámetros para despliegue de la configuración deformada.

Una vez mostrada la configuración deformada de la estructura se puede seleccionar algún nudo (p. ej. haciendo clic izquierdo) y después hacer clic derecho en el nudo seleccionado con lo cual se presentará una ventana conteniendo el valor de los desplazamientos de ese nudo (ver figura 6.3).

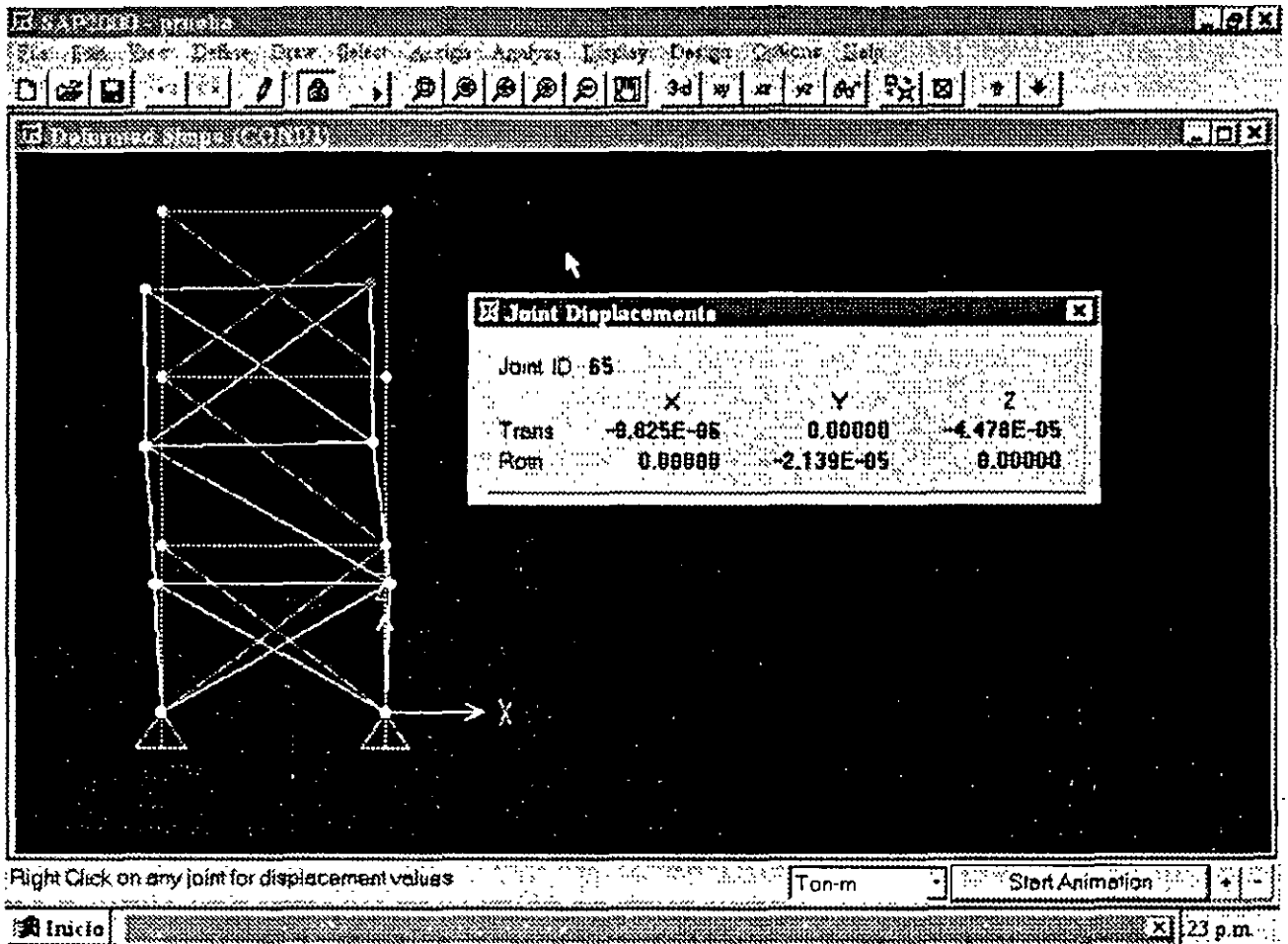


Figura 6.3 Valores del desplazamiento de un nudo seleccionado.

### 6.3 VER LOS DIAGRAMAS DE ELEMENTOS MECANICOS

Como se ha mencionado, SAP2000 permite mostrar gráficamente los valores de algún elemento mecánico para determinada condición de carga, para ello se selecciona **Frames** de la opción **Show Element Forces/Stresses** en el menú **Display** presentando la ventana de la figura 6.4.

En el marco **Load** se selecciona la condición de carga y en **Component** se selecciona el tipo de elemento mecánico, las opciones en el marco **Scaling** producen el mismo efecto al caso de la configuración deformada, las opciones que se encuentran al final de la ventana nos permiten seleccionar si se desea un diagrama “lleno” y sin despliegue de valores del elemento mecánico o con valores en el diagrama

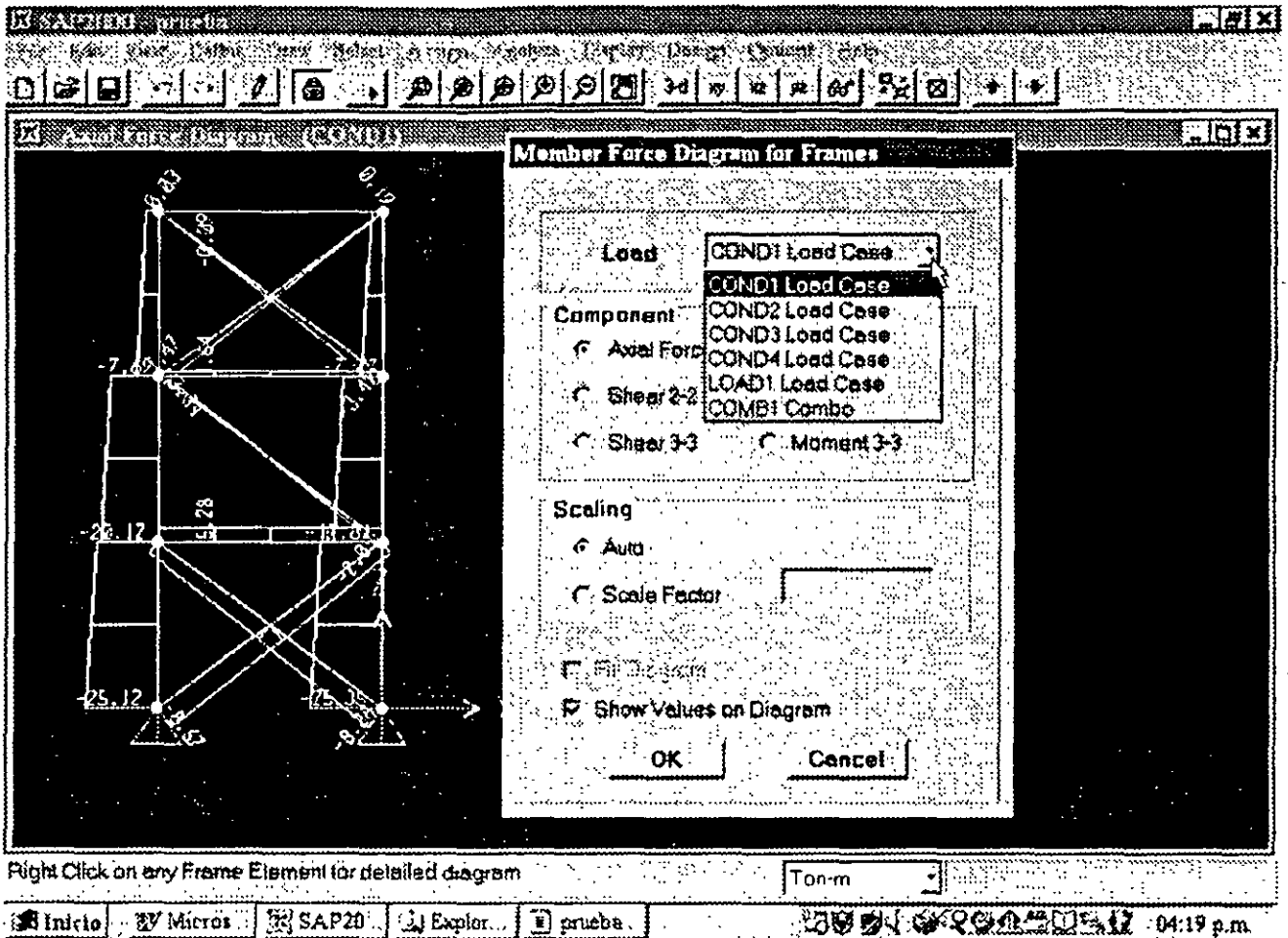


Figura 6.4 Selección de parámetros para despliegue de diagramas de elementos mecánicos.

Una vez mostrado el diagrama se puede seleccionar algún elemento barra haciendo clic sobre él y después de hacer clic derecho sobre el mismo se presenta una ventana mostrando el diagrama del elemento seleccionado, así como el valor del elemento mecánico en una sección transversal situada a la distancia que se muestra en el cuadro en blanco (ver figura 6.5), desplazando el puntero del ratón a lo largo del eje del elemento dentro de la ventana desplegada se muestra tanto la posición de la sección transversal como el valor respectivo del elemento mecánico, el contenido del cuadro puede ser modificado por el usuario desplegándose instantáneamente el valor del elemento mecánico que corresponda a la sección cuya posición se especificó en el cuadro en blanco.

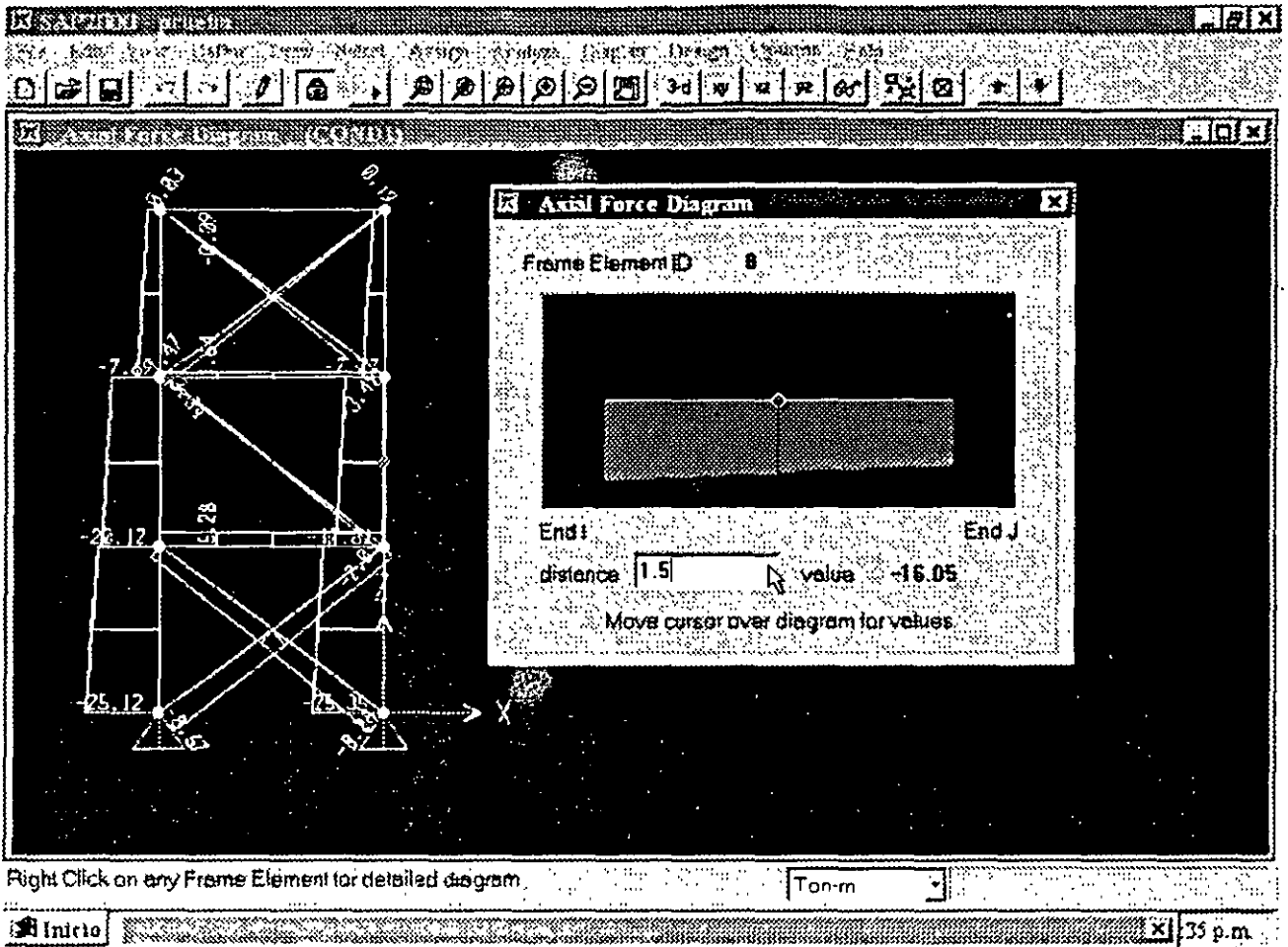


Figura 6.5 Diagrama de un elemento mecánico de una barra seleccionada

### 6.4 VER LOS RESULTADOS DE DISEÑO

Algunas opciones de diseño se encuentran disponibles en el menú **Design** una vez realizado el Análisis se pueden tener acceso a ellas.

Como primer paso se seleccionará el tipo de diseño y características a utilizar, por ejemplo en el caso de diseño de concreto se tendrán que especificar algunas características de refuerzo lo cual se deberá de hacer en **Modify/Show Section** de la opción **Define Frame Sections** en el menú **Define**, seleccionando en la ventana que se despliega el botón **Reinforcement** para enseguida especificar el tipo de elemento (columna o viga), la configuración del refuerzo y las características de éste (ver figura 6.6).



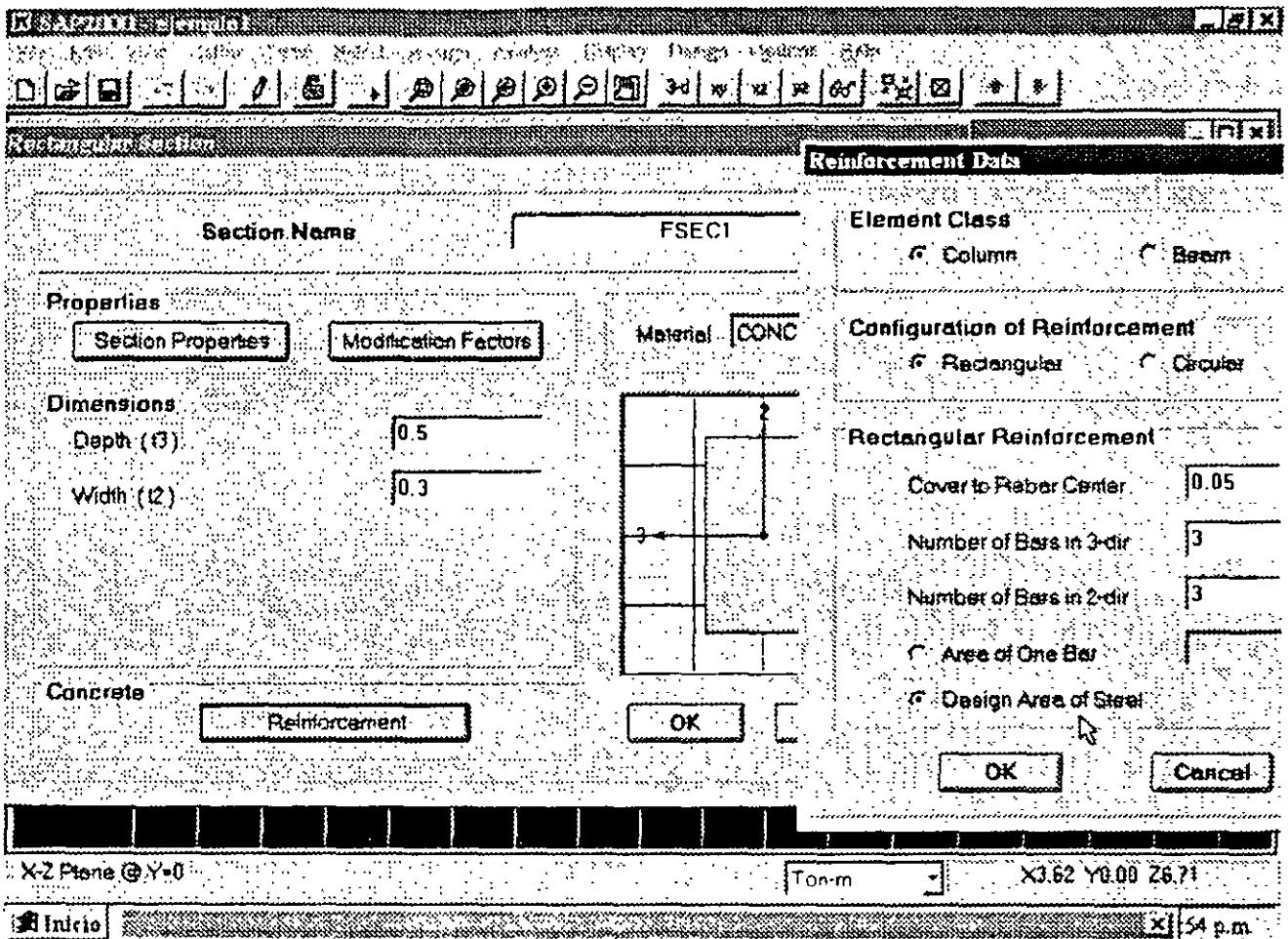


Figura 6.6 Características para diseño de un elemento.

Como segundo paso se deberá especificar las combinaciones de carga que se utilizarán para verificar el diseño activando la que se quiera para ser usada en el diseño, esto se puede hacer en **Add** o **Modify/Show Combo** en la opción **Load Combinations** del menú **Define** (ver figura 6 7).

**Load Combination Data**

Load Combination Name: COMB1

Load Combination Type: ADD

Title: COMB1

**Define Combination**

Case Name	Scale Factor
LOAD1 Load Case	1.4
LOAD1 Load Case	1.4

Use for Steel Design  
 Use for Concrete Design

Figura 6.7 Especificación de combinaciones de carga para diseño

Una vez realizado el Análisis, como tercer paso se seleccionarán las combinaciones de diseño para ello utiliza la opción **Select Design Combos** del menú **Design** (ver figura 6.8).

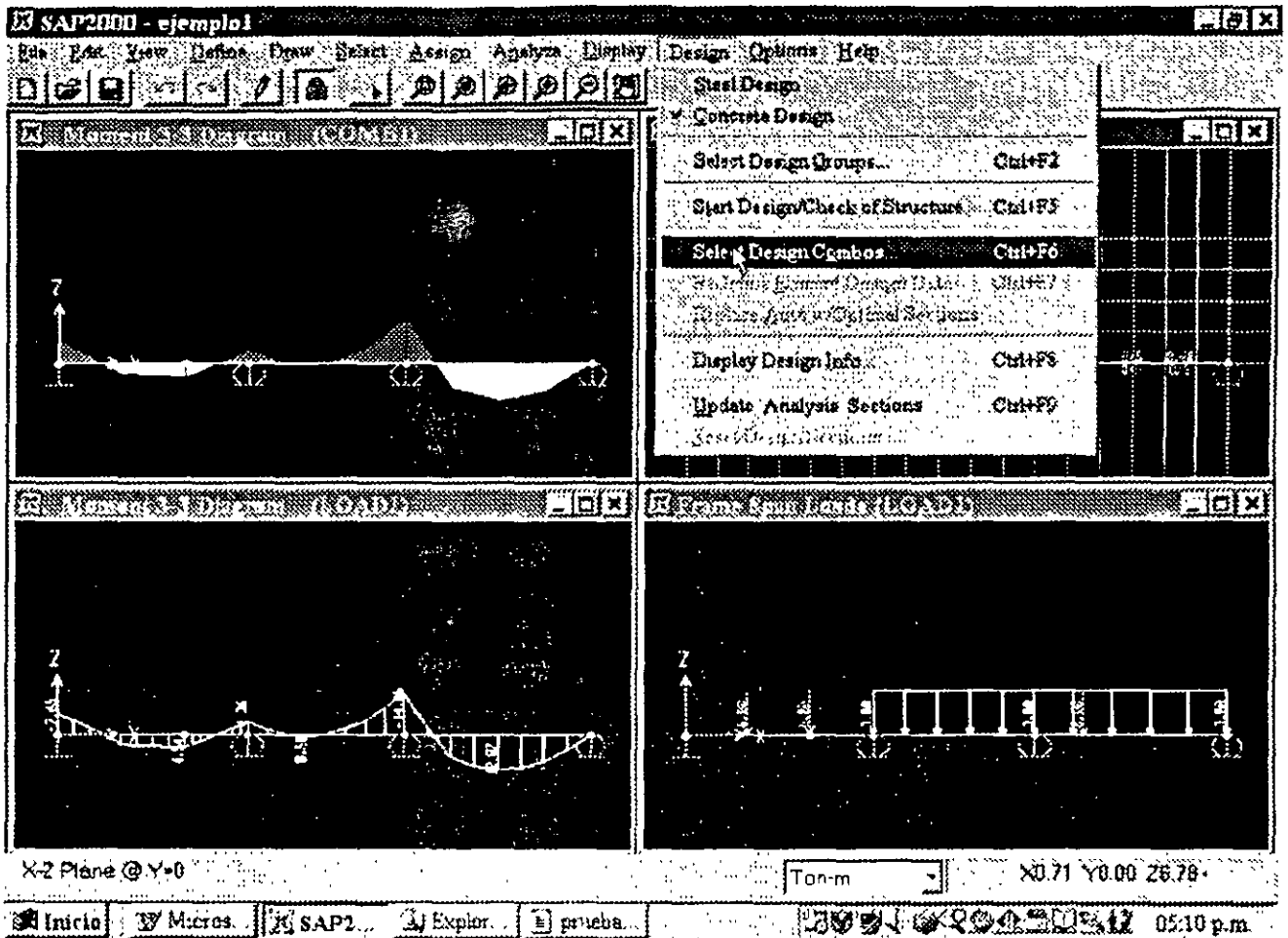


Figura 6.8 Algunas opciones del menú Design.

Como cuarto paso se seleccionará la opción **Start Design...** del menú **Design** (ver figura 6.8) con lo que se desplegarán algunos resultados del diseño, seleccionando una barra y después de hacer clic derecho sobre la misma se muestra una ventana similar a la de la figura 6.9.

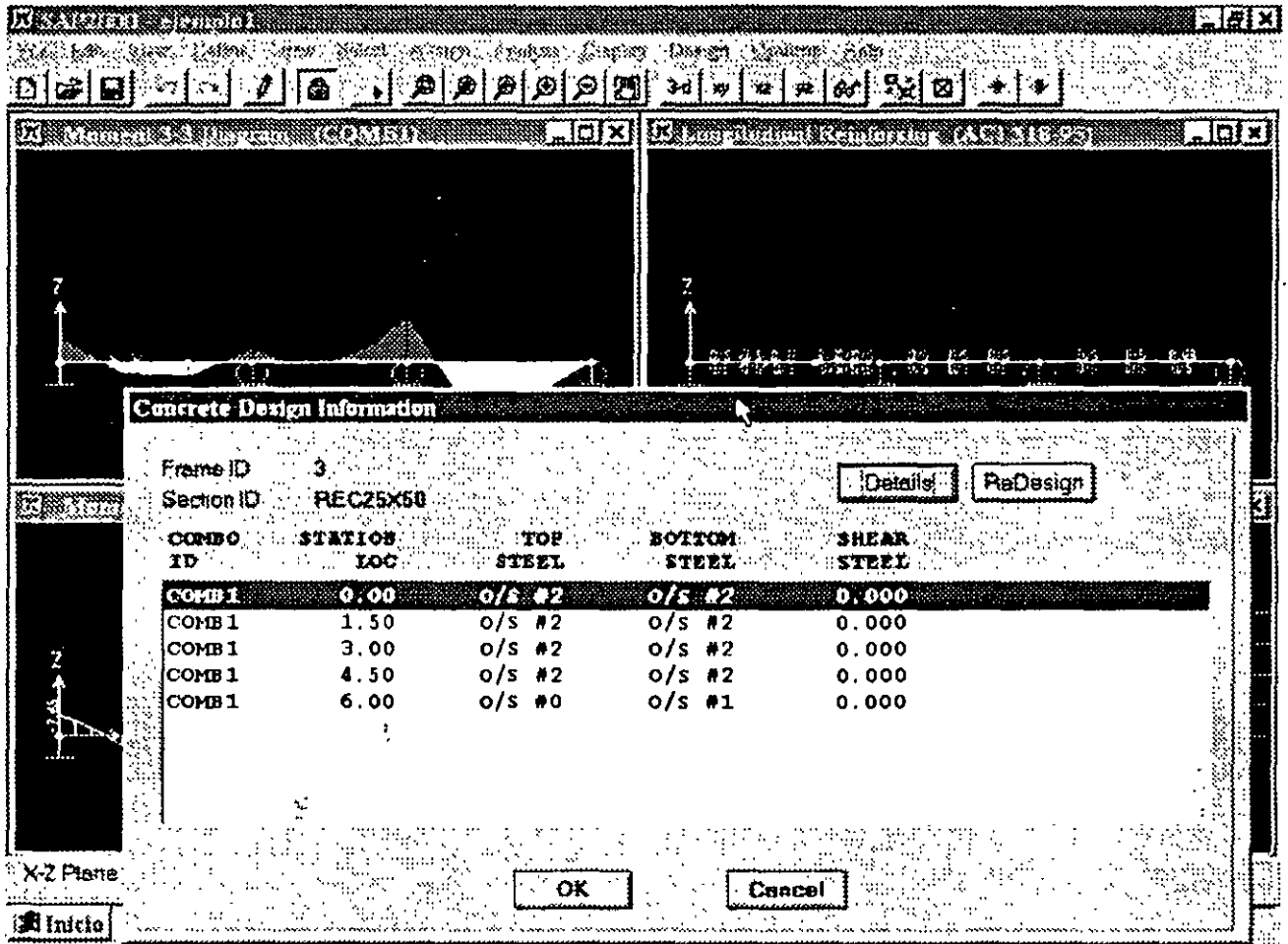


Figura 6.9 Resultados de diseño de un elemento seleccionado.

De ella se puede seleccionar el botón **Details** mostrándose información más detallada acerca de las características de diseño del elemento, se puede mostrar información diversa de la ventana arrastrando el mouse (botón izquierdo hacia alguna zona específica de la ventana, ver figura 6.10)

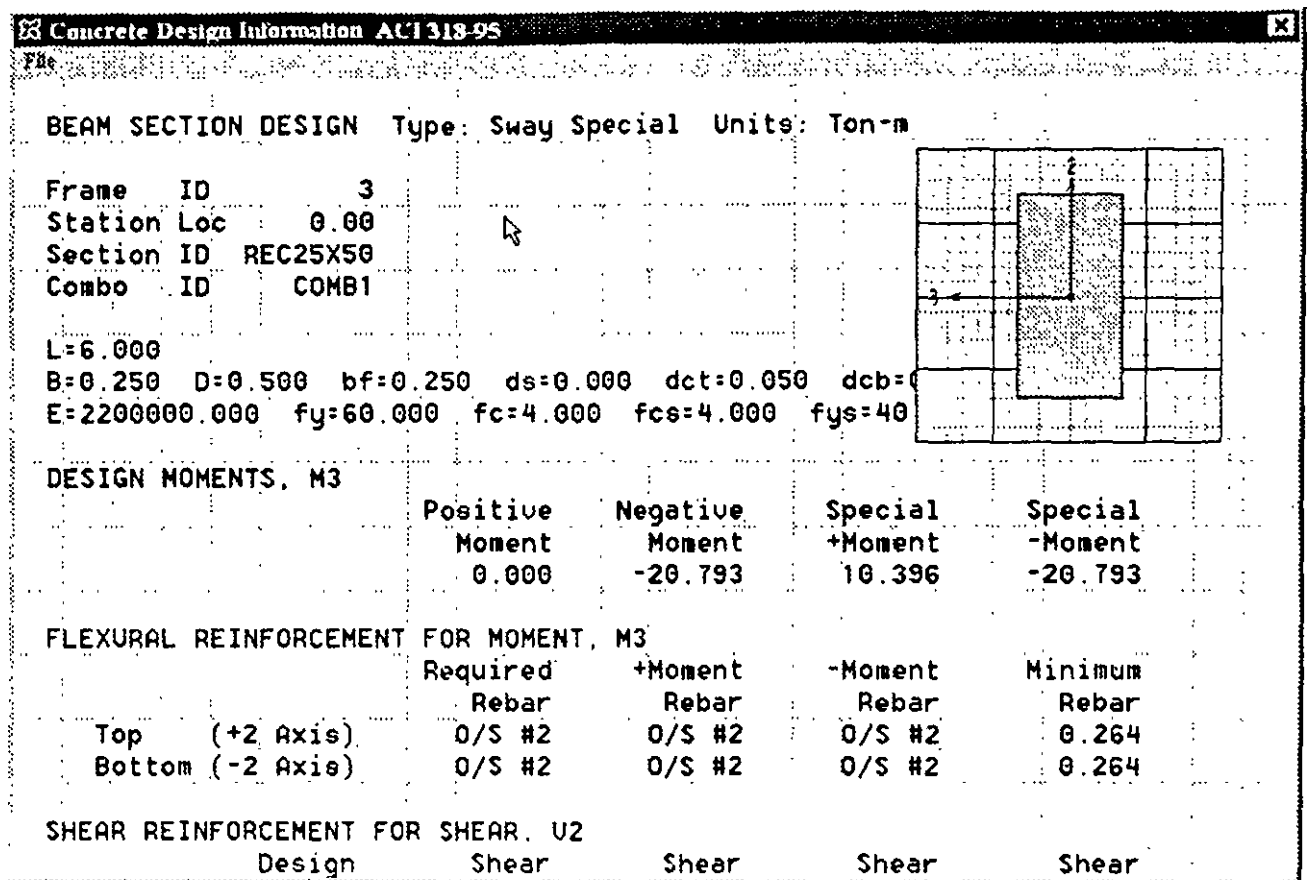


Figura 6.10 Detalle de los resultados de diseño de un elemento seleccionado.

### 6.4 OTRAS CARACTERISTICAS

El despliegue de reacciones puede ser seleccionado mediante **Joints** de la opción **Show Element...** del menú **Display** mostrándose la ventana de la figura 6.11, en donde se podrá seleccionar la condición de carga, después de hacer clic en **OK** se muestran las reacciones correspondientes a la condición de carga seleccionada (ver figura 6.11)

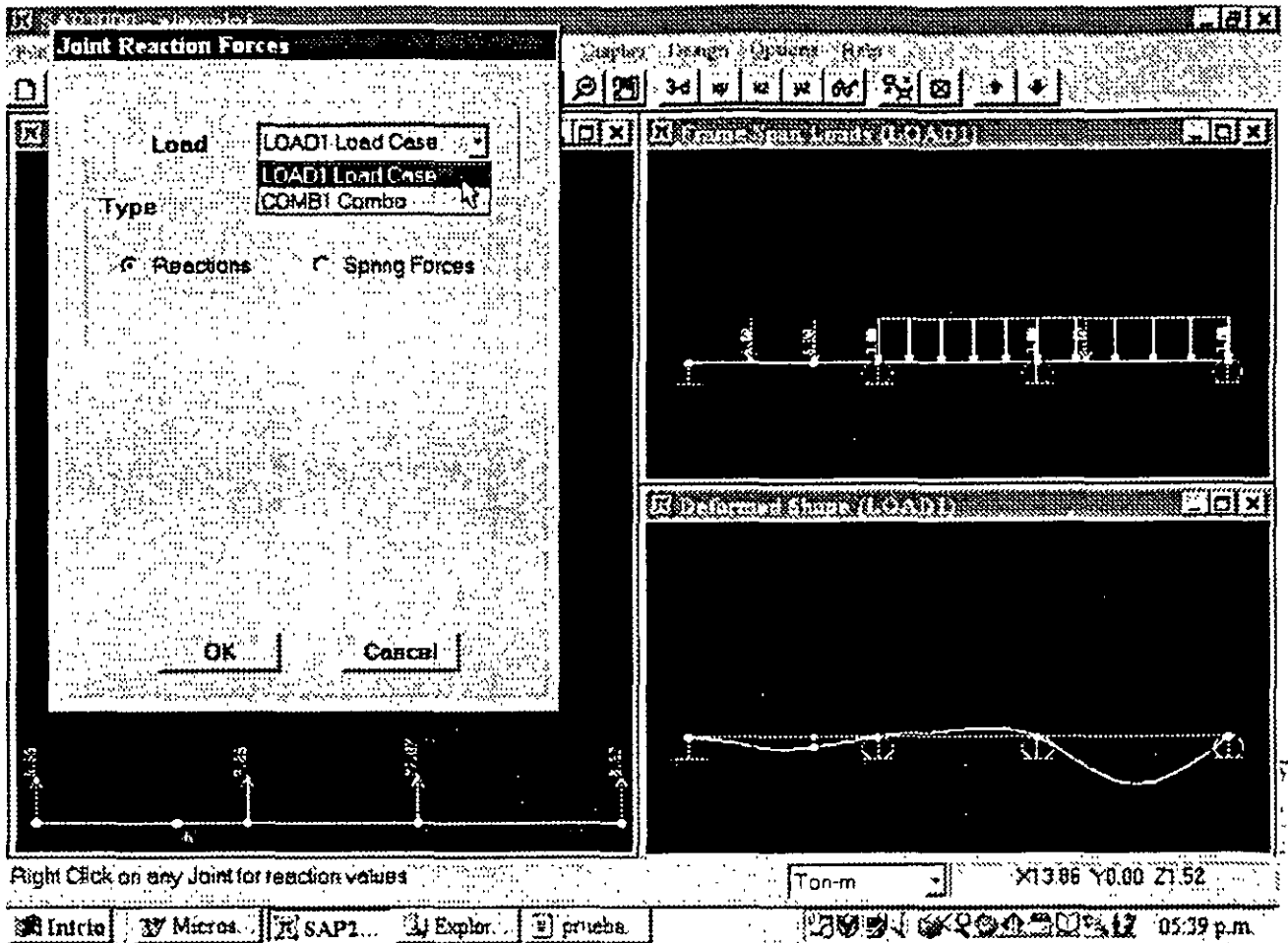


Figura 6.11 Ventana para la selección de reacciones

Están disponibles en el menú **Display** algunas otras características relacionadas con el Análisis Dinámico como el dibujo de formas modales, espectros de respuesta y análisis de la respuesta en el tiempo y otras más.

Los resultados del Análisis se pueden almacenar en un archivo a manera de tablas para ello se selecciona la opción **Set Output Table Mode** del menú **Display** mostrándose una ventana en donde se seleccionarán las condiciones de carga de los resultados que se incluirán, después de hacer clic en el botón **OK** se pasa a una ventana con de título **Analysis Output Tables** (ver figura 6.12)

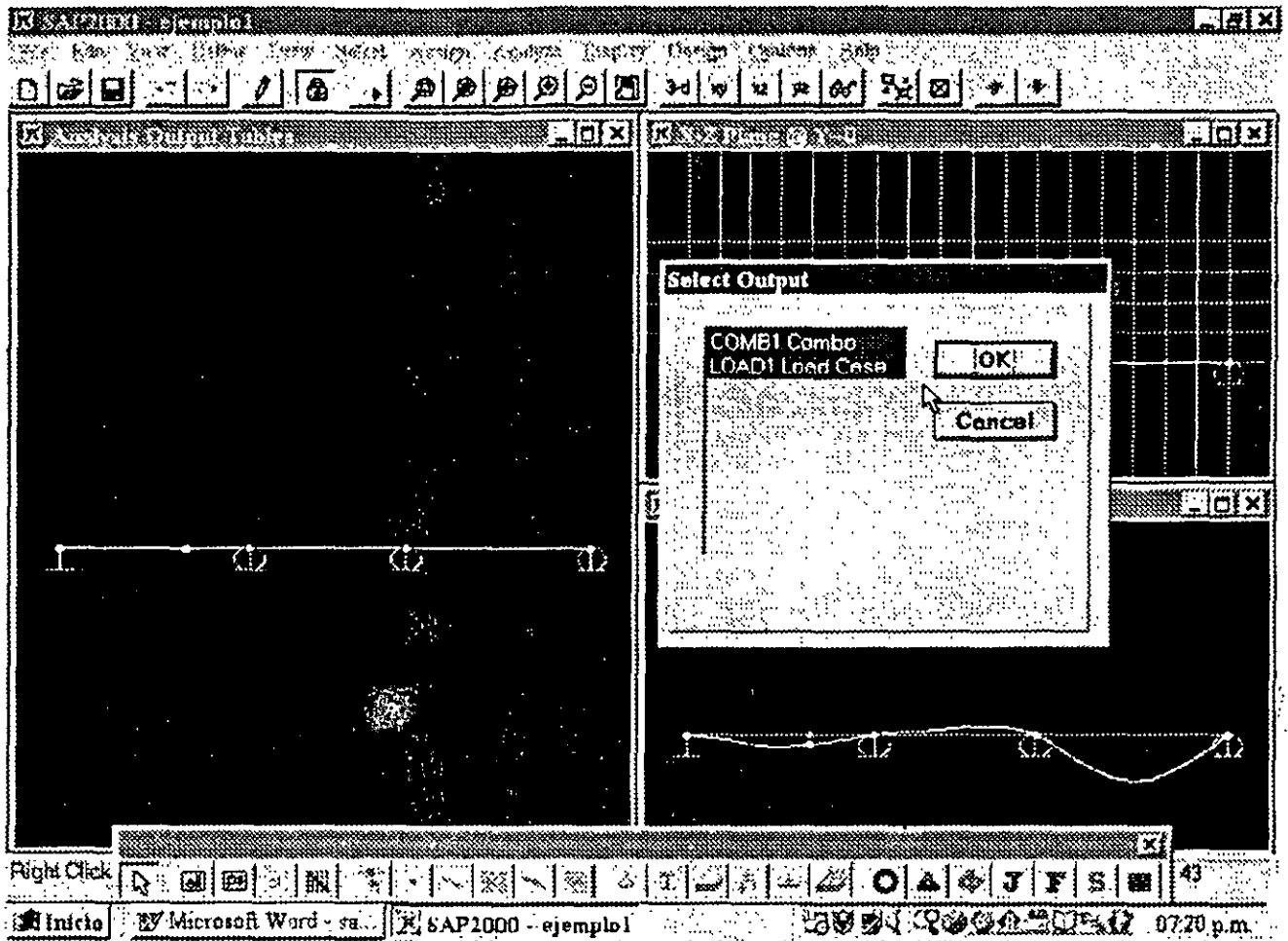


Figura 6.12 Selección de condiciones y para la generación de resultados en forma tabular

En esa ventana se podrá seleccionar algún nudo o elemento después de hacer clic derecho en un nudo seleccionado, se desplegará una ventana conteniendo tanto los desplazamientos como las reacciones del nudo para las condiciones de carga seleccionadas (ver figura 6.13)

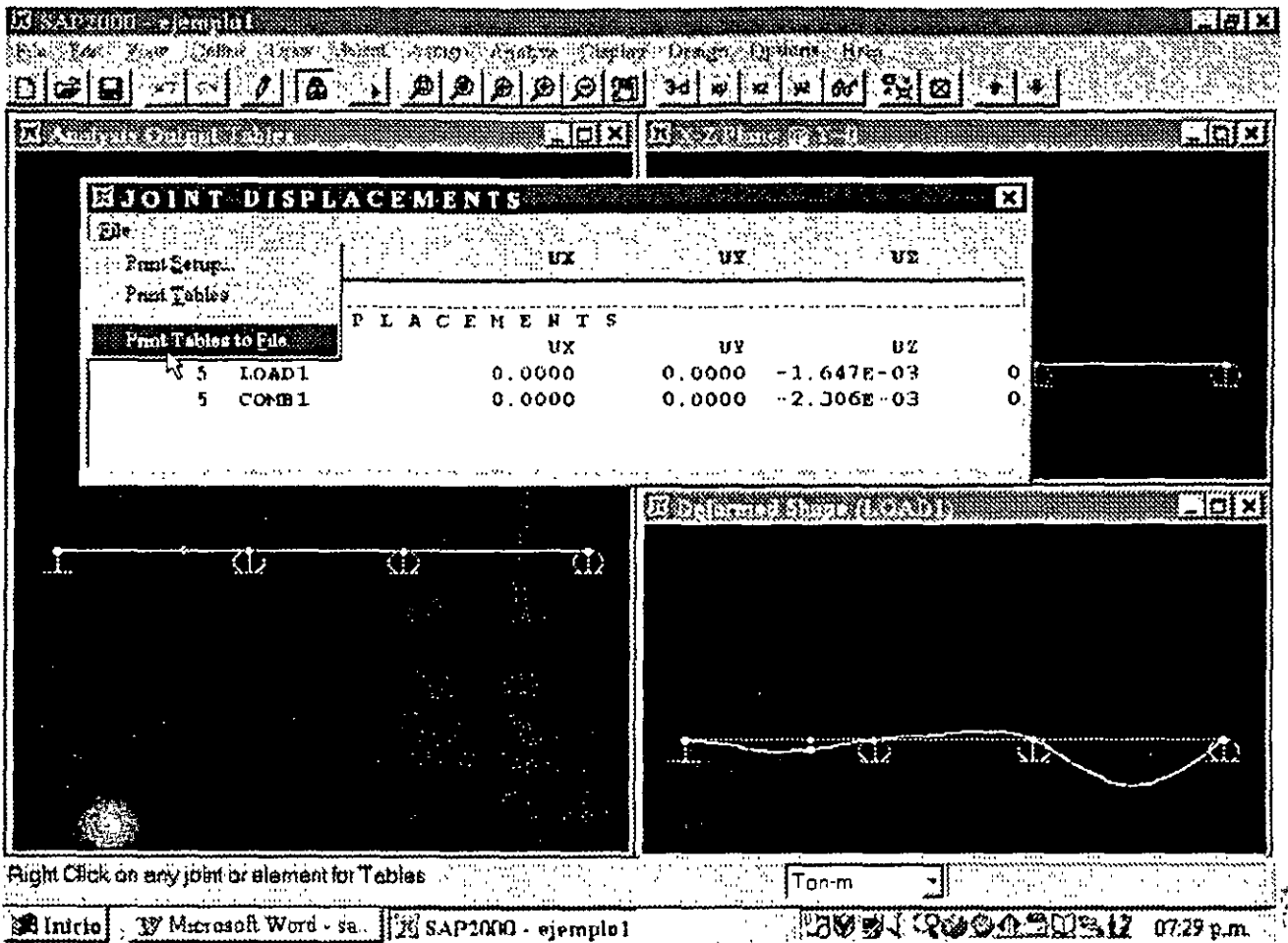


Figura 6.13 Ventana de resultados de un nudo seleccionado.

Si el elemento sobre el que se hace clic es una barra entonces la ventana que se despliega contiene los elementos mecánicos de las condiciones de carga seleccionadas (ver figura 6.14).



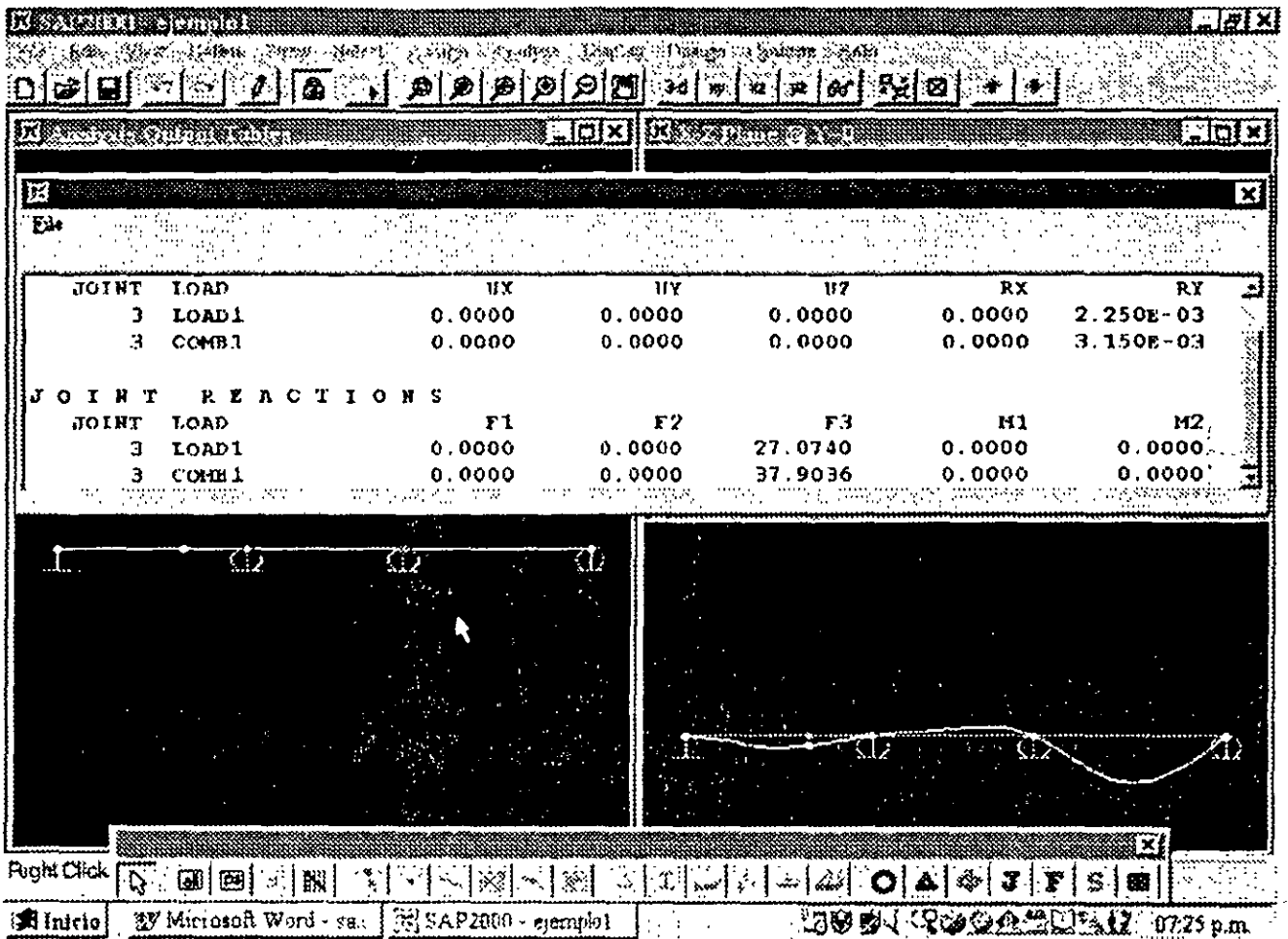


Figura 6.14 Ventana de resultados de una barra seleccionada.

Tanto en la ventana de resultados de nudos como de barras en el extremo superior izquierdo de esta se encuentra la opción **File**, que permite el almacenamiento de los resultados contenidos en la tabla mostrada en un archivo, para ello después de hacer clic en **File**, habrá que proporcionar en el cuadro en blanco el nombre del archivo y hacer clic en el botón guardar (ver figura 6.15).

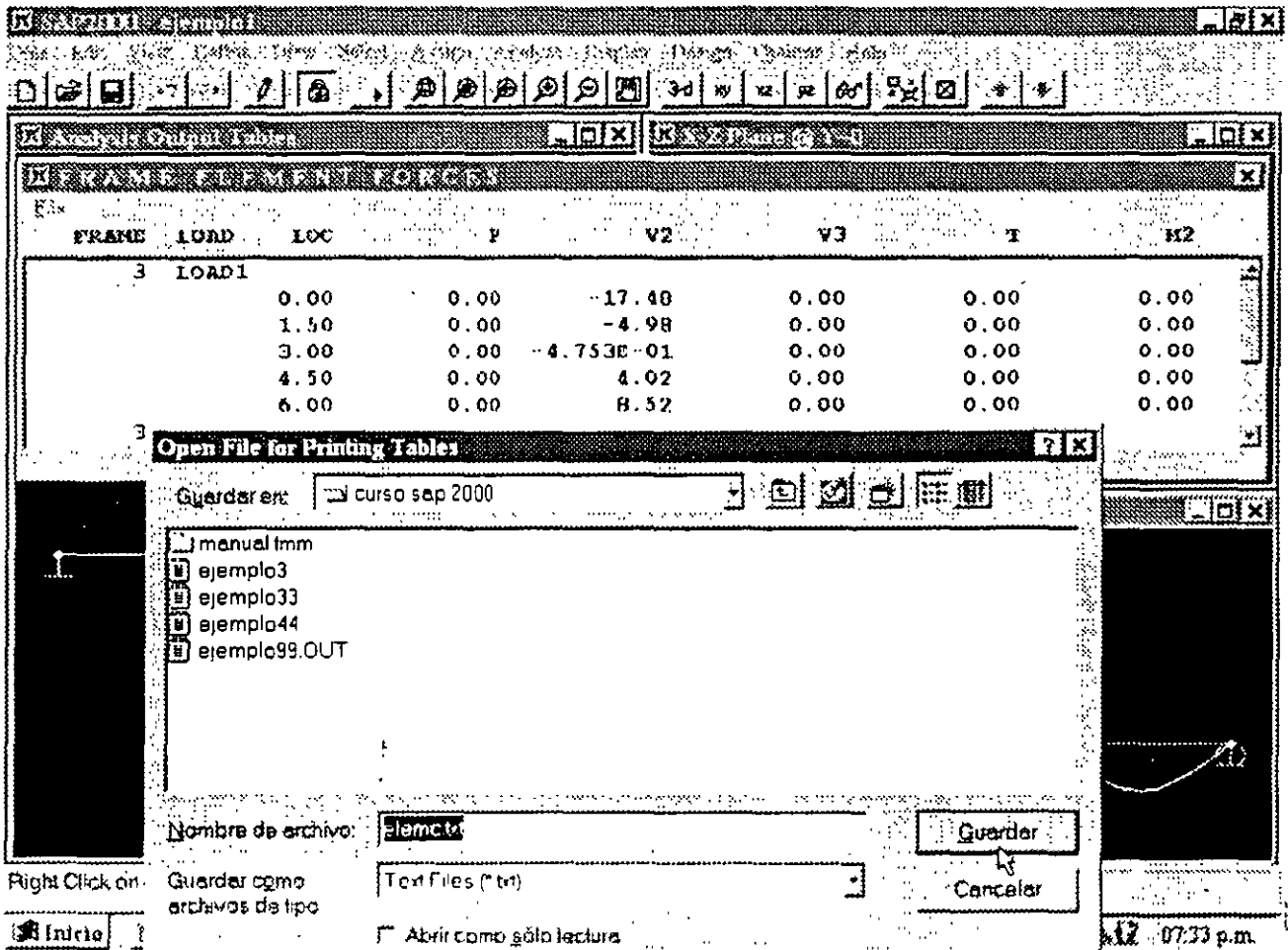


Figura 6.15 Almacenamiento de resultados en un archivo.

# OPCIONES ADICIONALES

## CAPÍTULO 7

### 7.1 INTRODUCCION

**SAP2000** posee varias características, con algunas de ellas se pueden modelar por ejemplo muros y losas mediante elementos **Shell**, las opciones abarcan desde la definición de materiales dibujo de elementos, definición de características geométricas del elemento (**Shell Sections**) así como la asignación de las características anteriores además de las fuerzas (uniformes, presión, etc.) a este tipo de elementos. La estructura y secuencia es muy parecida a la utilizada para los elementos barra, se recomienda consultar la ayuda en línea, los temas relacionados en los manuales o bien ver los ejemplos en la carpeta de ejemplos o en el disco.

En cuanto al elemento finito sólido, este no se puede generar utilizando el editor gráfico de la versión estudiantil (versión 6.1 ó 6.13), por lo que su definición y demás características se tendrán que realizar mediante una serie de instrucciones que se adicionarán al archivo de datos mediante un editor, la misma recomendación hecha en el párrafo anterior es aplicable a este caso

Una gran variedad de opciones para Análisis Dinámico está incluida en el programa **SAP2000**, para usar alguna de ellas se recomienda consultar los ejemplos que acompañan al presente instructivo o que se encuentran en el diskete, o bien los que se encuentran en el manual respectivo.

También existe la posibilidad de Análisis de estructuras de puentes obteniendo mediante el programa por ejemplo: líneas de influencia, envolventes de elementos mecánicos, etc., lo anterior para varias condiciones de carga incluyendo uno o varios carriles con cargas vehiculares tipo o definidas por el usuario, la recomendación del párrafo anterior es igualmente aplicable.

Se recomienda consultar al autor ya que se encuentra en proceso un instructivo similar al presente para los fines mencionados en los párrafos anteriores

### 7.2 VER EL ARCHIVO DE ENTRADA

Durante una sesión con el programa **SAP2000** las opciones **Save** y **Save as** del menú **File** permiten almacenar en un archivo con extensión **SDB** los datos de la estructura que se han introducido, al archivo así creado sólo se podrá acceder (para fines de este programa) mediante la opción **Open** del mismo menú, sin embargo los datos pueden ser almacenados en un archivo que pueda modificarse y ser reconocido por el programa **SAP2000** para ello se selecciona **SAP2000.S2K** de la opción **Export** en el menú **File** (ver figura 7.1).

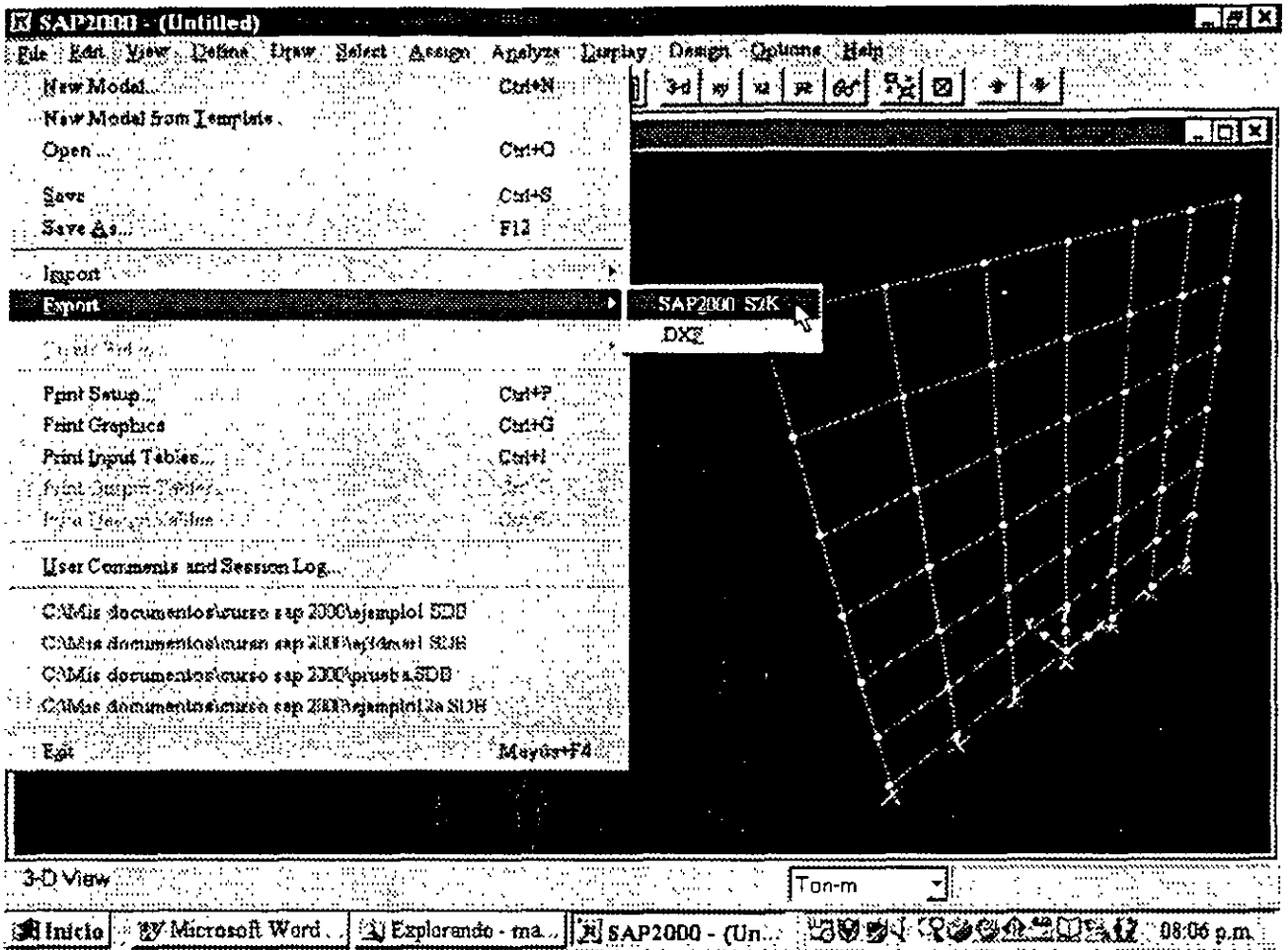


Figura 7.1 Almacenamiento de datos para poder realizar cambios al archivo.

El archivo extensión S2K puede ser modificado con la ayuda de algún editor (por ejemplo Edit, WordPad, etc.), el archivo resultante de la modificación deberá ser almacenado sin ningún caracter de control especial que se almacene en el mismo archivo, y con la misma extensión, si se usan algunos editores o procesadores de palabras se deberá tener especial cuidado de lo anterior, en caso de uso de esos procesadores se recomienda hacer varias copias de respaldo con objeto de no perder los cambios efectuados

Una vez realizados los cambios, el contenido del archivo extensión S2K modificado podrá ser procesado por SAP2000, para ello se selecciona SAP2000.S2K de la opción **Import** en el menú **File**, para ambas opciones (**Export** e **Import**) será necesario proporcionar el nombre del archivo en el cuadro en blanco correspondiente de la ventana como la que se muestra en la figura 7.2

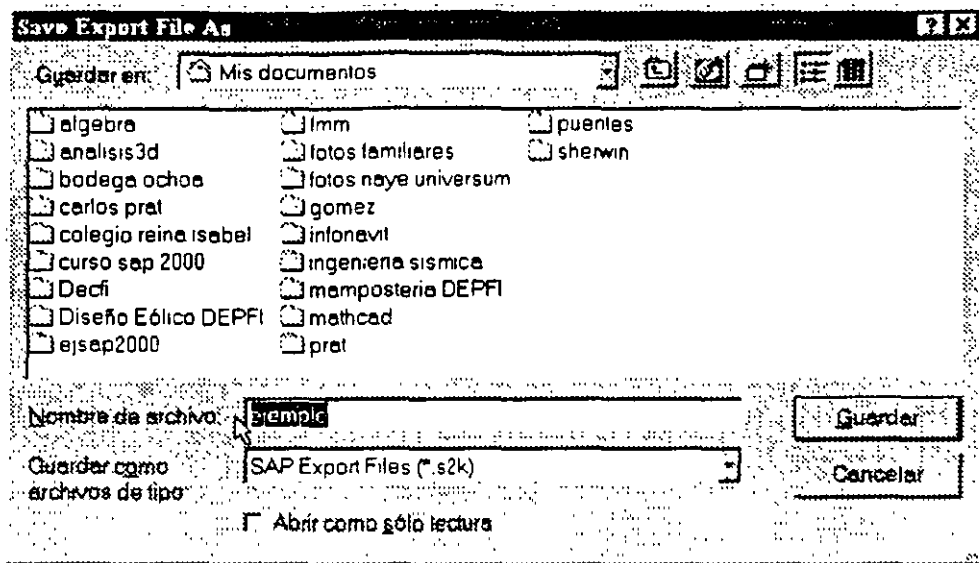


Figura 7.2 Ventana en la opción **Export SAP2000.S2K**

### 7.3 VER EL ARCHIVO DE SALIDA

El contenido del archivo de resultados nombre.OUT indicado mediante **Generate Output** en la opción **Analysis Options** del menú **Analyze** se genera después de ejecutar la opción **Run** del menú del mismo nombre, el archivo así generado puede ser consultado mediante cualquier editor o procesador de palabras e inclusive por algunas hojas de cálculo, para ello se seleccionará la opción abrir (**Load** u **Open**) del programa que se vaya a utilizar con ese fin y especificar el nombre del archivo desde luego con extensión OUT (ver figura 7 3)

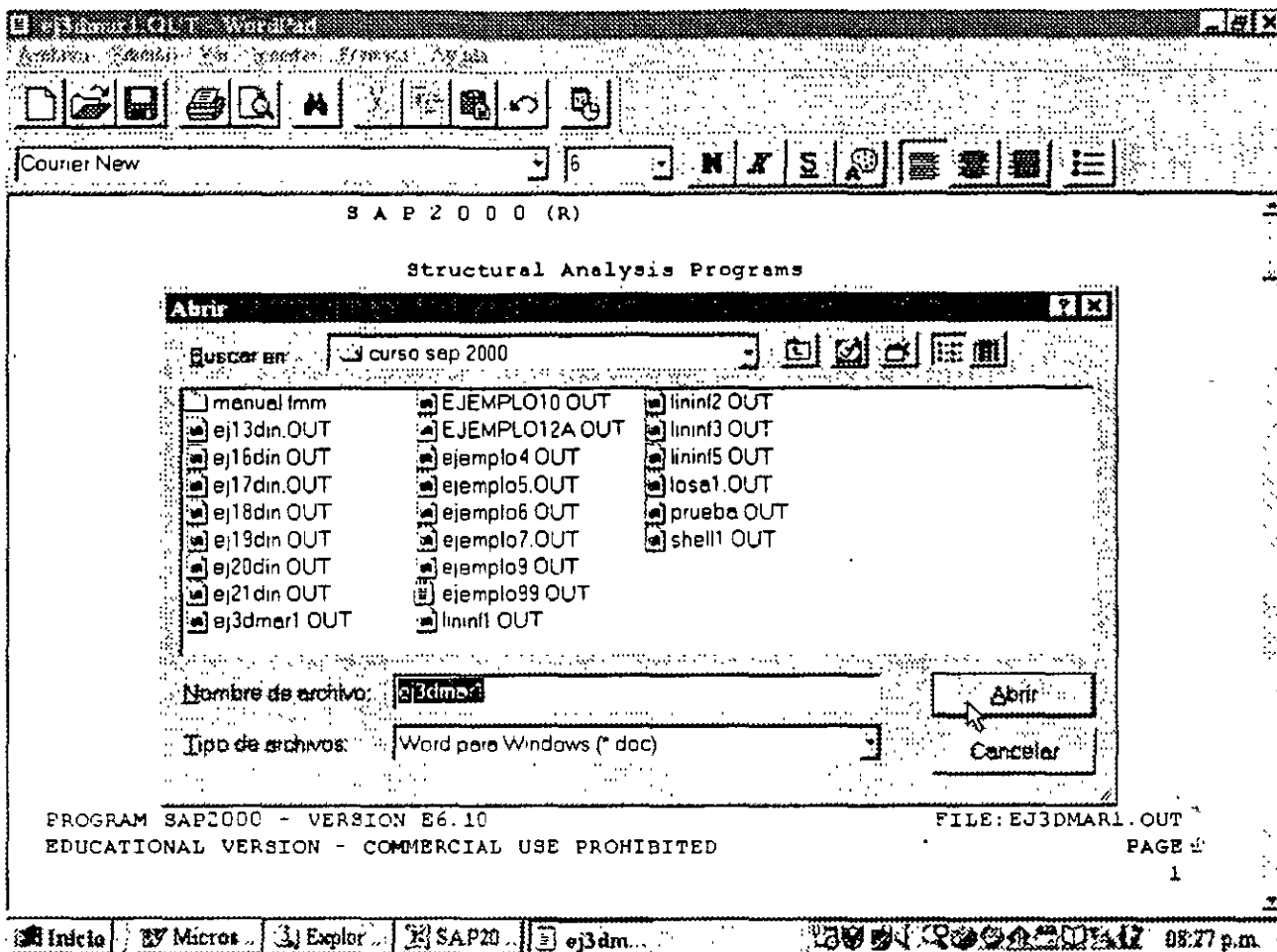


Figura 7.3 Acceso al archivo nombre.OUT mediante el programa WordPad.

### 7.4 RELACION CON AUTOCAD

La geometría de la estructura puede ser generada por AutoCAD realizando el dibujo de las barras (líneas) en una capa (Layer) de nombre Sap\_frames (ver figura 7.4).

La geometría así generada se deberá exportar a un archivo extensión dxf como se muestra en la figura 7.5.

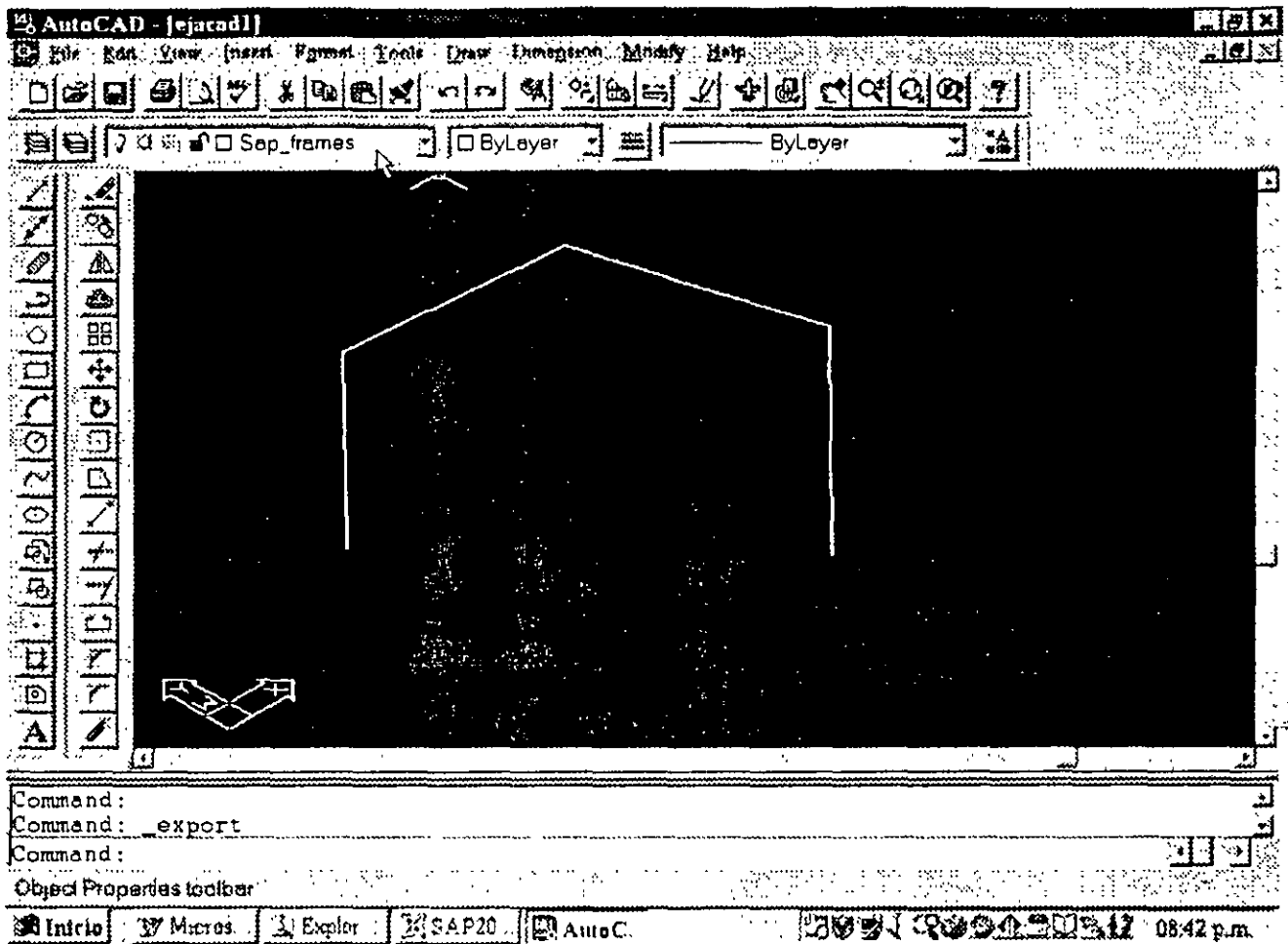


Figura 7.4 Geometría generada en AutoCAD.

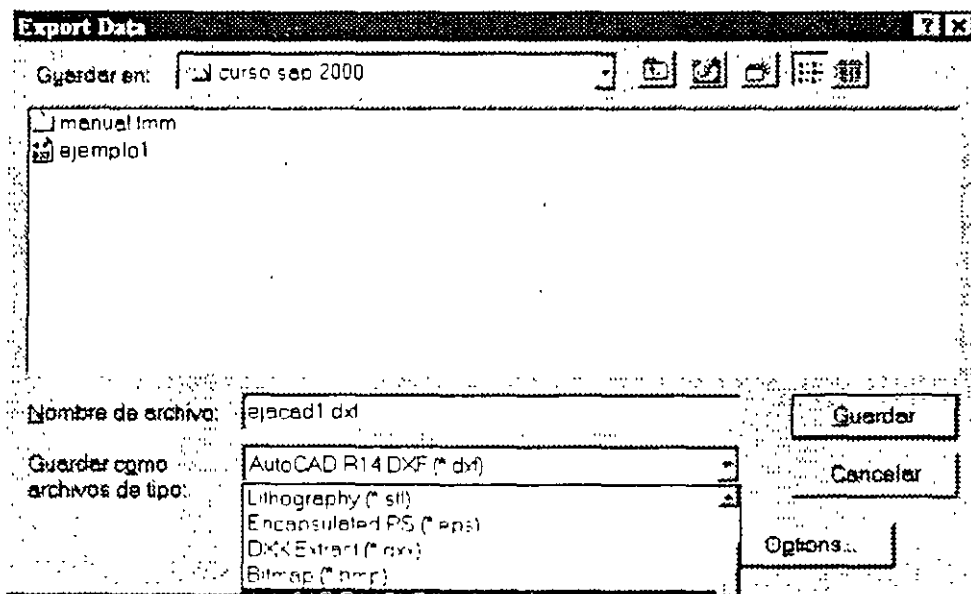


Figura 7.5 Exportando la geometría generada con AutoCAD a un archivo extensión dxf.

Para recuperar la información de un archivo **.dxf**, se selecciona **.dxf** de la opción **Import** en el menú **File** ( ver figura 7.6).

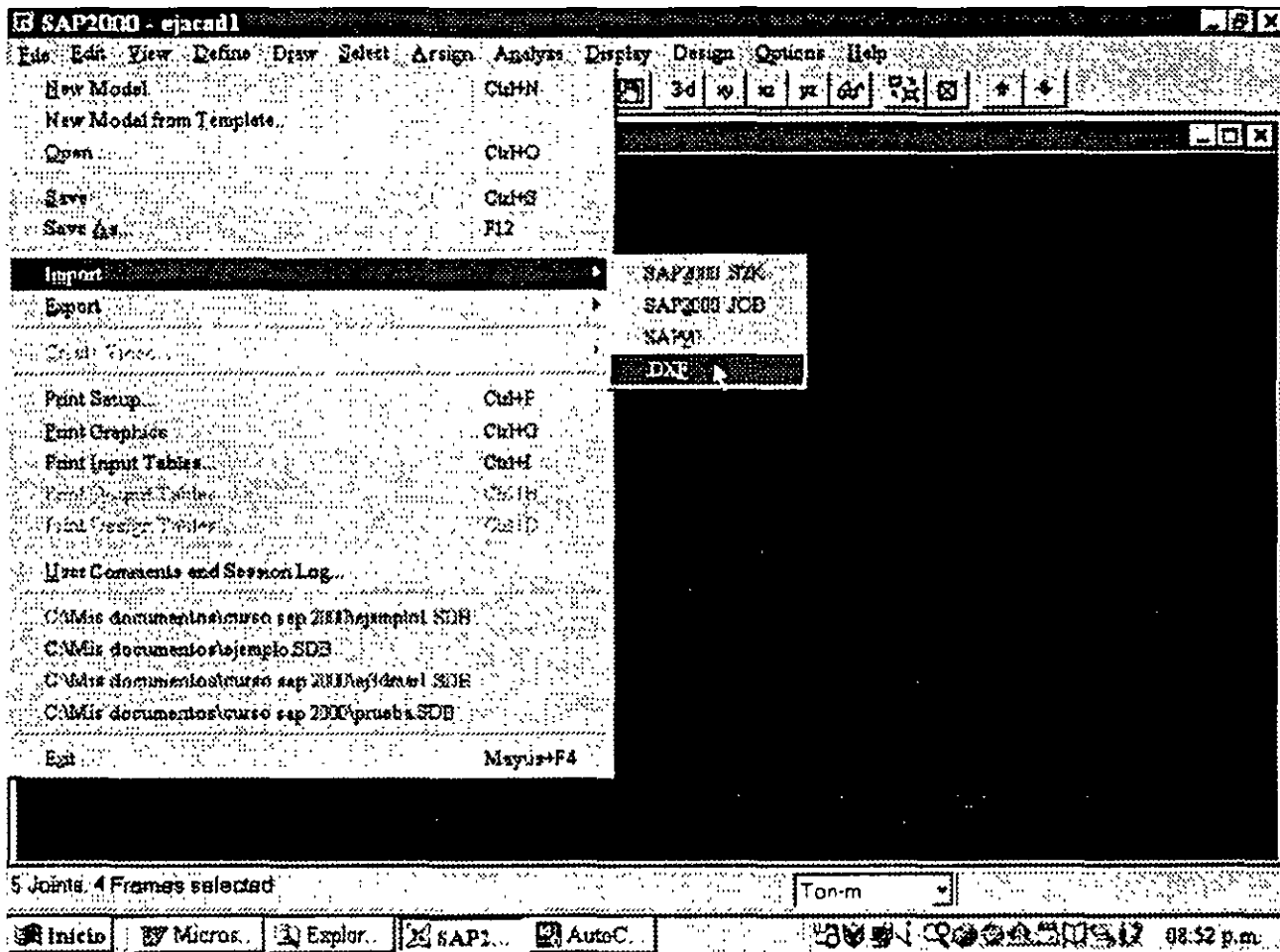


Figura 7.6 Importando datos de un archivo **.dxf**.

Desplegándose enseguida la ventana que se muestra en la figura 7.7, en donde se deberá especificar el nombre del archivo cuya extensión es **dxf** después de hacer clic en abrir se seleccionan de la ventana que se muestra en la figura 7.8 la dirección global y las unidades



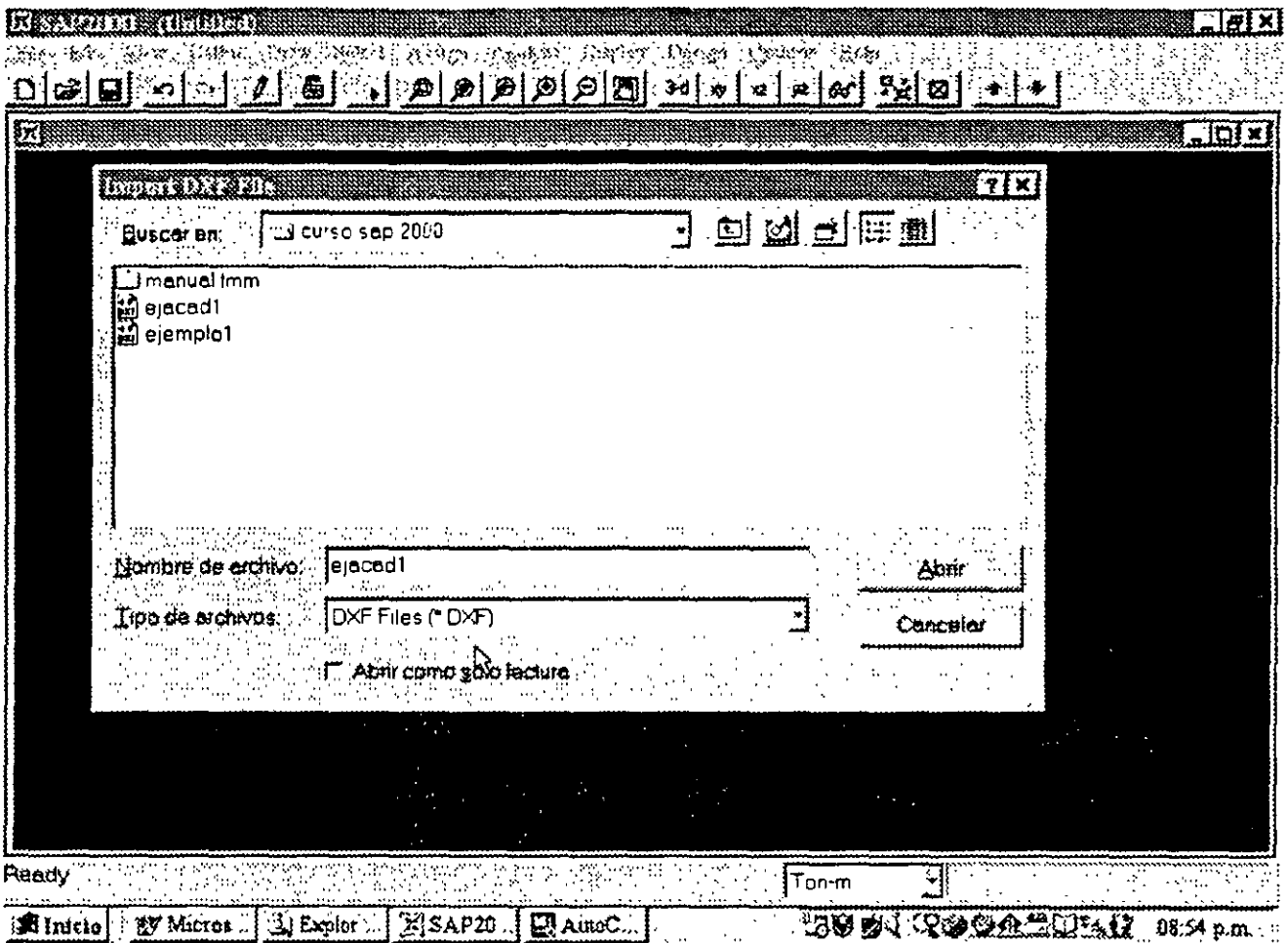


Figura 7.7 Ventana para importar datos de un archivo dxf.

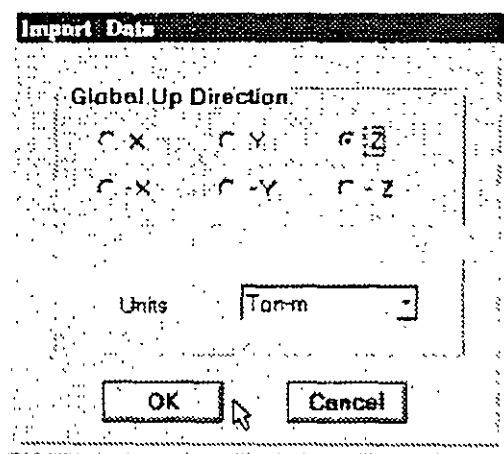


Figura 7.8 Indicando características de los datos a importar de un archivo dxf.

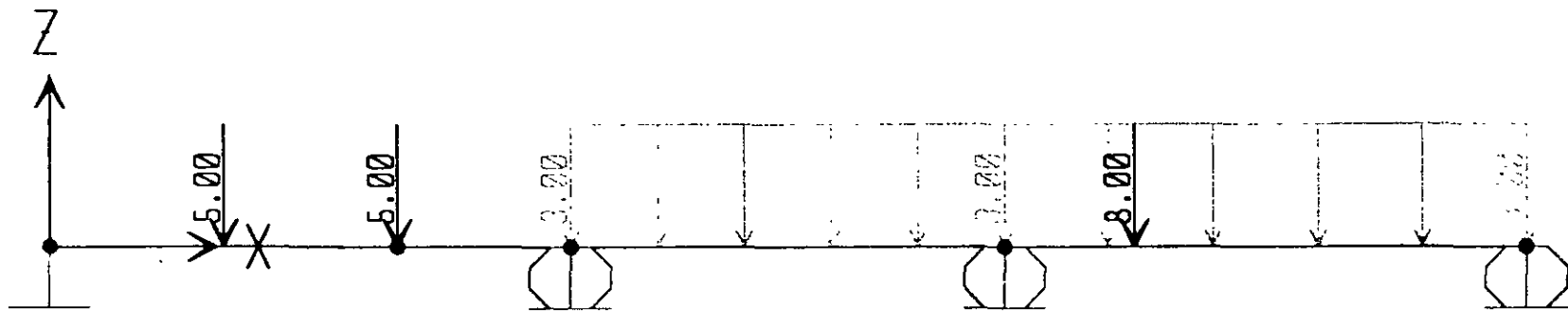
# EJEMPLOS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

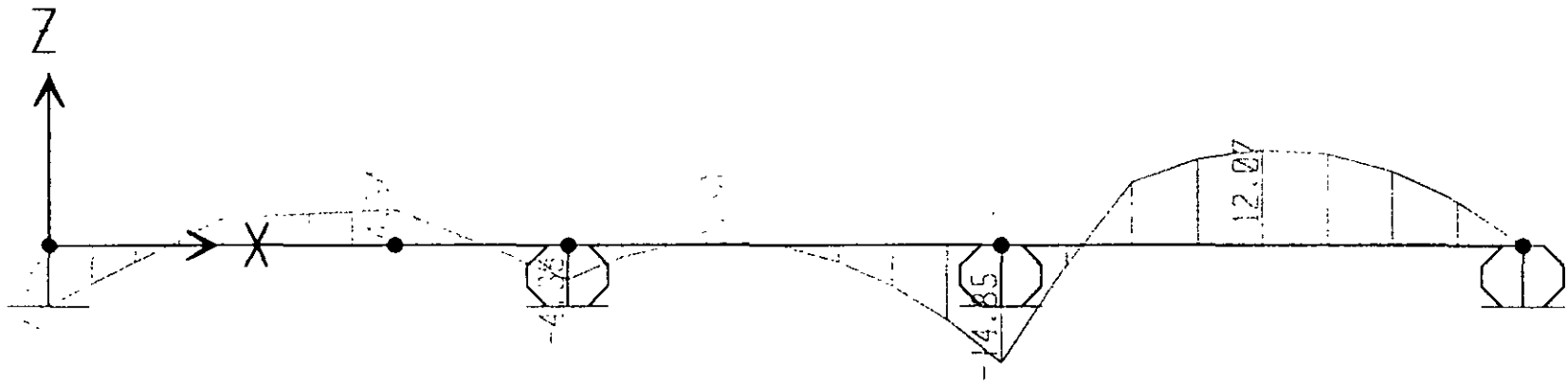
## CAPÍTULO 8

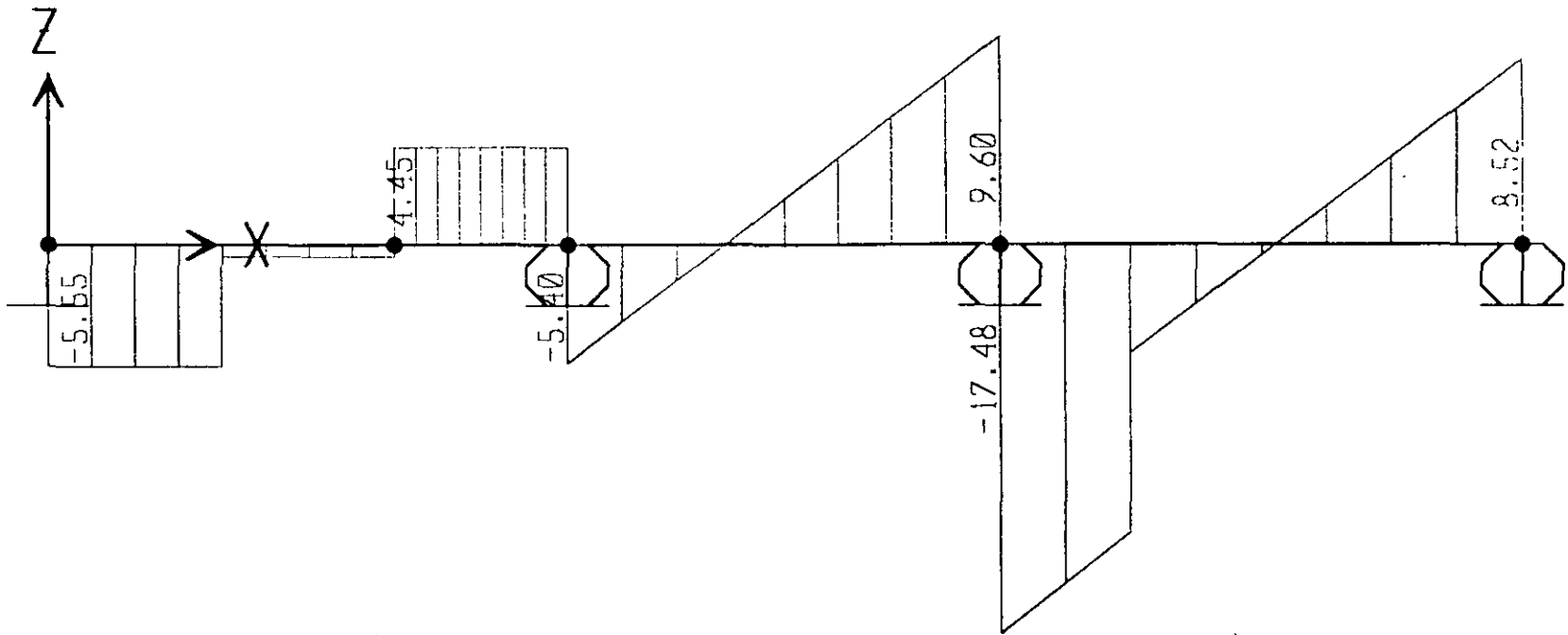
### 8.1 INTRODUCCION

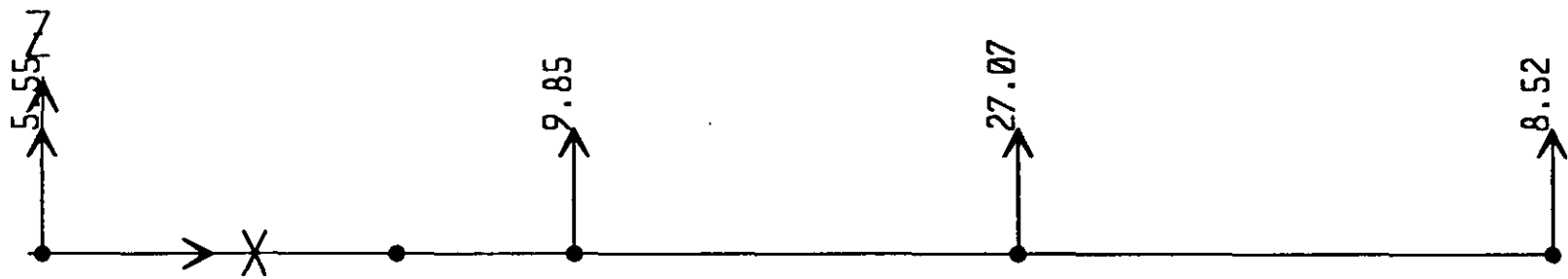
Durante la impartición del curso para uso y manejo del programa **SAP2000** tanto en la División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica como en la División de Educación Continúa de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se han desarrollado varios ejemplos típicos para el análisis de formas estructurales comunes (vigas continuas, marcos, armaduras, etc) permitiendo al asistente practicar el uso de los comandos básicos tratados en los capítulos anteriores así como de algunos otros que no se han descrito o mencionado en este instructivo, por lo que sería conveniente que el lector interesado tuviera la oportunidad de asistir a alguno de esos cursos con objeto de despejar algunas dudas, desarrollar una mejor habilidad en el manejo del programa y adquirir una mejor comprensión de algunas de las opciones de Análisis así como de sus ventajas y limitaciones.

A continuación se presentan los listados (datos, resultados numéricos y gráficas) de algunos de los ejemplos que se han desarrollado durante los cursos que ha impartido el autor, los datos y resultados de otros más (incluyendo los que se listan a continuación) se encuentran en el disco que acompaña al presente instructivo, se sugiere que el interesado los consulte ya sea directamente (mediante algún editor) o procese los archivos de datos a través del programa **SAP2000**









; File C:\MIS documentos\curso sap 2000\ejemplol.s2k saved 3/12/00 20:38:00 in Ton-m  
SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton PAGE=SECTIONS  
JOINT

1 X=0 Y=0 Z=0  
2 X=6 Y=0 Z=0  
3 X=11 Y=0 Z=0  
4 X=17 Y=0 Z=0  
5 X=4 Y=0 Z=0

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3  
ADD=2 DOF=U3  
ADD=3 DOF=U3  
ADD=4 DOF=U3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413  
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117  
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099  
NAME=OTHER IDES=N M=.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099  
NAME=MAT2 IDES=N M=.7981 W=7.8334  
T=0 E=2200000 U=.25 A=.0000117

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125  
NAME=FS1 MAT=MAT2 SH=R T=.5,.25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03,6.510417E-04 AS=.1041667,.1041667  
NAME=FS2 MAT=MAT2 SH=R T=.5,.5 A=.25 J=8.802084E-03 I=5.208333E-03,5.208333E-03 AS=.2083333,.2083333

FRAME

2 J=2,3 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0  
3 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0  
4 J=1,5 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0  
5 J=5,2 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0

LOAD

NAME=LOAD1  
TYPE=FORCE  
ADD=5 UZ=-5  
TYPE=CONCENTRATED SPAN  
ADD=4 RD=.5 UZ=-5  
ADD=3 RD=.25 UZ=-8  
TYPE=DISTRIBUTED SPAN  
ADD=2 RD=0,1 UZ=-3,-3  
ADD=3 RD=0,1 UZ=-3,-3

OUTPUT

; No Output Requested

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.

; This data will be used for graphics and design if this file is imported.

; If changes are made to the analysis data above, then the following data

; should be checked for consistency.

; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

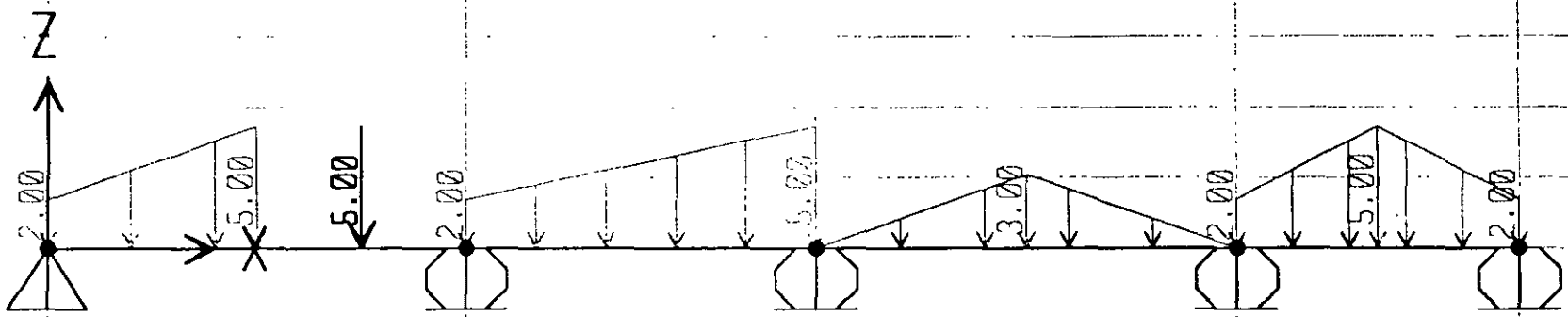
SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

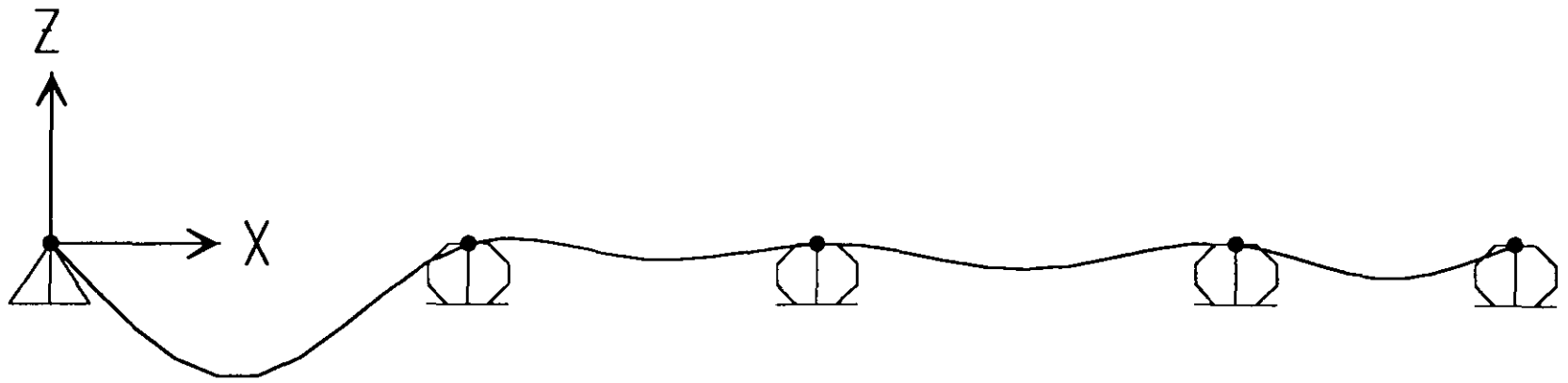
GRID GLOBAL X "1" 0  
GRID GLOBAL X "2" 1  
GRID GLOBAL X "3" 2  
GRID GLOBAL X "4" 3  
GRID GLOBAL X "5" 4  
GRID GLOBAL X "6" 5  
GRID GLOBAL X "7" 6  
GRID GLOBAL X "8" 7  
GRID GLOBAL X "9" 8  
GRID GLOBAL X "10" 9  
GRID GLOBAL X "11" 10  
GRID GLOBAL X "12" 11  
GRID GLOBAL X "13" 12  
GRID GLOBAL X "14" 13  
GRID GLOBAL X "15" 14  
GRID GLOBAL X "16" 15  
GRID GLOBAL X "17" 16  
GRID GLOBAL X "18" 17  
GRID GLOBAL Y "19" 0  
GRID GLOBAL Z "20" 0  
GRID GLOBAL Z "21" 1  
GRID GLOBAL Z "22" 2  
GRID GLOBAL Z "23" 3  
GRID GLOBAL Z "24" 4  
MATERIAL STEEL FY 25310.5  
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278  
FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50  
FRAMESECTION FS2 NAME REC50X50  
STATICLOAD LOAD1 TYPE DEAD  
END SUPPLEMENTAL DATA

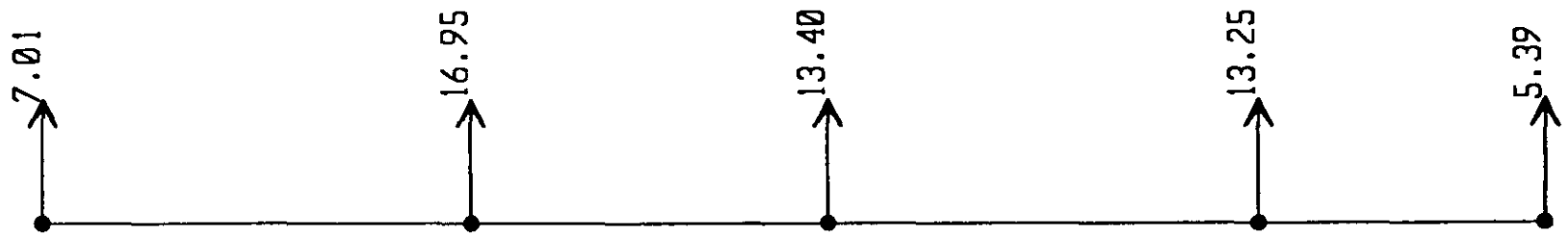
; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejempl01.82k saved 3/12/00 20:38:00 in Ton-m

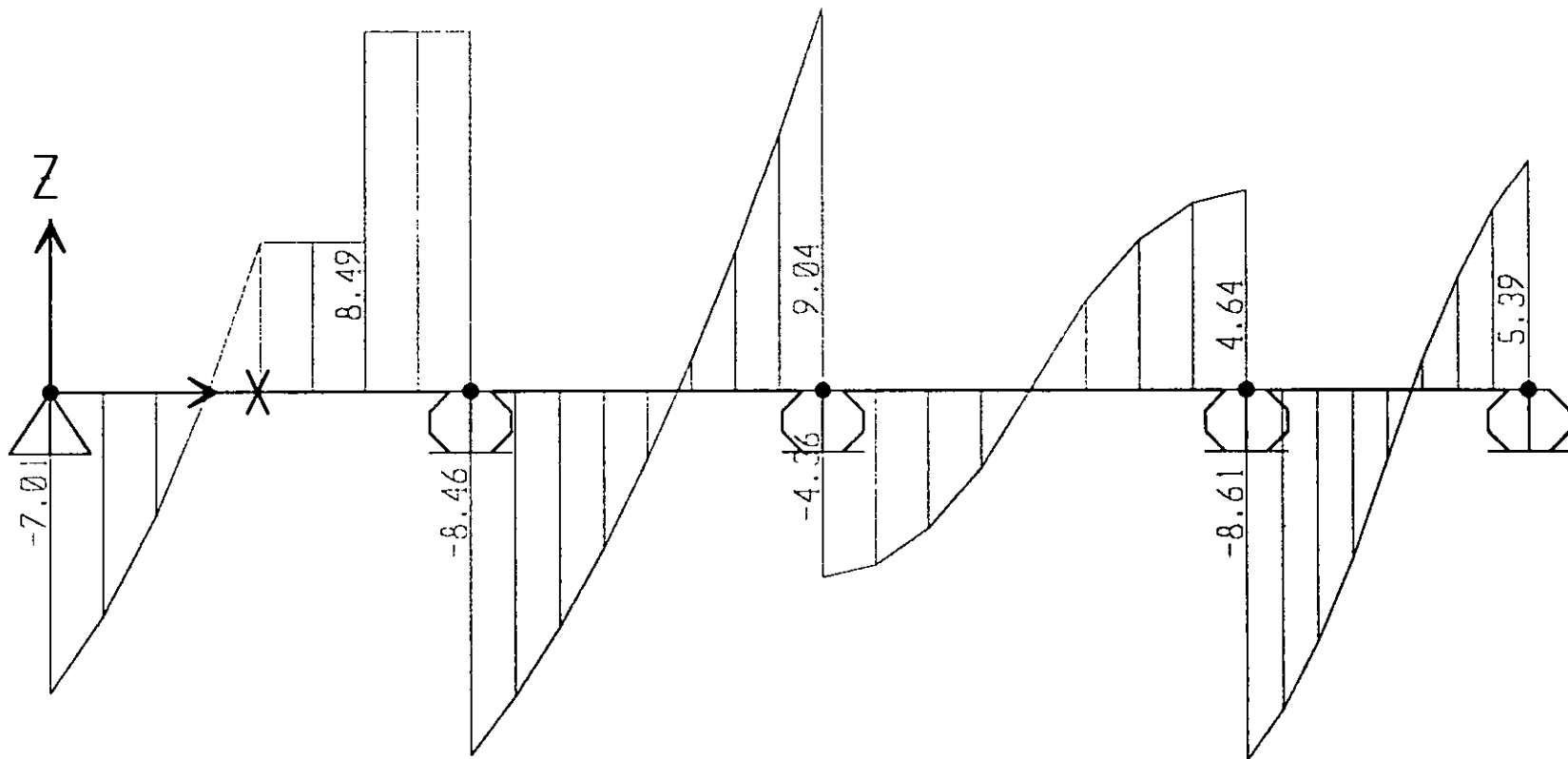
```
SYSTEM
DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton PAGE=SECTIONS
JOINT
1 X=0 Y=0 Z=0
2 X=6 Y=0 Z=0
3 X=11 Y=0 Z=0
4 X=17 Y=0 Z=0
5 X=4 Y=0 Z=0
RESTRAINT
ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=2 DOF=U3
ADD=3 DOF=U3
ADD=4 DOF=U3
PATTERN
NAME=DEFAULT
MATERIAL
NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=MAT2 IDES=N M=.7981 W=7.8334
T=0 E=2200000 U=.25 A=.0000117
FRAME SECTION
NAME=FSECI MAT=STEEL SH=R T=.5.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125.001125 AS=.125.125
NAME=FS1 MAT=MAT2 SH=R T=.5.25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03.6.510417E-04 AS=.1041667.1041667
NAME=FS2 MAT=MAT2 SH=R T=.5.5 A=.25 J=8.802084E-03 I=5.208333E-03.5.208333E-03 AS=.2083333.2083333
FRAME
2 J=2,3 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
3 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
4 J=1,5 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
5 J=5,2 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
LOAD
NAME=LOAD1
TYPE=FORCE
ADD=5 UZ=-5
TYPE=CONCENTRATED SPAN
ADD=4 RD=.5 UZ=-5
ADD=3 RD=.25 UZ=-8
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=2 RD=0,1 UZ=-3,-3
ADD=3 RD=0,1 UZ=-3,-3
OUTPUT
; No Output Requested
END
; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.
SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA
GRID GLOBAL X "1" 0
GRID GLOBAL X "2" 1
GRID GLOBAL X "3" 2
GRID GLOBAL X "4" 3
GRID GLOBAL X "5" 4
GRID GLOBAL X "6" 5
GRID GLOBAL X "7" 6
GRID GLOBAL X "8" 7
GRID GLOBAL X "9" 8
GRID GLOBAL X "10" 9
GRID GLOBAL X "11" 10
GRID GLOBAL X "12" 11
GRID GLOBAL X "13" 12
GRID GLOBAL X "14" 13
GRID GLOBAL X "15" 14
GRID GLOBAL X "16" 15
GRID GLOBAL X "17" 16
GRID GLOBAL X "18" 17
GRID GLOBAL Y "19" 0
GRID GLOBAL Z "20" 0
GRID GLOBAL Z "21" 1
GRID GLOBAL Z "22" 2
GRID GLOBAL Z "23" 3
GRID GLOBAL Z "24" 4
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50
FRAMESECTION FS2 NAME REC50X50
STAT:LOAD LOAD1 TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA
```

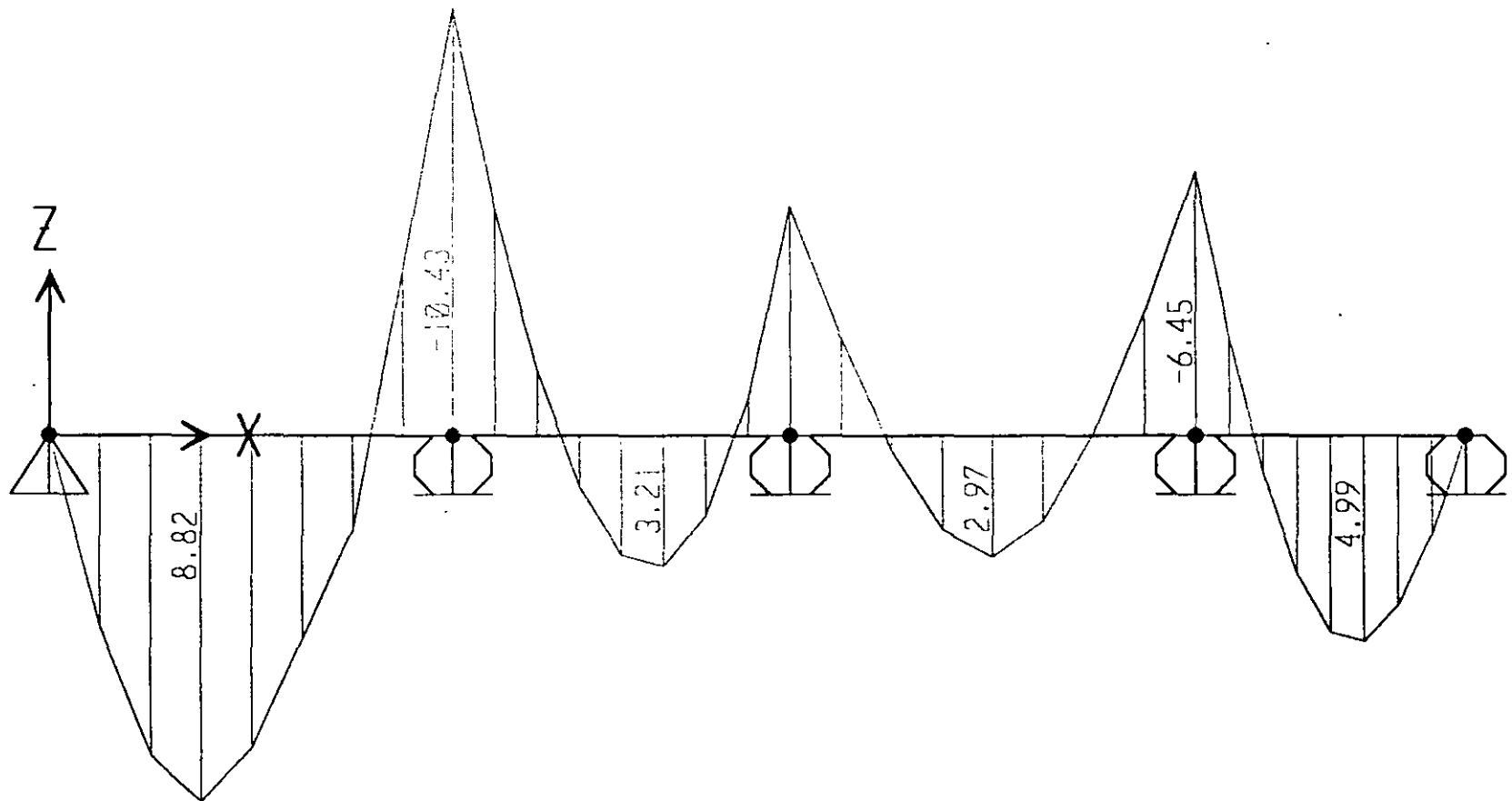








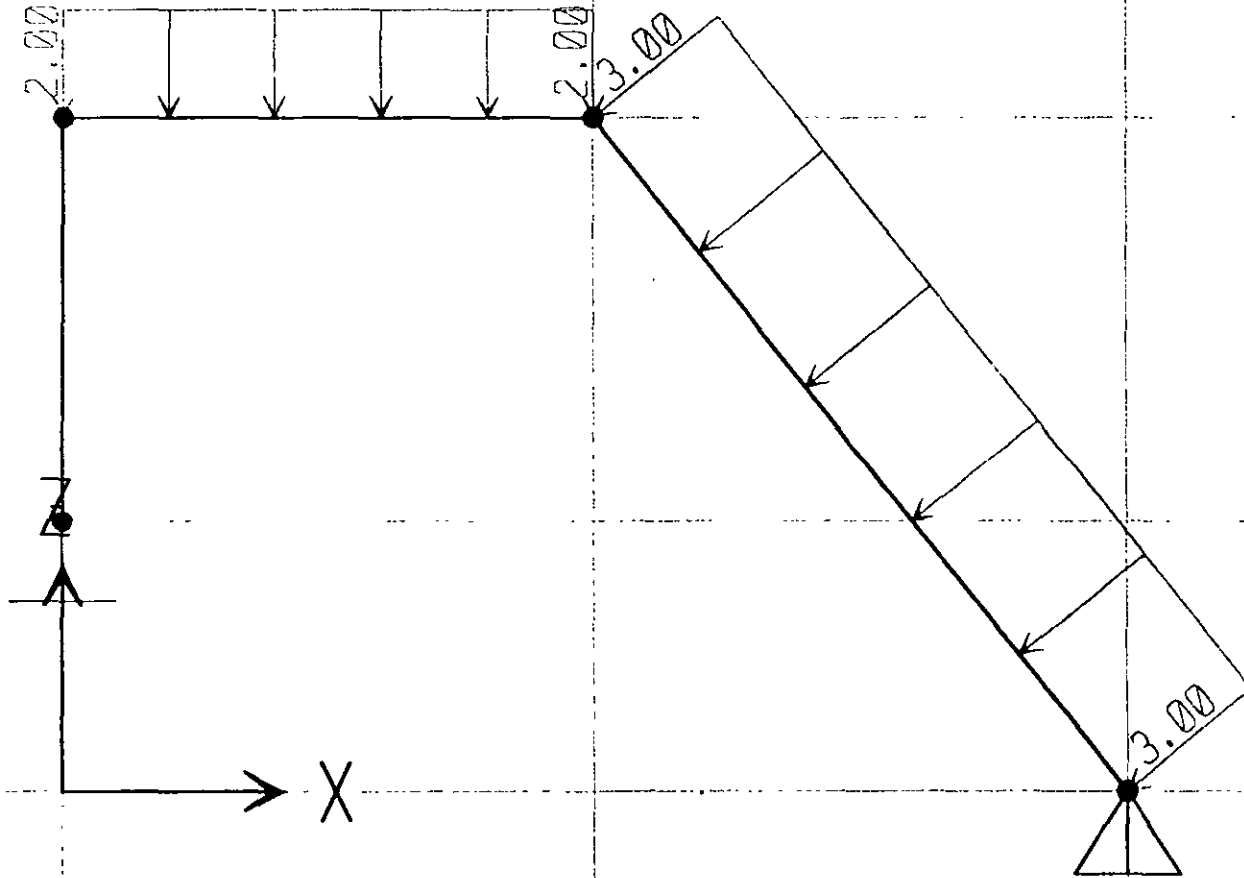


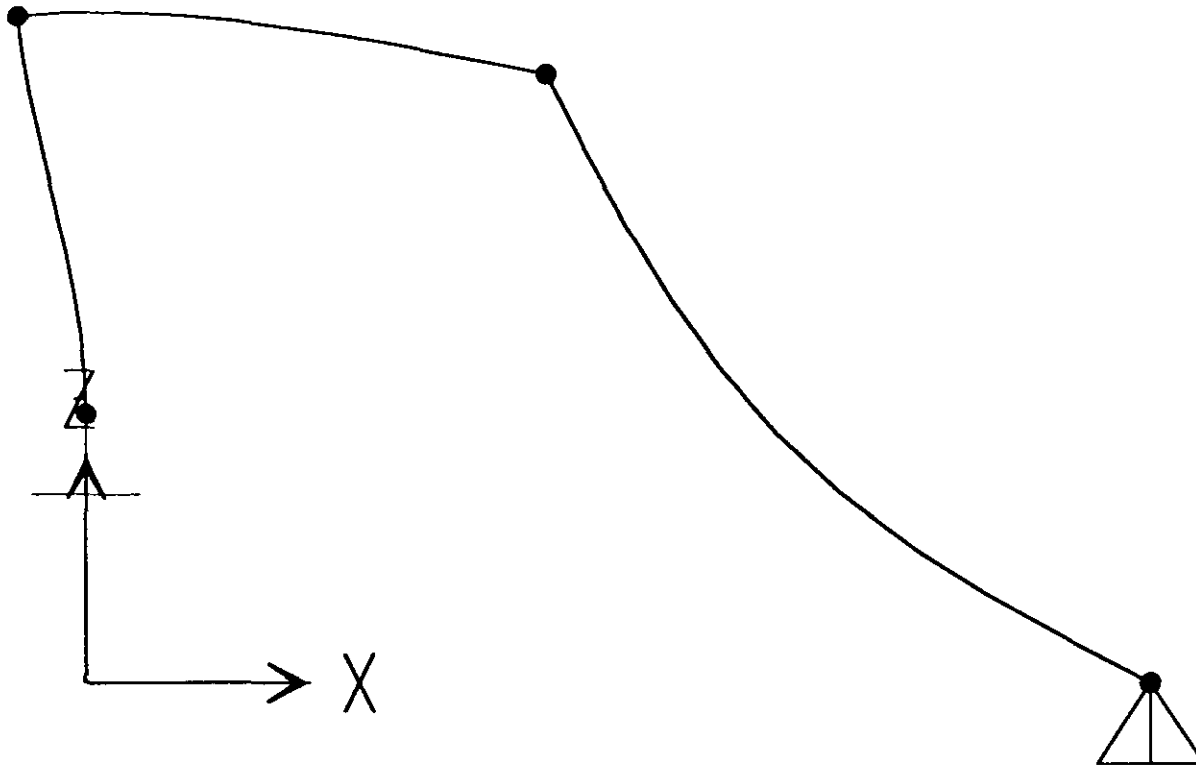


```

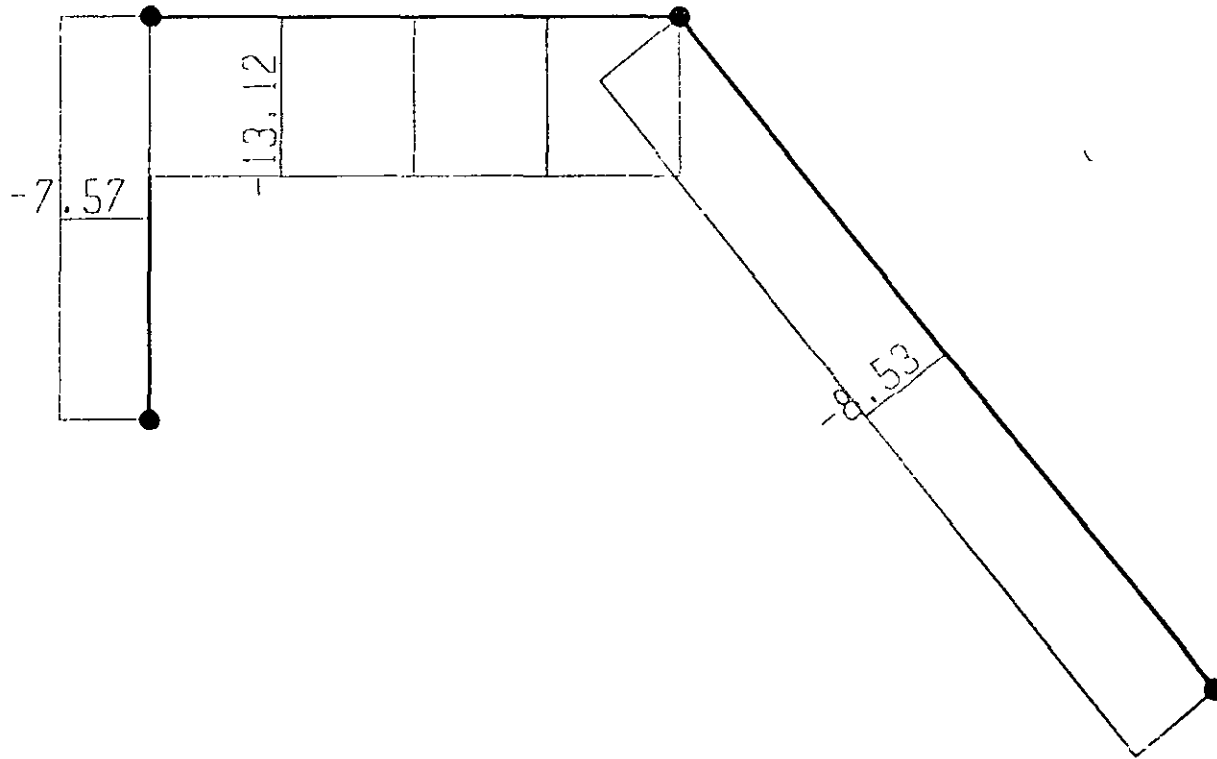
Ejemplo 2
; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo2.s2k saved 3/18/00 8:59:59 in Ton-m
SYSTEM
DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59
JOINT
5 X=0 Y=0 Z=0
6 X=6 Y=0 Z=0
7 X=11 Y=0 Z=0
8 X=17 Y=0 Z=0
9 X=21 Y=0 Z=0
RESTRAINT
ADD=5 DOF=U1,U2,U3
ADD=6 DOF=U3
ADD=7 DOF=U3
ADD=8 DOF=U3
ADD=9 DOF=U3
PATTERN
NAME=DEFAULT
MATERIAL
NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=MATD IDES=C M=.7981 W=7.8334
T=0 E=1800000 U=.25 A=.0000117
FRAME SECTION
NAME=FS1 MAT=MATD SH=R T=.5, .25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03, 6.510417E-04 AS=.1041667, .1041667
FRAME
3 J=5,6 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
4 J=6,7 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
5 J=7,8 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
6 J=8,9 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
LOAD
NAME=VERTICAL
TYPE=CONCENTRATED SPAN
ADD=3 RD=.75 UZ=-5
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=3 RD=0,.5 UZ=-2,-5
ADD=4 RD=0,1 UZ=-2,-5
ADD=5 RD=0,.5 UZ=0,-3
ADD=5 RD=.5,1 UZ=-3,0
ADD=6 RD=0,.5 UZ=-2,-5
ADD=6 RD=.5,1 UZ=-5,-2
OUTPUT
; No Output Requested
END
; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.
SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA
GRID GLOBAL X "1" 0
GRID GLOBAL X "2" 6
GRID GLOBAL X "3" 11
GRID GLOBAL X "4" 17
GRID GLOBAL X "5" 21
GRID GLOBAL Y "6" 0
GRID GLOBAL Z "7" 0
GRID GLOBAL Z "8" 1
GRID GLOBAL Z "9" 2
GRID GLOBAL Z "10" 3
GRID GLOBAL Z "11" 4
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
MATERIAL MATD FYREBAR 60 FYSHEAR 40 FC 4 FCSHEAR 4
FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50
CONCRETESECTION REC25X50 BEAM COVERTOP .05 COVERBOTTOM .05
STATICLOAD VERTICAL TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA

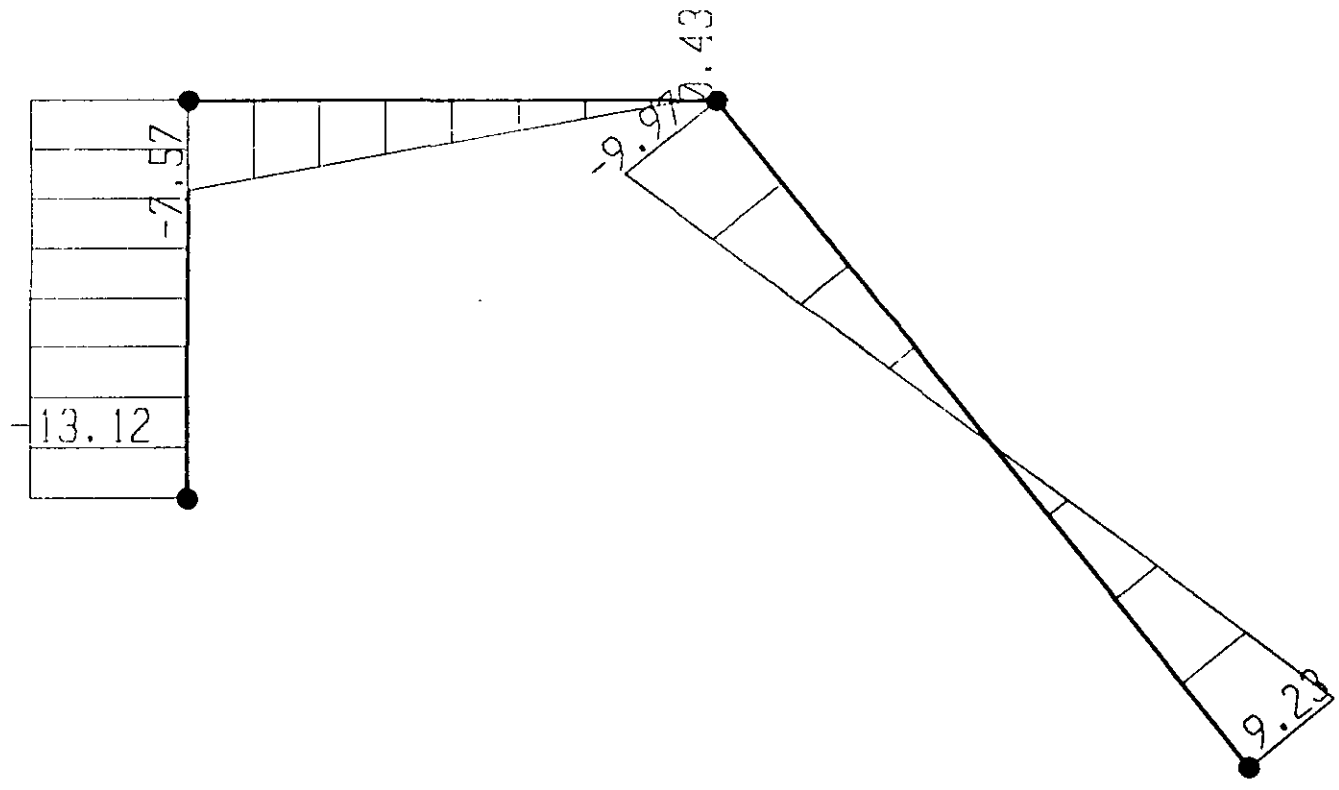
```



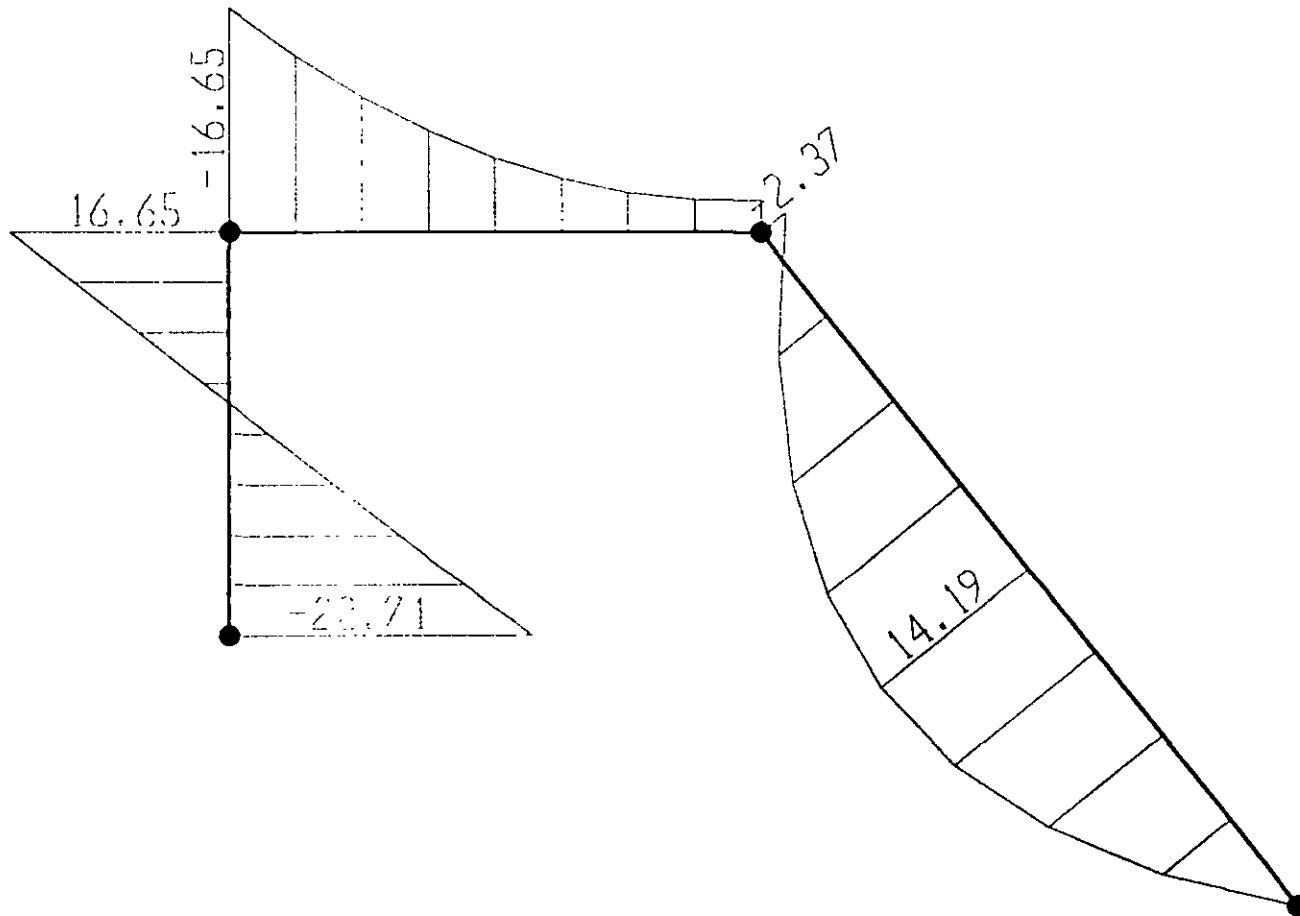


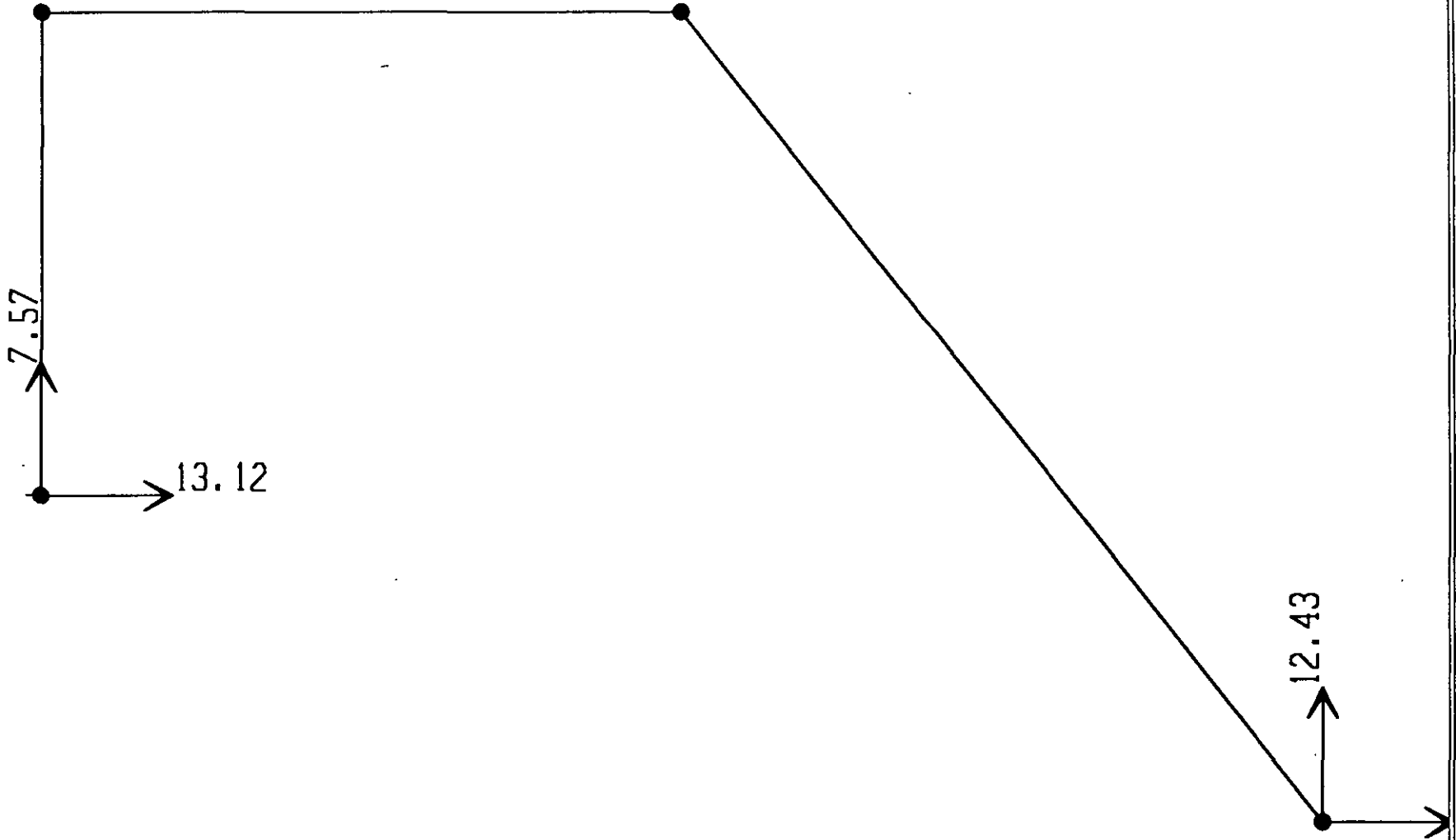


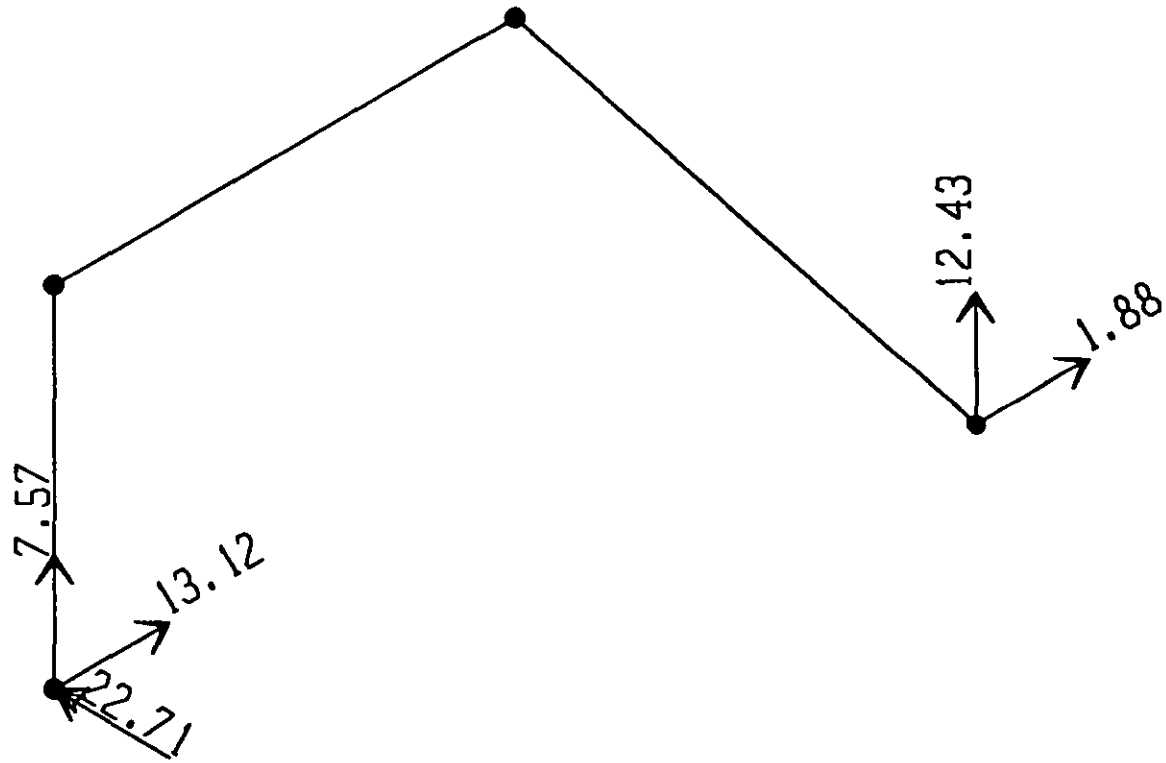


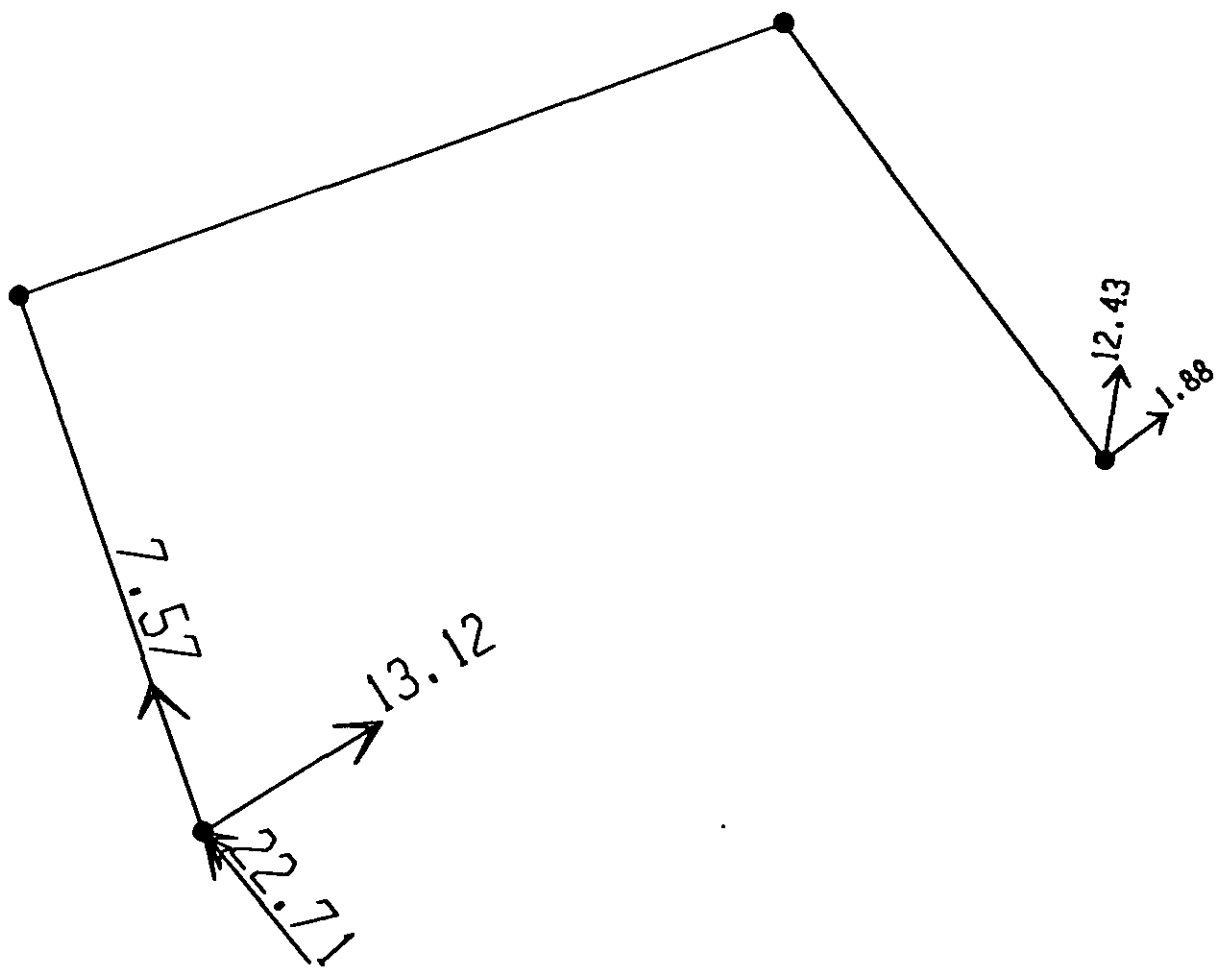


101









; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo3.s2k saved 3/18/00 9:28:09 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=0 Y=0 Z=2  
2 X=0 Y=0 Z=5  
3 X=4 Y=0 Z=5  
4 X=8 Y=0 Z=0

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3  
ADD=4 DOF=U1,U2,U3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413  
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117  
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099  
NAME=MAT1 IDES=N M=.2448 W=2.4026  
T=0 E=1000000 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FS1 MAT=MAT1 SH=R T=.5,.25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03,6.510417E-04 AS=.1041667,.1041667

FRAME

1 J=1,2 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
2 J=2,3 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0  
3 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0

LOAD

NAME=UNICA  
TYPE=DISTRIBUTED SPAN  
ADD=2 RD=0,1 UZ=-2,-2  
ADD=3 RD=0,1 UZ=-3,-3

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=UNICA  
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=UNICA  
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=UNICA  
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=UNICA

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.  
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.  
; If changes are made to the analysis data above, then the following data  
; should be checked for consistency.  
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" 0  
GRID GLOBAL X "2" 4  
GRID GLOBAL X "3" 8  
GRID GLOBAL Y "4" 0  
GRID GLOBAL Z "5" 0  
GRID GLOBAL Z "6" 2  
GRID GLOBAL Z "7" 5  
MATERIAL STEEL FY 25310.5  
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278  
FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50  
STATICLOAD UNICA TYPE OTHER

END SUPPLEMENTAL DATA

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
UNICA	OTHER	0.0000

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

MAT LABEL	MODULUS OF ELASTICITY	POISSON'S RATIO	THERMAL COEFF	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL
STEEL	20389020	0.300	1.170E-05	7.833	0.798
CONC	2531051	0.200	9.900E-06	2.403	0.245
MAT1	1000000.000	0.200	9.900E-06	2.403	0.245

M A T E R I A L D E S I G N D A T A

MAT LABEL	DESIGN CODE	STEEL FY	CONCRETE FC	REBAR FY	CONCRETE FCS	REBAR FYS
STEEL	S	25310.500				
CONC	C		2812.278	42184.180	2812.278	28122.779
MAT1	N					

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

SECTION LABEL	MAT LABEL	SECTION TYPE	DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK	FLANGE WIDTH BOTTOM	FLANGE THICK BQTTOM
REC25X50	MAT1		0.500	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

SECTION LABEL	AREA	TORSIONAL INERTIA	MOMENTS OF INERTIA I33	OF INERTIA I22	SHEAR AREAS A2	A3
REC25X50	0.125	1.788E-03	2.604E-03	6.510E-04	0.104	0.104

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

SECTION LABEL	SECTION S33	MODULII S22	PLASTIC MODULII Z33	Z22	RADII OF GYRATION R33	R22
REC25X50	1.042E-02	5.208E-03	1.563E-02	7.813E-03	0.144	7.217E-02

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

SECTION LABEL	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
REC25X50	4.025	0.410



S H E L L   S E C T I O N   P R O P E R T Y   D A T A

SECTION LABEL	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
SSEC1	0.000	0.000

F R A M E   S P A N   D I S T R I B U T E D   L O A D S   Load Case   UNICA

FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
2	FORCE	GLOBAL-2	0.0000	-2.0000	1.0000	-2.0000
3	FORCE	LOCAL-2	0.0000	-3.0000	1.0000	-3.0000

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

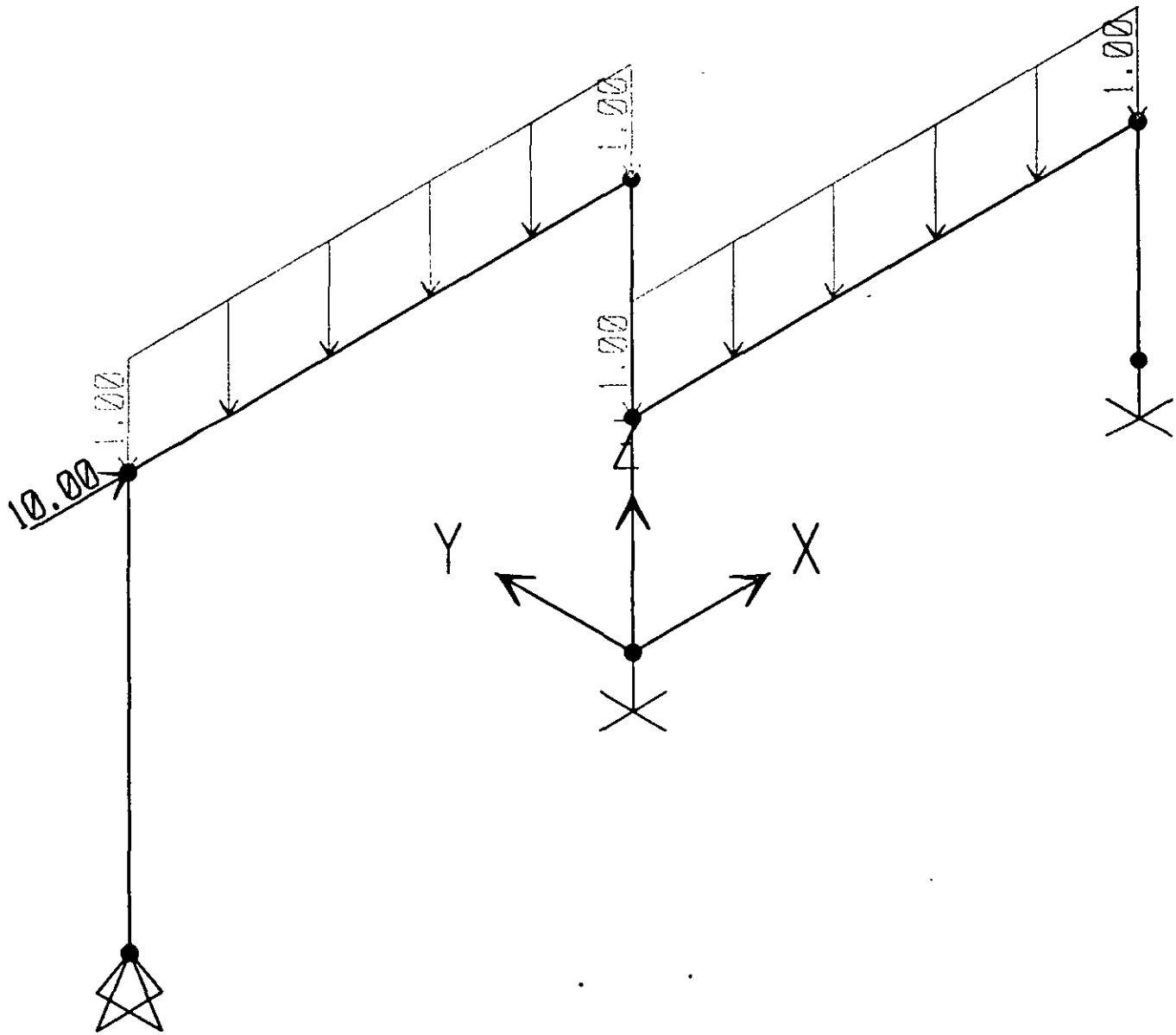
JOINT	LOAD	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	UNICA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	UNICA	-0.0175	0.0000	-1.817E-04	0.0000	-3.490E-03	0.0000
3	UNICA	-0.0179	0.0000	-0.0149	0.0000	7.018E-03	0.0000
4	UNICA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0153	0.0000

J O I N T R E A C T I O N S

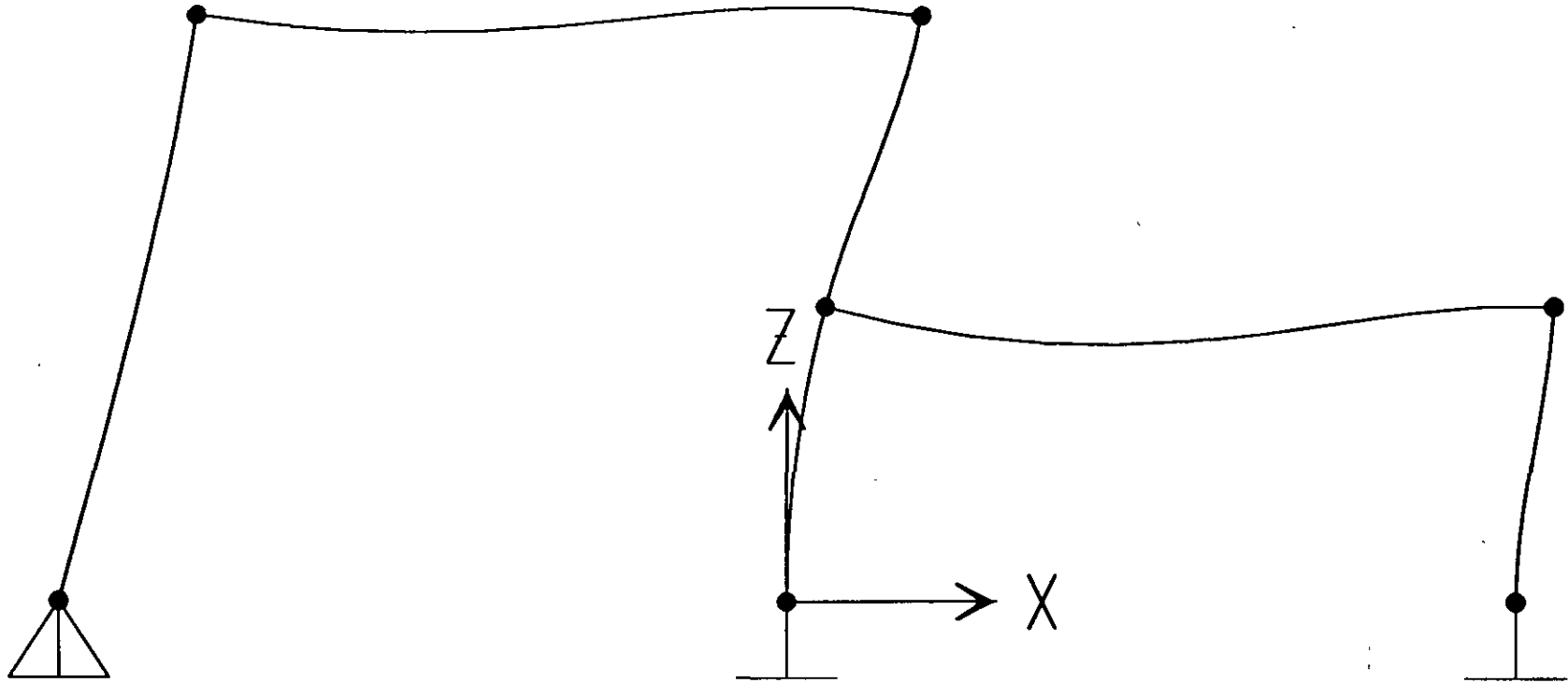
JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	UNICA	13.1180	0.0000	7.5697	0.0000	22.7067	0.0000
4	UNICA	1.8820	0.0000	12.4303	0.0000	0.0000	0.0000

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

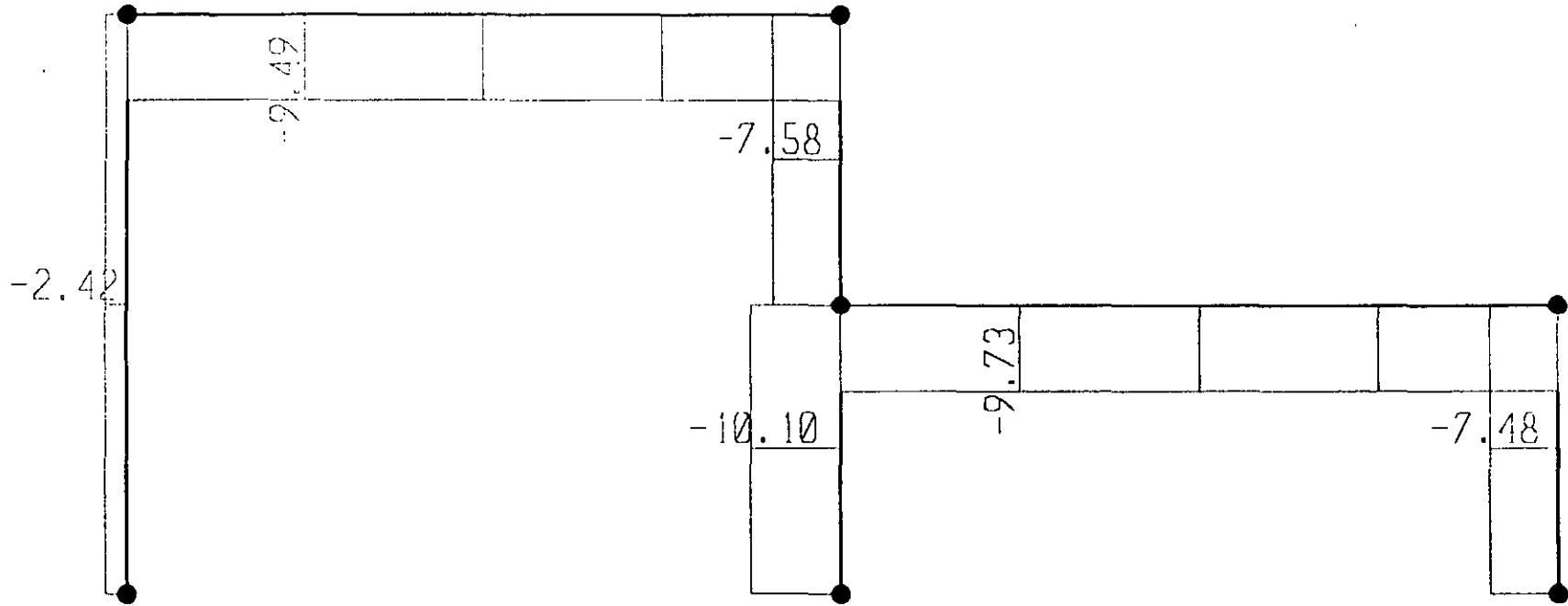
FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	UNICA	0.00	-7.57	-13.12	0.00	0.00	0.00	-22.71
		1.50	-7.57	-13.12	0.00	0.00	0.00	-3.03
		3.00	-7.57	-13.12	0.00	0.00	0.00	16.65
2	UNICA	0.00	-13.12	-7.57	0.00	0.00	0.00	-16.65
		1.00	-13.12	-5.57	0.00	0.00	0.00	-10.08
		2.00	-13.12	-3.57	0.00	0.00	0.00	-5.51
		3.00	-13.12	-1.57	0.00	0.00	0.00	-2.94
		4.00	-13.12	4.303E-01	0.00	0.00	0.00	-2.37
3	UNICA	0.00	-8.53	-9.97	0.00	0.00	0.00	-2.37
		3.20	-8.53	-3.699E-01	0.00	0.00	0.00	14.19
		6.40	-8.53	9.23	0.00	0.00	0.00	0.00

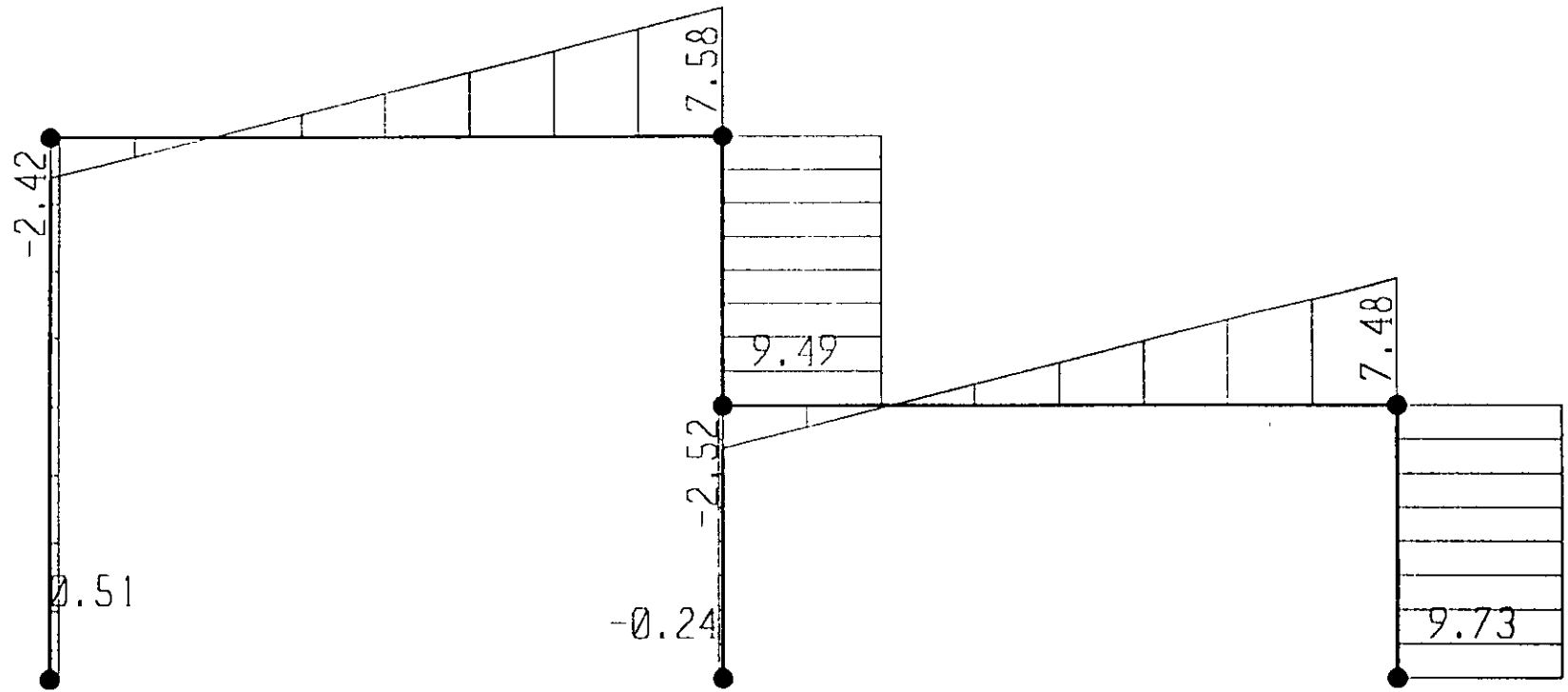


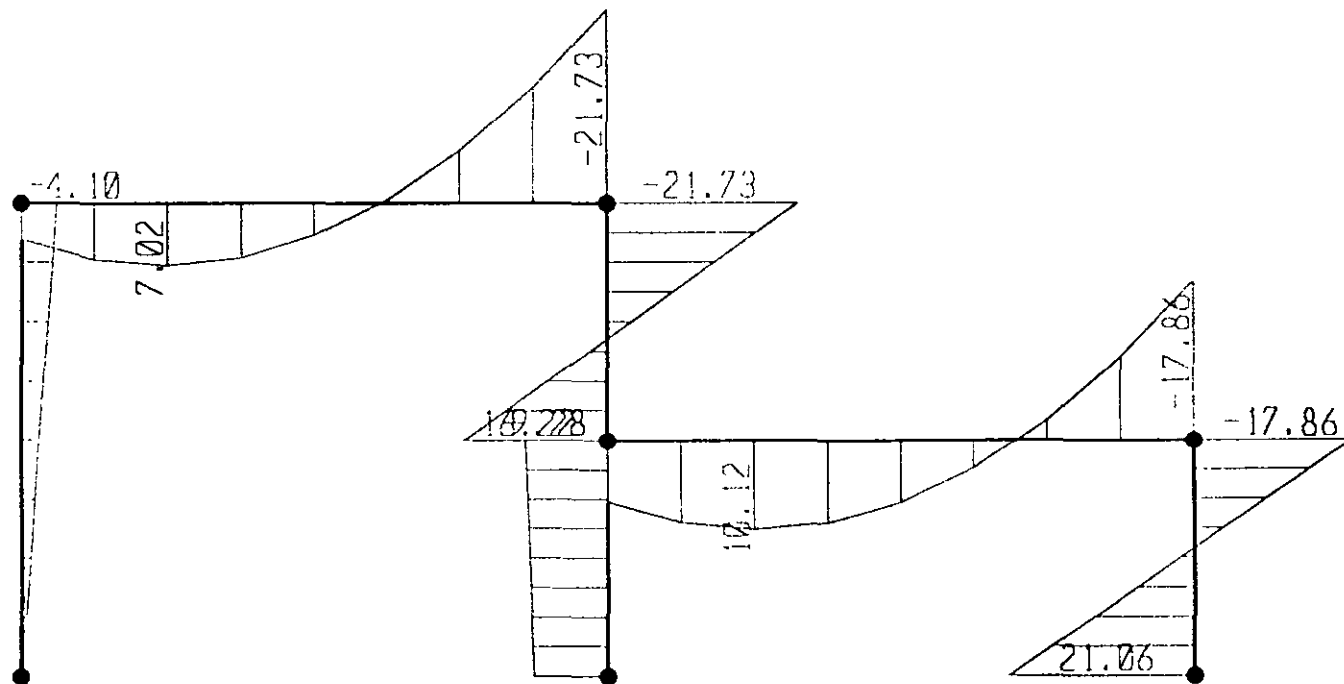
111



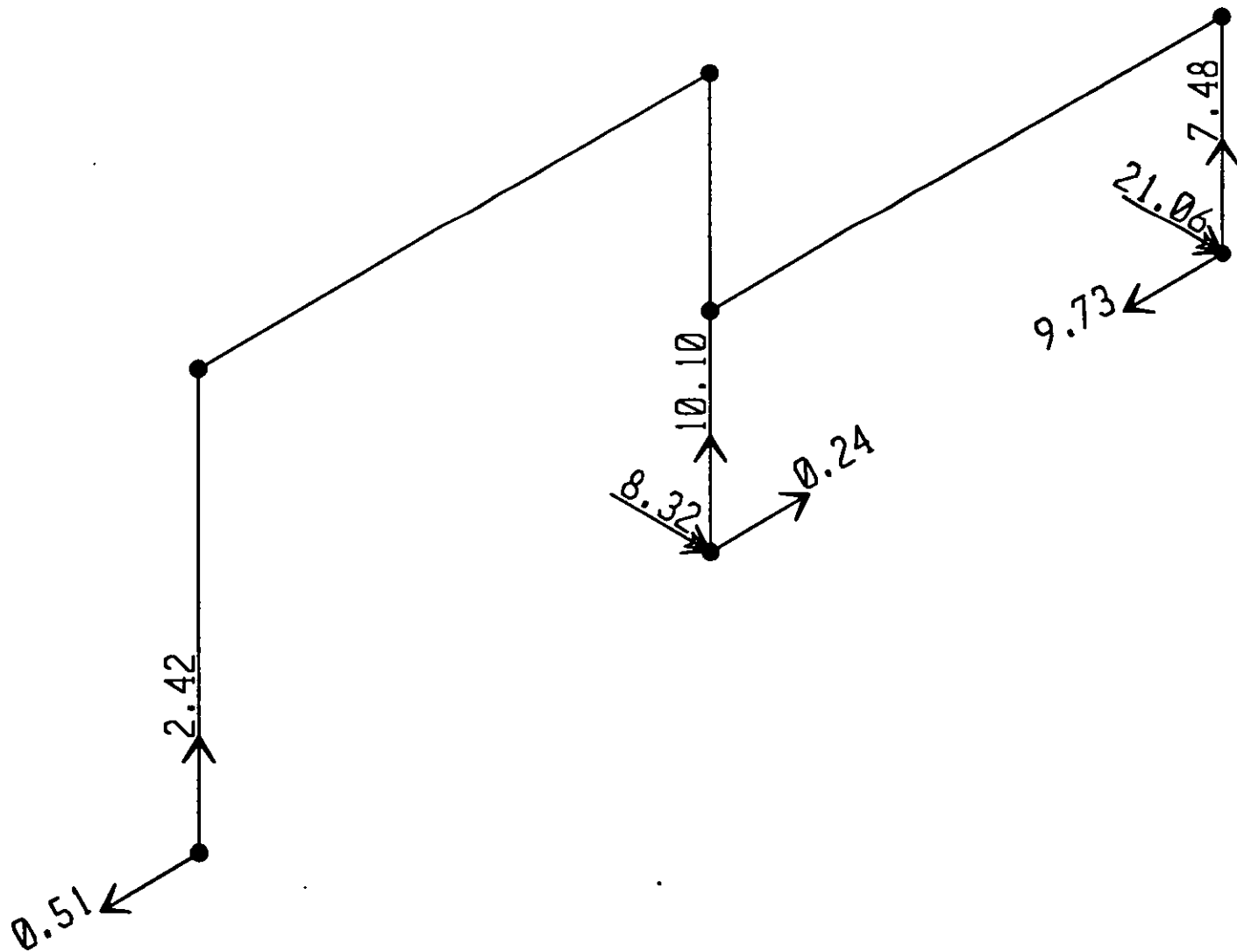
111







114



511



; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo4.s2k saved 3/18/00 11:57:20 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=-10 Y=0 Z=0  
3 X=-10 Y=0 Z=8  
4 X=0 Y=0 Z=0  
5 X=0 Y=0 Z=4  
6 X=0 Y=0 Z=8  
7 X=10 Y=0 Z=0  
8 X=10 Y=0 Z=4

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3  
ADD=4 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3  
ADD=7 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413  
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117  
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099  
NAME=OTRO IDES=N M=.2448 W=2.4026  
T=0 E=1000000 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FS1 MAT=OTRO SH=R T=.5,.25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03,6.510417E-04 AS=.1041667,.1041667

FRAME

1 J=1,3 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
3 J=4,5 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
4 J=5,6 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
5 J=7,8 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
8 J=3,6 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0  
9 J=5,8 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0

LOAD

NAME=UNICA  
TYPE=FORCE  
ADD=3 UX=10  
TYPE=DISTRIBUTED SPAN  
ADD=8 RD=0,1 UZ=-1,-1  
ADD=9 RD=0,1 UZ=-1,-1

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=UNICA  
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=UNICA  
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=UNICA  
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=UNICA

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.  
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.  
; If changes are made to the analysis data above, then the following data  
; should be checked for consistency.  
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" -10  
GRID GLOBAL X "2" 0  
GRID GLOBAL X "3" 10  
GRID GLOBAL Y "4" 0  
GRID GLOBAL Z "5" 0  
GRID GLOBAL Z "6" 4  
GRID GLOBAL Z "7" 8  
MATERIAL STEEL FY 25310.5  
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278  
FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50  
STATICLOAD UNICA TYPE OTHER  
END SUPPLEMENTAL DATA

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
UNICA	OTHER	0.0000

MATERIAL PROPERTY DATA

MAT LABEL	MODULUS OF ELASTICITY	POISSON'S RATIO	THERMAL COEFF	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL
STEEL	20389020	0.300	1.170E-05	7.833	0.798
CONC	2531051	0.200	9.900E-06	2.403	0.245
OTRO	1000000.000	0.200	9.900E-06	2.403	0.245

MATERIAL DESIGN DATA

MAT LABEL	DESIGN CODE	STEEL FY	CONCRETE FC	REBAR FY	CONCRETE FCS	REBAR FYS
STEEL	S	25310.500				
CONC	C		2812.278	42184.180	2812.278	28122.779
OTRO	N					

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	MAT LABEL	SECTION TYPE	DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK	FLANGE WIDTH BOTTOM	FLANGE THICK BOTTOM
REC25X50	OTRO		0.500	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	AREA	TORSIONAL INERTIA	MOMENTS OF INERTIA I33	MOMENTS OF INERTIA I22	SHEAR AREAS A2	SHEAR AREAS A3
REC25X50	0.125	1.788E-03	2.604E-03	6.510E-04	0.104	0.104

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	SECTION MODULII S33	SECTION MODULII S22	PLASTIC MODULII Z33	PLASTIC MODULII Z22	RADII OF GYRATION R33	RADII OF GYRATION R22
REC25X50	1.042E-02	5.208E-03	1.563E-02	7.813E-03	0.144	7.217E-02

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
REC25X50	12.013	1.224

SECTION LABEL	MAT LABEL	SHELL TYPE	MEMBRANE THICK	BENDING THICK	MATERIAL ANGLE
SSEC1	CONC	1	1.000	1.000	0.000

SAP2000 v6.10 File: EJEMPLO4 Ton-m Units PAGE 9  
 Marzo 18, 2000 11:58

S H E L L S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

SECTION LABEL	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
SSEC1	0.000	0.000

SAP2000 v6.10 File: EJEMPLO4 Ton-m Units PAGE 10  
 Marzo 18, 2000 11:58

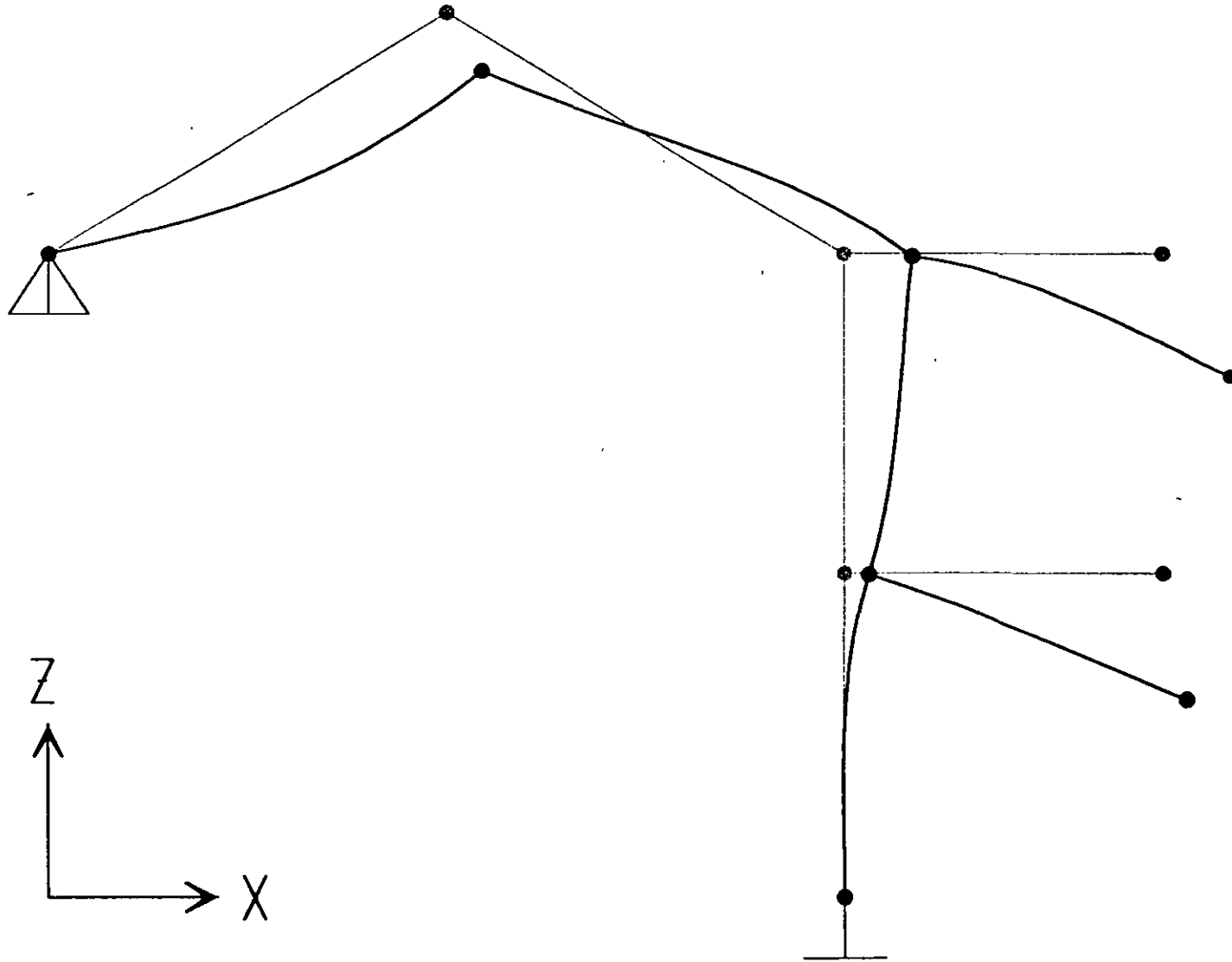
J O I N T F O R C E S Load Case UNICA

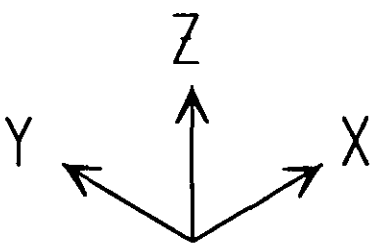
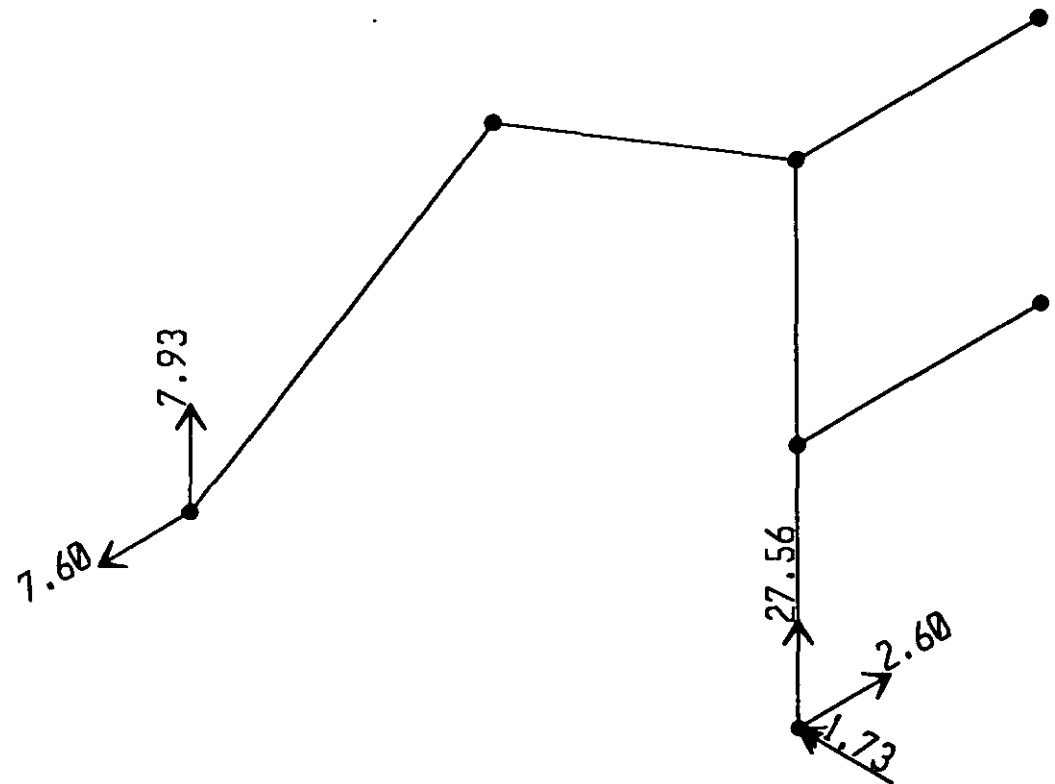
JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
3	10.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

SAP2000 v6.10 File: EJEMPLO4 Ton-m Units PAGE 11  
 Marzo 18, 2000 11:58

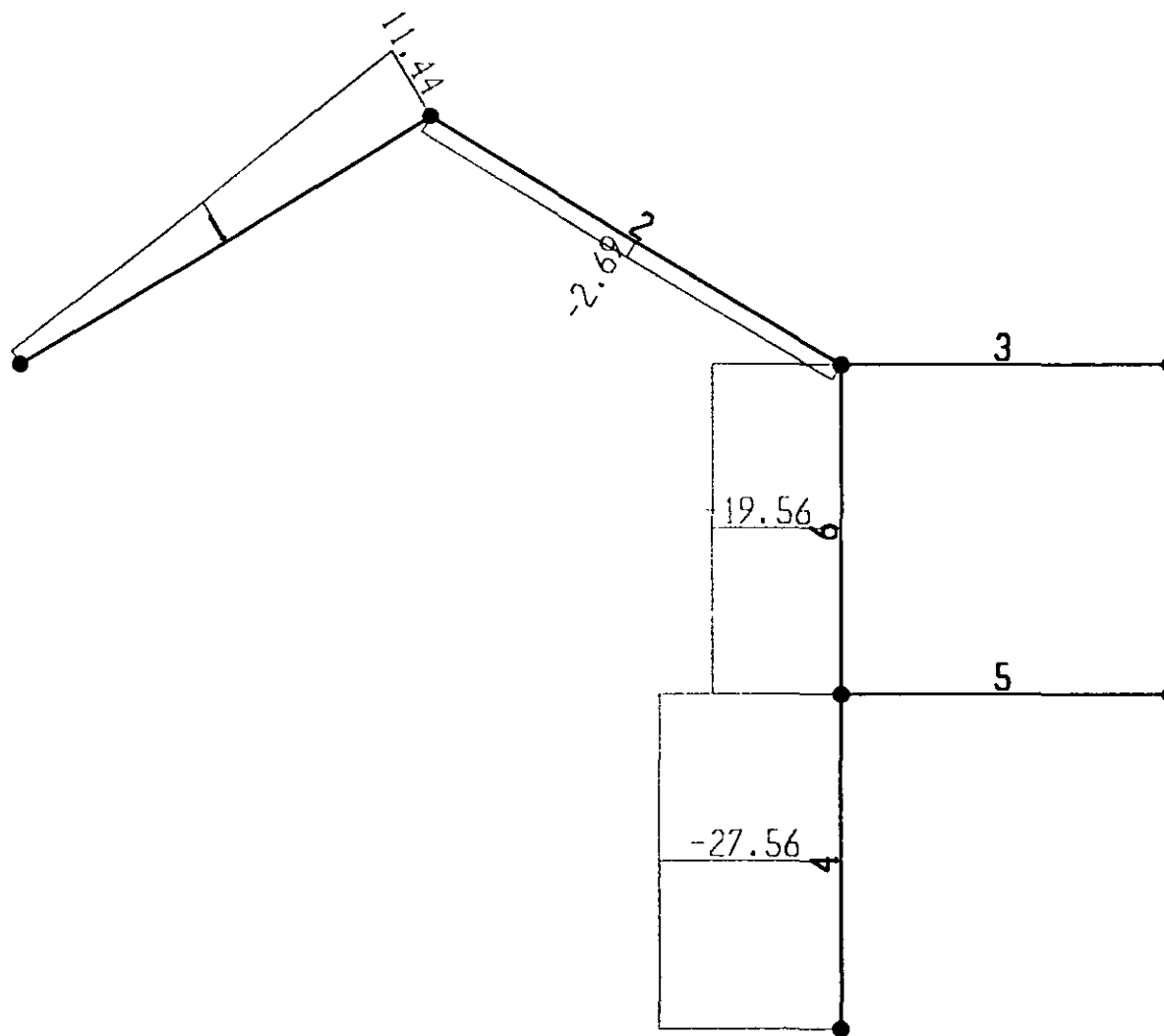
F R A M E S P A N D I S T R I B U T E D L O A D S Load Case UNICA

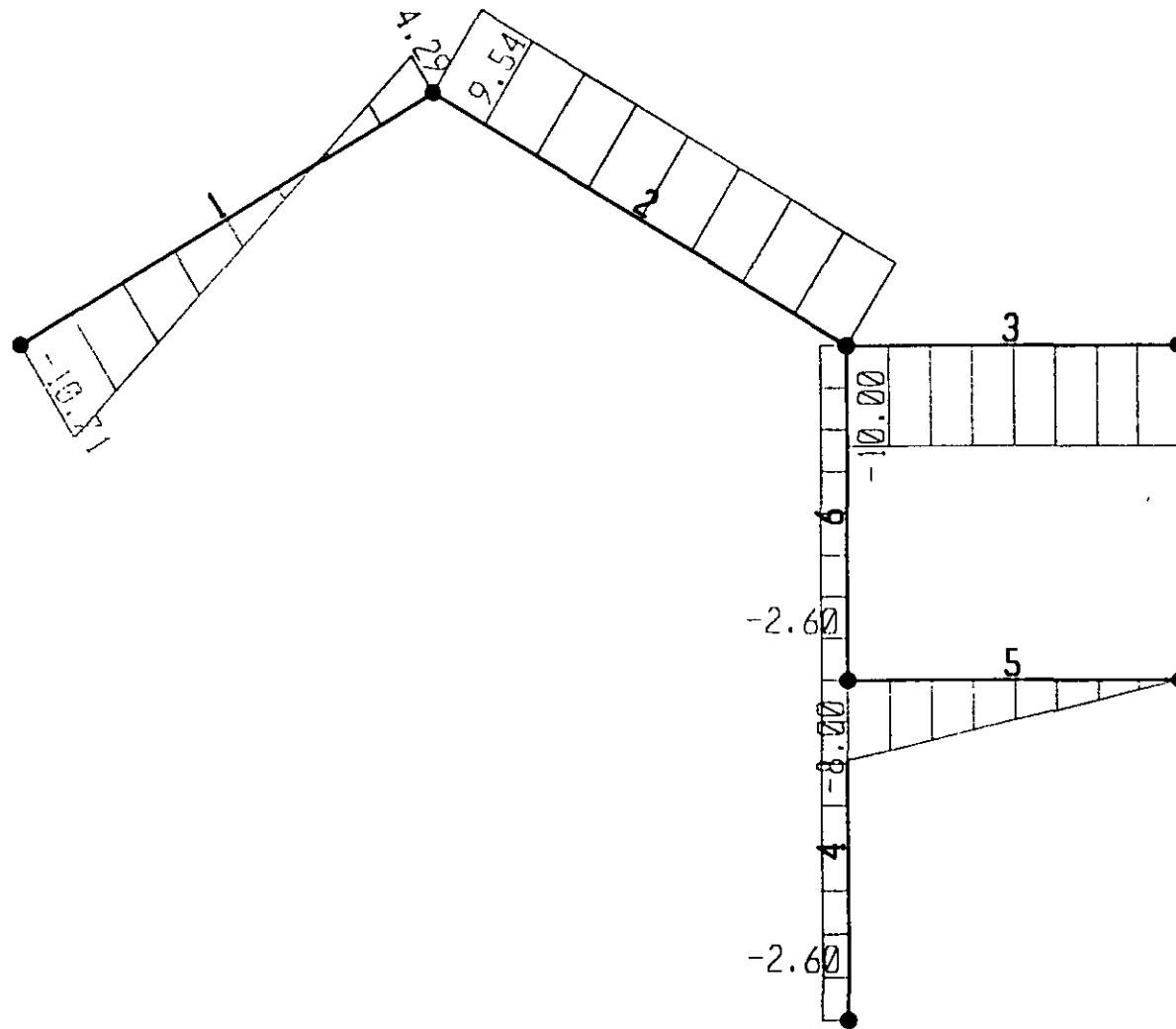
FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
8	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
9	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000





0.01





; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo5.s2k saved 3/18/00 13:43:48 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=0 Y=0 Z=8  
2 X=5 Y=0 Z=11  
3 X=10 Y=0 Z=8  
4 X=14 Y=0 Z=8  
5 X=10 Y=0 Z=0  
6 X=10 Y=0 Z=4  
7 X=14 Y=0 Z=4

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3  
ADD=5 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413  
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117  
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099  
NAME=OTRO IDES=N M=.2448 W=2.4026  
T=0 E=1000000 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FS1 MAT=OTRO SH=R T=.3,.3 A=.09 J=1.14075E-03 I=6.750001E-04,6.750001E-04 AS=7.500001E-02,7.500001E-02  
NAME=FS2 MAT=OTRO SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125

FRAME

1 J=1,2 SEC=FS2 NSEG=2 ANG=0  
2 J=2,3 SEC=FS2 NSEG=2 ANG=0  
3 J=3,4 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0  
4 J=5,6 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
5 J=6,7 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0  
6 J=6,3 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0

LOAD

NAME=UNICA  
TYPE=FORCE  
ADD=2 UX=5  
ADD=4 UZ=-10  
TYPE=DISTRIBUTED SPAN  
ADD=1 RD=0,1 UZ=-3,-3  
ADD=5 RD=0,1 UZ=-2,-2

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=UNICA  
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=UNICA  
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=UNICA  
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=UNICA

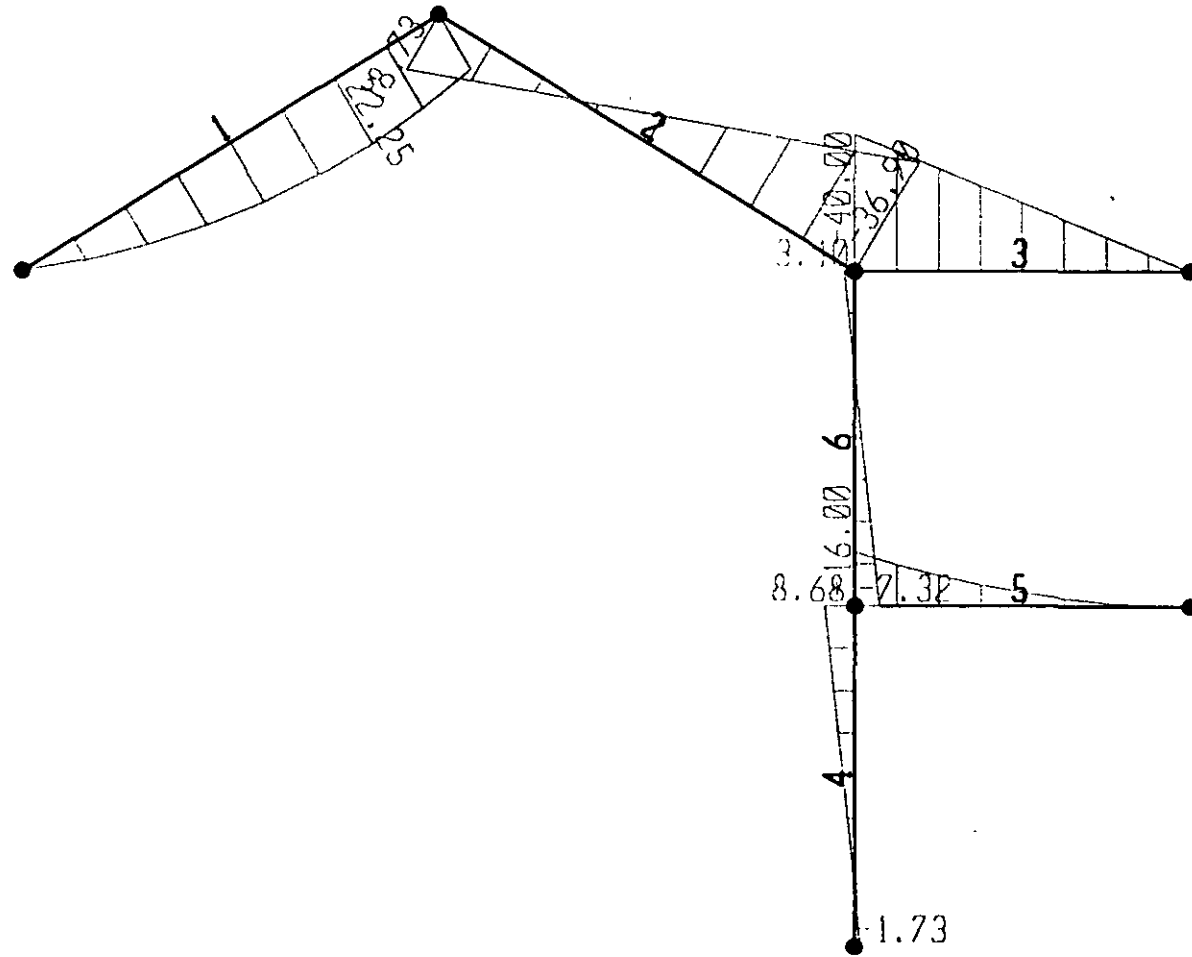
END

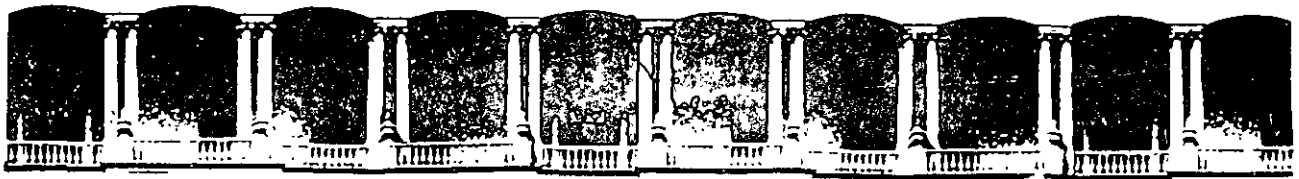
; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.  
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.  
; If changes are made to the analysis data above, then the following data  
; should be checked for consistency.  
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" 0  
GRID GLOBAL X "2" 5  
GRID GLOBAL X "3" 10  
GRID GLOBAL X "4" 14  
GRID GLOBAL Y "5" 0  
GRID GLOBAL Z "6" 0  
GRID GLOBAL Z "7" 4  
GRID GLOBAL Z "8" 8  
GRID GLOBAL Z "9" 11  
MATERIAL STEEL FY 25310.5  
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278  
FRAMESECTION FS1 NAME COL30X30  
FRAMESECTION FS2 NAME REC30X50  
STATICLOAD UNICA TYPE OTHER  
END SUPPLEMENTAL DATA







**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**L**as autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

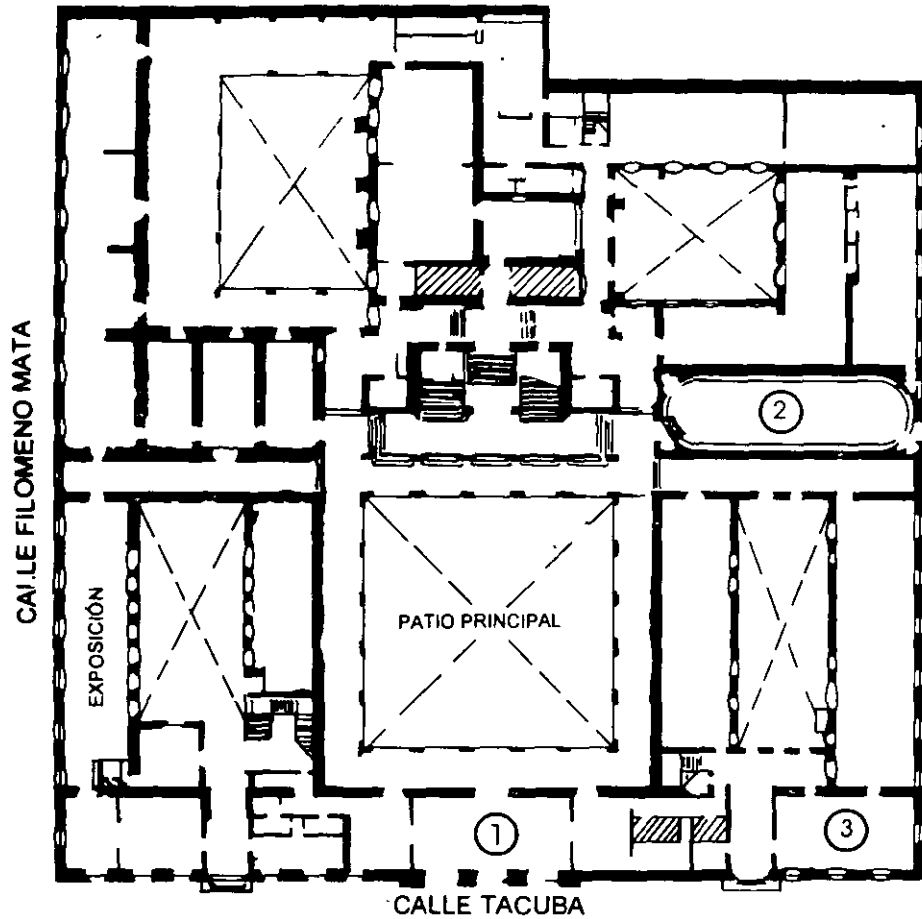
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

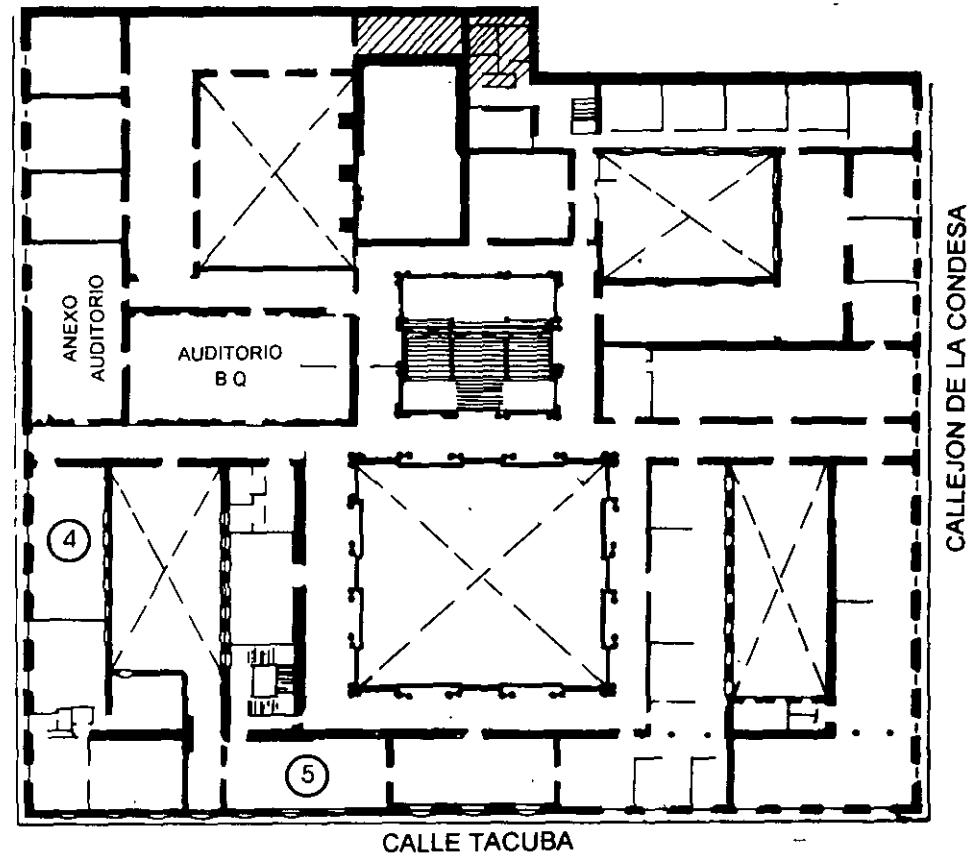
**Atentamente**

**División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERIA



**PLANTA BAJA**



**MEZZANINNE**

S A P 2 0 0 0

Structural Analysis Programs

Version 6.10

Copyright (C) 1978-1997  
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all  
results produced by this program

18 Mar 2000 13:19:35

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

S Y S T E M D A T A

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00

LENGTH UNITS - - - - - M

FORCE UNITS - - - - - TON

UP DIRECTION - - - - - +Z

GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - UX

- - - - - UZ

- - - - - RY

PAGINATION BY - - - - - LINES

NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59

INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - - - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

G E N E R A T E D J O I N T C O O R D I N A T E S

JOINT	X	Y	Z
1	0.000	0.000	8.000
2	5.000	0.000	11.000
3	10.000	0.000	8.000
4	14.000	0.000	8.000
5	10.000	0.000	0.000
6	10.000	0.000	4.000
7	14.000	0.000	4.000

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

P A T T E R N S

PATTERN JOINT VALUE  
DEFAULT

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

R E S T R A I N T D A T A

JOINT	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1						
5	U1	U2	U3			

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

MAT LABEL	NUMBER TEMPS	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL	DESIGN CODE
STEEL	1	0.7833E+01	0.7981E+00	S
CONC	1	0.2403E+01	0.2448E+00	C
OTRO	1	0.2403E+01	0.2448E+00	N

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	MODULUS OF ELASTICITY			SHEAR MODULII		
		E1	E2	E3	G12	G13	G23
STEEL	0.00	0.204E+08	0.204E+08	0.204E+08	0.784E+07	0.784E+07	0.784E+07
CONC	0.00	0.253E+07	0.253E+07	0.253E+07	0.105E+07	0.105E+07	0.105E+07
OTRO	0.00	0.100E+07	0.100E+07	0.100E+07	0.417E+06	0.417E+06	0.417E+06

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

MAT LABEL	TEMP	COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION					
		A1	A2	A3	A12	A13	A23
STEEL	0.00	0.117E-04	0.117E-04	0.117E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
CONC	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
OTRO	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	POISSONS RATIO														
		U12	U13	U23	U14	U24	U34	U15	U25	U35	U45	U16	U26	U36	U46	U56
STEEL	0.00	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CONC	0.00	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OTRO	0.00	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	YIELD FY
CONC	0.00	36.00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	SHAPE TYPE	DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK	FLANGE WIDTH BOTTOM	FLANGE THICK BOTTOM
FS1	R	0.300	0.300				
FS2	R	0.500	0.300				

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	AXIAL AREA	TORSIONAL CONSTANT	MOMENTS OF INERTIA		SHEAR AREA	AREAS
			I33	I22	A2	A3
FS1	0.900E-01	0.114E-02	0.675E-03	0.675E-03	0.750E-01	0.750E-01
FS2	0.150E+00	0.282E-02	0.313E-02	0.113E-02	0.125E+00	0.125E+00

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	MAT LABEL	ADDITIONAL MASS PER LENGTH	ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH
FS1	OTRO	0.000E+00	0.000E+00
FS2	OTRO	0.000E+00	0.000E+00

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	JOINT END-I	JOINT END-J	ELEMENT LENGTH	END-OFFSET-LENGTHS	RIGID-END FACTOR	NUMBER OF SEGMENTS
				END-I END-J		
1	1	2	5.831	0.000 0.000	0.0000	2
2	2	3	5.831	0.000 0.000	0.0000	2
3	3	4	4.000	0.000 0.000	0.0000	4
4	5	6	4.000	0.000 0.000	0.0000	2
5	6	7	4.000	0.000 0.000	0.0000	4
6	6	3	4.000	0.000 0.000	0.0000	2

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	SECTION LABEL	LOCAL PLANE	COORD SYSTEM	PLN 1ST	PLN 2ND	PLANE JOINTA	PLANE JOINTB	COORD ANGLE
1	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
2	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
3	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
4	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
5	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
6	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00

TOTAL WEIGHTS AND MASSES

SECTION LABEL	WEIGHT	MASS
FS1	1.7299	0.1763
FS2	7.0860	0.7220
TOTAL	8.8158	0.8982

LOAD CONDITION UNICA

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

JOINT FORCES IN LOCAL COORDINATES

JOINT LABEL	FORCE 1	FORCE 2	FORCE 3	MOMENT 1	MOMENT 2	MOMENT 3
2	0.500E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	0.000E+00	0.000E+00	-0.100E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

DISTRIBUTED SPAN LOADS ON FRAME ELEMENTS

ELEMENT LABEL	LOC DOF	DISTANCE AT START	DISTANCE AT END	FORCE AT START	FORCE AT END	MOMENT AT START	MOMENT AT END
1	U1	0.000E+00	0.100E+01	-0.154E+01	-0.154E+01		
1	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.257E+01	-0.257E+01		
5	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01		

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 17  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

UNICA

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

UNICA

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

UNICA

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

UNICA

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

INPUT COMPLETE

S A P 2 0 0 0 (R)

Structural Analysis Programs

Version E6.10

Copyright (C) 1978-1997  
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all  
results produced by this program

18 Mar 2000 13:19:37

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO5.OUT  
PAGE  
1

D I S P L A C E M E N T D E G R E E S O F F R E E D O M

(A) = Active DOF, equilibrium equation  
(-) = Restrained DOF, reaction computed  
(+) = Constrained DOF  
( ) = Null DOF

JOINTS		UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1		-	-	-		A	
2 TO	4	A		A		A	
5		-	-	-		-	
6 TO	7	A		A		A	

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO5.OUT  
PAGE  
2

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD UNICA -----

JOINT	UX	UZ	RY
1	.000000	.000000	0.022226
2	0.029221	-0.048177	-0.008848
3	0.056748	-0.002094	0.008103
4	0.056748	-0.103539	0.033703
5	.000000	.000000	.000000
6	0.020272	-0.001225	0.020592
7	0.020272	-0.104378	0.027418

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO5.OUT  
PAGE  
3

A P P L I E D L O A D S

FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD UNICA -----

JOINT	FX	FZ	MY
1	-8.33E-16	-8.746428	7.288690
2	5.000000	-8.746428	-7.288690
4	.000000	-10.000000	.000000
6	.000000	-4.000000	2.666667
7	.000000	-4.000000	-2.666667

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO5.OUT  
PAGE  
4

G L O B A L F O R C E B A L A N C E

TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES



LOAD UNICA -----

	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED	5.000000	.000000	-35.492856	.000000	334.732139	.000000
REACTNS	-5.000000	.000000	35.492856	.000000	-334.732139	.000000
TOTAL	2.90E-13	.000000	-1.07E-13	.000000	1.88E-12	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLOS.OUT  
 PAGE  
 5

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 1 -----

LOAD UNICA -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-7.604415	.000000	7.929773	.000000	-3.55E-15	.000000
2	7.604415	.000000	9.563083	.000000	-18.729972	.000000

ELEM 2 -----

LOAD UNICA -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	-2.604415	.000000	-9.563083	.000000	18.729972	.000000
3	2.604415	.000000	9.563083	.000000	36.898686	.000000

ELEM 3 -----

LOAD UNICA -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	1.13E-14	.000000	10.000000	.000000	-40.000000	.000000
4	-1.13E-14	.000000	-10.000000	.000000	-6.06E-15	.000000

ELEM 4 -----

LOAD UNICA -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
5	2.604415	.000000	27.563083	.000000	1.734009	.000000
6	-2.604415	.000000	-27.563083	.000000	8.683652	.000000

ELEM 5 -----

LOAD UNICA -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
6	2.30E-13	.000000	8.000000	.000000	-16.000000	.000000
7	-2.30E-13	.000000	-6.66E-15	.000000	9.33E-15	.000000

ELEM 6 -----

LOAD UNICA -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
6	2.604415	.000000	19.563083	.000000	7.316348	.000000
3	-2.604415	.000000	-19.563083	.000000	3.101314	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLOS.OUT  
 PAGE  
 6

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 1 ----- LENGTH = 5.830952

LOAD UNICA -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	2.440898	-10.712164	.000000	.000000	.000000	-2.45E-15
0.50000	6.940898	-3.212164	.000000	.000000	.000000	20.298021
1.00000	11.440898	4.287836	.000000	.000000	.000000	18.729972

ELEM 2 ----- LENGTH = 5.830952

LOAD UNICA -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-2.686898	9.540236	.000000	.000000	.000000	18.729972
0.50000	-2.686898	9.540236	.000000	.000000	.000000	-9.084357
1.00000	-2.686898	9.540236	.000000	.000000	.000000	-36.898686

ELEM 3 ----- LENGTH = 4.000000

LOAD UNICA -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-1.13E-14	-10.000000	.000000	.000000	.000000	-40.000000
0.25000	-1.13E-14	-10.000000	.000000	.000000	.000000	-30.000000
0.50000	-1.13E-14	-10.000000	.000000	.000000	.000000	-20.000000
0.75000	-1.13E-14	-10.000000	.000000	.000000	.000000	-10.000000
1.00000	-1.13E-14	-10.000000	.000000	.000000	.000000	3.55E-15

ELEM 4 ----- LENGTH = 4.000000

LOAD UNICA -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-27.563083	-2.604415	.000000	.000000	.000000	-1.734009
0.50000	-27.563083	-2.604415	.000000	.000000	.000000	3.474822
1.00000	-27.563083	-2.604415	.000000	.000000	.000000	8.683652

ELEM 5 ----- LENGTH = 4.000000

LOAD UNICA -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-2.30E-13	-8.000000	.000000	.000000	.000000	-16.000000
0.25000	-2.30E-13	-6.000000	.000000	.000000	.000000	-9.000000
0.50000	-2.30E-13	-4.000000	.000000	.000000	.000000	-4.000000
0.75000	-2.30E-13	-2.000000	.000000	.000000	.000000	-1.000000
1.00000	-2.30E-13	-5.33E-15	.000000	.000000	.000000	-1.78E-14

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

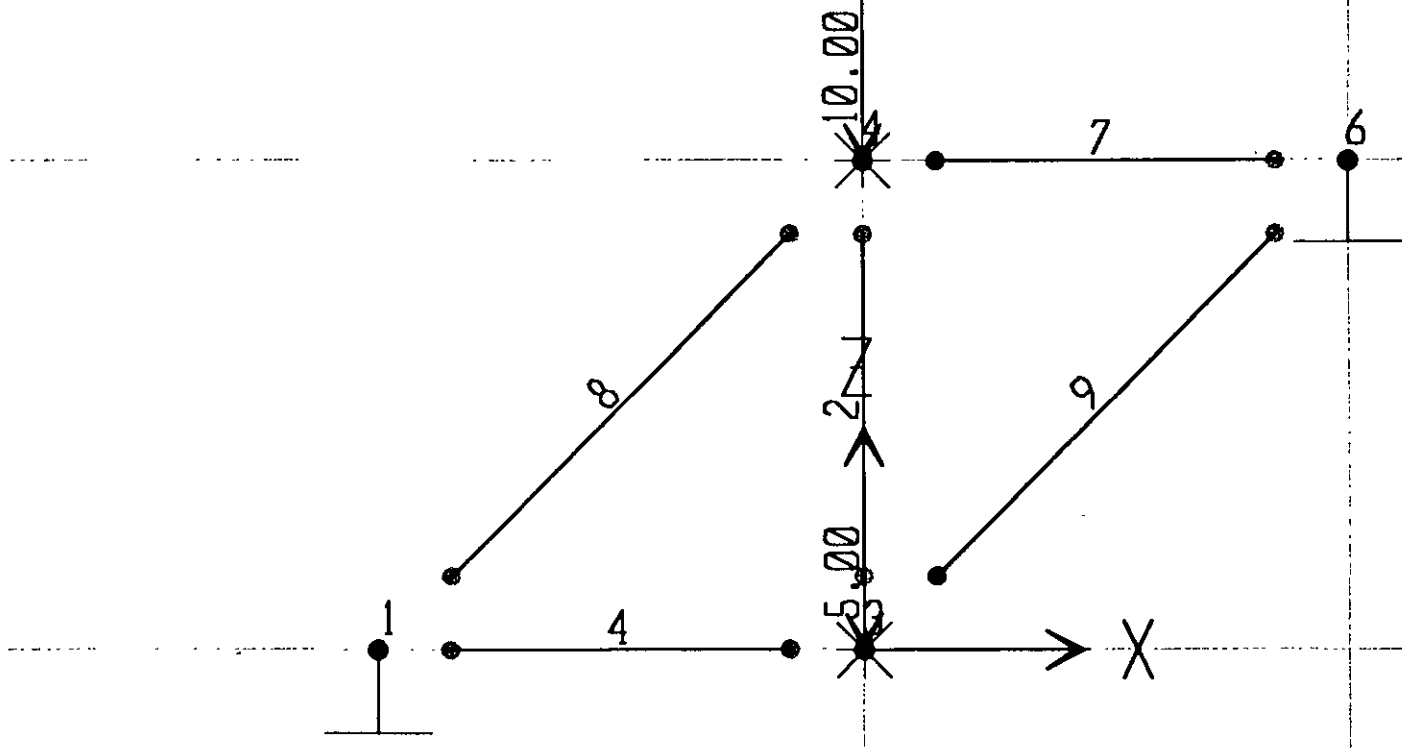
FILE:EJEMPLO5.OUT  
PAGE  
7

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

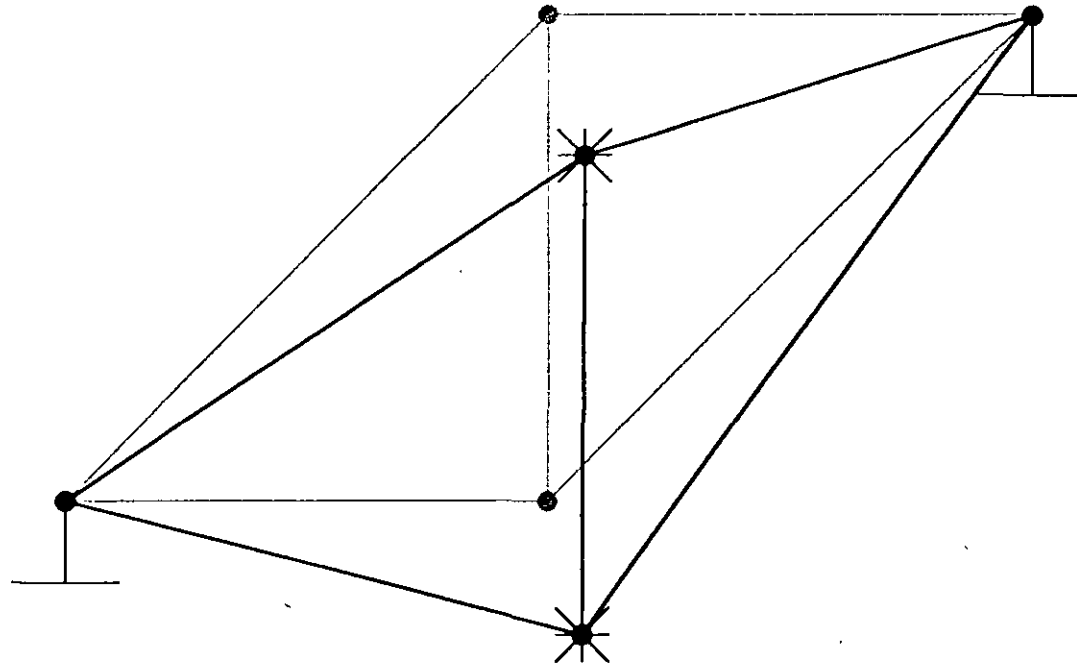
ELEM 6 ----- LENGTH = 4.000000

LOAD UNICA -----

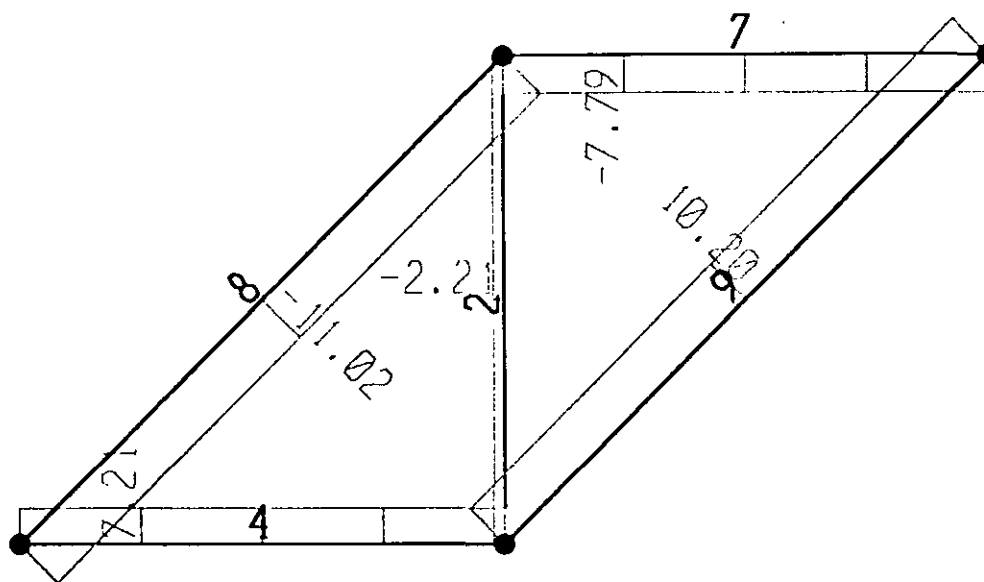
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-19.563083	-2.604415	.000000	.000000	.000000	-7.316348
0.50000	-19.563083	-2.604415	.000000	.000000	.000000	-2.107517
1.00000	-19.563083	-2.604415	.000000	.000000	.000000	3.101314



132



133



; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo6.s2k saved 3/18/00 14:39:08 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=-2 Y=0 Z=0  
3 X=0 Y=0 Z=0  
4 X=0 Y=0 Z=2  
6 X=2 Y=0 Z=2

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3  
ADD=6 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3  
ADD=3 DOF=U2,R1,R2,R3  
ADD=4 DOF=U2,R1,R2,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413  
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117  
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099  
NAME=RARO IDES=N M=.2448 W=2.4026  
T=0 E=1000000 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125

FRAME

2 J=3,4 SEC=FSEC1 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
4 J=1,3 SEC=FSEC1 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
7 J=4,6 SEC=FSEC1 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
8 J=1,4 SEC=FSEC1 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
9 J=3,6 SEC=FSEC1 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3

LOAD

NAME=VERTICAL  
TYPE=FORCE  
ADD=4 UZ=-10  
ADD=3 UZ=-5

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=VERTICAL  
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=VERTICAL  
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=VERTICAL  
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=VERTICAL

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.  
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.  
; If changes are made to the analysis data above, then the following data  
; should be checked for consistency.  
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" -2  
GRID GLOBAL X "2" 0  
GRID GLOBAL X "3" 2  
GRID GLOBAL Y "4" 0  
GRID GLOBAL Z "5" 0  
GRID GLOBAL Z "6" 2  
MATERIAL STEEL FY 25310.5  
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278  
STATICLOAD VERTICAL TYPE OTHER  
END SUPPLEMENTAL DATA

S A P 2 0 0 0

Structural Analysis Programs

Version 6.10

Copyright (C) 1978-1997  
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all  
results produced by this program

18 Mar 2000 14:26:16

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

S Y S T E M D A T A

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00  
LENGTH UNITS - - - - - M  
FORCE UNITS - - - - - TON  
UP DIRECTION - - - - - +Z  
GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - UX  
- - - - - UZ  
- - - - - RY  
PAGINATION BY - - - - - LINES  
NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59  
INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

G E N E R A T E D J O I N T C O O R D I N A T E S

JOINT	X	Y	Z
1	-2.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	2.000
6	2.000	0.000	2.000

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

P A T T E R N S

PATTERN JOINT VALUE  
DEFAULT

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

R E S T R A I N T D A T A

JOINT	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1						
3						
4						
6						

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

MAT LABEL	NUMBER TEMPS	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL	DESIGN CODE
STEEL	1	0.7833E+01	0.7981E+00	S
CONC	1	0.2403E+01	0.2448E+00	C
RARO	1	0.2403E+01	0.2448E+00	N

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	MODULUS OF ELASTICITY			SHEAR MODULII		
		E1	E2	E3	G12	G13	G23
STEEL	0.00	0.204E+08	0.204E+08	0.204E+08	0.784E+07	0.784E+07	0.784E+07
CONC	0.00	0.253E+07	0.253E+07	0.253E+07	0.105E+07	0.105E+07	0.105E+07
RARO	0.00	0.100E+07	0.100E+07	0.100E+07	0.417E+06	0.417E+06	0.417E+06

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

MAT LABEL	TEMP	COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION					
		A1	A2	A3	A12	A13	A23
STEEL	0.00	0.117E-04	0.117E-04	0.117E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
CONC	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
RARO	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	POISSONS RATIO														
		U12	U13	U23	U14	U24	U34	U15	U25	U35	U45	U16	U26	U36	U46	U56
STEEL	0.00	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CONC	0.00	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RARO	0.00	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	YIELD FY
CONC	0.00	36.00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	SHAPE TYPE	DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK	FLANGE WIDTH BOTTOM	FLANGE THICK BOTTOM
FSEC1	R	0.500	0.300				



CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 11  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	AXIAL AREA	TORSIONAL CONSTANT	MOMENTS OF INERTIA		SHEAR A2	AREAS A3
			I33	I22		
FSEC1	0.150E+00	0.282E-02	0.313E-02	0.113E-02	0.125E+00	0.125E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 12  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	MAT LABEL	ADDITIONAL MASS PER LENGTH	ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH
FSEC1	STEEL	0.000E+00	0.000E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 13  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	JOINT END-I	JOINT END-J	ELEMENT LENGTH	END-OFFSET-LENGTHS END-I	END-OFFSET-LENGTHS END-J	RIGID-END FACTOR	NUMBER OF SEGMENTS
2	3	4	2.000	0.000	0.000	0.0000	2
4	1	3	2.000	0.000	0.000	0.0000	4
7	4	6	2.000	0.000	0.000	0.0000	4
8	1	4	2.828	0.000	0.000	0.0000	2
9	3	6	2.828	0.000	0.000	0.0000	2

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 14  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	SECTION LABEL	LOCAL PLANE	COORD SYSTEM	PLN 1ST	PLN 2ND	PLANE JOINTA	PLANE JOINTB	COORD ANGLE
2	FSEC1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
4	FSEC1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
7	FSEC1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
8	FSEC1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
9	FSEC1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 15  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	END-I RELEASE CODES	END-J RELEASE CODES
2		R3
4		R3
7		R3
8		R3
9		R3

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 16  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

TOTAL WEIGHTS AND MASSES

SECTION LABEL	WEIGHT	MASS
FSEC1	13.6969	1.3956
TOTAL	13.6969	1.3956

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 17

LOAD CONDITION VERTICAL

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

JOINT FORCES IN LOCAL COORDINATES

JOINT LABEL	FORCE 1	FORCE 2	FORCE 3	MOMENT 1	MOMENT 2	MOMENT 3
3	0.000E+00	0.000E+00	-0.500E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	0.000E+00	0.000E+00	-0.100E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

VERTICAL

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

VERTICAL

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

VERTICAL

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

VERTICAL

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 19  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

INPUT COMPLETE

S A P 2 0 0 0 (R)  
 Structural Analysis Programs  
 Version E6.10  
 Copyright (C) 1978-1997  
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
 All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all  
 results produced by this program

18 Mar 2000 14:26:17

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT  
 PAGE  
 1

D I S P L A C E M E N T   D E G R E E S   O F   F R E E D O M

(A) = Active DOF, equilibrium equation  
 (-) = Restrained DOF, reaction computed  
 (+) = Constrained DOF  
 ( ) = Null DOF

JOINTS		UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1		-	-	-	-	-	-
3	TO	4	A	A	-	-	-
6		-	-	-	-	-	-

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT  
 PAGE  
 2

J O I N T   D I S P L A C E M E N T S

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOADVERTICAL -----

JOINT	UX	UZ	RY
1	.000000	.000000	.000000
3	4.72E-06	-1.81E-05	.000000
4	5.09E-06	-1.95E-05	.000000
6	.000000	.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT  
 PAGE  
 3

A P P L I E D   L O A D S

FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOADVERTICAL -----

JOINT	FX	FZ	MY
3	.000000	-5.000000	.000000
4	.000000	-10.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT  
 PAGE  
 4

G L O B A L   F O R C E   B A L A N C E

TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

LOADVERTICAL -----

	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED	.000000	.000000	-15.000000	.000000	.000000	.000000
REACTIONS	1.78E-15	.000000	15.000000	.000000	1.78E-15	.000000
TOTAL	1.78E-15	.000000	.000000	.000000	1.78E-15	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT  
 PAGE  
 5

F R A M E   E L E M E N T   J O I N T   F O R C E S

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM      2 -----

LOADVERTICAL -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	.000000	.000000	2.211211	.000000	.000000	.000000
4	.000000	.000000	-2.211211	.000000	.000000	.000000

ELEM 4 -----

LOADVERTICAL -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-7.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
3	7.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 7 -----

LOADVERTICAL -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
4	7.788789	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
6	-7.788789	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 8 -----

LOADVERTICAL -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	7.788789	.000000	7.788789	.000000	.000000	.000000
4	-7.788789	.000000	-7.788789	.000000	.000000	.000000

ELEM 9 -----

LOADVERTICAL -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	-7.211211	.000000	-7.211211	.000000	.000000	.000000
6	7.211211	.000000	7.211211	.000000	.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT  
PAGE  
6

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 2 ----- LENGTH = 2.000000

LOADVERTICAL -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-2.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	-2.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	-2.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 4 ----- LENGTH = 2.000000

LOADVERTICAL -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	7.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.25000	7.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	7.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.75000	7.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	7.211211	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 7 ----- LENGTH = 2.000000

LOADVERTICAL -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-7.788789	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.25000	-7.788789	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	-7.788789	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.75000	-7.788789	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	-7.788789	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 8 ----- LENGTH = 2.828427

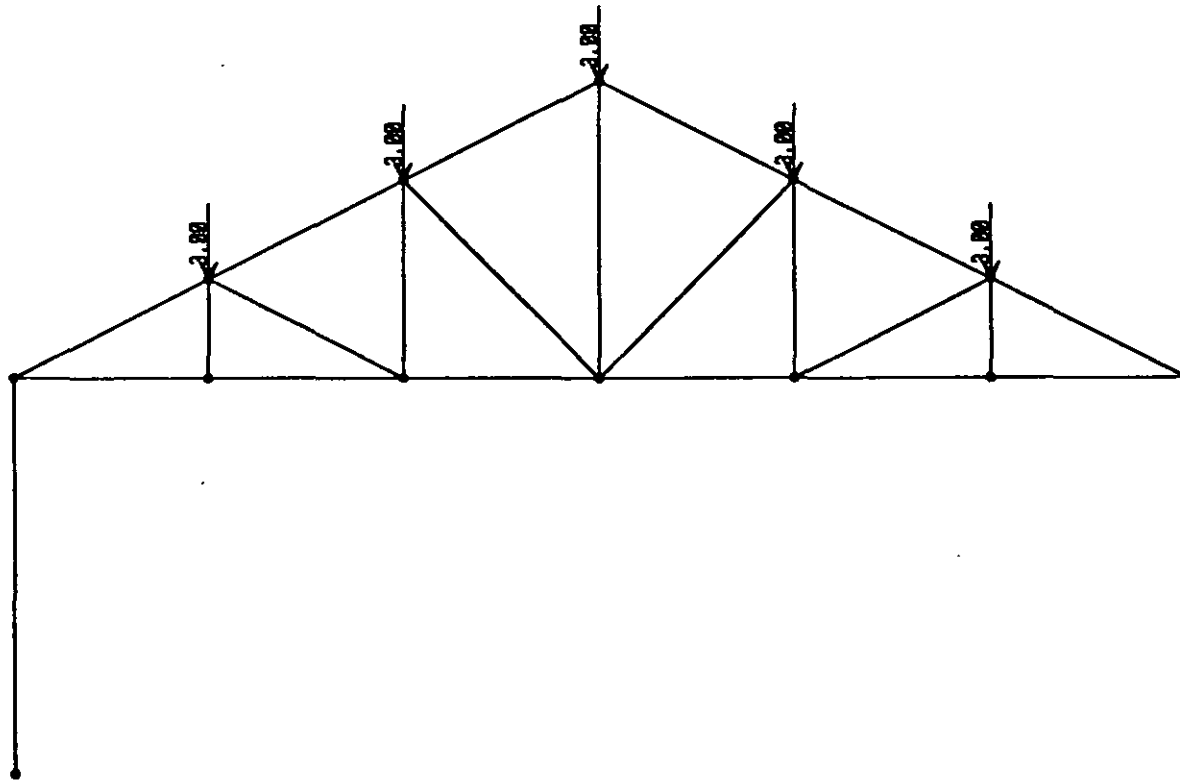
LOADVERTICAL -----

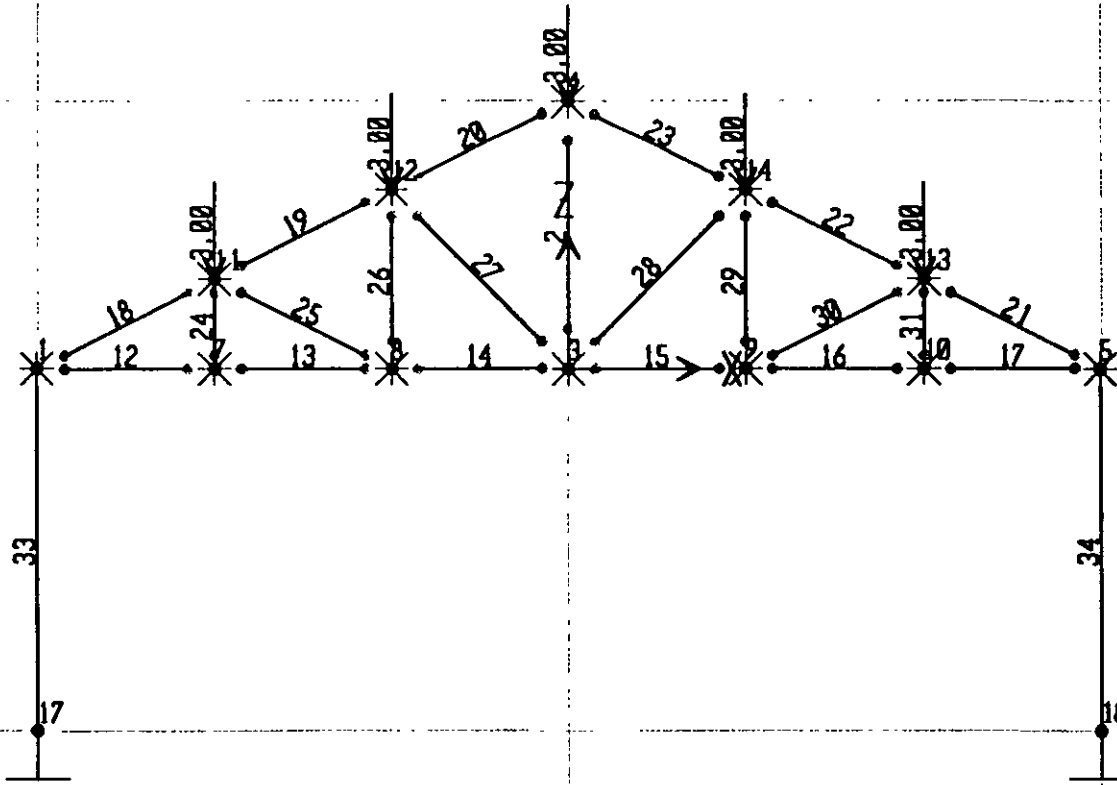
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-11.015010	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	-11.015010	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	-11.015010	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

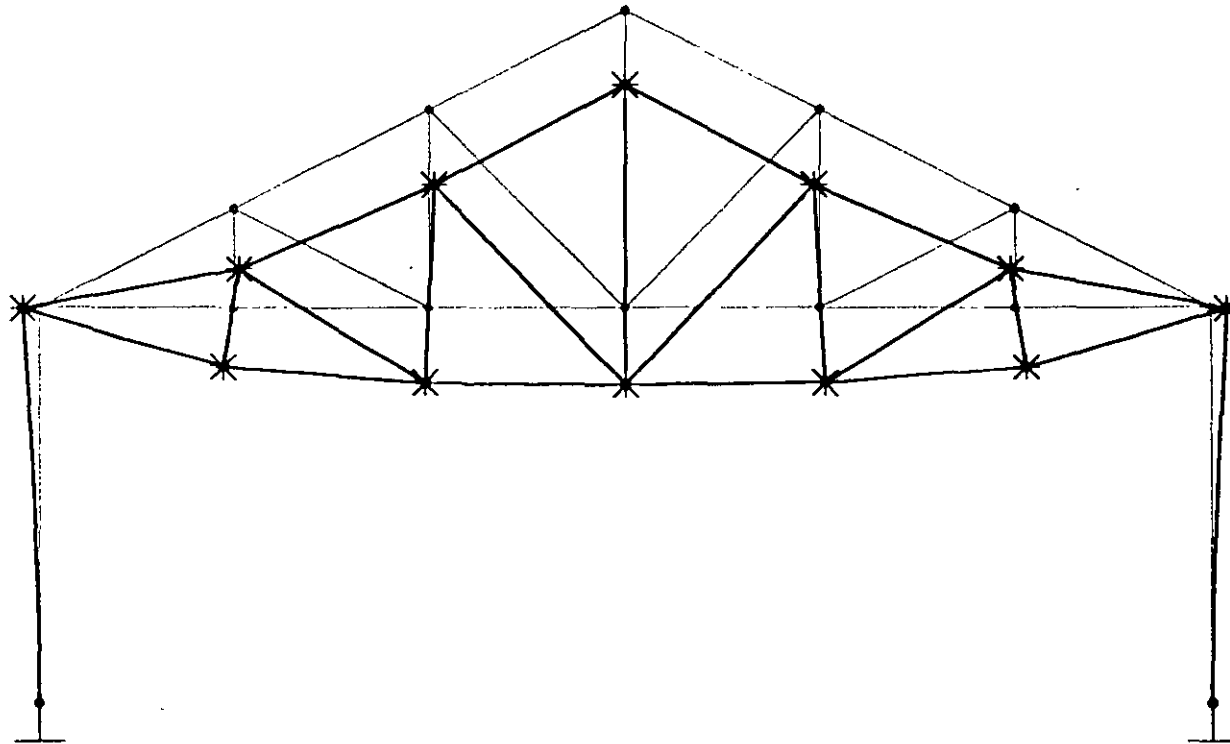
ELEM 9 ----- LENGTH = 2.828427

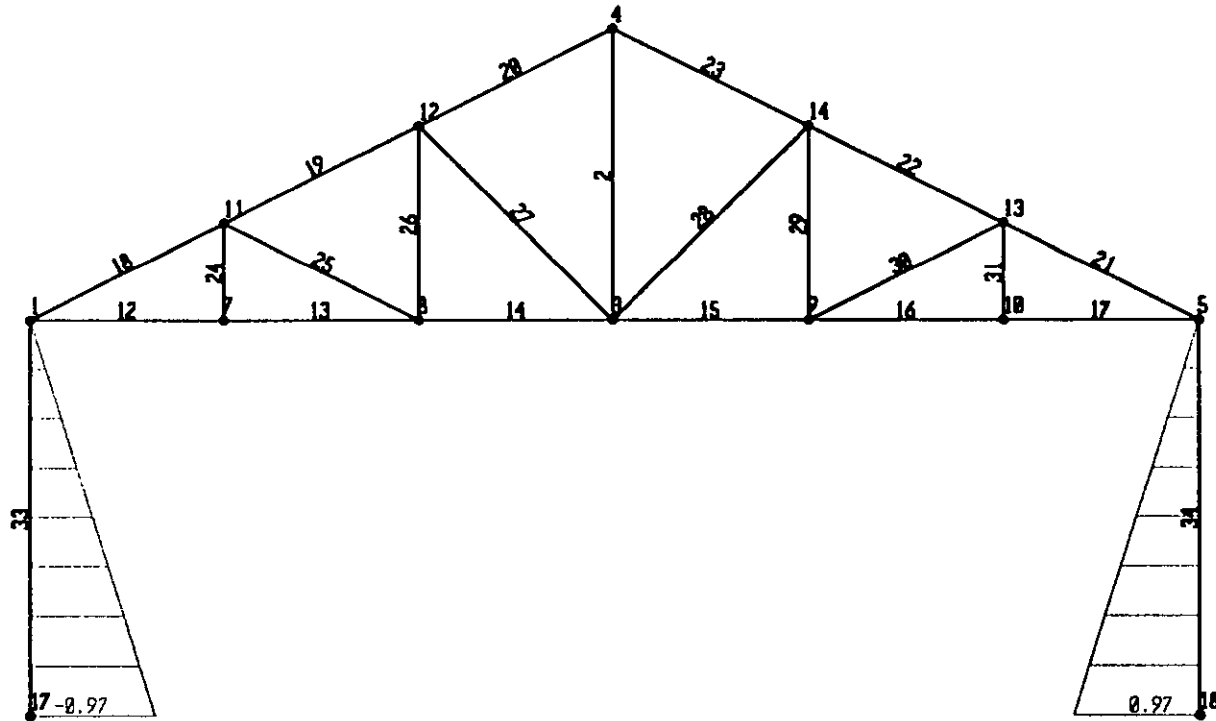
LOADVERTICAL -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	10.198193	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	10.198193	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	10.198193	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

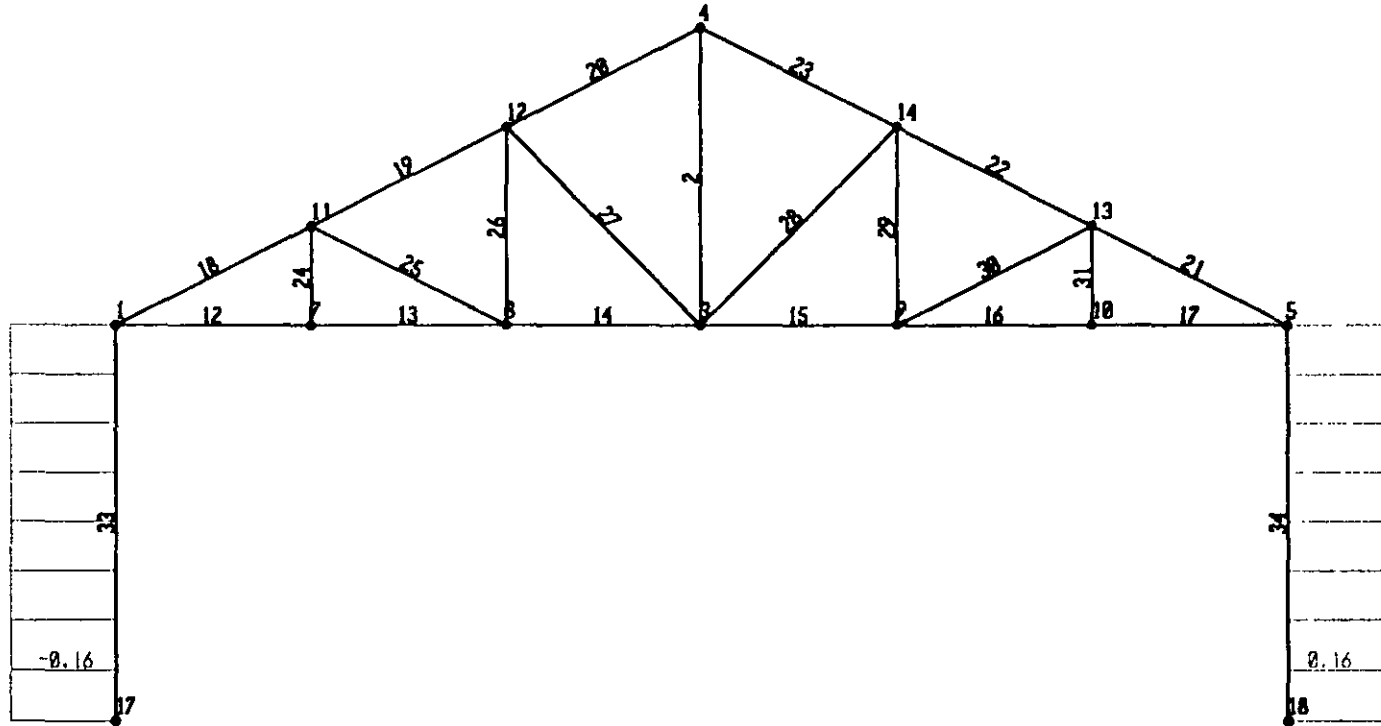


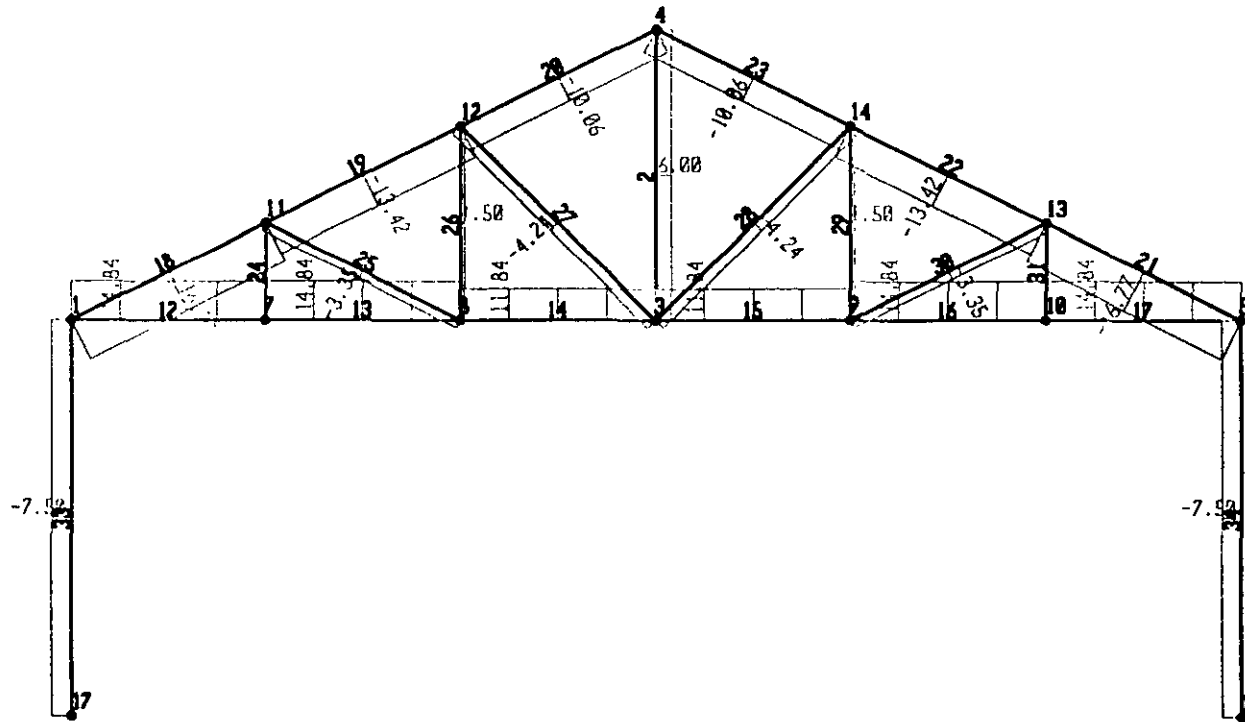












; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo7.s2k saved 3/18/00 15:22:55 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=-9 Y=0 Z=0  
3 X=0 Y=0 Z=0  
4 X=0 Y=0 Z=4.5  
5 X=9 Y=0 Z=0  
7 X=-6 Y=0 Z=0  
8 X=-3 Y=0 Z=0  
9 X=3 Y=0 Z=0  
10 X=6 Y=0 Z=0  
11 X=-6 Y=0 Z=1.5  
12 X=-3 Y=0 Z=3  
13 X=6 Y=0 Z=1.5  
14 X=3 Y=0 Z=3  
17 X=-9 Y=0 Z=-6  
18 X=9 Y=0 Z=-6

RESTRAINT

ADD=17 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3  
ADD=18 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3  
ADD=1 DOF=U2,R1,R3  
ADD=3 DOF=U2,R1,R3  
ADD=4 DOF=U2,R1,R3  
ADD=5 DOF=U2,R1,R3  
ADD=7 DOF=U2,R1,R3  
ADD=8 DOF=U2,R1,R3  
ADD=9 DOF=U2,R1,R3  
ADD=10 DOF=U2,R1,R3  
ADD=11 DOF=U2,R1,R3  
ADD=12 DOF=U2,R1,R3  
ADD=13 DOF=U2,R1,R3  
ADD=14 DOF=U2,R1,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413  
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117  
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099  
NAME=ACERO IDES=N M=.2448 W=2.4026  
T=0 E=2E+07 U=.3 A=.0000099  
NAME=CONCRETO IDES=N M=.7981 W=7.8334  
T=0 E=1800000 U=.25 A=.0000117

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125  
NAME=FSEC2 MAT=ACERO A=.005 J=0 I=0,0 AS=0,0 S=1,1 Z=1,1 R=1,1 T=.4572,.254  
NAME=FSEC3 MAT=CONCRETO SH=R T=.5,.5 A=.25 J=8.802084E-03 I=5.208333E-03,5.208333E-03  
AS=.2083333,.2083333

FRAME

2 J=3,4 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
12 J=1,7 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
13 J=7,8 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
14 J=8,3 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
15 J=3,9 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
16 J=9,10 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
17 J=10,5 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
18 J=1,11 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
19 J=11,12 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
20 J=12,4 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
21 J=5,13 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3  
22 J=13,14 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3

```

23 J=14,4 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
24 J=7,11 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
25 J=11,8 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
26 J=8,12 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
27 J=12,3 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
28 J=3,14 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
29 J=14,9 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
30 J=9,13 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
31 J=10,13 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
33 J=17,1 SEC=FSEC3 NSEG=2 ANG=0
34 J=18,5 SEC=FSEC3 NSEG=2 ANG=0

```

LOAD

```

NAME=VERT
TYPE=FORCE
ADD=4 UZ=-3
ADD=11 UZ=-3
ADD=12 UZ=-3
ADD=13 UZ=-3
ADD=14 UZ=-3

```

OUTPUT

```

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=VERT
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=VERT

```

END

```

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

```

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

```

GRID GLOBAL X "1" -9
GRID GLOBAL X "2" 0
GRID GLOBAL X "3" 9
GRID GLOBAL Y "4" 0
GRID GLOBAL Z "5" -6
GRID GLOBAL Z "6" 0
GRID GLOBAL Z "7" 4.5
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
STATICLOAD VERT TYPE OTHER
END SUPPLEMENTAL DATA

```

S A P 2 0 0 0

Structural Analysis Programs

Version 6.10

Copyright (C) 1978-1997  
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all  
results produced by this program

18 Mar 2000 15:10:44

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

S Y S T E M D A T A

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00  
LENGTH UNITS - - - - - M  
FORCE UNITS - - - - - TON  
UP DIRECTION - - - - - +Z  
GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - UX  
- - - - - UZ  
- - - - - RY  
PAGINATION BY - - - - - LINES  
NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59  
INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

G E N E R A T E D J O I N T C O O R D I N A T E S

JOINT	X	Y	Z
1	-9.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	4.500
5	9.000	0.000	0.000
7	-6.000	0.000	0.000
8	-3.000	0.000	0.000
9	3.000	0.000	0.000
10	6.000	0.000	0.000
11	-6.000	0.000	1.500
12	-3.000	0.000	3.000
13	6.000	0.000	1.500
14	3.000	0.000	3.000
17	-9.000	0.000	-6.000
18	9.000	0.000	-6.000

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

P A T T E R N S

PATTERN JOINT VALUE  
DEFAULT

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

R E S T R A I N T D A T A

JOINT	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1		U2		R1		R3
3		U2		R1		R3
4		U2		R1		R3
5		U2		R1		R3
7		U2		R1		R3
8		U2		R1		R3
9		U2		R1		R3
10		U2		R1		R3
11		U2		R1		R3
12		U2		R1		R3
13		U2		R1		R3
14		U2		R1		R3
17	U1	U2	U3	R1	R2	R3
18	U1	U2	U3	R1	R2	R3

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

MAT LABEL	NUMBER TEMPS	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL	DESIGN CODE
STEEL	1	0.7833E+01	0.7981E+00	S
CONC	1	0.2403E+01	0.2448E+00	C
ACERO	1	0.2403E+01	0.2448E+00	N
CONCRETO	1	0.7833E+01	0.7981E+00	N

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	MODULUS OF ELASTICITY			SHEAR MODULI		
		E1	E2	E3	G12	G13	G23
STEEL	0.00	0.204E+08	0.204E+08	0.204E+08	0.784E+07	0.784E+07	0.784E+07
CONC	0.00	0.253E+07	0.253E+07	0.253E+07	0.105E+07	0.105E+07	0.105E+07
ACERO	0.00	0.200E+08	0.200E+08	0.200E+08	0.769E+07	0.769E+07	0.769E+07
CONCRETO	0.00	0.180E+07	0.180E+07	0.180E+07	0.720E+06	0.720E+06	0.720E+06

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

MAT LABEL	TEMP	COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION					
		A1	A2	A3	A12	A13	A23
STEEL	0.00	0.117E-04	0.117E-04	0.117E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
CONC	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
ACERO	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
CONCRETO	0.00	0.117E-04	0.117E-04	0.117E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	POISSONS RATIO														
		U12	U13	U23	U14	U24	U34	U15	U25	U35	U45	U16	U26	U36	U46	U56
STEEL	0.00	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CONC	0.00	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ACERO	0.00	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CONCRETO	0.00	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	YIELD FY
CONC	0.00	36.00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	SHAPE TYPE	DEPTH	FLANGE		WEB THICK	FLANGE	
			WIDTH TOP	THICK TOP		WIDTH BOTTOM	THICK BOTTOM
FSEC1	R	0.500	0.300				
FSEC2	G						
FSEC3	R	0.500	0.500				

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 11  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	AXIAL AREA	TORSIONAL CONSTANT	MOMENTS OF INERTIA		SHEAR A2	AREAS A3
			I33	I22		
FSEC1	0.150E+00	0.282E-02	0.313E-02	0.113E-02	0.125E+00	0.125E+00

FSEC2 0.500E-02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00  
 FSEC3 0.250E+00 0.880E-02 0.521E-02 0.521E-02 0.208E+00 0.208E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 12  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	MAT LABEL	ADDITIONAL MASS PER LENGTH	ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH
FSEC1	STEEL	0.000E+00	0.000E+00
FSEC2	ACERO	0.000E+00	0.000E+00
FSEC3	CONCRETO	0.000E+00	0.000E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 13  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	JOINT END-I	JOINT END-J	ELEMENT LENGTH	END-OFFSET-LENGTHS END-I	END-OFFSET-LENGTHS END-J	RIGID-END FACTOR	NUMBER OF SEGMENTS
2	3	4	4.500	0.000	0.000	0.0000	2
12	1	7	3.000	0.000	0.000	0.0000	4
13	7	8	3.000	0.000	0.000	0.0000	4
14	8	3	3.000	0.000	0.000	0.0000	4
15	3	9	3.000	0.000	0.000	0.0000	4
16	9	10	3.000	0.000	0.000	0.0000	4
17	10	5	3.000	0.000	0.000	0.0000	4
18	1	11	3.354	0.000	0.000	0.0000	2
19	11	12	3.354	0.000	0.000	0.0000	2
20	12	4	3.354	0.000	0.000	0.0000	2
21	5	13	3.354	0.000	0.000	0.0000	2
22	13	14	3.354	0.000	0.000	0.0000	2
23	14	4	3.354	0.000	0.000	0.0000	2
24	7	11	1.500	0.000	0.000	0.0000	2
25	11	8	3.354	0.000	0.000	0.0000	2
26	8	12	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
27	12	3	4.243	0.000	0.000	0.0000	2
28	3	14	4.243	0.000	0.000	0.0000	2
29	14	9	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
30	9	13	3.354	0.000	0.000	0.0000	2
31	10	13	1.500	0.000	0.000	0.0000	2
33	17	1	6.000	0.000	0.000	0.0000	2
34	18	5	6.000	0.000	0.000	0.0000	2

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 14  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	SECTION LABEL	LOCAL PLANE	COORD SYSTEM	PLN 1ST	PLN 2ND	PLANE JOINTA	PLANE JOINTB	COORD ANGLE
2	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
12	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
13	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
14	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
15	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
16	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
17	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
18	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
19	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
20	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
21	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
22	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
23	FSEC2	12	0 +Z -X	0	0	0	0	0.00
24	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
25	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
26	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
27	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
28	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
29	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
30	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
31	FSEC2	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
33	FSEC3	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00
34	FSEC3	12	0 +Z +X	0	0	0	0	0.00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 15  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	END-I RELEASE CODES	END-J RELEASE CODES
2	R3	R3
12	R3	R3
13	R3	R3
14	R3	R3
15	R3	R3
16	R3	R3
17	R3	R3

18	R3	R3
19	R3	R3
20	R3	R3
21	R3	R3
22	R3	R3
23	R3	R3
24	R3	R3
25	R3	R3
26	R3	R3
27	R3	R3
28	R3	R3
29	R3	R3
30	R3	R3
31	R3	R3

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 16  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

TOTAL WEIGHTS AND MASSES

SECTION LABEL	WEIGHT	MASS
FSEC2	0.8027	0.0818
FSEC3	23.5002	2.3943
TOTAL	24.3029	2.4761

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 17  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

LOAD CONDITION VERT

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

JOINT FORCES IN LOCAL COORDINATES

JOINT LABEL	FORCE 1	FORCE 2	FORCE 3	MOMENT 1	MOMENT 2	MOMENT 3
4	0.000E+00	0.000E+00	-0.300E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
11	0.000E+00	0.000E+00	-0.300E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
12	0.000E+00	0.000E+00	-0.300E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
13	0.000E+00	0.000E+00	-0.300E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
14	0.000E+00	0.000E+00	-0.300E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL

VERT

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL

VERT

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL

VERT

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL

VERT

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 19  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

INPUT COMPLETE



BEGIN ANALYSIS PHASE 2000/03/18 15:10:46

MEMORY AVAILABLE FOR DATA (BYTES) = 1000000

JOINT ELEMENT FORMATION 15:10:46

NUMBER OF JOINT ELEMENTS FORMED = 5  
NUMBER OF SPRING ELEMENTS FORMED = 0

FRAME ELEMENT FORMATION 15:10:46

NUMBER OF FRAME ELEMENTS FORMED = 23

EQUATION SOLUTION 15:10:47

TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS = 26  
APPROXIMATE "EFFECTIVE" BAND WIDTH = 4

NUMBER OF EQUATION STORAGE BLOCKS = 1  
MAXIMUM BLOCK SIZE (NUMBER OF TERMS) = 116  
SIZE OF STIFFNESS FILE (BYTES) = 1048

NUMBER OF EQUATIONS TO SOLVE = 26  
NUMBER OF STATIC LOAD CASES = 1  
NUMBER OF ACCELERATION LOADS = 3  
NUMBER OF NONLINEAR DEFORMATION LOADS = 0

JOINT OUTPUT 15:10:48

GLOBAL FORCE BALANCE RELATIVE ERRORS

PERCENT FORCE AND MOMENT ERROR AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
VERT	3.51E-14	.000000	1.66E-13	.000000	6.77E-14	.000000

ELEMENT JOINT - FORCE OUTPUT 15:10:48

NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED = 23

FRAME ELEMENT OUTPUT 15:10:49

NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED = 23  
NUMBER OF FRAME ELEMENTS PRINTED = 23

ANALYSIS COMPLETE 2000/03/18 15:10:49

S A P 2 0 0 0 (R)  
 Structural Analysis Programs  
 Version E6.10  
 Copyright (C) 1978-1997  
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
 All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all  
 results produced by this program

18 Mar 2000 15:10:46

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO7.OUT  
 PAGE  
 1

D I S P L A C E M E N T   D E G R E E S   O F   F R E E D O M

(A) = Active DOF, equilibrium equation  
 (-) = Restrained DOF, reaction computed  
 (+) = Constrained DOF  
 ( ) = Null DOF

JOINTS		UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1		A		A		A	
3 TO	4	A		A		A	
5		A		A		A	
7 TO	14	A		A		A	
17 TO	18	-		-		-	

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO7.OUT  
 PAGE  
 2

J O I N T   D I S P L A C E M E N T S

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD    VERT -----

JOINT	UX	UZ	RY
1	-0.001245	-0.000100	-0.000310
3	-3.99E-17	-0.005880	.000000
4	-4.17E-17	-0.005610	.000000
5	0.001245	-0.000100	0.000310
7	-0.000800	-0.004571	.000000
8	-0.000355	-0.005753	.000000
9	0.000355	-0.005753	.000000
10	0.000800	-0.004571	.000000
11	0.000361	-0.004571	.000000
12	0.000426	-0.005708	.000000
13	-0.000361	-0.004571	.000000
14	-0.000426	-0.005708	.000000
17	.000000	.000000	.000000
18	.000000	.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO7.OUT  
 PAGE  
 3

A P P L I E D   L O A D S

FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD    VERT -----

JOINT	FX	FZ	MY
4	.000000	-3.000000	.000000
11	.000000	-3.000000	.000000
12	.000000	-3.000000	.000000
13	.000000	-3.000000	.000000
14	.000000	-3.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO7.OUT  
 PAGE  
 4

G L O B A L   F O R C E   B A L A N C E

TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD    VERT -----

	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED	.000000	.000000	-15.000000	.000000	.000000	.000000
REACTNS	1.05E-14	.000000	15.000000	.000000	1.04E-13	.000000
TOTAL	1.05E-14	.000000	-4.97E-14	.000000	1.04E-13	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 FILE:EJEMPLO7.OUT

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 2 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	.000000	.000000	-6.000000	.000000	.000000	.000000
4	.000000	.000000	6.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 12 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
7	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 13 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
7	-14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
8	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 14 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
8	-11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
3	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 15 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	-11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
9	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 16 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
9	-14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
10	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO7.OUT  
 PAGE  
 6

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 17 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
10	-14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
5	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 18 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	15.000000	.000000	7.500000	.000000	.000000	.000000
11	-15.000000	.000000	-7.500000	.000000	.000000	.000000

ELEM 19 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
11	12.000000	.000000	6.000000	.000000	.000000	.000000
12	-12.000000	.000000	-6.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 20 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
12	9.000000	.000000	4.500000	.000000	.000000	.000000
4	-9.000000	.000000	-4.500000	.000000	.000000	.000000

ELEM 21 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
5	-15.000000	.000000	7.500000	.000000	.000000	.000000
13	15.000000	.000000	-7.500000	.000000	.000000	.000000

ELEM 22 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
13	-12.000000	.000000	6.000000	.000000	.000000	.000000
14	12.000000	.000000	-6.000000	.000000	.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL07.OUT  
PAGE  
7

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 23 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
14	-9.000000	.000000	4.500000	.000000	.000000	.000000
4	9.000000	.000000	-4.500000	.000000	.000000	.000000

ELEM 24 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
7	.000000	.000000	5.55E-17	.000000	.000000	.000000
11	.000000	.000000	-5.55E-17	.000000	.000000	.000000

ELEM 25 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
11	3.000000	.000000	-1.500000	.000000	.000000	.000000
8	-3.000000	.000000	1.500000	.000000	.000000	.000000

ELEM 26 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
8	.000000	.000000	-1.500000	.000000	.000000	.000000
12	.000000	.000000	1.500000	.000000	.000000	.000000

ELEM 27 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
12	3.000000	.000000	-3.000000	.000000	.000000	.000000
3	-3.000000	.000000	3.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 28 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	3.000000	.000000	3.000000	.000000	.000000	.000000
14	-3.000000	.000000	-3.000000	.000000	.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL07.OUT  
PAGE  
8

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 29 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
14	.000000	.000000	1.500000	.000000	.000000	.000000
9	.000000	.000000	-1.500000	.000000	.000000	.000000

ELEM 30 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
9	3.000000	.000000	1.500000	.000000	.000000	.000000
13	-3.000000	.000000	-1.500000	.000000	.000000	.000000

ELEM 31 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
10	.000000	.000000	-3.89E-15	.000000	.000000	.000000
13	.000000	.000000	3.89E-15	.000000	.000000	.000000

ELEM 33 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
17	0.161332	.000000	7.500000	.000000	0.967990	.000000
1	-0.161332	.000000	-7.500000	.000000	-7.55E-17	.000000

ELEM 34 -----

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
18	-0.161332	.000000	7.500000	.000000	-0.967990	.000000
5	0.161332	.000000	-7.500000	.000000	-2.14E-17	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO7.OUT  
 PAGE  
 9

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 2 ----- LENGTH = 4.500000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	6.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	6.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	6.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 12 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.25000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.75000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 13 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.25000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.75000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 14 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.25000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.75000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 15 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.25000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.75000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	11.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO7.OUT  
 PAGE  
 10

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 16 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.25000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.75000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	14.838668	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 17 ----- LENGTH = 3.000000  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.25000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.75000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
1.00000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 18 ----- LENGTH = 3.354102  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
1.00000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 19 ----- LENGTH = 3.354102  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
1.00000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 20 ----- LENGTH = 3.354102  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
1.00000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO7.OUT  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED PAGE  
11

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 21 ----- LENGTH = 3.354102  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
1.00000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 22 ----- LENGTH = 3.354102  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
1.00000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 23 ----- LENGTH = 3.354102  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
1.00000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 24 ----- LENGTH = 1.500000  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 -5.55E-17 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 -5.55E-17 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
1.00000 -5.55E-17 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 25 ----- LENGTH = 3.354102  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 -3.354102 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 -3.354102 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
1.00000 -3.354102 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 26 ----- LENGTH = 3.000000  
LOAD VERT -----  
REL DIST P V2 V3 T M2 M3  
0.00000 1.500000 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000  
0.50000 1.500000 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

1.00000 1.50000 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL07.OUT  
PAGE  
12

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 27 ----- LENGTH = 4.242641

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-4.242641	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	-4.242641	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	-4.242641	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 28 ----- LENGTH = 4.242641

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-4.242641	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	-4.242641	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	-4.242641	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 29 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	1.500000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	1.500000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	1.500000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 30 ----- LENGTH = 3.354102

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-3.354102	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	-3.354102	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	-3.354102	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 31 ----- LENGTH = 1.500000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	3.89E-15	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0.50000	3.89E-15	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
1.00000	3.89E-15	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

ELEM 33 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-7.500000	-0.161332	.000000	.000000	.000000	-0.967990
0.50000	-7.500000	-0.161332	.000000	.000000	.000000	-0.483995
1.00000	-7.500000	-0.161332	.000000	.000000	.000000	4.44E-16

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

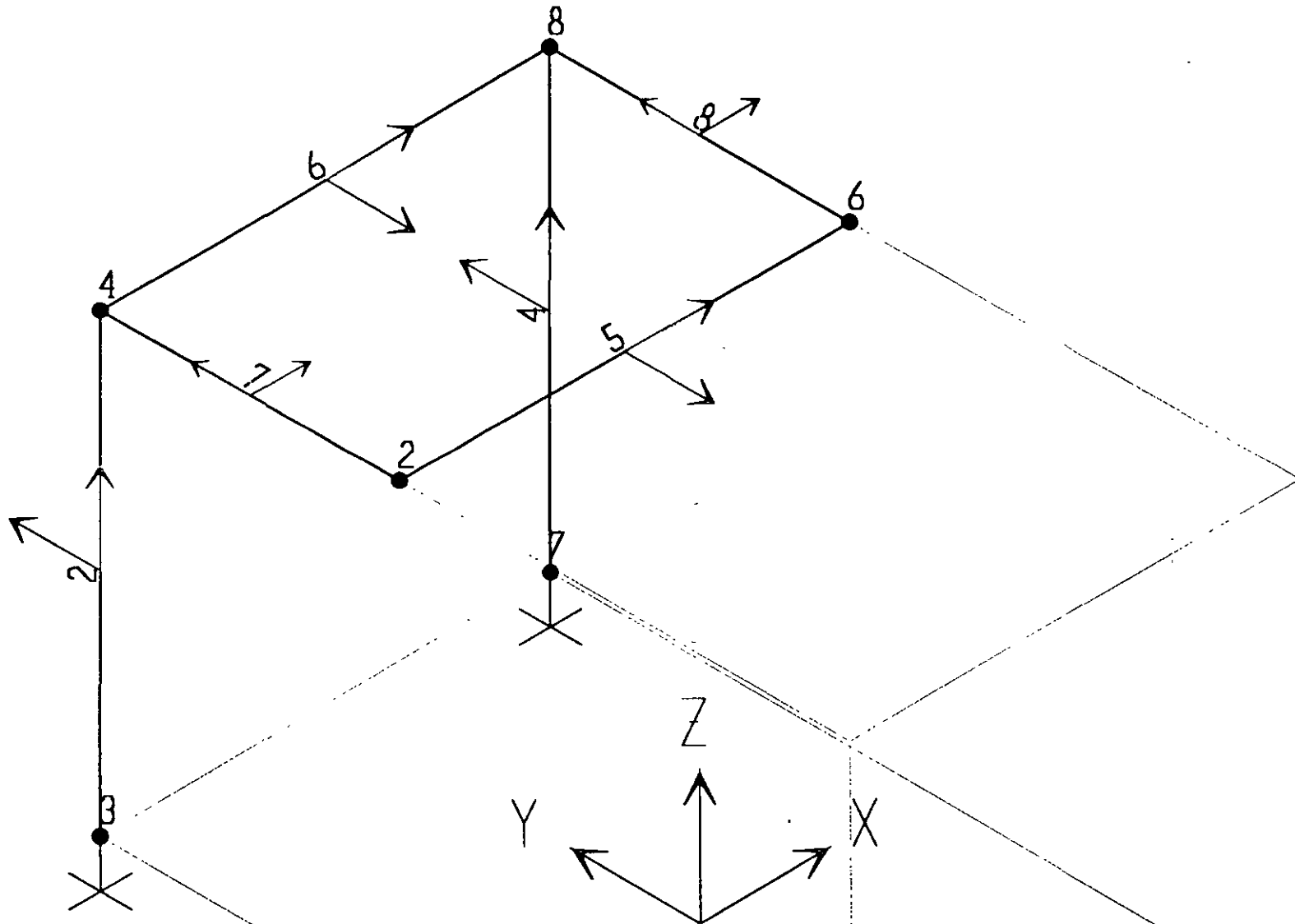
FILE:EJEMPL07.OUT  
PAGE  
13

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

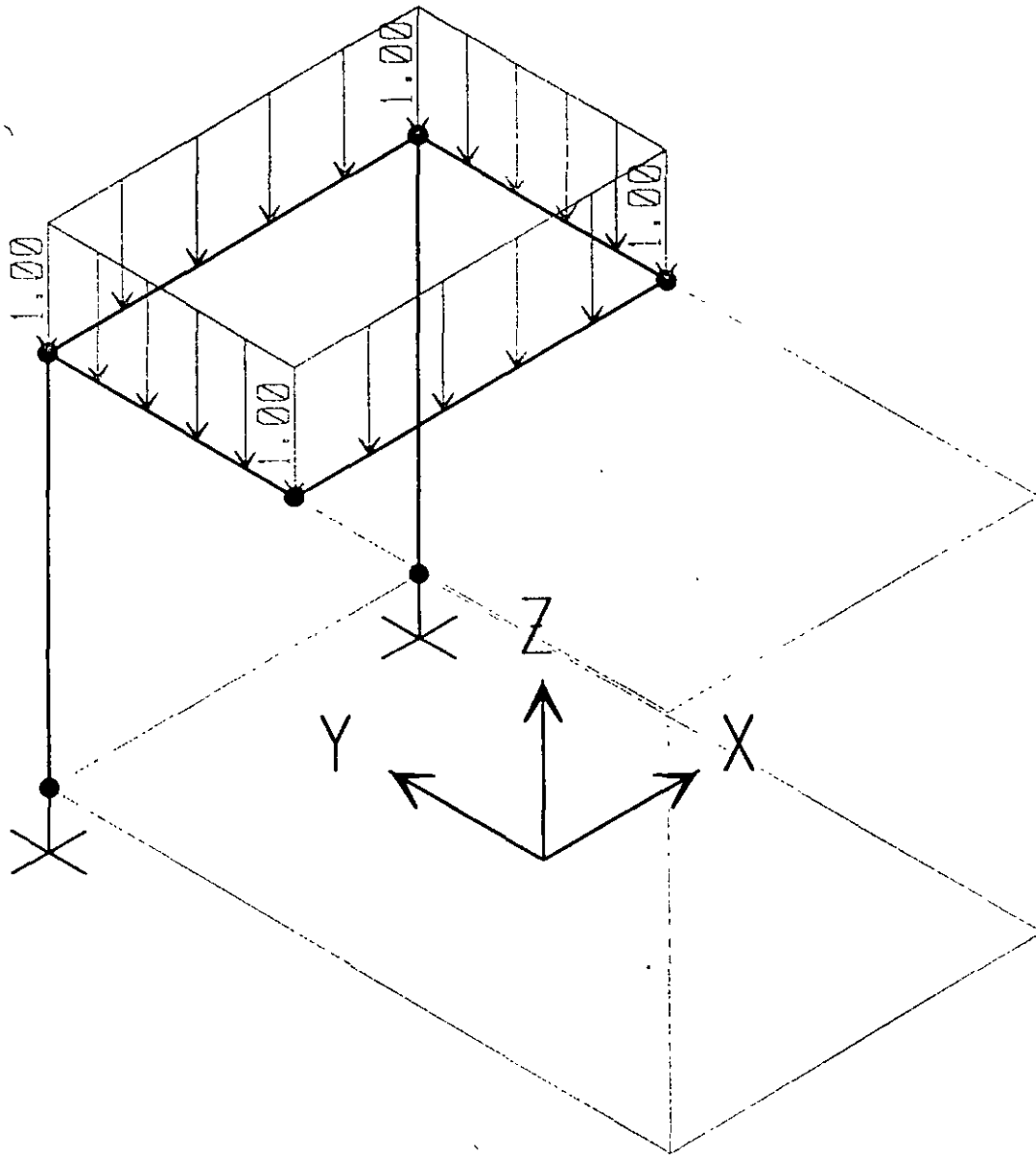
ELEM 34 ----- LENGTH = 6.000000

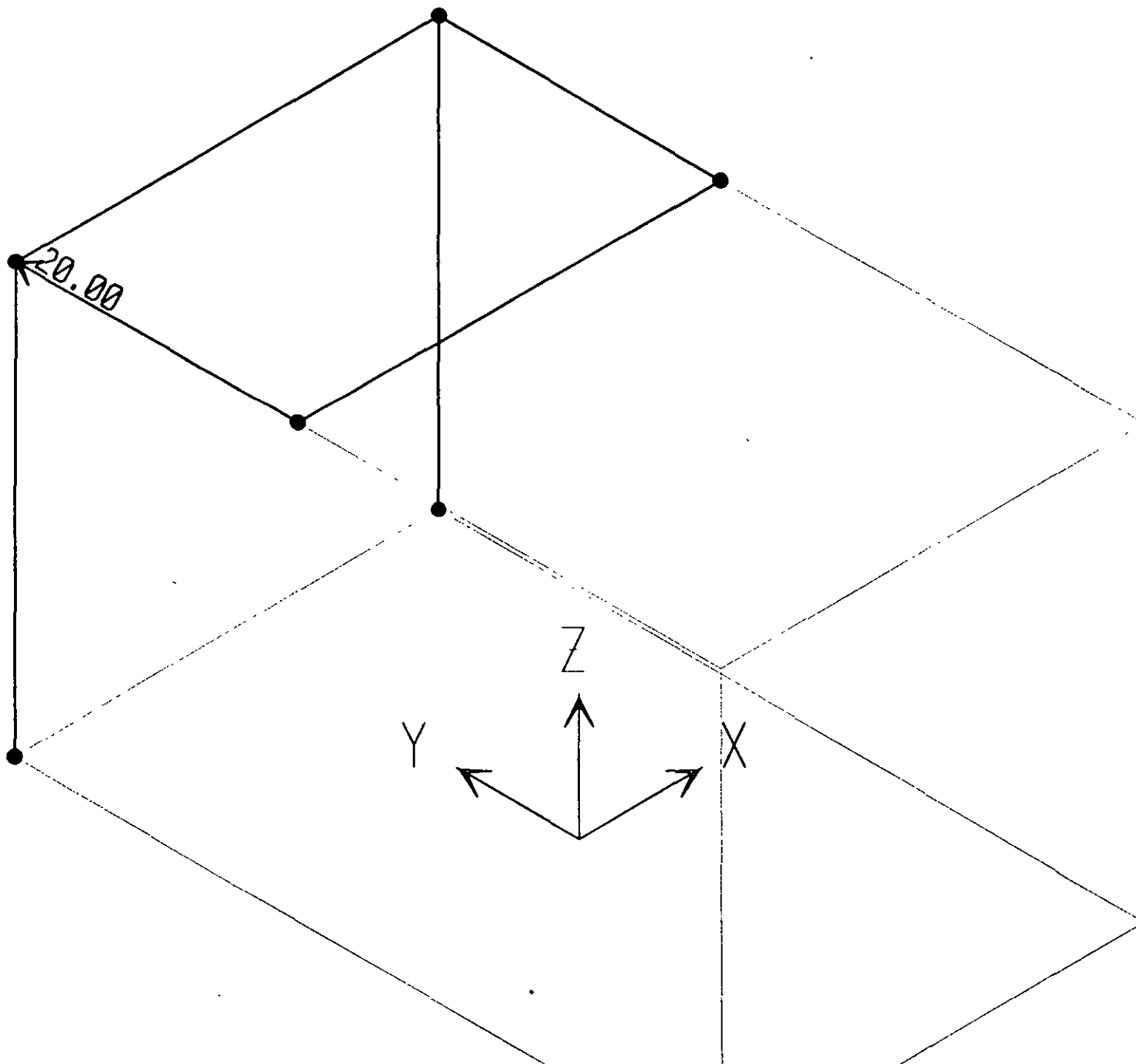
LOAD VERT -----

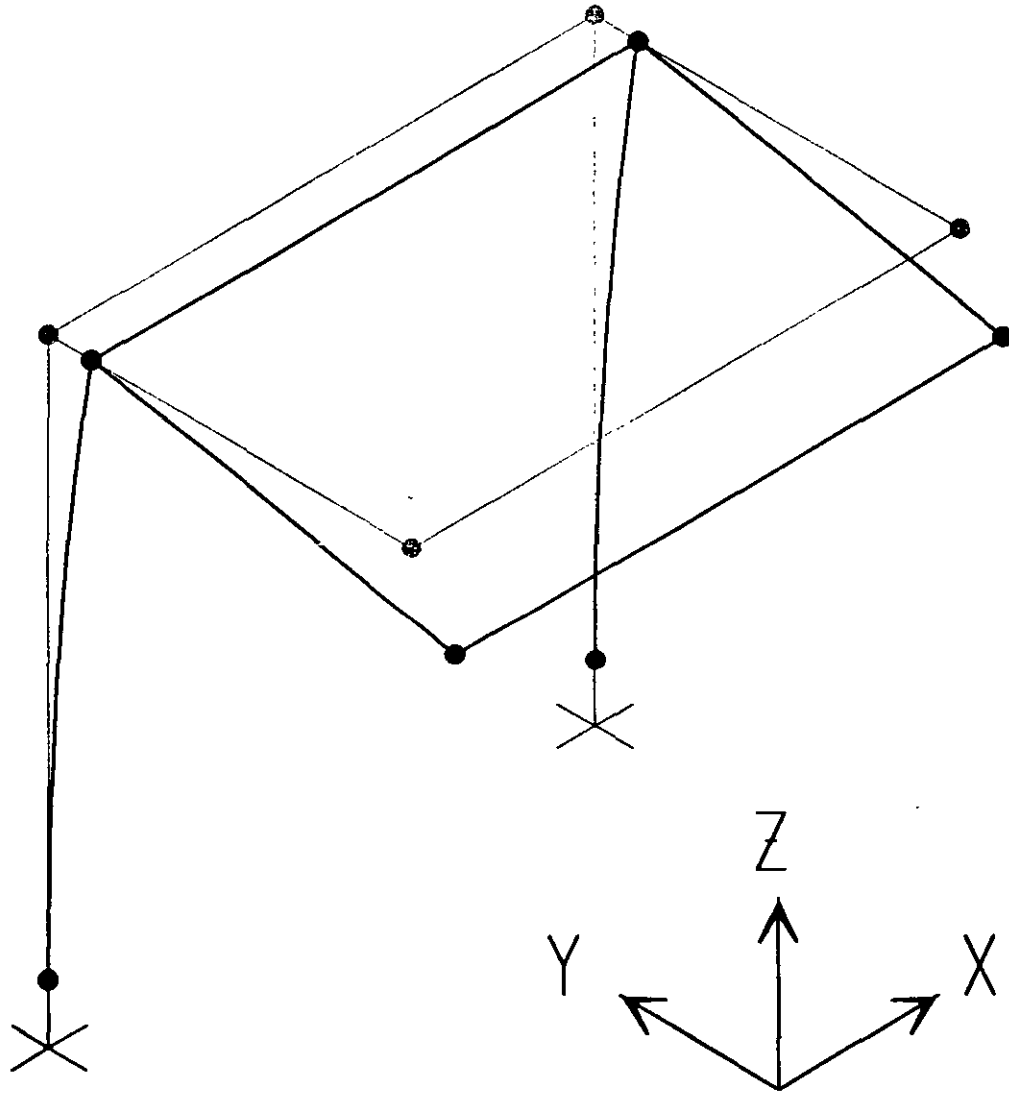
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-7.500000	0.161332	.000000	.000000	.000000	0.967990
0.50000	-7.500000	0.161332	.000000	.000000	.000000	0.483995
1.00000	-7.500000	0.161332	.000000	.000000	.000000	-1.39E-16



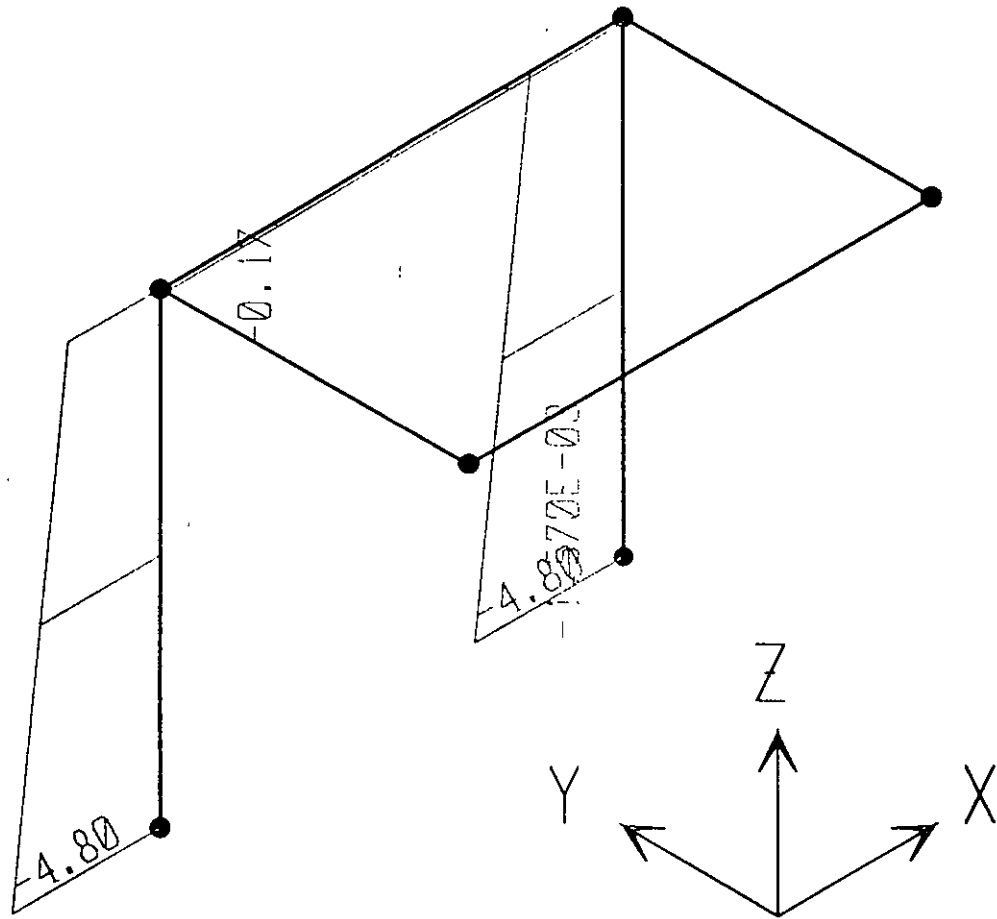


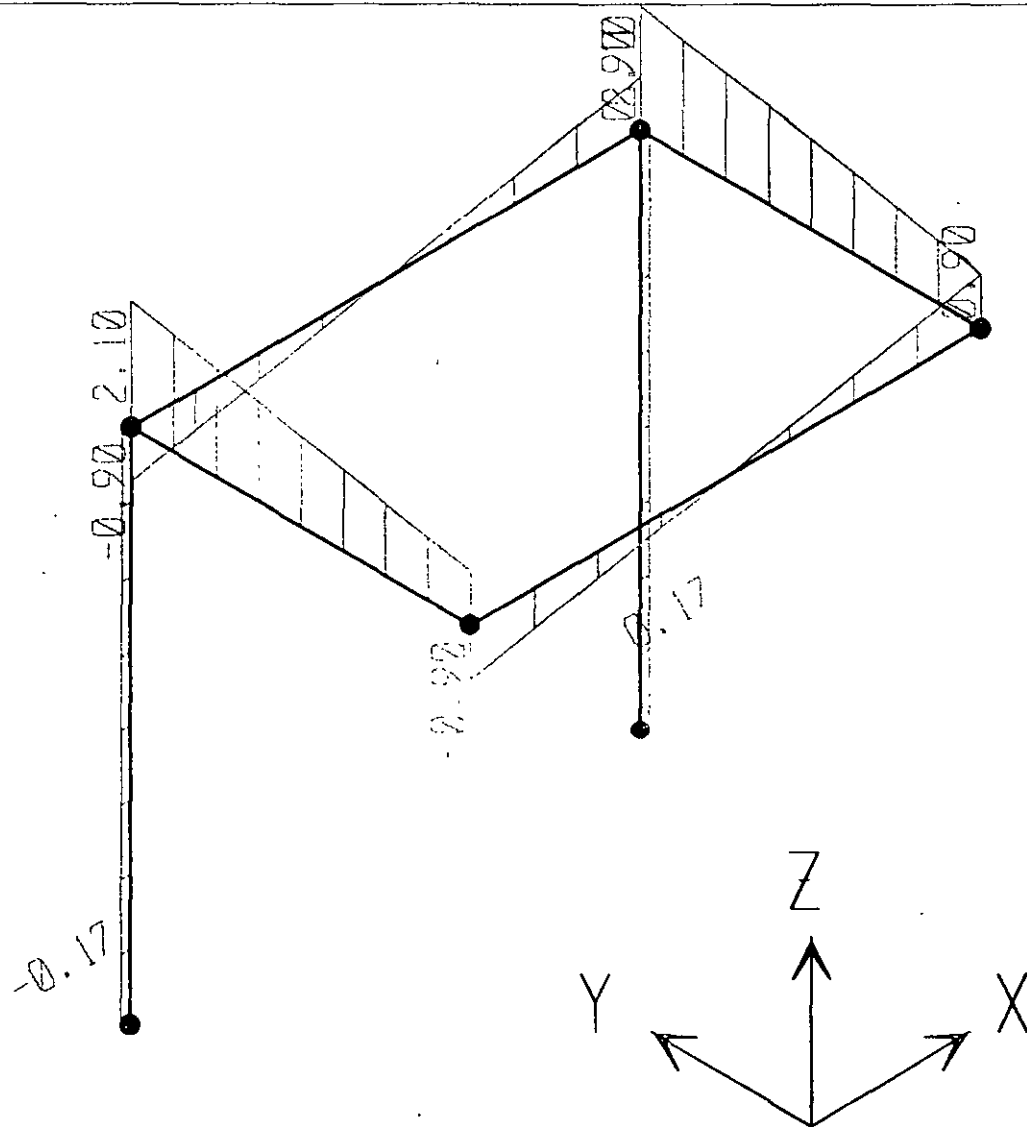


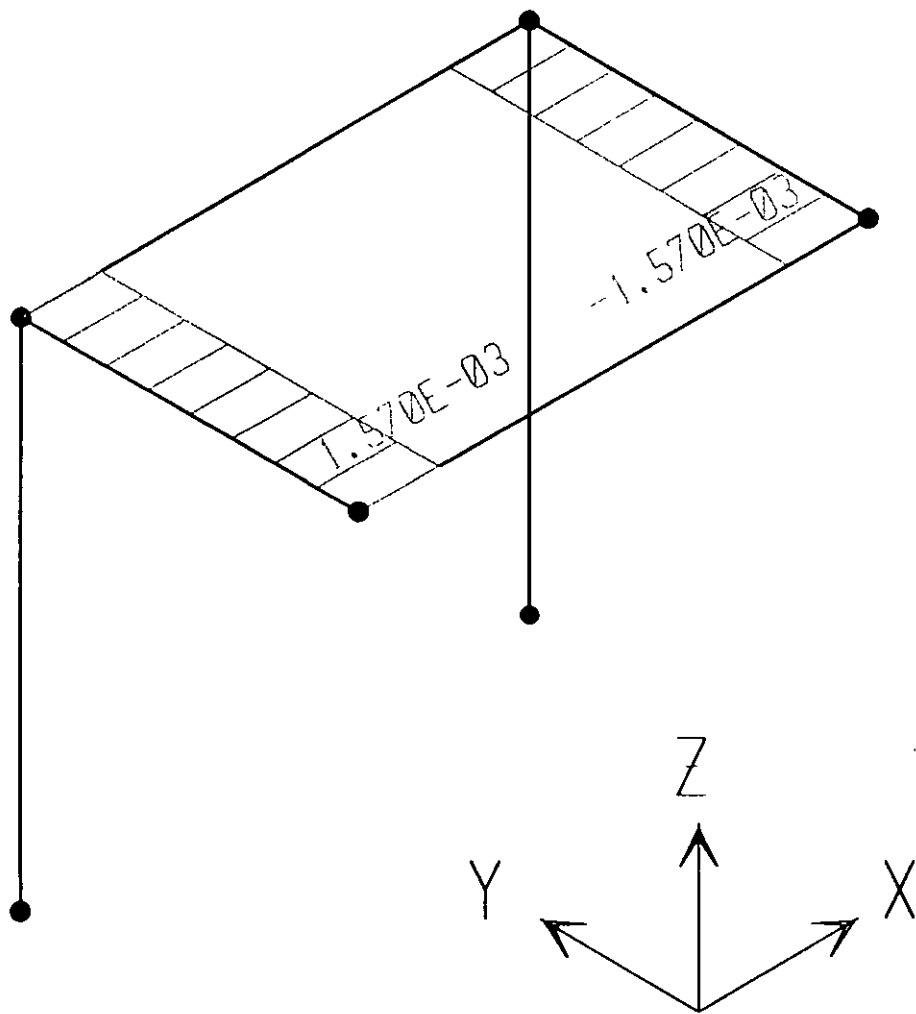


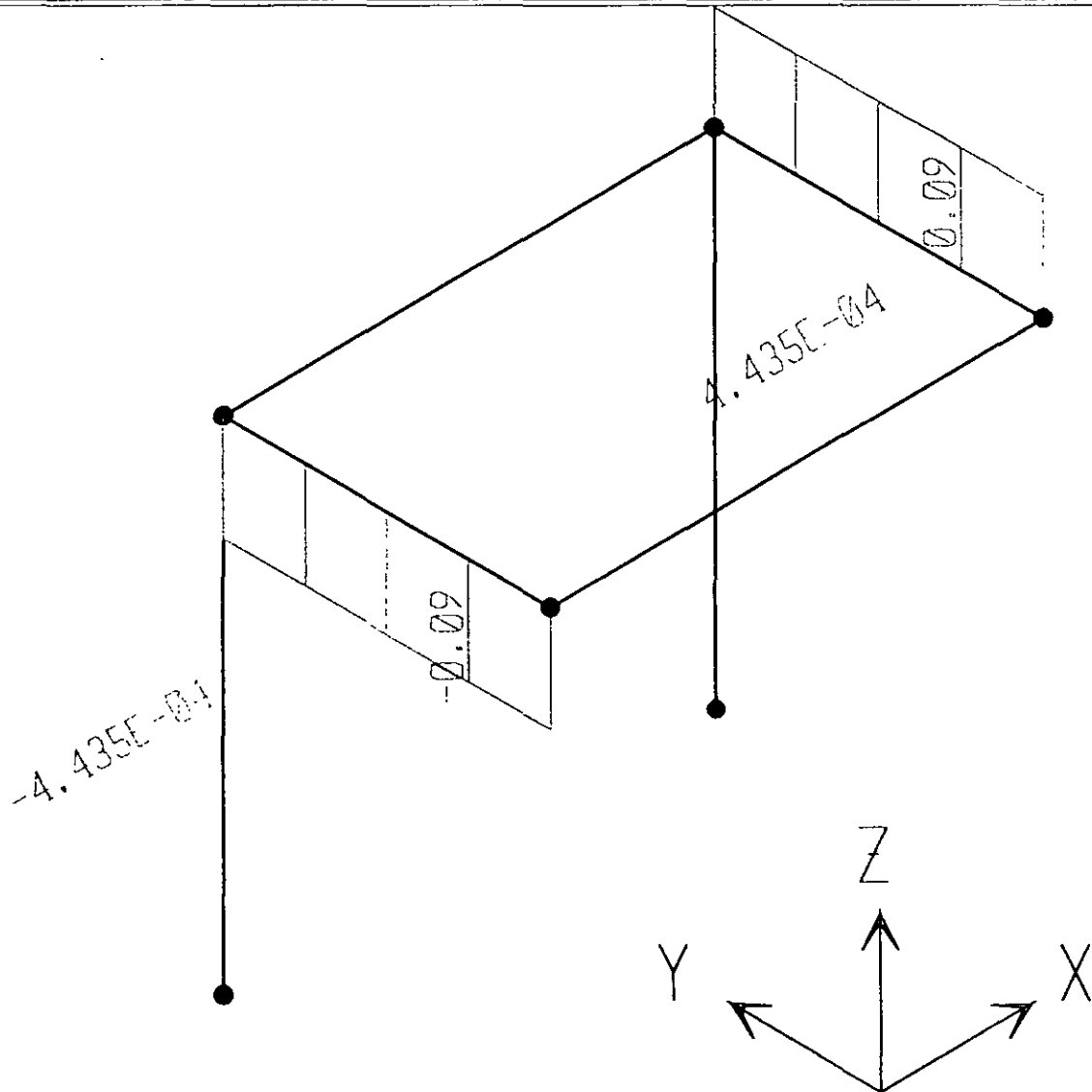


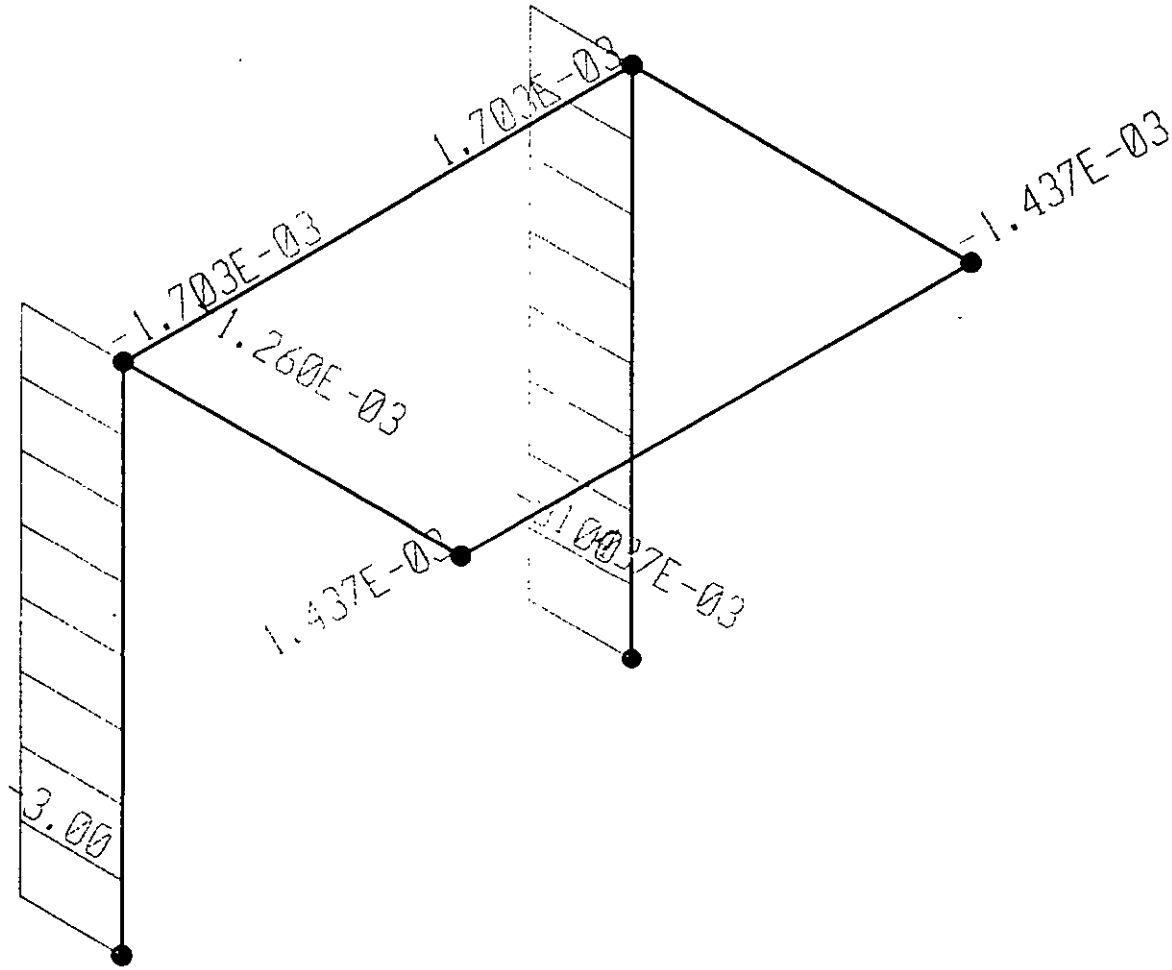
131



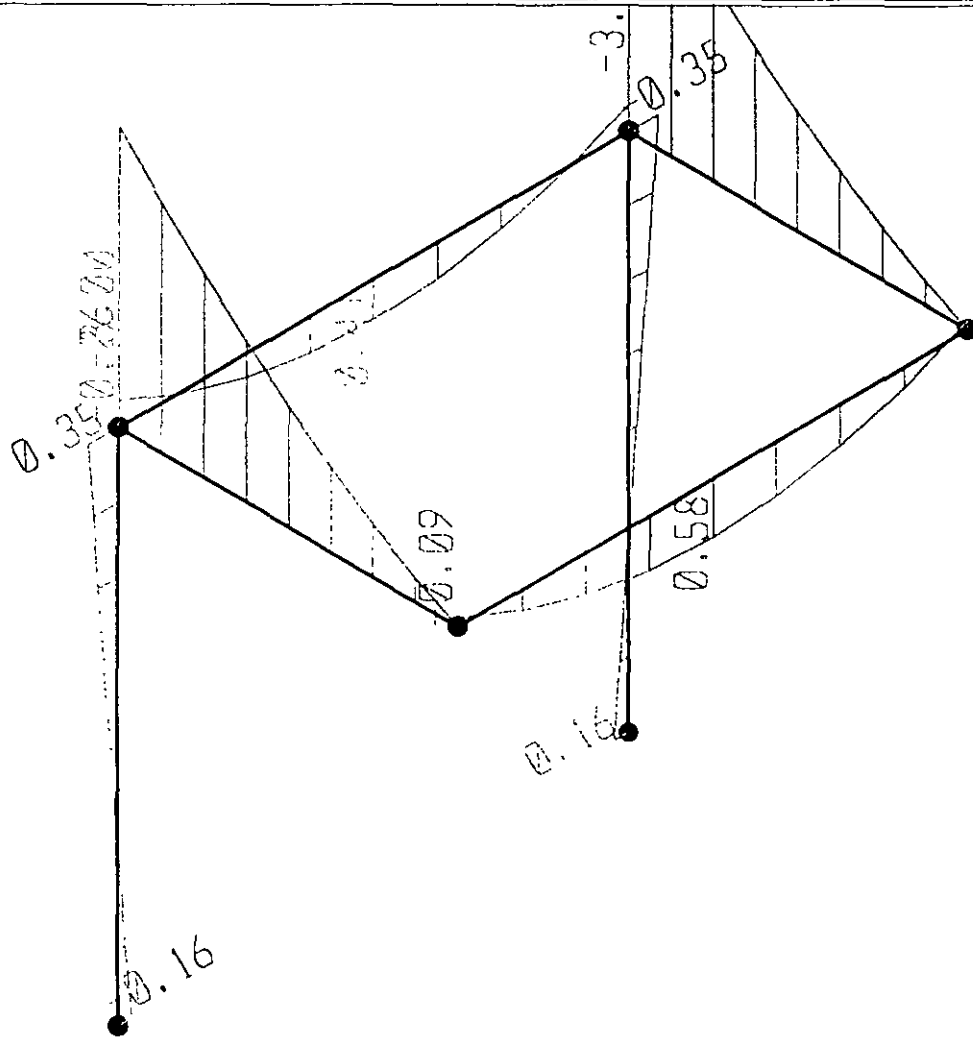




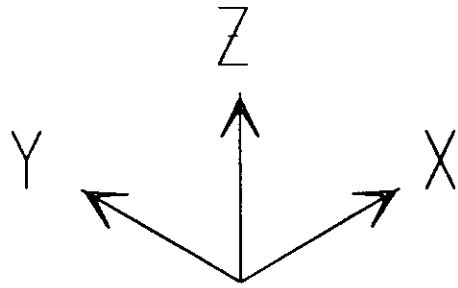
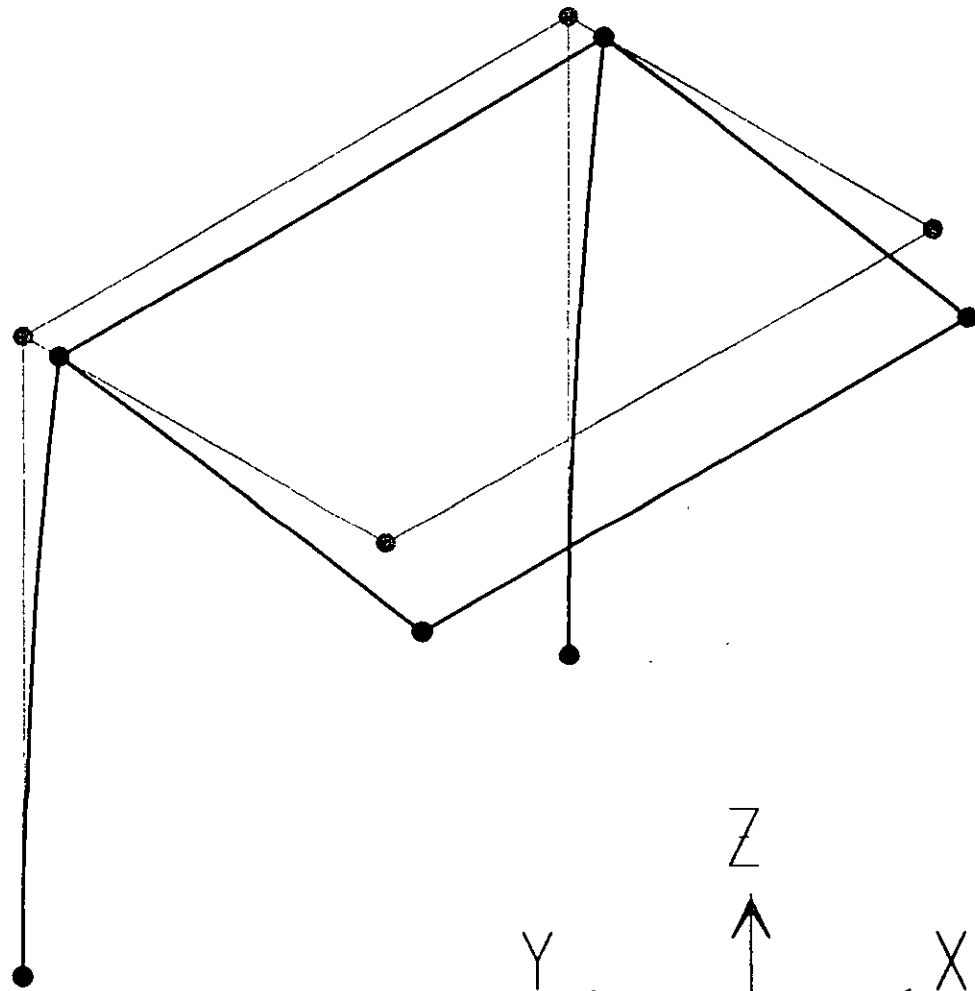


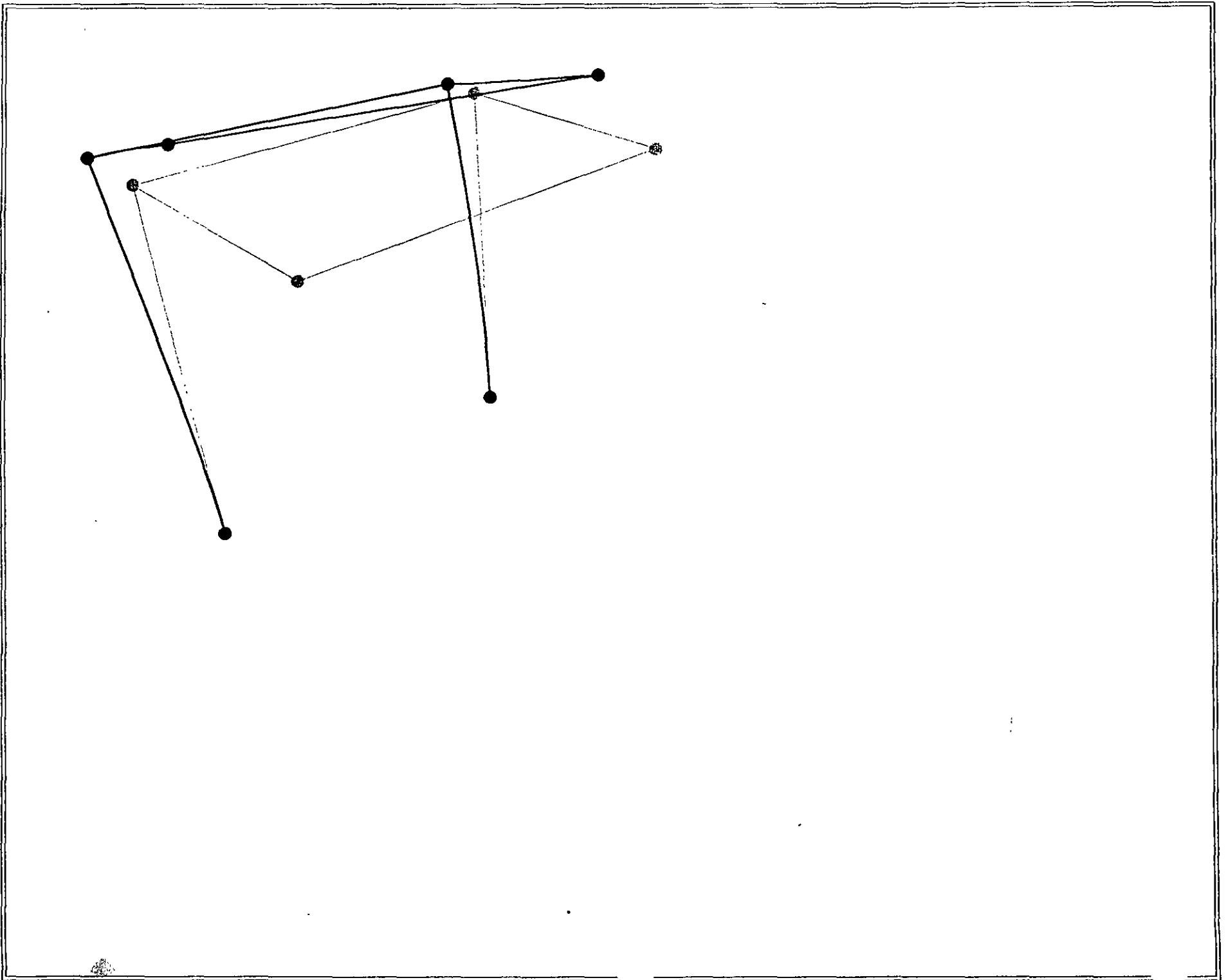


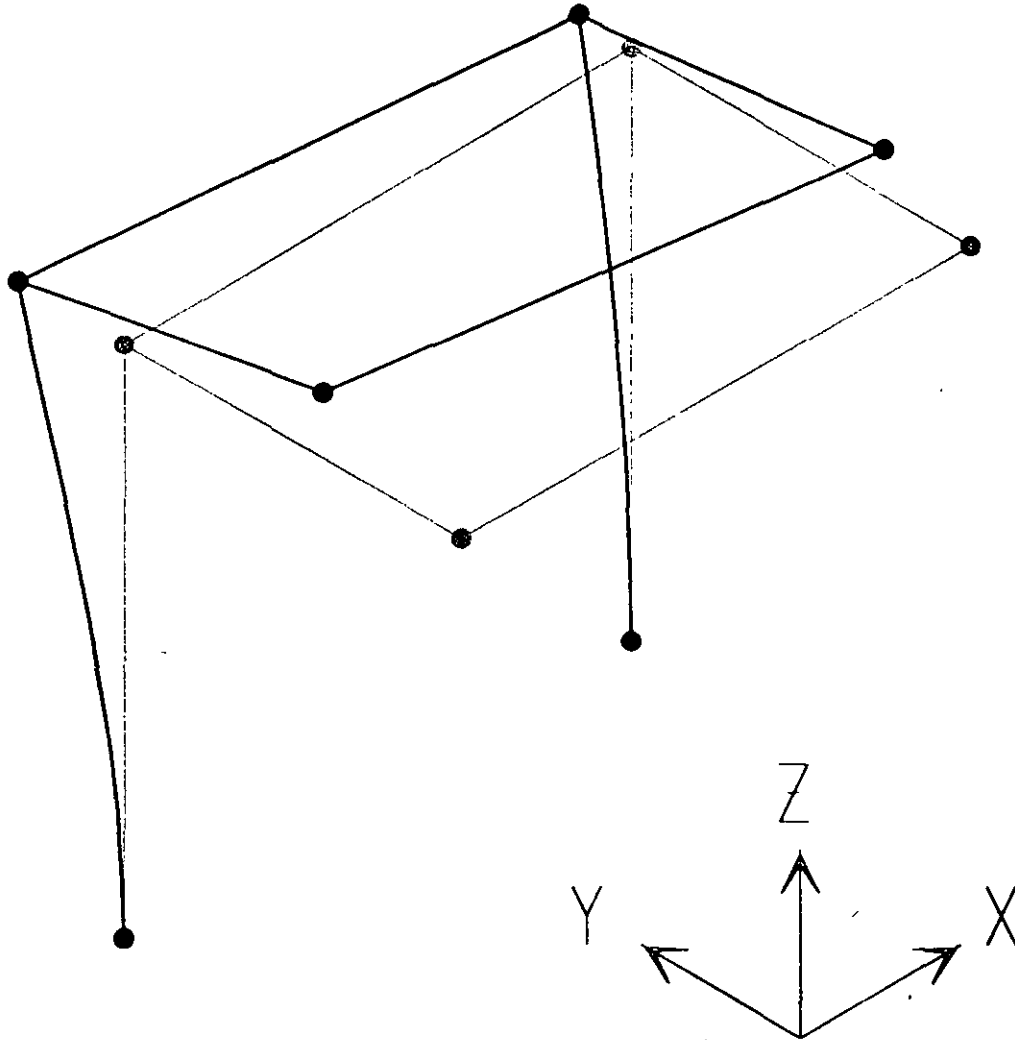


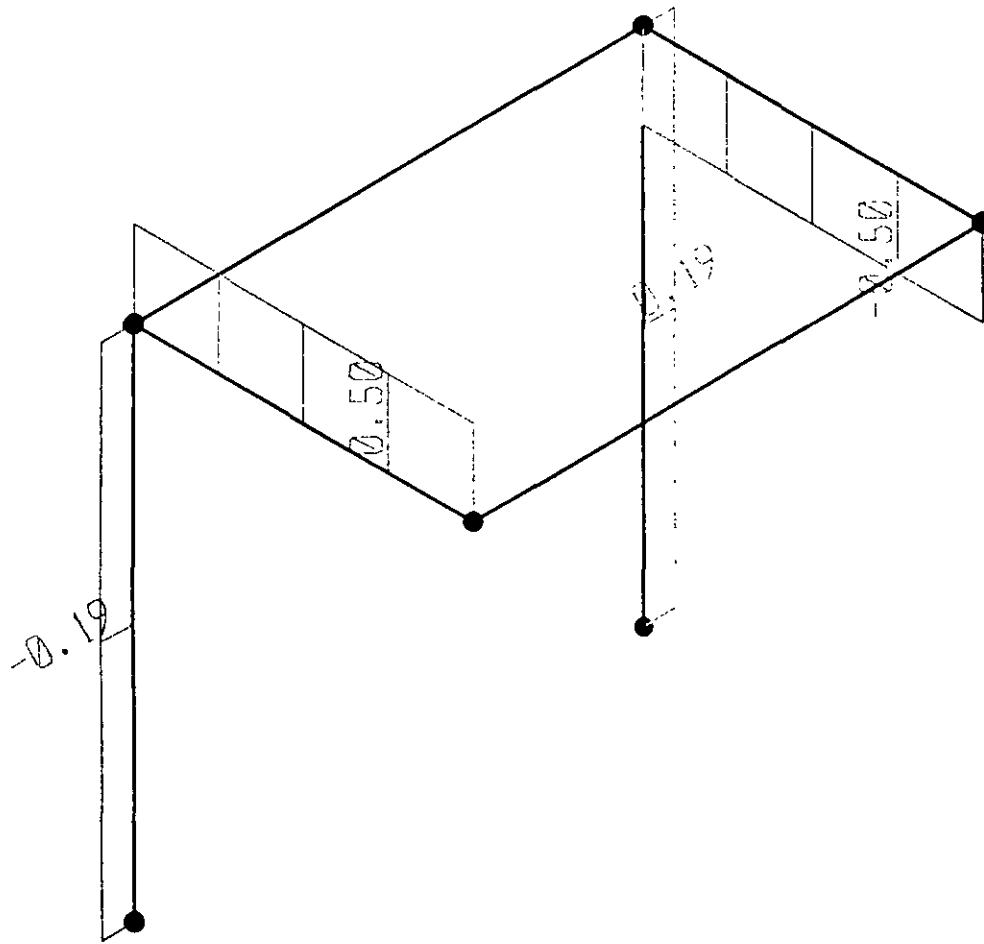


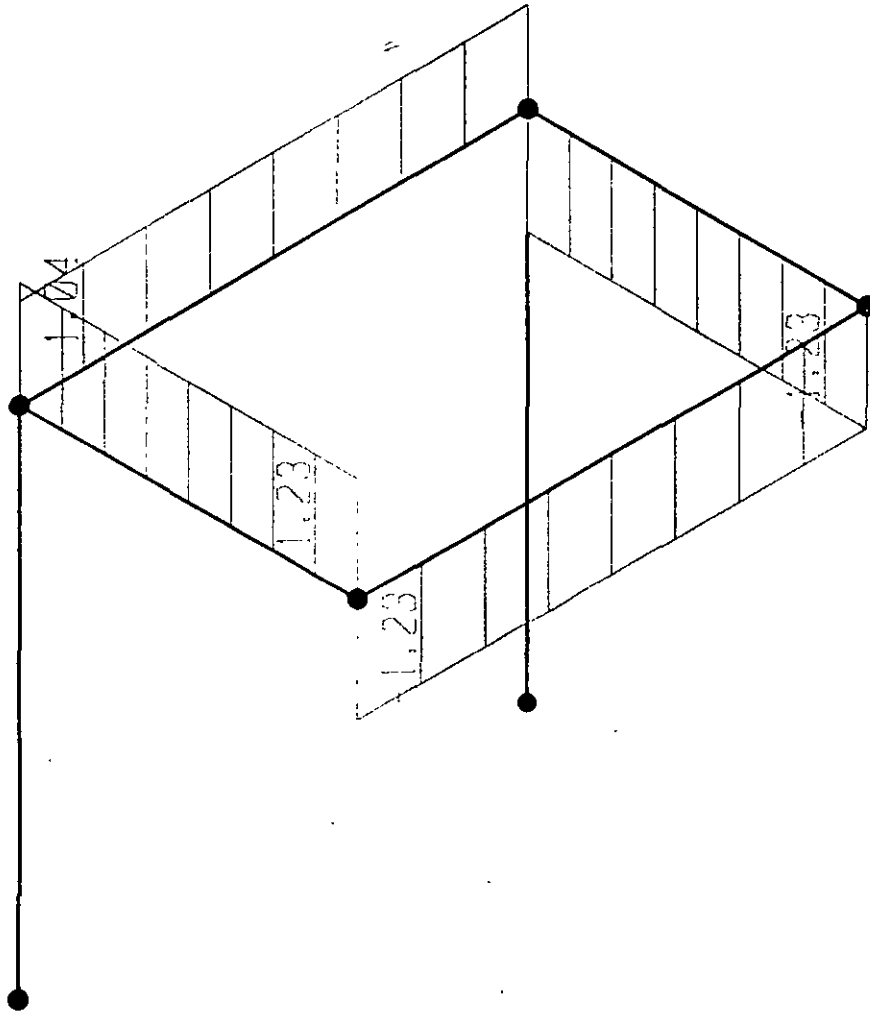
170

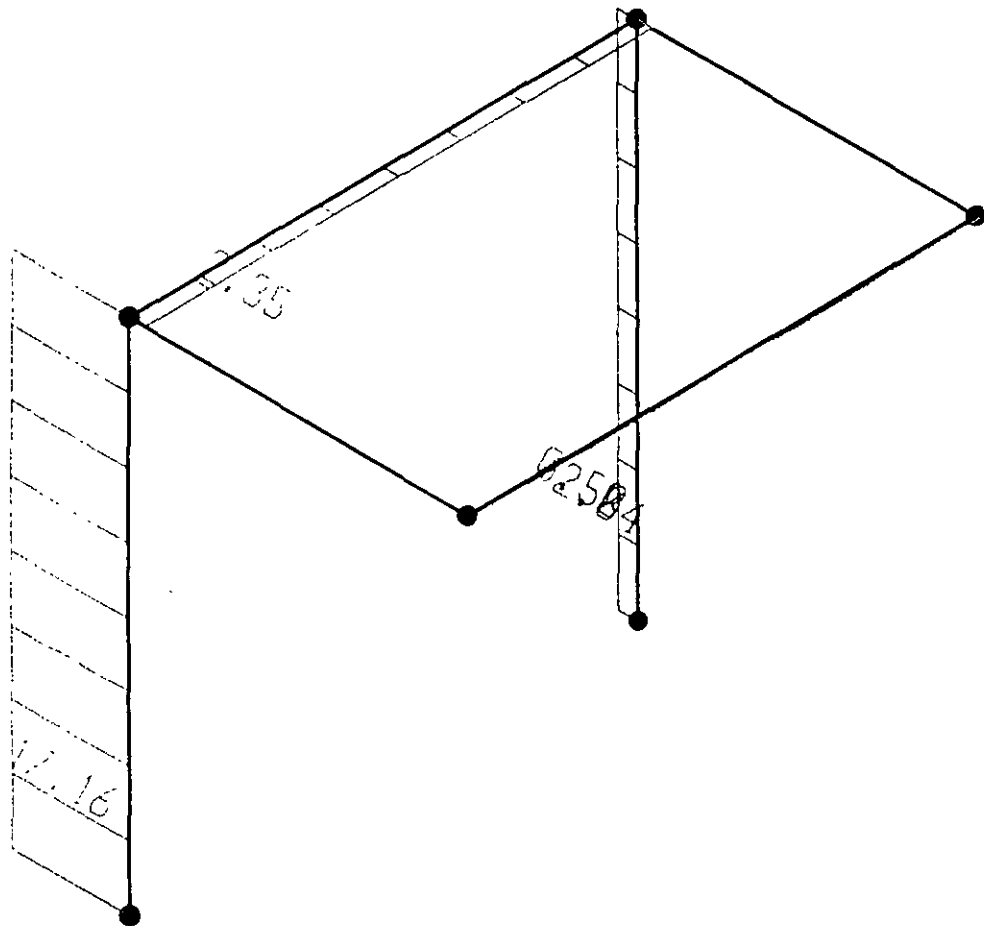


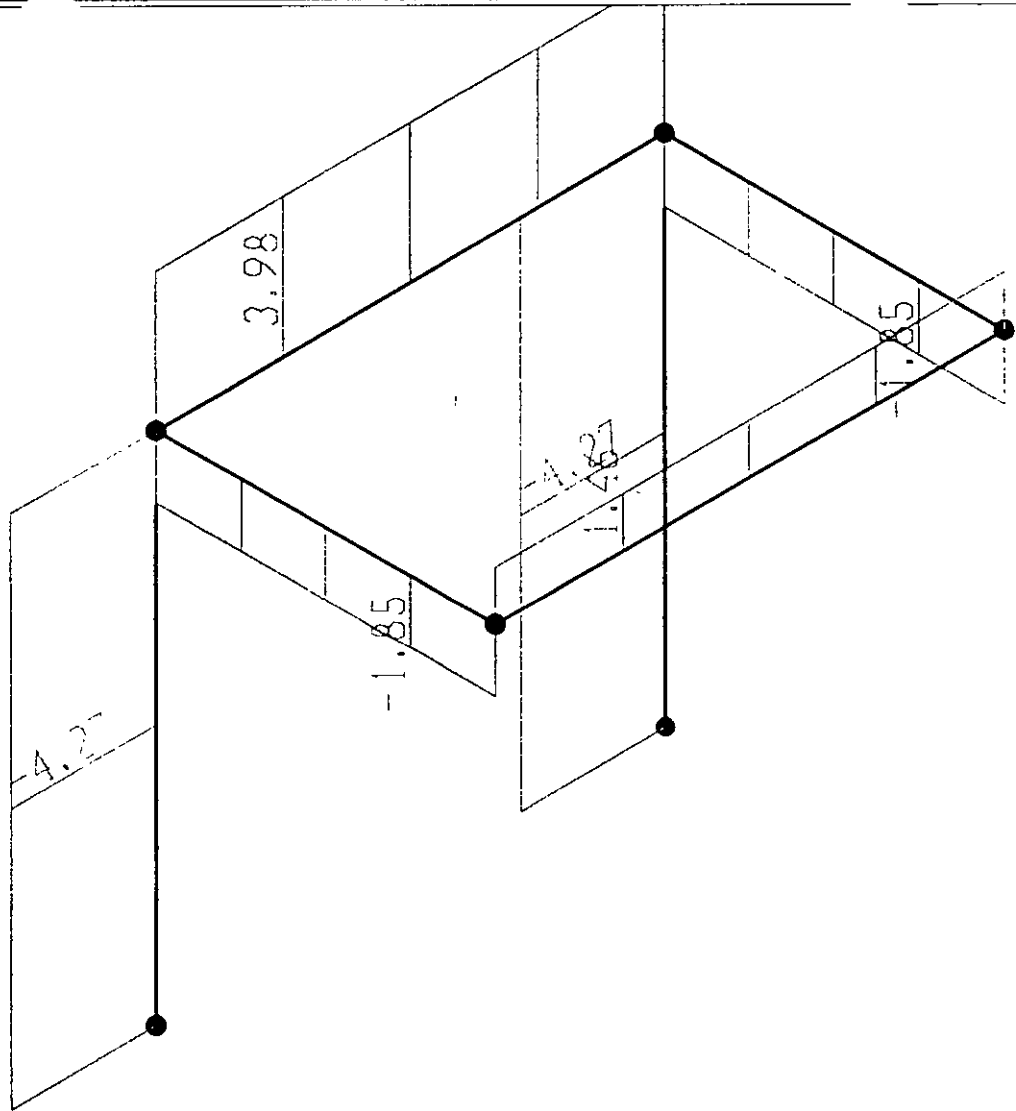




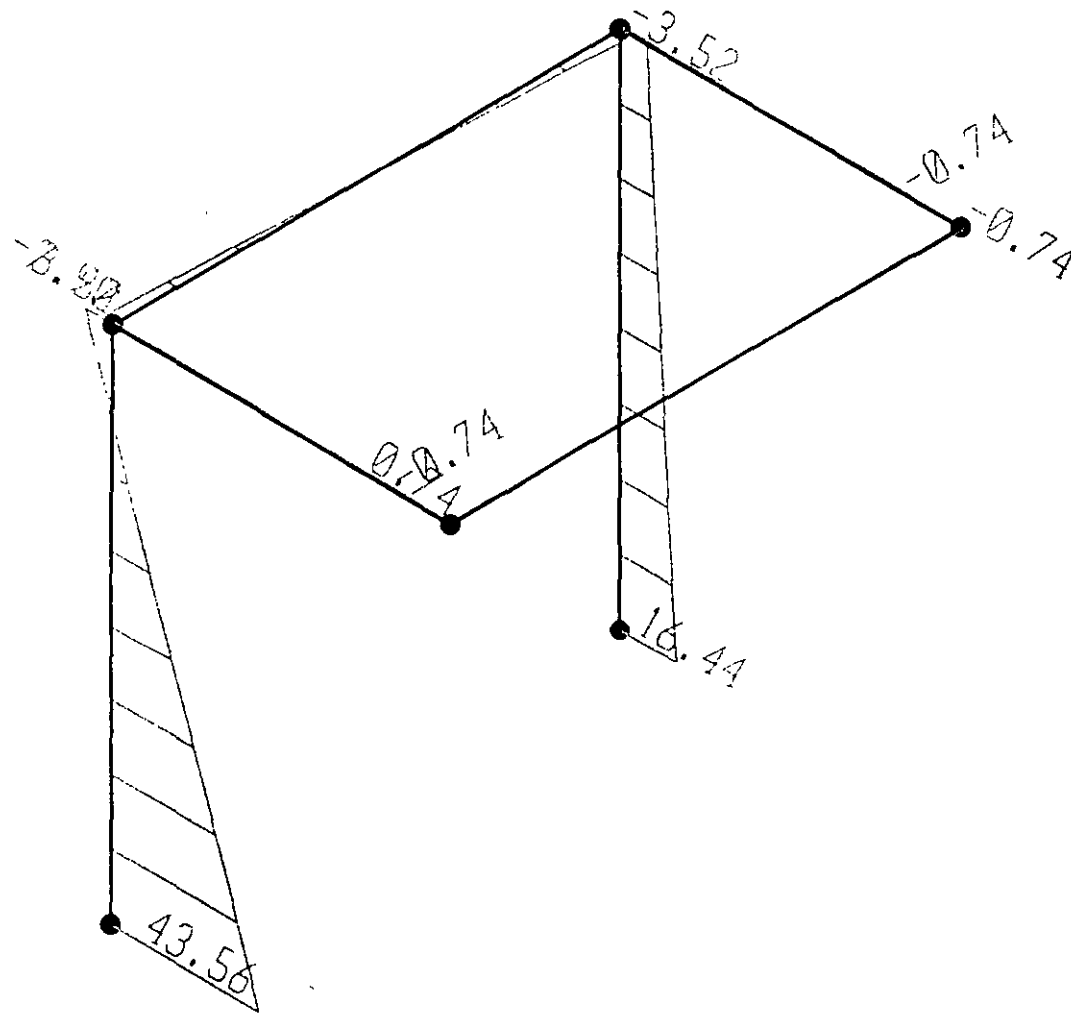




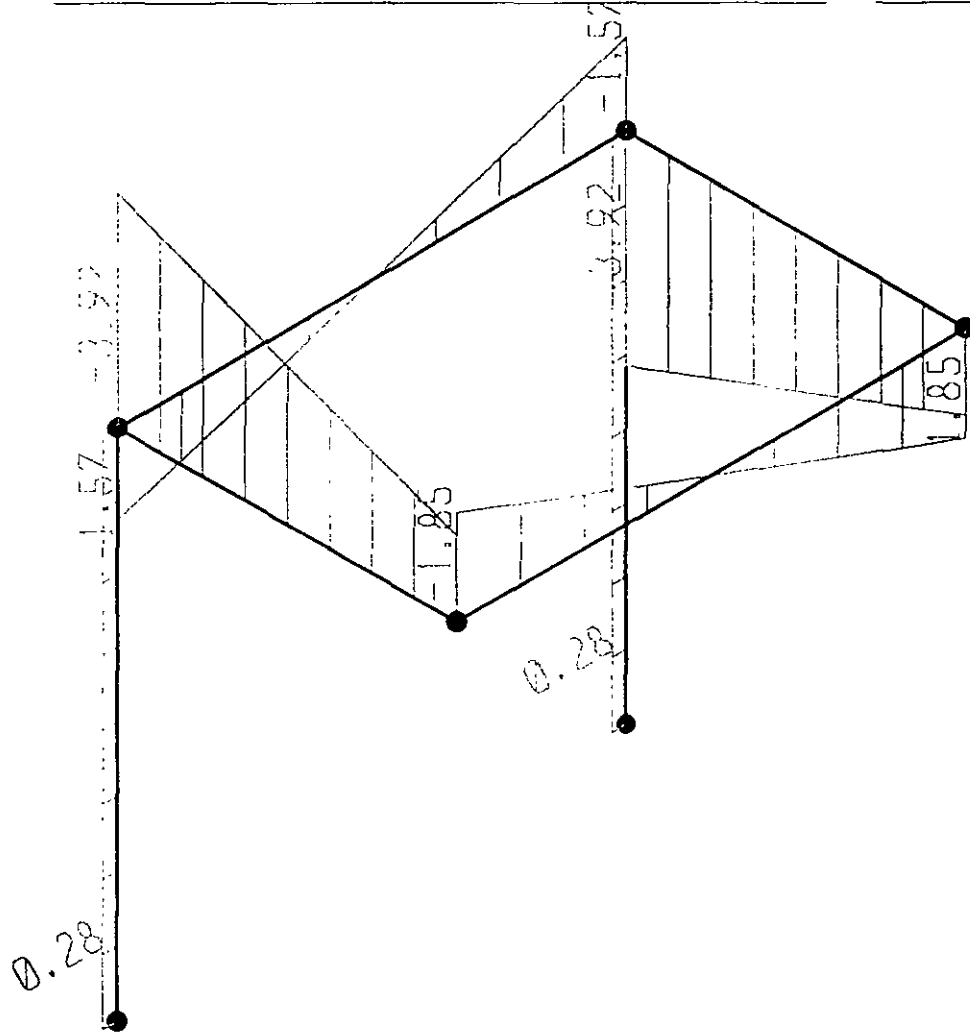


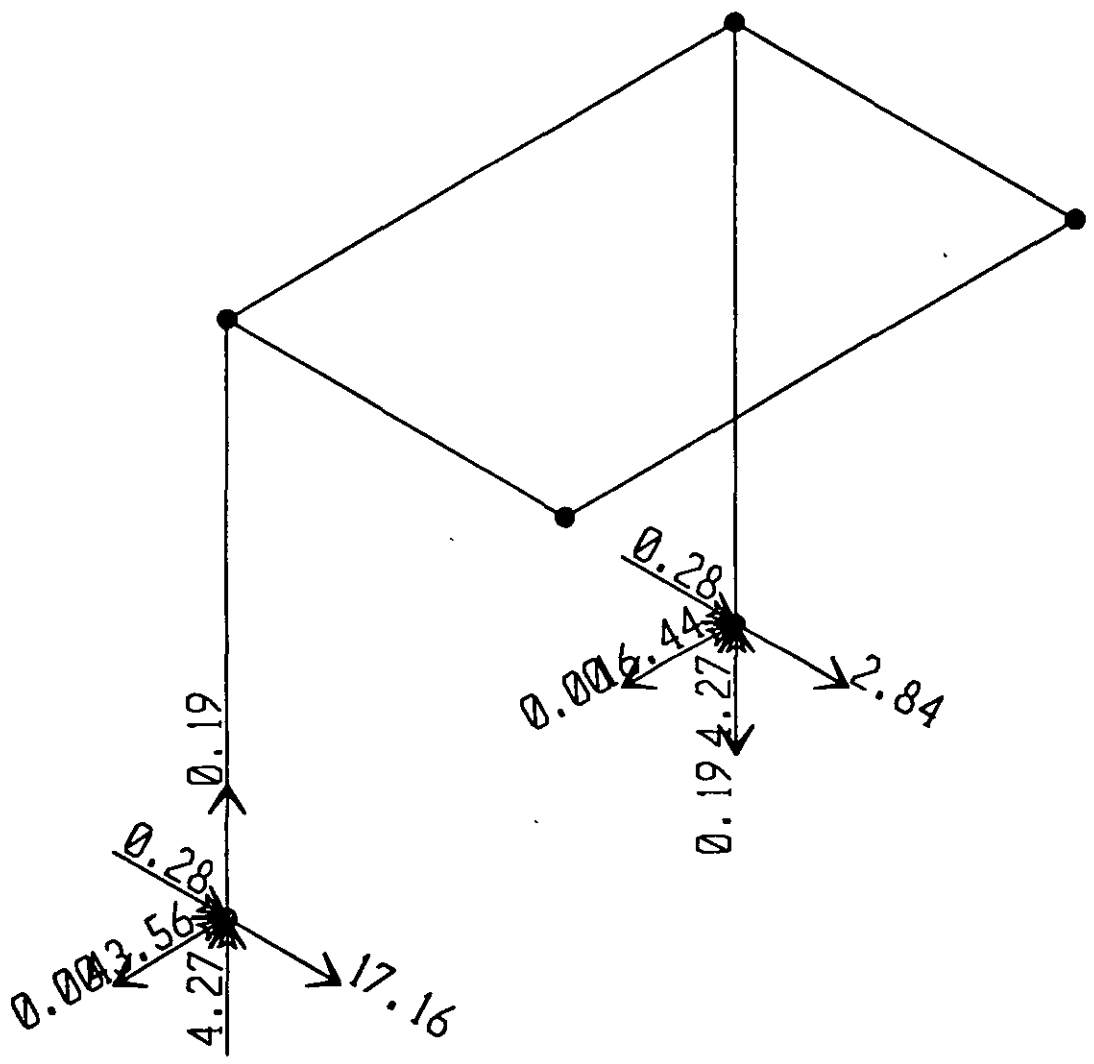






118





180

; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo8.s2k saved 3/19/00 15:01:06 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

2 X=-1.5 Y=.5 Z=3  
3 X=-1.5 Y=2.5 Z=0  
4 X=-1.5 Y=2.5 Z=3  
6 X=1.5 Y=.5 Z=3  
7 X=1.5 Y=2.5 Z=0  
8 X=1.5 Y=2.5 Z=3

RESTRAINT

ADD=3 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3  
ADD=7 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413  
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117  
NAME=CONC IDES=C M=-.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099  
NAME=CONC250 IDES=C M=.244 W=2.4  
T=0 E=2213510 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FSECC1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125  
NAME=FS1 MAT=CONC250 SH=R T=.5,.5 A=.25 J=8.802084E-03 I=5.208333E-03,5.208333E-03 AS=.2083333,.2083333

FRAME

2 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
4 J=7,8 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
5 J=2,6 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0  
6 J=4,8 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0  
7 J=2,4 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0  
8 J=6,8 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0

LOAD

NAME=PESOP SW=1  
NAME=VERT  
TYPE=DISTRIBUTED SPAN  
ADD=5 RD=0,1 UZ=-1,-1  
ADD=6 RD=0,1 UZ=-1,-1  
ADD=7 RD=0,1 UZ=-1,-1  
ADD=8 RD=0,1 UZ=-1,-1  
NAME=SISMOY  
TYPE=FORCE  
ADD=4 UY=20

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=PESOP  
ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=VERT  
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=PESOP  
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=VERT  
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=PESOP  
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=VERT  
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=PESOP  
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=VERT

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.  
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.  
; If changes are made to the analysis data above, then the following data  
; should be checked for consistency.  
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" -1.5  
GRID GLOBAL X "2" 1.5  
GRID GLOBAL Y "3" -2.5  
GRID GLOBAL Y "4" 2.5  
GRID GLOBAL Z "5" 0  
GRID GLOBAL Z "6" 3  
MATERIAL STEEL FY 25310.5  
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278  
MATERIAL CONC250 FYREBAR 42 FYSHEAR 21 FC 2.5 FCSHEAR 2  
FRAMESECTION FS1 NAME REC50X50  
CONCRETESECTION REC50X50 COLUMN COVER .05 REBAR RR-3-3  
STATICLOAD PESOP TYPE DEAD  
STATICLOAD VERT TYPE LIVE  
STATICLOAD SISMOY TYPE QUAKE  
END SUPPLEMENTAL DATA

S A P 2 0 0 0  
 Structural Analysis Programs  
 Version 6.10  
 Copyright (C) 1978-1997  
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
 All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all  
 results produced by this program

19 Mar 2000 13:35:45

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1  
 PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

S Y S T E M D A T A

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00  
 LENGTH UNITS - - - - - M  
 FORCE UNITS - - - - - TON  
 UP DIRECTION - - - - - +Z  
 GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - ALL  
 PAGINATION BY - - - - - LINES  
 NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59  
 INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2  
 PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

G E N E R A T E D J O I N T C O O R D I N A T E S

JOINT	X	Y	Z
2	-1.500	0.500	3.000
3	-1.500	2.500	0.000
4	-1.500	2.500	3.000
6	1.500	0.500	3.000
7	1.500	2.500	0.000
8	1.500	2.500	3.000

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3  
 PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

P A T T E R N S

PATTERN	JOINT	VALUE
DEFAULT		

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4  
 PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

R E S T R A I N T D A T A

JOINT	U1	U2	U3	R1	R2	R3
3						
7						

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5  
 PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

MAT LABEL	NUMBER	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL	DESIGN CODE
STEEL	1	0.7833E+01	0.7981E+00	S
CONC	1	0.2403E+01	0.2448E+00	C
CONC250	1	0.2400E+01	0.2440E+00	C

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6  
 PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

T E M P E R A T U R E D E P E N D E N T D A T A

M A T E R I A L P R O P E R T I E S

MAT LABEL	TEMP	MODULUS OF ELASTICITY			SHEAR MODULII		
		E1	E2	E3	G12	G13	G23
STEEL	0.00	0.204E+08	0.204E+08	0.204E+08	0.784E+07	0.784E+07	0.784E+07
CONC	0.00	0.253E+07	0.253E+07	0.253E+07	0.105E+07	0.105E+07	0.105E+07
CONC250	0.00	0.221E+07	0.221E+07	0.221E+07	0.922E+06	0.922E+06	0.922E+06

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

MAT LABEL	TEMP	COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION					
		A1	A2	A3	A12	A13	A23
STEEL	0.00	0.117E-04	0.117E-04	0.117E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
CONC	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
CONC250	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	POISSONS RATIO														
		U12	U13	U23	U14	U24	U34	U15	U25	U35	U45	U16	U26	U36	U46	U56
STEEL	0.00	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CONC	0.00	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CONC250	0.00	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	YIELD FY
CONC	0.00	36.00
CONC250	0.00	36.00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	SHAPE TYPE	DEPTH	FLANGE		WEB THICK	FLANGE	
			WIDTH TOP	THICK TOP		WIDTH BOTTOM	THICK BOTTOM
FSEC1	R	0.500	0.300				
FS1	R	0.500	0.500				

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 11  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	AXIAL AREA	TORSIONAL CONSTANT	MOMENTS OF INERTIA		SHEAR A2	AREAS A3
			I33	I22		
FSEC1	0.150E+00	0.282E-02	0.313E-02	0.113E-02	0.125E+00	0.125E+00
FS1	0.250E+00	0.880E-02	0.521E-02	0.521E-02	0.208E+00	0.208E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 12  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	MAT LABEL	ADDITIONAL MASS PER LENGTH	ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH
FSEC1	STEEL	0.000E+00	0.000E+00
FS1	CONC250	0.000E+00	0.000E+00

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	JOINT END-I	JOINT END-J	ELEMENT LENGTH	END-OFFSET-LENGTHS END-I	END-J	RIGID-END FACTOR	NUMBER OF SEGMENTS
2	3	4	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
4	7	8	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
5	2	6	3.000	0.000	0.000	0.0000	4
6	4	8	3.000	0.000	0.000	0.0000	4
7	2	4	2.000	0.000	0.000	0.0000	4
8	6	8	2.000	0.000	0.000	0.0000	4

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	SECTION LABEL	LOCAL PLANE	COORD SYSTEM	PLN 1ST	PLN 2ND	PLANE JOINTA	PLANE JOINTB	COORD ANGLE
2	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
4	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
5	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
6	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
7	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
8	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00

TOTAL WEIGHTS AND MASSES

SECTION LABEL	WEIGHT	MASS
FS1	9.6000	0.9760
TOTAL	9.6000	0.9760

LOAD CONDITION PESOP

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.1000E+01

LOAD CONDITION VERT

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

DISTRIBUTED SPAN LOADS ON FRAME ELEMENTS

ELEMENT LABEL	LOC DOF	DISTANCE AT START	DISTANCE AT END	FORCE AT START	FORCE AT END	MOMENT AT START	MOMENT AT END
5	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.100E+01	-0.100E+01		
6	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.100E+01	-0.100E+01		
7	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.100E+01	-0.100E+01		
8	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.100E+01	-0.100E+01		

LOAD CONDITION SISMOY

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

JOINT FORCES IN LOCAL COORDINATES

JOINT LABEL	FORCE 1	FORCE 2	FORCE 3	MOMENT 1	MOMENT 2	MOMENT 3
4	0.000E+00	0.200E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

PESOP  
 VERT

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
------------	-------	------------	------------	------------	------------

LABEL LABEL LABEL LABEL LABEL  
PESOP  
VERT

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD MODES SPEC HIST MOVE COMB  
LABEL LABEL LABEL LABEL LABEL LABEL  
PESOP  
VERT

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD MODES SPEC HIST MOVE COMB  
LABEL LABEL LABEL LABEL LABEL LABEL  
PESOP  
VERT

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\msdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

INPUT COMPLETE



S A P 2 0 0 0 (R)

Structural Analysis Programs

Version E6.10

Copyright (C) 1978-1997  
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all  
results produced by this program

19 Mar 2000 15:11:40

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO8.OUT  
PAGE  
1

DISPLACEMENT DEGREES OF FREEDOM

(A) = Active DOF, equilibrium equation  
(-) = Restrained DOF, reaction computed  
(\*) = Constrained DOF  
( ) = Null DOF

JOINTS		UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
2		A	A	A	A	A	A
3		-	-	-	-	-	-
4 TO	6	A	A	A	A	A	A
7		-	-	-	-	-	-
8		A	A	A	A	A	A

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO8.OUT  
PAGE  
2

JOINT DISPLACEMENTS

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD PESOP -----

JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
2	4.26E-09	-0.001171	-0.001910	0.001006	4.68E-05	-1.87E-07
3	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
4	4.62E-07	-0.001171	-2.11E-05	0.000781	2.45E-05	-1.64E-07
6	-4.26E-09	-0.001171	-0.001910	0.001006	-4.68E-05	1.87E-07
7	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
8	-4.62E-07	-0.001171	-2.11E-05	0.000781	-2.45E-05	1.64E-07

LOAD VERT -----

JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
2	7.09E-09	-0.001952	-0.003176	0.001677	7.80E-05	-3.12E-07
3	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
4	7.70E-07	-0.001952	-2.71E-05	0.001301	4.08E-05	-2.73E-07
6	-7.09E-09	-0.001952	-0.003176	0.001677	-7.80E-05	3.12E-07
7	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
8	-7.70E-07	-0.001952	-2.71E-05	0.001301	-4.08E-05	2.73E-07

LOAD SISMOY -----

JOINT	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
2	-0.003173	0.010573	0.008727	-0.004173	0.000527	-0.001706
3	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
4	0.000109	0.010575	-1.01E-06	-0.004639	7.27E-05	-0.001577
6	-0.003173	0.005352	0.006886	-0.003634	0.000527	-0.001706
7	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
8	0.000109	0.005350	1.01E-06	-0.003167	7.27E-05	-0.001577

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO8.OUT  
PAGE  
3

APPLIED LOADS

FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD PESOP -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	.000000	.000000	-1.500000	-0.200000	0.450000	.000000
3	.000000	.000000	-0.900000	.000000	.000000	.000000
4	.000000	.000000	-2.400000	0.200000	0.450000	.000000
6	.000000	.000000	-1.500000	-0.200000	-0.450000	.000000
7	.000000	.000000	-0.900000	.000000	.000000	.000000
8	.000000	.000000	-2.400000	0.200000	-0.450000	.000000

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	.000000	.000000	-2.500000	-0.333333	0.750000	.000000
4	.000000	.000000	-2.500000	0.333333	0.750000	.000000
6	.000000	.000000	-2.500000	-0.333333	-0.750000	.000000
8	.000000	.000000	-2.500000	0.333333	-0.750000	.000000

LOAD SISMOY -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
4	.000000	20.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO8.OUT  
PAGE  
4

GLOBAL FORCE BALANCE

TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD PESOP -----

APPLIED	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
.000000	.000000	.000000	-9.600000	-18.000000	6.66E-16	.000000
REACTNS	1.39E-16	5.09E-14	9.600000	18.000000	-3.11E-15	-1.01E-13
TOTAL	1.39E-16	5.09E-14	-1.78E-15	-1.53E-13	-2.44E-15	-1.01E-13

LOAD VERT -----

APPLIED	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
.000000	.000000	.000000	-10.000000	-15.000000	1.11E-15	.000000
REACTNS	3.33E-16	8.33E-14	10.000000	15.000000	-1.33E-15	-1.70E-13
TOTAL	3.33E-16	8.33E-14	.000000	-2.45E-13	-2.22E-16	-1.70E-13

LOAD SISMOY -----

APPLIED	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
.000000	20.000000	.000000	-60.000000	.000000	.000000	-30.000000
REACTNS	-2.61E-14	-20.000000	4.55E-15	60.000000	-6.40E-14	30.000000
TOTAL	-2.61E-14	-4.83E-13	4.55E-15	1.44E-12	-6.40E-14	8.56E-13

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO8.OUT  
PAGE  
5

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 2 -----

LOAD PESOP -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	0.172089	4.97E-14	4.800000	-3.000000	0.164021	0.000443
4	-0.172089	-4.97E-14	-3.000000	3.000000	0.352246	-0.000443

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	0.286815	8.22E-14	5.000000	-5.000000	0.273369	0.000739
4	-0.286815	-8.22E-14	-5.000000	5.000000	0.587077	-0.000739

LOAD SISMOY -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	-1.33E-14	-17.155639	0.186242	43.562544	-0.279363	4.266542
4	1.33E-14	17.155639	-0.186242	7.904373	0.279363	-4.266542

ELEM 4 -----

LOAD PESOP -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
7	-0.172089	1.20E-15	4.800000	-3.000000	-0.164021	-0.000443
8	0.172089	-1.20E-15	-3.000000	3.000000	-0.352246	0.000443

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
7	-0.286815	1.02E-15	5.000000	-5.000000	-0.273369	-0.000739
8	0.286815	-1.02E-15	-5.000000	5.000000	-0.587077	0.000739

LOAD SISMOY -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
7	-1.28E-14	-2.844361	-0.186242	16.437456	-0.279363	4.266542
8	1.28E-14	2.844361	0.186242	-7.904373	0.279363	-4.266542

ELEM 5 -----

LOAD PESOP -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	0.001570	-2.41E-15	0.900000	4.16E-15	-0.090470	-0.001437
6	-0.001570	2.41E-15	0.900000	-4.16E-15	0.090470	0.001437

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL08.OUT  
 PAGE  
 6

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	0.002617	-3.20E-15	1.500000	7.28E-15	-0.150784	-0.002395
6	-0.002617	3.20E-15	1.500000	-7.28E-15	0.150784	0.002395

LOAD SISMOY -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	-1.93E-14	0.495706	1.230498	-1.459080	-1.845747	0.743559
6	1.93E-14	-0.495706	-1.230498	1.459080	1.845747	-0.743559

ELEM 6 -----

LOAD PESOP -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
4	0.170519	-7.39E-15	0.900000	1.26E-14	-0.261775	-0.001260
8	-0.170519	7.39E-15	0.900000	-1.26E-14	0.261775	0.001260

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
4	0.284199	-1.34E-14	1.500000	2.11E-14	-0.436292	-0.002099
8	-0.284199	1.34E-14	1.500000	-2.11E-14	0.436292	0.002099

LOAD SISMOY -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
4	3.82E-15	2.348655	-1.044256	-3.984296	1.566385	3.522982
8	-3.82E-15	-2.348655	1.044256	3.984296	1.566385	3.522982

ELEM 7 -----

LOAD PESOP -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	-0.001570	-1.94E-16	-0.900000	-7.52E-15	0.090470	0.001437
4	0.001570	1.94E-16	2.100000	-3.000000	-0.090470	0.001703

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	-0.002617	4.07E-14	-1.500000	-8.60E-15	0.150784	0.002395
4	0.002617	-4.07E-14	3.500000	-5.000000	-0.150784	0.002838

LOAD SISMOY -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	1.29E-14	-0.495706	-1.230498	1.459080	1.845747	-0.743559
4	-1.29E-14	0.495706	1.230498	-3.920077	-1.845747	0.743559

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL08.OUT  
 PAGE  
 7

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 8 -----

LOAD PESOP -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
6	0.001570	3.49E-14	-0.900000	5.22E-15	-0.090470	-0.001437
8	-0.001570	-3.49E-14	2.100000	-3.000000	0.090470	-0.001703

LOAD VERT -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
6	0.002617	7.92E-14	-1.500000	1.08E-14	-0.150784	-0.002395
8	-0.002617	-7.92E-14	3.500000	-5.000000	0.150784	-0.002838

LOAD SISMOY -----

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
6	1.33E-14	0.495706	1.230498	-1.459080	1.845747	-0.743559
8	-1.33E-14	-0.495706	-1.230498	3.920077	-1.845747	0.743559

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL08.OUT  
 PAGE

## FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 2 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD PESOP -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-4.800000	-0.172089	-4.97E-14	-0.000443	-3.000000	-0.164021
0.50000	-3.900000	-0.172089	-4.97E-14	-0.000443	-3.000000	0.094112
1.00000	-3.000000	-0.172089	-4.97E-14	-0.000443	-3.000000	0.352246

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-5.000000	-0.286815	-8.22E-14	-0.000739	-5.000000	-0.273369
0.50000	-5.000000	-0.286815	-8.22E-14	-0.000739	-5.000000	0.156854
1.00000	-5.000000	-0.286815	-8.22E-14	-0.000739	-5.000000	0.587077

LOAD SISMOY -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-0.186242	1.33E-14	17.155639	-4.266542	43.562544	0.279363
0.50000	-0.186242	1.33E-14	17.155639	-4.266542	17.829086	0.279363
1.00000	-0.186242	1.33E-14	17.155639	-4.266542	-7.904373	0.279363

ELEM 4 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD PESOP -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-4.800000	0.172089	-1.20E-15	0.000443	-3.000000	0.164021
0.50000	-3.900000	0.172089	-1.20E-15	0.000443	-3.000000	-0.094112
1.00000	-3.000000	0.172089	-1.20E-15	0.000443	-3.000000	-0.352246

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-5.000000	0.286815	-1.02E-15	0.000739	-5.000000	0.273369
0.50000	-5.000000	0.286815	-1.02E-15	0.000739	-5.000000	-0.156854
1.00000	-5.000000	0.286815	-1.02E-15	0.000739	-5.000000	-0.587077

LOAD SISMOY -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.186242	1.28E-14	2.844361	-4.266542	16.437456	0.279363
0.50000	0.186242	1.28E-14	2.844361	-4.266542	12.170914	0.279363
1.00000	0.186242	1.28E-14	2.844361	-4.266542	7.904373	0.279363

ELEM 5 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD PESOP -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-0.001570	-0.900000	-2.41E-15	-4.16E-15	-0.001437	-0.090470
0.25000	-0.001570	-0.450000	-2.41E-15	-4.16E-15	-0.001437	0.415780

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE: EJEEMPLO8.OUT

PAGE

9

## FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.50000	-0.001570	5.80E-15	-2.41E-15	-4.16E-15	-0.001437	0.584530
0.75000	-0.001570	0.450000	-2.41E-15	-4.16E-15	-0.001437	0.415780
1.00000	-0.001570	0.900000	-2.41E-15	-4.16E-15	-0.001437	-0.090470

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-0.002617	-1.500000	-3.20E-15	-7.28E-15	-0.002395	-0.150784
0.25000	-0.002617	-0.750000	-3.20E-15	-7.28E-15	-0.002395	0.692966
0.50000	-0.002617	8.66E-15	-3.20E-15	-7.28E-15	-0.002395	0.974216
0.75000	-0.002617	0.750000	-3.20E-15	-7.28E-15	-0.002395	0.692966
1.00000	-0.002617	1.500000	-3.20E-15	-7.28E-15	-0.002395	-0.150784

LOAD SISMOY -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	1.93E-14	-1.230498	0.495706	1.459080	0.743559	-1.845747
0.25000	1.93E-14	-1.230498	0.495706	1.459080	0.371780	-0.922874
0.50000	1.93E-14	-1.230498	0.495706	1.459080	-4.30E-15	3.83E-15
0.75000	1.93E-14	-1.230498	0.495706	1.459080	-0.371780	0.922874
1.00000	1.93E-14	-1.230498	0.495706	1.459080	-0.743559	1.845747

ELEM 6 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD PESOP -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-0.170519	-0.900000	-7.39E-15	-1.26E-14	-0.001260	-0.261775
0.25000	-0.170519	-0.450000	-7.39E-15	-1.26E-14	-0.001260	0.244475
0.50000	-0.170519	-2.97E-15	-7.39E-15	-1.26E-14	-0.001260	0.413225

0.75000	-0.170519	0.450000	-7.39E-15	-1.26E-14	-0.001260	0.244475
1.00000	-0.170519	0.900000	-7.39E-15	-1.26E-14	-0.001260	-0.261775

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-0.284199	-1.500000	-1.34E-14	-2.11E-14	-0.002099	-0.436292
0.25000	-0.284199	-0.750000	-1.34E-14	-2.11E-14	-0.002099	0.407458
0.50000	-0.284199	-5.11E-15	-1.34E-14	-2.11E-14	-0.002099	0.688708
0.75000	-0.284199	0.750000	-1.34E-14	-2.11E-14	-0.002099	0.407458
1.00000	-0.284199	1.500000	-1.34E-14	-2.11E-14	-0.002099	-0.436292

LOAD SISMOY -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-3.82E-15	1.044256	2.348655	3.984296	3.522982	1.566385
0.25000	-3.82E-15	1.044256	2.348655	3.984296	1.761491	0.783192
0.50000	-3.82E-15	1.044256	2.348655	3.984296	-4.44E-16	-4.44E-16
0.75000	-3.82E-15	1.044256	2.348655	3.984296	-1.761491	-0.783192
1.00000	-3.82E-15	1.044256	2.348655	3.984296	-3.522982	-1.566385

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL08.OUT  
 PAGE  
 10

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 7 ----- LENGTH = 2.000000

LOAD PESOP -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	1.94E-16	0.900000	0.001570	-0.090470	0.001437	4.82E-15
0.25000	1.94E-16	1.200000	0.001570	-0.090470	0.000652	-0.525000
0.50000	1.94E-16	1.500000	0.001570	-0.090470	-0.000133	-1.200000
0.75000	1.94E-16	1.800000	0.001570	-0.090470	-0.000918	-2.025000
1.00000	1.94E-16	2.100000	0.001570	-0.090470	-0.001703	-3.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-4.07E-14	1.500000	0.002617	-0.150784	0.002395	6.40E-15
0.25000	-4.07E-14	2.000000	0.002617	-0.150784	0.001087	-0.875000
0.50000	-4.07E-14	2.500000	0.002617	-0.150784	-0.000222	-2.000000
0.75000	-4.07E-14	3.000000	0.002617	-0.150784	-0.001530	-3.375000
1.00000	-4.07E-14	3.500000	0.002617	-0.150784	-0.002838	-5.000000

LOAD SISMOY -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.495706	1.230498	-1.29E-14	-1.845747	-0.743559	-1.459080
0.25000	0.495706	1.230498	-1.29E-14	-1.845747	-0.743559	-2.074329
0.50000	0.495706	1.230498	-1.29E-14	-1.845747	-0.743559	-2.689578
0.75000	0.495706	1.230498	-1.29E-14	-1.845747	-0.743559	-3.304828
1.00000	0.495706	1.230498	-1.29E-14	-1.845747	-0.743559	-3.920077

ELEM 8 ----- LENGTH = 2.000000

LOAD PESOP -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-3.49E-14	0.900000	-0.001570	0.090470	-0.001437	-4.36E-15
0.25000	-3.49E-14	1.200000	-0.001570	0.090470	-0.000652	-0.525000
0.50000	-3.49E-14	1.500000	-0.001570	0.090470	0.000133	-1.200000
0.75000	-3.49E-14	1.800000	-0.001570	0.090470	0.000918	-2.025000
1.00000	-3.49E-14	2.100000	-0.001570	0.090470	0.001703	-3.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-7.92E-14	1.500000	-0.002617	0.150784	-0.002395	-1.30E-14
0.25000	-7.92E-14	2.000000	-0.002617	0.150784	-0.001087	-0.875000
0.50000	-7.92E-14	2.500000	-0.002617	0.150784	0.000222	-2.000000
0.75000	-7.92E-14	3.000000	-0.002617	0.150784	0.001530	-3.375000
1.00000	-7.92E-14	3.500000	-0.002617	0.150784	0.002838	-5.000000

LOAD SISMOY -----

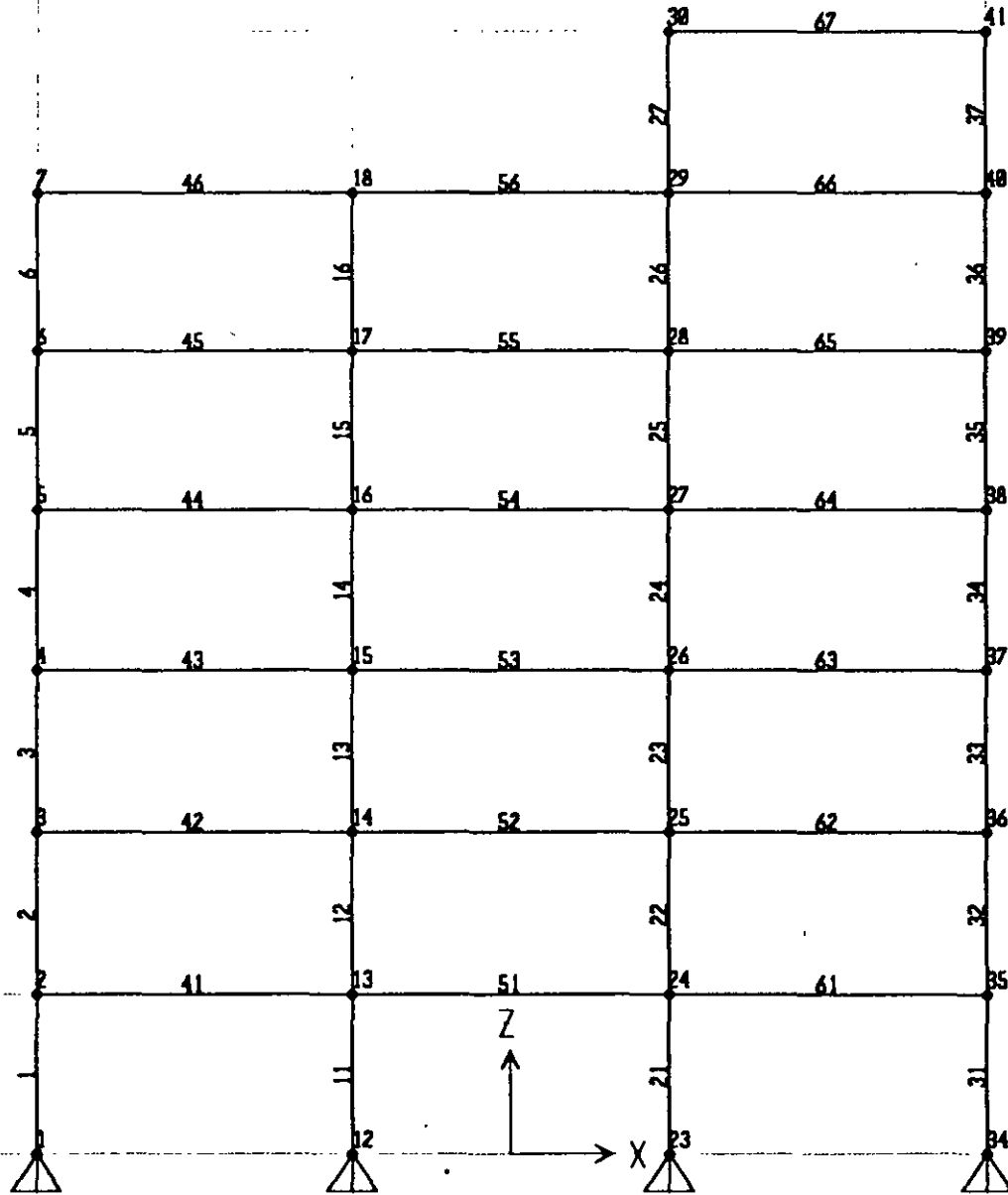
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-0.495706	-1.230498	-1.33E-14	-1.845747	-0.743559	1.459080

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10  
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

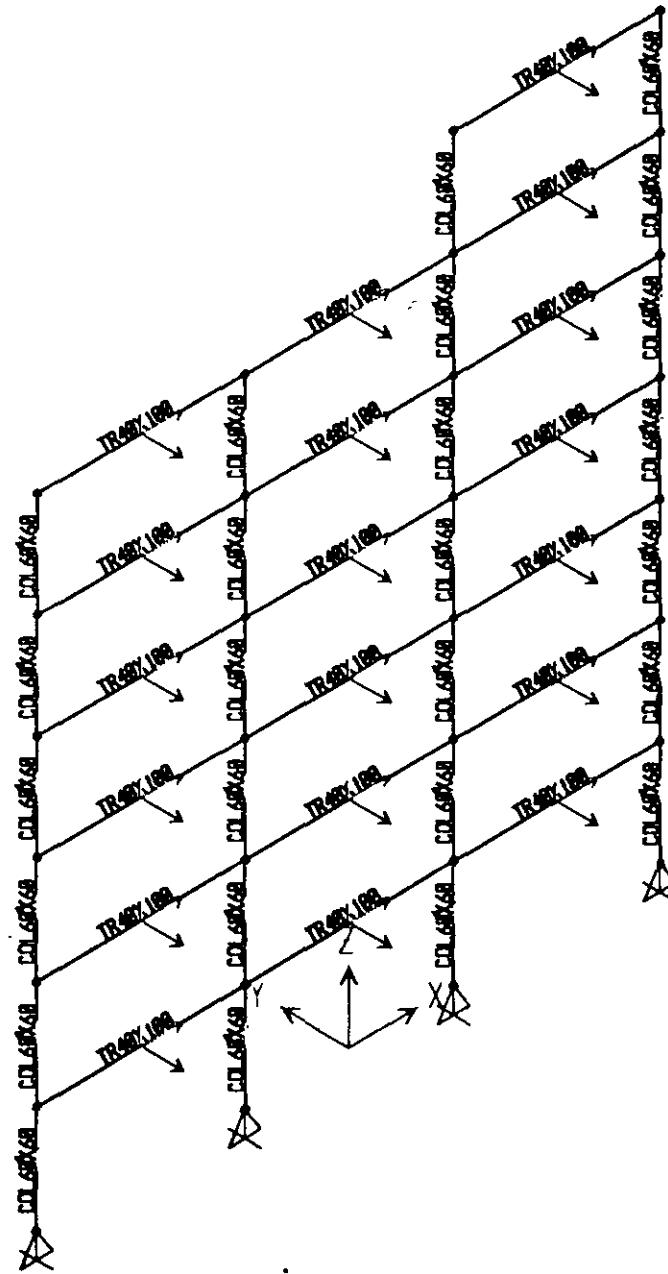
FILE:EJEMPL08.OUT  
 PAGE  
 11

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

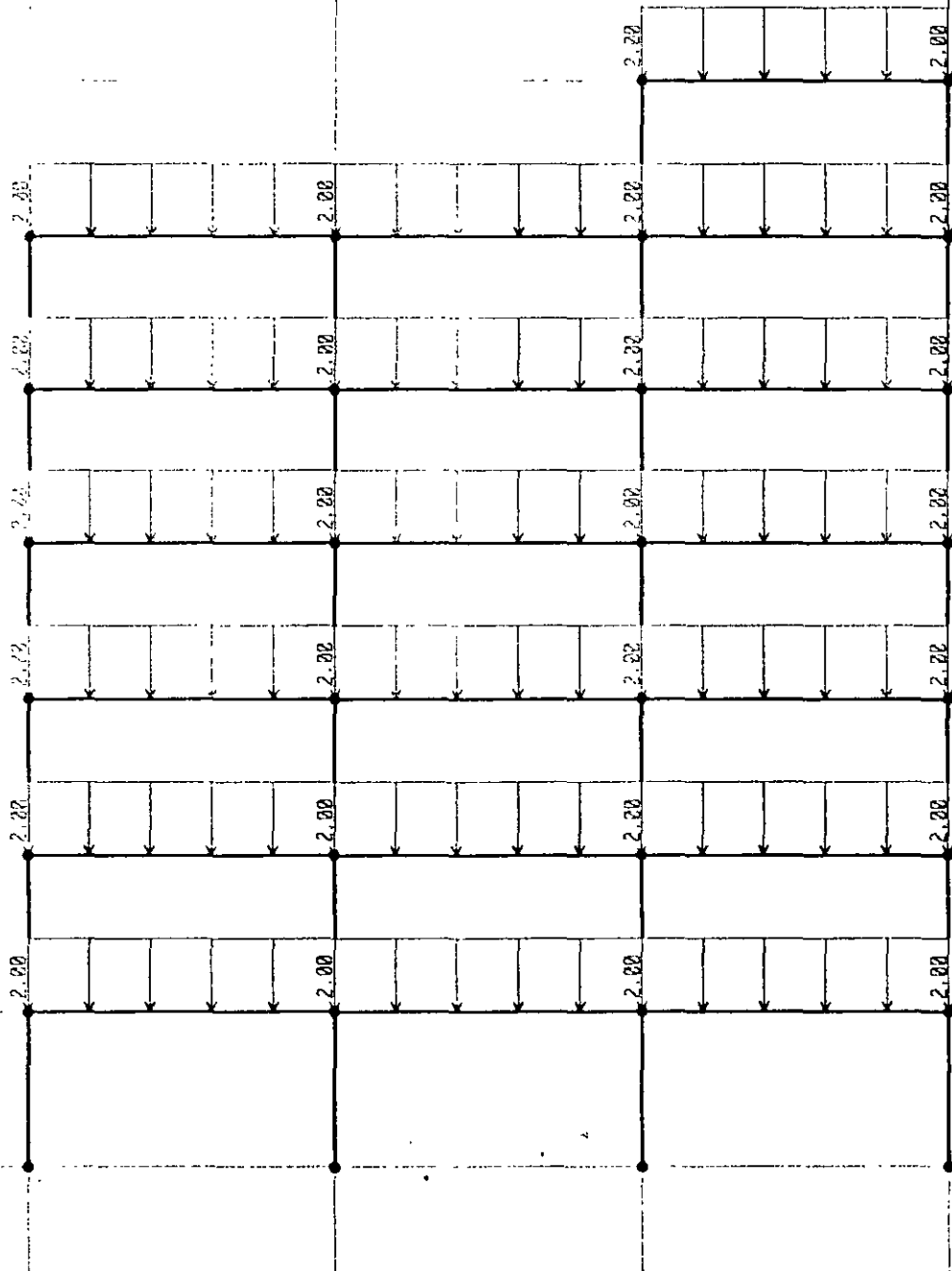
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.25000	-0.495706	-1.230498	-1.33E-14	-1.845747	-0.743559	2.074329
0.50000	-0.495706	-1.230498	-1.33E-14	-1.845747	-0.743559	2.689578
0.75000	-0.495706	-1.230498	-1.33E-14	-1.845747	-0.743559	3.304828
1.00000	-0.495706	-1.230498	-1.33E-14	-1.845747	-0.743559	3.920077



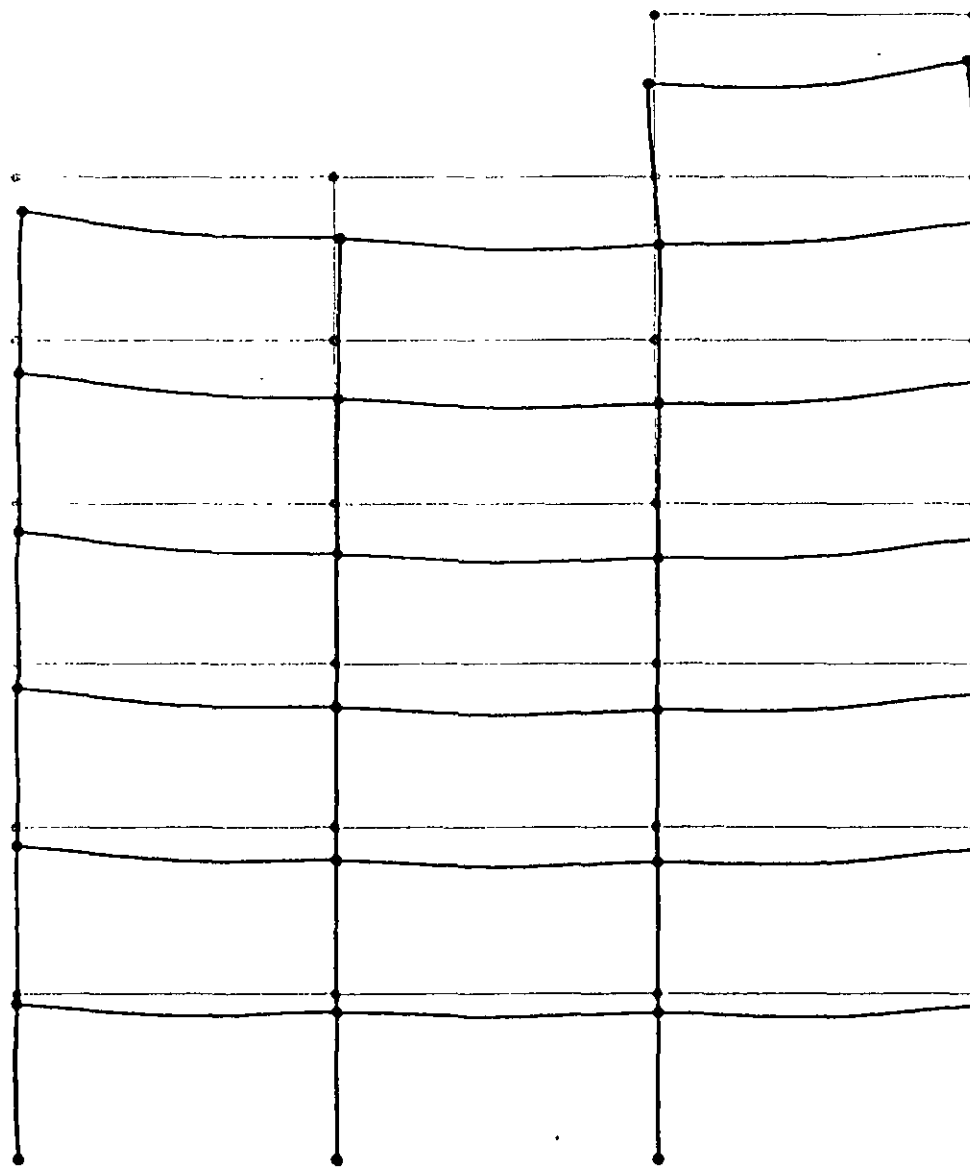
161



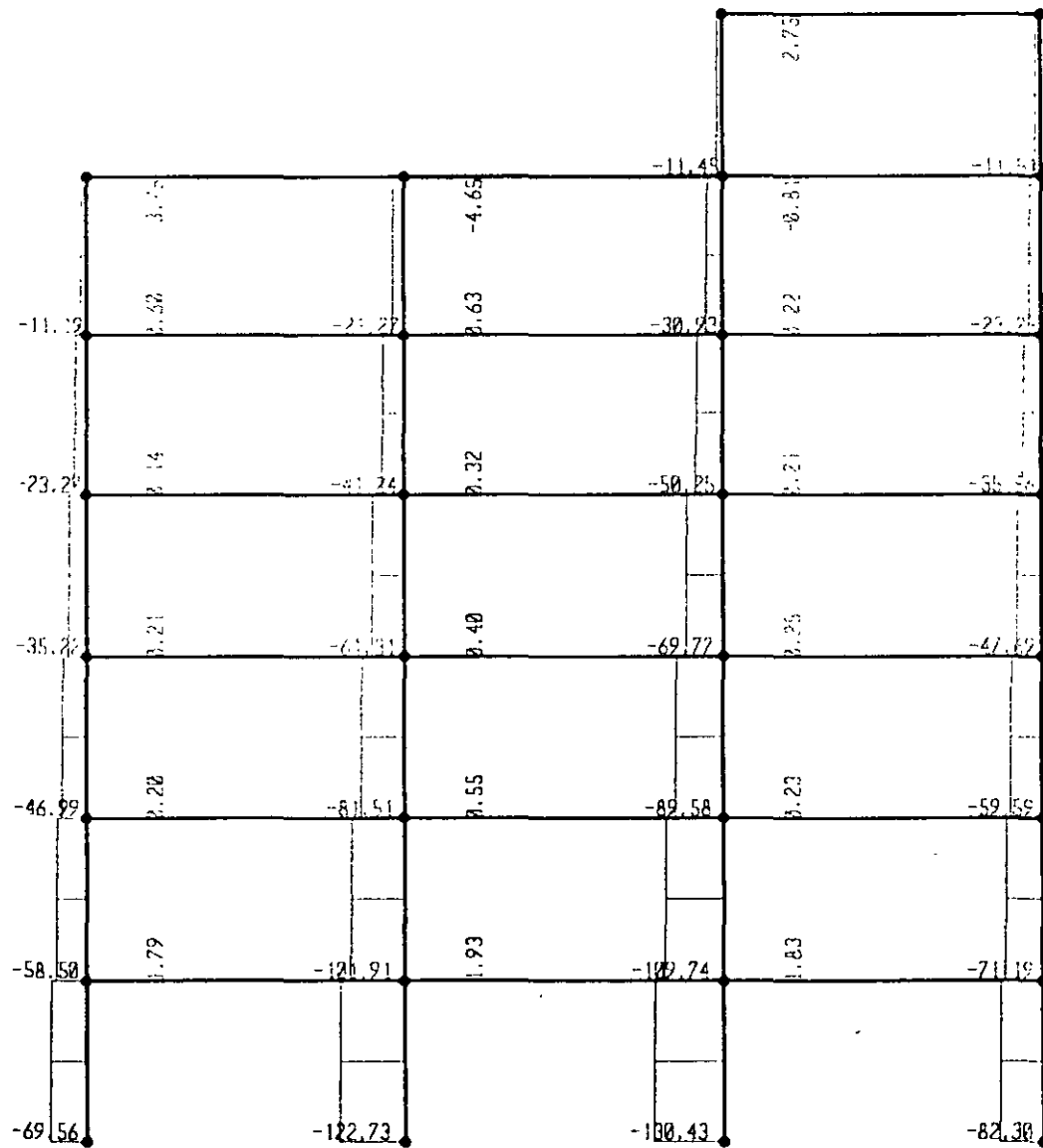
601

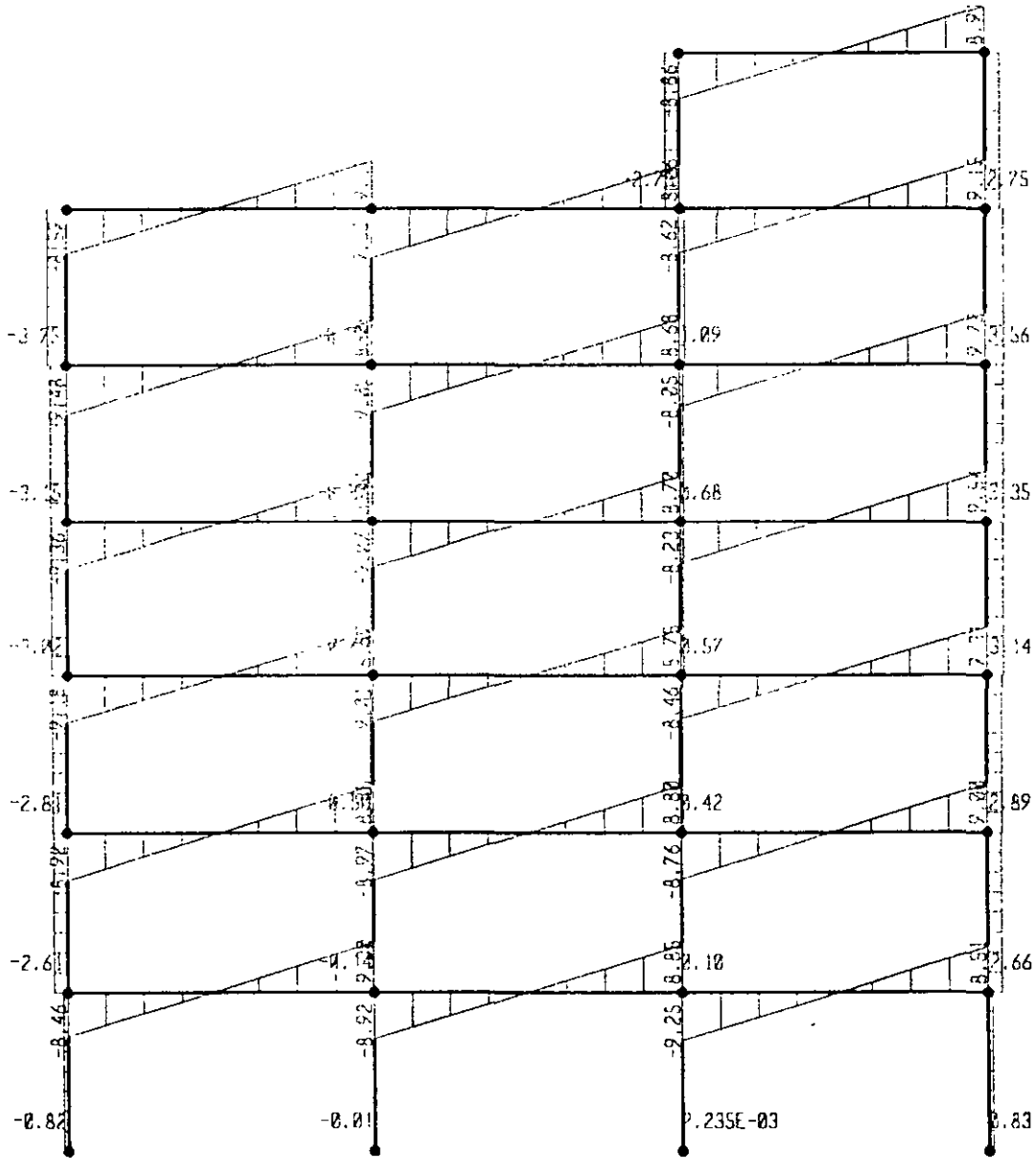




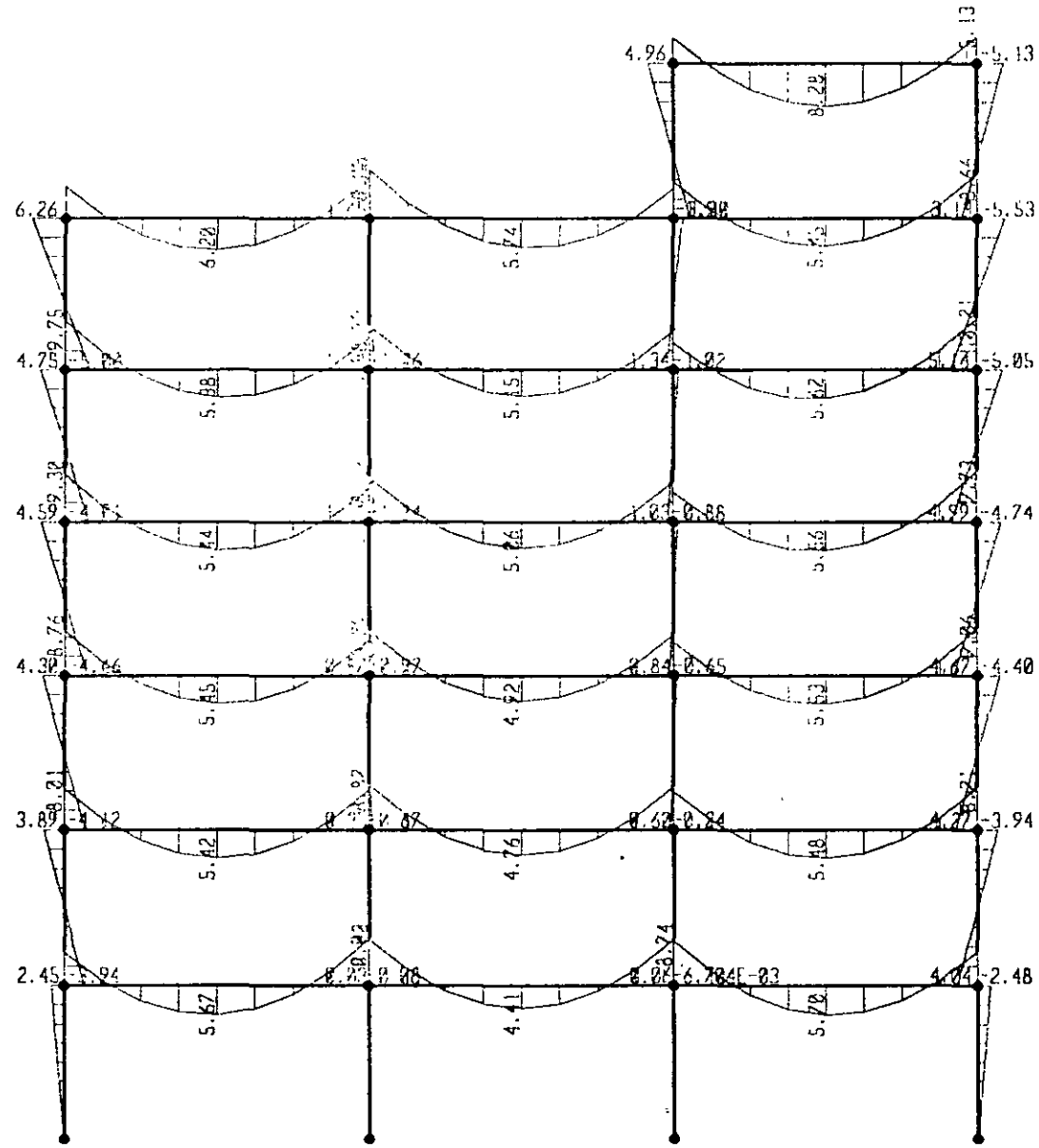


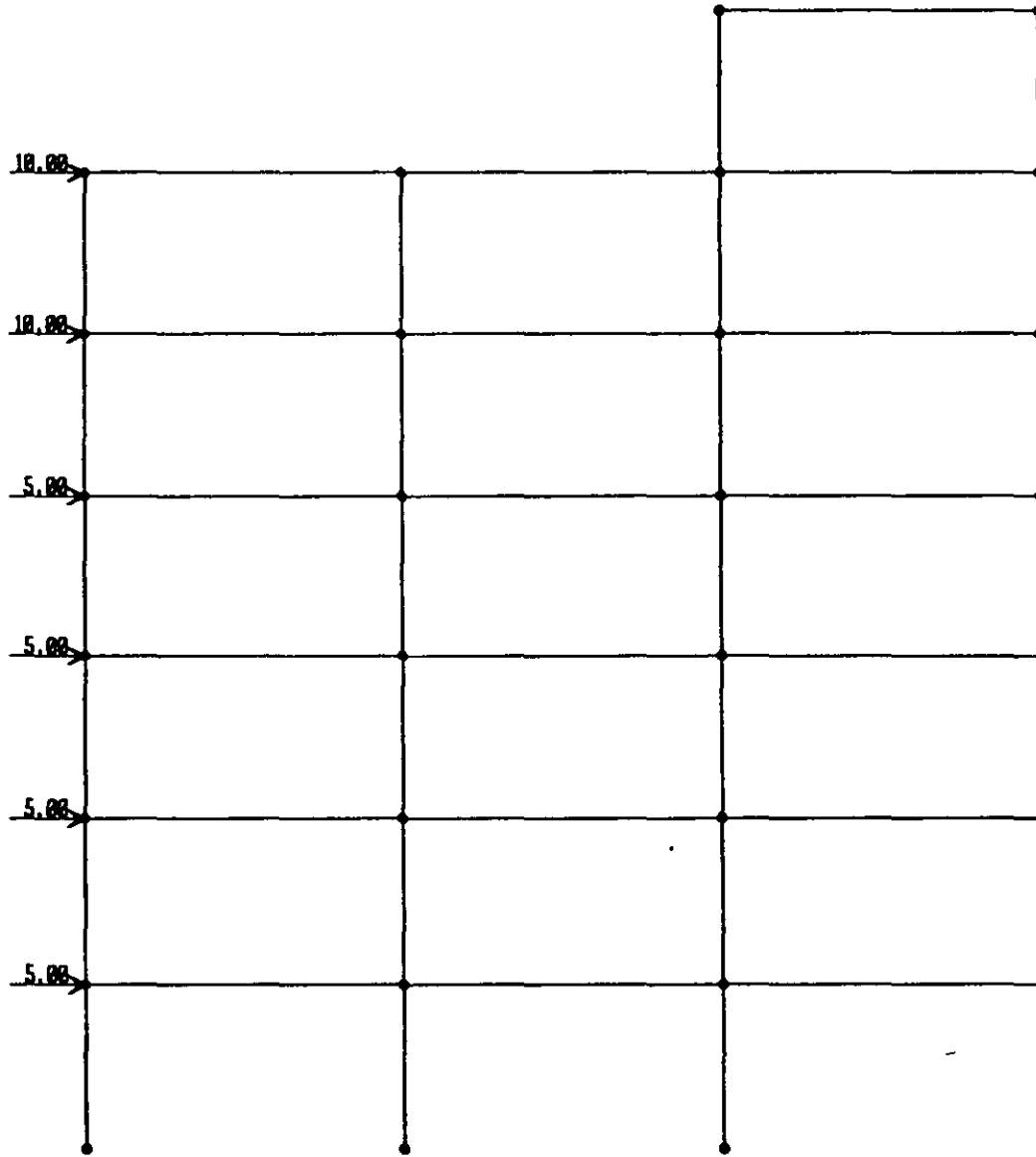
Plot

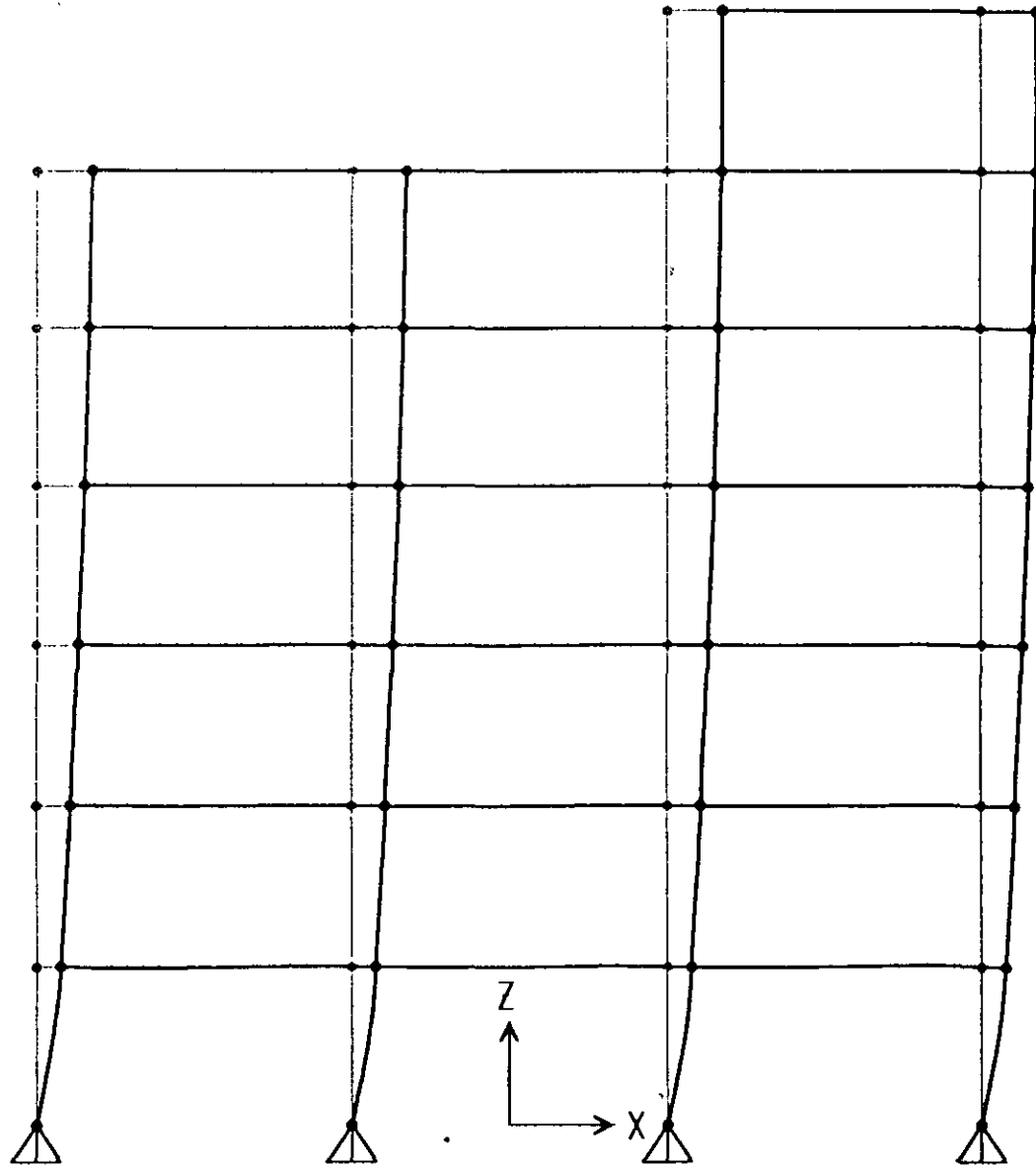




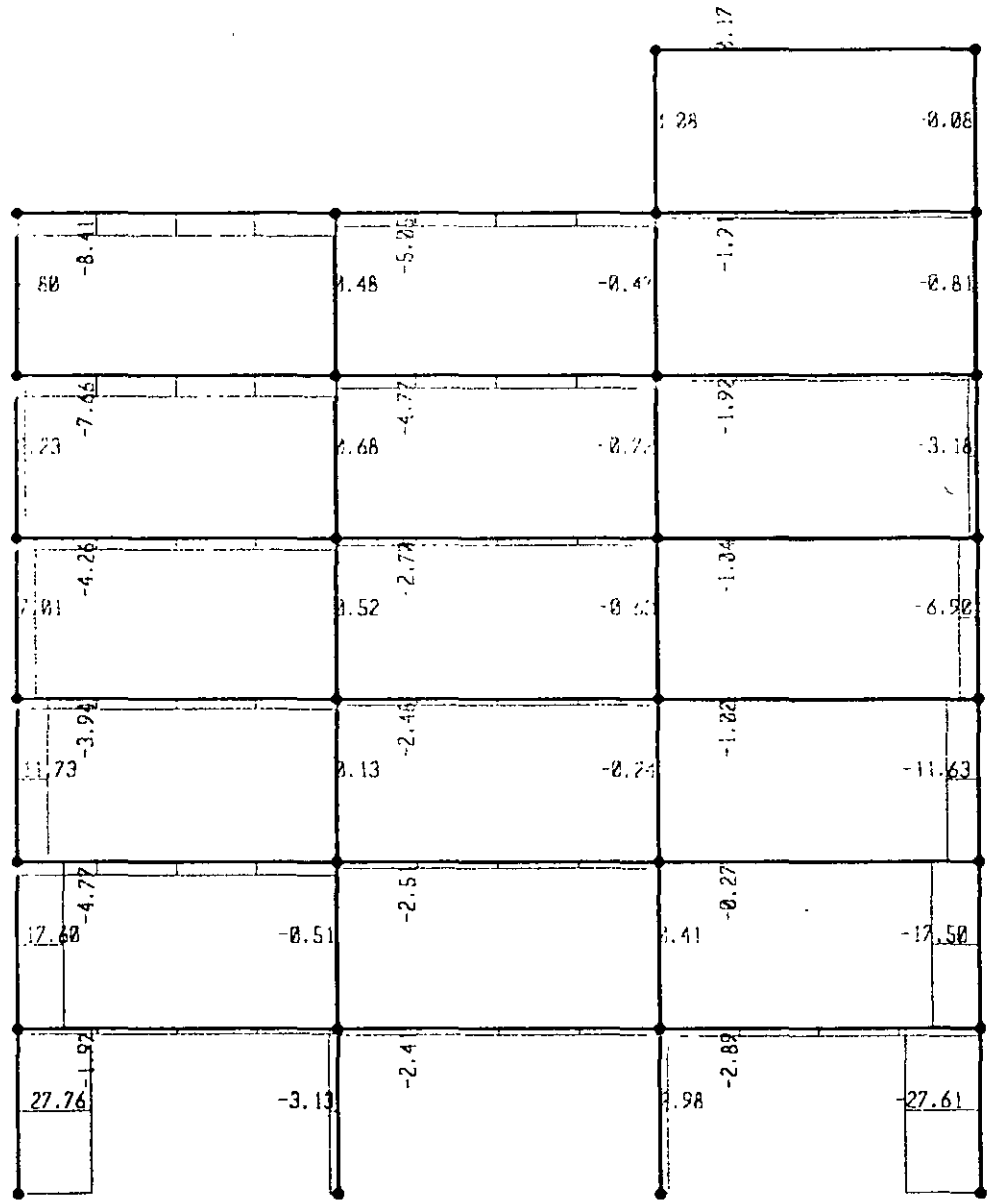
2161



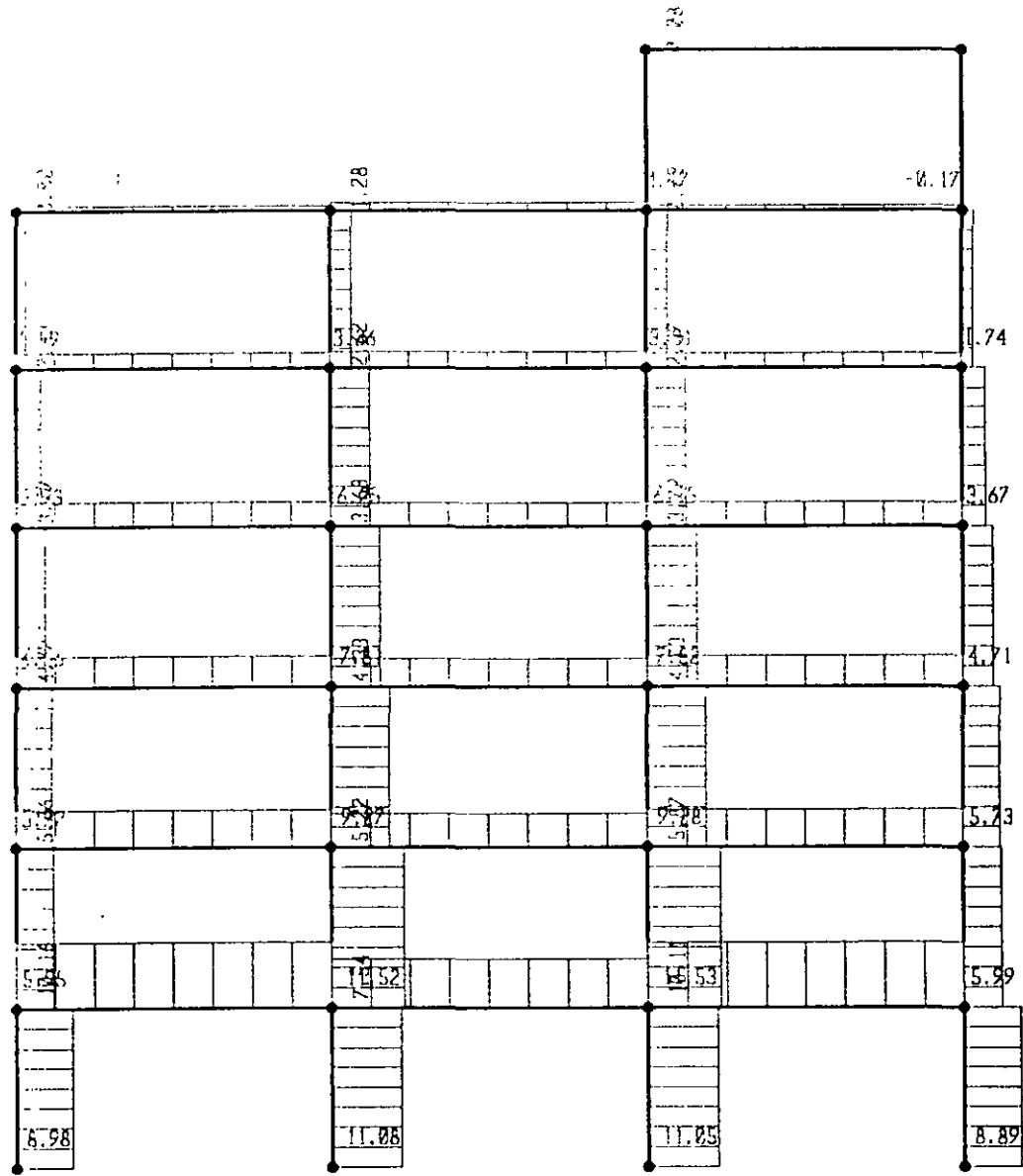




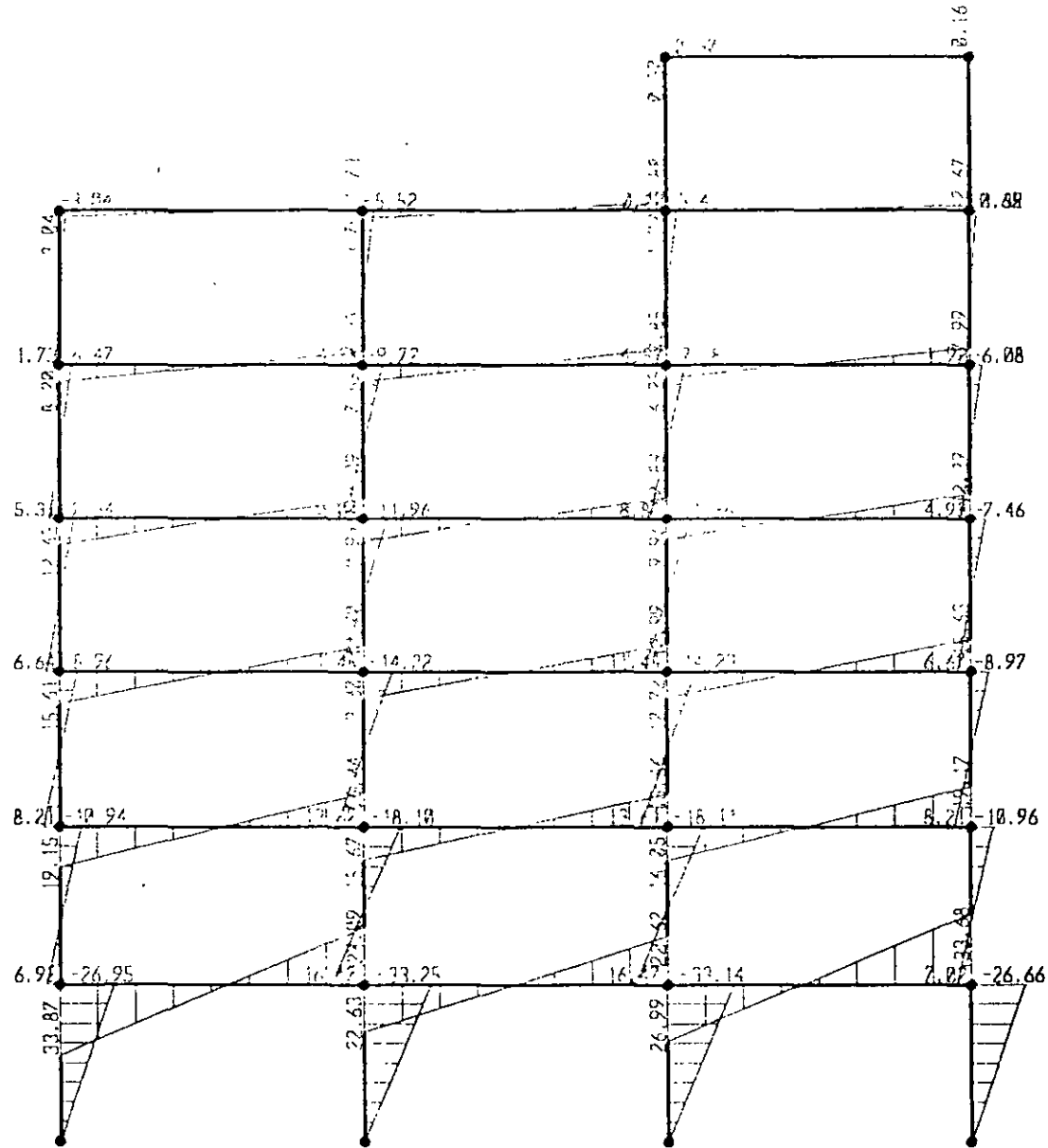
199



002







; File C:\Mis documentos\curso sep 2000\ejemplo9.s2k saved 3/21/00 10:12:33 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,U2,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=-9 Y=0 Z=0  
2 X=-9 Y=0 Z=3  
3 X=-9 Y=0 Z=6  
4 X=-9 Y=0 Z=9  
5 X=-9 Y=0 Z=12  
6 X=-9 Y=0 Z=15  
7 X=-9 Y=0 Z=18  
12 X=-3 Y=0 Z=0  
13 X=-3 Y=0 Z=3  
14 X=-3 Y=0 Z=6  
15 X=-3 Y=0 Z=9  
16 X=-3 Y=0 Z=12  
17 X=-3 Y=0 Z=15  
18 X=-3 Y=0 Z=18  
23 X=3 Y=0 Z=0  
24 X=3 Y=0 Z=3  
25 X=3 Y=0 Z=6  
26 X=3 Y=0 Z=9  
27 X=3 Y=0 Z=12  
28 X=3 Y=0 Z=15  
29 X=3 Y=0 Z=18  
30 X=3 Y=0 Z=21  
34 X=9 Y=0 Z=0  
35 X=9 Y=0 Z=3  
36 X=9 Y=0 Z=6  
37 X=9 Y=0 Z=9  
38 X=9 Y=0 Z=12  
39 X=9 Y=0 Z=15  
40 X=9 Y=0 Z=18  
41 X=9 Y=0 Z=21

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R3  
ADD=12 DOF=U1,U2,U3,R1,R3  
ADD=23 DOF=U1,U2,U3,R1,R3  
ADD=34 DOF=U1,U2,U3,R1,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413  
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117  
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099  
NAME=OTHER IDES=N M=.2448012 W=2.402616  
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125  
NAME=FS1 MAT=CONC SH=R T=.6,.6 A=.36 J=1.825201E-02 I=.0108,.0108 AS=.3,.3  
NAME=FS2 MAT=CONC SH=R T=1,.4 A=.4 J=.0159688 I=3.333334E-02,5.333334E-03 AS=.3333333,.3333333

FRAME

1 J=1,2 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
2 J=2,3 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
3 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
4 J=4,5 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
5 J=5,6 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
6 J=6,7 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
11 J=12,13 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
12 J=13,14 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
13 J=14,15 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
14 J=15,16 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
15 J=16,17 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
16 J=17,18 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
21 J=23,24 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
22 J=24,25 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
23 J=25,26 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
24 J=26,27 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
25 J=27,28 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
26 J=28,29 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
27 J=29,30 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
31 J=34,35 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
32 J=35,36 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
33 J=36,37 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
34 J=37,38 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
35 J=38,39 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
36 J=39,40 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
37 J=40,41 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0  
41 J=2,13 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0  
42 J=3,14 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0  
43 J=4,15 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0  
44 J=5,16 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0  
45 J=6,17 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0  
46 J=7,18 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0  
51 J=13,24 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0

```

52 J=14,25 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
53 J=15,26 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
54 J=16,27 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
55 J=17,28 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
56 J=18,29 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
61 J=24,35 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
62 J=25,36 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
63 J=26,37 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
64 J=27,38 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
65 J=28,39 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
66 J=29,40 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
67 J=30,41 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0

```

LOAD

```

NAME=VERT SW-1
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=41 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=42 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=43 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=44 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=45 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=46 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=51 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=52 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=53 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=54 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=55 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=56 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=61 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=62 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=63 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=64 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=65 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=66 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=67 RD=0,1 UZ=-2,-2

```

```

NAME=LATERAL
TYPE=FORCE
ADD=2 UX=5
ADD=3 UX=5
ADD=4 UX=5
ADD=5 UX=5
ADD=6 UX=10
ADD=7 UX=10

```

COMBO

```

NAME=DCON1
LOAD=VERT SF=1.4
NAME=DCON2
LOAD=VERT SF=1.4
NAME=DCON3
LOAD=VERT SF=1.05
LOAD=LATERAL SF=1.4025
NAME=DCON4
LOAD=VERT SF=1.05
LOAD=LATERAL SF=-1.4025
NAME=DCON5
LOAD=VERT SF=.9
LOAD=LATERAL SF=1.43
NAME=DCON6
LOAD=VERT SF=.9
LOAD=LATERAL SF=-1.43

```

OUTPUT

```

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=VERT
ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=LATERAL
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=VERT
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=LATERAL
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=LATERAL
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=LATERAL

```

END

```

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

```

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

```

GRID GLOBAL X "1" -9
GRID GLOBAL X "2" -3
GRID GLOBAL X "3" 3
GRID GLOBAL X "4" 9
GRID GLOBAL Y "5" 0
GRID GLOBAL Z "6" 0
GRID GLOBAL Z "7" 3
GRID GLOBAL Z "8" 6
GRID GLOBAL Z "9" 9
GRID GLOBAL Z "10" 12
GRID GLOBAL Z "11" 15
GRID GLOBAL Z "12" 18
GRID GLOBAL Z "13" 21
GRID GLOBAL Z "14" 24
GRID GLOBAL Z "15" 27

```

GRID GLOBAL Z "16" 30  
CONCRETEGROUP "COLS"  
CONCRETEGROUP "TRABES"  
GROUP "COLS" JOINT 1  
GROUP "COLS" JOINT 2  
GROUP "COLS" JOINT 3  
GROUP "COLS" JOINT 4  
GROUP "COLS" JOINT 5  
GROUP "COLS" JOINT 6  
GROUP "COLS" JOINT 7  
GROUP "COLS" JOINT 12  
GROUP "COLS" JOINT 13  
GROUP "COLS" JOINT 14  
GROUP "COLS" JOINT 15  
GROUP "COLS" JOINT 16  
GROUP "COLS" JOINT 17  
GROUP "COLS" JOINT 18  
GROUP "COLS" JOINT 23  
GROUP "COLS" JOINT 24  
GROUP "COLS" JOINT 25  
GROUP "COLS" JOINT 26  
GROUP "COLS" JOINT 27  
GROUP "COLS" JOINT 28  
GROUP "COLS" JOINT 29  
GROUP "COLS" JOINT 30  
GROUP "COLS" JOINT 34  
GROUP "COLS" JOINT 35  
GROUP "COLS" JOINT 36  
GROUP "COLS" JOINT 37  
GROUP "COLS" JOINT 38  
GROUP "COLS" JOINT 39  
GROUP "COLS" JOINT 40  
GROUP "COLS" JOINT 41  
GROUP "COLS" FRAME 1  
GROUP "COLS" FRAME 2  
GROUP "COLS" FRAME 3  
GROUP "COLS" FRAME 4  
GROUP "COLS" FRAME 5  
GROUP "COLS" FRAME 6  
GROUP "COLS" FRAME 11  
GROUP "COLS" FRAME 12  
GROUP "COLS" FRAME 13  
GROUP "COLS" FRAME 14  
GROUP "COLS" FRAME 15  
GROUP "COLS" FRAME 16  
GROUP "COLS" FRAME 21  
GROUP "COLS" FRAME 22  
GROUP "COLS" FRAME 23  
GROUP "COLS" FRAME 24  
GROUP "COLS" FRAME 25  
GROUP "COLS" FRAME 26  
GROUP "COLS" FRAME 27  
GROUP "COLS" FRAME 31  
GROUP "COLS" FRAME 32  
GROUP "COLS" FRAME 33  
GROUP "COLS" FRAME 34  
GROUP "COLS" FRAME 35  
GROUP "COLS" FRAME 36  
GROUP "COLS" FRAME 37  
GROUP "TRABES" JOINT 2  
GROUP "TRABES" JOINT 3  
GROUP "TRABES" JOINT 4  
GROUP "TRABES" JOINT 5  
GROUP "TRABES" JOINT 6  
GROUP "TRABES" JOINT 7  
GROUP "TRABES" JOINT 13  
GROUP "TRABES" JOINT 14  
GROUP "TRABES" JOINT 15  
GROUP "TRABES" JOINT 16  
GROUP "TRABES" JOINT 17  
GROUP "TRABES" JOINT 18  
GROUP "TRABES" JOINT 24  
GROUP "TRABES" JOINT 25  
GROUP "TRABES" JOINT 26  
GROUP "TRABES" JOINT 27  
GROUP "TRABES" JOINT 28  
GROUP "TRABES" JOINT 29  
GROUP "TRABES" JOINT 30  
GROUP "TRABES" JOINT 35  
GROUP "TRABES" JOINT 36  
GROUP "TRABES" JOINT 37  
GROUP "TRABES" JOINT 38  
GROUP "TRABES" JOINT 39  
GROUP "TRABES" JOINT 40  
GROUP "TRABES" JOINT 41  
GROUP "TRABES" FRAME 41  
GROUP "TRABES" FRAME 42  
GROUP "TRABES" FRAME 43  
GROUP "TRABES" FRAME 44  
GROUP "TRABES" FRAME 45  
GROUP "TRABES" FRAME 46  
GROUP "TRABES" FRAME 51  
GROUP "TRABES" FRAME 52  
GROUP "TRABES" FRAME 53  
GROUP "TRABES" FRAME 54

GROUP "TRABES" FRAME 55  
GROUP "TRABES" FRAME 56  
GROUP "TRABES" FRAME 61  
GROUP "TRABES" FRAME 62  
GROUP "TRABES" FRAME 63  
GROUP "TRABES" FRAME 64  
GROUP "TRABES" FRAME 65  
GROUP "TRABES" FRAME 66  
GROUP "TRABES" FRAME 67  
MATERIAL STEEL FY 25310.5  
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278  
FRAMESECTION FS1 NAME COL60X60  
FRAMESECTION FS2 NAME TR40X100  
CONCRETESECTION COL60X60 COLUMN COVER .06 REBAR RR-3-3  
CONCRETESECTION TR40X100 COLUMN COVER .04572 REBAR RR-3-3  
STATICLOAD VERT TYPE DEAD  
STATICLOAD LATERAL TYPE QUAKE  
COMBO DCON1 DESIGN CONCRETE  
COMBO DCON2 DESIGN CONCRETE  
COMBO DCON3 DESIGN CONCRETE  
COMBO DCON4 DESIGN CONCRETE  
COMBO DCON5 DESIGN CONCRETE  
COMBO DCON6 DESIGN CONCRETE  
CONCRETEDESIGN "ACI 318-95"  
END SUPPLEMENTAL DATA

S A P 2 0 0 0  
 Structural Analysis Programs  
 Version 6.10  
 Copyright (C) 1978-1997  
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
 All rights reserved  
 This copy of SAP2000 is for the exclusive use of  
 THE LICENSEE  
 Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws  
 It is the responsibility of the user to verify all  
 results produced by this program  
 21 Mar 2000 09:11:27

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

SYSTEM DATA

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00  
 LENGTH UNITS - - - - - M  
 FORCE UNITS - - - - - TON  
 UP DIRECTION - - - - - +2  
 GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - UX  
 - - - - - UZ  
 - - - - - RY  
 PAGINATION BY - - - - - LINES  
 NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59  
 INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

GENERATED JOINT COORDINATES

JOINT	X	Y	Z
1	-9.000	0.000	0.000
2	-9.000	0.000	3.000
3	-9.000	0.000	6.000
4	-9.000	0.000	9.000
5	-9.000	0.000	12.000
6	-9.000	0.000	15.000
7	-9.000	0.000	18.000
12	-3.000	0.000	0.000
13	-3.000	0.000	3.000
14	-3.000	0.000	6.000
15	-3.000	0.000	9.000
16	-3.000	0.000	12.000
17	-3.000	0.000	15.000
18	-3.000	0.000	18.000
23	3.000	0.000	0.000
24	3.000	0.000	3.000
25	3.000	0.000	6.000
26	3.000	0.000	9.000
27	3.000	0.000	12.000
28	3.000	0.000	15.000
29	3.000	0.000	18.000
30	3.000	0.000	21.000
34	9.000	0.000	0.000
35	9.000	0.000	3.000
36	9.000	0.000	6.000
37	9.000	0.000	9.000
38	9.000	0.000	12.000
39	9.000	0.000	15.000
40	9.000	0.000	18.000
41	9.000	0.000	21.000

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

PATTERNS

PATTERN JOINT VALUE  
 DEFAULT

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4  
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

RESTRAINT DATA

JOINT	U1	U2	U3	R1	R3
1					
12	U1	U2	U3	R1	R3
23	U1	U2	U3	R1	R3
34	U1	U2	U3	R1	R3

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5

MATERIAL PROPERTY DATA

MAT LABEL	NUMBER TEMPS	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL	DESIGN CODE
STEEL	1	0.7833E+01	0.7981E+00	S
CONC	1	0.2403E+01	0.2448E+00	C
OTHER	1	0.2403E+01	0.2448E+00	N

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	MODULUS OF ELASTICITY			SHEAR MODULII		
		E1	E2	E3	G12	G13	G23
STEEL	0.00	0.204E+08	0.204E+08	0.204E+08	0.784E+07	0.784E+07	0.784E+07
CONC	0.00	0.253E+07	0.253E+07	0.253E+07	0.105E+07	0.105E+07	0.105E+07
OTHER	0.00	0.253E+07	0.253E+07	0.253E+07	0.105E+07	0.105E+07	0.105E+07

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

MAT LABEL	TEMP	COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION					
		A1	A2	A3	A12	A13	A23
STEEL	0.00	0.117E-04	0.117E-04	0.117E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
CONC	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
OTHER	0.00	0.990E-05	0.990E-05	0.990E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	POISSONS RATIO														
		U12	U13	U23	U14	U24	U34	U15	U25	U35	U45	U16	U26	U36	U46	U56
STEEL	0.00	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CONC	0.00	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OTHER	0.00	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP	YIELD FY
CONC	0.00	36.00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	SHAPE TYPE	DEPTH	FLANGE	FLANGE	WEB	FLANGE	FLANGE
			WIDTH TOP	THICK TOP	THICK	WIDTH BOTTOM	THICK BOTTOM
FSEC1	R	0.500	0.300				
FS1	R	0.600	0.600				
FS2	R	1.000	0.400				

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 11  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION	AXIAL	TORSIONAL	MOMENTS OF INERTIA	SHEAR	AREAS
---------	-------	-----------	--------------------	-------	-------

LABEL	AREA	CONSTANT	I33	I22	A2	A3
FSEC1	0.150E+00	0.282E-02	0.313E-02	0.113E-02	0.125E+00	0.125E+00
FS1	0.360E+00	0.183E-01	0.108E-01	0.108E-01	0.300E+00	0.300E+00
FS2	0.400E+00	0.160E-01	0.333E-01	0.533E-02	0.333E+00	0.333E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 12  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\MISDOCUMENTOS\CURSOSAP2000\ejemplo9.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

SECTION LABEL	MAT LABEL	ADDITIONAL MASS PER LENGTH	ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH
FSEC1	STEEL	0.000E+00	0.000E+00
FS1	CONC	0.000E+00	0.000E+00
FS2	CONC	0.000E+00	0.000E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 13  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\MISDOCUMENTOS\CURSOSAP2000\ejemplo9.EKO

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	JOINT END-I	JOINT END-J	ELEMENT LENGTH	END-OFFSET-LENGTHS END-I	END-OFFSET-LENGTHS END-J	RIGID-END FACTOR	NUMBER OF SEGMENTS
1	1	2	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
2	2	3	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
3	3	4	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
4	4	5	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
5	5	6	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
6	6	7	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
11	12	13	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
12	13	14	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
13	14	15	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
14	15	16	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
15	16	17	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
16	17	18	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
21	23	24	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
22	24	25	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
23	25	26	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
24	26	27	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
25	27	28	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
26	28	29	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
27	29	30	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
31	34	35	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
32	35	36	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
33	36	37	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
34	37	38	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
35	38	39	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
36	39	40	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
37	40	41	3.000	0.000	0.000	0.0000	2
41	2	13	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
42	3	14	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
43	4	15	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
44	5	16	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
45	6	17	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
46	7	18	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
51	13	24	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
52	14	25	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
53	15	26	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
54	16	27	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
55	17	28	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
56	18	29	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
61	24	35	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
62	25	36	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
63	26	37	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
64	27	38	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
65	28	39	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
66	29	40	6.000	0.000	0.000	0.0000	4
67	30	41	6.000	0.000	0.000	0.0000	4

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 14  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\MISDOCUMENTOS\CURSOSAP2000\ejemplo9.EKO

FRAME ELEMENT DATA

ELEMENT LABEL	SECTION LABEL	LOCAL PLANE	COORD SYSTEM	PLN 1ST	PLN 2ND	PLANE JOINTA	PLANE JOINTB	COORD ANGLE
1	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
2	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
3	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
4	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
5	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
6	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
11	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
12	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
13	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
14	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
15	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00



16	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
21	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
22	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
23	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
24	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
25	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
26	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
27	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
31	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
32	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
33	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
34	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
35	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
36	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
37	FS1	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
41	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
42	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
43	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
44	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
45	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
46	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
51	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
52	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
53	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
54	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
55	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
56	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
61	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
62	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
63	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
64	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
65	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
66	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00
67	FS2	12	0	+Z	+X	0	0	0.00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 15  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\MISDOCUMENTOS\CURSOSAP2000\ejemplo9.EKO

T O T A L W E I G H T S A N D M A S S E S

SECTION LABEL	WEIGHT	MASS
FS1	67.4655	6.8740
FS2	109.5593	11.1629
TOTAL	177.0247	18.0370

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 16  
PROGRAM: SAP2000/FILE:\MISDOCUMENTOS\CURSOSAP2000\ejemplo9.EKO

L O A D C O N D I T I O N VERT

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.1000E+01

D I S T R I B U T E D S P A N L O A D S O N F R A M E E L E M E N T S

ELEMENT LABEL	LOC DOF	DISTANCE AT START	DISTANCE AT END	FORCE AT START	FORCE AT END	MOMENT AT START	MOMENT AT END
41	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
42	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
43	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
44	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
45	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
46	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
51	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
52	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
53	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
54	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
55	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
56	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
61	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
62	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
63	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
64	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
65	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
66	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01
67	U2	0.000E+00	0.100E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01	-0.200E+01

L O A D C O N D I T I O N L A T E R A L

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

J O I N T F O R C E S I N L O C A L C O O R D I N A T E S

JOINT LABEL	FORCE 1	FORCE 2	FORCE 3	MOMENT 1	MOMENT 2	MOMENT 3
2	0.500E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	0.500E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	0.500E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	0.500E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

6 0.100E+02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00  
7 0.100E+02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 17  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
	VERT				
	LATERAL				

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
	VERT				
	LATERAL				

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
	VERT				
	LATERAL				

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

LOAD LABEL	MODES	SPEC LABEL	HIST LABEL	MOVE LABEL	COMB LABEL
	VERT				
	LATERAL				

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18  
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

INPUT COMPLETE

SAP2000 (R)  
 Structural Analysis Programs  
 Version E6.10  
 Copyright (C) 1978-1997  
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.  
 All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of  
 THE LICENSEE  
 Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws  
 It is the responsibility of the user to verify all  
 results produced by this program  
 21 Mar 2000 09:11:29

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 1

DISPLACEMENT DEGREES OF FREEDOM

(A) = Active DOF, equilibrium equation  
 (-) = Restrained DOF, reaction computed  
 (+) = Constrained DOF  
 ( ) = Null DOF

JOINTS		UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1		-	-	-	-	A	-
2	TO	7	A	A	A	A	-
12		-	-	-	-	A	-
13	TO	18	A	A	A	A	-
23		-	-	-	-	A	-
24	TO	30	A	A	A	A	-
34		-	-	-	-	A	-
35	TO	41	A	A	A	A	-

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 2

JOINT DISPLACEMENTS  
 TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD	VERT	UX	UZ	RY
1		.000000	.000000	-4.54E-05
2		-9.41E-06	-0.000225	8.91E-05
3		1.41E-05	-0.000413	8.65E-05
4		3.07E-05	-0.000564	9.63E-05
5		5.38E-05	-0.000675	0.000104
6		7.93E-05	-0.000748	0.000106
7		0.000157	-0.000780	0.000175
12		.000000	.000000	-1.45E-07
13		1.22E-06	-0.000406	1.61E-06
14		1.54E-05	-0.000741	1.66E-05
15		3.19E-05	-0.000995	2.50E-05
16		5.46E-05	-0.001293	3.25E-05
17		8.28E-05	-0.001624	3.98E-05
18		0.000135	-0.001990	5.03E-05
23		.000000	.000000	4.33E-06
24		1.27E-05	-0.000425	3.97E-06
25		1.86E-05	-0.000782	-6.00E-06
26		3.43E-05	-0.001073	-9.02E-06
27		5.65E-05	-0.001298	-1.13E-05
28		8.65E-05	-0.001660	-1.04E-05
29		0.000107	-0.001557	-4.24E-05
40		-0.000145	-0.001599	4.91E-05
41		.000000	.000000	5.05E-05
42		2.15E-05	-0.000247	-8.54E-06
43		1.99E-05	-0.000447	-7.48E-05
44		4.57E-05	-0.000689	-8.65E-05
45		5.77E-05	-0.000841	-9.07E-05
46		8.78E-05	-0.000954	-9.40E-05
47		0.000103	-0.001027	-0.000114
48		-0.000152	-0.001060	-0.000224

LOAD LATERAL

JOINT	UX	UZ	RY
1	.000000	.000000	0.002006
2	0.004624	9.14E-05	0.000526
4	0.006425	0.000149	0.000307
6	0.007411	0.000185	0.000186
8	0.008979	0.000211	0.000228
10	0.009927	0.000222	0.000164
12	0.010457	0.000224	9.21E-05
14	.000000	.000000	0.002111
16	0.004614	-1.03E-05	0.000287
18	0.006397	-1.20E-05	0.000197
20	0.007787	-1.15E-05	0.000163
22	0.008954	-9.82E-06	0.000137
24	0.009882	-7.59E-06	9.52E-05
26	0.010407	-6.00E-06	4.57E-05

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 3

JOINT DISPLACEMENTS  
 TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

JOINT	UX	UZ	RY
23	.000000	.000000	0.002104
24	0.004600	9.82E-06	0.000286
25	0.006382	1.12E-05	0.000197
26	0.007773	1.04E-05	0.000163
27	0.008938	8.33E-06	0.000136
28	0.009854	5.95E-06	9.78E-05
29	0.010378	4.39E-06	4.91E-05
30	0.010531	4.64E-06	4.34E-05
34	.000000	.000000	0.001987
35	0.004583	-5.09E-05	0.000524
36	0.006380	-0.000149	0.000308
37	0.007767	-0.000187	0.000266
38	0.008932	-0.000210	0.000223
39	0.009842	-0.000220	0.000160
40	0.010366	-0.000223	8.27E-05
41	0.010532	-0.000223	3.83E-05

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 4

APPLIED LOADS  
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD	VERT	FX	FZ	MY
1		.000000	-1.297413	.000000

2	.000000	-11.477964	8.883139
3	.000000	-11.477964	8.883139
4	.000000	-11.477964	8.883139
5	.000000	-11.477964	8.883139
6	.000000	-11.477964	8.883139
7	.000000	-10.180552	8.883139
12	.000000	-1.297413	.000000
13	.000000	-20.361104	1.60E-14
14	.000000	-20.361104	1.60E-14
15	.000000	-20.361104	1.60E-14
16	.000000	-20.361104	1.60E-14
17	.000000	-20.361104	1.60E-14
18	.000000	-19.063691	1.60E-14
23	.000000	-1.297413	.000000
24	.000000	-20.361104	1.60E-14
25	.000000	-20.361104	1.60E-14
26	.000000	-20.361104	1.60E-14
27	.000000	-20.361104	1.60E-14
28	.000000	-20.361104	1.60E-14
29	.000000	-20.361104	1.60E-14
30	.000000	-10.180552	8.883139
34	.000000	-1.297413	.000000
35	.000000	-11.477964	-8.883139
36	.000000	-11.477964	-8.883139
37	.000000	-11.477964	-8.883139
38	.000000	-11.477964	-8.883139
39	.000000	-11.477964	-8.883139
40	.000000	-11.477964	-8.883139
41	.000000	-10.180552	-8.883139

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FZ	MY
2	5.000000	.000000	.000000
3	5.000000	.000000	.000000
4	5.000000	.000000	.000000
5	5.000000	.000000	.000000
6	10.000000	.000000	.000000
7	10.000000	.000000	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: EJEMPLO9.OUT PAGE 5

GLOBAL FORCE BALANCE  
TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED		.000000	.000000	-405.024747	.000000	137.735574	.000000
REACTNS		1.09E-14	.000000	405.024747	.000000	-137.735574	.000000
TOTAL		1.09E-14	.000000	-5.68E-13	.000000	3.41E-13	.000000

LOAD LATERAL

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
APPLIED		40.000000	.000000	.000000	.000000	480.000000	.000000
REACTNS		-40.000000	.000000	1.07E-14	.000000	-480.000000	.000000
TOTAL		-6.39E-14	.000000	1.07E-14	.000000	2.27E-12	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: EJEMPLO9.OUT PAGE 6

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 1

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 1		0.816605	.000000	69.561426	.000000	1.38E-16	.000000
JOINT 2		-0.816605	.000000	-66.966601	.000000	2.449816	.000000

LOAD LATERAL

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 1		-8.982460	.000000	-27.756703	.000000	6.93E-15	.000000
JOINT 2		8.982460	.000000	27.756703	.000000	-26.947381	.000000

ELEM 2

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 2		2.611554	.000000	58.504322	.000000	3.941674	.000000
JOINT 3		-2.611554	.000000	-55.909496	.000000	3.891588	.000000

LOAD LATERAL

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 2		-5.954896	.000000	-17.596670	.000000	-6.924680	.000000
JOINT 3		5.954896	.000000	17.596670	.000000	-10.940006	.000000

ELEM 3

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 3		2.807400	.000000	44.988612	.000000	4.120981	.000000
JOINT 4		-2.807400	.000000	-44.393787	.000000	4.301218	.000000

LOAD LATERAL

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 3		-5.722883	.000000	-11.732831	.000000	-8.207464	.000000
JOINT 4		5.722883	.000000	11.732831	.000000	-8.961184	.000000

ELEM 4

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 4		3.017396	.000000	35.217087	.000000	4.459042	.000000
JOINT 5		-3.017396	.000000	-32.622262	.000000	4.593346	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: EJEMPLO9.OUT PAGE 7

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD LATERAL

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 4		-4.661364	.000000	-7.014936	.000000	-6.643920	.000000
JOINT 5		4.661364	.000000	7.014936	.000000	-7.340172	.000000

ELEM 5

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 5		3.153406	.000000	23.266381	.000000	4.706837	.000000
JOINT 6		-3.153406	.000000	-20.671555	.000000	4.753381	.000000

LOAD LATERAL

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT 5		-3.926147	.000000	-3.225879	.000000	-5.306865	.000000
JOINT 6		3.926147	.000000	3.225879	.000000	-6.471576	.000000

ELEM 6

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
------	------	----	----	----	----	----	----

6	3.750902	.000000	11.187923	.000000	4.997366	.000000
7	-3.750902	.000000	-8.593098	.000000	6.255321	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
6	-1.589671	.000000	-0.795336	.000000	-1.730379	.000000
7	1.589671	.000000	0.795336	.000000	-3.038635	.000000

ELEM 11

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	12	0.010682	.000000	122.731645	.000000	-3.06E-18	.000000
JOINT	13	-0.010682	.000000	-120.136820	.000000	0.032046	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
12	-11.084411	.000000	3.126082	.000000	-1.66E-16	.000000
13	11.084411	.000000	-3.126082	.000000	-33.253232	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:E:\EMPLOY9.OUT PAGE 8  
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 12

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	13	0.144793	.000000	101.912283	.000000	0.080316	.000000
JOINT	14	-0.144793	.000000	-99.317457	.000000	0.354062	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
13	-11.524494	.000000	0.508852	.000000	-16.468811	.000000
14	11.524494	.000000	-0.508852	.000000	-18.104670	.000000

ELEM 13

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	14	0.499248	.000000	81.505551	.000000	0.672851	.000000
JOINT	15	-0.499248	.000000	-78.910726	.000000	0.824892	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
14	-9.271377	.000000	-0.133337	.000000	-13.597942	.000000
15	9.271377	.000000	0.133337	.000000	-14.216188	.000000

ELEM 14

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	15	0.692181	.000000	61.408506	.000000	0.969808	.000000
JOINT	16	-0.692181	.000000	-58.713681	.000000	1.106735	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
15	-7.814389	.000000	-0.519534	.000000	-11.484626	.000000
16	7.814389	.000000	0.519534	.000000	-11.958541	.000000

ELEM 15

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	16	0.874630	.000000	41.237390	.000000	1.244912	.000000
JOINT	17	-0.874630	.000000	-38.642565	.000000	1.378978	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:E:\EMPLOY9.OUT PAGE 9  
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
16	-6.251986	.000000	-0.676443	.000000	-9.035087	.000000
17	6.251986	.000000	0.676443	.000000	-9.720872	.000000

ELEM 16

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	17	0.903738	.000000	21.273240	.000000	1.260490	.000000
JOINT	18	-0.903738	.000000	-18.678415	.000000	1.450725	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
17	-3.357797	.000000	-0.483850	.000000	-4.549555	.000000
18	3.357797	.000000	0.483850	.000000	-5.523837	.000000

ELEM 21

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	23	-0.002235	.000000	130.433623	.000000	1.46E-17	.000000
JOINT	24	0.002235	.000000	-127.838797	.000000	-0.006704	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
23	-11.045663	.000000	-2.982955	.000000	1.27E-14	.000000
24	11.045663	.000000	2.982955	.000000	-11.136966	.000000

ELEM 22

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	24	-0.097589	.000000	109.738587	.000000	-0.055600	.000000
JOINT	25	0.097589	.000000	-107.143762	.000000	-0.237168	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
24	-11.526709	.000000	-0.413356	.000000	-16.474336	.000000
25	11.526709	.000000	0.413356	.000000	-18.105790	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:E:\EMPLOY9.OUT PAGE 10  
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 24

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	25	-0.416628	.000000	89.582675	.000000	-0.597409	.000000
JOINT	26	0.416628	.000000	-86.967950	.000000	-0.652474	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
25	-9.279987	.000000	0.236201	.000000	-13.609975	.000000
26	9.279987	.000000	-0.236201	.000000	-14.229987	.000000

ELEM 24

LOAD	VERT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
JOINT	26	-0.574847	.000000	64.774054	.000000	-0.339995	.000000
JOINT	27	0.574847	.000000	-67.179234	.000000	-0.882146	.000000

LOAD LATERAL

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
26	-7.835629	.000000	0.630088	.000000	-11.482325	.000000

ELEM	27	7.815629	.000000	-0.630088	.000000	-11.964563	.000000
LOAD	25	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	27	-0.682415	.000000	50.249964	.000000	-1.032169	.000000
	28	0.682415	.000000	-47.655139	.000000	-1.015076	.000000
LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	27	-6.152927	.000000	0.722728	.000000	-8.880128	.000000
	28	6.152927	.000000	-0.722728	.000000	-9.578652	.000000
ELEM	26	-----					
LOAD	26	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	28	-1.090707	.000000	30.926253	.000000	-1.344552	.000000
	29	1.090707	.000000	-28.331427	.000000	-1.927570	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 11

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	28	-3.307681	.000000	0.472495	.000000	-4.517675	.000000
	29	3.307681	.000000	-0.472495	.000000	-5.405369	.000000
ELEM	27	-----					
LOAD	27	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	29	2.753659	.000000	11.450543	.000000	3.296919	.000000
	30	-2.753659	.000000	-8.855718	.000000	4.964059	.000000
LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	29	-0.166062	.000000	-0.076089	.000000	-0.197643	.000000
	30	0.166062	.000000	0.076089	.000000	-0.300542	.000000
ELEM	31	-----					
LOAD	31	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	34	-0.825053	.000000	82.298053	.000000	4.40E-17	.000000
	35	0.825053	.000000	-79.703228	.000000	-2.475158	.000000
LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	34	-8.887467	.000000	27.612676	.000000	-4.50E-15	.000000
	35	8.887467	.000000	-27.612676	.000000	-26.662400	.000000
ELEM	32	-----					
LOAD	32	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	35	-2.658758	.000000	71.191419	.000000	-4.038574	.000000
	36	2.658758	.000000	-66.596594	.000000	-3.937698	.000000
LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	35	-5.493902	.000000	17.501174	.000000	-7.018198	.000000
	36	5.493902	.000000	-17.501174	.000000	-10.963508	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 12

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM	33	-----					
LOAD	33	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	36	-2.890020	.000000	59.591635	.000000	-4.273420	.000000
	37	2.890020	.000000	-56.996810	.000000	-4.396639	.000000
LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	36	-5.725753	.000000	11.629467	.000000	-8.710822	.000000
	37	5.725753	.000000	-11.629467	.000000	-8.966439	.000000
ELEM	34	-----					
LOAD	34	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	37	-3.135530	.000000	47.690685	.000000	-4.665389	.000000
	38	3.135530	.000000	-45.095860	.000000	-4.741202	.000000
LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	37	-4.708618	.000000	6.904383	.000000	-6.666391	.000000
	38	4.708618	.000000	-6.904383	.000000	-7.459462	.000000
ELEM	35	-----					
LOAD	35	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	38	-3.345621	.000000	35.558466	.000000	-4.988659	.000000
	39	3.345621	.000000	-32.963641	.000000	-5.048203	.000000
LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	38	-3.668940	.000000	3.179595	.000000	-4.931138	.000000
	39	3.668940	.000000	-3.179595	.000000	-6.075682	.000000
ELEM	36	-----					
LOAD	36	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	39	-3.563933	.000000	23.246650	.000000	-5.161317	.000000
	40	3.563933	.000000	-20.651825	.000000	-5.510482	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 13

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	39	-1.744850	.000000	0.806691	.000000	-1.915115	.000000
	40	1.744850	.000000	-0.806691	.000000	-3.319435	.000000
ELEM	37	-----					
LOAD	37	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	40	-2.753659	.000000	11.505386	.000000	-3.132390	.000000
	41	2.753659	.000000	-8.910561	.000000	-5.128588	.000000
LOAD LATERAL		-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	40	0.166062	.000000	0.076089	.000000	0.654175	.000000
	41	-0.166062	.000000	-0.076089	.000000	-0.155990	.000000
ELEM	41	-----					
LOAD	41	-----					
JOINT		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	2	-1.794945	.000000	8.462279	.000000	-6.390890	.000000

13	1.794949	.000000	9.303999	.000000	8.916051	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
2	1.972435	.000000	-10.160033	.000000	33.872061	.000000
13	-1.972435	.000000	10.160033	.000000	27.088139	.000000
ELEM 42						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	-0.195846	.000000	8.920884	.000000	-8.014569	.000000
14	0.195846	.000000	8.845394	.000000	7.788103	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
3	4.767987	.000000	-5.863839	.000000	19.147470	.000000
14	-4.767987	.000000	5.863839	.000000	16.035564	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 14

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 43						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
4	-0.209996	.000000	9.176700	.000000	-8.760260	.000000
15	0.209996	.000000	8.589579	.000000	6.998897	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
4	3.938481	.000000	-4.717894	.000000	15.605104	.000000
15	-3.938481	.000000	4.717894	.000000	12.702262	.000000
ELEM 44						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
5	-0.136010	.000000	9.355882	.000000	-9.299983	.000000
16	0.136010	.000000	8.410397	.000000	6.463529	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
5	4.264783	.000000	-3.789057	.000000	12.647037	.000000
16	-4.264783	.000000	3.789057	.000000	10.087305	.000000
ELEM 45						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
6	-0.597496	.000000	9.483632	.000000	-9.750767	.000000
17	0.597496	.000000	8.282646	.000000	6.147808	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
6	7.663524	.000000	-2.430544	.000000	8.201955	.000000
17	-7.663524	.000000	2.430544	.000000	6.381307	.000000
ELEM 46						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
7	3.750962	.000000	8.593096	.000000	-8.755321	.000000
18	-3.750962	.000000	9.173191	.000000	7.995970	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 15

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
7	8.410329	.000000	-0.795336	.000000	3.038635	.000000
18	-8.410329	.000000	0.795336	.000000	1.733381	.000000
ELEM 51						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
13	-1.929060	.000000	8.420538	.000000	-4.028414	.000000
24	1.929060	.000000	8.845740	.000000	8.604020	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
13	2.412518	.000000	-7.542803	.000000	22.633904	.000000
24	-2.412518	.000000	7.542803	.000000	22.622912	.000000
ELEM 52						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
14	-0.550300	.000000	8.966512	.000000	-8.815013	.000000
25	0.550300	.000000	8.799767	.000000	8.314778	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
14	2.514870	.000000	-5.221650	.000000	15.667048	.000000
25	-2.514870	.000000	5.221650	.000000	15.662855	.000000
ELEM 53						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
15	-0.402930	.000000	9.012641	.000000	-8.793597	.000000
26	0.402930	.000000	8.753637	.000000	8.016584	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
15	2.481494	.000000	-4.331698	.000000	12.998557	.000000
26	-2.481494	.000000	4.331698	.000000	12.991634	.000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 16

FRAME ELEMENT JOINT FORCES  
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 54						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
16	-0.318459	.000000	9.065894	.000000	-8.815176	.000000
27	0.318459	.000000	8.700385	.000000	7.718650	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
16	2.702381	.000000	-3.632148	.000000	10.906323	.000000
27	-2.702381	.000000	3.632148	.000000	10.886563	.000000
ELEM 55						
LOAD VERT						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
17	-0.626605	.000000	9.086679	.000000	-8.782276	.000000
28	0.626605	.000000	8.679599	.000000	7.566937	.000000
LOAD LATERAL						
JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
17	4.769335	.000000	-2.623137	.000000	7.889121	.000000
28	-4.769335	.000000	2.623137	.000000	7.849701	.000000





```

REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -46.988612 -2.807400 .000000 .000000 .000000 -4.120981
0.50000 -45.691200 -2.807400 .000000 .000000 .000000 0.090119
1.00000 -44.393787 -2.807400 .000000 .000000 .000000 4.301278
LOAD LATERAL
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 11.732811 5.722883 .000000 .000000 .000000 8.207464
0.50000 11.732811 5.722883 .000000 .000000 .000000 -0.376460
1.00000 11.732811 5.722883 .000000 .000000 .000000 -8.961184
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.001 PAGE 20
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 4 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -35.217087 -3.017396 .000000 .000000 .000000 -4.459042
0.50000 -33.919675 -3.017396 .000000 .000000 .000000 0.067052
1.00000 -32.622262 -3.017396 .000000 .000000 .000000 4.593146
LOAD LATERAL
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 7.014936 4.661364 .000000 .000000 .000000 6.643920
0.50000 7.014936 4.661364 .000000 .000000 .000000 -0.348126
1.00000 7.014936 4.661364 .000000 .000000 .000000 -7.340172
ELEM 5 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -23.266381 -3.153406 .000000 .000000 .000000 -4.706837
0.50000 -21.968968 -3.153406 .000000 .000000 .000000 0.023272
1.00000 -20.671555 -3.153406 .000000 .000000 .000000 4.753381
LOAD LATERAL
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 3.225879 3.926147 .000000 .000000 .000000 5.308865
0.50000 3.225879 3.926147 .000000 .000000 .000000 -0.584125
1.00000 3.225879 3.926147 .000000 .000000 .000000 -6.471576
ELEM 6 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -11.187923 -3.750902 .000000 .000000 .000000 -4.997386
0.50000 -9.890510 -3.750902 .000000 .000000 .000000 0.628967
1.00000 -8.593098 -3.750902 .000000 .000000 .000000 6.255321
LOAD LATERAL
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.795336 1.589673 .000000 .000000 .000000 1.730379
0.50000 0.795336 1.589673 .000000 .000000 .000000 -0.654128
1.00000 0.795336 1.589673 .000000 .000000 .000000 -3.038635
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.002 PAGE 21
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 11 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -122.731645 -0.010682 .000000 .000000 .000000 3.06E-18
0.50000 -121.434233 -0.010682 .000000 .000000 .000000 0.016023
1.00000 -120.136820 -0.010682 .000000 .000000 .000000 0.032046
LOAD LATERAL
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -3.126082 11.084411 .000000 .000000 .000000 1.66E-16
0.50000 -3.126082 11.084411 .000000 .000000 .000000 -16.626616
1.00000 -3.126082 11.084411 .000000 .000000 .000000 -33.253232
ELEM 12 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -101.912284 -0.144793 .000000 .000000 .000000 -0.080316
0.50000 -100.614870 -0.144793 .000000 .000000 .000000 0.136873
1.00000 -99.317457 -0.144793 .000000 .000000 .000000 0.354062
LOAD LATERAL
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -0.508852 11.524494 .000000 .000000 .000000 16.468811
0.50000 -0.508852 11.524494 .000000 .000000 .000000 -0.817930
1.00000 -0.508852 11.524494 .000000 .000000 .000000 -18.104670
ELEM 13 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -61.505551 -0.499248 .000000 .000000 .000000 -0.672851
0.50000 -60.208139 -0.499248 .000000 .000000 .000000 0.076021
1.00000 -58.910726 -0.499248 .000000 .000000 .000000 0.824892
LOAD LATERAL
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.133337 9.271377 .000000 .000000 .000000 13.597942
0.50000 0.133337 9.271377 .000000 .000000 .000000 -0.309123
1.00000 0.133337 9.271377 .000000 .000000 .000000 -14.216188
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.003 PAGE 22
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 14 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -61.308506 -0.692181 .000000 .000000 .000000 -0.969808
0.50000 -60.011093 -0.692181 .000000 .000000 .000000 0.068463
1.00000 -58.713681 -0.692181 .000000 .000000 .000000 1.106735
LOAD LATERAL
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.519534 7.814389 .000000 .000000 .000000 11.484626
0.50000 0.519534 7.814389 .000000 .000000 .000000 -0.236958
1.00000 0.519534 7.814389 .000000 .000000 .000000 -11.958541
ELEM 15 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -41.237350 -0.874630 .000000 .000000 .000000 -1.244912
0.50000 -39.939978 -0.874630 .000000 .000000 .000000 0.067043
1.00000 -38.642565 -0.874630 .000000 .000000 .000000 1.378978
LOAD LATERAL
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.676443 6.251986 .000000 .000000 .000000 9.035087
0.50000 0.676443 6.251986 .000000 .000000 .000000 -0.342892
1.00000 0.676443 6.251986 .000000 .000000 .000000 -9.720872
ELEM 16 ----- LENGTH = 3.000000

```

```

LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -21.273240 -0.903738 .000000 .000000 .000000 -1.260490
0.50000 -19.975827 -0.903738 .000000 .000000 .000000 0.095118
1.00000 -18.678415 -0.903738 .000000 .000000 .000000 1.450725
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.483850 3.357797 .000000 .000000 .000000 4.549555
0.50000 0.483850 3.357797 .000000 .000000 .000000 -0.487141
1.00000 0.483850 3.357797 .000000 .000000 .000000 -5.523837
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

```

FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 23

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

```

ELEM 21 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -130.433624 0.002235 .000000 .000000 .000000 -1.46E-17
0.50000 -129.136210 0.002235 .000000 .000000 .000000 -0.003352
1.00000 -127.838797 0.002235 .000000 .000000 .000000 -0.006704
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 2.982055 11.045663 .000000 .000000 .000000 -1.27E-14
0.50000 2.982055 11.045663 .000000 .000000 .000000 -16.568494
1.00000 2.982055 11.045663 .000000 .000000 .000000 -33.136988
ELEM 22 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -109.738587 0.097589 .000000 .000000 .000000 0.055600
0.50000 -108.441175 0.097589 .000000 .000000 .000000 -0.090784
1.00000 -107.143762 0.097589 .000000 .000000 .000000 -0.237168
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.413356 11.526709 .000000 .000000 .000000 16.474336
0.50000 0.413356 11.526709 .000000 .000000 .000000 -0.815727
1.00000 0.413356 11.526709 .000000 .000000 .000000 -18.105790
ELEM 23 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -89.582675 0.416628 .000000 .000000 .000000 0.597409
0.50000 -88.285263 0.416628 .000000 .000000 .000000 -0.027533
1.00000 -86.987850 0.416628 .000000 .000000 .000000 -0.652474
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -0.216201 9.279987 .000000 .000000 .000000 13.609975
0.50000 -0.236701 9.279987 .000000 .000000 .000000 -0.310006
1.00000 -0.236201 9.279987 .000000 .000000 .000000 -14.229987
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

```

FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 24

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

```

ELEM 24 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -69.774059 0.574047 .000000 .000000 .000000 0.839995
0.50000 -68.476647 0.574047 .000000 .000000 .000000 -0.021076
1.00000 -67.179234 0.574047 .000000 .000000 .000000 -0.882146
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -0.630088 7.815629 .000000 .000000 .000000 11.482325
0.50000 -0.630088 7.815629 .000000 .000000 .000000 -0.241119
1.00000 -0.630088 7.815629 .000000 .000000 .000000 -11.964564
ELEM 25 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -50.249964 0.682415 .000000 .000000 .000000 1.032169
0.50000 -48.952552 0.682415 .000000 .000000 .000000 0.008546
1.00000 -47.655139 0.682415 .000000 .000000 .000000 -1.015076
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -0.722728 6.152927 .000000 .000000 .000000 8.880128
0.50000 -0.722728 6.152927 .000000 .000000 .000000 -0.349262
1.00000 -0.722728 6.152927 .000000 .000000 .000000 -9.578652
ELEM 26 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -30.926253 1.090707 .000000 .000000 .000000 1.344552
0.50000 -29.628840 1.090707 .000000 .000000 .000000 -0.291509
1.00000 -28.331427 1.090707 .000000 .000000 .000000 -1.927570
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -0.472495 4.307681 .000000 .000000 .000000 4.517675
0.50000 -0.472495 4.307681 .000000 .000000 .000000 -0.443847
1.00000 -0.472495 4.307681 .000000 .000000 .000000 -5.405449
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

```

FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 25

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

```

ELEM 27 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -11.450543 -2.753659 .000000 .000000 .000000 -3.296919
0.50000 -10.153130 -2.753659 .000000 .000000 .000000 0.833570
1.00000 -8.855718 -2.753659 .000000 .000000 .000000 4.964059
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.076089 0.186062 .000000 .000000 .000000 0.197643
0.50000 0.076089 0.186062 .000000 .000000 .000000 -0.051450
1.00000 0.076089 0.186062 .000000 .000000 .000000 -0.300542
ELEM 31 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -82.298053 0.825053 .000000 .000000 .000000 -4.40E-17
0.50000 -81.000640 0.825053 .000000 .000000 .000000 -1.237579
1.00000 -79.703228 0.825053 .000000 .000000 .000000 -2.475158
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -27.612676 8.887467 .000000 .000000 .000000 4.50E-15
0.50000 -27.612676 8.887467 .000000 .000000 .000000 -13.331200
1.00000 -27.612676 8.887467 .000000 .000000 .000000 -26.662400

```

```

ELEM 32 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -71.191419 2.658758 .000000 .000000 .000000 4.038574
0.50000 -69.894006 2.658758 .000000 .000000 .000000 0.050438
1.00000 -68.596594 2.658758 .000000 .000000 .000000 -3.937696
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -17.501174 5.993902 .000000 .000000 .000000 7.018198
0.50000 -17.501174 5.993902 .000000 .000000 .000000 -1.972655
1.00000 -17.501174 5.993902 .000000 .000000 .000000 -10.963508
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 26
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 33 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -59.591635 2.890020 .000000 .000000 .000000 4.273420
0.50000 -58.294223 2.890020 .000000 .000000 .000000 -0.061610
1.00000 -56.996810 2.890020 .000000 .000000 .000000 -4.396639
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -11.629967 5.725753 .000000 .000000 .000000 8.210822
0.50000 -11.629967 5.725753 .000000 .000000 .000000 -0.377809
1.00000 -11.629967 5.725753 .000000 .000000 .000000 -8.966439
ELEM 34 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -47.640685 3.135530 .000000 .000000 .000000 4.665384
0.50000 -46.343273 3.135530 .000000 .000000 .000000 -0.037907
1.00000 -45.045860 3.135530 .000000 .000000 .000000 -4.741202
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -6.904383 4.708618 .000000 .000000 .000000 6.666391
0.50000 -6.904383 4.708618 .000000 .000000 .000000 -0.396535
1.00000 -6.904383 4.708618 .000000 .000000 .000000 -7.459462
ELEM 35 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -35.558466 3.345621 .000000 .000000 .000000 4.988659
0.50000 -34.261054 3.345621 .000000 .000000 .000000 -0.029772
1.00000 -32.963641 3.345621 .000000 .000000 .000000 -5.048203
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -3.179595 3.668440 .000000 .000000 .000000 4.931336
0.50000 -3.179595 3.668440 .000000 .000000 .000000 -0.572272
1.00000 -3.179595 3.668440 .000000 .000000 .000000 -6.075682
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 27
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 36 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -23.246650 3.564934 .000000 .000000 .000000 5.161317
0.50000 -21.949237 3.564934 .000000 .000000 .000000 -0.184583
1.00000 -20.651825 3.564934 .000000 .000000 .000000 -5.530482
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -0.806691 1.744850 .000000 .000000 .000000 1.915115
0.50000 -0.806691 1.744850 .000000 .000000 .000000 -0.702160
1.00000 -0.806691 1.744850 .000000 .000000 .000000 -3.319435
ELEM 37 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -11.505386 2.753659 .000000 .000000 .000000 3.132390
0.50000 -10.207973 2.753659 .000000 .000000 .000000 -0.998099
1.00000 -8.910561 2.753659 .000000 .000000 .000000 -5.128588
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -0.076089 -0.166062 .000000 .000000 .000000 -0.654175
0.50000 -0.076089 -0.166062 .000000 .000000 .000000 -0.405083
1.00000 -0.076089 -0.166062 .000000 .000000 .000000 -0.155990
ELEM 41 ----- LENGTH = 6.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 1.794949 -8.462279 .000000 .000000 .000000 -6.390890
0.25000 1.794949 -4.020709 .000000 .000000 .000000 2.971351
0.50000 1.794949 0.420860 .000000 .000000 .000000 5.671238
0.75000 1.794949 4.862430 .000000 .000000 .000000 1.708770
1.00000 1.794949 9.303999 .000000 .000000 .000000 -8.916051
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 33.872061
0.25000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 18.632011
0.50000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 3.391951
0.75000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 -11.848084
1.00000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 -27.088139
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 28
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 42 ----- LENGTH = 6.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 0.195846 -8.920284 .000000 .000000 .000000 -8.014569
0.25000 0.195846 -4.479314 .000000 .000000 .000000 2.035580
0.50000 0.195846 -0.037745 .000000 .000000 .000000 5.423374
0.75000 0.195846 4.803825 .000000 .000000 .000000 2.148814
1.00000 0.195846 8.845394 .000000 .000000 .000000 -7.788101
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 19.147470
0.25000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 10.351712
0.50000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 1.555953
0.75000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 -7.239806
1.00000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 -16.035564
ELEM 43 ----- LENGTH = 6.000000
LOAD VERT -----

```

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.209996	-4.176700	.000000	.000000	.000000	-8.760260
0.25000	0.209996	-4.735130	.000000	.000000	.000000	1.673612
0.50000	0.209996	-0.293561	.000000	.000000	.000000	5.445130
0.75000	0.209996	4.148009	.000000	.000000	.000000	2.554294
1.00000	0.209996	8.589579	.000000	.000000	.000000	-6.998897

LOAD LATERAL

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-3.938481	4.717894	.000000	.000000	.000000	15.605104
0.25000	-3.938481	4.717894	.000000	.000000	.000000	8.528263
0.50000	-3.938481	4.717894	.000000	.000000	.000000	1.451421
0.75000	-3.938481	4.717894	.000000	.000000	.000000	-5.625420
1.00000	-3.938481	4.717894	.000000	.000000	.000000	-12.702262

ELEM 44 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.136010	-9.355882	.000000	.000000	.000000	-9.299983
0.25000	0.136010	-4.914312	.000000	.000000	.000000	1.402662
0.50000	0.136010	-0.472742	.000000	.000000	.000000	5.442953
0.75000	0.136010	3.968827	.000000	.000000	.000000	2.820889
1.00000	0.136010	8.410397	.000000	.000000	.000000	-6.446352

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 29

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

LOAD LATERAL

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-4.264783	3.789057	.000000	.000000	.000000	12.647037
0.25000	-4.264783	3.789057	.000000	.000000	.000000	6.963451
0.50000	-4.264783	3.789057	.000000	.000000	.000000	1.279866
0.75000	-4.264783	3.789057	.000000	.000000	.000000	-4.403720
1.00000	-4.264783	3.789057	.000000	.000000	.000000	-10.087305

ELEM 45 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.597496	-9.483632	.000000	.000000	.000000	-9.750767
0.25000	0.597496	-5.042063	.000000	.000000	.000000	1.143504
0.50000	0.597496	-0.600493	.000000	.000000	.000000	5.375422
0.75000	0.597496	3.841076	.000000	.000000	.000000	2.944984
1.00000	0.597496	8.282646	.000000	.000000	.000000	-6.147808

LOAD LATERAL

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-7.663524	2.430544	.000000	.000000	.000000	8.201955
0.25000	-7.663524	2.430544	.000000	.000000	.000000	4.556139
0.50000	-7.663524	2.430544	.000000	.000000	.000000	0.910324
0.75000	-7.663524	2.430544	.000000	.000000	.000000	-2.735491
1.00000	-7.663524	2.430544	.000000	.000000	.000000	-6.381307

ELEM 46 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-3.750902	-8.593098	.000000	.000000	.000000	-6.255321
0.25000	-3.750902	-4.151528	.000000	.000000	.000000	3.303149
0.50000	-3.750902	0.290042	.000000	.000000	.000000	6.199263
0.75000	-3.750902	4.731412	.000000	.000000	.000000	2.444024
1.00000	-3.750902	9.171181	.000000	.000000	.000000	-7.995570

LOAD LATERAL

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-8.410329	0.795336	.000000	.000000	.000000	3.038645
0.25000	-8.410329	0.795336	.000000	.000000	.000000	1.845631
0.50000	-8.410329	0.795336	.000000	.000000	.000000	0.652627
0.75000	-8.410329	0.795336	.000000	.000000	.000000	-0.540377
1.00000	-8.410329	0.795336	.000000	.000000	.000000	-1.733381

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 30

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

LOAD VERT

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	1.929060	-8.920538	.000000	.000000	.000000	-9.028414
0.25000	1.929060	-4.478969	.000000	.000000	.000000	1.021216
0.50000	1.929060	-0.037399	.000000	.000000	.000000	4.408492
0.75000	1.929060	4.404171	.000000	.000000	.000000	1.133413
1.00000	1.929060	8.845740	.000000	.000000	.000000	-8.804020

LOAD LATERAL

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-2.412518	7.542803	.000000	.000000	.000000	22.633904
0.25000	-2.412518	7.542803	.000000	.000000	.000000	11.319700
0.50000	-2.412518	7.542803	.000000	.000000	.000000	0.005496
0.75000	-2.412518	7.542803	.000000	.000000	.000000	-11.408708
1.00000	-2.412518	7.542803	.000000	.000000	.000000	-22.622912

ELEM 52 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.550300	-8.966512	.000000	.000000	.000000	-8.815013
0.25000	0.550300	-4.524942	.000000	.000000	.000000	1.303578
0.50000	0.550300	-0.083373	.000000	.000000	.000000	4.759813
0.75000	0.550300	4.358197	.000000	.000000	.000000	1.553695
1.00000	0.550300	8.799767	.000000	.000000	.000000	-8.314778

LOAD LATERAL

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-2.514870	5.221650	.000000	.000000	.000000	15.667048
0.25000	-2.514870	5.221650	.000000	.000000	.000000	7.844572
0.50000	-2.514870	5.221650	.000000	.000000	.000000	0.002096
0.75000	-2.514870	5.221650	.000000	.000000	.000000	-7.830374
1.00000	-2.514870	5.221650	.000000	.000000	.000000	-15.662855

ELEM 53 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.402930	-9.012643	.000000	.000000	.000000	-8.793597
0.25000	0.402930	-4.571072	.000000	.000000	.000000	1.394188
0.50000	0.402930	-0.129502	.000000	.000000	.000000	4.919618
0.75000	0.402930	4.312067	.000000	.000000	.000000	1.782694
1.00000	0.402930	8.754637	.000000	.000000	.000000	-8.016584

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 31

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

LOAD LATERAL

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
----------	---	----	----	---	----	----

0.00000	-2.481494	4.331698	.000000	.000000	.000000	12.998552
0.25000	-2.481494	4.331698	.000000	.000000	.000000	6.501005
0.50000	-2.481494	4.331698	.000000	.000000	.000000	0.003459
0.75000	-2.481494	4.331698	.000000	.000000	.000000	-6.494088
1.00000	-2.481494	4.331698	.000000	.000000	.000000	-12.991634

ELEM 54 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.318459	-9.065894	.000000	.000000	.000000	-8.815176
0.25000	0.318459	-4.624324	.000000	.000000	.000000	1.452487
0.50000	0.318459	-0.182754	.000000	.000000	.000000	5.057796
0.75000	0.318459	4.258815	.000000	.000000	.000000	2.000750
1.00000	0.318459	8.700385	.000000	.000000	.000000	-7.718650

LOAD LATERAL						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-2.702381	3.632148	.000000	.000000	.000000	10.906323
0.25000	-2.702381	3.632148	.000000	.000000	.000000	5.458102
0.50000	-2.702381	3.632148	.000000	.000000	.000000	0.009880
0.75000	-2.702381	3.632148	.000000	.000000	.000000	-5.438341
1.00000	-2.702381	3.632148	.000000	.000000	.000000	-10.886563

ELEM 55 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.626605	-9.086679	.000000	.000000	.000000	-8.787276
0.25000	0.626605	-4.645109	.000000	.000000	.000000	1.511565
0.50000	0.626605	-0.203540	.000000	.000000	.000000	5.148052
0.75000	0.626605	4.238030	.000000	.000000	.000000	2.122185
1.00000	0.626605	8.679599	.000000	.000000	.000000	-7.556637

LOAD LATERAL						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-4.769335	2.623137	.000000	.000000	.000000	7.889121
0.25000	-4.769335	2.623137	.000000	.000000	.000000	3.954415
0.50000	-4.769335	2.623137	.000000	.000000	.000000	0.019710
0.75000	-4.769335	2.623137	.000000	.000000	.000000	-3.914995
1.00000	-4.769335	2.623137	.000000	.000000	.000000	-7.849701

PROGRAM SAP2000 - VERSION 8.10

FILE: EJEMPLO9.OUT PAGE 32

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 56 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-4.654641	-9.505234	.000000	.000000	.000000	-9.446295
0.25000	-4.654641	-5.063664	.000000	.000000	.000000	1.480379
0.50000	-4.654641	-0.622095	.000000	.000000	.000000	5.744698
0.75000	-4.654641	3.819475	.000000	.000000	.000000	3.346663
1.00000	-4.654641	8.261045	.000000	.000000	.000000	-5.713727

LOAD LATERAL						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-5.052531	1.279186	.000000	.000000	.000000	3.790456
0.25000	-5.052531	1.279186	.000000	.000000	.000000	1.871677
0.50000	-5.052531	1.279186	.000000	.000000	.000000	-0.047102
0.75000	-5.052531	1.279186	.000000	.000000	.000000	-1.965880
1.00000	-5.052531	1.279186	.000000	.000000	.000000	-3.884654

ELEM 61 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	1.833705	-9.254470	.000000	.000000	.000000	-8.741716
0.25000	1.833705	-4.812900	.000000	.000000	.000000	1.808811
0.50000	1.833705	-0.371331	.000000	.000000	.000000	5.696984
0.75000	1.833705	4.070239	.000000	.000000	.000000	2.922803
1.00000	1.833705	8.511809	.000000	.000000	.000000	-6.513733

LOAD LATERAL						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-2.893564	10.111502	.000000	.000000	.000000	26.988412
0.25000	-2.893564	10.111502	.000000	.000000	.000000	11.811159
0.50000	-2.893564	10.111502	.000000	.000000	.000000	-3.346093
0.75000	-2.893564	10.111502	.000000	.000000	.000000	-18.513345
1.00000	-2.893564	10.111502	.000000	.000000	.000000	-33.680598

ELEM 62 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.231262	-8.761320	.000000	.000000	.000000	-7.480201
0.25000	0.231262	-4.319750	.000000	.000000	.000000	2.330601
0.50000	0.231262	0.121819	.000000	.000000	.000000	5.479049
0.75000	0.231262	4.564389	.000000	.000000	.000000	1.965144
1.00000	0.231262	9.006959	.000000	.000000	.000000	-8.211118

PROGRAM SAP2000 - VERSION 8.10

FILE: EJEMPLO9.OUT PAGE 33

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

LOAD LATERAL						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-0.268149	5.871207	.000000	.000000	.000000	16.052910
0.25000	-0.268149	5.871207	.000000	.000000	.000000	7.246100
0.50000	-0.268149	5.871207	.000000	.000000	.000000	-1.560710
0.75000	-0.268149	5.871207	.000000	.000000	.000000	-10.367520
1.00000	-0.268149	5.871207	.000000	.000000	.000000	-19.174330

ELEM 63 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.245511	-8.460154	.000000	.000000	.000000	-6.524115
0.25000	0.245511	-4.018584	.000000	.000000	.000000	2.844938
0.50000	0.245511	0.422985	.000000	.000000	.000000	5.541637
0.75000	0.245511	4.864555	.000000	.000000	.000000	1.565982
1.00000	0.245511	9.306125	.000000	.000000	.000000	-9.062028

LOAD LATERAL						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-1.017136	4.725585	.000000	.000000	.000000	12.720677
0.25000	-1.017136	4.725585	.000000	.000000	.000000	5.632301
0.50000	-1.017136	4.725585	.000000	.000000	.000000	-1.456076
0.75000	-1.017136	4.725585	.000000	.000000	.000000	-8.544453
1.00000	-1.017136	4.725585	.000000	.000000	.000000	-15.632830

ELEM 64 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT						
REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.210091	-8.228885	.000000	.000000	.000000	-5.804335
0.25000	0.210091	-3.787315	.000000	.000000	.000000	3.207815

0.50000	0.210091	0.654254	.000000	.000000	.000000	5.557611
0.75000	0.210091	5.095824	.000000	.000000	.000000	1.245052
1.00000	0.210091	9.537394	.000000	.000000	.000000	-9.729861

LOAD LATERAL -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-1.039678	3.724788	.000000	.000000	.000000	9.958128
0.25000	-1.039678	3.724788	.000000	.000000	.000000	4.370946
0.50000	-1.039678	3.724788	.000000	.000000	.000000	-1.216236
0.75000	-1.039678	3.724788	.000000	.000000	.000000	-6.803418
1.00000	-1.039678	3.724788	.000000	.000000	.000000	-12.390600

PROGRAM SAP2000 - VERSION 6.10  
 FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES  
 FILE: E:\EMPLE09.OUT PAGE 34

ELEM 65 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.218312	-8.049287	.000000	.000000	.000000	-5.206409
0.25000	0.218312	-3.607718	.000000	.000000	.000000	3.536345
0.50000	0.218312	0.833852	.000000	.000000	.000000	5.616744
0.75000	0.218312	5.275422	.000000	.000000	.000000	1.034789
1.00000	0.218312	9.716991	.000000	.000000	.000000	-10.209520

LOAD LATERAL -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-1.924090	2.372904	.000000	.000000	.000000	6.246627
0.25000	-1.924090	2.372904	.000000	.000000	.000000	2.687271
0.50000	-1.924090	2.372904	.000000	.000000	.000000	-0.872085
0.75000	-1.924090	2.372904	.000000	.000000	.000000	-4.431441
1.00000	-1.924090	2.372904	.000000	.000000	.000000	-7.990797

ELEM 66 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-0.810274	-8.619840	.000000	.000000	.000000	-7.083076
0.25000	-0.810274	-4.178270	.000000	.000000	.000000	2.515507
0.50000	-0.810274	0.263300	.000000	.000000	.000000	5.451735
0.75000	-0.810274	4.704869	.000000	.000000	.000000	1.725608
1.00000	-0.810274	9.346439	.000000	.000000	.000000	-8.662873

LOAD LATERAL -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-1.910912	0.730602	.000000	.000000	.000000	1.718452
0.25000	-1.910912	0.730602	.000000	.000000	.000000	0.622449
0.50000	-1.910912	0.730602	.000000	.000000	.000000	-0.473454
0.75000	-1.910912	0.730602	.000000	.000000	.000000	-1.569357
1.00000	-1.910912	0.730602	.000000	.000000	.000000	-2.665260

ELEM 67 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	-2.753659	-8.855718	.000000	.000000	.000000	-4.964059
0.25000	-2.753659	-4.414148	.000000	.000000	.000000	4.988340
0.50000	-2.753659	0.027421	.000000	.000000	.000000	8.278385
0.75000	-2.753659	4.468991	.000000	.000000	.000000	4.906076
1.00000	-2.753659	8.910561	.000000	.000000	.000000	-5.128588

PROGRAM SAP2000 - VERSION 6.10  
 FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES  
 FILE: E:\EMPLE09.OUT PAGE 35

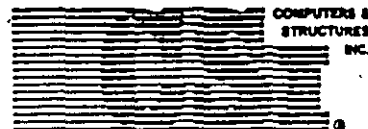
LOAD LATERAL -----

REL DIST	P	V2	V3	T	M2	M3
0.00000	0.166062	0.076089	.000000	.000000	.000000	0.300542
0.25000	0.166062	0.076089	.000000	.000000	.000000	0.186409
0.50000	0.166062	0.076089	.000000	.000000	.000000	0.072276
0.75000	0.166062	0.076089	.000000	.000000	.000000	-0.041857
1.00000	0.166062	0.076089	.000000	.000000	.000000	-0.155990

# SAP2000®

Análisis y Diseño Integrado de  
Estructuras por el  
Método de Elementos Finitos

EJEMPLOS DE APLICACION



Computers and Structures, Inc.  
Berkeley, California, USA

# DISCLAIMER

CONSIDERABLE TIME, EFFORT AND EXPENSE HAVE GONE INTO THE DEVELOPMENT AND DOCUMENTATION OF SAP2000. THE PROGRAM HAS BEEN THOROUGHLY TESTED AND USED. IN USING THE PROGRAM, HOWEVER, THE USER ACCEPTS AND UNDERSTANDS THAT NO WARRANTY IS EXPRESSED OR IMPLIED BY THE DEVELOPERS OR THE DISTRIBUTORS ON THE ACCURACY OR THE RELIABILITY OF THE PROGRAM.

THE USER MUST EXPLICITLY UNDERSTAND THE ASSUMPTIONS OF THE PROGRAM AND MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS.

---

## Indice

---

Ejemplo 1	Pórtico Bidimensional bajo Carga Estática.....	1
Ejemplo 2	Pórtico Bidimensional con Carga de un Espectro de Respuesta .....	13
Ejemplo 3	Pórtico Bidimensional Análisis de Historia en el Tiempo..	20
Ejemplo 4	Diseño en Acero de un Pórtico Bidimensional .....	32
Apéndice A	Descripción de los Iconos de la Barra de Herramientas ..	A1
Apéndice B	Descripción de los Iconos de la Barra Flotante .....	B1



- Edite la geometría de la malla y presione el botón OK para cerrar la plantilla.

*Sugerencia: Finalizada la edición de la malla, se puede hacer click con el botón derecho del mouse sobre las columnas para verificar si éstas tienen la longitud apropiada. Esta es una manera muy práctica de obtener información sobre cualquier nudo o elemento de la estructura.*

## Edición de Apoyos

El siguiente paso es el cambio de los apoyos de la estructura de la opción por defecto que corresponde a nudos articulados, a la opción de nudos rígidos que tenemos en este caso.

- Seleccione el icono Pointer Tool de la barra de herramientas flotante.
- Marque un área rectangular que abarque los tres nudos en la base de la estructura.

*Sugerencia: Se puede observar la barra de estado para ver el número y tipo de elementos que han sido seleccionados.*

- Seleccione el icono Assign Joint Restraints de la barra de herramientas flotante para asignar empotramiento en los apoyos de la estructura. Se pueden asignar también otras características de los nudos desde el menú Assign.

## Definición de la Sección Transversal de los Elementos

- Seleccione primeramente todas las secciones transversales que van a emplearse en el pórtico. Desde el menú Define seleccione la opción Frame Sections. Luego importe los perfiles de acero mostrados en la Figura 1-1.

*Nota: Se puede seleccionar más de una sección a la vez de la lista Section Selection. Para ello presione la tecla Ctrl mientras se efectúa la selección.*

- Bajo el menú Select encontrará varias formas de seleccionar nudos y elementos. Para este problema son útiles los modos de selección Pointer/Window e Intersecting Line.
- Una vez seleccionados los elementos del pórtico deseados, se podrán asignar las secciones de acero correspondientes a través del botón Assign Frame Sections que está ubicado en la barra de herramientas flotante.

## Asignación de Cargas

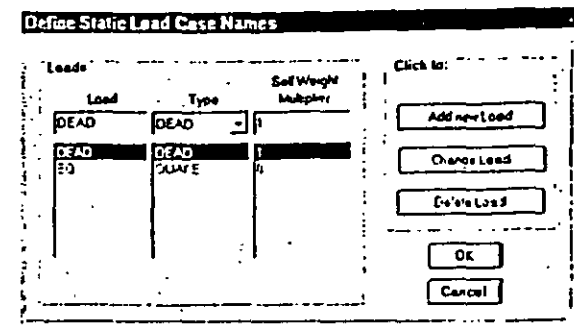


Figura 1-2 Plantilla con los nombres de las condiciones de carga estática

- El primer paso al ingresar las cargas es definir las condiciones de carga estática. Para ello ingrese al menú Define y seleccione la opción Static Load Cases
  - DEAD puede usarse para las cargas verticales por peso propio de las vigas, manteniendo el indicador Self Weight Multiplier con el valor 1, SAP2000 agregará el peso propio de las vigas.
- Defina una condición de carga lateral estática llamada EQ para la carga de sismo. Asigne esta carga lateral como una carga del tipo QUAKE. Esto permitirá al programa efectuar automáticamente las combinaciones de carga a ser empleadas por el módulo de diseño del SAP2000. Además asigne al parámetro Self Weight Multiplier el valor cero.
- Las cargas verticales mostradas en la Figura 1-1 pueden asignarse a las vigas seleccionando todas las vigas utilizando el botón Assign Frame Span Loads de la barra de herramientas flotante.
- Las cargas laterales estáticas necesitan ingresarse seleccionando individualmente cada nudo y empleando el botón Assign Joint Loads.

**Importante:** Asegúrese de que está añadiendo las cargas a la condición de carga correspondiente.

## Crear... Diafragmas de Piso

Crear diafragmas de piso y especificar la masa del piso sólo en la dirección X son técnicas comúnmente usadas para reducir el tamaño del problema. Por otro lado, al añadir diafragmas el comportamiento del modelo se asemeja al de un edificio con diafragmas rígidos.

- Repita los siguientes pasos para cada piso:
  - Seleccione todos los nudos del piso.
  - Entre al menú Assign y seleccione la opción Joint ... Constraints.
  - Seleccione Add Diaphragm del la caja de opciones.
    - En la plantilla Diaphragm Constraint ingrese un nombre para el diafragma del primer piso. En este caso usaremos el nombre DIA1.
    - Seleccione la opción Z-axis constraint. Esta opción define un diafragma perpendicular al eje-Z.
    - Presione el botón OK.
  - Presione el botón OK para finalizar la operación.
  - Repita estos pasos para los demás pisos usando diferentes nombres en cada uno.
- La masa de todos los pisos es la misma. Luego seleccione un nudo en cada piso.
- Cambie las unidades en que se van a ingresar los datos a Kip-in, puesto que la masa indicada en la Figura 1-1 está dada en esas unidades.
- Del menú Assign seleccione la opción Joint ... Masses
  - Ingrese la masa de cada piso en la dirección del eje coordenado local 1 (que en éste caso coincide con la dirección del Eje Global X).
  - Todos los demás valores son cero.
- Retorne las unidades a Kip-ft.

## Propiedades de los Materiales

Por último, antes de efectuar el análisis de la estructura, deberemos verificar que la asignación de las propiedades de los materiales es la correcta.

- Desde el menú Define seleccione la opción Materials.
- En la plantilla Materials seleccione STEEL y presione el botón MODIFY/SHOW MATERIAL.

- En la plantilla Material Property Data verifique que las propiedades del material sean las correctas. Recuerde que los valores son reportados en las unidades con las que se este trabajando en este momento.

## Efectuando el Análisis

Una vez que los datos han sido ingresados, es tiempo para correr el modelo y revisar los resultados.

- Grabe el modelo.
- Especifique los parámetros para el análisis seleccionando la opción Analyze del menú Set Options.
  - En la plantilla Analysis Options seleccione Plane Frame Analysis para reducir el tamaño del problema y por tanto reducir el tiempo de cálculo.
  - Presione el botón OK para aceptar los cambios realizados.
- Seleccione la opción Run del menú Analyze para proceder al análisis la estructura.

*Nota: Una vez concluido el análisis Ud. podrá revisar los resultados completos en la pantalla antes de presionar el botón OK. Esta será su primera verificación para ver si existe algún problema en el modelo.*

## Usando los Resultados

### Verificación de los Resultados

Una vez que se ha analizado el modelo se debe verificar si los resultados son correctos y que sus valores son del orden y magnitud a los esperados.

Verificación del Modelo:

- Verifique que el cortante total en la base es igual a la carga lateral total para la condición de carga EQ.
  - Seleccione el grupo de elementos del pórtico que están ubicados en el primer nivel así como los nudos en la base de la estructura.
  - Desde el menú Assign seleccione Group Names.
  - Asigne a este grupo de elementos un nombre representativo por ejemplo BASE SHEAR.
  - Seleccione el botón ADD NEW GROUP NAME y presione el botón OK.
  - En el menú Display seleccione la opción Show Group Joint Force Sums y elija el grupo previamente creado.

2. Observe la deformada de la estructura y cree una animación de la misma bajo cargas verticales y laterales para asegurarse de que el comportamiento del modelo es el esperado.

- Ingrese al menú Display y seleccione Show Deformed Shape y seleccione la condición de carga en la que este interesado. También seleccione la opción Wire Shadow, así podrá ver la geometría no-deformada de la estructura al mismo tiempo. Vea las Figuras 1-3 y 1-4 para las formas deformadas de la estructura. Haga click con el botón derecho del mouse sobre cualquier nudo para observar los desplazamientos y rotaciones correspondientes.
- Genere una animación de la deformada presionando el botón START ANIMATION ubicado en la parte inferior de la barra de estado (Para esto se necesita que se encuentre activa una ventana conteniendo la deformada de la estructura). La animación así creada puede salvarse como un archivo \*.AVI para verse después desde el menú File. (Vea la Ayuda En-línea bajo el ítem "Export an AVI file".)  
*Intente esto: Presione los botones + y - ubicados junto al botón Animate y vea lo que le sucede a la deformada de la estructura.*
- Presione el botón STOP ANIMATION cuando haya terminado de observar la animación.

Si los procedimientos antes descritos muestran que la información ingresada aparenta ser correcta, podemos entonces avanzar hacia procedimientos más avanzados de revisión de los resultados.

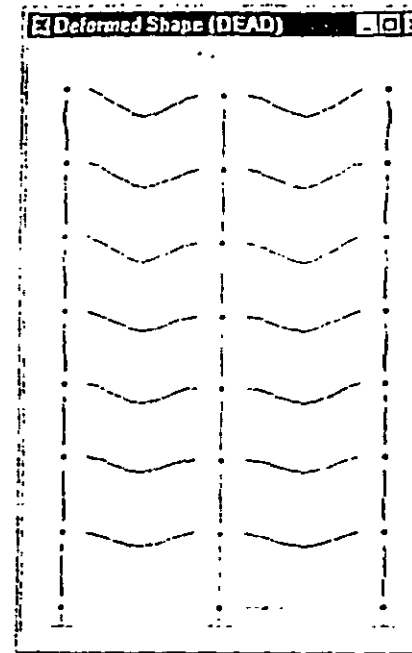


Figura 1-3 Deformada de la Estructura para Cargas Verticales

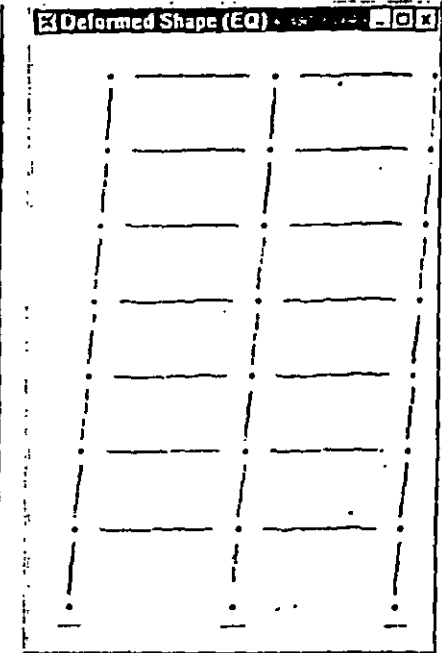


Figure 1-4 Deformada de la Estructura para Cargas Laterales

## Comportamiento Estructural

En muchas ocasiones se desea verificar si la estructura se encuentra dentro de determinados límites de comportamiento, tales como rangos de esfuerzo especificados por algún código de diseño. SAP2000 hace todas estas verificaciones automáticamente cuando los elementos son diseñados. (Las opciones de diseño del SAP2000 serán discutidas con mayor detalle en los siguientes ejemplos).

1. Los elementos estructurales pueden diseñarse desde el menú Design y seleccionando la opción Start Design/Check of Structure.
  - Los elementos del pórtico mostrarán en este momento colores que representan el nivel del esfuerzo en cada elemento. Asimismo en la parte inferior de cada elemento se muestra un valor numérico representativo del nivel de esfuerzo presente en el elemento. Un valor 1 por ejemplo significa 100% esforzado.

- Para tener más información sobre el diseño de los elementos entre al menú Design y seleccione la opción Display Design Info.
2. Se puede también ver la información del diseño de cada elemento, o inclusive asignar secciones transversales alternativas, haciendo click con el botón derecho del mouse sobre un elemento.
    - De la ventana que se muestre se puede seleccionar el botón DETAILS para apreciar información detallada de la sección bajo cada una de las combinaciones de carga empleadas en el diseño.
    - También se puede rediseñar el elemento después de cambiar sus parámetros de diseño, longitud efectiva, factor K o propiedades a la sección, presionando el botón REDESIGN.
  3. Si se ha seleccionado una nueva sección la cual se quiere utilizar en el diseño final de la estructura, únicamente ingrese al menú Design y seleccione la opción Update Analysis Sections para reanalizar la estructura con las nuevas secciones seleccionadas.

*Nota: Puede ser necesario el uso del botón Refresh Window de la barra de herramientas para actualizar la información en la ventana activa luego de haber efectuado cambios en los parámetros de diseño.*

## Observando e Imprimiendo Resultados

A menudo se necesita disponer de una copia impresa de los resultados de los análisis obtenidos con el SAP2000. Existen diferentes formas de obtenerlos:

1. Se pueden elegir los resultados que nos interesan con la opción Generate Output ubicada en la plantilla Analysis Options. El botón Select Output Options que aparece permitirá seleccionar cuantos y cuales de los resultados queremos imprimir. Estos resultados son escritos en un archivo de texto con el mismo nombre de nuestro archivo de datos, pero con la extensión \*.OUT.
2. Los datos ingresados así como la mayor parte de los resultados generados también pueden verse a partir del menú Display .
3. Desde el menú File se puede optar por imprimir ya sea Gráficos , Tablas con los Datos Ingresados ó Tablas con los Resultados del Análisis y Diseño de elementos.

*Sugerencia: Si existen elementos ó nudos seleccionados al momento de generar la impresión de resultados, únicamente se imprimirá la información correspondiente a dichos elementos. De lo contrario, la impresión se generará para todos los elementos y nudos del modelo.*

4. El análisis efectuado por el SAP2000 genera dos archivos de salida. El archivo *filename.EKO* que incluye toda la información empleada en el análisis; y el archivo *filename.OUT*, que

contiene los resultados del análisis así como los resultados específicamente seleccionados en el menú Analyze ...Set Options.

*Recuerde: Es un buen hábito generar la salida primeramente a un archivo de texto antes de enviarlo directamente a la impresora. Esto nos permite revisar previamente la información usando cualquier editor de textos, sin tener que hacer frente a enormes pilas de papel.*

## Comentarios Finales

Como habrá podido observar, SAP2000 es una poderosa herramienta para el análisis estructural que puede usarse en una gran variedad de problemas. Sin embargo, es muy importante entender los principios de ingeniería sobre los cuales este programa ha sido creado.

La mayoría de los trabajos en ingeniería se inician con sencillos anteproyectos para posteriormente madurar en complejos proyectos de análisis/diseño. Esto hace que sea muy importante decidir desde un inicio las herramientas apropiadas de forma tal que no sea necesario cambiar de programas a la mitad de un proyecto. SAP2000 trata de satisfacer la mayor parte de las necesidades que un diseñador puede tener durante el desarrollo de un proyecto.

Las características que SAP2000 ofrece en el proceso de diseño incluyen:

- La capacidad de diseñar pequeños ó grandes proyectos sin necesidad de aprender a usar un nuevo programa.
- La capacidad de diseñar elementos de concreto y acero en un mismo programa.
- Algoritmos de cálculo rápidos que permiten al usuario dedicar mayor tiempo en la modelación del problema y optimización del diseño de elementos estructurales.
- La habilidad para modificar y mejorar el diseño fácilmente.
- Existen probablemente tantas formas de modelar una estructura como ingenieros existen. Sin embargo, puede encontrar útiles algunas de las siguientes ideas :
- Comience con un modelo básico de la estructura y trate de entenderlo antes de añadir más detalles. Será más sencillo corregir problemas en el sistema estructural adoptado cuando el modelo es aún simple.
- Asegúrese de que la estructura pueda construirse y que se comportará en la manera en que la hemos modelado. Si no puede ser construida en esa forma, es necesario entender el efecto del proceso constructivo en el comportamiento final de la estructura.
- Documente detalladamente su diseño incluyendo información sobre las consideraciones asumidas, áreas que deban revisarse e incluso sobre información que aún es requerida. Para ello use el editor de textos User Comments and Session Log que se encuentra dentro del menú File. Este editor de textos incorporado en el programa, le permitirá que dichas anotaciones y comentarios formen parte del modelo.

- Experimente con sistemas estructurales alternativos. SAP2000 ha sido diseñado para efectuar cálculos numéricos rápidamente, permitiendo utilizar mayor tiempo en el mejoramiento de nuestros diseños.
- Así como hay un tiempo asignado para la revisión general al final de un proyecto, no hay razón por la que no deba haber un tiempo para revisar el proyecto desde sus inicios.

---

## EJEMPLO 2

---

# Pórtico Bidimensional con Carga de un Espectro de Respuesta

## Descripción

Este ejemplo es una continuación del Ejemplo 1. En esta sección mostraremos como incorporar un Espectro de Respuesta en el análisis de un pórtico bidimensional. La base para definir el Espectro de Respuesta será el espectro del código UBC94S2 el cual está incluido en el SAP2000.

## Aspectos Significativos del Modelo y del SAP2000

- Uso del comando Help para obtener instrucciones sobre las opciones del SAP2000.
- Incorporación de una carga proveniente de un Espectro de Respuesta.
- Adecuar la escala del Espectro de Respuesta para su uso en el diseño.

## Definiendo el Espectro de Respuesta

Un Espectro de Respuesta es la máxima respuesta de un sistema excitado en su base por una función aceleración-tiempo. Esta función se expresa en términos de la frecuencia natural de la estructura y del amortiguamiento del sistema. El Espectro de Respuesta del código UBC94S2 que vamos a emplear en este ejemplo es suministrado con SAP2000 y no es necesario definirlo por separado. Si hubiese la necesidad de definir un Espectro de Respuesta distinto, se puede usar la ayuda en línea para obtener instrucciones que indican paso a paso como efectuar esta tarea.

### Ayuda En-línea

Recuerde: *Podrá utilizar alguno de los métodos siguientes para obtener información sobre cualquiera de las funciones del SAP2000*

1. Del menú Help seleccione Search for Help on.
2. Con el plantilla Index seleccionada:
  - En el Area 1 escriba 'Define'. Ud. verá en el Area 2 una lista de todos los tópicos disponibles que comiencen con la palabra 'define'. Uno de esos tópicos es 'Define Response Spectrum Functions', que es el tópico del cual necesitamos obtener ayuda. Haga doble click en la línea con la frase 'Define Response Spectrum Functions' para que el programa muestre la información correspondiente.
3. Alternativamente, seleccione el indicador Find para buscar una palabra clave en cualesquiera de los tópicos disponibles en la Ayuda En-línea.
  - Si es la primera vez que usa la opción Find de la Ayuda En-línea del SAP2000, aparecerá una plantilla denominada Find Setup Wizard.
    - Presione el botón NEXT para aceptar el criterio para construir la base de datos de búsqueda.
    - Presione el botón FINISH para construir la base de datos.
  - En el Area 1 escriba 'Response Spectrum'
  - En el Area 3 encontrará nuevamente la opción 'Define Response Spectrum Functions' la cual puede seleccionarse para obtener la información de ayuda correspondiente.

Nota: *Se puede encontrar mayor información sobre el uso de la Ayuda En-línea, en la documentación de Windows. También puede ejecutar el archivo WINHELP32.HLP ubicado en C:\WINDOWS\HELP.*

### Definiendo el Espectro de Respuesta

1. Si el modelo esta protegido (locked), use el botón Lock/Unlock Model para remover la protección y poder efectuar cambios en el modelo.

2. Ajuste las unidades a Kip-ft.
3. Ingrese al menú Define y seleccione la opción Response Spectrum
4. Presione el botón ADD NEW SPECTRA en la plantilla Response Spectra.
5. En la plantilla Response Spectrum Case Data:
  - Especifique el amortiguamiento asociado al Espectro de Respuesta colocando en la casilla Damping el valor, para nuestro caso: 0.05 (5 %)
  - Seleccione UBC94S2 para la dirección U1, así como un factor de escala 32.2ft/sec<sup>2</sup> en la casilla Scale Factor. Este factor de escala es usado por el Espectro de Respuesta debido a que el espectro UBC94S2 esta normalizado al valor de la aceleración de la gravedad g.
  - El resto de los valores por defecto son aceptables.
  - Presione el botón OK para aceptar los cambios hechos en ambas plantillas.

## Efectuando el Análisis

Una vez que se han realizado las modificaciones, es tiempo de analizar el modelo y echar una mirada a los resultados del Espectro de Respuesta.

1. Grabe el modelo.
2. En el menú Analyze seleccione la opción Set Options.
  - Marque la casilla Dynamic Analysis.
  - Presione el botón SET DYNAMIC PARAMETERS y modifique el número de modos de vibración a ser considerados en el análisis en la opción Number of Modes. Para nuestro caso 7. El resto de valores por defecto son aceptables.
  - Presione el botón OK en ambas plantillas para aceptar los cambios.

Nota: *Se debe decidir cuantos modos de vibración deben considerarse en el análisis para obtener resultados adecuados. Para ello hay muchos criterios a tomar en cuenta, pero para una estructura sencilla como la que estamos analizando puede considerarse satisfactorio un numero de modos igual al numero de pisos.*

3. Seleccione la opción Run Minimized del menú Analyze para analizar la estructura.

Nota: *La opción Run Minimized es sumamente útil cuando se tienen modelos grandes que requieren mayor tiempo para ser analizados. Esta opción permite al SAP2000 correr en un segundo plano, permitiéndolo continuar trabajando con otros programas. Otra ventaja de esta opción es que nos brinda un botón para cancelar la ejecución del análisis en caso necesario.*

## Verificación de los Resultados

1. Verifique si las formas modales y períodos de vibración son los esperados.
  - Del menú Display seleccione la opción Show Mode Shape y elija el modo en que esta interesado. Puede también seleccionar la opción Wire Shadow para ver al mismo tiempo la forma no-deformada de la estructura. Observe las Figuras 2-1 a la 2-4 y note que el número de modo y período de vibración correspondiente están indicados en el título de la ventana.

Nota: Se puede apreciar los modos de vibración subsecuentes presionando los botones + y -, próximos al botón START ANIMATION.

2. Es útil ver el cortante en la base producido por el análisis del Espectro de Respuesta.
  - Usando el grupo BASE SHEAR que fue definido en el Ejemplo 1 observe el cortante en la base de la estructura debido al Espectro de Respuesta. Se puede apreciar que este cortante es considerablemente mayor que el debido a la condición de carga estática.
3. Se puede verificar el desplazamiento de un nudo debido al Espectro de Respuesta.
  - Del menú Display seleccione Show Deformed Shape.
    - En la plantilla Deformed Shape seleccione la condición de carga para el análisis espectral.
    - Presione el botón OK.
  - Haga click con el botón derecho del mouse sobre un nudo del nivel superior de la estructura para ver su correspondiente desplazamiento en la dirección global X.
4. Verifique la participación de la masa de la estructura para ver si se ha incluido el en la solución del problema el número de modos suficiente. Para ello se debe revisar el archivo de texto filename.OUT empleando un editor de textos como el WordPad de Windows.
  - Minimice el programa SAP2000.
  - Inicie el programa WordPad o cualquier otro editor de textos.
  - En WordPad abra el archivo filename.OUT. Donde filename es el nombre del archivo usado al grabar este ejemplo.
    - Busque la sección titulada MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS como se muestra en la Figura 2-5.
    - Bajo la columna CUMULATIVE SUM encontrará que los Modos de Vibración 1 al 7 incluyen el 100% de la participación de masa. Lo cual significa que los 7 modos empleados en el análisis fueron suficientes.

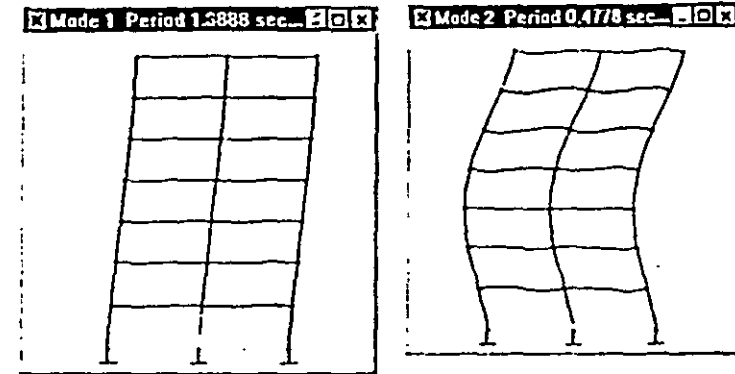


Figura 2-1 Forma Modal y Período de Vibración 1 Figura 2-2 Forma Modal y Período de Vibración 2

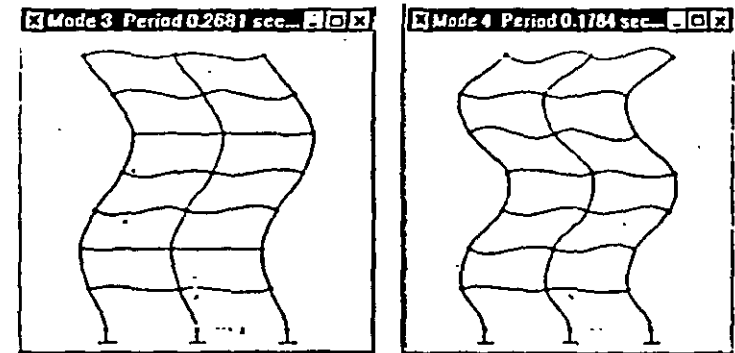


Figura 2-3 Forma Modal y Período de Vibración 3 Figura 2-4 Forma Modal y Período de Vibración 4

## GLOBAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	1.388750	79.6359	0.0000	0.0000	79.6359	0.0000	0.0000
2	0.477033	11.5761	0.0000	0.0000	91.2120	0.0000	0.0000
3	0.268126	4.3023	0.0000	0.0000	95.5144	0.0000	0.0000
4	0.178439	2.1229	0.0000	0.0000	97.6373	0.0000	0.0000
5	0.133678	1.4077	0.0000	0.0000	99.0450	0.0000	0.0000
6	0.107637	0.6532	0.0000	0.0000	99.7043	0.0000	0.0000
7	0.090778	0.2957	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000

Figura 2-5 Bloque de Participación de la Masa del archivo de salida

## Comentarios Finales

Un análisis empleando el Espectro de Respuesta introduce un nivel de complejidad mayor, que requiere que el ingeniero verifique cuidadosamente los resultados, y tenga muy presente las consideraciones hechas al crear el modelo. Algunos de los aspectos a considerar durante un análisis espectral son:

- Entender completamente el comportamiento estático del modelo antes de efectuar un análisis dinámico.
- Tener un conocimiento cabal y racional de los aspectos involucrados al escalar los resultados del análisis dinámico para obtener un cortante en la base similar al que se obtiene al efectuar un análisis por cargas sísmicas estáticas.
- La ventaja de la mayor rapidez del Análisis Espectral en comparación con el Análisis de Historia en el Tiempo es en muchos casos sustancial. En el diseño, el espectro de respuesta puede incluso proveer aun mayores ventajas debido a que no se deben efectuar verificaciones para diferentes intervalos de tiempo. Sin embargo, es necesario tener presente las limitaciones del Análisis Espectral frente al mayor refinamiento que se obtiene al efectuar un Análisis de Historia en el Tiempo.

## Modificando la Escala del Espectro de Respuesta

Algunos códigos de diseño permiten modificar la escala del Espectro de Respuesta de manera que el cortante en la base del análisis espectral sea igual al cortante en la base del análisis empleando cargas sísmicas estáticas.

En este sentido para obtener el nuevo factor de escala para el Espectro de Respuesta tenemos que:

1. Dividir el Cortante en la Base producido por la Carga Sísmica Estática por el Cortante en la Base obtenido del Análisis Espectral, y multiplicar dicho número por  $32.2 \text{ ft/seg}^2$  para obtener el nuevo factor de escala del Espectro de Respuesta.
2. Substituir el nuevo factor de escala en el Espectro de Respuesta.
3. Efectuar nuevamente el análisis para obtener las nuevas fuerzas en los elementos bajo la acción del Espectro de Respuesta escalado.



## EJEMPLO 3

## Pórtico Bidimensional Análisis de Historia en el Tiempo

### Descripción

Este ejemplo continúa el análisis del pórtico bidimensional visto en los Ejemplos 1 y 2, añadiendo en este caso una carga de sismo especificada con un acelerograma en la base de la estructura. El registro de aceleraciones a utilizarse se muestra en la Figura 3-1 y corresponde a la componente N-S del sismo ocurrido en El Centro en 1940. Los resultados del análisis de historia en el tiempo se utilizarán para generar un Espectro de Respuesta que luego se empleará para reanalizar la estructura a manera de comparación.

### Aspectos Significativos del Modelo y del SAP2000

- Respuesta de historia en el tiempo de una excitación en la base.
- Gráficas de los resultados del análisis de Historia en el Tiempo.
- Gráficas de un Espectro de Respuesta a partir de los resultados de la Historia en el Tiempo.
- Importación del Espectro de respuesta para su uso en el análisis.

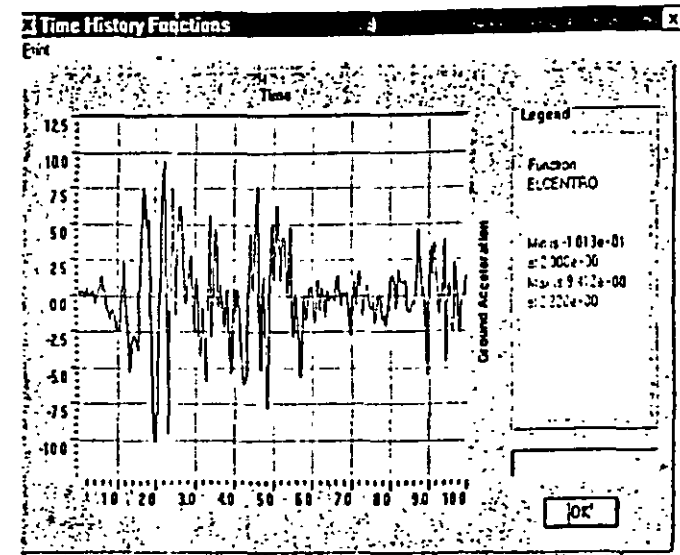


Figura 3-1 Acelerograma de entrada del Sismo de El Centro 1940 ( $\text{m/sec}^2$ )

### Definición del Concepto Historia en el Tiempo

El término Historia en el Tiempo define un registro de aceleraciones del terreno a determinados intervalos de tiempo para una excitación sísmica específica en una dirección determinada. El registro es usualmente normalizado y en consecuencia necesita multiplicarse por la aceleración de la gravedad ó por algún otro factor correspondiente.

1. Desde el menú Define seleccione Time History Functions.
2. Seleccione el botón ADD FUNCTION FROM FILE.
  - Presione el botón Open File y seleccione el archivo ELCENTRO ubicado en el subdirectorio EXAMPLES del directorio SAP2000.
  - Cambie el nombre de la función a ELCENTRO para que sea fácil de reconocer.
  - El formato de este archivo es de tres pares de columnas de datos por renglón. El primer par de datos la primera columna de cada par es el tiempo y la segunda es la aceleración.
    - ♦ Ingrese 3 Puntos por Línea.

- ◆ Seleccione la opción **Time and Function Values** (en archivo de datos).
  - ◆ Presione el botón **OK**.
  - Presione el botón **OK** para aceptar los datos ingresados.
3. Del menú **Define** seleccione la opción **Time History Cases** para definir los parámetros específicos para el análisis de Historia en el Tiempo de nuestro modelo.
- Seleccione el botón **ADD NEW HISTORY**.
  - Para adicionar amortiguamiento al sistema presione el botón **MODIFY/SHOW MODAL DAMPING**, ingrese **0.05 (5%)** para todos los modos y presione **OK**.
  - Ingrese en el ítem **Number of Output Time Steps** el valor **500**.
  - Ingrese **0.02 (sec)** en el ítem **Output Time Step Sizes**. Estos parámetros nos darán **10 segundos** del registro sísmico para el análisis de historia en el tiempo.
  - De la Lista **Analysis Type** seleccione la opción **Linear**.
  - En el área **Load Assignment** :
    - ◆ Seleccione **ACC DIR1** para el parámetro **Load**
    - ◆ Seleccione la opción **ELCENTRO** para el parámetro **Function**
    - ◆ Para el parámetro **Scale Function** ingrese la aceleración de la gravedad que es de **386.4 in/sec<sup>2</sup>** si trabaja en **Kip-in** o **32.2 ft/sec<sup>2</sup>** si trabaja en **Kip-ft**.
    - ◆ Para los parámetros **Arrival Time** y **Angle** asigne valor **cero**.
    - ◆ Presione el botón **ADD** para agregar esta carga al modelo, y presione el botón **OK** para aceptar los datos que acaba de ingresar.
  - Presione el botón **OK** en ambas plantillas para aceptar las adiciones al modelo.

De esta manera hemos ingresado toda la información que necesitamos para efectuar el Análisis de Historia en el Tiempo.

*Nota: Por lo general es una buena idea correr el modelo cada vez que se hace un cambio ó adición importante al modelo. Esto permite detectar errores y ahorra tiempo en el diseño final.*

## Efectuando el Análisis

1. Grabe el modelo.
2. Ajuste los parámetros para el análisis seleccionando **Analyze** del menú **Set Options**.
  - Verifique que los parámetros en **Dynamic Analysis** son los mismos del Ejemplo 2.
3. Seleccione en el menú **Analyze** la opción **Run** para analizar la estructura.

## Usando los Resultados

### Verificación de los Resultados

Una vez que ha corrido el modelo se deben verificar que los resultados obtenidos sean del orden y magnitud a lo esperado.

1. Verifique el Cortante en la Base producido en el Análisis de Historia en el Tiempo.
    - Desde el menú **Display** seleccione la opción **Show Time History Traces**.
    - ◆ De la plantilla **Time History Display Definition** presione el botón **DEFINE FUNCTIONS**.
    - ◆ En la plantilla **Time History Functions** seleccione **Add Base Functions** y marque solamente la opción **Base Shear X**.
    - ◆ Presione **OK** para regresar a la plantilla **Time History Display Definition**.
    - ◆ Adicione la función **Base Shear X** a la lista **Plot Functions**.
    - ◆ Presione el botón **DISPLAY** para ver una gráfica del cortante en la base en la dirección global **X** como función del tiempo. Vea la Figura 3-2.
- Nota: También se puede generar la gráfica del cortante en la base seleccionando **Add Group Summation Forces** en lugar de **Add Base Functions** y seleccionando el grupo de elementos **BASE SHEAR** definido en el Ejemplo 1.*
2. También se puede verificar el desplazamiento de un nudo ante una excitación de Historia en el Tiempo, para ello:
    - Escoja un nudo y desde el menú **Display** seleccione la opción **Show Time History Traces**

- Presione el botón **DEFINE FUNCTIONS** de la plantilla **Time History Functions**. Seleccione el nombre del nudo de la lista y presione el botón **MODIFY/SHOW TH FUNCTION**.
- En la plantilla **Time History Joint Function** seleccione **DISPL** para el parámetro **Vector Type** y **UX** para el parámetro **Vector Direction**.
- Presione el botón **OK** para aceptar los cambios.
- Presione los botones **OK** para regresar a la plantilla **Time History Display Definition**.
- Añada el nudo de la lista **List of Functions** a la lista **Plot Functions** y remueva de esta última la función **Base Shear X**.
- Presione el botón **DISPLAY** para ver el desplazamiento del nudo con respecto al tiempo. Vea Figura 3-3.
- Se puede también definir una función nodal directamente en la plantilla **Time History Display Definition** sin haber seleccionado previamente el nudo.
- En la plantilla **Time History Display Definition** presione el botón **DEFINE FUNCTIONS** y en la plantilla **Time History Functions** seleccione la opción **Add Joint Disps/Forces**.
- En la plantilla **Time History Joint Function** ingrese el nombre del nudo (**ID**).
- Seleccione **Vector Type** y **Vector Direction**.
- Presione los botones **OK** para regresar a la plantilla **Time History Display Definition** en donde encontrará la nueva función nodal en el recuadro **List of Functions**.

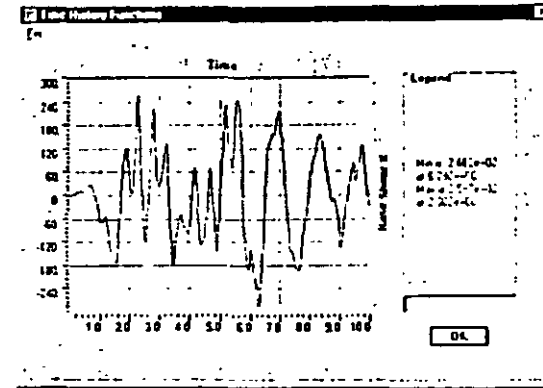


Figura 3-2 Cortante en la Base - Kips

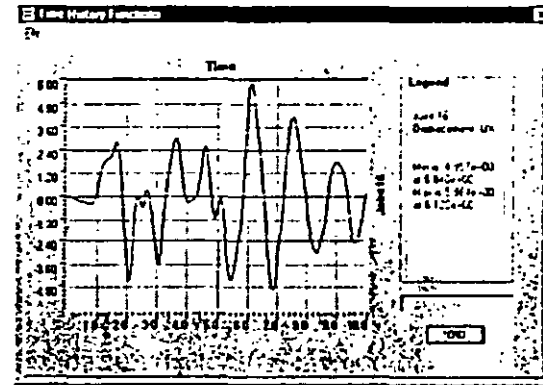


Figura 3-3 Historia en el Tiempo del Desplazamiento del Nivel Superior - In

## Creación de un Espectro de Respuesta

Lo primero que se tiene que hacer en este punto es crear un **Espectro de Respuesta** a partir de los resultados del **Análisis de Historia en el Tiempo**. Los datos generados de esta forma deben imprimirse en archivo de texto para poder editarse en un formato que pueda ser leído por el SAP2000.

## Gráficas del Espectro de Respuesta

1. Seleccione un nudo en la base de la estructura.
2. Del menú **Display** seleccione la opción **Show Response Spectrum Curves**. Esta opción aparece solamente cuando se ha seleccionado un nudo.
3. En la plantilla **Response Spectrum Generation** encontrará el nombre del nudo que fue seleccionado.
  - Bajo el ítem **Define** asigne el valor X para el parámetro **Vector Direction**.
  - Bajo el ítem **Axes** seleccione **Period** para el parámetro **Abscissa** y **PSA** (Seudoaceleración Espectral) para el parámetro **Ordinate**.
  - Bajo el ítem **Options** seleccione **Arithmetic** tanto para **Abscissa** como para **Ordinate**. Para el parámetro **Ordinate** asigne el factor de escala  $1/g$  ( $g=32.2 \text{ ft/sec}^2$ ) es decir,  $0.03106 \text{ sec}^2/\text{ft}$  si las unidades en que se trabaja son kip-ft.

*Nota: El factor de escala es usado para normalizar el Espectro de Respuesta. El registro para el análisis de historia en el tiempo que se utilizó para generar el Espectro de Respuesta estaba normalizado a la aceleración de la gravedad (g) por lo que necesitamos dividir el espectro por la misma cantidad para obtener valores normalizados.*

  - Bajo el ítem **Period** seleccione para las frecuencias los parámetros **Default** y **Structural**. Estos parámetros son usados en la generación del Espectro de Respuesta, las frecuencias del tipo **Default** son una serie de frecuencias predeterminadas que son típicamente de interés en las estructuras; las frecuencias del tipo **Structural** son las frecuencias naturales de la estructura.
  - Bajo el ítem **Damping** mantenga el valor del amortiguamiento de 0.05 para el parámetro **Damping Value**. Como se ha asumido que la estructura tiene 5% de amortiguamiento no será necesario emplear otros valores para el amortiguamiento del sistema.
  - Presione el botón **DISPLAY** cuando se halla terminado.
4. Ahora Ud. podrá apreciar la gráfica del Espectro de Respuesta para el sismo de El Centro para un amortiguamiento de 5%. Ver Figura 3-4.

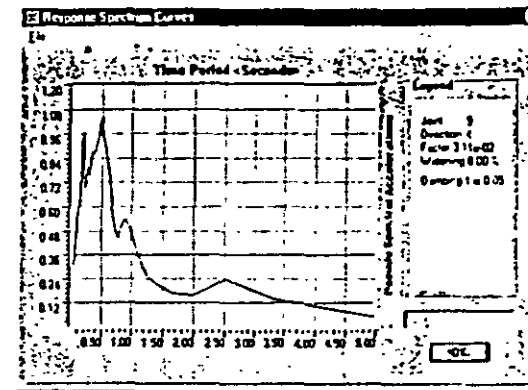


Figura 3-4 Espectro de Respuesta del Análisis de Historia en el Tiempo

5. En la plantilla **Response Spectrum Curves** seleccione la opción **Print Tables to File**. Esta opción generará un archivo que tiene dos columnas de datos. La primera de ellas es el período, y la segunda es su correspondiente Seudoaceleración (PSA).
  - Grabe el archivo con el nombre **RS-ELCEN.TXT**

## Edición de Tablas.

El siguiente paso consiste en hacer algunas pequeñas modificaciones al archivo de texto **RS-ELCEN.TXT** para que tenga un formato que pueda ser leído por el **SAP2000**. Esto se debe a que cuando el archivo original es creado se le agrega información aclaratoria que permite al usuario interpretar y entender fácilmente su contenido. Esta información extra debe removerse.

1. Con un editor de textos como **WORDPAD** o **NOTEPAD** abra el archivo **RS-ELCEN.TXT**.
  - Seleccione todo el texto que se muestra resaltado en la Figura 3-5 y remuévalo.
  - Grabe el archivo **RS-ELCEN.TXT** como un archivo de texto con el mismo nombre.
2. Ahora que el archivo tiene tan solo las columnas con los períodos y sus correspondientes Seudoaceleraciones, podrá ser leído directamente por el **SAP2000**

```

SAP2000 v6.06 File: TUTCP1AL1  Kip-ft Units  PAGE 1
May 19, 1997 17:26

S P E C T R U M   D A T A

Joint      9
Direction  XI
Factor     0.01
Widening   0.3

Pseudo Spectral Accelerations vs Time Period <Seconds>

          D A M P I N G
          0.0500
0.0157  3.0646E-01
0.0157  3.2657E-01
0.0430  3.1139E-01
0.0435  3.2217E-01
0.0500  3.2205E-01
0.0556  3.3095E-01
0.0625  3.4265E-01
0.0657  3.7431E-01

```

Figura 3-5 Archivo de salida con el Espectro de Respuesta generado

## Lectura de los Datos del Espectro

Ahora que se tienen datos en un formato que el SAP2000 puede leer, necesitamos indicar al programa la ubicación del archivo así como la forma en que éste contiene la información.

1. Si el modelo está protegido presione el botón Lock/Unlock Model en la barra de herramientas. Al hacer esto se remueve la protección sobre el modelo y nos permitirá realizar las modificaciones.
2. Del menú Define seleccione **Response Spectrum Functions**.
3. En la plantilla **Response Spectrum Functions** presione el botón **Add Function from File**.
  - Asigne al espectro el nombre **RSELCEN**.
  - Presione el botón **Open File** y seleccione el archivo **RS-ELCEN.TXT** en **Pick File**.
  - Mantenga el parámetro **Number Of Points Per Line** en el valor **1** puesto que únicamente hay un par de datos por renglón para definir el Espectro de Respuesta.
  - Seleccione la opción **Period and Acceleration Values**.
  - Presione el botón **OK** para cerrar las plantillas.

4. Del menú **Define** seleccione **Response Spectrum Cases**.
5. En la plantilla **Response Spectrum** presione el botón **ADD NEW SPECTRA**.
  - Asigne al parámetro **Modal Damping** el valor **0.05**.
  - En el área **Input Response Spectra** seleccione **RSELCEN** para la dirección **U1** y asígnele el factor de escala **32.2 ft/sec<sup>2</sup>**.
  - Los demás valores por defecto son aceptables.
  - Presione el botón **OK** para cerrar las plantillas.

## Efectuando el Análisis

Una vez que se han hecho las modificaciones es tiempo de correr el modelo y revisar los resultados obtenidos.

1. Grabe el modelo.
2. Seleccione **Run Minimized** del menú **Analyze** para analizar la estructura.

## Revisando los Resultados

Lo primero que debe hacerse es la revisión de la máxima deflexión en la parte superior de la estructura así como el cortante en la base tanto para el análisis espectral como para el análisis de Historia en el Tiempo. La comparación de estos resultados nos permitirá ver que tan bien funciona la metodología previamente descrita. Al final de esta sección encontrará los resultados del análisis por cargas sísmicas estáticas, del análisis espectral y del análisis de historia en el tiempo.

### Deflexiones de acuerdo al Análisis Espectral

1. Del menú Display seleccione Display Deformed Shape.
  - En la plantilla Deformed Shape seleccione la condición de carga para el análisis espectral.
  - Presione el botón OK.
2. Haga click con el botón derecho del mouse sobre un nudo ubicado en el nivel superior para ver su desplazamiento en la dirección del eje global X.

### Cortante en la Base en el Análisis Espectral

Usando el grupo BASE SHEAR que fue creado en el Ejemplo 1, observe los valores del cortante en la base de la estructura debido al Análisis Espectral.

### Deflexión y Cortante en la Base en el Análisis de Historia en el Tiempo

1. Usando el método descrito en la primera parte de esta guía grafique la deflexión en el nivel superior de la estructura.
2. Ahora remueva ese nudo de la lista Plot Functions y en su lugar grafique la función Base Shear X ubicada en List of Functions de la plantilla History Display Definitions.

	Carga Lateral Estática	Espectro de Respuesta	Historia en el Tiempo
Max Deflexión	1.65 in	5.5 in	5.8 in
Max Cortante en la Base	72.5 Kips	302 Kips	325 Kips

Tabla 3-1 Comparación de los Resultados del Análisis de Cargas Laterales

## Comentarios Finales

Como habrá podido apreciar el Análisis de Historia en el Tiempo involucra un mayor tiempo de cómputo que el Análisis con Espectro de Respuesta. Debe observarse sin embargo que ambos métodos de análisis brindan resultados similares. En este sentido es sumamente importante que el ingeniero entienda las ventajas y limitaciones de cada método para poder utilizarlos de la manera más adecuada y efectiva.

## EJEMPLO 4

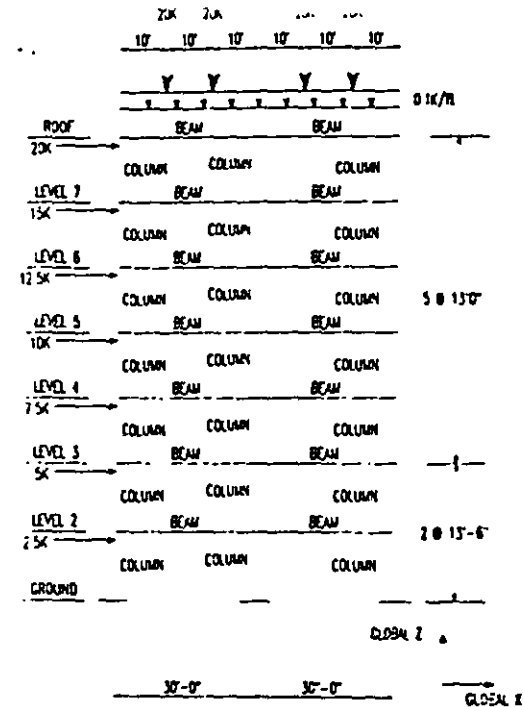
# Diseño en Acero de un Pórtico Bidimensional

### Descripción

Este ejemplo es un introducción al uso de las poderosas herramientas que posee el SAP2000 para el diseño de una estructura una vez concluido su análisis estructural. Se dará énfasis en esta parte a módulos de diseño en acero empleando como ejemplo la estructura analizada en el Ejemplo 1.

### Aspectos Importante del Modelo y del SAP2000

- Creación de zonas rígidas en los elementos.
- Selección Automática de grupos
- Cambio de propiedades en elementos
- Designación de elementos por grupos
- Inclusión del efecto P-Delta en el análisis
- Visualización de los resultados
- Auto Selección de secciones



ALL COLUMNS ARE W14'S  
 ALL BEAMS ARE W24'S  
 TYPICAL STORY MASS = 0.48 kip-sec<sup>2</sup>/in  
 MODULUS OF ELASTICITY = 29,500 ksi  
 STEEL STRENGTH (F<sub>y</sub>) = 36ksi

Figura 4-1 Pórtico Bidimensional a diseñarse

## Creando el Modelo en el SAP2000

Es posible emplear el modelo desarrollado en el Ejemplo 1 efectuando pequeñas modificaciones.

### Materiales

Lo primero que se debe hacer es especificar las propiedades de los materiales.

1. Verifique que las unidades estén en Kip-in.
2. Entre al menú Define y seleccione la opción Materials.
3. Elija STEEL para el parámetro Material y presione el botón MODIFY/SHOW MATERIAL.
4. Especifique el Esfuerzo de Fluencia ajustando el parámetro Steel Yield Stress  $f_y$  en 36 Ksi.
5. Especifique el Módulo de Elasticidad ajustando el parámetro Modulus of Elasticity E en 29,500 Ksi.
6. Presione los botones OK para aceptar los cambios y cerrar las planillas.

### Cargas

1. En el ejemplo 1 se asignó el peso propio de la estructura así como una serie de cargas concentradas y distribuidas a la condición de carga DEAD. (Vea Figura 4-2 para la nueva lista Static Loads Case). En este ejemplo asignaremos una condición de carga para la carga viva y otra para el peso propio de los elementos. Es una buena práctica incluir una condición de carga para el peso propio de la estructura con el fin de seguir de cerca el proceso de optimización estructural. Las cargas son separadas en carga muerta, carga viva y carga transversal de sismo de tal manera que el SAP2000 pueda generar automáticamente las combinaciones de carga.
  - Para el caso de carga DEAD especifique el valor del multiplicador Self Weight Multiplier en cero.
  - Agregar una condición de carga para el peso propio y nómbrela SELF, asígnele el tipo DEAD como parámetro a Type y ajuste el multiplicador Self Weight Multiplier en 1.
  - Agregar otra condición de carga estática llamada LIVE y asígnele el tipo LIVE como parámetro a Type.
2. Añada las mismas cargas correspondientes a la carga DEAD a la condición de carga LIVE. Esto significa que cada viga de la estructura tiene cargas idénticas para carga muerta y viva. (Puede revisar el ejemplo 1 para ver las instrucciones de como ingresar las una cargas).

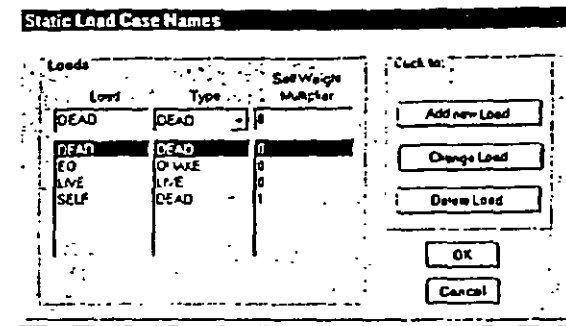


Figura 4-2 - Condiciones de Carga Estática

### Definiendo un Grupo de Auto-Selección

La opción de Auto-Selección del SAP2000 es una forma muy efectiva de diseñar estructuras. Al definir un grupo de secciones denominado grupo de Auto-Selección, el programa puede diseñar cada elemento del pórtico escogiendo de entre las secciones especificadas en ese grupo. Por ejemplo se puede definir un grupo de Auto-Selección denominado COLUMNS con únicamente perfiles W14, y otro grupo llamado BEAM con perfiles W24. El programa de esta manera diseñará las secciones tipo COLUMNS empleando solamente secciones W14 y las secciones tipo BEAM empleando únicamente secciones tipo W24.

Lo primero que debemos hacer es definir un grupo de Auto-Selección que incluya únicamente secciones tipo columna. Esencialmente lo que estamos haciendo en esta etapa es darle al programa una lista de secciones de entre las cuales puede elegir al momento de diseñar los elementos del pórtico. El programa por su parte seleccionará la sección más eficiente de entre ese grupo.

Una vez se haya concluido el diseño preliminar es momento de refinarlo, para ello los grupos BEAM y COLUMN serán reemplazados por secciones optimizadas elegidas de entre el grupo de Auto-Selección. Este proceso asignará a los elementos secciones que serán empleadas tanto en el análisis como en el diseño, esto hará mucho más fácil el cambio de secciones que necesiten ser modificadas.

*Nota: La opción de Auto-Selección funciona solo en pórticos de acero.*

1. Desde el menú Define y seleccione la opción Frame Sections.
2. Importe a la plantilla Frame Sections todas las secciones de acero comprendidas entre W14x61 y W14x283.
  - Seleccione en la caja de diálogo la opción IMPORT I/WIDE FLANGE.



- Busque y seleccione la sección W14x283.
  - Manteniendo presionada la tecla SHIFT haga click con el botón izquierdo del mouse sobre W14x61 y presione el botón OK. Esta operación permite seleccionar todas las secciones entre la sección W14x283 y la sección W14x61.
3. Borre de plantilla Frame Sections cualquier sección que pudiera estar duplicada.
- Recuerde: *No es posible borrar una sección que este en uso. De esta manera el programa asegura que todos los elementos tienen asignada secciones existentes.*
4. Desde la plantilla Frame Section añada una sección Auto Select. Esta sección se ubicará en la parte inferior de la lista Add
- Cambie el nombre en Auto Section Name a COLUMN.
  - De la lista Auto Selections elija y remueva usando el botón Remove todas las secciones exceptuando los perfiles W14. Esto significa que todos los elementos que tengan una sección tipo COLUMN serán diseñados empleando alguno de los perfiles W14 de entre la lista Auto Selections (Vea Figura 4-3).

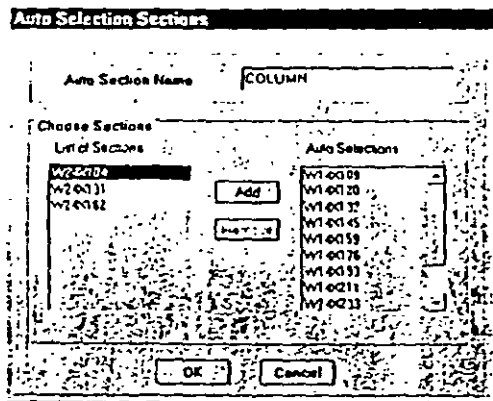


Figura 4-3 Definiendo el grupo de Auto-Selección COLUMN

5. Siguiendo las instrucciones dadas en los pasos 2 al 4:
- Importe todas las secciones entre la W24x55 y la W24x162.
  - Asigne un grupo de Auto-Selección denominado BEAM con perfiles W24 únicamente.

6. Finalmente, seleccione todos los elementos verticales del pórtico y asigne la sección tipo COLUMN. Luego seleccione todos los elementos horizontales y asigne la sección tipo BEAM. (Vea el ejemplo 1 para las instrucciones de como asignar secciones a los elementos del pórtico).

*Nota: Se puede por supuesto seleccionar una sección específica tanto para el diseño como para el análisis en lugar de emplear la opción de Auto-Selección. Para ello simplemente se necesita asignar a los elementos del pórtico una sección de acero adecuada y diseñarla de acuerdo a lo descrito en el ejemplo 1. Esta sección puede ser ya sea una sección definida por el usuario o bien una sección elegida de entre las secciones predeterminadas.*

## Efectuando el Análisis

Una vez que se han ingresado los datos es tiempo de correr el modelo y revisar los resultados.

1. Grabe el modelo.
  2. Asigne los parámetros para el diseño entrando al menú Analyze y seleccionando la opción Set Options.
    - En la plantilla Analysis Options seleccione el tipo de análisis **Plane Frame** para reducir el tamaño de la solución y en consecuencia reducir el tiempo de análisis.
    - Marque la opción **Include P-Delta**.
    - Presione el botón **SET P-DELTA PARAMETERS** para ajustar los parámetros del análisis.
      - Asigne a **Maximum Iterations** el valor 10.
      - Incluya las condiciones de carga muerta **DEAD** y **SELF**, en la combinación **P-Delta**, ambas con factores de carga igual a 1.
      - Incluya la condición de carga **LIVE** con un factor de carga 1.
- Nota: Los factores de carga a emplearse deben ser los correspondientes a las combinaciones de carga que se usen en el diseño de la estructura y que produzcan los máximos efectos en la misma. Deben incluirse además el efecto de las cargas laterales.*
- El resto de valores por defecto es aceptable.
  - Presione los botones **OK** para aceptar los cambios y cerrar las plantillas.
3. Entre al menú Analyze y seleccione la opción **Run** para analizar la estructura.

*Nota: Debido a que hemos asignado grupos de secciones y no secciones específicas para nuestro diseño, el SAP2000 elegirá las propiedades de las secciones más convenientes para generar la matriz de rigidez y efectuar el análisis estructural. Una vez que se ha efectuado el primer análisis y diseño, se puede instruir al programa para realizar el análisis con las propiedades de las secciones designadas.*

## Diseño de Secciones

Una vez que se ha efectuado el análisis y revisado sus resultados, se podrán establecer los parámetros necesarios para el diseño en acero de la estructura.

### Selección del Código de Diseño

La información resultante del análisis es empleada para efectuar una verificación de las secciones empleando un código de diseño.

- Desde el menú Options seleccione Preferences.
- En la plantilla Preferences, bajo el ítem Steel seleccione el código de diseño que desee emplear. En este caso se empleará el código AISC-ASD-89.
  - Emplee el mismo archivo Section Properties file que fue usado para importar las secciones de acero.

### Combinaciones de Carga y Diseño

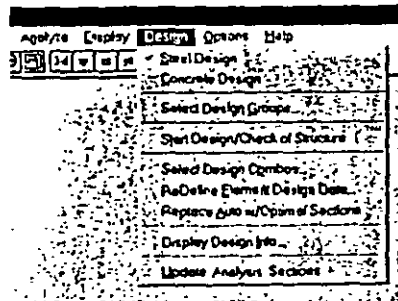


Figura 4-3 Opciones en el Menú de Diseño

Una vez que se ha seleccionado el código a utilizar en el diseño de los elementos se deben verificar las combinaciones de carga a emplearse.

- Primeramente, en el menú Design asegúrese que exista la contraseña en el ítem Steel Design. Esto le indica al SAP2000 que debe efectuarse un diseño de secciones en acero.
- En el menú Design elija la opción Select Design Combos.
  - Revise las combinaciones de carga generadas bajo la lista Design Combos, seleccionando las combinaciones y presionando el botón SHOW.
  - Si existen otras combinaciones de carga que desee incluir en el diseño, puede agregarlas usando para ello la opción Select Design Combos del menú Define.
- Inicie el Diseño/Revisión de la estructura desde el menú Design seleccionando el ítem Start Design/Check of Structure.
  - Cada uno de los elementos será diseñado empleando la sección más eficiente de entre las correspondiente a su grupo de Auto-Selección
  - El SAP2000 mostrará automáticamente el porcentaje del nivel de esfuerzos existente en cada elemento con relación al máximo esfuerzo admisible.
  - Para mayor comodidad el programa asignará colores a cada uno de los elementos, los cuales muestran el nivel de esfuerzo presente en cada miembro usando una escala gráfica de colores/esfuerzos ubicada en la parte inferior de la ventana.

*Nota: Si desea verificar el diseño de un número determinado de elementos, podrá realizarlo simplemente con seleccionarlos y ejecutar la opción Start Design/Check of Structure.*

### Revisión de los Resultados y Rediseño

Una vez efectuado el Diseño/Revisión es tiempo de verificar si los resultados son correctos. SAP2000 brinda al usuario una serie de herramientas para ello.

- Haga click con el botón derecho del mouse sobre cualquier elemento para ver los resultados de su diseño. El elemento que haya sido seleccionado parpadeará para su fácil identificación.
- En la plantilla Steel Stress Check Information encontrará una lista de las combinaciones de carga empleadas para verificar la sección en varios puntos a lo largo del elemento. (Vea Figura 4-5)
  - Una de las combinaciones de carga estará resaltada cuando abra esta plantilla. Esta es la combinación que controla el diseño del elemento.
  - Junto a cada combinación de carga hay un indicador de la ubicación a lo largo del elemento donde fue efectuada la verificación, seguida por la relación de esfuerzo para la interacción de momento y cortante.

Sugerencia : Se puede cambiar el número de puntos a lo largo del elemento en los cuales las fuerzas de sección son reportadas. Para ello seleccione los elementos y desde el menú Assign elija la opción *Frame Output Segments* para cambiar el número de segmentos. Es necesario ejecutar nuevamente el análisis del modelo para obtener los resultados.

3. Seleccionando cualesquiera de las combinaciones de carga y presionando el botón *Details* se mostrarán los resultados del análisis para ese elemento así como las ecuaciones que gobiernan su diseño de acuerdo al código empleado. (Ver Figura 4-6)
4. Al presionar el botón *ReDesign* se presentará la plantilla *Element Overwrite Assignments*. En esta plantilla se puede elegir de entre varias opciones:

*Nota: Si se efectúan cambios en la plantilla Element Overwrite Assignments empleando el botón ReDesign, será necesario presionar el botón Refresh Window de la barra de herramientas para ver los resultados del diseño actualizados en la ventana activa.*

- Seleccionar otra sección para ver el cambio en los esfuerzos en el elemento.
- Nota: En el modo Auto-Selección, esta sección puede emplearse para ensamblar una nueva matriz de rigidez si se elige la opción "Update Analysis Sections". Esto último se llevará a cabo una vez que se ejecute nuevamente el Diseño/Revisión.*
- Clasificar los elementos por tipo Moment Resisting Element o Brace.
- Sobrescribir los factores de diseño tales como longitud efectiva y la relación de longitud no arriostrada.
- Elija la opción *Overwrite Allowable Stresses* para sobrescribir los esfuerzos admisibles empleados en el diseño de la sección.
- Cuando haya terminado de modificar los parámetros de diseño presione el botón **OK**.

*Nota: Al cambiar la información de la plantilla ReDesign, el SAP2000 automáticamente recalculará los esfuerzos de diseño de acuerdo a la nueva información y actualizará la información en la plantilla Steel Stress Check Information. Para más instrucciones sobre como actualizar las secciones para el análisis refiérase a la sección "Re-Analizando".*

5. Para usar la sección elegida en el Re-Diseño en el siguiente análisis estructural, es necesario entrar al menú *Design* y seleccionar la opción *Update Analysis Sections*. Esta opción reemplaza las secciones empleadas inicialmente para formar la matriz de rigidez de la estructura, por las nuevas secciones dándonos mayor precisión en los cálculos.

Frame ID	Station ID	Section ID	STRESS CHECK	STRESS CHECK	STRESS CHECK	STRESS CHECK
20	W20x17	DSTL2	0.000	0.000	0.000	0.000
20	W20x17	DSTL2	0.000	0.000	0.000	0.000
20	W20x17	DSTL2	0.000	0.000	0.000	0.000
20	W20x17	DSTL2	0.000	0.000	0.000	0.000
20	W20x17	DSTL2	0.000	0.000	0.000	0.000
20	W20x17	DSTL2	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 4-5 Verificación de Esfuerzos en las secciones de Acero para las Combinaciones de Carga Especificadas

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS	P	M22	M33	M23	M32
	0.000	0.000	-420.541	81.720	0.000

STRESS CHECK RATIO IS	0.071	0.000	0.071	0.000
	0.071	0.000	0.071	0.000

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (ENDING)	Fa	Fb	Fc	Ca	Cb	Cc
MAXIMUM	15.147	17.398	120.019	1.000	1.000	1.000
MINIMUM	0.000	21.000	10.128	1.000	1.000	1.000

SHEAR DESIGN	Shear Fa	Shear Fb
MAXIMUM	0.000	10.000
MINIMUM	0.000	0.000

Figura 4-6 Información detallada del diseño en acero de un elemento tipo viga

6. También se pueden observar los resultados del diseño de manera gráfica en la pantalla. Para ello ingrese al menú Design y seleccione la opción Display Design Info. Los resultados se mostrarán en forma gráfica en la parte inferior derecha de los elementos del pórtico.

*Nota: Las secciones empleadas en el análisis estructural son mostradas en la parte superior izquierda de cada elemento. Por otra parte, toda la información correspondiente al diseño de los elementos es mostrada en la parte inferior derecha de los mismos.*

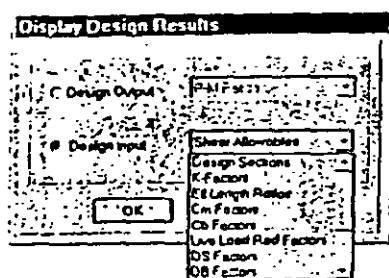


Figura 4-7 Plantilla de salida resultados

7. Se pueden imprimir los resultados del diseño ingresando al menú File y seleccionando la opción Print Design Tables. Para imprimir los resultados de un número limitado de elementos, primeramente selecciónelos y enseguida efectúe la opción Print Design Tables.

## Edición de las Propiedades de la Sección

En la Figura 4-1 podrá observar que las vigas del pórtico tienen cargas concentradas ubicadas a los tercios del claro. Si asumimos que dichas cargas son transmitidas por otros miembros, entonces podemos considerar que las vigas tienen soporte lateral en los puntos de carga. El modelo tal como ha sido creado no toma en cuenta este hecho, por lo que las vigas están sobredimensionadas. Para diseñar las vigas más eficientemente se deben editar sus propiedades de diseño.

1. Seleccione todas las vigas de la estructura. Para ello puede usar el modo de selección Intersecting Line Select Mode.
2. Desde el menú Design escoja la opción ReDefine Element Design Data.
  - En la plantilla Element Overwrite Assignments seleccione el ítem Unbraced Length Ratio, L22 y asigne el valor 0.33. Esto introduce un soporte lateral a las vigas a cada 1/3 del claro (arriostramiento contra el pandeo en el eje local 1-2), en

lugar de la opción por defecto que corresponde a elementos arriostrados solo en los extremos. (Vea Figura 4-8)

- Presione el botón OK luego de ingresar la nueva información. El SAP2000 automáticamente efectuará el Diseño/Revisión del modelo actualizado.
3. Podrá apreciar ahora que las dimensiones de las secciones de las vigas son menores.

*Sugerencia: Se puede conocer el peso de la estructura obteniendo la suma de cargas nodales de los elementos del grupo BASE SHEAR. Esta es una manera rápida de ver si los cambios efectuados producen una estructura más eficiente. También se puede obtener el peso total de la estructura empleando el archivo filename.EKO.*

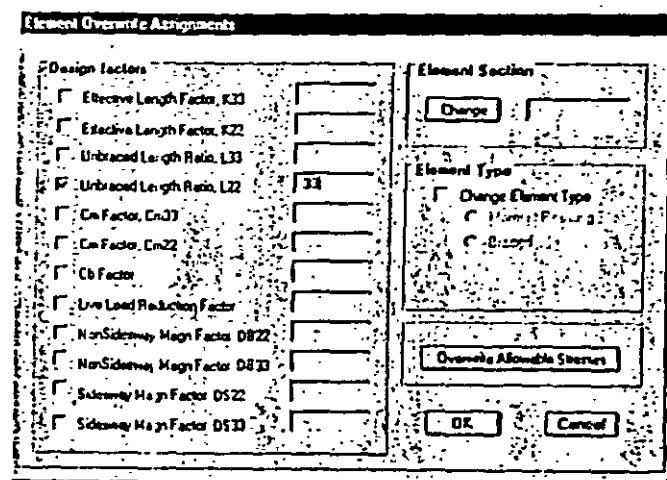


Figura 4-8 Plantilla de sobre-escritura de parámetros de diseño de elementos tipo viga

## Re-Analizando

El primer análisis, empleó propiedades de sección aproximadas para generar la matriz de rigidez de la estructura. Es por ello que el modelo se debe reanalizar a manera de un proceso iterativo para asegurarnos que el análisis toma en cuenta las propiedades y secciones actualizadas de los elementos.

1. Una vez que se halla terminado de modificar las secciones estructurales que se van a emplear, ingrese al menú **Design** y elija la opción **Update Analysis Sections**. Luego efectúe nuevamente el análisis empleando las últimas propiedades de sección.
2. Lleve acabo nuevamente el diseño de los elementos para ver si hay cambios.
3. Una vez que se encuentre satisfecho con las secciones elegidas, ingrese al menú **Design** y elija la opción **Replace Auto w/ Optimal Sections**. Esta opción asigna las secciones definitivas ya sean las óptimas o bien aquellas seleccionadas por el usuario tanto para el análisis como para el diseño, y reemplaza las propiedades de sección preliminares tomadas de los grupos de auto selección **BEAM** y **COLUMN**.

## Diseño de acuerdo al LRFD

La metodología empleada por el LRFD es esencialmente la misma que usa el ASD. Sin embargo las combinaciones de carga así como la ecuaciones de verificación de los elementos son efectuadas empleando el código LRFD, por lo que los resultados e información resultante es distinta. Para efectuar el Diseño/Revisión de acuerdo al código LRFD, es necesario cambiar algunos parámetros de entrada.

1. Ingrese los nuevos factores de carga para el análisis P-Delta.
2. Seleccione de la plantilla **Preferences** el código de diseño en acero **AISC-LRFD93**.
3. Rediseñe las secciones de acero.

## Opciones Avanzadas

### Definición de Grupos de Elementos para el Diseño

Algunas veces puede encontrar útil esta opción al diseñar elementos en estructuras aporticadas. Esta opción permite diseñar todos los elementos de un grupo usando únicamente una sección. La ventaja de este método de diseño es que reduce el número de secciones diferentes a emplearse. Por ejemplo se pueden agrupar las columnas o las vigas de dos o tres pisos del pórtico dentro de un mismo grupo de diseño, permitiéndonos usar una sola sección para dicho conjunto de elementos.

1. Reasigne las secciones del tipo Auto-Selección a los elementos del pórtico.
2. Agrupe los elementos del 3er piso hacia abajo en un grupo denominado **BOTTOM**.
3. Agrupe los elementos entre los pisos 3 y 5 en un grupo llamado **MIDDLE**.
4. Asigne los elementos restante al grupo **TOP**.

5. Efectúe nuevamente el análisis del modelo.
6. En el menú **Design** seleccione la opción **Select Design Group**. En esta parte se le indica el programa que se diseñe un grupo de elementos empleando la sección más ligera que satisfaga los requerimientos y esfuerzos admisibles en todos los elementos.
  - Incluya en la lista **Design Groups** los grupos de elementos **TOP**, **MIDDLE** y **BOTTOM**. Al hacer esto indicamos que estos grupos serán diseñados con la sección más eficiente de las secciones del grupo Auto-Selección.

*Nota: Si no hay grupos en la lista "Design Group list", cada uno de los elementos de la estructura serán diseñados individualmente.*

  - Cuando presione el botón **OK**, El SAP2000 automáticamente diseñará las secciones de acero y mostrará los resultados en la ventana activa.
7. Compare los resultados del diseño anteriormente efectuado con el diseño por grupos para ver como afecta este hecho en las secciones seleccionadas.

## Zonas Rígidas

La estructura que hemos venido estudiando, ha sido analizada y diseñada considerando que los elementos se extienden completamente de nudo a nudo, sin tomar en cuenta las dimensiones propias de las secciones transversales de los elementos. Si bien es cierto que ésta no es una mala consideración, el SAP2000 permite efectuar análisis aun más precisos mediante la introducción de zonas rígidas en el modelo. Las zonas rígidas definen una región en la conexión entre viga y columna, en la cual los elementos no sufren deformaciones por flexión. Se genera así esencialmente una zona rígida en la conexión. Esta área puede ser tan grande como el usuario especifique, pero usualmente se considera igual al peralte del miembro (o una fracción del mismo) al que se esta llegando en ese nudo.

1. Seleccione todos los elementos del pórtico.
2. Del menú **Assign** seleccione la opción **Frame... End Offsets**.
  - En la plantilla **End Offset** seleccione la opción **Update Lengths From Current Connectivity**. Esta opción hace que el programa calcule automáticamente las dimensiones de las zonas rígidas a considerarse en cada nudo.
  - Ingrese el valor 1 para **Rigid Zone Factor**. Esto significa que el 100% de la "longitud potencial" de zona rígida deberá considerarse en el análisis.
  - Presione el botón **OK**.
3. Si se especifica la opción **Element Shrink** de la plantilla **Set Elements**, y se observa en la pantalla activa, se podrá apreciar una serie de líneas en cada nudo que indican la asignación de zonas rígidas en los elementos.

Recuerde : Se necesita restablecer la opción *End Offsets* cada vez que las secciones de los elementos sean modificadas.
























Nota: Los momentos y cortantes en las vigas y columnas van a ser ligeramente diferentes en aquellos casos en los que no se toman en cuenta las zonas rígidas. Esto se debe a que la introducción de las mismas reduce la longitud flexible de los elementos.

## Comentarios Finales























Las herramientas de diseño del SAP2000 son muy útiles en el diseño de estructuras aporticadas. Sin embargo hay algunos puntos que se deben tener presentes:

1. Asegúrese que toda la información de diseño sea correcta. Los valores por defecto que usa el programa no son necesariamente los correctos (p.ej. K y Longitudes no Arriostradas de los elementos). Se puede usar la plantilla *Display Design Results* para ver esta información en los elementos del pórtico. De manera conveniente, es posible apreciar el análisis de las secciones al mismo tiempo que la información del diseño.
2. Verifique que las combinaciones de carga de diseño que el programa ha proporcionado sean las correctas y adecuadas para el tipo de estructura en particular que se este analizando. Sin no lo son, añada las combinaciones de carga que desea utilizar en el diseño.
3. Verifique los resultados del diseño en puntos claves, para asegurarse que los resultados del diseño guardan relación con los resultados esperados.
4. Verifique que los factores de carga en el análisis P-Delta son los correctos.
5. Rediseñe la estructura toda vez que efectúe cambios en el modelo. Esto permite ver si las secciones empleadas son aún aceptables.
6. Emplee grupos de elementos para determinar el peso total de la estructura. (Revise el Ejemplo 1 para tener instrucciones de como efectuar este paso.)
7. Emplee grupos de elementos en el diseño para reducir el número de las diferentes secciones a utilizarse en la estructura.
8. El archivo *filename.EKO* contiene la información del peso total de cada uno de las secciones (perfiles) empleadas en el diseño. Esta información nos permite estimar costos de una manera preliminar.

## Apéndice A - Descripción de los Iconos de la Barra de Herramientas

Icono	Nombre del Control	Permite
	New Model	Iniciar un nuevo modelo.
	Open *.SDB file	Abrir un archivo existente del SAP2000.
	Save Model	Grabar el modelo activo.
	Undo	Deshacer el último cambio.
	Redo	Revierte el último Deshacer.
	Refresh Window	Regenera la ventana activa con información actualizada.
	Lock/Unlock Model	Protege el modelo contra cambios de datos.
	Run Analysis	Efectúa el Análisis.
	Zoom	Zoom en la estructura del área determinada con el mouse.
	Restore Full View	Restaura la vista total del modelo.
	Restore Previous View	Restaura la vista anterior del modelo.
	Zoom In	Zoom in en el modelo. (Acercamiento)
	Zoom Out	Zoom out en el modelo. (Alejamiento)
	Pan	Mueve dinámicamente la estructura en cualquier dirección.
	Show 3-d view	Muestra vista 3-d del modelo.
	Show 2-d View of X-Y/r-Theta Plane	Vista 2-d del modelo paralela al plano X-Y/r-Theta.
	Show 2-d View of X-Z/r-Z Plane	Vista 2-d del modelo paralela al plano X-Z/r-Z.
	Show 2-d View of Y-Z/r-Z Plane	Vista 2-d del modelo paralela al plano Y-Z/r-Z o una vista desarrollada del plano r-Z plane.
	Perspective Toggle	Muestra vista 3-d en perspectiva.
	Shrink Elements	Contrae los elementos para facilitar la visualización de la conectividad.
	Set Element	Ajusta la visibilidad de los elementos y sus propiedades.
	Up One Gridline	Visualiza el siguiente nivel superior en una malla en la vista en planta 2-d.
	Down One Gridline	Visualiza el siguiente nivel inferior en una malla en la vista en planta 2-d.

**Apéndice B – Descripción de Iconos de la Barra de Herramientas Flotante**

Icono	Nombre del Control	Permite
	Pointer Tool	Selecciona elementos individualmente o en cajas.
	Select All	Selecciona todos los elementos en un gráfico.
	Restore Previous Selection	Restaura elementos previamente seleccionados.
	Clear Selection	Libera todos los elementos seleccionados.
	Set Intersecting Line Select Mode	Selecciona los elementos interceptados por una línea.
	Reshape Element	Mueve elementos tomándolos en su parte central y redimensionarlos seleccionando sus extremos.
	Add Special Joint	Añade manualmente un nudo.
	Draw Frame Element	Dibuja un elemento tipo frame al definir la ubicación de sus nudos extremos.
	Draw Shell Element	Dibuja un elemento tipo shell al definir la ubicación de sus esquinas.
	Quick Draw Frame Element	Dibuja un elemento tipo frame usando una malla.
	Quick Draw Shell Element	Dibuja un elemento tipo shell usando una malla.
	Assign Joint Restraints	Asigna restricciones en los nudos.
	Assign Frame Sections	Asigna secciones y materiales a elementos frame.
	Assign Shell Sections	Asigna secciones y materiales a elementos shell.
	Assign Joint Load	Asigna cargas concentradas nodales.
	Assign Frame Span Loading	Asigna cargas en elementos tipo frame.
	Assign Shell Uniform Loading	Asigna cargas en elementos tipo shell.
	Show Undeformed Shape	Muestra la geometría original del modelo.
	Display Static Deformed Shape	Muestra la geometría deformada de la estructura.
	Display Mode Shapes	Muestra formas de modo y periodos de vibración.
	Display Element Forces/Stresses	Muestra resultados del análisis – Fuerzas y Esfuerzos.
	Set Output Table Mode	Muestra tablas con los resultados del análisis.

# COMENTARIOS FINALES

## CAPÍTULO 9

### 9.1 COMENTARIOS FINALES

Después de dar una primera visión hasta cierto punto con poca profundidad en algunos aspectos ya que se pretende que el presente instructivo inicie al lector interesado de una manera clara, rápida y sencilla en el uso de SAP2000 pero a su vez lo motive para que explore y profundice en otras opciones que están disponibles en el programa, los comentarios finales tienen por objeto eliminar algunas posibilidades de error en los datos proporcionados al programa así como mejorar la interpretación de resultados, estos son:

- Verificar la geometría y características de los materiales, para ello se sugiere almacenar los datos en un archivo con extensión S2K y revisarlos con algún editor con objeto de detectar posibles errores en las características de los materiales y dimensiones de los elementos.
- Verificar las condiciones y combinaciones de carga bajo las cuales se realizará el análisis del modelo, lo anterior con objeto de detectar posibles omisiones o duplicidad de cargas (por ejemplo peso propio).
- Verificar los grados de libertad y las condiciones de apoyo o restricción de los nudos especificados en el archivo de datos los cuales deberán ser acordes con el número de ecuaciones que se forman y resuelven.
- Una vez realizado el Análisis se deberán de verificar e interpretar los resultados, el equilibrio se deberá satisfacer en todo momento, se recomienda que manualmente se verifique éste, por lo menos de manera global (suma de fuerzas externas y reacciones), sin embargo no está por demás verificar el equilibrio de algunos elementos de la estructura de manera aislada (nudos y barras), por ejemplo verificando el equilibrio de algún entrepiso (suma de cortantes en las columnas de entrepiso con el cortante externo en la misma dirección).
- Se deberá verificar la forma de los diagramas de elementos mecánicos la cual tendrá que corresponder con el tipo de cargas, por ejemplo, si en una barra existe carga uniforme el diagrama de cortantes deberá presentar variación lineal y el de momentos variación parabólica.
- La configuración deformada que la estructura presente para alguna condición de carga deberá ser consistente con las condiciones de apoyo del modelo analizado así como con las características de las fuerzas contenidas en esa condición.



- Cuando sea posible se tratará de relacionar los resultados obtenidos con el programa con los que resulten de la aplicación de algún método aproximado, por ejemplo para cargas laterales en un marco se puede utilizar alguno de los métodos aproximados como el del factor o el de Bowman.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

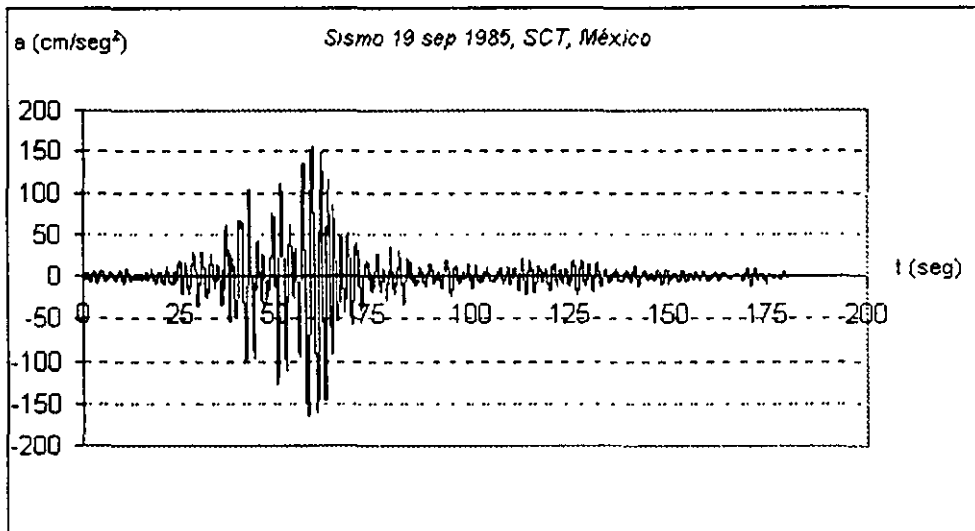
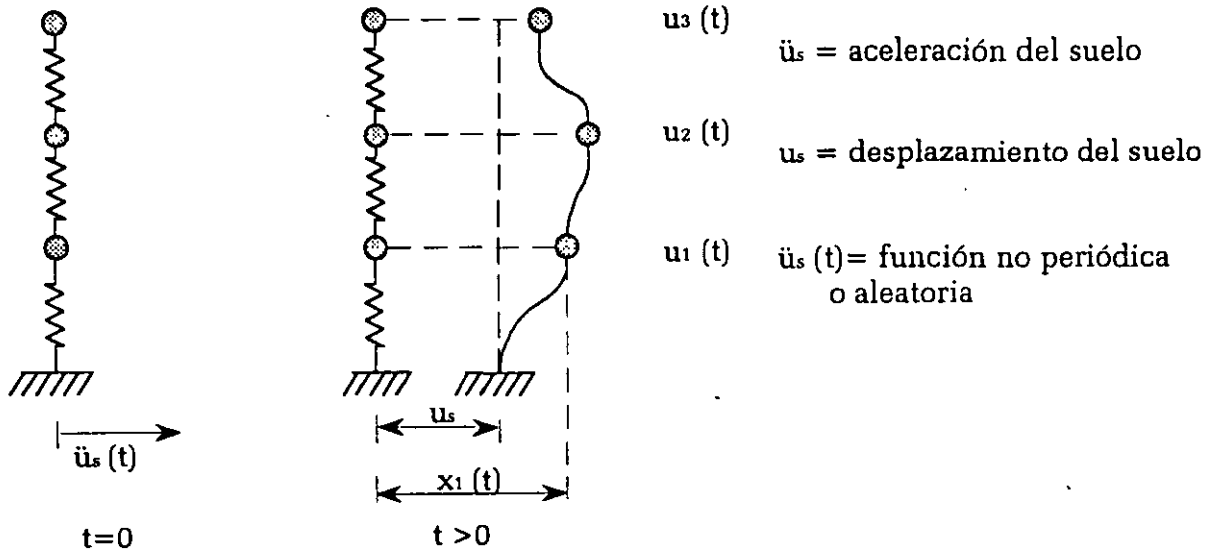
### **DIPLOMADO EN ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES**

**MODULO OPTATIVO: SAP 2000 PARA  
ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL  
CA 025**

**TEMA  
DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS**

**COORDINADOR: ING. FERNANDO MONROY MIRANDA  
PALACIO DE MINERÍA  
OCTUBRE DE 2002**

Respuesta a temblores de sistemas dinámicos con comportamiento elástico lineal.



Acclerograma

Para un sistema amortiguado de un solo grado de libertad, la ecuación de movimiento para vibración libre es

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (a)$$

en ella  $x$  es el desplazamiento total de la masa y  $u$  el desplazamiento de la masa relativo a su base

$$x = u_s + u$$

$$\dot{x} = \dot{u}_s + \dot{u}$$

$$\ddot{x} = \ddot{u}_s + \ddot{u} \quad (b)$$

sustituyendo (b) en (a)

$$m(\ddot{u}_s + \ddot{u}) + c\dot{u} + ku = 0$$

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_s = p(t) \quad (c)$$

$$p(t) = -m\ddot{u}_s$$

Es decir, el problema de movimiento del suelo es equivalente al problema de vibración forzada donde la fuerza excitadora  $p(t)$  es  $-m\ddot{u}_s$ . Extendiendo el razonamiento para varios grados de libertad de vibración del sistema

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M]\{1\}\ddot{u}_s \quad (d)$$

$$[C] = [0] \text{ vibración no amortiguada}$$

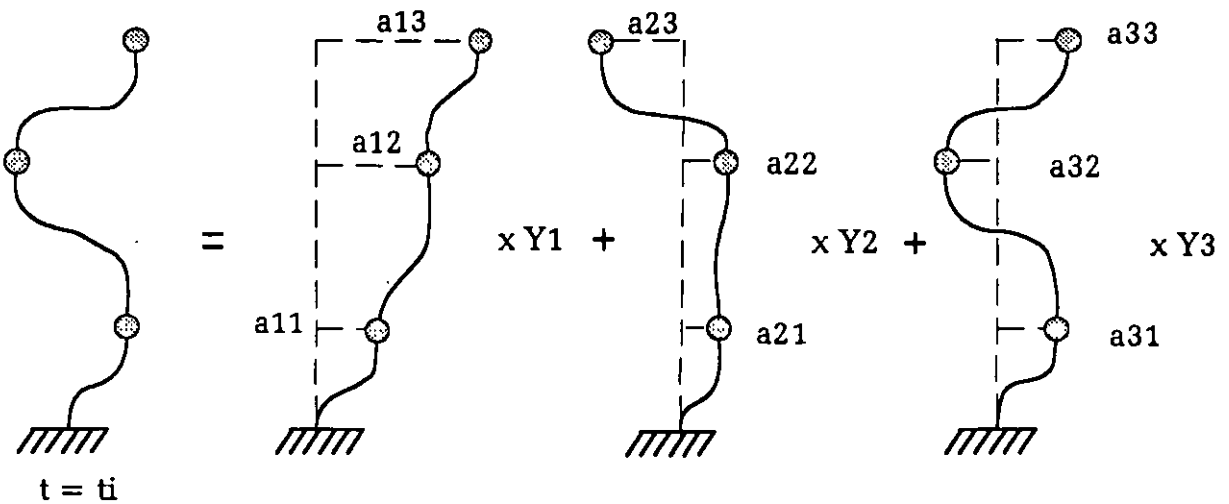
### Análisis Modal

En un instante dado, los desplazamientos de las masas pueden expresarse como la suma de los desplazamientos debidos a la participación de cada uno de los modos naturales.

$$\{u(t)\} = \sum Y_j(t) A_j$$

$A_j$  = Amplitud modal en el modo  $j$

$Y_j$  = Función escalar que expresa la variación con respecto al tiempo de la participación del modo  $j$



Para un sistema de 3 grados de libertad, la ecuación anterior, en forma desarrollada, conduce a

$$u_3(t) = a_{13} Y_1(t) + a_{23} Y_2(t) + a_{33} Y_3(t)$$

$$u_2(t) = a_{12} Y_1(t) + a_{22} Y_2(t) + a_{32} Y_3(t)$$

$$u_1(t) = a_{11} Y_1(t) + a_{21} Y_2(t) + a_{31} Y_3(t)$$

en la forma matricial

$$\{u\} = [\Lambda] \{Y\} \tag{e}$$

$$\{Y\} = \{Y(t)\} = \begin{Bmatrix} Y_1(t) \\ Y_2(t) \\ Y_3(t) \end{Bmatrix}$$

$$\{\dot{u}\} = [\Lambda] \{\dot{Y}\}$$

$$\{\ddot{u}\} = [\Lambda] \{\ddot{Y}\}$$

sustituyendo la ecuación (e) en la (d)

$$[M][\Lambda] \{\ddot{Y}\} + [C][\Lambda] \{\dot{Y}\} + [k][\Lambda] \{Y\} = [M] \{I\} \ddot{u}_s \tag{f}$$

recordando que

$$[\Lambda]^T [M] [\Lambda] = [M^*]$$

$$[\Lambda]^T [K] [\Lambda] = [K^*]$$

También

$$[\Lambda]^T [C][\Lambda] = [C^*]$$

Premultiplicando la ecuación (f) por  $[\Lambda]^T$  resulta

$$[M^*]\{\ddot{y}\} + [C^*]\{\dot{y}\} + [K^*]\{y\} = -[\Lambda]^T [M]\{1\}\ddot{u}_s \quad (g)$$

Siendo la anterior una ecuación diagonal, por lo que

$$m_j^* \ddot{y}_j(t) + c_j^* \dot{y}_j(t) + k_j^* y_j(t) = -\{A_j\}^T [M]\{1\}\ddot{u}_s \quad (h)$$

$$m_j^* = \{A_j\}^T [M]\{A_j\}$$

$$c_j^* = \{A_j\}^T [C]\{A_j\}$$

$$k_j^* = \{A_j\}^T [K]\{A_j\}$$

dividiendo la ecuación (h) entre  $m_j^*$

$$\ddot{y}_j(t) + \frac{c_j^*}{m_j^*} \dot{y}_j(t) + \frac{k_j^*}{m_j^*} y_j(t) = -\frac{1}{m_j^*} \{A_j\}^T [M]\{1\}\ddot{u}_s$$

recordando que

$$m_j \omega_j^2 = k_j \quad ; \quad \omega_j^2 = \frac{k_j}{m_j}$$

$$\zeta_j = \frac{c_j}{Ccr_j}$$

$$c_j^* = \zeta_j Ccr_j$$

$$Ccr_j = 2m^* \omega$$

$$= \zeta_j 2m^* \omega$$

Finalmente

$$\frac{c_j^*}{m_j^*} = \frac{2\zeta_j m_j^* \omega_j}{m_j^*} = 2\zeta_j \omega_j$$

Por lo que la ecuación de movimiento también se puede expresar de la siguiente manera

$$\ddot{y}_j(t) + 2\zeta_j \omega_j \dot{y}_j(t) + \omega_j^2 y_j(t) = -\frac{1}{m_j^*} \{A_j\}^T [M] \{1\} \ddot{u}_s \quad (i)$$

Por otro lado, para un sistema de un solo grado de libertad la ecuación (i) se reduce a la ecuación (j)

$$\ddot{u} + 2\zeta \omega \dot{u} + \omega^2 u = -\ddot{u}_s(t) \quad (j)$$

Comparando las ecuaciones (i) y (j) se deduce que la solución de la ecuación (i) se puede obtener resolviendo la ecuación (j) y esa solución multiplicarla por el siguiente factor, llamado factor de participación modal

$$Cp_j = \frac{\{A_j\}^T [M] \{1\}}{\{A_j\}^T [M] \{A_j\}}$$

ya que

$$m_j^* = \{A_j\}^T [M] \{A_j\}$$

Ahora, si suponemos que el desplazamiento (respuesta) del sistema de un grado de libertad con frecuencia  $\omega_j$  y fracción de amortiguamiento  $\zeta_j$  es  $\phi_j(t)$  entonces

$$Y_j(t) = Cp_j \phi_j(t)$$

Por lo que, el desplazamiento de la masa n en el modo j

$$u_{nj}(t) = Y_j(t) a_{nj}$$

$a_{nj}$  = amplitud de la masa n en el modo j

Considerando la contribución de todos los modos

$$\begin{aligned} u_n(t) &= \sum u_{nj}(t) \\ &= \sum Y_j(t) a_{nj} \\ &= \sum Cp_j \phi_j(t) a_{nj} \end{aligned}$$

### Modos Ortonormales

Es muy conveniente escalar los modos de manera que todas las masas generalizadas sean iguales a la unidad, en tal caso, se dice que los modos se han normalizado con respecto a la matriz de masas o que son ortonormales, para la masa j

$$m_j^* = \{A_j\}^T [M] \{A_j\}$$

$$m_j^* \neq 1 \text{ (en general)}$$

Entonces, para que  $m_j^* = 1$  se debe de dividir  $\{A\}$  entre  $\sqrt{m_j^*}$  ya que

$$\frac{1}{\sqrt{m_j^*}} \{A_j\}^T [M] \frac{1}{\sqrt{m_j^*}} \{A_j\} = \frac{1}{\sqrt{m_j^*}} m_j^* \frac{1}{\sqrt{m_j^*}} = 1$$

Por lo tanto si  $\{A_j\}$  se ha normalizado con respecto a la matriz de masas

$$\{A_j\}^T [M] \{A_j\} = 1$$

$$\{A_j\}^T [C] \{A_j\} = 2\omega_j \zeta_j$$

$$\{A_j\}^T [K] \{A_j\} = \omega_j^2$$

Y ahora el factor de participación, con  $\{A_j\}$  normalizado, resulta

$$Cp_j = \{A_j\}^T [M] \{1\}$$

o en forma desarrollada

$$Cp_j = \sum a_{nj} m_j$$

La fuerza en la masa n vibrando en el modo j con una aceleración  $\ddot{u}_{nj}$

$$\ddot{u}_{nj}(t) = \ddot{Y}_j(t) a_{nj}$$

$$= Cp_j \ddot{\phi}_j(t) a_{nj}$$

En ese modo, el cortante en la base es igual a la suma de las fuerzas en todas las masas, es decir

$$V_j = \sum_{n=1}^n m_n Cp_j \ddot{\phi}_j(t) a_{nj}$$

$$V_j = Cp_j \ddot{\phi}_j(t) \sum_{n=1}^n m_n a_{nj}$$

Como puede verse, la sumatoria es igual al factor de participación del modo j, por lo tanto

$$V_j = Cp_j^2 \ddot{\phi}_j(t)$$

$Cp_j^2$  debe de tener unidades de masa y por ello se le llama masa efectiva del modo j y representa la parte de la masa total que genera cortante en dicho modo ortonormal.

### Análisis Espectral y combinación de respuestas modales máximas



En vista de que no es posible predecir con cierta exactitud movimientos (acelerogramas) de sismos futuros y poder realizar análisis más refinados (análisis paso a paso) los reglamentos presentan, como una opción para determinar las fuerzas sísmicas dinámicas, al análisis espectral que se basa en el interés por conocer la máxima respuesta que producirá la estructura ante sismos futuros, esa respuesta se obtiene a partir de las características dinámicas de la estructura y sobre todo de un espectro suavizado (reducido) obteniendo de este, la pseudoaceleración máxima  $S_j$ , comúnmente, para cada periodo  $T_j$ , es decir

$$S_j = \phi_j \omega_j^2$$

$$\phi_j = \frac{S_j}{\omega_j^2}$$

$$u_n(t) = \sum u_{nj}(t) = \sum C p_j \phi_j(t) a_{nj}$$

Por lo que

$$u_{nj_{max}} = \frac{S_j}{\omega_j^2} C p_j a_{nj}$$

Expresa la contribución máxima del modo  $j$  al desplazamiento de la masa  $n$ , mediante expresiones similares a la anterior se pueden determinar otras respuestas,  $r_j$  (Fuerza cortante, deformaciones, Momentos), máximas de la estructura debidas al modo  $j$ . Nos interesa determinar la respuesta máxima de la estructura,  $R_{max}$ , que incluya a todos los modos.

#### Combinación de respuestas máximas modales

Para fines de diseño nos interesa conocer la respuesta total máxima  $R$  (desplazamientos, cortantes, etc.) considerando la contribución de algunos o de todos modos, la cota superior conservadora, ya que los máximos no ocurren simultáneamente, es la suma de las respuestas máximas modales (ABS), es decir

$$R = \sum |r_j|$$

Para estructuras elásticas es más realista utilizar la expresión propuesta por Resenblueth' (1951) también conocida como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS ó RSC)

$$R = \sqrt{\sum_j r_j^2}$$

Cuando las frecuencias son cercanas entre sí, Wilson y colaboradores (1981) han propuesto el siguiente criterio para combinar las respuestas modales, siendo del tipo cuadrática completa (CQC)

$$R = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} r_i r_j}$$

Si los porcentajes críticos de amortiguamiento son iguales ( $\xi_i = \xi_j = \xi$ ) el coeficiente del producto cruzado está dado por:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 (1+r)r^{3/2}}{(1-r^2)^2 + 4\xi^2 r(1+r)^2}$$

en la ecuación anterior

$$r = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

Observese que si  $i=j$   $r=1$

$$\begin{aligned} \rho_{ij} &= \frac{8\xi^2 (1+1)(1)^{3/2}}{(1-1^2)^2 + 4\xi^2 (1)(1+1)^2} \\ &= \frac{8\xi^2 (2)}{4\xi^2 (4)} \\ &= 1 \end{aligned}$$

Pero si las frecuencias son muy diferentes,  $r$  es grande y  $\rho_{ij}$  pequeño, por lo que la CQC se acerca a la SRSS.

# DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

BAZÁN / MELI

IMUSA

a) Ortogonalidad con respecto a la matriz de masas.

$$Z_j^T M Z_r = 0 \quad \text{si } j \neq r \quad (3.28)$$

b) Ortogonalidad con respecto a la matriz de rigideces

$$Z_j^T K Z_r = 0 \quad \text{si } j \neq r \quad (3.29)$$

c) Los modos naturales constituyen un conjunto completo, lo que significa que cualquier configuración de desplazamientos  $u$  puede expresarse como una combinación lineal de las  $Z_j$ , es decir:

$$u = \sum_j a_j Z_j \quad (3.30)$$

Los productos  $m_j^* = Z_j^T M Z_j$  y  $k_j^* = Z_j^T K Z_j$  son cantidades escalares que se denominan *masa* y *rigidez generalizadas* del modo  $j$ , respectivamente. Sus valores dependen de la escala de cada modo, aunque el cociente del segundo sobre el primero se mantiene constante y es igual al cuadrado de la frecuencia del modo en cuestión.

### 3.3.4 Ejemplo

Consideremos la estructura mostrada en la figura 3.7 (Rascón, 1982). Las matrices de masas y rigideces son:

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix}$$

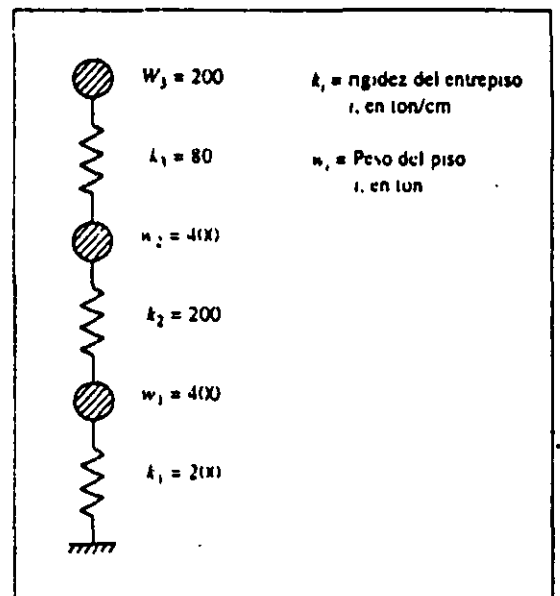


Figura 3.7 Sistema tratado en el ejemplo de la sección 3.3.5.

El valor de cada masa es igual a  $W_i/g$  ( $g$  es la aceleración de la gravedad), entonces:

$$m_1 = m_2 = 400/981 = 0.407750 \text{ t-seg}^2/\text{cm.}$$

$$m_3 = 200/981 = 0.203875 \text{ t-seg}^2/\text{cm.}$$

Reemplazando los valores de  $k_i$ , dados en la figura 3.7, obtenemos:

$$K = 80 \begin{bmatrix} 5.0 & -2.5 & 0.0 \\ -2.5 & 3.5 & -1.0 \\ 0.0 & -1.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

y la ecuación 3.27,  $|K - \omega^2 M| = 0$ , se escribe:

$$\begin{bmatrix} 5.0 - 0.407750 \lambda & & & 0.0 \\ & -2.5 & 3.5 - 0.407750 \lambda & -1.0 \\ & 0.0 & & -1.0 \\ & & & 1.0 - 0.203875 \lambda \end{bmatrix} = 0$$

donde  $\lambda = \omega^2/80$ . El desarrollo de este determinante conduce a la siguiente ecuación cúbica:

$$\lambda^3 - 25.751 \lambda^2 + 157.885 \lambda - 184.386 = 0$$

cuyas soluciones son:  $\lambda_1 = 1.525$ ,  $\lambda_2 = 7.030$ , y  $\lambda_3 = 17.190$ . Como  $\omega^2 = 80 \lambda$ , recordando que el periodo es  $T = 2\pi/\omega$ , se obtienen los siguientes resultados:

$$\begin{array}{lll} \omega_1^2 = 122.0, & \omega_1 = 11.05 \text{ seg}^{-1}, & T_1 = 0.5686 \text{ seg} \\ \omega_2^2 = 562.4, & \omega_2 = 23.71 \text{ seg}^{-1}, & T_2 = 0.2650 \text{ seg} \\ \omega_3^2 = 1375.2, & \omega_3 = 37.08 \text{ seg}^{-1}, & T_3 = 0.1694 \text{ seg} \end{array}$$

Para calcular los modos de vibración, se reemplazan los valores de  $\omega^2$  en la expresión 3.26. Procediendo así con  $\omega_1^2$ , se llega al siguiente sistema homogéneo de ecuaciones:

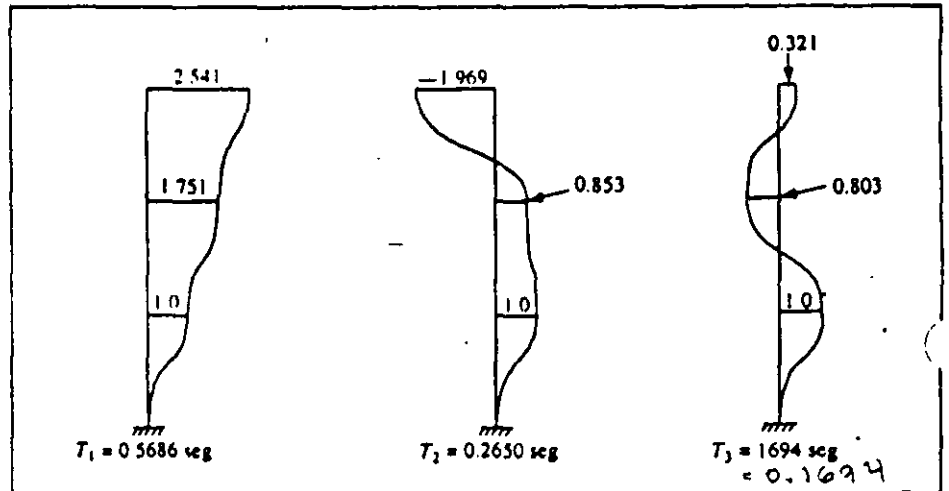


Figura 3.8 Modos de vibrar de la estructura de la figura 3.7.

$$\begin{bmatrix} (400 - 122 \times 0.407750) & -200 & 0.0 \\ -200 & (280 - 122 \times 0.407750) & -80 \\ 0.0 & -80 & (80 - 122 \times 0.203875) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} z_{11} \\ z_{21} \\ z_{31} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

En  $z_{ij}$ , el índice  $i$  se refiere al nivel mientras que  $j$  identifica el modo. Podemos escoger arbitrariamente alguna  $z_{ij}$ , por ejemplo  $z_{11} = 1$ ; entonces, de la primera ecuación se calcula  $z_{21} = 1.751$  y de la segunda o tercera ecuación encontramos  $z_{31} = 2.541$ ; por tanto:

$$Z_1 = \begin{Bmatrix} z_{11} \\ z_{21} \\ z_{31} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 1.751 \\ 2.541 \end{Bmatrix}$$

Análogamente, empleando los valores de  $\omega_2^2$  y de  $\omega_3^2$ , respectivamente, se obtienen:

# DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

BAZÁN / MELI

LIMUSA

$$Z_2 = \begin{Bmatrix} z_{12} \\ z_{22} \\ z_{32} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.853 \\ -1.969 \end{Bmatrix}$$

$$Z_3 = \begin{Bmatrix} z_{13} \\ z_{23} \\ z_{33} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ -0.804 \\ 0.321 \end{Bmatrix}$$

Las formas de estos tres modos de vibrar se aprecian en la figura 3.8. Recuérdese que cada uno de ellos puede multiplicarse por cualquier constante arbitraria. Podemos verificar la solución constatando la ortogonalidad de los modos con respecto a las matrices de masas y de rigideces. Por ejemplo, con el primer y tercer modos se tiene:

$$Z_1^T M = \begin{pmatrix} 1.00 & 1.751 & 2.541 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 0.40775 & 0 & 0 \\ 0 & 0.40775 & 0 \\ 0 & 0 & 0.203875 \end{bmatrix} \\ \{0.40775 \quad 0.71397 \quad 0.51805\}$$

$$Z_1^T M Z_3 = 0.40775 \times 1.0 - 0.71397 \times 0.804 + 0.51805 \times 0.321 = 0.00001 \approx 0.$$

Análogamente, con la matriz de rigideces tenemos

$$Z_1^T K = \begin{pmatrix} 1.00 & 1.751 & 2.541 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 400 & -200 & 0 \\ -200 & 280 & -80 \\ 0 & -80 & 80 \end{bmatrix} \\ \{49.8 \quad 87.0 \quad 63.2\}$$

$$Z_1^T K Z_3 = 49.8 \times 1.0 - 87.0 \times 0.804 + 63.2 \times 0.321 = 0.139 \approx 0.$$

Los resultados no son exactamente cero por errores de redondeo.

## 3.4 CALCULO NUMÉRICO DE MODOS Y FRECUENCIAS DE VIBRAR

El procedimiento seguido en la sección precedente para obtener modos y periodos de vibrar es laborioso e impráctico en sistemas de más grados de libertad. Por ello se han desarrollado métodos numéricos de aproximaciones sucesivas, tres de los cuales se presentan a continuación. Los dos primeros son apropiados para emplearse con una calculadora de escritorio o una hoja electrónica de trabajo, y el tercero es un método matricial, adecuado para programas para computadora.

### 3.4.1 Método de Newmark

Este método, propuesto por su autor en 1943, está basado en el proceso de iteración de Stodola-Vianello (Rosenbluth y Esteva, 1962). En la forma en que a con-

### 7.3.3 Estructura tratada en la sección 3.3.4

En este ejemplo se determinan las fuerzas sísmicas sobre la estructura mostrada en la figura 3.7 mediante el análisis modal espectral. Supondremos que se trata de un edificio del grupo A, que se construirá en la zona I y que es aplicable un factor de reducción por comportamiento sísmico  $Q = 4$ . Hemos calculado los modos y frecuencias de vibrar de esta estructura con varios procedimientos en el capítulo 3, llegando a:

$$Z_1 = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 1.751 \\ 2.541 \end{Bmatrix} ; \quad Z_2 = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.853 \\ -1.969 \end{Bmatrix} ; \quad Z_3 = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ -0.803 \\ 0.321 \end{Bmatrix}$$

$$\omega_1^2 = 122.0 \text{ rad/seg}^2; \quad \omega_2^2 = 562.4 \text{ rad/seg}^2; \quad \omega_3^2 = 1375.0 \text{ rad/seg}^2$$

$$T_1 = 0.569 \text{ seg}; \quad T_2 = 0.265 \text{ seg}; \quad T_3 = 0.169 \text{ seg.}$$

Recordando que  $m_1 = m_2 = 0.40775$  y  $m_3 = 0.203875$  (en ton-seg<sup>2</sup>/cm), los modos ortonormales se calculan como sigue:

$$m_1^* = Z_1^T M Z_1 = 0.40775 \times 1^2 + 0.40775 \times 1.751^2 + 0.203875 \times 2.541^2 = 2.97427$$

$$m_2^* = Z_2^T M Z_2 = 0.40775 \times 1^2 + 0.40775 \times 0.853^2 + 0.203875 \times 1.969^2 = 1.49485$$

$$m_3^* = Z_3^T M Z_3 = 0.40775 \times 1^2 + 0.40775 \times 0.803^2 + 0.203875 \times 0.321^2 = 0.69233$$

Dividiendo cada vector  $Z_i$  por la correspondiente  $\sqrt{m_i^*}$  reemplazamos los modos por sus correspondientes formas ortonormales, obteniendo:

$$Z_1 = \begin{Bmatrix} 0.580 \\ 1.015 \\ 1.473 \end{Bmatrix} ; \quad Z_2 = \begin{Bmatrix} 0.818 \\ 0.698 \\ -1.610 \end{Bmatrix} ; \quad Z_3 = \begin{Bmatrix} 1.202 \\ -0.966 \\ 0.386 \end{Bmatrix}$$

Los coeficientes de participación se calculan con la ecuación 3.49, que arroja:

$$p_1 = 0.40775 \times 0.580 + 0.40775 \times 1.015 + 0.203875 \times 1.473 = 0.9508$$

$$p_2 = 0.40775 \times 0.818 + 0.40775 \times 0.698 - 0.203875 \times 1.610 = 0.2896$$

$$p_3 = 0.40775 \times 1.202 - 0.40775 \times 0.966 + 0.203875 \times 0.386 = 0.1747$$

Con apego a lo expuesto en la sección 6.1.2, en la zona I para construcciones del grupo A se toma  $c = 0.16 \times 1.5 = 0.24$ ; los demás datos para determinar el espectro de diseño se encuentran en la tabla 6.2 y son:

$$T_a = 0.2 \text{ seg}$$

$$T_b = 0.6 \text{ seg}$$

$$r = 1/2$$

Ciñéndonos a lo indicado en 6.1.2, para el primer y segundo modos encontramos que  $T_1$  y  $T_2$  están comprendidos entre  $T_a$  y  $T_b$ ; por tanto, las ordenadas

espectrales de aceleraciones y los factores de reducción por comportamiento sísmico quedan:

$$a_1 = a_2 = c = 0.240$$

$$Q_1 = Q_2 = Q = 4$$

El periodo  $T_3$  es menor que  $T_a$ , entonces:

$$a_3 = (1 + 3 T_3/T_a) c/4 = (1 + 3 \times 0.169/0.2) 0.24/4 = 0.212$$

$$Q_3 = 1 + (Q - 1) T_3/T_a = 1 + (4 - 1) 0.169/0.2 = 3.535$$

Recordando que las  $a_j$  están expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ , las aceleraciones espectrales de diseño  $A_j$ , resultan:

$$A_1 = A_2 = 0.24 \times 981/4.00 = 58.9 \text{ cm/seg}^2$$

$$A_3 = 0.212 \times 981/3.535 = 58.9 \text{ cm/seg}^2$$

donde hemos considerado  $g = 981 \text{ cm/seg}^2$ .  $A_3$  coincide con  $A_1$  y  $A_2$  porque para  $Q = 4$ ,  $a$  y  $Q$  tienen idéntica variación lineal entre cero y  $T_a$ .

Aplicando la ecuación 7.1 hallamos los siguientes desplazamientos máximos de las masas  $U_j$ , y máximos desplazamientos de entrepiso  $\delta U_j$ , como contribución de cada modo  $j$ :

$$\begin{array}{l}
 U_1 = \frac{58.9 \times 0.9508}{2 \times 122.0} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_1 \\ \rho_1 \end{matrix} \begin{matrix} Z_1 \\ Z_1 \\ Z_1 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0.580 \\ 1.015 \\ 1.473 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2662 \\ 0.4661 \\ 0.6763 \end{bmatrix} ; \delta U_1 = \begin{bmatrix} 0.2662 \\ 0.1999 \\ 0.2103 \end{bmatrix} \\
 U_2 = \frac{58.9 \times 0.2896}{564.2} \begin{bmatrix} 0.818 \\ 0.698 \\ -1.610 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0247 \\ 0.0211 \\ -0.0487 \end{bmatrix} ; \delta U_2 = \begin{bmatrix} 0.0247 \\ -0.0036 \\ -0.0698 \end{bmatrix} \\
 U_3 = \frac{58.9 \times 0.1747}{1375} \begin{bmatrix} 1.202 \\ -0.966 \\ 0.386 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0090 \\ -0.0072 \\ 0.0029 \end{bmatrix} ; \delta U_3 = \begin{bmatrix} 0.0090 \\ -0.0162 \\ 0.0101 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Las unidades son cm.

La cortante  $V_{ij}$ , en el entrepiso  $i$ , debida al modo  $j$ , se calcula multiplicando el desplazamiento del entrepiso  $\delta_{ij}$ , por la rigidez respectiva  $k_i$ . Recordando que  $k_1 = k_2 = 200$  y  $k_3 = 80$  (en ton/cm), encontramos:

$$V_{11} = 200 \times 0.2662 = 53.23 \text{ ton}$$

$$V_{21} = 200 \times 0.1999 = 39.98 \text{ ton}$$

$$V_{31} = 80 \times 0.2103 = 16.82 \text{ ton}$$

$$V_{12} = 200 \times 0.0247 = 4.95 \text{ ton}$$

$$V_{22} = -200 \times 0.0036 = -0.73 \text{ ton}$$

$$V_{32} = -80 \times 0.0698 = -5.58 \text{ ton}$$

$$V_{13} = 200 \times 0.0090 = 1.80 \text{ ton}$$

$$V_{23} = -200 \times 0.0162 = -3.25 \text{ ton}$$

$$V_{33} = 80 \times 0.0101 = 0.81 \text{ ton}$$

Las diferencias entre los periodos naturales de dos modos cualesquiera son mayores que 10 por ciento, por tanto es adecuado estimar la respuesta combinada de todos los modos con la fórmula 7.3. Para las cortantes  $V_i$  y los desplazamientos relativos  $\delta_i$ , en cada entrepiso  $i$ , obtenemos:

$$V_1 = \sqrt{53.23^2 + 4.95^2 + 1.80^2} = 53.49 \text{ ton}$$

$$V_2 = \sqrt{39.98^2 + 0.73^2 + 3.25^2} = 40.12 \text{ ton}$$

$$V_3 = \sqrt{16.82^2 + 5.58^2 + 0.81^2} = 17.74 \text{ ton}$$

$$\delta_1 = \sqrt{0.2662^2 + 0.0247^2 + 0.0090^2} = 0.2675 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \sqrt{0.1999^2 + 0.0036^2 + 0.0162^2} = 0.2006 \text{ cm}$$

$$\delta_3 = \sqrt{0.2103^2 + 0.0698^2 + 0.0101^2} = 0.2218 \text{ cm}$$

Las estimaciones de los desplazamientos totales  $u_i$ , con este criterio son:

$$u_1 = \sqrt{0.2662^2 + 0.0247^2 + 0.0090^2} = 0.2675 \text{ cm}$$

$$u_2 = \sqrt{0.4661^2 + 0.0211^2 + 0.0072^2} = 0.4666 \text{ cm}$$

$$u_3 = \sqrt{0.6763^2 + 0.0487^2 + 0.0029^2} = 0.6781 \text{ cm}$$

Cabe puntualizar que las diferencias  $u_2 - u_1 = 0.4666 - 0.2675 = 0.1991 \text{ cm}$  y  $u_3 - u_2 = 0.6781 - 0.4666 = 0.2115 \text{ cm}$ , no reproducen las estimaciones correctas de  $\delta_2$  y  $\delta_3$  que son mayores (0.2006 y 0.2218 cm, respectivamente). Es inadecuado estimar  $\delta_2$  y  $\delta_3$  como estas diferencias, ya que el criterio expresado por la regla 7.3 requiere que en primer lugar se calcule la respuesta de interés (en este caso los desplazamientos relativos) para cada modo y luego se combinen tales resultados como la raíz cuadrada de la suma de sus cuadrados. Aunque en este ejemplo las diferencias son pequeñas, podrían ser mayores en otras situaciones.

Se percibe de inmediato que la participación del modo fundamental en las respuestas sísmicas es mucho mayor que las de los segundo y tercer modos. Esto se podía anticipar calculando las masas efectivas de los modos dadas por los cuadrados de los coeficientes de participación:

$$p_1^2 = 0.9508^2 = 0.9040$$

$$p_2^2 = 0.2896^2 = 0.0839$$

$$p_3^2 = 0.1747^2 = 0.0305$$

La suma de las masas efectivas es  $\sum p_j^2 = 1.0184$ , que, salvo por errores pequeños de precisión de las operaciones, es igual a  $\sum m_n = 0.40775 + 0.40775 + 0.203875 = 1.0194$ , lo cual confirma que con los tres modos hemos incluido la totalidad de las fuerzas de inercia; además, así se satisfacen los requisitos de las NTDS en el sentido de incluir cuando menos tres modos y todos aquellos que tengan periodos mayores que 0.4 segundos.

En general se obtienen tantos modos como pisos tiene el edificio y es deseable determinar qué fracción de la masa total constituye cada masa efectiva de los modos incluidos en el análisis, como un criterio adicional para decidir si es necesario añadir modos superiores. En el ejemplo que nos ocupa, las fracciones son 0.89, 0.08 y 0.03 para los modos 1, 2 y 3, respectivamente, indicando que el modo fundamental involucra casi 90 por ciento de la masa total mientras que el tercer modo afecta sólo el 3 por ciento de dicha masa.



Debemos comprobar que el cortante basal no sea menor que  $V_{min} = 0.8aW_o/Q$ , siendo en este caso  $W_o = 1000$  ton y, para el modo fundamental,  $a = 0.24$  y  $Q = 4$ ; entonces  $V_{min} = 0.8(0.24 \times 1000)/4 = 48$  ton. Como hemos obtenido que en la base  $V = 53.49$  ton, mayor que  $V_{min}$ , no es necesario modificar  $V$  ni ninguno de los demás resultados del análisis modal.

Los desplazamientos totales y de entrepiso tienen que multiplicarse por  $Q = 4$ , lo cual lleva finalmente a:

$$u_1 = 0.2675 \times 4 = 1.07 \text{ cm}$$

$$u_2 = 0.4666 \times 4 = 1.87 \text{ cm}$$

$$u_3 = 0.6781 \times 4 = 2.71 \text{ cm}$$

$$\delta_1 = 0.2675 \times 4 = 1.07 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = 0.2006 \times 4 = 0.80 \text{ cm}$$

$$\delta_3 = 0.2218 \times 4 = 0.89 \text{ cm}$$

Estos valores deben emplearse al revisar los efectos de segundo orden y al verificar si las distorsiones de entrepiso no exceden los límites del artículo 209 del RCDF, con los procedimientos que hemos presentado en las secciones 6.6 y 6.7 u otros equivalentes.

## 7.4 ANÁLISIS EN DOS DIMENSIONES Y EFECTOS DE TORSIÓN

### 7.4.1 Enfoque de análisis

Con apego a las NTDS, el análisis sísmico de todo edificio debe considerar dos direcciones ortogonales del movimiento del terreno. Para cumplir tal requisito, cuando en el método dinámico se opta por ignorar los giros de los pisos, se tiene que seguir el procedimiento de análisis modal espectral independientemente para cada dirección del sismo, desde el cálculo de periodos y modos de vibración, hasta la determinación de las fuerzas cortantes de entrepiso.

La siguiente etapa consiste en distribuir tales cortantes de la misma manera que en el análisis estático con uno de los procedimientos presentados en la sección 6.4 u otro similar. En particular, las excentricidades directas y accidentales se combinan como lo indican las expresiones 6.14 y 6.15, y se consideran los efectos simultáneos de 100 por ciento del componente del sismo en una dirección con 30 por ciento de los de la componente ortogonal. En rigor, este enfoque de análisis es híbrido: las cortantes sísmicas se determinan dinámicamente, pero los efectos de torsión se incorporan por métodos estáticos.

### 7.4.2 Ejemplo

Consideremos nuevamente el edificio esquematizado en la figura 2.30, cuyas propiedades se han presentado en la tabla 3.6. A partir de los datos de esta tabla, se obtuvieron en la sección 3.5.4 las matrices de masas y de rigideces laterales para cada dirección de análisis, y, luego, los modos y periodos ortonormales que se dan en la tabla 3.7. Cabe hacer notar que los periodos fundamentales (0.9652