

Tutorial para RISA *Educational*

C.M. Uang y K.M. Leet. Traducción y Revisión: Diego Cavazos de Lira

1. Introducción

La versión educativa del programa RISA-2D, desarrollada por RISA Technologies para el libro de texto *Fundamentos de Análisis Estructural*, es un programa interactivo de computadora para el análisis de estructuras en dos dimensiones tales como vigas continuas, armaduras y marcos. El programa ha sido desarrollado para hacer la definición, solución y modificación de datos de problemas en dos dimensiones lo más rápido y fácil que se pueda. RISA-2D *Educational* posee capacidades de modelado gráfico completas permitiéndole dibujar y editar su modelo en la pantalla. Los resultados de los análisis también se pueden mostrar gráficamente. También se provee un archivo de ayuda para una descripción más detallada de las características del programa. El número de nodos y miembros está, respectivamente, limitado a 50 en esta versión educativa.

La solución del programa está basada en el método directo de las rigideces, ampliamente aceptado, elásticas y lineales. Primero, se calcula la rigidez de cada elemento de la estructura. Estas rigideces son luego combinadas para producir la matriz de rigidez global de la estructura del modelo. Enseguida, se resuelve la matriz global para las cargas aplicadas para calcular las deflexiones en los nodos que, a su vez, luego se emplean para calcular las fuerzas y las deflexiones en los elementos individuales.

Usted necesita descargar un archivo de auto extracción que contiene tanto el software RISA *Educational* y la versión en inglés de este tutorial desde <http://www.mhhe.com/engcs/civil/leet/>.

Utilizaremos dos ejemplos- una armadura y un marco- para demostrar cómo usar RISA *Educational* para efectuar un análisis estructural.

2. Análisis de armaduras

La armadura bidimensional por analizar se muestra en la Figura 1. Es indeterminada del primer grado. Asuma que el área de cada miembro es de 1.2 in² y el módulo de Young es de 29,000 ksi. Un procedimiento paso a paso se presenta a continuación.

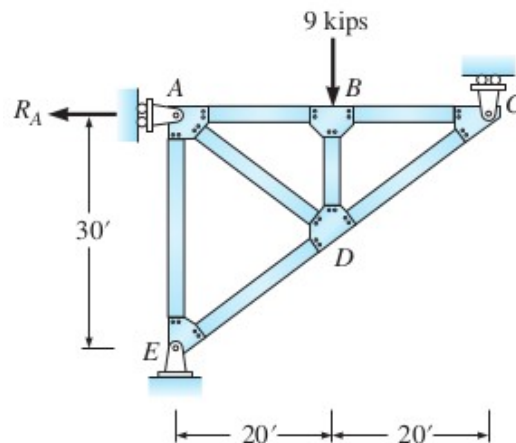


Figura 1

1. Comience el programa RISA-2D *Educational*. La Figura 2 muestra que una barra de menús aparecerá en la parte superior de la ventana. También aparecerá una barra de herramientas llamada **Entrada de Datos**, un sistema de coordenadas globales XY y un conjunto de líneas de rejilla en la ventana **Vista del Modelo**.

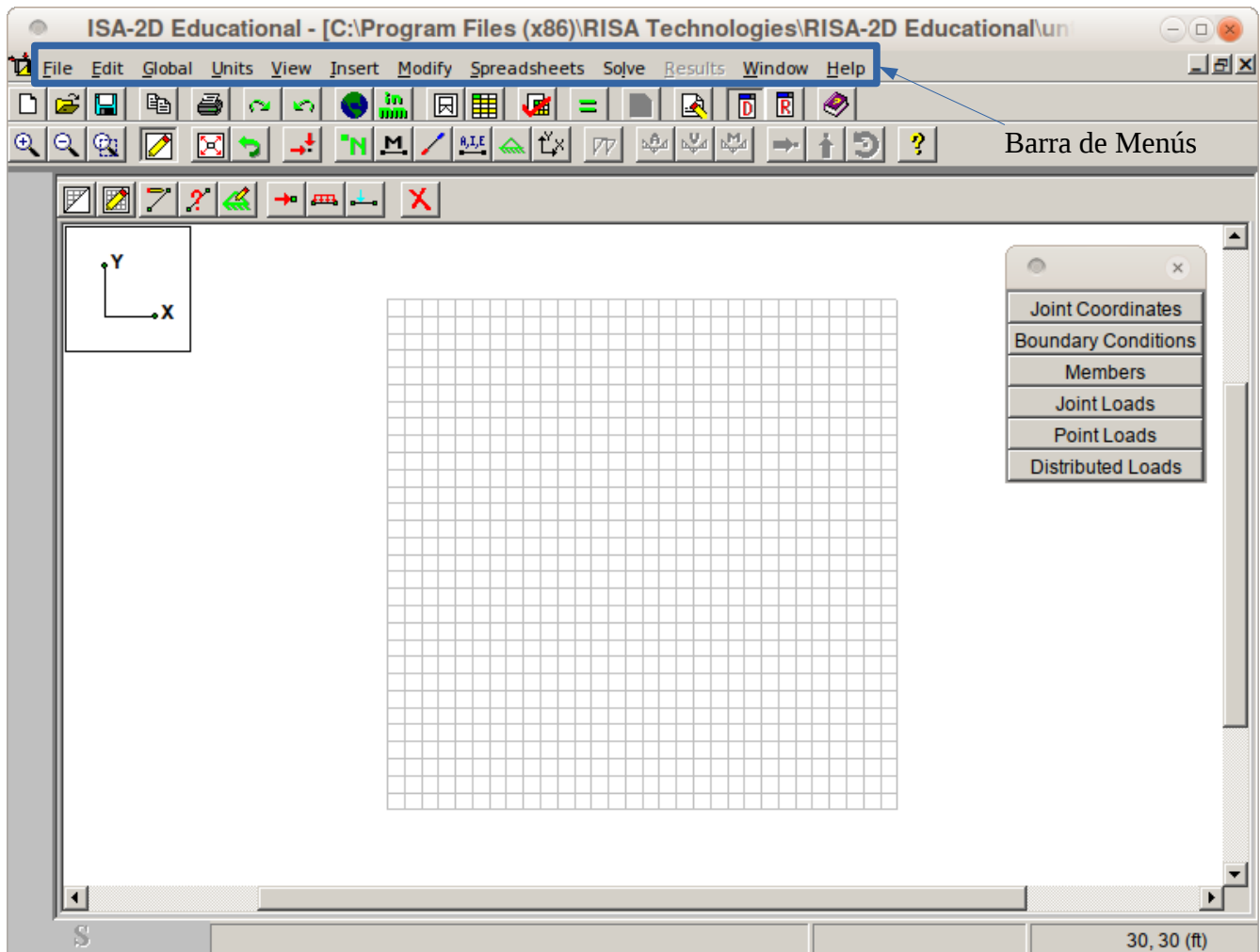


Figura 2

2. Si usted ha creado un archivo de entrada con anterioridad, dé clic en **Archivo** de la barra de menús y elija **Abrir** para abrir el archivo de entrada. De otra manera, usted puede ir al siguiente paso para crear un nuevo modelo.

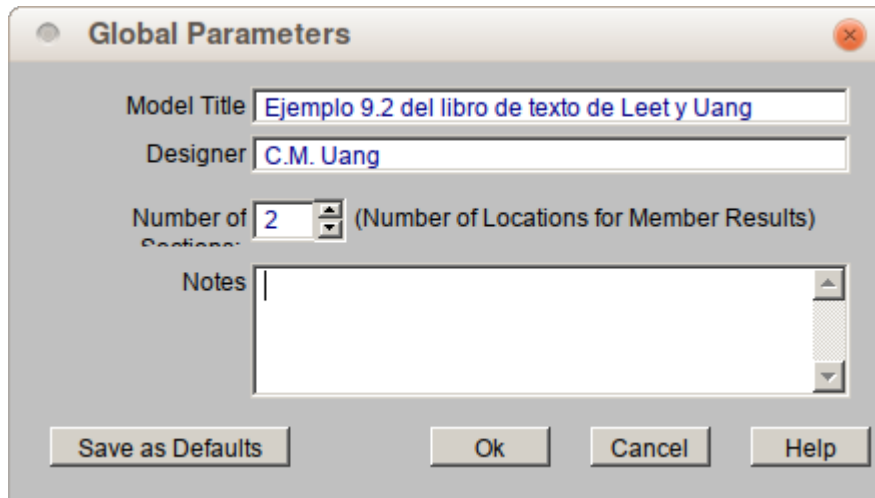


Figura 3

3. Presione **Global** de la barra de menús e ingrese la información para el **Título del Modelo** y el nombre del **Diseñador** en la ventana de **Parámetros Globales** (vea la Figura 3). El programa puede proporcionar las fuerzas internas (momentos, cortantes, fuerzas axiales) en un número de secciones igualmente espaciadas a lo largo de los miembros. El número predeterminado de secciones es de 5, lo cual es útil cuando usted analiza vigas continuas o marcos. Para un análisis de armaduras, sin embargo, la única fuerza interna en los miembros es la carga axial, y ésta es constante a lo largo de los miembros tipo armadura. Establezca el **Número de Secciones** a 2 para que se proporcionen las fuerzas internas en ambos extremos de los miembros. Presione **Aceptar** una vez que haya completado la información.

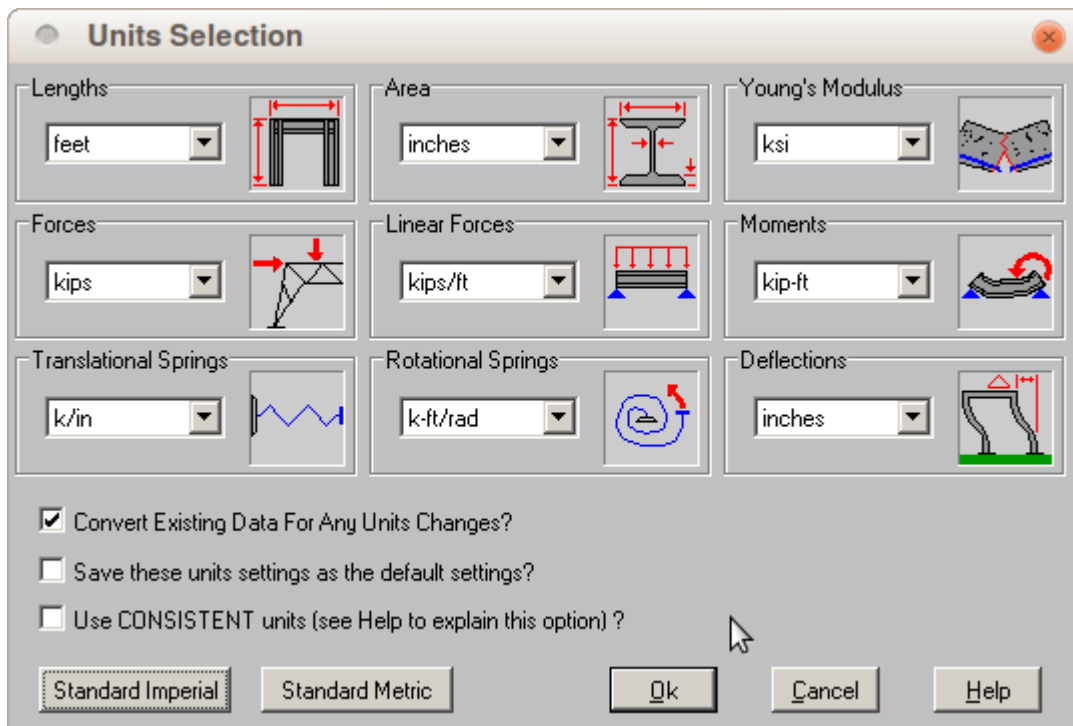


Figura 4

4. Presione **Unidades** de la barra de menús. Una opción que puede escoger en la ventana de **Selección de Unidades** es **Emplear unidades CONSISTENTES**. Este es el método que típicamente empleamos para los cálculos a mano. Es decir, todas las cantidades físicas como longitud, propiedades de las secciones transversales (A e I), propiedades del material (E), cargas, reacciones, fuerzas en los miembros y deformaciones están expresadas en función de unidades consistentes (por decir, kips y pulgadas). Para aplicación práctica, el programa provee una manera más conveniente de manejar las conversiones de unidades internamente, permitiendo al diseñador el escoger ya sea las unidades **Estándar Imperiales**, o las **Estándar Métricas**. Elegiremos **Estándar Imperiales** en este ejemplo. Presione **Aceptar** una vez que haya seleccionado las unidades.

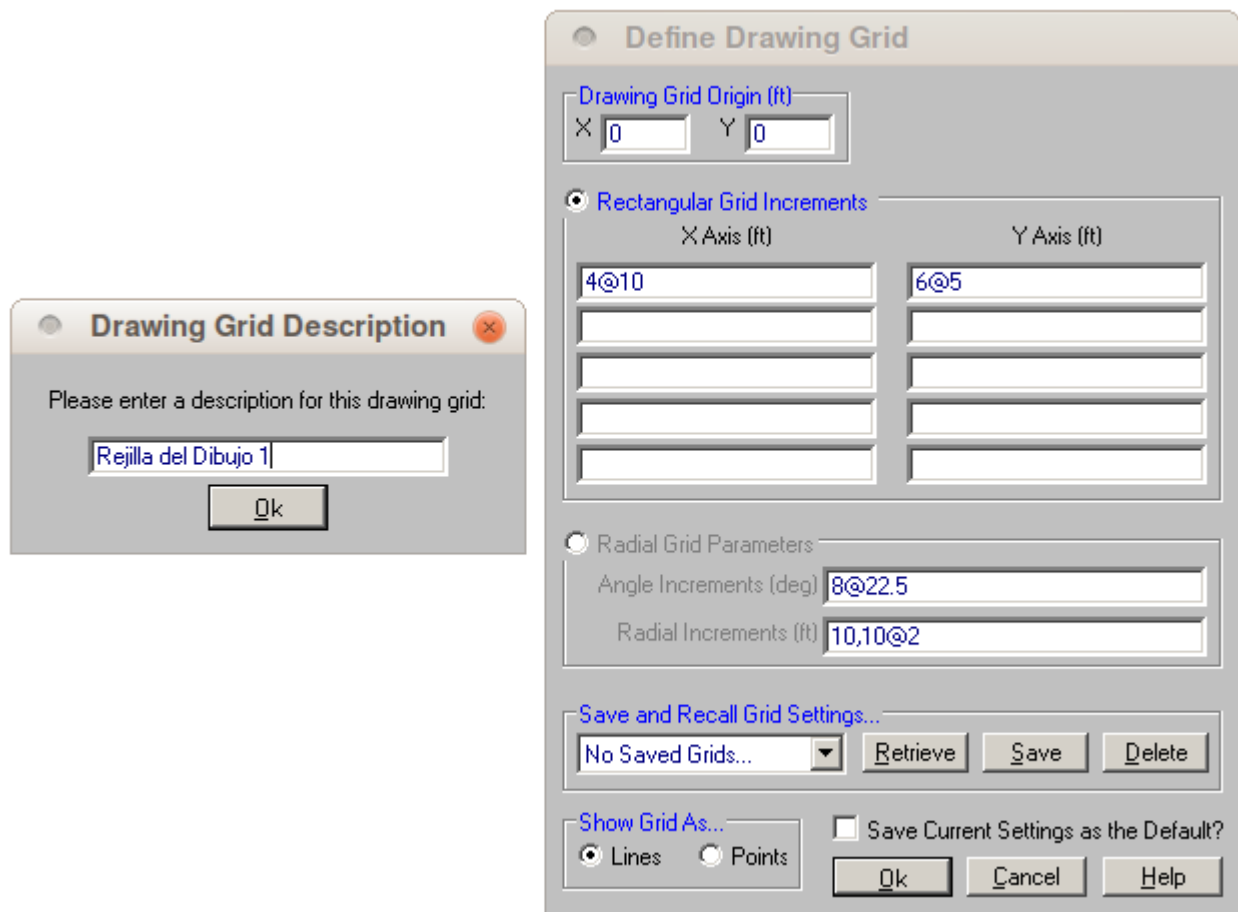


Figura 5

5. Presione **Modificar** de la barra de menús y escoja **Rejilla**. Una ventana de **Definir Rejilla de Dibujo** mostrará que el programa asigna, de manera predeterminada, (0,0) como las coordenadas para el origen (vea la Figura 5). Más aún, el programa asigna 30 rejillas con una longitud unitaria (1 ft) como el incremento en cada dirección (vea la Figura 2). Considerando las dimensiones en general de la estructura de la Figura 1, podemos cambiar las configuraciones predeterminadas a 4@10 ft y 6@5 ft en las direcciones X y Y respectivamente, de manera que todos los nudos caigan en la rejilla. Guarde las **Configuraciones de la Rejilla** y provea una descripción (por ejemplo, Rejilla de Dibujo 1) para esta rejilla de dibujo. Si usted abre un archivo existente, es necesario que **Recupere** estas configuraciones de rejilla para mostrar las rejillas que definió previamente. Presione **Aceptar** para completar este paso. Usted verá la nueva rejilla de dibujo (vea la Figura 11).
6. El siguiente paso es proporcionar datos de la estructura. Si la barra de herramientas **Entrada de Datos** de la Figura 2 desaparece por alguna razón, dé clic en **Hoja de Cálculo** de la barra de menús y seleccione **Barra de herramientas de botones de entrada de datos** para activarla (vea la Figura 6).

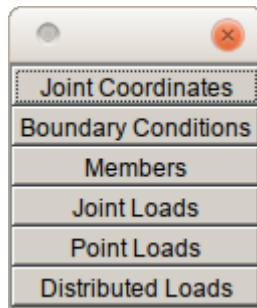


Figura 6

- Presione **Coordenadas de los Nodos** de la barra de herramientas **Entrada de Datos** para definir cada nudo y sus coordenadas. (El paso 14 muestra una manera más conveniente de expresar las coordenadas de los nodos de manera gráfica.) Siga las instrucciones en la ventana **Coordenadas de los Nodos** para definir cada nodo (vea la Figura 7). El programa de manera predeterminada etiqueta cada nodo secuencialmente como N1, N2, ..., etc. Pero usted puede renombrar cada nodo, mientras su nombre no comience con un número (es decir, 1N). Presione **Editar** de la barra de menús o dé clic derecho con su ratón y seleccione **Insertar Línea** para añadir nodos adicionales. Una vez que complete los datos de los nodos, usted puede presionar **Ver** en la barra de menús y seleccionar **Etiquetas de los Nodos** para revisar la entrada de los nodos gráficamente (vea la Figura 11).

	Label	X [ft]	Y [ft]
1	A	0	30
2	B	20	30
3	C	40	30
4	D	20	15
5	E	0	0

Figura 7

- Presione en **Condiciones de Frontera** de la barra de herramientas **Entrada de Datos** para especificar las condiciones de apoyo. Para este ejemplo, el nodo A esta soportado por un rodillo vertical. Presione en el campo para X en la flecha roja. El darle clic a la flecha le permitirá definir si la dirección es libre de moverse, está fija o apoyada por un resorte. Podemos especificar la unión A como **Empotrada** porque no se puede mover en la dirección horizontal (o X). Presione **Editar** en la barra de menús y seleccione **Insertar Línea** para añadir otras dos entradas para las condiciones de apoyo para las uniones C y E (vea la Figura 8). Al presionar **Ver** de la barra de menús y seleccionar **Fronteras**, el programa mostrará gráficamente las condiciones de frontera de la estructura (vea la Figura 11). Una línea horizontal en el nodo A significa que el nodo no se puede mover en la dirección horizontal.

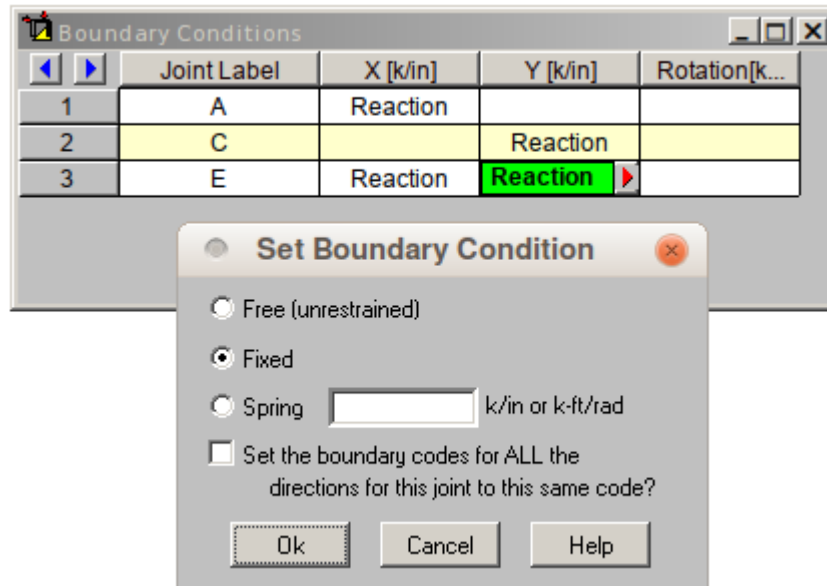


Figura 8

9. La información de los miembros se provee en este paso. Un total de 7 miembros de armadura existen en la estructura. Dé clic en **Miembros** en la barra de herramientas **Entrada de Datos** para especificar los datos de los miembros, que incluyen la etiqueta del miembro, las etiquetas de los nodos en ambos extremos (I para el nodo cercano y J para el nodo lejano), área y módulo de Young (vea la Figura 9). Usted puede ignorar el campo de momento de inercia utilizando el valor predeterminado puesto que no es necesario para el análisis de una armadura. La longitud de cada miembro será calculada por el programa de computadora automáticamente. Como los miembros en una armadura están conectados mediante pasadores en ambos extremos, es necesario el “liberar” el momento en ambos extremos del miembro (esto es, momento cero en los extremos de los miembros). Esto se puede alcanzar dando clic en el campo de **Liberación I** (y **Liberación J**). Dando clic en la flecha roja luego traerá la ventana **Establecer Códigos de Liberación de Miembros** (vea la Figura 9), en donde usted podrá especificar si ambos extremos están **Articulados**. En la ventana **Vista del Modelo**, el programa insertará un círculo abierto cerca del extremo del miembro para indicar que el momento ha sido liberado (vea la Figura 11). También vea el Paso 14 para la entrada gráfica de los miembros.

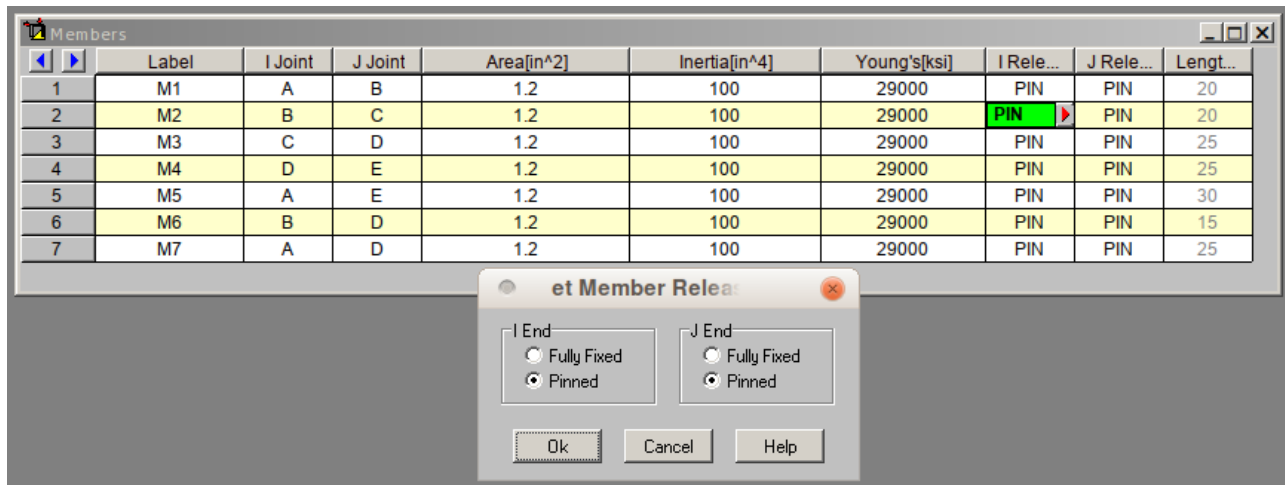


Figura 9

10. Las cargas en los nodos se especifican en este paso. Únicamente una carga vertical de 9 kip está aplicada en el nodo B. Presione **Cargas en los Nodos** de la barra de herramientas **Entrada de Datos**. Especifique la etiqueta del nodo en la primera columna de la hoja de cálculo **Cargas en los Nodos y Desplazamientos Obligados** (vea la Figura 10). Especifique la **L (Carga)** en la segunda columna. La dirección de la carga, que está en la dirección **Y** para la carga vertical, se especifica en la tercera columna. La magnitud para la carga vertical se especifica en la cuarta columna. Ya que la carga vertical actúa en la dirección hacia abajo, que es la dirección **Y** negativa, la magnitud de la carga nodal es de -9. [Usted puede especificar **D (Desplazamiento)** en la segunda columna para problemas que involucren asentamientos en los apoyos.] También vea el Paso 14 para la entrada gráfica de cargas.

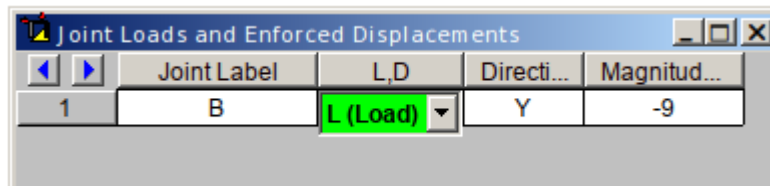


Figura 10

11. Las últimas dos entradas (**Cargas Puntuales** y **Cargas Distribuidas**) en la barra de herramientas **Entrada de Datos** se usan para especificar las cargas que actúan en los miembros. Estas dos entradas no son necesarias en este ejemplo porque la armadura, por definición, sólo puede tomar cargas nodales. La entrada de datos ahora está completa. Usted puede revisar la geometría, las condiciones de frontera, así como las etiquetas de los nodos y de los miembros gráficamente dando clic en **Ver** de la barra de menús. Del menú desplegable **Ver**, usted puede elegir cualquier información incluyendo las cargas aplicadas para mostrarse (vea la Figura 11).

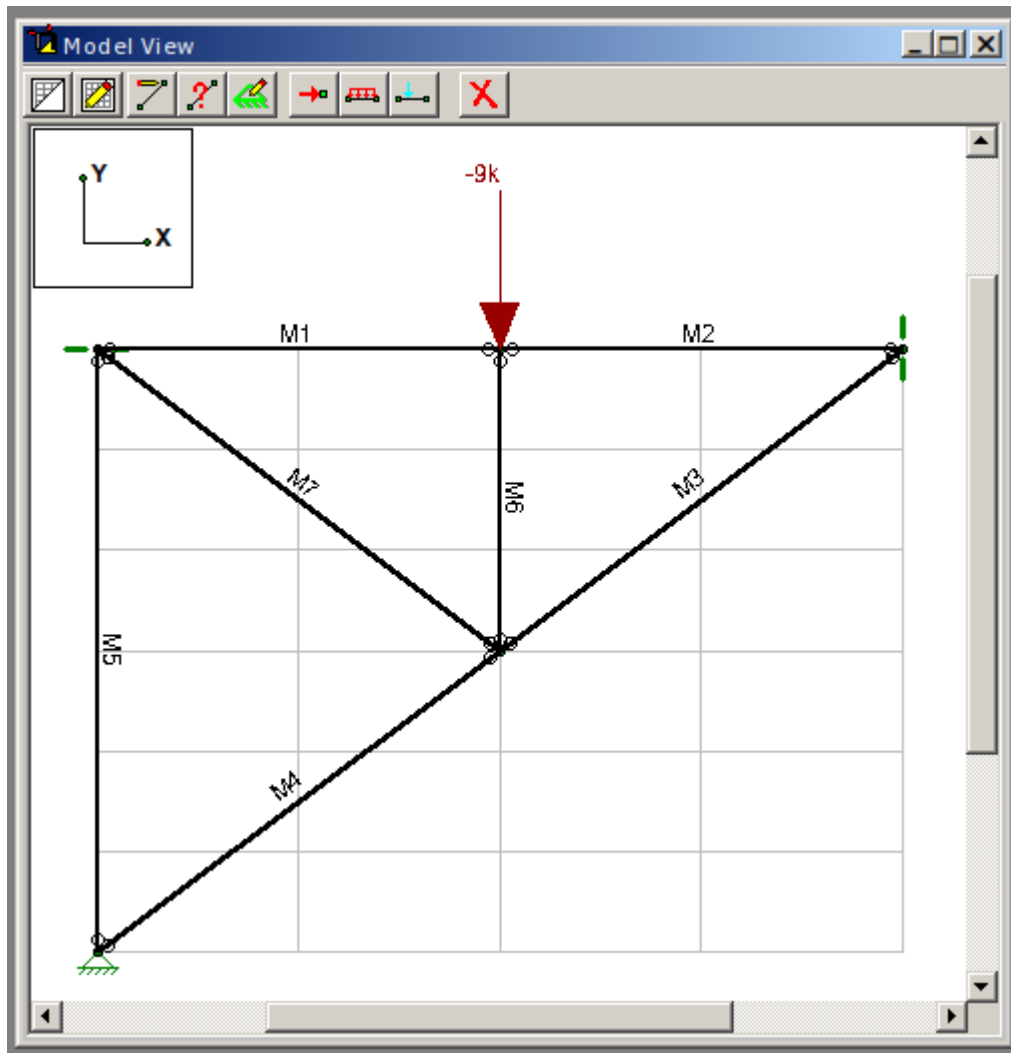



Figura 11

12. Ahora presione **Resolver** (o dé clic en el icono ) de la barra de menús. El programa llevará a cabo el análisis estructural. Una barra de herramientas **Resultados** aparecerá si el análisis resultó exitoso (ve la Figura 12). (Presionando **Resultados** de la barra de menús y seleccionando **Barra de Herramientas de Botones de Resultados** también se activará esta barra de herramientas.) Si la entrada de datos está incompleta o la estructura es inestable, el programa enviará un mensaje de error. Una hoja de cálculo de **Reacciones en los Nodos**, resumiendo todas las fuerzas de reacciones también aparecerá en la ventana. La última hilera representa la suma de todas las fuerzas de reacciones en las direcciones X y Y, respectivamente, las cuales se pueden usar para revisar el equilibrio global. La Figura 12 muestra que la suma de reacciones horizontales es igual a cero. En la dirección vertical, la suma de las fuerzas verticales de reacción (9 kips) también está en equilibrio con la carga externa hacia abajo (-9 kips).

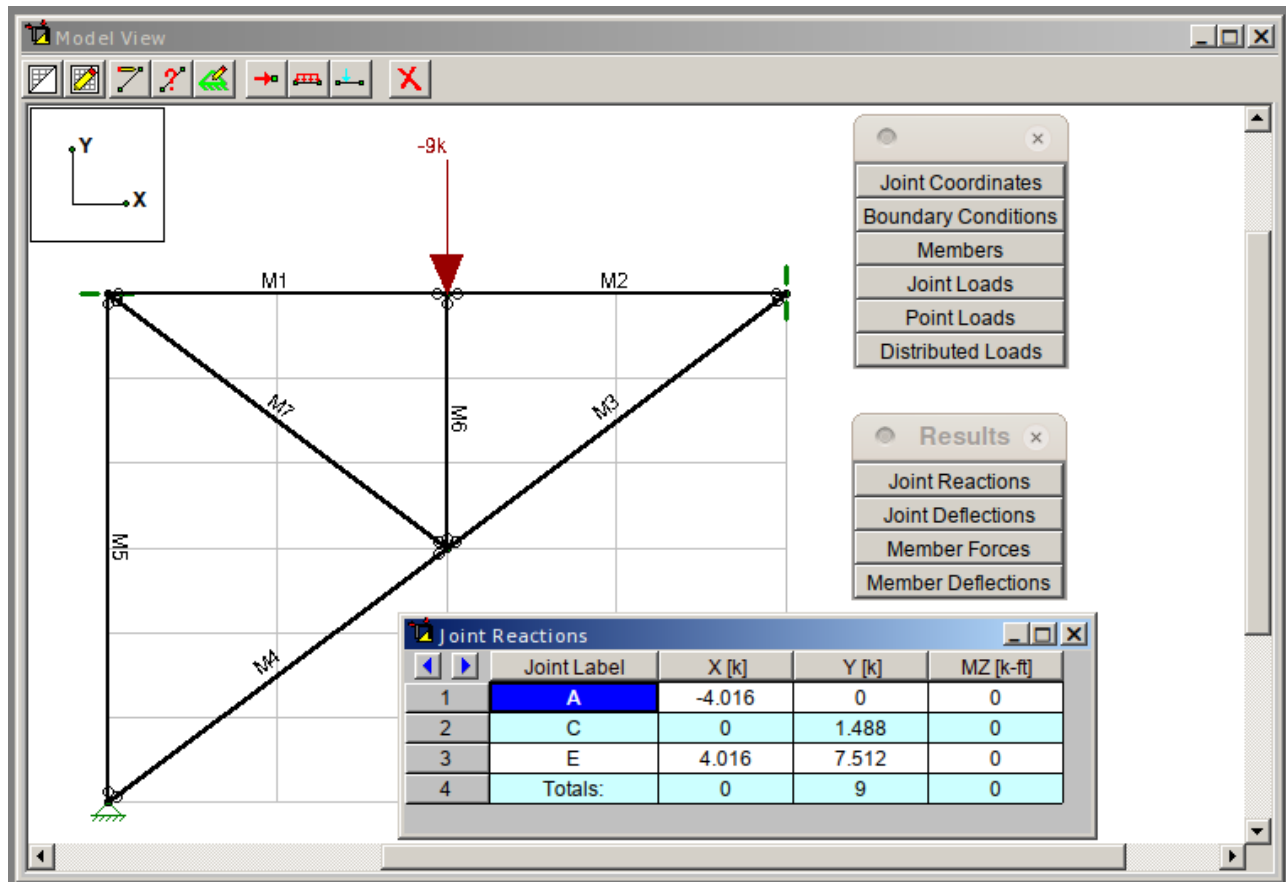


Figura 12

13. La información de la deflexión de los nodos se puede ver dando clic en **Deflexiones de los Nodos** de la barra de herramientas **Resultados** (vea la Figura 13). Dando clic en **Fuerzas en los Miembros** de la barra de herramientas **Resultados** se da un resumen de las fuerzas internas en todos los miembros (vea la Figura 14). Estas son las fuerzas en los miembros calculadas a lo largo de cada miembro. El número de secciones para las que las fuerzas son reportadas se controla por el **Número de Secciones** especificado en la ventana de **Parámetros Globales** (vea la Figura 3). El número de segmentos de miembros es el **Número de Secciones** menos 1. La longitud de cada segmento de miembro es la misma. Por ejemplo, si usted especifica 5 secciones, el miembro se divide en 4 piezas iguales y las fuerzas se reportan para cada pieza (vea la Figura 15). En cuanto concierne a la convención de signos, los signos de estos resultados corresponden a los ejes locales de los miembros, empleando la regla de la mano derecha. Las fuerzas del lado izquierdo en cada localización de sección se muestran. Hay tres valores de fuerza para cada localización de sección. Estas son las axiales, cortantes y momentos. Como se puede ver en la Figura 15, las fuerzas de sección listadas en cualquier sección dada son las fuerzas del lado izquierdo. Para fuerzas axiales, compresión es positiva. Para momentos, movimiento en contra del reloj a lo largo del eje del miembro es positivo.

Joint Deflections				
	Joint Label	X [in]	Y [in]	Rotation [rad]
1	A	0	-.047	0
2	B	-.014	-.16	0
3	C	-.027	0	0
4	D	.031	-.113	0
5	E	0	0	0

Figura 13

Member Section Forces					
	Member Label	Sec	Axial[k]	Shear[k]	Moment[k-ft]
1	M1	1	1.984	0	0
2		2	1.984	0	0
3	M2	1	1.984	0	0
4		2	1.984	0	0
5	M3	1	-2.48	0	0
6		2	-2.48	0	0
7	M4	1	5.02	0	0
8		2	5.02	0	0
9	M5	1	4.5	0	0
10		2	4.5	0	0
11	M6	1	9	0	0
12		2	9	0	0
13	M7	1	-7.5	0	0
14		2	-7.5	0	0

Figura 14

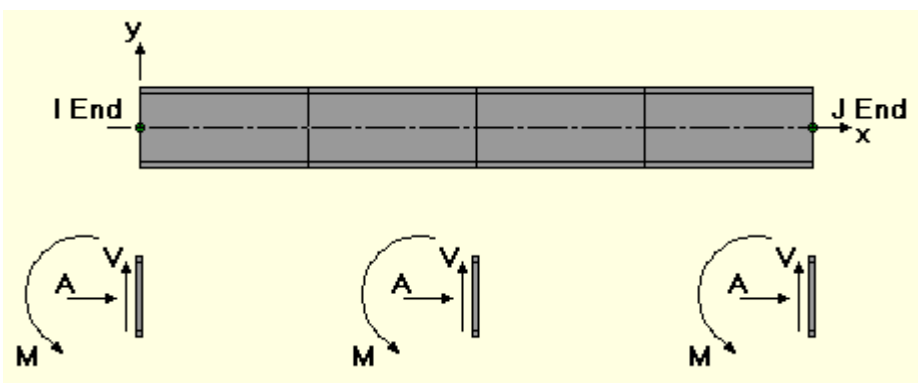


Figura 15

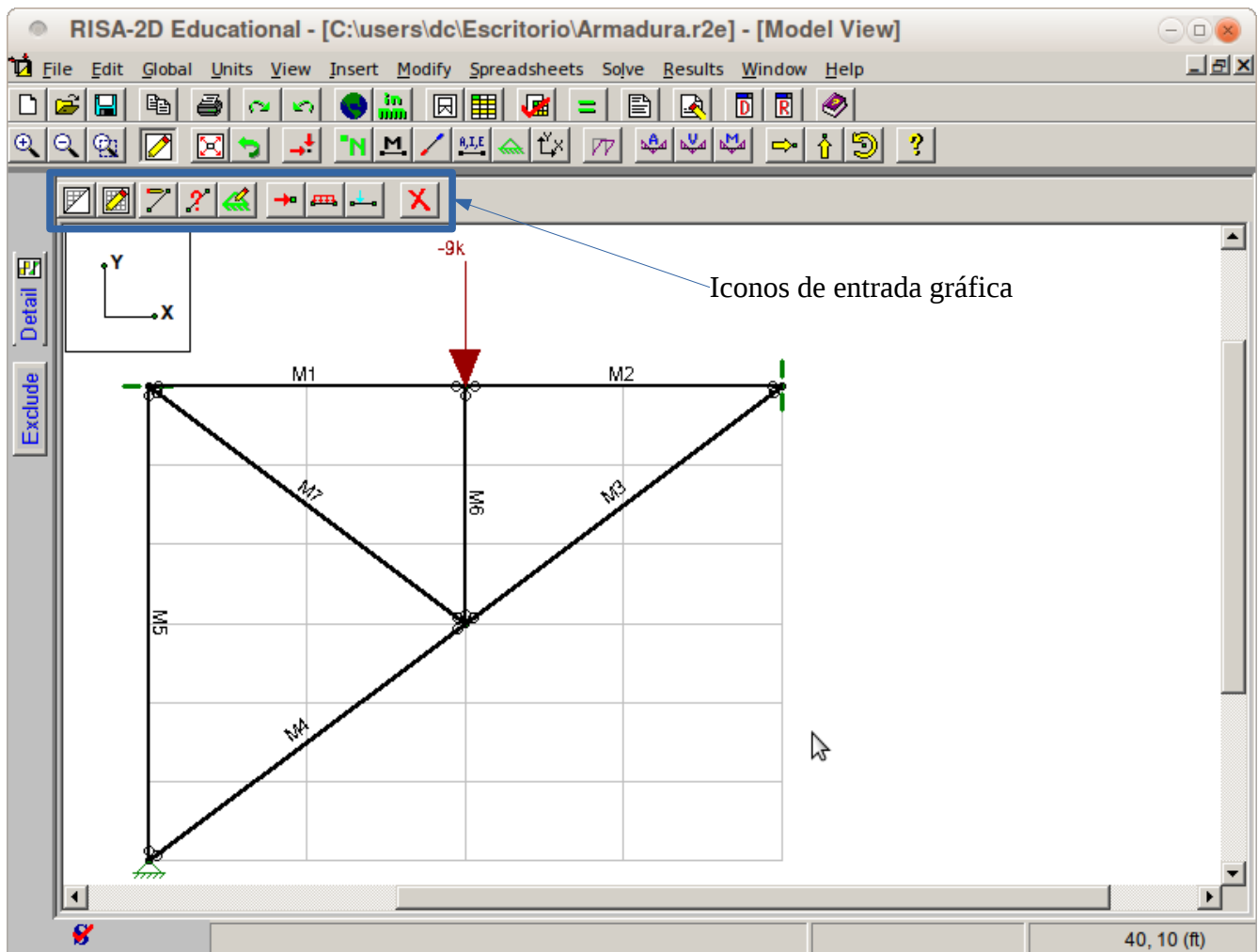



Figura 16

14. Observe que crear el modelo y especificar las cargas como se describe desde el paso (6) hasta el paso (11) también se puede llevar a cabo gráficamente. La Figura 16 muestra los iconos que se

pueden usar para este propósito. Por ejemplo, dando clic en el tercer icono () le permite especificar tanto nodos como miembros. Las condiciones de apoyo se pueden especificar

presionando , y las cargas se pueden especificar presionando cualquiera de .

3. Análisis de marcos

Considere el marco en dos dimensiones de la Figura 17. Es indeterminado del sexto grado. Asumiendo que el valor de I es de 500 in^4 , el área del miembro AB es de 15 in^2 , el área de los miembros restantes es de 10 in^2 y el módulo de Young es de $29,000 \text{ ksi}$, el análisis se resume debajo.

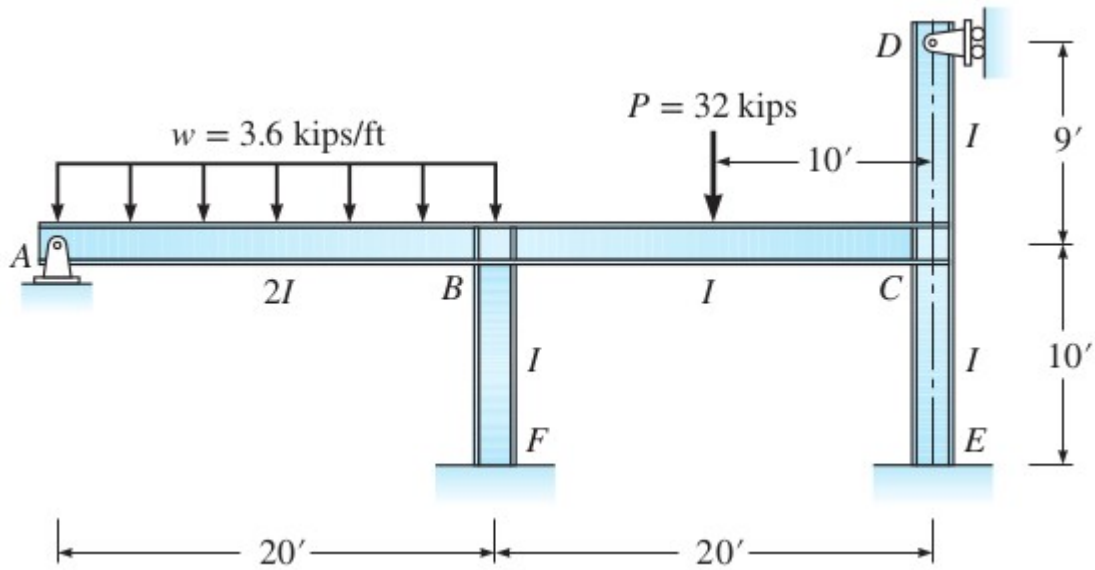


Figura 17

1. Siga los Pasos 1 hasta el 4 de la sección previa para proveer información general. En el paso 3, emplee el valor predeterminado para el **Número de Secciones** de manera que se provean las fuerzas internas en 5 localizaciones espaciadas igualmente a lo largo de cada miembro. El marco está compuesto de 6 nodos y de 5 miembros. En el paso 5, cambie la configuración de la rejilla predeterminada a 40@1 ft y 19@1 ft en las direcciones X y Y, respectivamente, de manera que todos los nodos caigan en la rejilla.
2. Siga el Paso 7 para ingresar las coordenadas de los nodos (vea la Figura 18). Alternativamente, usted puede seguir el Paso 14 para especificar tanto los nodos como los miembros gráficamente.

Joint Coordinates			
	Label	X [ft]	Y [ft]
1	A	0	10
2	B	20	10
3	C	40	10
4	D	40	19
5	E	40	0
6	F	20	0

Figura 18

3. Siga el Paso 8 para proveer información para las **Condiciones de Frontera**. Como los nodos E y F son de extremo-fijo, establezca los códigos de frontera para todas las direcciones (X, Y y rotación) como **Fijos** (vea la Figura 19).

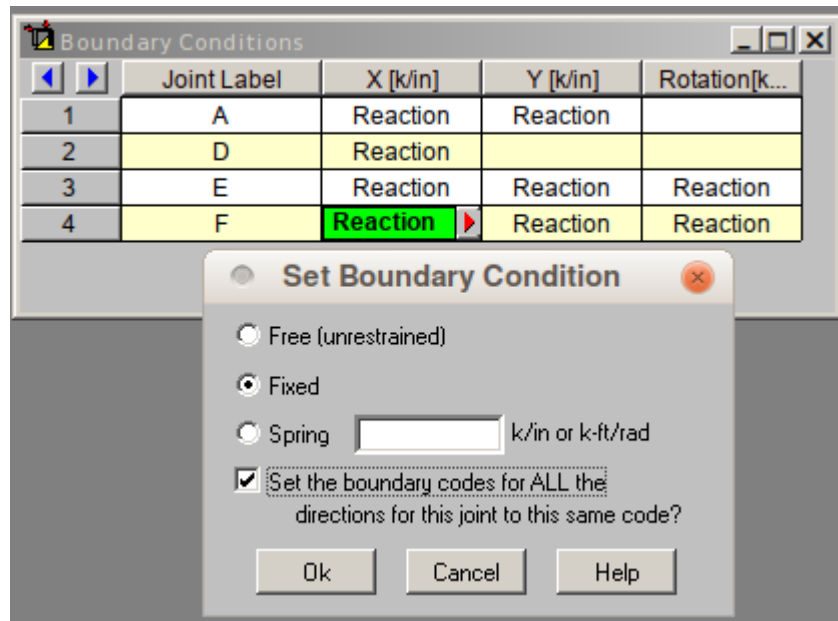


Figura 19

4. Presione **Miembros** en la barra de herramientas **Entrada de Datos** para especificar los datos de los miembros, que incluyen las etiquetas de los miembros, las etiquetas de los nodos en ambos extremos, área, momento de inercia y módulo de Young (vea la Figura 20). Observe que las deformaciones por cortante de los miembros son ignoradas en esta versión educativa. Si desea ignorar las deformaciones axiales de los miembros a flexión, usted puede especificar un valor grande en el área del miembro.

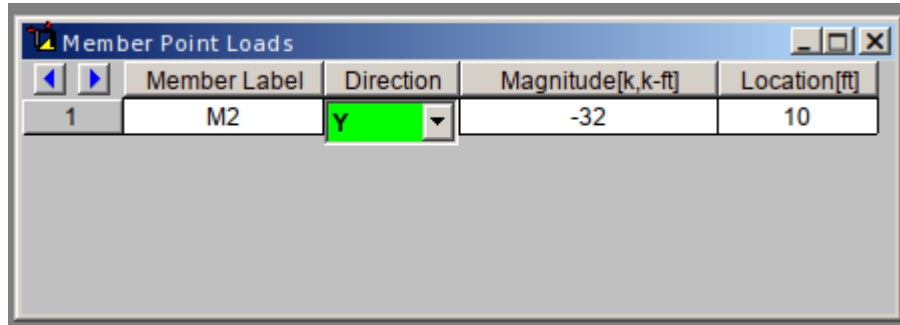
	Label	I Joint	J Joint	Area[in^2]	Inertia[in^4]	Young's[ksi]	I Rele...	J Rele...	Lengt...
1	M1	A	B	15	1000	29000			20
2	M2	B	C	10	500	29000			20
3	M3	F	B	10	500	29000			10
4	M4	E	C	10	500	29000			10
5	M5	C	D	10	500	29000			9

Figura 20

5. Omita las **Cargas Nodales** en la barra de herramientas **Entrada de Datos** porque este ejemplo no tiene cargas en los nodos. En lugar, presione **Cargas Puntuales** de la barra de herramientas **Entrada de Datos** para especificar la carga puntual de 32 kips que actúa en el miembro BC (vea la Figura 21). Presione **Cargas Distribuidas** de la barra de herramientas **Entrada de Datos** para especificar la carga uniformemente distribuida que actúa en el miembro AB (vea la Figura 22). La entrada de datos ahora está completa. Presione **Ver** de la barra de menús y seleccione **Cargas** para mostrar gráficamente las cargas aplicadas (vea la Figura 23).

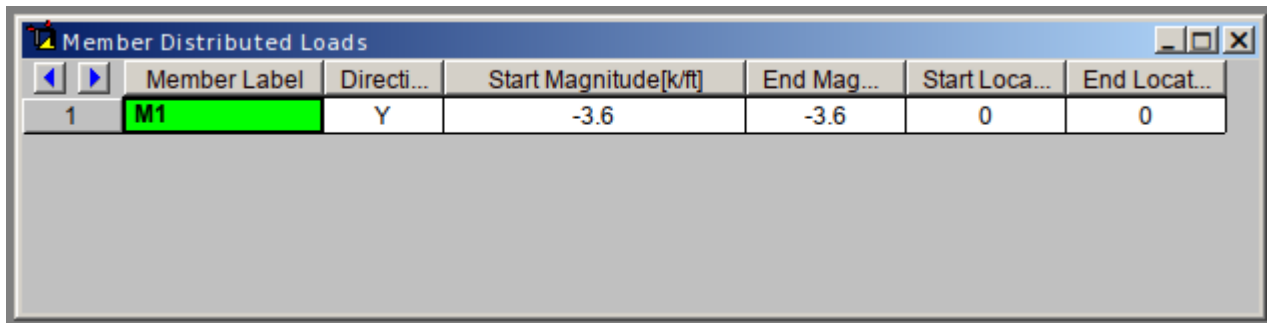
Observe que usted puede seleccionar la dirección de la carga como **X**, **Y**, **x** o **y** en el campo **Dirección** cuando especifique ya sea la carga puntual o la carga distribuida. Las direcciones **X** y **Y** se refieren al sistema de coordenadas globales (vea la Figura 2), mientras que las direcciones

x y y se refieren al sistema de coordenadas locales del miembro. Como se puede ver de la Figura 24, el eje local x corresponde a la línea de centros del miembro. La dirección positiva de este eje local x es desde el punto I hacia el nodo J. El eje local z siempre es normal al plano del modelo con z positiva apuntando hacia usted. El eje local y se define entonces por la regla de la mano derecha. Cuando un miembro está inclinado, algunas veces es más conveniente especificar la carga puntual o carga transversal en el sistema de coordenadas locales.



	Member Label	Direction	Magnitude[k,k-ft]	Location[ft]
1	M2	Y	-32	10

Figura 21



	Member Label	Directi...	Start Magnitude[k/ft]	End Mag...	Start Loca...	End Locat...
1	M1	Y	-3.6	-3.6	0	0

Figura 22

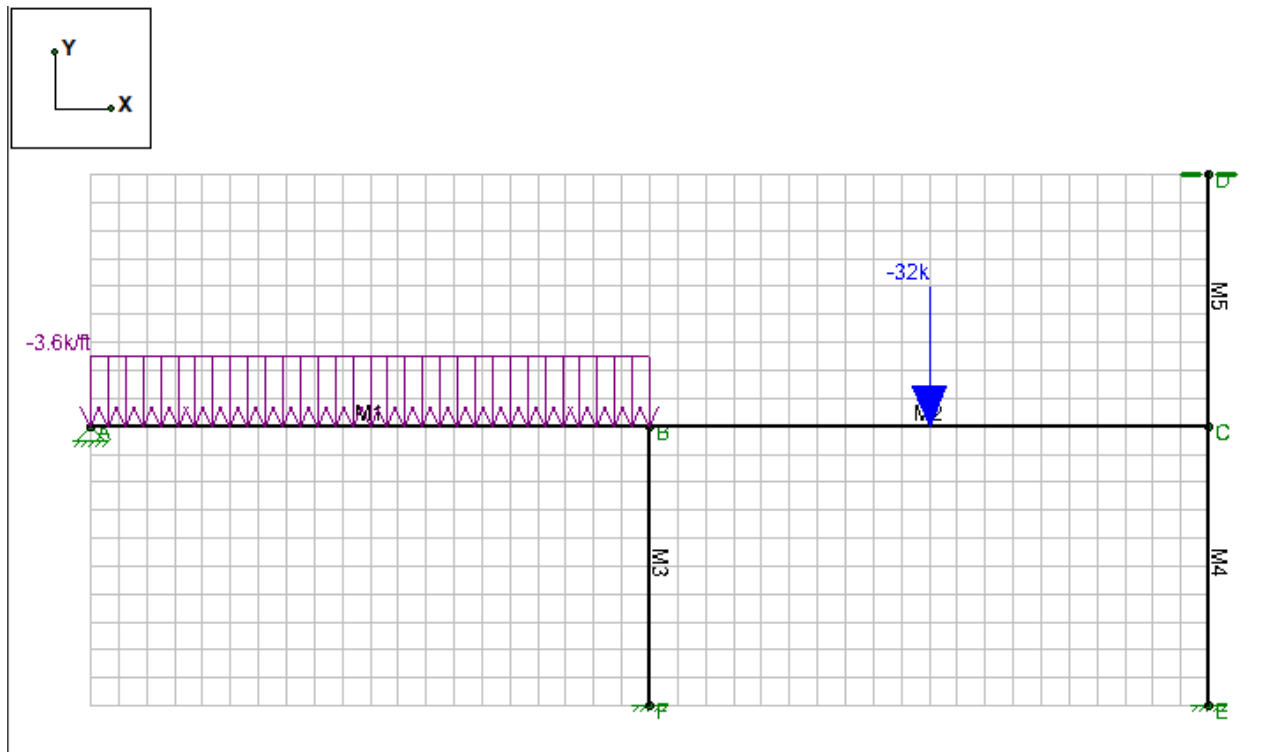


Figura 23

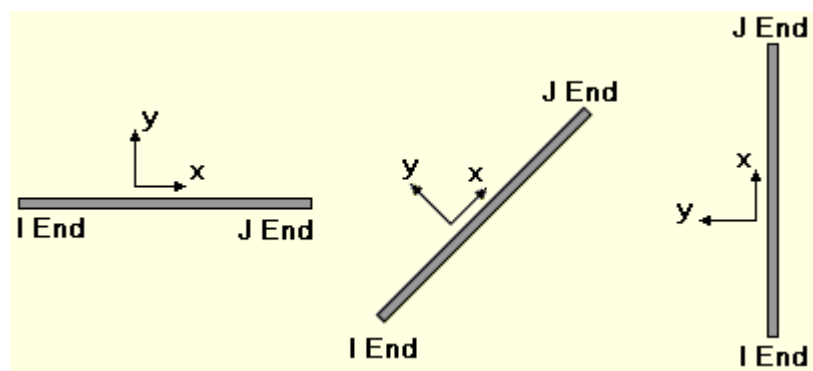


Figura 24

6. Ahora dé clic en **Resolver** de la barra de menú para llevar a cabo el análisis estructural. Presione **Reacciones en los Nodos** de la barra de herramientas **Resultados** para ver las fuerzas de reacción (vea la Figura 25). Presione **Deflexiones en los Nodos** para obtener las deflexiones y las rotaciones en cada nodo (vea la Figura 26). Presione **Deflexiones en los Miembros** si usted está interesado en las deflexiones de los miembros (vea la Figura 27). Las fuerzas internas en los miembros en secciones igualmente espaciadas a lo largo de cada miembro se pueden ver dando clic en **Fuerzas en los Miembros** (vea la Figura 28). La convención de signos de las fuerzas internas se define en la Figura 15.

Joint Reactions				
	Joint Label	X [k]	Y [k]	MZ [k-ft]
1	A	6.987	28.718	0
2	D	3.065	0	0
3	E	-4.213	13.52	13.237
4	F	-5.839	61.762	18.817
5	Totals:	0	104	32.053

Figura 25

Joint Deflections				
	Joint Label	X [in]	Y [in]	Rotation [rad]
1	A	0	0	-3.654e-3
2	B	-0.004	-0.026	1.031e-3
3	C	-0.005	-0.006	7.774e-4
4	D	0	-0.006	-4.554e-4
5	E	0	0	0
6	F	0	0	0

Figura 26

Member Section Deflections				
	Member Label	...	x [in]	y [in]
1	M1	1	0	0
2		2	0	-.189
3		3	-.002	-.243
4		4	-.003	-.148
5		5	-.004	-.026
6	M2	1	-.004	-.026
7		2	-.004	-.076
8		3	-.004	-.167
9		4	-.005	-.103
10		5	-.005	-.006
11	M3	1	0	0
12		2	-.006	-.005
13		3	-.013	-.014
14		4	-.019	-.014
15		5	-.026	.004
16	M4	1	0	0
17		2	-.001	-.004
18		3	-.003	-.009
19		4	-.004	-.009
20		5	-.006	.005
21	M5	1	-.006	.005
22		2	-.006	.018
23		3	-.006	.019
24		4	-.006	.012
25		5	-.006	0

Figura 27

	Member Label	Sec	Axial[k]	Shear[k]	Moment[k-ft]
1	M1	1	6.987	28.718	0
2		2	6.987	10.718	98.588
3		3	6.987	-7.282	107.177
4		4	6.987	-25.282	25.765
5		5	6.987	-43.282	-145.647
6	M2	1	1.148	18.48	-106.073
7		2	1.148	18.48	-13.674
8		3	1.148	-13.52	78.725
9		4	1.148	-13.52	11.123
10		5	1.148	-13.52	-56.478
11	M3	1	61.762	5.839	-18.817
12		2	61.762	5.839	-4.219
13		3	61.762	5.839	10.379
14		4	61.762	5.839	24.976
15		5	61.762	5.839	39.574
16	M4	1	13.52	4.213	-13.237
17		2	13.52	4.213	-2.704
18		3	13.52	4.213	7.828
19		4	13.52	4.213	18.36
20		5	13.52	4.213	28.892
21	M5	1	0	3.065	-27.586
22		2	0	3.065	-20.689
23		3	0	3.065	-13.793
24		4	0	3.065	-6.896
25		5	0	3.065	0

Figura 28

7. Los resultados del análisis también se pueden ver gráficamente en la ventana **Vista del Modelo** dando clic en los iconos debajo de la barra de menú (vea la Figura 29). (Si esta ventana no aparece, dé clic en **Ver** de la barra de menú y seleccione **Nueva Vista** para crear una.) Por ejemplo, la Figura 30 muestra los diagramas de momentos, reacciones y la forma deformada de la estructura. La Figura 31 describe las reacciones en conjunto de las cargas aplicadas.

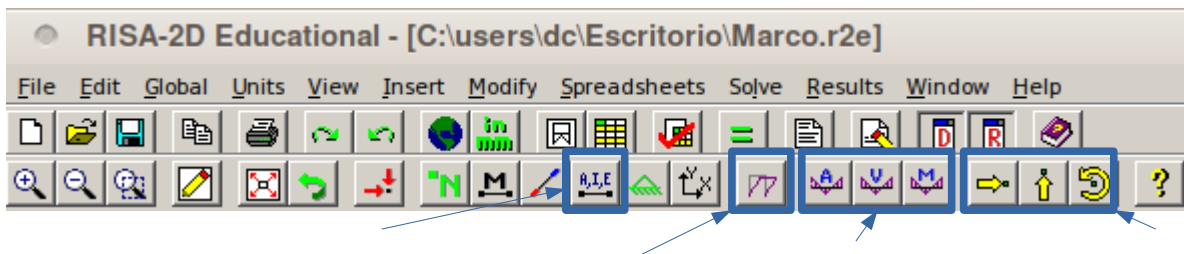


Figura 29

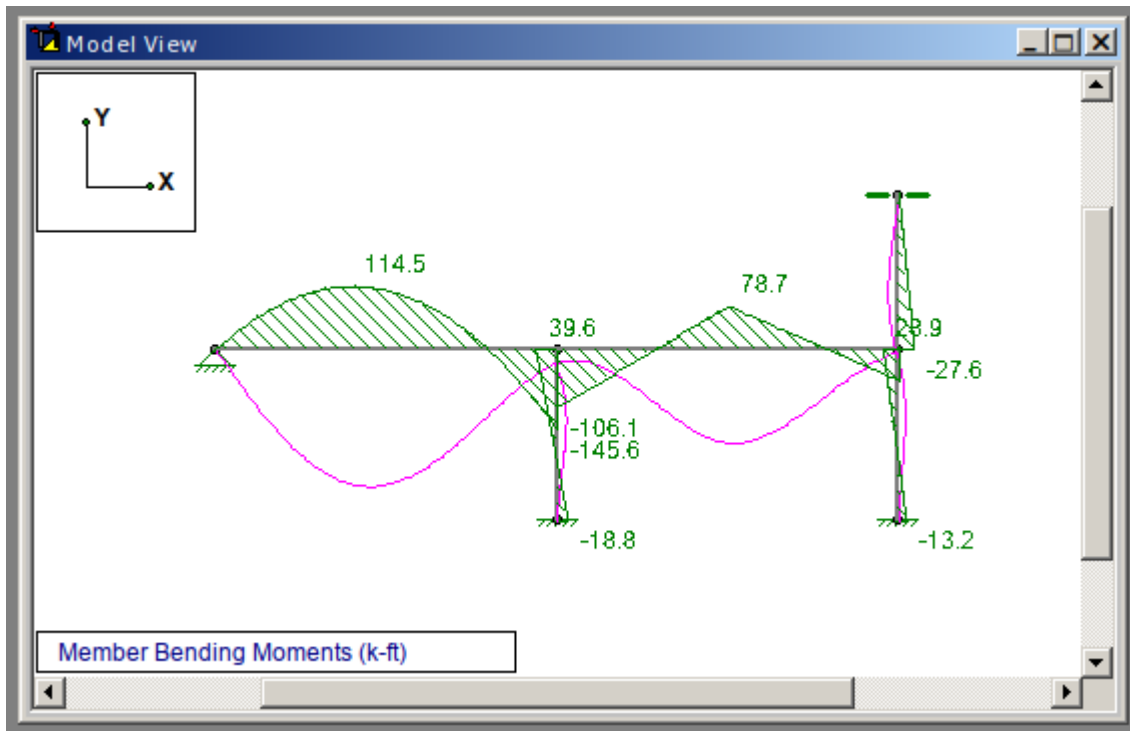


Figura 30

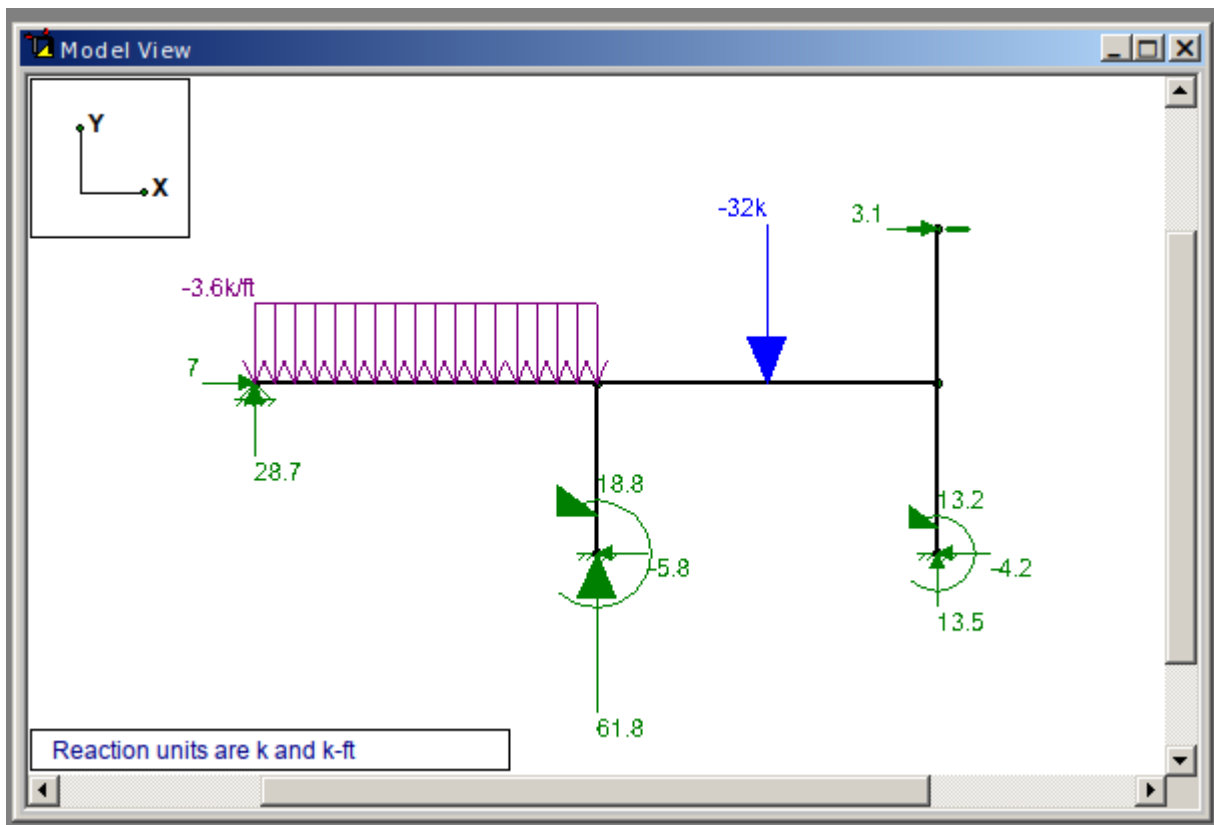


Figura 31

Comentarios

Observe las reacciones de esta última Figura 31 y compárelos con la Figura 31 del archivo “RISA-2D Educational tutorial.pdf”. Observe que existen diferencias. Los resultados correctos son los mostrados en *este* documento. El valor del archivo “oficial” está falseado para corresponder con los resultados de un cálculo manual hecho con el Método de Cross, el cual no consideró las deformaciones axiales. Si usted desea corresponder con estos valores, deberá exagerar los valores de las áreas a decir, por ejemplo 500 in². Así, habrá tanta área que estas deformaciones no serán de consideración y únicamente quedarán las deformaciones debidas a flexión, las únicas que consideró el Método de Cross.