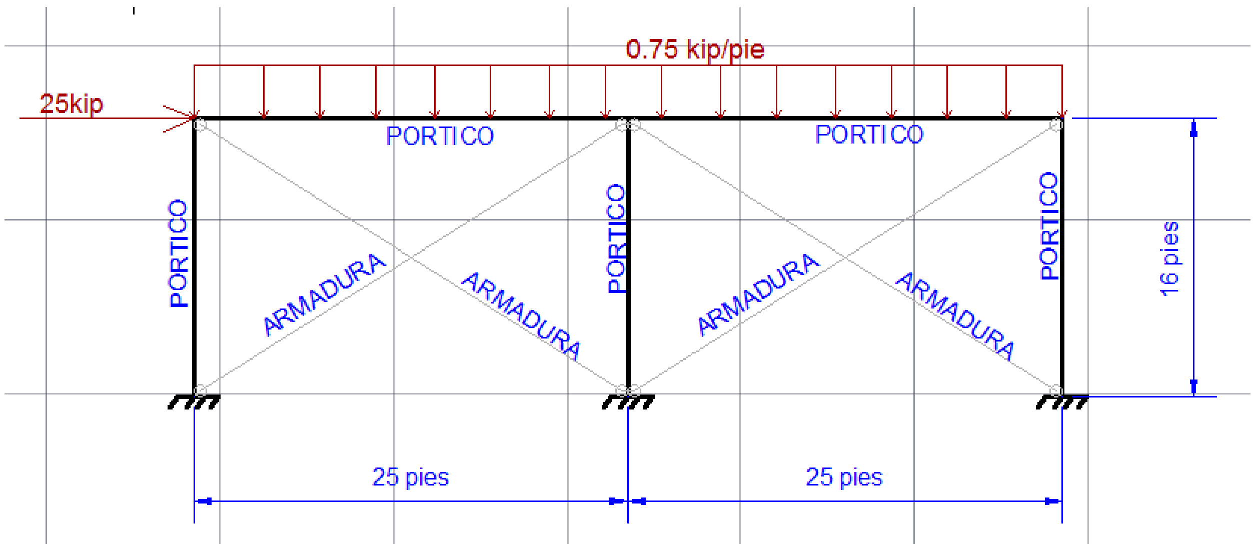
TUTORIAL PROGRAMA RIGIDEZ.V92

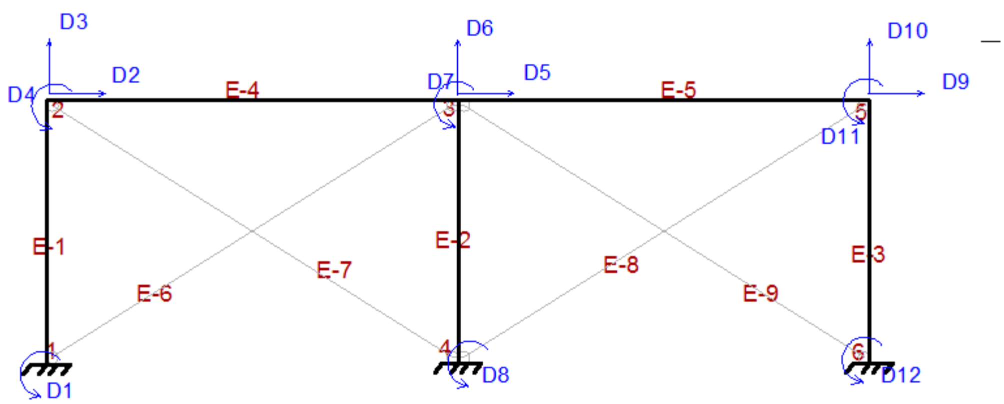
El presente programa va dirigido a estudiantes de ingeniería civil, que cruzan el curso de análisis estructural. El presente programa utiliza el método de la rigidez directa con cosenos directores y matriz de localización.

Ejemplo de aplicación:

RESOLVER: E=29000 ksi, I=1780 pul4 , Aportico=4.1 pul2 , Aarmadura=0.85pul2



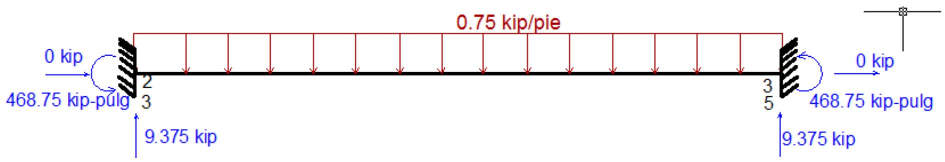
PRIMERO: NUMERACIÓN DE NODOS Y ELEMENTOS, los grados de libertad que otorgamos en este programa es según como se vayan anunciando las restricciones en los nodos. Luego enumeramos los elementos y los grados de libertad de la estructura, son positivos hacia: arriba , derecha , anti horario.



GI=12 grados de indeterminación

SEGUNDO: ingresamos los vectores de caga equivalentes en coordenadas locales de los elementos a la calculadora con la en forma de matriz:

Para barras del pórtico:



$$\{qe\}^{eq} = -\{qe\}$$

$$\{q4\}^{eq} = \{q5\}^{eq} = \begin{array}{|c|l} 0 & = axial\_i \\ -9.375 & = cort\_i \\ -468.75 & = mom\_i \\ 0 & = axial\_j \\ -9.375 & = cort\_j \\ 468.75 & = mom\_j \end{array}$$

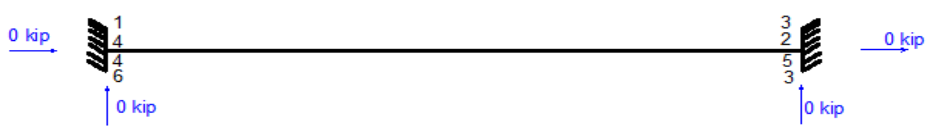
A esta matriz lo asignamos las siguientes variables en la calculadora: QE4. QE5.

Debido a que los elementos 1 2 3 no están cargados, el vector de cargas equivalentes seria:

$$\{q1\}^{eq} = \{q2\}^{eq} = \{q3\}^{eq} = \begin{array}{|c|l} 0 & = axial\_i \\ 0 & = cort\_i \\ 0 & = mom\_i \\ 0 & = axial\_j \\ 0 & = cort\_j \\ 0 & = mom\_j \end{array}$$

A esta matriz lo asignamos las siguientes variables en la calculadora: QE1. QE2. QE3.

Para barras de la armadura: solo trabajan a fuerza axial



$$\{q6\}^{eq} = \{q7\}^{eq} = \{q8\}^{eq} = \{q9\}^{eq} = \begin{array}{|c|l} 0 & axial\_i \\ 0 & cort\_i \\ 0 & axial\_j \\ 0 & cort\_j \end{array} \qquad \{qe\}^{eq} = -\{qe\}$$

A esta matriz lo asignamos las siguientes variables en la calculadora: QE6. QE7. QE8. QE9.

Vector de cargas concentradas: en este caso lo coincide la carga horizontal aplicada en el nodo 2. en el mismo sentido que 'D2', lo que lo haría positiva. El vector de cargas sería de 1xGI

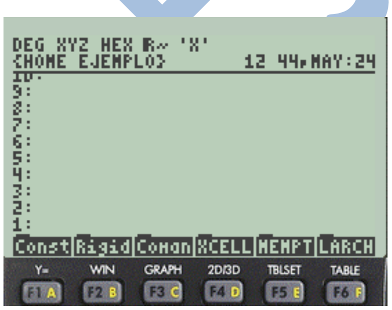
$$\{Q\}_{concent} = \left| \begin{array}{c|c} 0 & D1 \\ 25 & D2 \\ 0 & D3 \\ 0 & D4 \\ 0 & D5 \\ 0 & D6 \\ 0 & D7 \\ 0 & D8 \\ 0 & D9 \\ 0 & D10 \\ 0 & D11 \\ 0 & D12 \end{array} \right.$$

A este vector le asignamos la variable QC en la calculadora

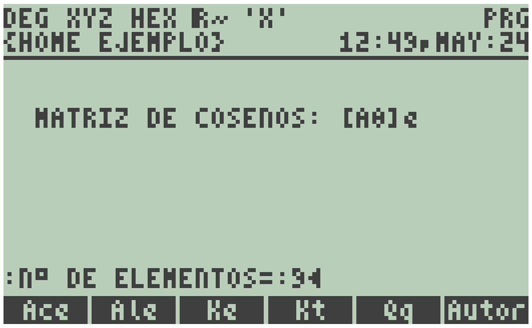
<u>TERCERO:</u> empezamos con la matriz de cosenos directores del elemento que es distinto para una barra de armadura (4x4) que para una barra de pórtico (6x6)

Primero creamos una carpeta en la home de la calculadora, a la que llamaremos "ejemplo" y empezamos a operar en él.

Abrimos el programa, TECLA F2 en este caso, para empezar el programa rigidez.

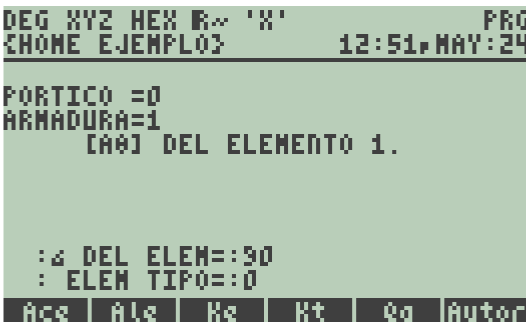


Para empezar con la matriz de cosenos directores: TECLA F1, y escribimos 9

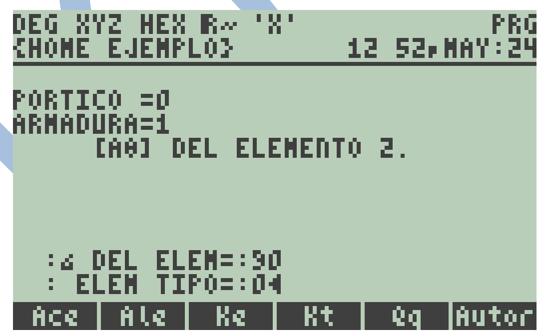


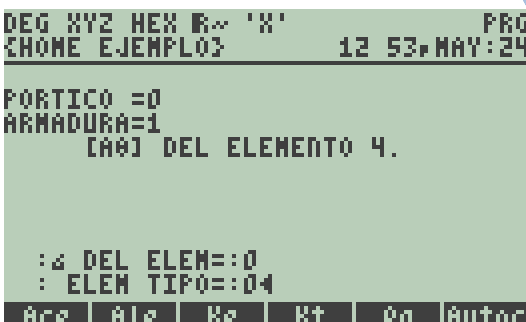
luego ENTER

Los ángulos que pide el programa son los del elemento con respecto a la horizontal y su nudo de inicio

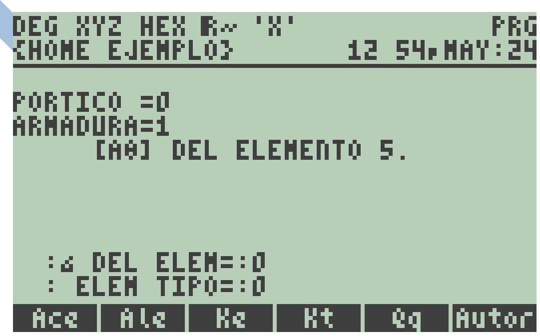


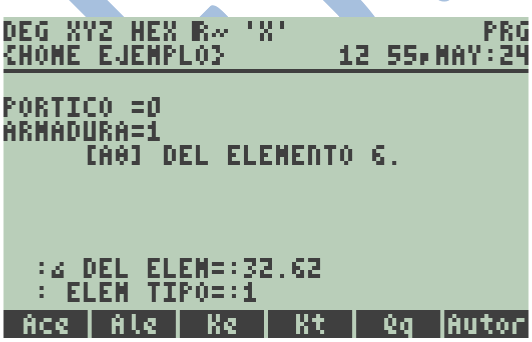
Luego ENTER



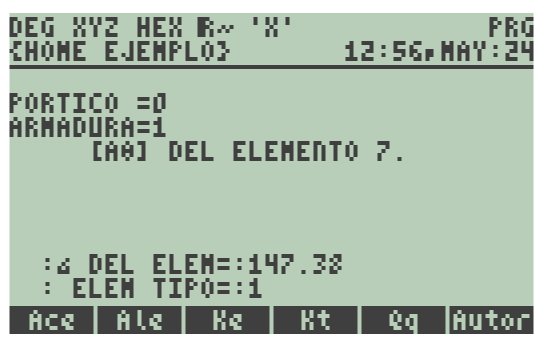


Luego ENTER





Luego ENTER

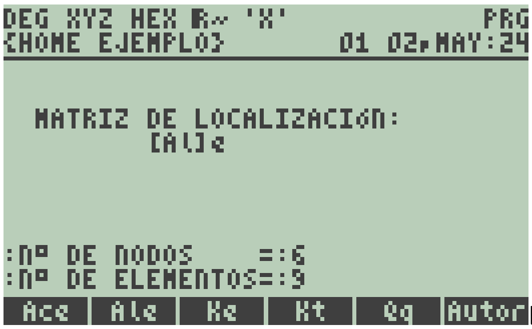


El elemento 6 es igual al 8, y el elemento 7 es igual al 9

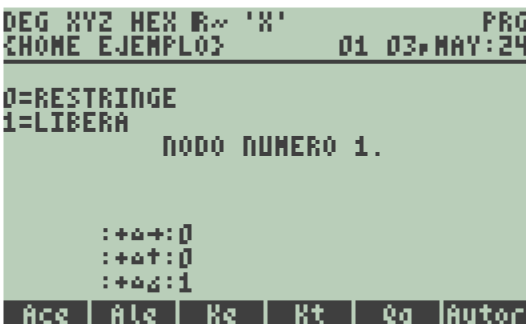
Y ya tenemos nuestras matrices de cosenos directores

<u>CUARTO:</u> continuamos con la matriz de localización del elemento que es distinto para una barra de armadura (4xGI) que para una barra de pórtico (6xGI), GI =# DE GRADOS DE LIBERTAD =12 en este caso

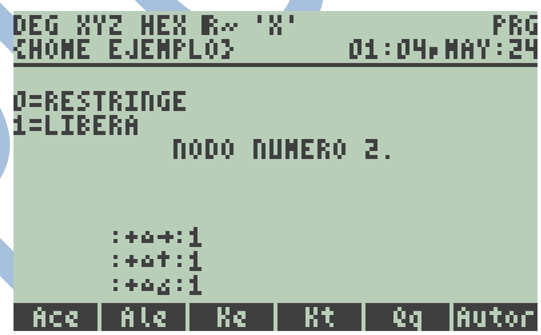
Para empezar con la matriz de cosenos directores: TECLA F2, hay 6 nodos y 9 barras

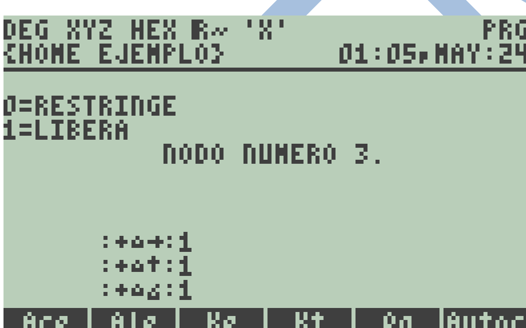


Luego ENTER

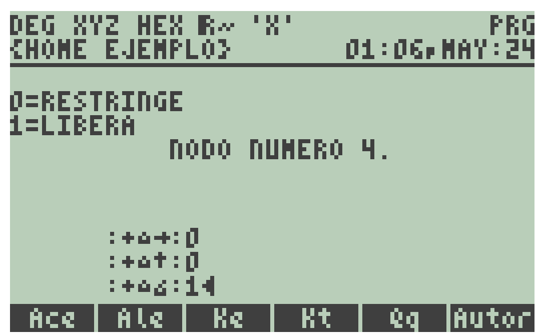


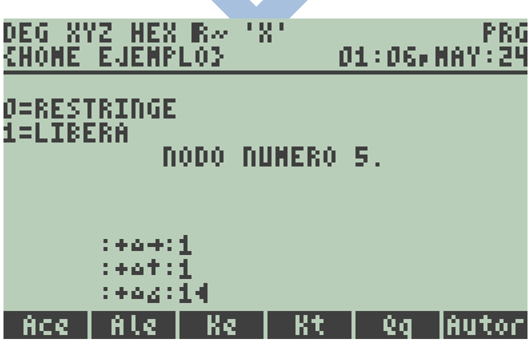
Luego ENTER





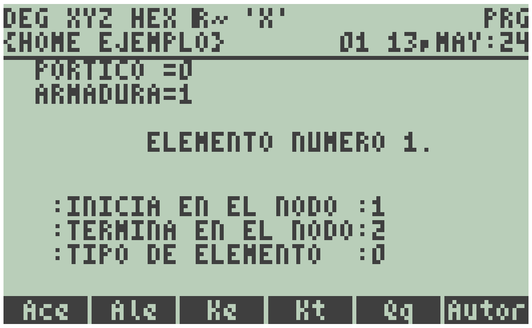
Luego ENTER

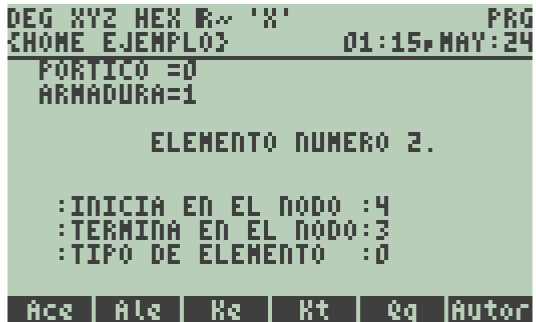


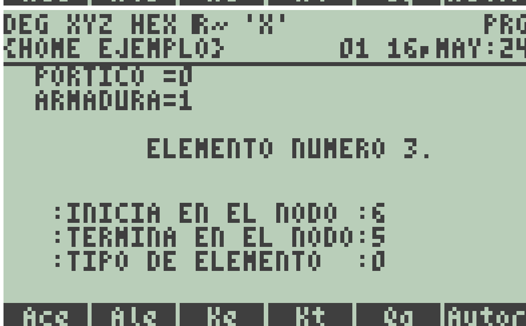


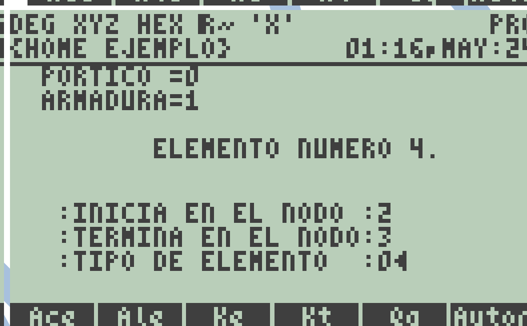
Luego ENTER

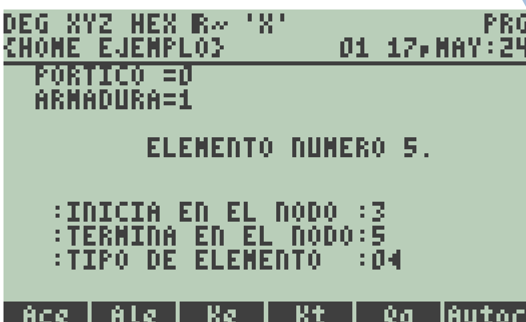
Ahora empezamos a crear nuestros elementos, teniendo en cuenta que para nuestra matriz de cosenos y para los vectores de carga adoptamos la convención de izquierda- derecha y abajo-arriba.

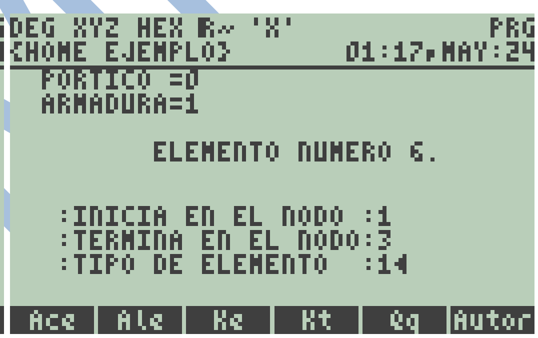


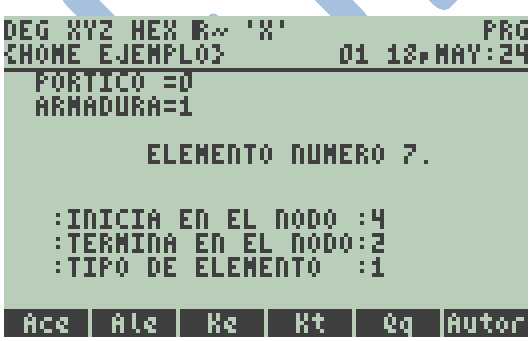


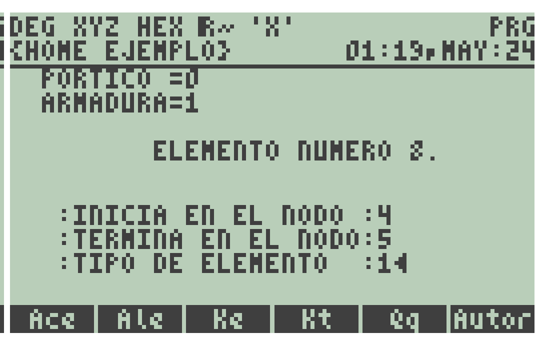


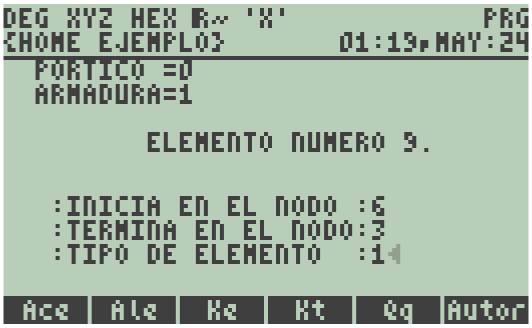












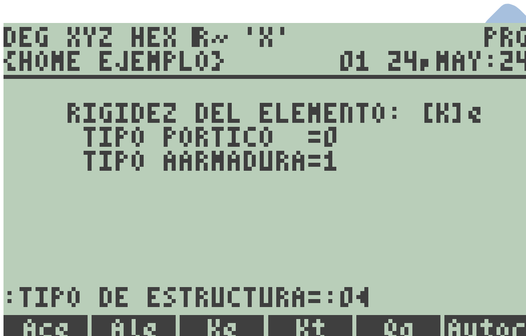
Ahora ya tenemos nuestras matrices de localización de los elementos

CUARTO: continuamos con la matriz de rigidez del elemento que es distinto para una barra de armadura (4x4) que para una barra de pórtico (6x6)

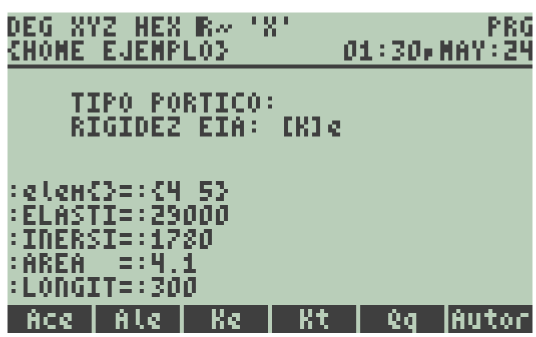
Para empezar con la matriz de rigidez: TECLA F3,

Primero para el pórtico y columnas: E=29000 ksi,   I=1780 pul4 ,   Area=4.1 pul2   ,   long=192 pul

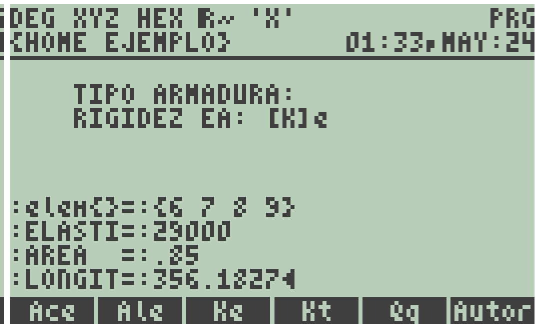
Tenemos que ser coherentes con nuestras unidades



Segundo para el pórtico y vigas: E=29000 ksi,   I=1780 pul4 ,   Area=4.1 pul2   ,   long=300 pul



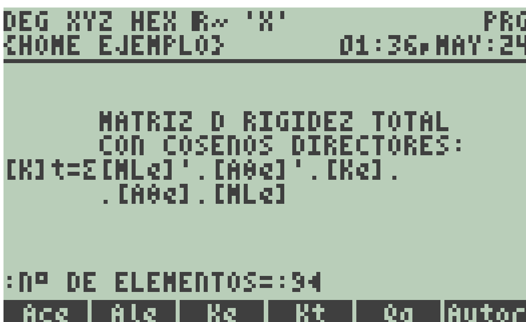
<u>tercero para la armadura: </u>E=29000 ksi , Area=0.85 pul2 , long=356.1827 pul



Ya tenemos nuestra matriz de rigidez de todos nuestros elementos

<u>CUARTO:</u> continuamos con la matriz de rigidez total de la estructura (GIxGI), GI =# DE GRADOS DE LIBERTAD =12 en este caso

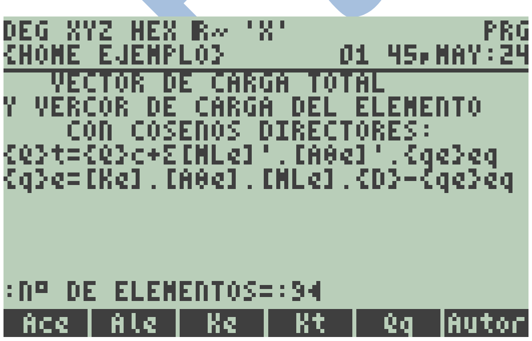
Para empezar con la matriz de rigidez total: TECLA F4



Y ya tenemos nuestra la matriz de rigidez total de la estructura.

<u>QUINTO:</u> continuamos con los vectores de cargas globales y fuerzas internas de cada elemento que es distinto para una barra de armadura (4x1) que para una barra de pórtico (6x1)

Para empezar con la matriz de rigidez: TECLA F5,



Y ya los tenemos, PARA OBSERVAR TODO EL PROCESO PRESIONAMOS LA TECLA 

TECLA

y así sucesivamente hasta observar todas vas variables.

Las matrices de cosenos directores del elemento: están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$[A\theta e]_1 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{A}\theta 1.$$
$$[A\theta e]_2 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{A}\theta 2.$$
$$\vdots$$
$$[A\theta e]_9 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{A}\theta 9.$$

Presionamos la tecla que le corresponde y nos aparecerá la matriz

Las matrices de localización del elemento: están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$[Ale]_1 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{MLe1.}$$
$$[Ale]_2 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{MLe2.}$$
$$\vdots$$
$$[Ale]_9 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{MLe9.}$$

Las matrices de rigidez del elemento y rigidez total: están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$[ke]_1 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{Ke1.}$$
$$[ke]_2 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{Ke2.}$$
$$\vdots$$
$$[ke]_9 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{Ke9.}$$

$$[K]_{TOTAL} \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{KT}$$
.

El vector de carga total: están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$\{Q\}_{TOTAL} \xrightarrow{con\_el\_nombre} \mathrm{QT}$$
.

El vector de desplazamientos y giros: están guardadas con la siguiente sintaxis:

se resuelve la ecuación: ______________________y se obtiene

$$[K]_{TOTAL}\,x\{D\} = \{Q\}_{TOTAL} \qquad \{D\} \xrightarrow{con\_el\_nombre} \text{D}$$

. .

El vector de fuerzas internas: están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$\{qe\}_1 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \text{q1.}$$
$$\{qe\}_2 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \text{q2.}$$
$$\vdots$$
$$\{qe\}_9 \xrightarrow{con\_el\_nombre} \text{q9.}$$

ESULTADOS

$$[A\theta e]_1 = [A\theta e]_2 = [A\theta e]_3 = \begin{bmatrix} 0.1.0.0.0.0. \\ -1.0.0.0.0.0. \\ 0.0.1.0.0.0. \\ 0.0.0.0.1.0. \\ 0.0.0.-1.0.0. \\ 0.0.0.0.0.1. \end{bmatrix} \qquad [A\theta e]_4 = [A\theta e]_5 \begin{bmatrix} 1.0.0.0.0.0. \\ 0.1.0.0.0.0. \\ 0.0.1.0.0.0. \\ 0.0.0.1.0.0. \\ 0.0.0.0.1.0. \\ 0.0.0.0.0.1. \end{bmatrix}$$

$$[A\theta e]_6 = [A\theta e]_8 \begin{bmatrix} 0.842 & 0.539 & 0.000 & 0.000 \\ -0.539 & 0.842 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.842 & 0.539 \\ 0.000 & 0.000 & -0.539 & 0.842 \end{bmatrix} \qquad [A\theta e]_7 = [A\theta e]_9 \begin{bmatrix} -0.842 & 0.539 & 0.000 & 0.000 \\ -0.539 & -0.842 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & -0.842 & 0.539 \\ 0.000 & 0.000 & -0.539 & -0.842 \end{bmatrix}$$

$$[Ale]_1 = \begin{bmatrix} 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \end{bmatrix}$$

$$[Ale]_2 = \begin{bmatrix} 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \end{bmatrix}$$

$$[Ale]_3 = \begin{bmatrix} 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. \end{bmatrix}$$

$$[Ale]_4 = \begin{bmatrix} 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \end{bmatrix}$$

$$[Ale]_5 = \begin{bmatrix} 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. \end{bmatrix}$$

$$[Ale]_6 = \begin{bmatrix} 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \end{bmatrix}$$

$$[Ale]_7 = \begin{bmatrix} 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \end{bmatrix}$$

$$[Ale]_8 = \begin{bmatrix} 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. \end{bmatrix}$$

$$[Ale]_9 = \begin{bmatrix} 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 1. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \end{bmatrix}$$

$$[ke]_1 = [ke]_2 = [ke]_3 = \begin{bmatrix} 619.27 & 0.00 & 0.00 & -619.27 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 87.52 & 8401.69 & 0.00 & -87.52 & 8401.69 \\ 0.00 & 8401.69 & 1075416.67 & 0.00 & -8401.69 & 537708.33 \\ -619.27 & 0.00 & 0.00 & 619.27 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & -87.52 & -8401.69 & 0.00 & 87.52 & -8401.69 \\ 0.00 & 8401.69 & 537708.33 & 0.00 & -8401.69 & 1075416.67 \end{bmatrix}$$

$$[ke]_4 = [ke]_5 = \begin{bmatrix} 396.33 & 0.00 & 0.00 & -396.33 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 22.94 & 3441.33 & 0.00 & -22.94 & 3441.33 \\ 0.00 & 3441.33 & 688266.67 & 0.00 & -3441.33 & 344133.33 \\ -396.33 & 0.00 & 0.00 & 396.33 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & -22.94 & -3441.33 & 0.00 & 22.94 & -3441.33 \\ 0.00 & 3441.33 & 344133.33 & 0.00 & -3441.33 & 688266.67 \end{bmatrix}$$

$$[ke]_6 = [ke]_7 = [ke]_8 = [ke]_9 = \begin{bmatrix} 69.21 & 0.00 & -69.21 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ -69.21 & 0.00 & 69.21 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$[K]_T = \begin{bmatrix} 1075416.67 & 8401.69 & 0 & 537708.33 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8401.69 & 532.95 & -31.42 & 8401.69 & -396.33 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -31.42 & 662.32 & 3441.33 & 0 & -22.94 & 3441.33 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 537708.33 & 8401.69 & 3441.33 & 1763683.33 & 0 & -3441.3 & 344133.33 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -396.33 & 0 & 0 & 978.38 & 0 & 8401.69 & 8401.69 & -396.33 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -22.94 & -3441.33 & 0 & 705.38 & 0 & 0 & 0 & -22.94 & 3441.33 & 0 \\ 0 & 0 & 3441.33 & 344133.33 & 8401.69 & 0 & 2451950 & 537708.33 & 0 & -3441.33 & 344133.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 8401.69 & 0 & 537708.33 & 1075416.67 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -396.33 & 0 & 0 & 0 & 532.95 & 31.42 & 8401.69 & 8401.69 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -22.94 & -3441.33 & 0 & 31.42 & 662.32 & -3441.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3441.33 & 344133.33 & 0 & 8401.69 & -3441.33 & 1763683.33 & 537708.33 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8401.69 & 0 & 537708.33 & 1075416.67 \end{bmatrix}$$

.

$$\{Q\}_{TOTAL} = \begin{Bmatrix} 0. \\ 25. \\ -9.375 \\ -468.75 \\ 0. \\ -18.75 \\ 0. \\ 0. \\ 0. \\ -9.375 \\ 468.75 \\ 0. \end{Bmatrix} \qquad \{D\} = \begin{Bmatrix} -7.60732969012E-4 \\ .146061771944 \\ -3.74702732019E-3 \\ -7.60749248603E-4 \\ .101373770892 \\ -3.16649915175E-2 \\ -1.19773104258E-4 \\ -7.32096032965E-4 \\ 8.61277113718E-2 \\ -1.92970255779E-2 \\ 1.27587106946E-4 \\ -7.36666298563E-4 \end{Bmatrix}$$

.

$$\{qe\}_1 = \begin{Bmatrix} 2.320 \\ -4.559E-5 \\ -3.848E-9 \\ -2.320 \\ 4.559E-5 \\ -0.009 \end{Bmatrix} \begin{matrix} axial\_1 \\ vertic\_1 \\ mom\_1 \\ axial\_2 \\ vertic\_2 \\ mom\_2 \end{matrix} \qquad \{qe\}_2 = \begin{Bmatrix} 19.609 \\ 1.715 \\ -3.007E-9 \\ -19.609 \\ -1.715 \\ 329.251 \end{Bmatrix} \begin{matrix} axial\_4 \\ vertic\_4 \\ mom\_4 \\ axial\_3 \\ vertic\_3 \\ mom\_3 \end{matrix}$$

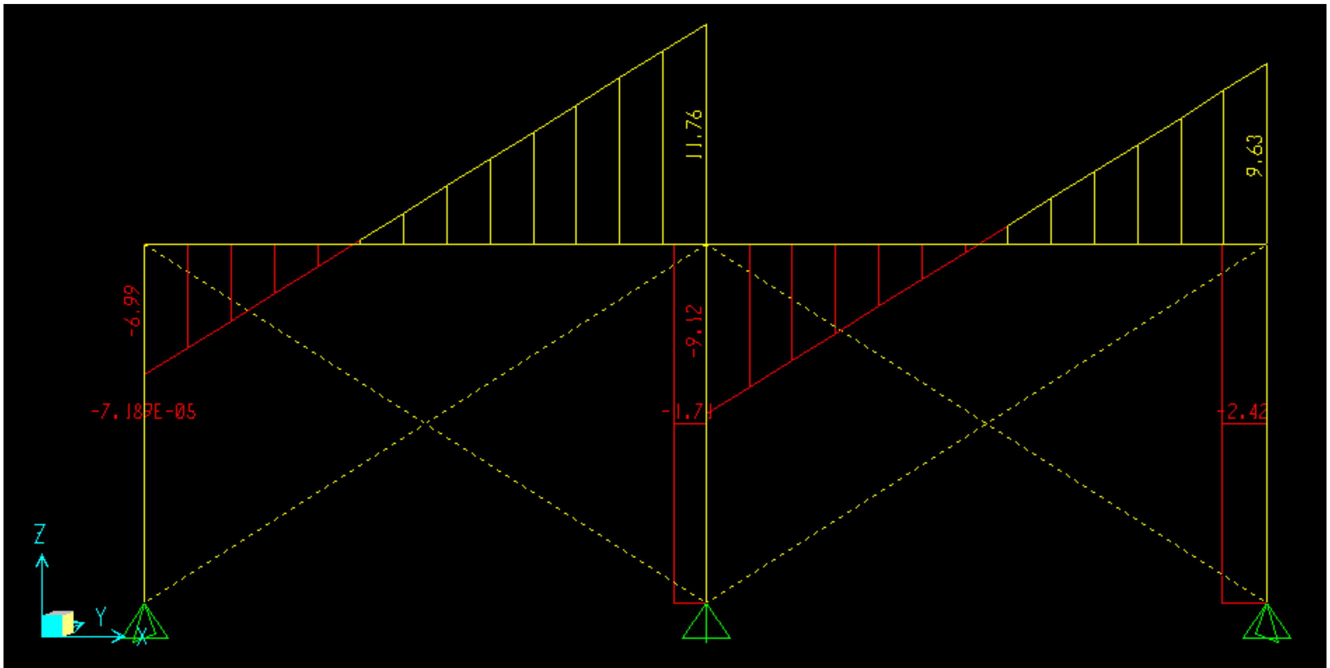
$$\{qe\}_3 = \begin{Bmatrix} 11.950 \\ 2.420 \\ -4.330E-10 \\ -11.950 \\ -2.420 \\ 464.716 \end{Bmatrix} \begin{matrix} axial\_6 \\ vertic\_6 \\ mom\_6 \\ axial\_5 \\ vertic\_5 \\ mom\_5 \end{matrix} \qquad \{qe\}_4 = \begin{Bmatrix} 17.711 \\ 6.985 \\ 0.009 \\ -17.711 \\ 11.765 \\ -716.910 \end{Bmatrix} \begin{matrix} axial\_2 \\ vertic\_2 \\ mom\_2 \\ axial\_3 \\ vertic\_3 \\ mom\_3 \end{matrix}$$

$$\{qe\}_5 = \begin{Bmatrix} 6.043 \\ 9.118 \\ 387.659 \\ -6.043 \\ 9.632 \\ -464.716 \end{Bmatrix} \begin{matrix} axial\_3 \\ vertic\_3 \\ mom\_3 \\ axial\_5 \\ vertic\_5 \\ mom\_5 \end{matrix} \qquad \{qe\}_6 = \begin{Bmatrix} -4.728 \\ 0.000 \\ 4.728 \\ 0.000 \end{Bmatrix} \begin{matrix} axial\_1 \\ vertic\_1 \\ axial\_3 \\ vertic\_3 \end{matrix} \qquad \{qe\}_7 = \begin{Bmatrix} 8.654 \\ 0.000 \\ -8.654 \\ 0.000 \end{Bmatrix} \begin{matrix} axial\_4 \\ vertic\_4 \\ axial\_2 \\ vertic\_2 \end{matrix}$$

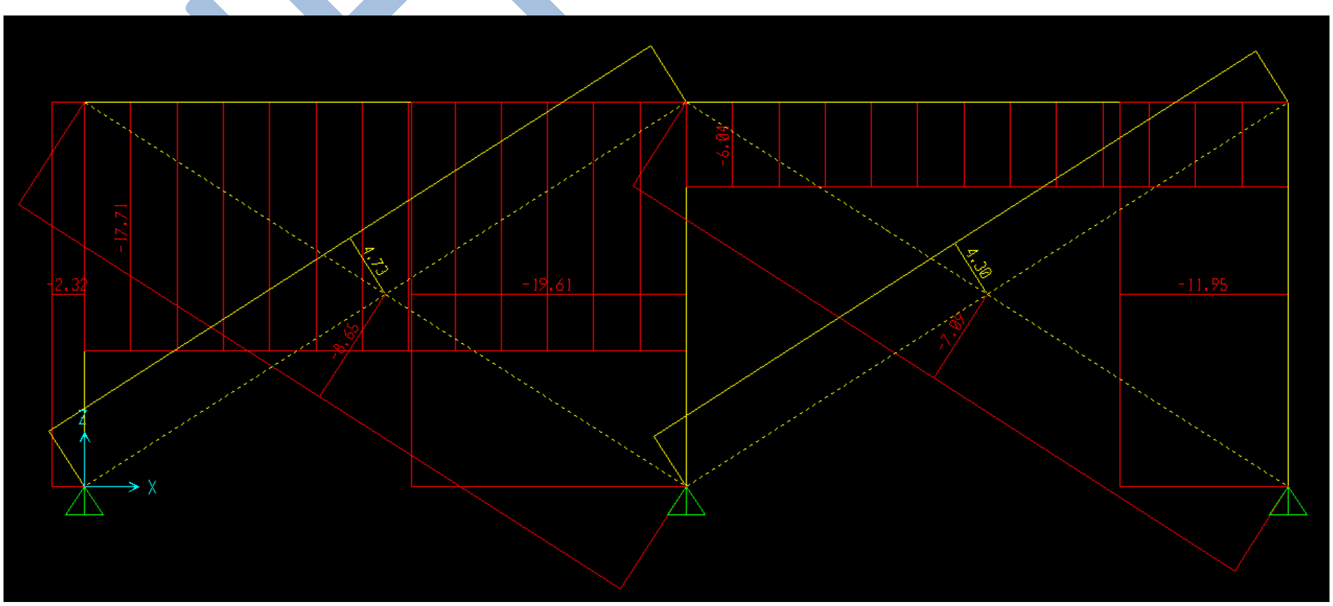
$$\{qe\}_8 = \begin{Bmatrix} -4.300 \\ 0.000 \\ 4.300 \\ 0.000 \end{Bmatrix} \begin{matrix} axial\_4 \\ vertic\_4 \\ axial\_5 \\ vertic\_5 \end{matrix} \qquad \{qe\}_9 = \begin{Bmatrix} 7.090 \\ 0.000 \\ -7.090 \\ 0.000 \end{Bmatrix} \begin{matrix} axial\_6 \\ vertic\_6 \\ axial\_3 \\ vertic\_3 \end{matrix}$$

COMPROBACIÓN DE RESULTADOS MODULANDO LA ESTRUCTURA EN EL SAP2000.

D.F.C. (kip)



D.F.A. (kip)



D.M.F. (kip-pulg)