

Ejemplos

FEM49

Versión 4.4

C. Lugtmeier © 2003
O. Fuentes F © 2003

Contenidos

INTRODUCCION 4

EJEMPLO 1 26

EJEMPLO 2 35

EJEMPLO 3 45

EJEMPLO 4 54

EJEMPLO 5 63

PROGRAMANDO 69

Introducción

Desde que tuve mi HP49G la búsqueda de un buen programa de cálculo estructural fue importante hasta que encontré el FEM49, lo que este programa realiza en esta pequeña maquina es impresionante, fue desde entonces que decidí crear este documento con la finalidad de ayudar a los usuarios que tenían poca o ninguna relación con el idioma ingles.

Los ejemplos aplicativos que aquí presento le ayudaran a usted a sacarle el mayor provecho a este excelente programa, cada uno de ellos esta explicado paso a paso (no pude ser más didáctico) usted no se puede perder.

La esperanza es que este documento sea de gran utilidad a todas aquellas personas de habla hispana, difunda más aun el uso del FEM49 e incentive a Caspar Lugtmeier a lanzar nuevas versiones.

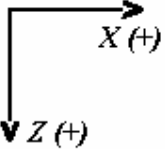
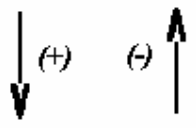
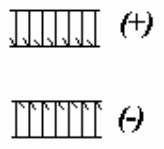
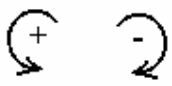
Oscar Fuentes Fuentes.
13 Enero del 2003
Ica - Perú

*El análisis es un medio
para un fin – no un fin en sí –
ya que el objetivo primario
del ingeniero estructural
es diseñar, no analizar.*

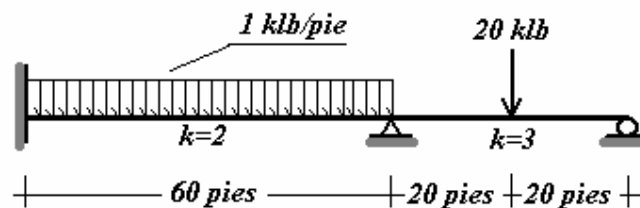
Norris & Wilbur

EJEMPLOS DE CALCULO ESTRUCTURAL USANDO EL FEM49v4.4

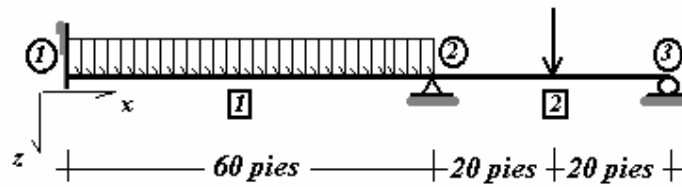
El FEM49 utiliza la siguiente convención de signos:

<i>Sist. coordenadas</i>	<i>Cargas puntuales</i>	<i>Cargas distribuidas</i>	<i>Momentos</i>
			

Ejemplo 1.- Calcular la viga mostrada en la figura siguiente:



Lo primero que debemos hacer es establecer un origen de coordenadas posteriormente enumerar los nudos y elementos de nuestra estructura, para nuestro caso lo realizaremos de la siguiente manera:



Como podemos observar hemos establecido nuestro eje de coordenadas en el nudo 1, pudiendo ser este colocado en cualquier lugar. Realizado los pasos anteriores procedemos al cálculo en sí utilizando el programa FEM49.

Llamamos al comando SFRAM, podemos acceder a este comando escribiéndolo directamente en el stack (pila) o directamente desde el directorio INPUT, la razón es por que la estructura que analizaremos es del tipo pórtico.

Para chequear que estamos en tipo FRAME llamamos al comando STYPE y en el stack debe salirnos el mensaje "FRAME".

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'  
{HOME}  
5:  
4:  
3:  
2:  
1: "FRAME"  
SFRAM|STRUS|STYPE| AV |SINFO| FEH
```

Este paso es muy importante, aquí se le dice al programa que tipo de estructura tendrá que calcular para que tome los criterios correspondientes a cada tipo de estructura.

Los siguientes pasos serán el ingreso de nudos, barras, propiedades de las barras, apoyos, etc, etc..

Como se vera mas adelante el manejo de este programa es muy sencillo.

COORDENADAS:

Se hace mención a las coordenadas de los nudos, como podemos apreciar para nuestra estructura las coordenadas de los nudos son las siguientes:

Nudo	X	Z
1	0	0
2	60	0
3	100	0

Comando en la HP: NODE

(Node; Nudo)

La sintaxis es la siguiente :

[X Z], donde X y Z son las respectivas coordenadas.

Se ira colocando los datos de la manera que se muestra :

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]

```

Por cada ingreso de coordenada presionamos ENTER y procedemos al ingreso del siguiente.

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[60 0]

```

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[100 0]

```

Terminado el ingreso de coordenadas presionamos CANCEL.

BARRAS:

Se hace mención a los elementos de nuestra estructura donde daremos a conocer la conectividad y sus respectivas propiedades. Para nuestro caso:

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	2

Comando en la HP: MEMB

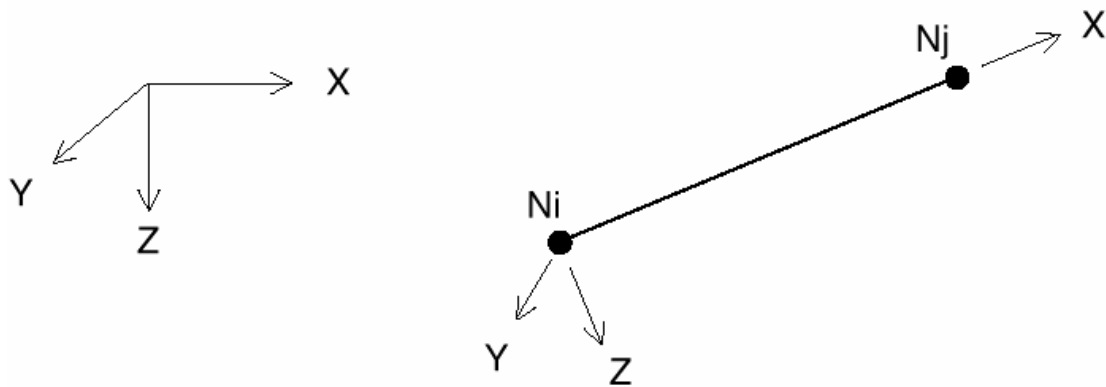
(Member; Miembro)

La sintaxis es la siguiente: [Ni Nj Property]

Donde Ni = nudo inicial

Nj = nudo final

Property = propiedad del elemento.



Los datos se ingresan como sigue:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 2]

```

Por cada ingreso de barras presionamos ENTER y procedemos al ingreso de la siguiente, una vez terminado el ingreso de barras presionamos CANCEL.

PROPIEDADES:

Se hace mención a las propiedades de las barras o elementos descritos anteriormente, se ingresan datos como Área, Iy, Emod de cada elemento.
Para nuestra estructura tenemos los siguientes:

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	2	1	1
2	3	1	1

Debemos dar una breve explicación del cuadro anterior:

En la casilla correspondiente al área se han colocado los valores del “k” por que no conocemos el área de cada elemento.

En la casilla correspondiente al Iy y Emod (Inercia y Módulo de elasticidad) se han colocado 1 por que no conocemos los valores reales de estas propiedades.

Comando en la HP: PROP

(Property; Propiedad)

La sintaxis es la siguiente: [Area Iy Emod]

Donde:

Area = área de la sección transversal del elemento.

Iy = Momento de Inercia con respecto al eje Y.

Emod = Módulo de Elasticidad.

El ingreso datos es como sigue:

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[2 1 1]

```

```

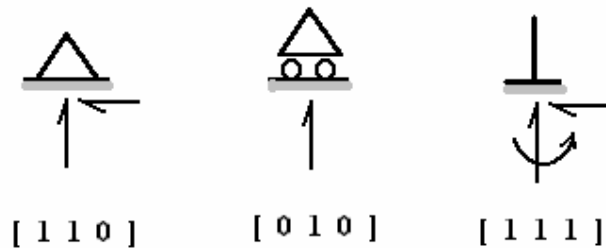
Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #2
[3 1 1]

```

Por cada ingreso de propiedad presionamos ENTER y procedemos al ingreso de la siguiente, una vez terminado el ingreso de propiedades presionamos CANCEL.

APOYOS:

Se hace mención a los apoyos que existen en la estructura a analizar.
Se debe tener el siguiente criterio para los apoyos:



0 = libre 1 = restringido < 0 = resorte

Para nuestra estructura tenemos lo siguiente:

Nudo	Ux	Uz	Ry
1	1	1	1
2	1	1	0
3	0	1	0

Comando en la HP: SUPP

(Support; Soporte)

La sintaxis es la siguiente: [Node UX? UZ? RY?]

Donde:

Node = Número del nudo.

UX? = Pregunta si existe restricción en X.

UZ? = Pregunta si existe restricción en Z.

RY? = Pregunta si existe rotación en Y.

El ingreso de datos es como sigue:

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

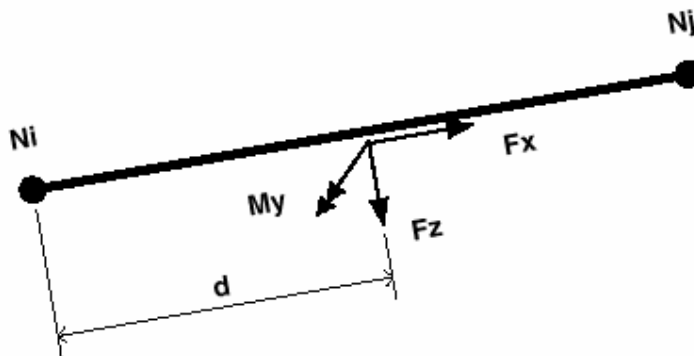
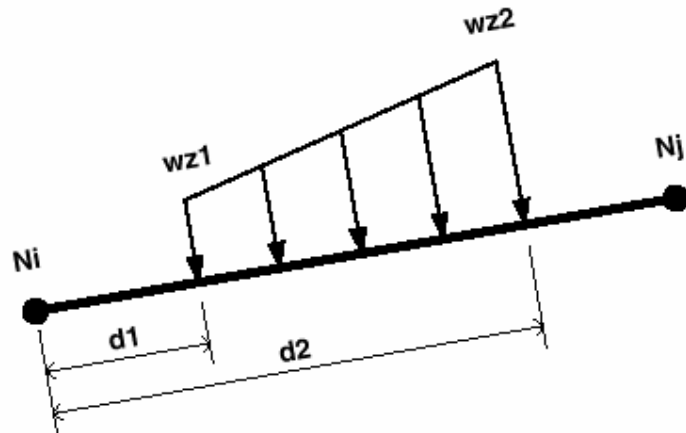
```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[2 1 1 0]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #3
[3 0 1 0]
```

Por cada ingreso de nudo presionamos ENTER y procedemos al ingreso del siguiente, una vez terminado el ingreso de nudos presionamos CANCEL.

INGRESO DE CARGAS:

Como podemos apreciar en nuestra estructura existen dos tipos de cargas las cuales son distribuida y puntuales. El FEM utiliza el criterio mostrado en las figuras para este tipo de cargas:



CARGAS CONCENTRADAS O PUNTUALES EN LAS BARRAS:

Existe una sola carga puntual en nuestra estructura en el elemento 2.

Para nuestro caso:

Barra	Fx	Fz	My	d
2	0	20	0	20

Comando en la HP: MLC

(Member Load Concenter; Carga Concentrada en el Miembro)

La sintaxis es la siguiente: [Memb Fx Fz My d]

Donde:

Memb = Barra o miembro cargado.

Fx = Fuerza en X.

Fz = Fuerza en Z.

My = Momento en Y.

d = Distancia desde el nudo inicial.

El ingreso de datos es como sigue:

```

Memb: Loaded Member
d: Distance from Ni
[ Memb Fx Fz My d ]
Memb Conc Load: #1
[2 0 20 0 20]

```

Una vez ingresado los datos de la carga puntual presionamos ENTER y CANCEL.

CARGAS DISTRIBUIDAS EN LAS BARRAS:

En nuestra estructura tenemos una sola carga distribuida exactamente en la barra o elemento 1.

Para nuestro caso:

Barra	WZ1	WZ2	d1	d2
1	1	1	0	60

Comando en la HP: MLZ

(Member Load Z ; Carga en el Miembro en la dirección Z).

La sintaxis es la siguiente: [Memb wz1 wz2 d1 d2]

Donde:

Memb = Barra o Miembro cargado.

wz1 = Carga inicial en la dirección Z.

wz2 = Carga final en la dirección Z.

d1 = Distancia a la carga inicial con respecto al nudo inicial.

d2 = Distancia a la carga final con respecto al nudo inicial.

El ingreso de datos es como sigue:

```

Memb: Loaded Member
d1: load starts d2: load ends
[ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]
Memb Trap z Load: #1
[1 1 1 0 60]

```

Una vez ingresado los datos de la carga distribuida presionamos ENTER y CANCEL.

CALCULANDO LA ESTRUCTURA:

Una vez terminado el ingreso de todos los datos procederemos a calcular la estructura. Antes de calcular nuestra estructura es una buena idea tener una información de esta, ejecutamos el comando SINFO.

(Structure Information ; Información de la Estructura) con lo cual tendremos lo siguiente:

File:	STR1		
Type:	Frame	Calc:	No
NODE:	3	NLF:	-
MEMB:	2	NLD:	-
PROP:	2	MLC:	1
SUPP:	3	MLX:	-
MREL:	-	MLZ:	1
SFRAM STRUS STYPE AV SINFO FEM			

Lo que la plantilla esta indicando son las características de nuestra estructura. Como podemos ver nos esta indicando que nuestra estructura se llama STR1 es del tipo Frame y no esta calculada por otro lado tenemos 3 nudos, 2 miembros, 2 propiedades, 3 apoyos, 1 carga concentrada y 1 carga distribuida en Z. Claramente podemos apreciar que concuerda con nuestra estructura.

De haber algún error en el ingreso de datos el programa nos lo indicara, para ver como lo hace hemos generado un error solo para ver que sucede, básicamente hemos quitado las coordenadas del nudo 1, veamos:

File:	STR1		
Type:	Frame	Calc:	No
NODE:	2	NLF:	-
MEMB:	INVAL	NLD:	-
PROP:	2	MLC:	1
SUPP:	INVAL	MLX:	-
MREL:	-	MLZ:	1
SFRAM STRUS STYPE AV SINFO FEM			

Podemos ver que se genera error en miembros y apoyos con el mensaje INVAL. Es decir ingresos invalidados.

Hecha la aclaración sigamos con el cálculo de nuestra estructura, con la información correcta ejecutamos el comando SCALC para correr el programa, mientras se calcula la estructura aparecerá una serie mensajes en el encabezado de la pantalla el cual nos indica la evolución del cálculo.

Si el comando FAST esta activado los mensajes no aparecerán.

RESULTADOS DEL PROGRAMA:

Terminado la corrida del programa, veamos los resultados:

DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

Primero veamos el criterio que utiliza el FEM para dibujar sus estructuras:

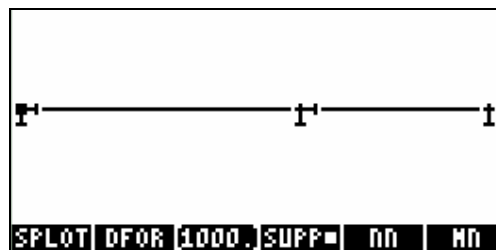
Grados de libertad	Restringido	Resorte		frame	truss
UX			Junta		
UZ					
RY					

Frame = Pórticos
Truss = Armaduras

Ejecutamos al comando SPLOT

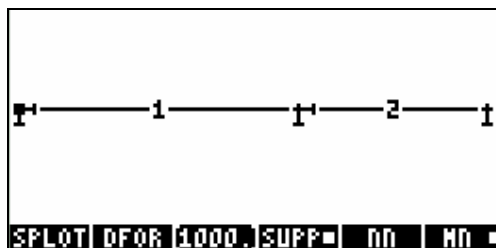
(Structure Plotting ; Graficando la Estructura)

el cual esta dentro del directorio PLOT o llamándolo directamente desde la pila.
Tenemos lo siguiente:

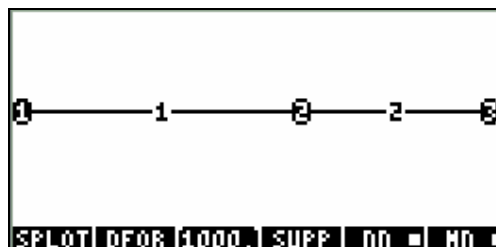


Podemos apreciar la viga con sus tipos de apoyos graficados debido a que el comando SUPP esta activado.

Si activamos MN y graficamos otra vez la estructura obtenemos las barras enumeradas:



Si activamos MN y NN a la vez y volvemos a graficar obtenemos las barras y nudos enumerados:



Lamentablemente el FEM no grafica las cargas de la estructura ☹.

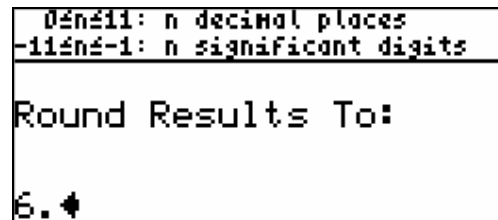
RESULTADOS NUMERICOS:

Podemos visualizarlos en el directorio RESULT.

En algunos casos podemos fijar el número de decimales para la presentación de los resultados, dentro del directorio RESULT presionamos NEXT y llegamos al siguiente menú:



En la parte inferior podemos visualizar el número 6 presionamos la tecla de función correspondiente a este y tenemos:



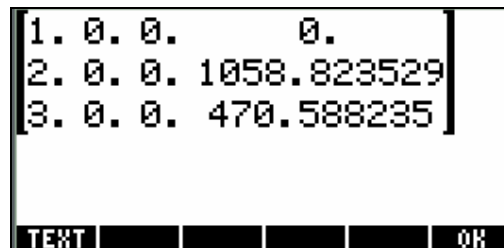
El numero de decimales solo esta en el rango de 0 a 11 en la pantalla muestra que esta en 6 una buena idea seria colocarlo en 3 o la cantidad de decimales que crea conveniente el usuario.

DESPLAZAMIENTOS EN LOS NUDOS:

Comando en la HP: NDIS

(Nodal Displacement; Desplazamientos Nodales)

y obtenemos en la pila una matriz de resultados, si la matriz es demasiado grande podemos visualizarla utilizando el comando SCROLL o fijar las banderas -72, -73, -80.



Utilizando SCROLL

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
5:
4:
3:
2:
1:      [1. 0. 0. 0.
        2. 0. 0. 1058.823529
        3. 0. 0. 470.588235]
QUERY PRINT NOIS REAC WFOR SINFO

```

Utilizando las banderas.

Básicamente esta matriz nos indica lo siguiente:

	Nudo	Δx	Δz	$\Theta(\text{rad})$
[1.	0.	0.	0.
	2.	0.	0.	1058.823529
	3.	0.	0.	470.588235
]				

Donde:

Δx = desplazamiento en el eje X.

Δz = Desplazamiento en el eje Z.

Θ = Rotación o giro del nudo (rad).



NOTA:

Como no ingresamos los datos reales de I_y y E_{mod} estos datos (Δx , Δz , Θ)

Deberán dividirse entre el producto de I_y y E_{mod} reales para obtener los desplazamientos reales.

REACCIONES EN LOS APOYOS:

Comando en la HP: REAC

Obtenemos:

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
4:
3:
2:
1:      [1. 0. -31.765 335.294]
        [2. 0. -43.971  0.]
        [3. 0. -4.265  0.]
QUERY PRINT NOIS REAC MFOR SINFO

```

Analizando la matriz:

	Apoyo	Rx	Rz	My
[1.	0.	-31.765	335.294
	2.	0.	-43.971	0.
	3.	0.	-4.265	0.
]				

Donde:

Rx = Reacción en X.
 Rz = Reacción en Z.
 My = Momento en Y.

FUERZAS EN LAS BARRAS:

Comando en la HP: MFOR

Obtenemos:

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1:
2:
3:
1: [1. 1. 0. -31.765 335.294]
   [1. 2. 0. -28.235 -229.412]
   [2. 2. 0. -15.735 229.412]
   [2. 3. 0. -4.265 0.]
[QUERY|PRINT|ADIS|REAC|MFOR|SINFO]

```

Analizando la Matriz:

Barra	Nudo	N	V	M
1.	1.	0.	-31.765	335.294
1.	2.	0.	-28.235	-229.412
2.	2.	0.	-15.735	229.412
2.	3.	0.	-4.265	0.

Donde:

N = Fuerza axial.

V = Fuerza Cortante.

M = Momento Flector.

Podemos también visualizar los resultados con los comandos del directorio PRINT exactamente con los comandos I\$, O\$ IO\$.

Donde:

I\$: Presenta una lista de todos ingresos de datos.

O\$: Presenta una lista de todos los resultados del cálculo.

IO\$: Presenta los ingresos y resultados del programa.

Para una muestra ejecutemos el comando IO\$:

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1: "**** FEM49 4.4 ****
   File: STR1
   Type: FRAME
   Axes: X+ Z+
   *** PARTICULARS ***
   NODE: 3  NLF : -
[ I$ | O$ | IO$ | F$ | P$ | FIO$ ]

```

Para visualizarlo por completo utilizemos el comando SCROLL escribiéndolo en la pila.
Lista de IO\$ utilizando el comando SCROLL.

```

**** FEM49 4.4 ****
File: STR1
Type: FRAME
Axes: X+ Z+

*** PARTICULARS ***
Node: 3  DLF : -
MEMB: 2  NLD : -
PROP: 2  MLC : 1
SUPP: 3  MLX : -
MREL: -  MLZ : 1

***** INPUT *****
NODAL COORDINATES
1 X:0.
  Z:0.
2 X:60.
  Z:0.
3 X:100.
  Z:0.

MEMBER INCIDENCES
1 Ni:1. Nj:2. P:1.
2 Ni:2. Nj:3. P:2.

PROPERTIES
1 A:2.
  I:1.
  E:1.
2 A:3.
  I:1.
  E:1.

SUPPORTED NODES
1. UX?:Restr
  UZ?:Restr
  RY?:Restr
2. UX?:Restr
  UZ?:Restr
  RY?:Free
3. UX?:Free
  UZ?:Restr
  RY?:Free

```

```

CONC MEMBER LOADS
2. FX:0.
  FZ:20.
  MY:0.
  d :20.

MEMBER TRAP 2 LOADS
1. WZ1:1.
  WZ2:1.
  d1 :Start
  d2 :60.

***** RESULTS *****
NODAL DISPLACEMENTS
1. UX:0.
  UZ:0.
  RY:0.
2. UX:0.
  UZ:0.
  RY:1058.824
3. UX:0.
  UZ:0.
  RY:470.588

SUPPORT REACTIONS
1. FX:0.
  FZ:-31.765
  MY:335.294
2. FX:0.
  FZ:-43.971
  MY:0.
3. FX:0.
  FZ:-4.265
  MY:0.

MEMBER END FORCES
1. FXi:0.
  FZi:-31.765
  MYi:335.294
  FXj:0.
  FZj:-28.235
  MYj:-229.412
2. FXi:0.
  FZi:-15.735
  MYi:229.412
  FXj:0.
  FZj:-4.265
  MYj:0.

```

Como podemos apreciar nos da las características de nuestro cálculo como son: nombre del archivo, tipo de estructura, orientación de ejes, particularidades, coordenadas de los nudos, miembros incidentes, propiedades, nudos apoyados, carga concentrada en los miembros, cargas trapezoidales en el eje z, desplazamientos nodales, reacciones en los apoyos y fuerzas finales en los miembros.

INFORMACION DE LOS MIEMBROS O BARRAS:

Entremos al directorio RESULT y luego a QUERY y tendremos lo siguiente:

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
?
S:
S:
S:
E:
E:
E:
1:
M:1 K:11 MINFO SINFO AV AXIS=

```

Describamos algo de este menú:

* Si presionamos la tecla de función correspondiente a M:1 obtenemos:

```

Select member to query

Queried Member:

14

```

Nos esta pidiendo el miembro o barra requerida para analizar.

* Si presionamos la tecla de función correspondiente a MINFO (Member Information ; Información del Miembro) tenemos:

```

File: STR1
Type: Frame Calc: Yes
Membr: 1      NI: 1  NJ: 2
Leng: 60.
Area: 2.
Iy: 1.
EMod: 1.
MREL: -
MLC: -      MLX: -      MLZ: 1
M:1 K:11 MINFO SINFO AV AXIS=

```

Nos devuelve una plantilla con todas las características de la barra que hemos requerido anteriormente en este caso la barra o miembro 1.

GRAFICO DE LAS FUERZAS:

El programa nos proporciona el grafico de fuerzas axiales, fuerzas cortantes, Momentos flectores, Desplazamientos en el eje X, Desplazamiento en el eje Z, y Rotación en el eje Y de cada elemento o barra.

GRAFICOS DE FUERZA AXIAL:

El comando para realizar esta operación es: NPLT

Este se encuentra en el directorio QUERY, ejecutando el comando obtenemos:



Nos indica que en la barra 1 no existe fuerza axial.

Así podemos ir viendo los gráficos axiales para cada elemento, si queremos ver el grafico para la segunda barra basta con requerirla, como se menciona en la sección anterior, si solo queremos los gráficos basta con presionar la tecla azul y la tecla de función correspondiente a NPLT y los gráficos de cada barra irán apareciendo consecutivamente cada vez que se presione cualquier tecla.

El grafico de fuerza axial para la segunda barra es:



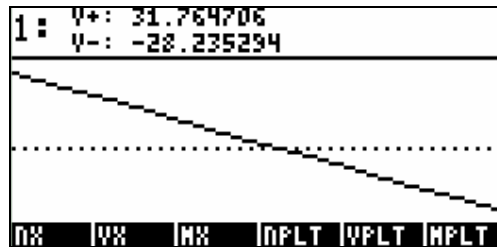
Nos indica que en la barra 2 no existe fuerza axial con lo que podemos concluir que en nuestra viga no existen fuerzas axiales.

GRAFICO DE FUERZAS CORTANTES:

Comando en la HP: VPLT

Este se encuentra en el directorio QUERY, ejecutando el comando obtenemos:

Para la barra 1:



Nos muestra el valor de la cortante de ambos extremos, debemos recalcar que este grafico no lo podemos trazar para ello existe un comando que nos da el valor de la fuerza el cortante en este caso para un punto determinado.

Ejecutando el comando VX , el cortante a una distancia X.

¿Cuanto vale el cortante en la barra a una distancia de 12 pies?

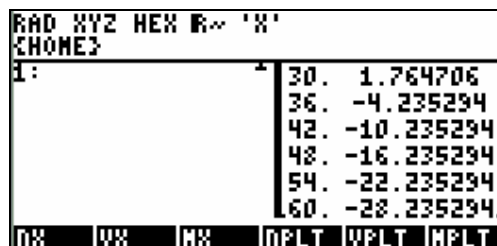
Para saberlo colocamos 12 en la pila y ejecutamos VX:



El resultado es:



Si presionamos  y **VX** obtenemos:



Utilizando el comando SCROLL (escribimos SCROLL) o editando la matriz tenemos una mejor visualización de esta, la matriz completa será:

X	V
0.	31.764706
6.	25.764706
12.	19.764706
18.	13.764706
24.	7.764706
30.	1.764706
36.	-4.235294
42.	-10.235294
48.	-16.235294
54.	-22.235294
60.	-28.235294

Expliquemos esta matriz:

La barra a sido examinada en 11 puntos (keypoints) consecutivos, por ejemplo veamos en la matriz a una distancia de 42 pies el cortante vale -10.2352 (el número de decimales se puede cambiar como se explico anteriormente).

La barra se puede seccionar en mucho más puntos con el comando **8:11**

```
# of keypoints ALONG MEMBER
2:131
# Of Keypoints:
11
```

A mayor número de puntos los gráficos serán más exactos pero más lentos.

Para la barra 2 tenemos:

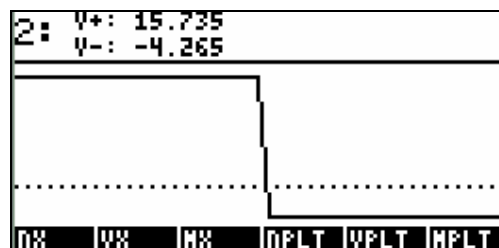
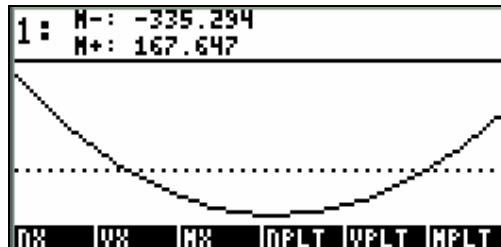
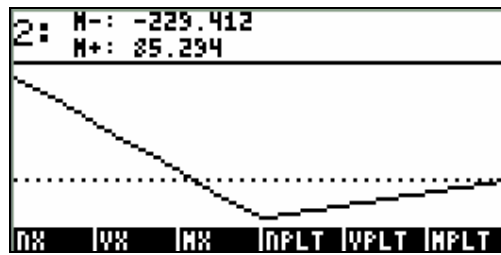


GRAFICO DE MOMENTOS FLECTORES:

Comando en la HP: MPLT

Para barra 1 tenemos:**Para la barra 2 tenemos:**

Si deseamos analizar el valor del Momento flector en un punto determinado podemos realizar el mismo procedimiento que se explico para el Cortante.

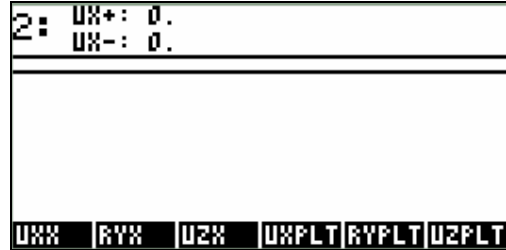
GRAFICO DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN X:

Comando en la HP: UXPLT

Para la barra 1 tenemos:

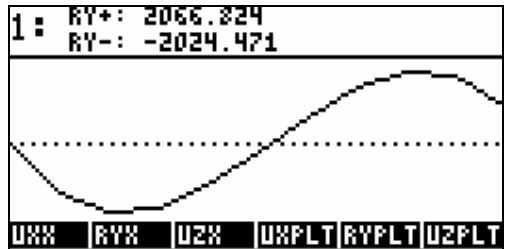


Para la barra 2 tenemos:

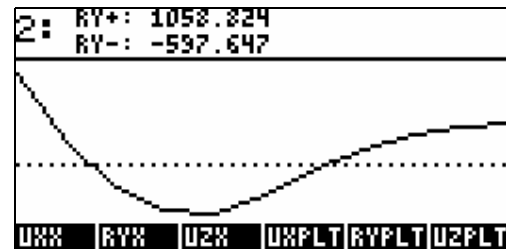
**GRAFICO DE ROTACIONES EN Y:**

Comando en la HP: RYPLT

Para la barra 1 tenemos:

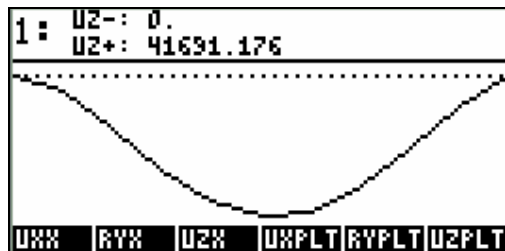


Para la barra 2 tenemos:

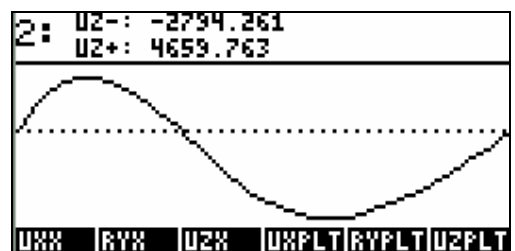
**GRAFICO DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN Z:**

Comando en la HP: UZPLT

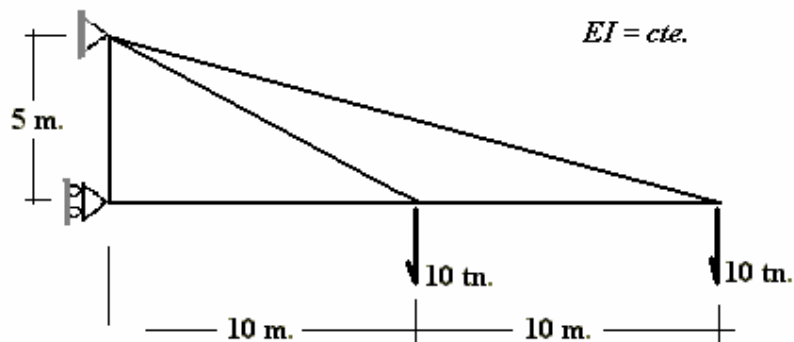
Para la barra 1 tenemos:



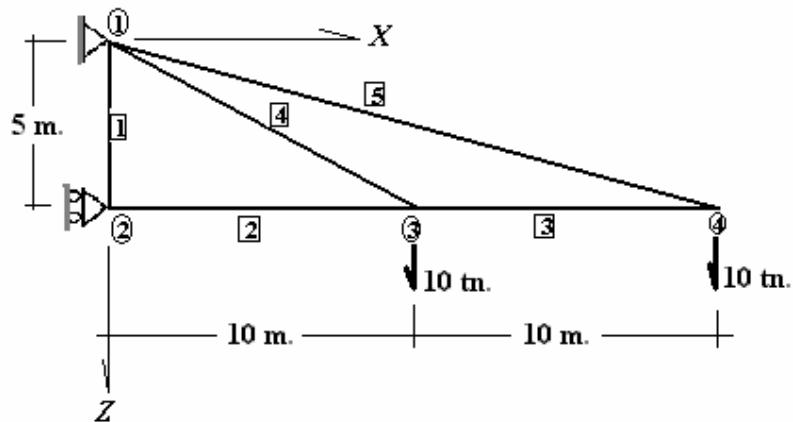
Para la barra 2 tenemos:



Ejemplo 2.- Analizar la Armadura mostrada en la figura.



Como realizamos en el ejemplo anterior, lo primero es establecer un eje de coordenadas, enumerar nudos y barras de nuestra estructura:



Llamamos al comando STRUS, por que la estructura que analizaremos es del tipo armadura. Para chequear que estamos en tipo TRUSS llamamos al comando STYPE y en el stack debe salirnos el mensaje "TRUSS".

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
5:
4:
3:
2:
1: "TRUSS"
$FRAMSTRUS$TYPE$ AV $INFO$ FEM

```

Los pasos a seguir son similares al ejemplo anterior salvo algunas excepciones, como se podrá ir observar a lo largo del desarrollo del problema.

COORDENADAS:

Coordenadas de los nudos de nuestra estructura.

Comando en la HP: NODE

Sintaxis: [X Z]

Nudo	X	Z
1	0	0
2	0	5
3	10	5
4	20	5

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[0 5]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[10 5]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[20 5]
```

BARRAS:

Conectividad de las barras y su respectiva propiedad.

Comando en la HP: MEMB

Sintaxis: [Ni Nj Property]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	1
3	3	4	1
4	1	3	1
5	1	4	1

Ni/Nj: Start/End Node of Member Property: Type of Cross-Section [Ni Nj Property] Member: #1 [1 2 1]

Ni/Nj: Start/End Node of Member Property: Type of Cross-Section [Ni Nj Property] Member: #2 [2 3 1]

Ni/Nj: Start/End Node of Member Property: Type of Cross-Section [Ni Nj Property] Member: #3 [3 4 1]

Ni/Nj: Start/End Node of Member Property: Type of Cross-Section [Ni Nj Property] Member: #4 [1 3 1]

Ni/Nj: Start/End Node of Member Property: Type of Cross-Section [Ni Nj Property] Member: #5 [1 4 1]

PROPIEDADES:

Propiedad de cada elemento como área, inercia, módulo de elasticidad.

Comando en la HP: PROP

Sintaxis: [Area Iy Emod]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	1

Como se podrá apreciar no se han colocado los valores reales correspondientes por que no conocerlos, en su lugar se han colocado unos.

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 1]
  
```

APOYOS:

Características de los apoyos.

Comando en la HP: SUPP

Sintaxis: [Node UX? UZ? RY?]

Nudo	UX	UZ	RY
1	1	1	0
2	1	0	0

0 = libre 1 = fijo < 0 = resorte

```

Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 0]
  
```

```

Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[2 1 0 0]
  
```

CARGAS NODALES:

Carga puntual que se aplica a cada nudo.

Comando en la HP: NLF

Sintaxis: [Node FX FZ MY]

Nudo	FX	FZ	MY
3	0	10	0
4	0	10	0

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #1
[3 0 10 0]
```

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #2
[4 0 10 0]
```

INFORME DE LA ESTRUCTURA:

Terminado el ingreso de datos se procede a una evaluación de la estructura.

Comando en la HP: SINFO

```
File: STR1
Type: Truss Calc: Yes
NODE: 4 NLF: 2
MEMB: 5 NLD: -
PROP: 1 MLC: -
SUPP: 2 MLX: -
MREL: - MLZ: -
FILE INPUT SCALC RESULT PLOT SINFO
```

Las características mostradas son las correspondientes a nuestra armadura los cuales son 4 nudos, 5 barras, 1 propiedad, 2 apoyos, 2 cargas nodales.

Verificada nuestra armadura solo nos quedara calcularla.

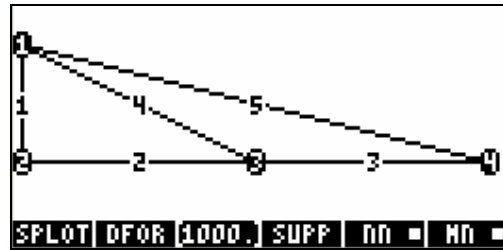
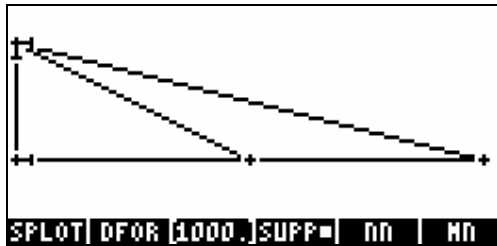
CALCULANDO LA ESTRUCTURA:

Comando en la HP: SCALC

Ejecutando este comando observaremos en el encabezado de la hp una serie de mensajes que nos va indicando el proceso de cálculo.

DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

Comando en la HP: SPLOT

**RESULTADOS NUMERICOS:****DESPLAZAMIENTOS NODALES:**

Fijaremos las banderas 72, 73, 80 para tener una mejor visualización de las matrices , así: { -72 -73 -80} SF , y fijaremos tres decimales para nuestros resultados.

Comando en la HP: NDIS

Sintaxis: [Nudo ΔX ΔZ Θ (rad)]

RAD XYZ HEX R= 'X'			
{HOME}			
3:			
2:			
1:			
	1.	0.	0.
	2.	0.	0.
	3.	-600.	1759.017 0.
	4.	-1000.	7504.64 0.
QUERY PRINT NDIS REAC MFOR SINFO			

Los valores de ΔX , ΔZ y Θ se dividirán entre El reales para obtener desplazamientos y rotaciones reales.

Visualización de la matriz de fuerzas con el comando SCROLL:

Nudo	Barra	N	V	M
1.	1.	0.	0.	0.
1.	2.	0.	0.	0.
2.	2.	60.	0.	0.
2.	3.	-60.	0.	0.
3.	3.	40.	0.	0.
3.	4.	-40.	0.	0.
4.	1.	-22.361	0.	0.
4.	3.	22.361	0.	0.
5.	1.	-41.231	0.	0.
5.	4.	41.231	0.	0.

Como podemos observar no existen esfuerzos cortantes ni Momentos flectores debido a que en las estructuras de este tipo (armaduras) no existen dichas fuerzas.

DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:

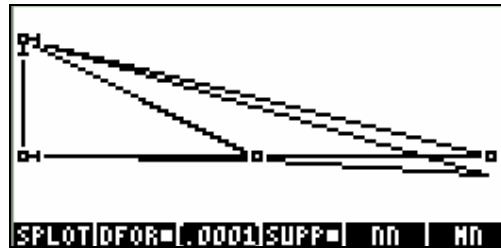
Antes de dibujar la deformada debemos fijar la escala de deformación, se puede ver en la parte derecha del comando DFOR un número **1000.**, si presionamos la tecla de función correspondiente a este tenemos:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
1000
```

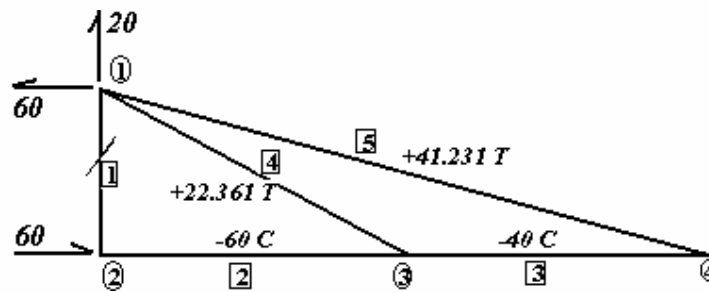
Para nosotros bastara cambiar el 1000 por 0.001 (tanteo) caso contrario no se podrá visualizar bien la deformada:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
.0001
```

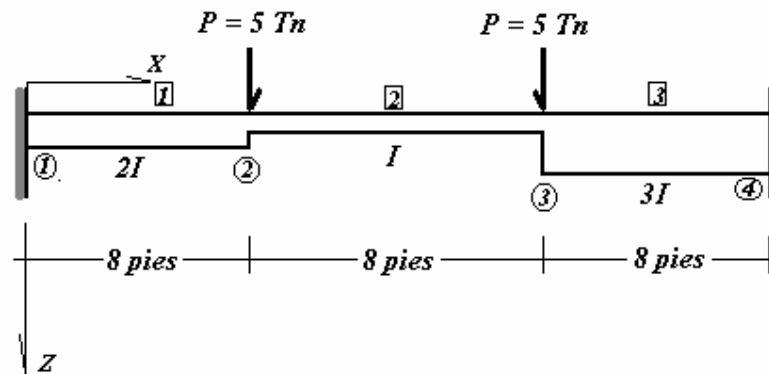
Presionamos ENTER y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:



Con todos los datos obtenidos tenemos lo siguiente:



Ejemplo 3.- Calcular la viga que se muestra:



Llamamos al comando SFRAM la razón es por que la estructura que analizaremos es del tipo marco.

Para chequear que estamos en tipo FRAME llamamos al comando STYPE y en el stack debe salirnos el mensaje "FRAME".

```

RAD XYZ HEX R= 'X'
[HOME]
0:
4:
3:
2:
1: "FRAME"
SFRAM STRUS STYPE AV SINFO FEN

```

COORDENADAS:

Comando: Node

Sintaxis: [X Z]

Nudo	X	Z
1	0	0
2	8	0
3	16	0
4	24	0

Ingreso de Datos:

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]

```

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[8 0]

```

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[16 0]

```

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[24 0]

```

BARRAS:

Comando: MEMB

Sintaxis: [Ni Nj Property]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	2
2	2	3	1
3	3	4	3

Ingreso de datos:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 2]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[3 4 3]

```

PROPIEDADES:

Comando: PROP

Sintaxis: [Area Iy Emod]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	1
2	2	2	1
3	3	3	1

Ingreso de datos:

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 1]

```

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #2
[2 2 1]

```

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #3
[3 3 1]

```

APOYOS:

Comando: SUPP

Sintaxis: [Node UX? UZ? RY?]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	1
4	1	1	1

Ingresos de datos:

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[4 1 1 1]
```

CARGAS NODALES:

Comando: NLF

Sintaxis: [Node FX FZ MY]

Nudo	FX	FZ	MY
2	0	5	0
3	0	5	0

Ingreso de datos:

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #1
[2 0 5 0]
```

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #2
[3 0 5 0]
```

INFORME DE LA ESTRUCTURA:

Comando: SINFO

File:	STR1		
Type:	Frame	Calc:	No
NODE:	4	NLF:	2
MEMB:	3	NLD:	-
PROP:	3	MLC:	-
SUPP:	2	MLX:	-
MREL:	-	MLZ:	-
FILE INPUT SCALC RESULT PLOT SINFO			

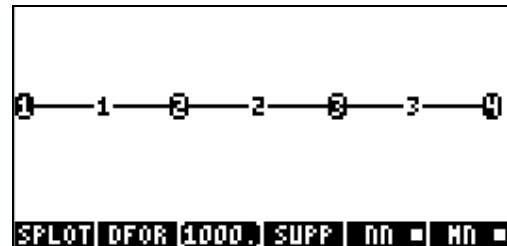
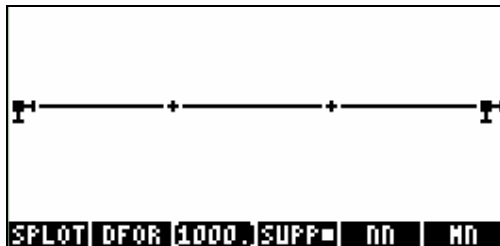
CALCULO DE LA ESTRUCTURA:

Comando en la HP: SCALC

Ejecutando este comando observaremos en el encabezado de la hp una serie de mensajes que nos va indicando el proceso de cálculo.

DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

Comando: SPLOT



DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:

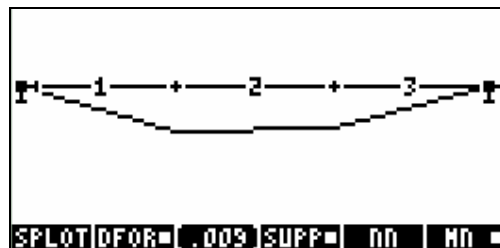
Antes de dibujar la deformada debemos fijar la escala de deformación, se puede ver en la parte derecha del comando DFOR un número **1000**, si presionamos la tecla de función correspondiente a este tenemos:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
1000
```

Para nosotros bastara cambiar el 1000 por 0.009 (tanteo) caso contrario no se podrá visualizar bien la deformada:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
.0094
```

Presionamos ENTER y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:



Podemos observar que la escala de deformación a cambiado (en el menú).

RESULTADOS NUMERICOS:

Para una buena visualización de los resultados activaremos las banderas -72, -73 y -80, también fijaremos nuestro número de decimales a 3.

DESPLAZAMIENTOS EN LOS NUDOS:

Comando: NDIS

Sintaxis: [Nudo ΔX ΔZ $\Theta Y(\text{rad})$]

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
5:
4:
3:
2:
1:      [ 1. 0.   0.   0.
          2. 0. 239.133 -34.746
          3. 0. 220.269 36.203
          4. 0.   0.   0. ]
QUERY|PRINT|NDIS|REAC|MFOR|SINFO

```

REACCIONES:

Comando: REAC

Sintaxis: [Nudo RX RZ MY]

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
5:
4:
3:
2:
1:      [ 1. 0. -4.694 27.464
          4. 0. -5.306 -34.798 ]
QUERY|PRINT|NDIS|REAC|MFOR|SINFO

```

FUERZAS EN LAS BARRAS:

Comando: MFOR

Sintaxis: [Barra Nudo Axial Corte Momento]

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
5:
4:
3:
2:
1:      [ 1. 1. 0. -4.694 27.464
          1. 2. 0.  4.694 10.091
          2. 2. 0.  .306 -10.091
          2. 3. 0. - .306  7.646
          3. 3. 0.  5.306 -7.646
          3. 4. 0. -5.306 -34.798 ]
QUERY|PRINT|NDIS|REAC|MFOR|SINFO

```

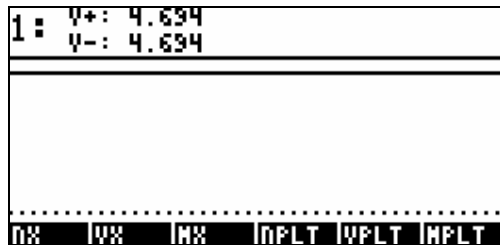
GRAFICO DE LAS FUERZAS:

Ingresamos al directorio QUERY.

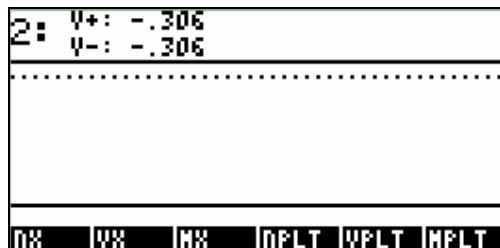
Como podemos apreciar en nuestra estructura no existen fuerzas axiales, por tal motivo obviaremos las graficas de esta fuerza.

FUERZAS CORTANTES:

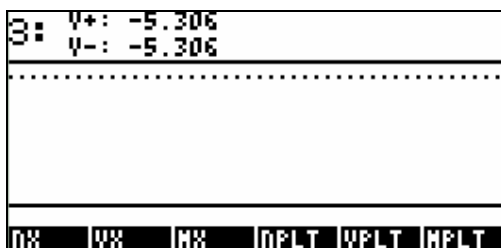
Barra 1:



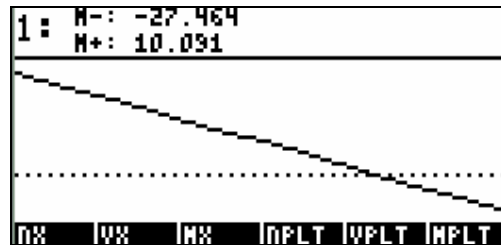
Barra 2:



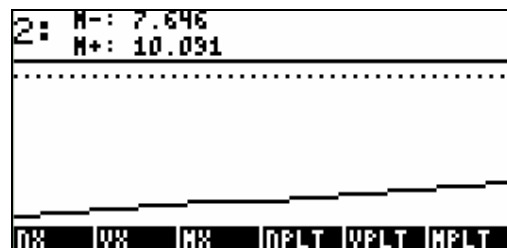
Barra 3:

**MOMENTOS FLECTORES:**

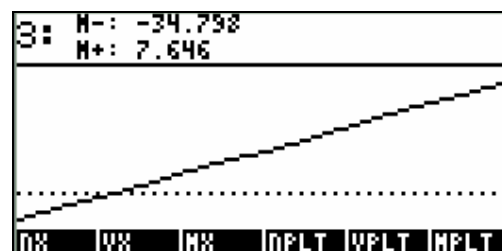
Barra 1:



Barra 2:

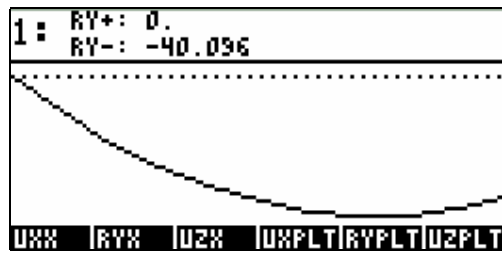


Barra 3:

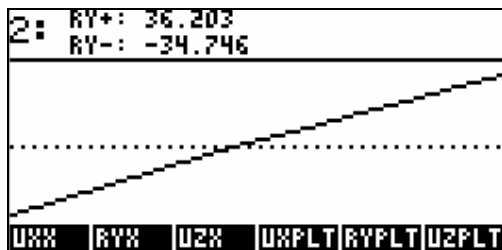


ROTACION EN Y:

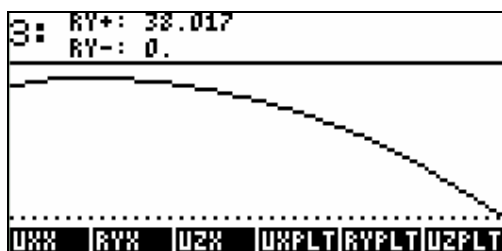
Barra 1:



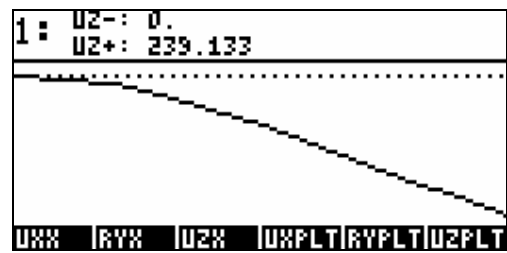
Barra 2:



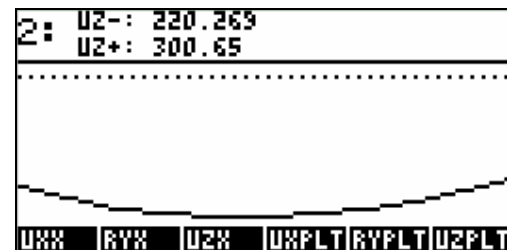
Barra 3:

DESPLAZAMIENTO EN Z:

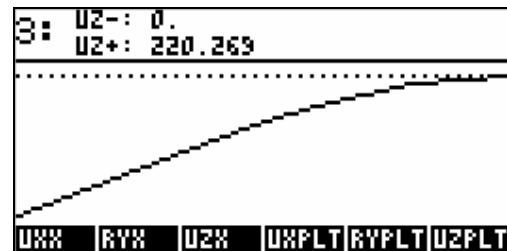
Barra 1:



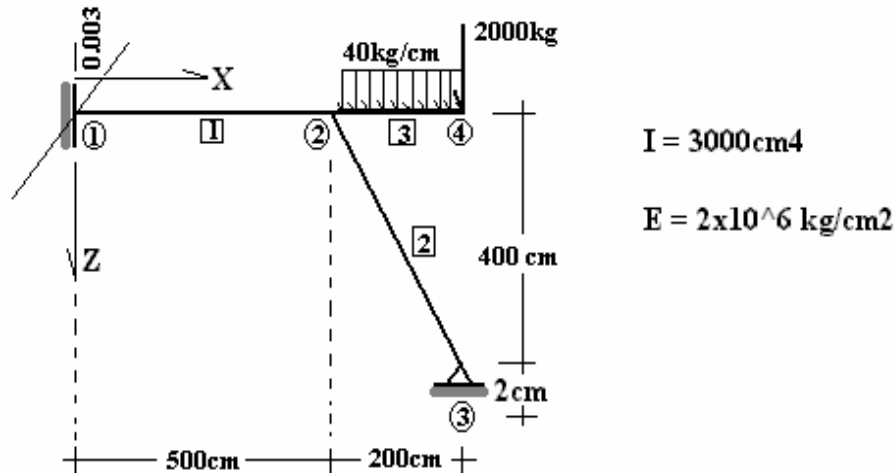
Barra 2:



Barra 3:



Ejemplo 4.- Resolver la estructura mostrada, sabiendo que el empotramiento experimenta un giro de $+0.003$ rad y el apoyo un asentamiento de 2 cm respecto a su posición inicial. Tomar $I=3000\text{cm}^4$, $E=2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ para todos los elementos.



NODE:

Comando: NODE

Sintaxis: [X Z]

Nudo	X	Z
1	0	0
2	500	0
3	700	400
4	700	0

Ingreso de datos:

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[500 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[700 400]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[700 0]
```

BARRAS:

Comando: MEMB

Sintaxis: [Barra Ni Nj Property]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	1
3	2	4	1

Ingreso de datos:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[2 4 1]

```

PROPIEDADES:

Comando: PROP

Sintaxis: [Area Iy Emod]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	1

Ingreso de datos:

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 1]

```

APOYOS:

Comandos: SUPP

Sintaxis: [Node UX? UZ? RY?]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	1
3	1	1	0

Ingreso de datos:

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[3 1 1 0]
```

FUERZAS NODALES:

Comando: NLF

Sintaxis: [Node FX FZ MY]

Ingreso de datos:

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #1
[4 0 2000 0]
```

DESPLAZAMIENTOS:

Comando: NLD (Node Load Displacement)

Sintaxis: [Node UX UZ RY]

Ingreso de datos:

```
Node: Displaced Node
UX UZ RY: Displacement Loads
[ Node UX UZ RY ]
Nodal Displ Load: #1
[1 0 0 -.003]
```

```
Node: Displaced Node
UX UZ RY: Displacement Loads
[ Node UX UZ RY ]
Nodal Displ Load: #2
[3 0 2 0]
```

CARGAS DISTRIBUIDAS:

Comando: MLZ

Sintaxis: [Memb wz1 wz2 d1 d2]

Ingreso de datos:

```

Memb: Loaded Member
d1: load starts  d2: load ends
[ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]
Memb Trap z Load: #1
[3 40 40 0 200]

```

INFORME DE LA ESTRUCTURA:

Comando: SINFO

File:	STR1		
Type:	Frame	Calc:	No
NODE:	4	NLF:	1
MEMB:	3	NLD:	2
PROP:	1	MLC:	-
SUPP:	2	MLX:	-
MREL:	-	MLZ:	1

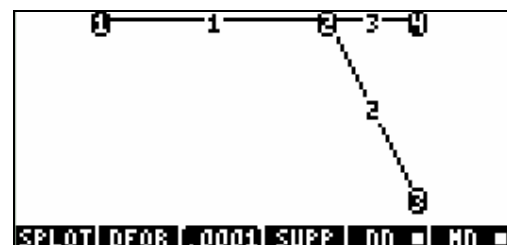
CALCULO DE LA ESTRUCTURA:

Comando en la HP: SCALC

Ejecutando este comando observaremos en el encabezado de la hp una serie de mensajes que nos va indicando el proceso de cálculo.

DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

Comando: SPLOT

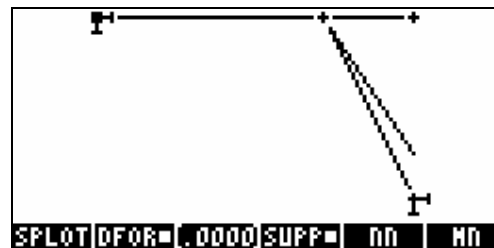


DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:

Antes de dibujar la deformada debemos fijar la escala de deformación, se puede ver en la parte derecha del comando DFOR un número, si presionamos la tecla de función correspondiente a este tenemos:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
.000000014
```

Presionamos ENTER y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:

**RESULTADOS NUMERICOS:**

Para una buena visualización de los resultados activaremos las banderas -72, -73 y -80, también fijaremos nuestro número de decimales a 3.

DESPLAZAMIENTO NODALES:

Comando: NDIS

Sintaxis: [Nudo ΔX ΔZ ΘY(rad)]

```
RAD XYZ HEX R= 'X'
{HOME}
1:
2:
3:
4:
1:
1. 0. 0.
2. -2305095.267 7530989.531
3. 0. 2.
4. -2305095.267 29659638576.4
QUERYPRINT NDIS REAC MFOR SINFO
```

Nudo	ΔX	ΔZ	ΘY
1.	0.	0.	-.003
2.	-2305095.267	7530989.531	-81593871.268
3.	0.	2.	40815147.401
4.	-2305095.267	29659638576.4	-174927204.601

REACCIONES:

Comando: REAC

Sintaxis: [Nudo RX RZ MY]

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1:
2:
3:
4:
1: [1. 4610.191 1957.53 -326194.741]
   [3. -4610.191 -11957.53 0.]
QUERY PRINT NOIS REAC MFOR SINFO

```

Nudo	RX	RZ	MY
1.	4610.191	1957.53	-326194.741
3.	-4610.191	-11957.53	0.

FUERZAS EN LAS BARRAS:

Comando: MFOR

Sintaxis: [Barra Nudo Axial Corte Momento]

```

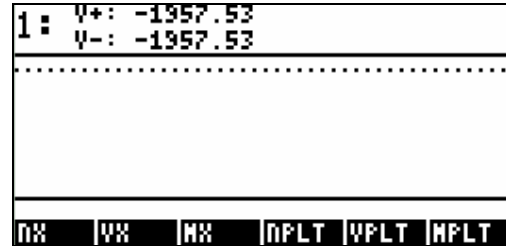
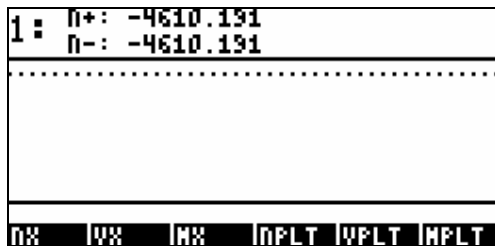
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1: [1. 1. 4610.191 1957.53 -326194.741]
   [1. 2. -4610.191 -11957.53 -652389.482]
   [2. 2. 12756.88 1224.09 -54740.0]
   [2. 3. -12756.88 -1224.09 12000.0]
   [3. 2. 0. -10000. 12000.0]
   [3. 4. 0. 2000. 0.]
QUERY PRINT NOIS REAC MFOR SINFO

```

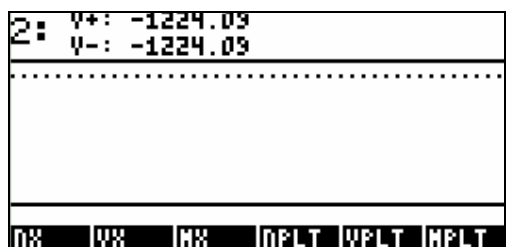
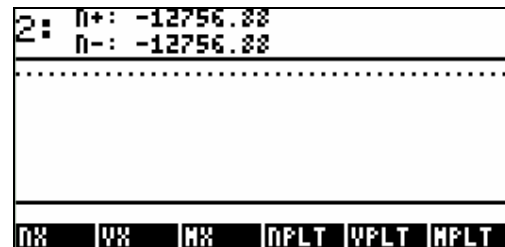
Barra	Nudo	Axial	Corte	Momento
1.	1.	4610.191	1957.53	-326194.741
1.	2.	-4610.191	-1957.53	-652570.226
2.	2.	12756.88	1224.09	-547429.774
2.	3.	-12756.88	-1224.09	0.
3.	2.	0.	-10000.	1200000.
3.	4.	0.	2000.	0.

GRAFICO DE LAS FUERZAS:**FUERZAS AXIALES:****FUERZAS CORTANTES:**

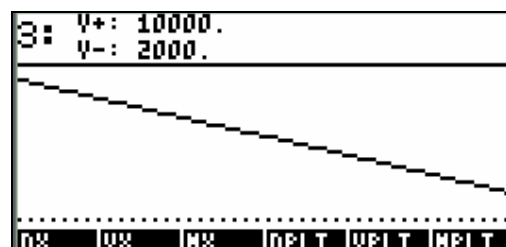
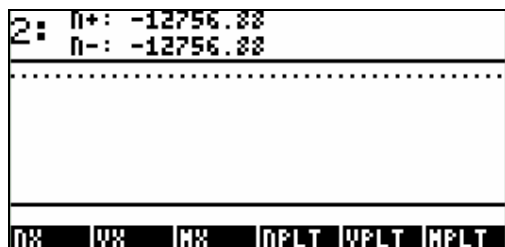
Barra 1:



Barra 2:



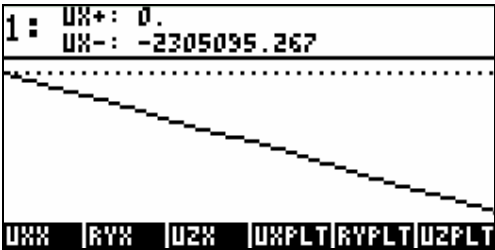
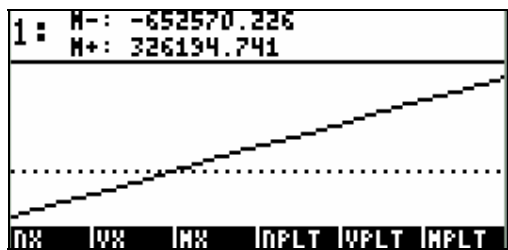
Barra 3:



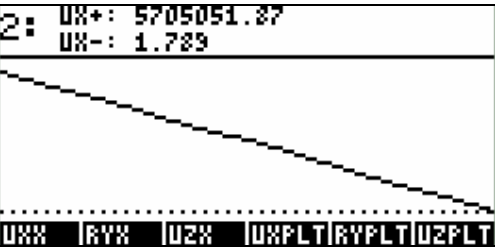
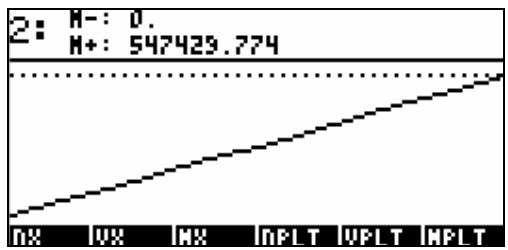
MOMENTOS FLECTORES:

DESPLAZAMIENTO EN X:

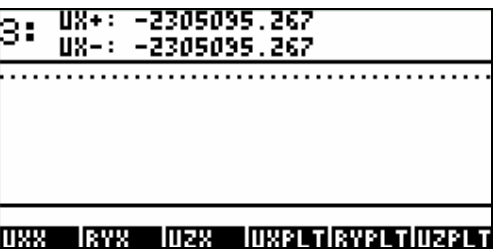
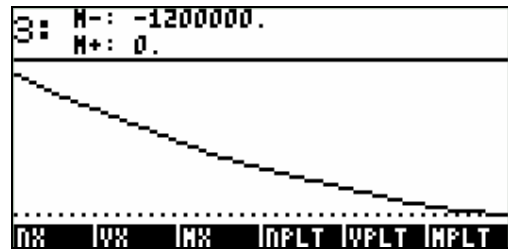
Barra 1:



Barra 2:



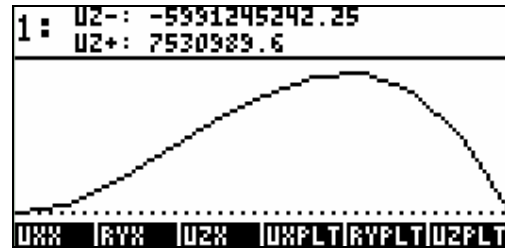
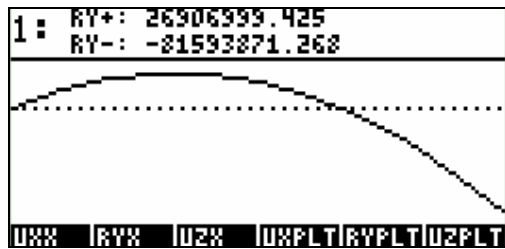
Barra 3:



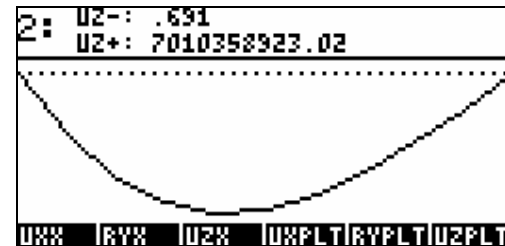
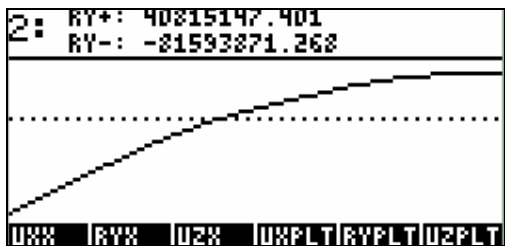
ROTACION EN Y:

DESPLAZAMIENTO EN Z:

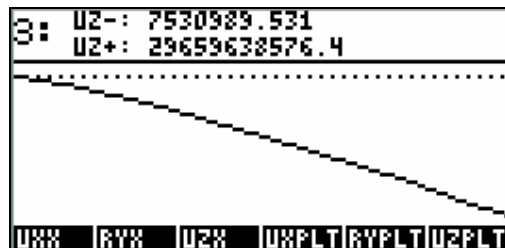
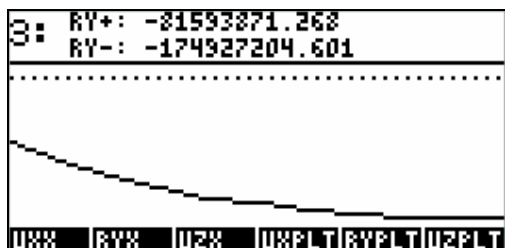
Barra 1:



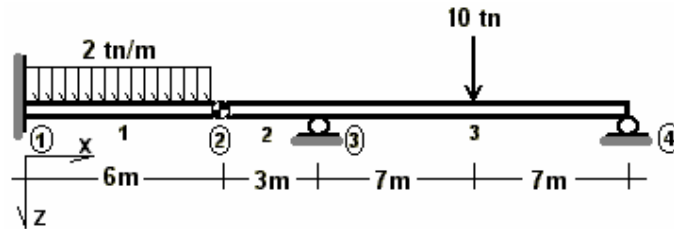
Barra 2:



Barra 3:



Ejemplo 5.- Calcular las fuerzas cortantes y momentos flectores de la viga que se muestra sabiendo que en el nudo 2 existe una rotula, el módulo de elasticidad y la Inercia es constante. $EI_y = cte$



Ejecutamos el comando STYPE por que la estructura que analizaremos es del tipo marco, en el stack debe salirnos el mensaje "FRAME":

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME] 01 15:18:JAN
5:
4:
3:
2:
1: "FRAME"
$FRAM$STRUS$STYPER AV $INFO FEN

```

COORDENADAS:

Comando: Node

Sintaxis: [X Z]

Nudo	X	Z
1	0	0
2	6	0
3	9	0
4	23	0

Ingreso de Datos:

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[6 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[9 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[23 0]
```

BARRAS:

Comando: MEMB

Sintaxis: [Ni Nj Property]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	1
3	3	4	1

Ingreso de datos:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[3 4 1]

```


PROPIEDADES:

Comando: PROP

Sintaxis: [Area Iy Emod]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	1

Ingreso de datos:

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 1]

```

APOYOS:

Comando: SUPP

Sintaxis: [Node UX? UZ? RY?]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	1
2	0	0	1
3	0	1	0
4	0	1	0

Ingresos de datos:

```

Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]

```

```

Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[2 0 0 1]

```

```

Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #3
[3 0 1 0]

```

```

Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #4
[4 0 1 0]

```

BARRAS DESACOPLADAS:

Comando: MREL

Sintaxis: [Barra Reli? Relj?]

Reli? = pregunta si esta acoplada (fija) o desacoplada (libre) su nudo inicial.

Relj? = pregunta si esta acoplada (fija) o desacoplada (libre) su nudo final.

Barra	Reli?	Relj?
1	0	1
2	1	0

Ingreso de datos:

```
Member Moment end release
0=NO REL (FIXED) 1=REL (PINNED)
[ Member RELi? RELj? ]
Released Member: #1
[1 0 1]
```

```
Member Moment end release
0=NO REL (FIXED) 1=REL (PINNED)
[ Member RELi? RELj? ]
Released Member: #2
[2 1 0]
```

CARGAS CONCENTRADAS O PUNTUALES:

Comando: NLC

Sintaxis: [Barra Fx Fz My d]

Barra	Fx	Fz	My	d
3	0	10	0	7

Ingreso de datos:

```
Membr: Loaded Member
d: Distance from Ni
[ Memb Fx Fz My d ]
Memb Conc Load: #1
[3 0 10 0 7]
```

CARGAS DISTRIBUIDAS :

Comando: MLZ

Sintaxis: [Barra wz1 wz2 d1 d2]

Barra	WZ1	WZ2	d1	d2
1	2	2	0	6

El ingreso de datos es como sigue:

```

Memb: Loaded Member
d1: load starts  d2: load ends
[ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]
Memb Trap z Load: #1
[1 2 2 0 6]

```

INFORME DE LA ESTRUCTURA:

Comando: SINFO

```

File:  STR1
Type:  Frame   Calc:  No
Node:   4      NLF:   -
Memb:   3      NLD:   -
Prop:   1      MLC:   1
Supp:   4      MLX:   -
MREL:   2      MLZ:   1
FILE INPUT SCALC RESULT PLOT SINFO

```

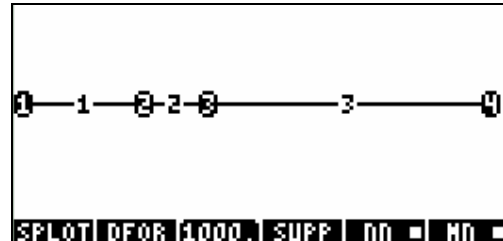
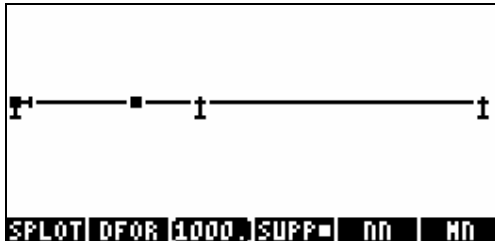
CALCULO DE LA ESTRUCTURA:

Comando en la HP: SCALC

Ejecutamos este comando y observaremos en el encabezado de la hp una serie de mensajes que nos va indicando el proceso de cálculo.

DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

Comando: SPLOT

**DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:**

Antes de dibujar la deformada debemos fijar la escala de deformación, se puede ver en la parte derecha del comando DFOR un número **1000.**

Para nosotros bastara cambiar el 1000 por 0.01 (tanteo) caso contrario no se podrá visualizar bien la deformada:

```

DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
.01
  
```

Presionamos ENTER y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:



RESULTADOS NUMERICOS:

Para una buena visualización de los resultados activaremos las banderas -72, -73 y -80.

FUERZAS EN LAS BARRAS:

Comando: MFOR

Sintaxis: [Barra Nudo Axial Corte Momento]

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME] 02 17:18:JAN
1: 1. 1. 0. -6.378049 2.268293
   1. 2. 0. -5.621951 0.
   2. 2. 0. 5.621951 0.
   2. 3. 0. -5.621951 -16.865854
   3. 3. 0. -6.204704 16.865854
   3. 4. 0. -3.795296 0.
QUERY PRINT NOIS REAC MFOR SINFO

```

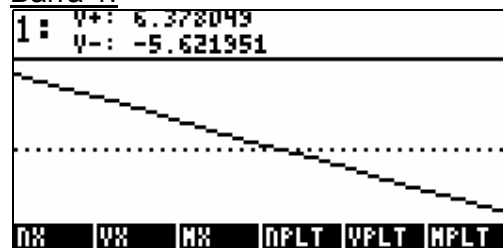
GRAFICO DE LAS FUERZAS:

Ingresamos al directorio QUERY.

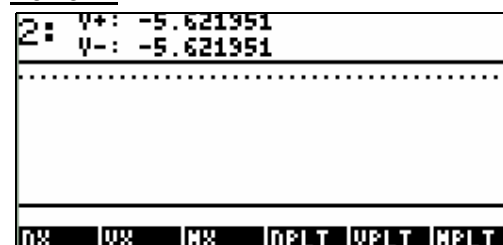
← WFLT

FUERZAS CORTANTES:

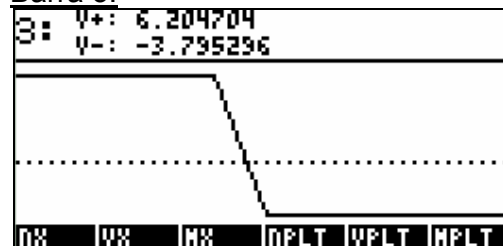
Barra 1:



Barra 2:



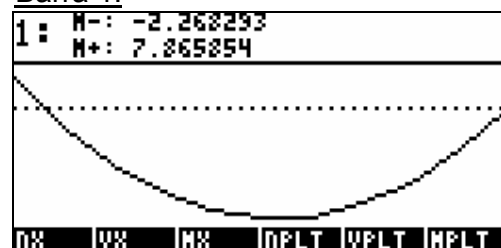
Barra 3:



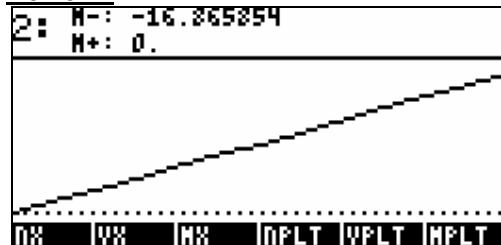
← WFLT

MOMENTOS FLECTORES:

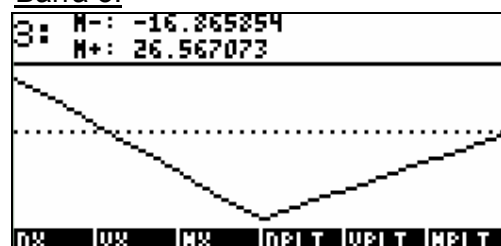
Barra 1:



Barra 2:



Barra 3:



Nota: (ver 4.3.25 del Manual de Referencia)

El módulo QUERY no puede calcular los desplazamientos transversales UZPLT y rotación RYPLT de las barras que tienen un desacoplamiento en el nudo inicial (Ni). Cuando intentamos graficar RYPLT y UZPLT de la barra 2 nos dará un mensaje de error:

 RYBAT Error:
MREL At Ni / TRUSS

 UZBAT Error:
MREL At Ni / TRUSS

Para evitar este error se deberá orientar la barra para que el desacoplamiento sea al final de está (nudo Nj). Como se sabe un nudo debe fijarse a por lo menos una barra para obtener la rotación, por otra parte la estructura no podrá resolverse. Debemos modificar la matriz de Barras y la matriz del comando MREL:

Apoyos:

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	3	2	1
3	3	4	1

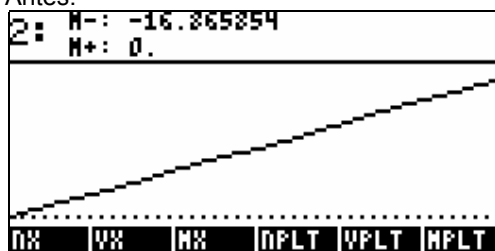
Barras Desacopladas:

Barra	Reli?	Relj?
1	0	1
2	0	1

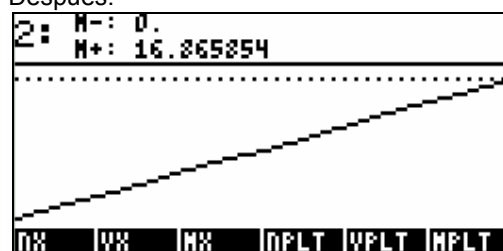
Lo que he hecho es orientar la barra 2 de manera que el nudo inicial Ni este siempre fijo, hecha la modificación calcularemos la estructura, al graficar el diagrama de momentos y el desplazamiento transversal de la barra 2 nos saldrá de cabeza, veamos:

Diagrama de momentos de la barra 2:

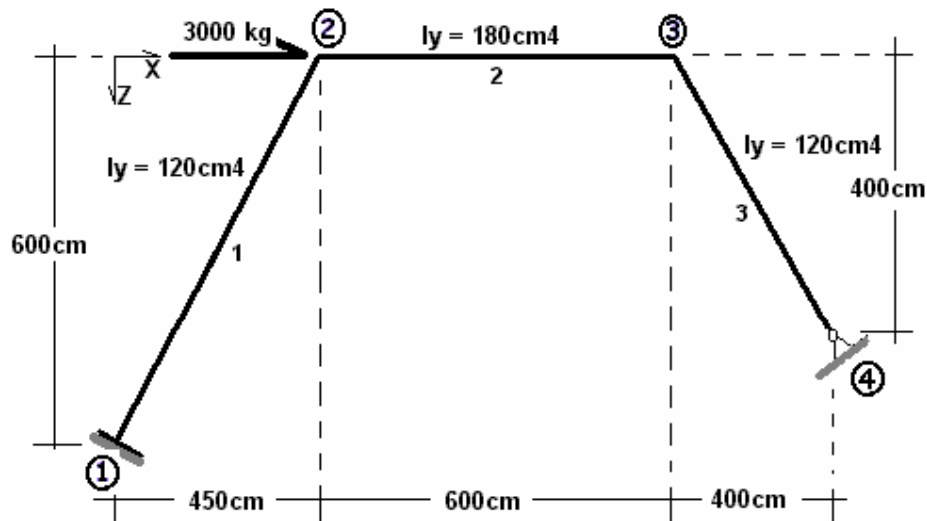
Antes:



Después:



Ejemplo 6.- Calcular las reacciones y dibujar los diagramas de cortantes y momentos del pórtico mostrado en la figura, $E_{mod}=2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$.



Como en el ejemplo anterior ejecutamos el comando STYPE por que la estructura que analizaremos es del tipo marco, en el stack debe salirnos el mensaje "FRAME".

COORDENADAS:

Comando: Node

Sintaxis: [X Z]

Nudo	X	Z
1	0	600
2	450	0
3	1050	0
4	1450	400

Ingreso de Datos:

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 600]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[450 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[1050 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[1450 400]
```

BARRAS:

Comando: MEMB

Sintaxis: [Ni Nj Property]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	2
3	3	4	1

Ingreso de datos:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 2]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[3 4 1]

```

PROPIEDADES:

Comando: PROP

Sintaxis: [Area Iy Emod]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	2000000
2	1.5	1.5	2000000

Ingreso de datos:

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 2E6]

```

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #2
[1.5 1.5 2E6]

```


APOYOS:

Comando: SUPP

Sintaxis: [Node UX? UZ? RY?]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	1
4	1	1	0

Ingresos de datos:

```
node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

```
node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[4 1 1 0]
```

FUERZAS O CARGAS NODALES:

Comando: NLF

Sintaxis: [Node FX FZ MY]

Nudo	Fx	Fz	My
2	3000	0	0

Ingreso de datos:

```
node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #1
[2 3000 0 0]
```

INFORME DE LA ESTRUCTURA:

Comando: SINFO

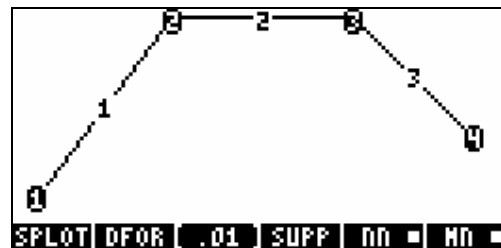
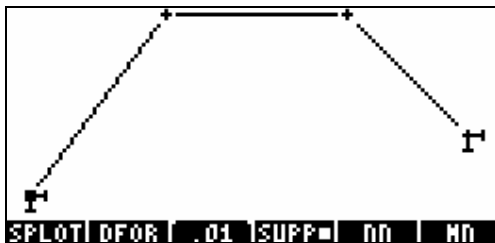
File:	STR1		
Type:	Frame	Calc:	No
Node:	4	NLF:	1
MEMB:	3	NLD:	-
PROP:	2	MLC:	-
SUPP:	2	MLX:	-
MREL:	-	MLZ:	-

CALCULO DE LA ESTRUCTURA:

Comando en la HP: SCALC

DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

Comando: SPLOT

**DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:**

```

DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
.01

```

Presionamos ENTER y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:



RESULTADOS NUMERICOS:

Para una buena visualización de los resultados activaremos las banderas -72, -73 y -80.

FUERZAS EN LAS BARRAS:

Comando: MFOR

Sintaxis: [Barra Nudo Axial Corte Momento]

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME] 05:37.12:JAN
1: [1. 1. -1580.393601 -639.515724
    1. 2. 1580.393601 639.515724
    2. 2. 1540.15125 880.605502
    2. 3. -1540.15125 -880.605502
    3. 3. 1711.73355 -466.369255
    3. 4. -1711.73355 466.369255
QUERY/PRINT NOIS REAC MFOR SINFO
```

Usando el comando SCROLL:

Barra	Nudo	Axial	Corte	Momento
1.	1.	-1580.393601	-639.515724	215091.791323
1.	2.	1580.393601	639.515724	264545.003259
2.	2.	1540.15125	880.605502	-264545.003261
2.	3.	-1540.15125	-880.605502	-263818.2977
3.	3.	1711.73355	-466.369255	263818.2977
3.	4.	-1711.73355	466.369255	0.

REACCIONES:

Comando: REAC

Sintaxis: [Apoyo Rx Rz My]

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME] 05:50.12:JAN
1: [1. -1459.848739 880.605447 215091.791323
    4. -1540.151264 -880.605538
QUERY/PRINT NOIS REAC MFOR SINFO
```

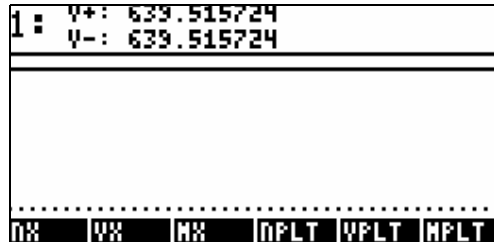
Apoyo	Rx	Rz	My
1.	-1459.848739	880.605447	215091.791323
4.	-1540.151264	-880.605538	0.

GRAFICO DE LAS FUERZAS:

Ingresamos al directorio QUERY.

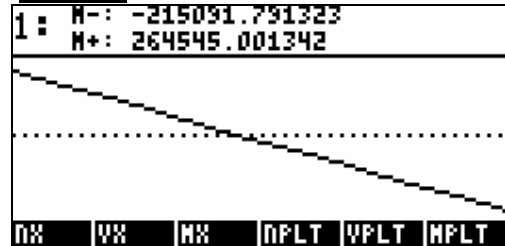
← **WFLT**
FUERZAS CORTANTES:

Barra 1:

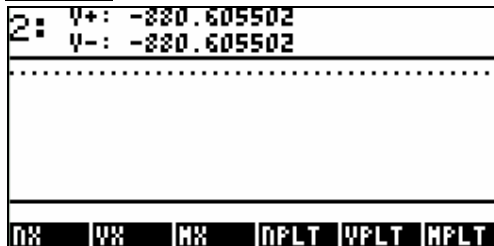


← **WFLT**
MOMENTOS FLECTORES:

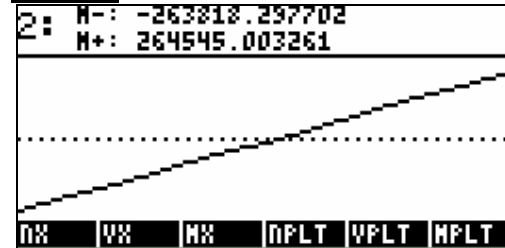
Barra 1:



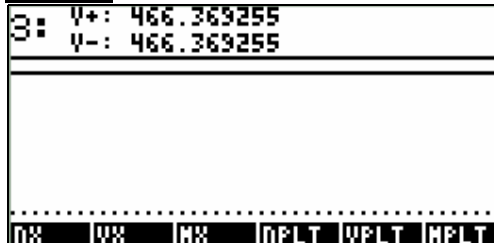
Barra 2:



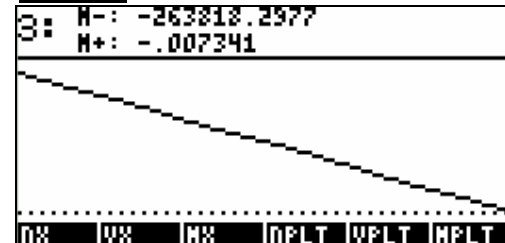
Barra 2:



Barra 3:



Barra 3:



PROGRAMANDO:

El FEM es totalmente programable podemos realizar programas a nuestro gusto.
Veamos una pequeñísima muestra:

```
« { { Δ { « NDIS [ 'Nu' 'ΔX→' 'ΔZ↓' 'Θ ' ] 1. ROW+ DUP SCROLL » } }
  { R { « REAC [ 'Ap' 'RX→' 'RZ↓' 'MY' ] 1. ROW+ DUP SCROLL » } }
  { F { « MFOR [ 'Ba' 'Nu' 'Fx' 'Fz' 'MY' ] 1. ROW+ DUP SCROLL » } }
  { INFO { « SINFO » } }
  { DRAW { « SPLOT » } }
  { PAPEL { « IFERR O$ SCROLL THEN END » } } } TMENU
»
```

El programa anterior crea un menú temporal que nos muestra los resultados de la última estructura calculada.

Cargamos el programa a la hp lo guardamos con un nombre y lo ejecutamos:



Un excelente ejemplo de programación aplicativo al FEM49v4.4 es el programa SHELL que viene incluido en el paquete FEM49v4.4.zip.