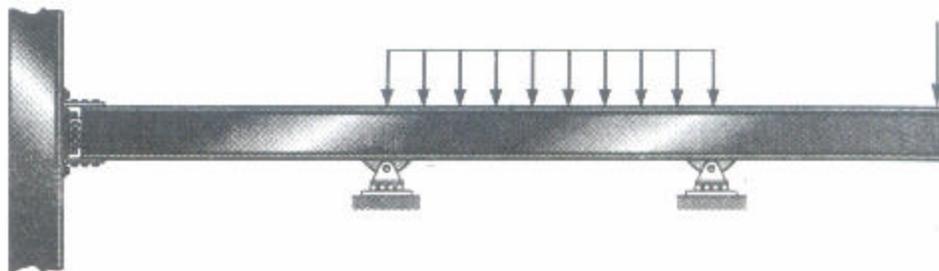




**VERSION 1.2**

**Programa de Análisis Estructural para la resolución de Vigas Estáticamente Determinadas e Indeterminadas.**



Todas las imágenes de ejemplo mostradas en este manual fueron sacadas de una TI-92 Plus, para la TI-89 la visualización debe variar.

**© Copyright German Flores Jarquín**  
Marzo 2003

**INDICE:**

• Derechos de Autor y Garantía	3
• Instalación	3
• Generalidades	4
• Historia	5
• Acciones Generales	6
• Convención de Signos	6
• Iniciando con el Programa	8
• Apoyos	9
• Cargas en los elementos	9
• Cargas en los Nodos	11
• Secciones Transversales	12
• Desplazamientos Forzados	13
• Analizando la Viga	14
• Viendo los Resultados	15
• Matrices	16
• Diagramas de Cortantes	18
• Recomendaciones	19
• Internal Error	19
• Agradecimientos	20
• Autor	21

## DERECHOS DE AUTOR Y GARANTÍA

Todas las subrutinas del grupo de programas Vigas son propiedad intelectual de German Flores Jarquín.

Algunos de los iconos utilizados en este programa para las barras de herramientas fueron sacados del programa Vigas por Esteban Richmond.

VIGAS se encuentra protegido contra escritura utilizando Prot92p by C Prgm Software que puede ser encontrado en <http://www.ticalc.org> sección DOS.

Este programa puede ser distribuido completamente gratis entre los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil o afines, que lo encuentren de utilidad.

El autor provee este programa "tal y como es", sin garantía de ningún tipo, sea esta expresa o implícita, incluidas garantías comerciales de cualquier caso en particular. Ni siquiera el autor se hará responsable por cualquier daño material accidental o provocado debido al mal manejo del programa.

## INSTALACIÓN

Solamente se necesita enviar a la calculadora el grupo de programas vigas.9xg para la TI-92 Plus o Voyage 200; o el grupo de programas vigas.89g para la TI-89, procurando que todos los archivos incluidos se encuentren guardados en una carpeta llamada VIGAS.

El programa consta de 5 subrutinas llamadas: vigas, vigascal, vigascor, vigashel y vigasres; al igual que de una serie de iconos y gráficos para su funcionamiento: apad, apai, apfh, apmh, asent, fdct, fdtl, fdtr, flab, help, momp, momn, new, pexit, pfng, picn, picx, pnext, sect, y vigaspic.

Vigas ocupa aproximadamente 27KB de memoria.

## GENERALIDADES

Este programa funciona en las calculadoras Texas Instruments TI-89, TI-92Plus y Voyage200. Pero cabe mencionar que las versiones para estas calculadoras no son iguales; es necesario utilizar la versión que le corresponde a cada una. La versión de la TI-92Plus se puede utilizar sin ningún problema en la Voyage200, pero en la TI-89 no funcionará en lo absoluto; por el contrario, la versión de la TI-89 si funcionará en la TI-92Plus y la Voyage200, pero su calidad será menor debido a las diferencias de pantalla, o sea, el tamaño de la viga será igual que en la TI-89.

VIGAS es un programa que fue concebido para la resolución de Vigas ya sean estas estáticamente determinadas o Indeterminadas utilizando métodos matriciales o de rigideces; a través de una interfaz gráfica sumamente sencilla que permite al usuario la posibilidad de introducir datos rápidamente.

VIGAS permite la introducción de diversos tipos de cargas como: distribuidas, puntuales y momentos. Los resultados proporcionados por el programa son los desplazamientos nodales, reacciones en los apoyos y las fuerzas internas en los extremos de los elementos; al igual que el diagrama de cortantes. En futuras versiones se tiene planeado implementar los diagramas de momentos.

VIGAS está elaborado en TI-Basic debido a su simplicidad de programación y no necesita de ningún programa extra o librería (yo no soy partidario de la utilización de librerías puesto que aumentan considerablemente el tamaño de los programas).

## HISTORIA

- Versión 1.2 (Marzo del 2003)
  - Borrado el mensaje de “Sección y Desplazamientos” que aparecía en la pantalla de resultados.
  - Implementación de diagramas de cortantes.
  - Nuevas matrices agregadas en los resultados.
  
- Versión 1.0 (Enero del 2003)
  - Nuevos iconos.
  - Nueva presentación.
  - Posibilidad de escoger convención de signos de fuerzas internas.
  - Nuevo sistema de mostrar el progreso del análisis.
  - Corregido error al presentarse varias cargas puntuales en un mismo elemento.
  - Corregido error al calcular fuerzas internas de los elementos cuando se presentaban desplazamientos forzados en los apoyos.
  - Corregido el error donde se mostraba un momento antihorario al intentar introducir un momento horario en un elemento.
  - Manual completo y Ejemplo explicativo.
  
- Versión 0.8 (Diciembre del 2002)
  - Carga rectangular con posibilidad de distancias entre nodos.
  - Carga distribuida triangular.
  - Cambios en la forma de introducir datos.
  - Corregido error de vigas doblemente empotradas de un solo elemento.
  - Corregido error de vigas en voladizo con empotre izquierdo y de un solo elemento.
  
- Versión 0.5 (Octubre del 2002)
  - Cargas puntuales verticales.
  - Cargas rectangulares en toda la longitud de un elemento.

## ACCIONES GENERALES

En la mayoría de las pantallas del programa aparecerán dos iconos en la barra de herramientas cuyo uso generalizado se explicará a continuación.



Este tipo de icono sirve en forma general para corregir errores en la introducción de datos. Es importante tener en cuenta que al momento de seleccionar esta opción, se borrarán todos los datos introducidos hasta el momento y correspondiente a la pantalla actual. Por ejemplo: si tenemos una viga con tres apoyos pero al intentar dibujar el tercer apoyo se comete algún error, entonces, para corregirlo seleccionamos el icono en la barra de herramientas y se borrarán todos los apoyos que se hayan dibujado hasta el momento, incluyendo aquellos que estén correctos!, por lo que se deberá volver a dibujar todos los apoyos nuevamente. Esto también es aplicable a la introducción de cargas. Esta opción está disponible al presionar F5 en la TI-92 Plus o Voyage 200 y F4 en la TI-89.

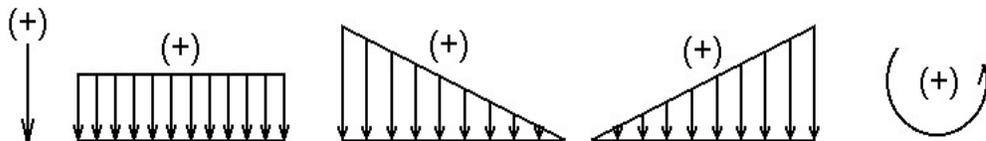


Este otro tipo de icono significa: continuar al siguiente paso. Es decir que una vez que se haya introducido todos los datos necesarios en una pantalla, se debe seleccionar este icono para pasar a la siguiente pantalla. Por ejemplo: si ya se han terminado de dibujar todos los apoyos correspondientes a la viga, se debe seleccionar este icono para pasar al siguiente paso que sería las cargas en los elementos y así sucesivamente con los siguientes pasos. Esta opción está disponible al presionar F6 en la TI-92 Plus o Voyage 200 y F5 en la TI-89.

## CONVENCIÓN DE SIGNOS

VIGAS utiliza diferentes tipos de convenciones de signos de acuerdo a si se están introduciendo datos o si se están visualizando los resultados. A continuación los diferentes tipos de convenciones.

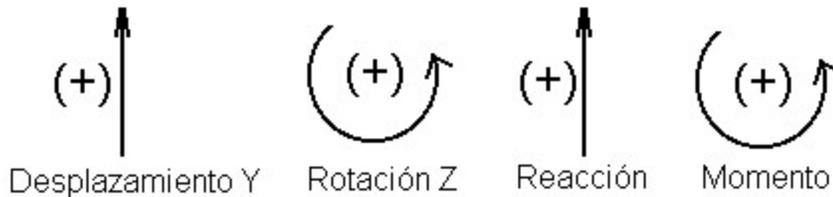
La convención de signos para la introducción de cargas es la siguiente:



Por ejemplo, si existen cargas dirigidas en dirección contraria (hacia arriba) a las mostradas anteriormente, el usuario perfectamente puede indicar el signo negativo

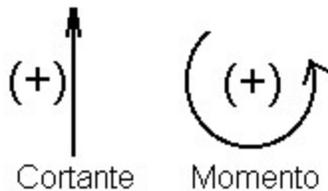
al momento de introducir la magnitud, pero el programa siempre mostrará la fuerza hacia abajo; este problema se resolverá en una versión futura.

La convención de signos para los desplazamientos y las reacciones en los resultados es la siguiente:

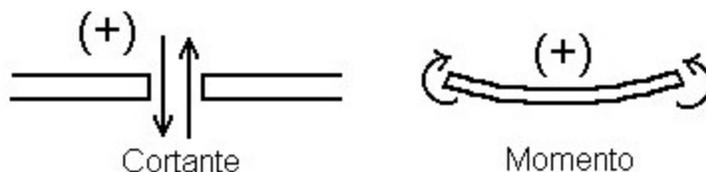


Las fuerzas internas en los extremos de un elemento pueden tener dos tipos de convenciones de signos, las que pueden ser ajustadas de acuerdo a las preferencias del usuario en la pantalla de inicio, presionando F2 y seleccionando *convención*. Estos dos tipos de convenciones son las siguientes:

A) Normal



B) Diagramas



Este último tipo de convención (diagramas) es útil para la elaboración de los diagramas de cortante y momento, ya que proporcionan los resultados con los signos que corresponden a los diagramas en los extremos de los elementos. Para comprender ambos tipos de convenciones, es recomendable que se revise el ejemplo incluido.

## INICIANDO CON EL PROGRAMA

Al iniciar el programa, se mostrará la presentación y una barra de herramientas en la parte superior de la pantalla con las siguientes opciones:



Permite comenzar un nuevo problema.



Este menú se divide en otras tres opciones:

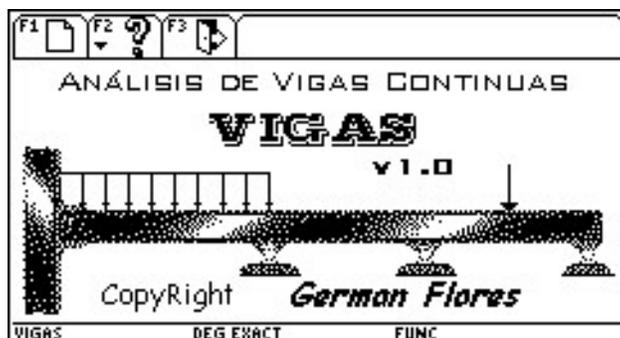
Ayuda: Muestra algunos tipos y convenciones utilizadas por el programa.

Convención: Permite al usuario escoger el tipo de convención de signos para las fuerzas internas.

Acerca de...: Muestra una ventana con información del programa y el autor.



Sale completamente del programa a la pantalla Home.



## APOYOS

El siguiente paso consiste en seleccionar los tipos de apoyos que posee la viga; estos se pueden escoger utilizando la barra de herramientas en la parte superior de la pantalla.



Si se seleccionan tipos de apoyos articulados (fijos) o de rodillo, el programa pedirá la distancia a la que se encuentran. Esta distancia se mide a partir del extremo izquierdo de la viga.

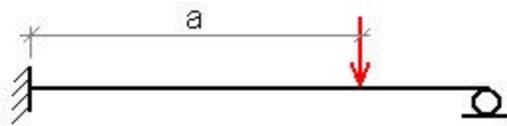
## CARGAS EN LOS ELEMENTOS

Después de haber terminado de colocar los apoyos en la viga, se procederá a colocar las cargas en los elementos (las cargas que actúan directamente en los nodos se colocarán después).



### **Cargas puntuales**

Al seleccionar este tipo de carga se debe indicar en que elemento se encuentra actuando, su magnitud y a que distancia del nodo izquierdo de este elemento se encuentra ubicada.

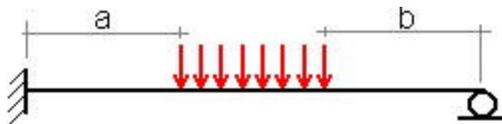


Donde;

$a$  = distancia al nodo izquierdo

### **Cargas distribuidas rectangulares**

Se indica el elemento en que se encuentra actuando, su magnitud, e igualmente se proporciona la distancia entre la parte inicial de la carga y el nodo izquierdo del elemento; y la distancia entre la parte final de la carga y el nodo derecho del elemento.



Donde;

$a$  = distancia al nodo izquierdo

$b$  = distancia al nodo derecho

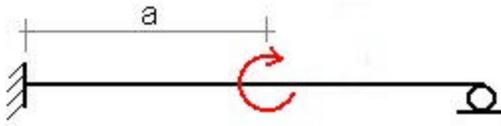
### **Cargas distribuidas triangulares**

Por el momento las cargas distribuidas triangulares presentan una limitante y es que solamente se pueden aplicar en toda la longitud de un elemento; por lo que solamente se debe indicar en que elemento se encuentra actuando y su magnitud.



## Momentos

Los momentos se introducen de una forma similar a las cargas puntuales, solamente se indica el elemento en que actúan, su magnitud, y por último la distancia al nodo izquierdo del elemento en que se encuentra.



Donde;

a = distancia al nodo izquierdo

## **CARGAS EN LOS NODOS**

Después de haber cargado los elementos, se procede a colocar las cargas que actúan directamente sobre los nodos.



## Cargas Puntuales

Se indica el nodo en que se encuentra actuando la fuerza y su magnitud.

## Momentos

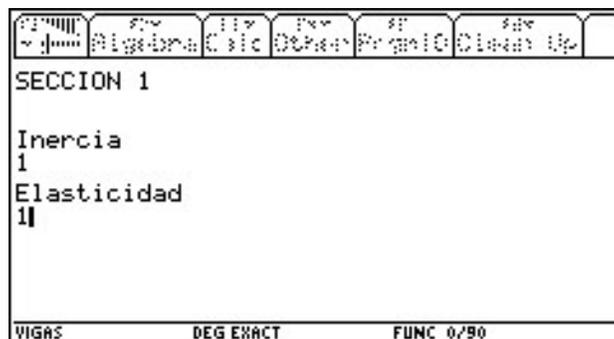
Se indica el nodo en que se encuentra actuando el momento y su magnitud.

## SECCIONES TRANSVERSALES

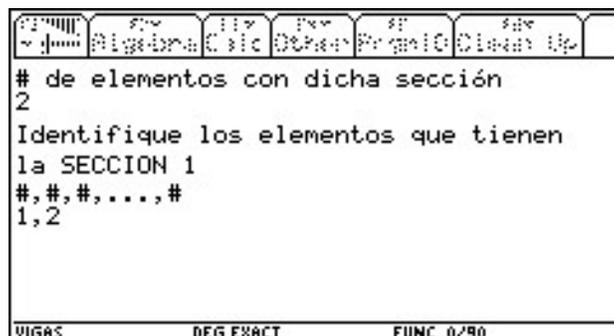
Después de haber cargado completamente la viga, se mostrará la siguiente pantalla:



Al seleccionar el icono  con F1, se comienzan a introducir los datos que caracterizan las secciones y materiales de la viga. Se indican cuantas secciones transversales diferentes existen entre los elementos; en dado caso que las secciones sean constantes o que la viga sea determinada, entonces, el número de secciones será uno (1). En caso que no se proporcionen valores numéricos de la sección, se puede tomar  $\text{área}=1$  y  $\text{elasticidad}=1$  como valores representativos.



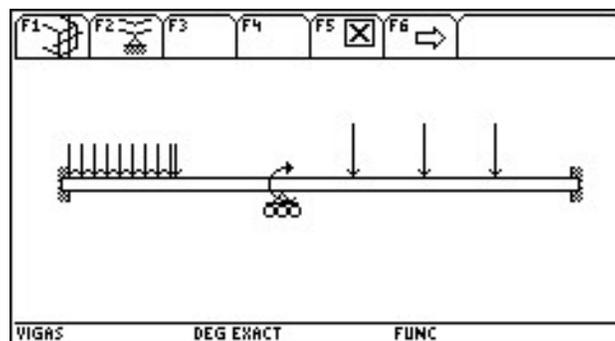
Después se deberá indicar los valores del área y módulo de elasticidad para cada sección diferente. Y para terminar indicar el número de elementos que poseen determinada sección y a continuación enumerarlos separados por una coma.



Realmente no es necesario introducir las secciones transversales cuando estas son constantes en los elementos, es decir, cuando no se proporcionan valores del área y la elasticidad, por lo que se tendrían que suponer como unitarios. En estos casos al llegar a la pantalla con el icono de sección, si se decide continuar inmediatamente, el programa simplemente supondrá que los elementos poseen secciones constantes.

## DESPLAZAMIENTOS FORZADOS

En la misma pantalla que sigue a continuación de las cargas en los nodos, se puede seleccionar la opción de introducir desplazamientos y rotaciones forzadas. Esto quiere decir que en dado caso que un apoyo se asiente (para cualquier tipo de apoyo) o rote (únicamente en empotres), se producirán esfuerzos extras a las que se encontrará sometida la viga. Para seleccionar esta opción simplemente se selecciona el icono  presionando F2 en la pantalla correspondiente.



Es muy importante mencionar que si se desea corregir algún dato en esta pantalla presionando el icono "x"; se borrarán todos los datos que se hayan introducido correspondientes a la sección transversal y a los desplazamientos forzados inclusive.

El primer dato a introducir será el número de nodos que sufren algún desplazamiento (o rotación forzada); a continuación para cada nodo que sufren estos desplazamientos se debe indicar el nodo, la magnitud de la rotación y la magnitud del desplazamiento, estos valores pueden ser nulos o cero, si no existen los dos a la vez.



## ANALIZANDO LA VIGA

Una vez que ya se han introducido todos los datos necesarios, se puede proceder a analizar la viga seleccionando el icono  $\Rightarrow$  en la misma pantalla donde se introducen las secciones y los desplazamientos. El programa mostrará una ventana con una barra que indica el progreso del análisis. De hecho la presentación del avance a través de la barra de progreso provoca que el análisis se realice de una forma más lenta a lo que normalmente se haría; pero creo que esto es aceptable considerando que una viga no está formada por muchos elementos como ocurre en una armadura, donde la velocidad es un punto crítico a tratar.

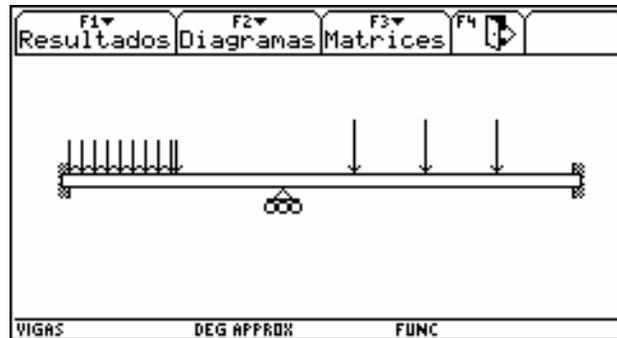


Una vez terminado el análisis se mostrará un mensaje y se pedirá al usuario que presione ENTER para mostrar la pantalla de resultados.

## VIENDO LOS RESULTADOS

Los resultados proporcionados por el programa son los desplazamientos nodales, las reacciones en los apoyos y las fuerzas internas en los extremos de los elementos; todos mostrados en formas de "tablas" (en realidad matrices, para permitir facilidad de visualización). En dado caso que el usuario considere que las matrices utilizadas en el análisis también son de utilidad, el programa proporciona las matrices de los elementos y la matriz principal de la estructura dividida en sus cuatro partes principales, así como el resto de matrices calculadas; para identificar estas matrices y las fórmulas necesarias, se puede revisar la ayuda incluida en el programa.

Para el caso de las fuerzas internas, se podrán tener dos tipos de convenciones de signos (la cual se escoge en la pantalla de inicio) de acuerdo a las preferencias del usuario como ya se ha mencionado anteriormente.



Una vez que ya se hayan revisado los resultados, se presiona F3 para salir, inmediatamente se le pregunta al usuario si está seguro que desea salir, en caso afirmativo se presiona ENTER pero si se desea volver a la pantalla de resultados se puede presionar ESC.

## MATRICES

Las matrices de los elementos se completan de la siguiente manera:

$$[K] = \begin{bmatrix} \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} \\ \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} \\ -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} \end{bmatrix}$$

A partir de las matrices de los elementos se completa la matriz total de toda la viga, la cual se divide en cuatro partes para calcular primeramente los desplazamientos ocupando las dos partes superiores y luego con los desplazamientos calcular las reacciones utilizando las dos partes inferiores de la matriz total. A continuación están las fórmulas utilizadas pero sin entrar en muchos detalles porque es de suponer que el usuario debe conocer el método si desea utilizar las matrices.

Desplazamientos:

$$[K_{nn}]\{\ddot{A}_n\} + [K_{nr}]\{\ddot{A}_r\} = \{Q_n\}$$

Reacciones:

$$[K_{rn}]\{\ddot{A}_n\} + [K_{rr}]\{\ddot{A}_r\} - \{Q_r\} = \{R_r\}$$

Fuerzas internas:

$$[K]\{\ddot{A}\} + \{Q\} = \{Q_f\}$$

Donde;

$K_{nn}$  = submatriz superior izquierda de la matriz total

$K_{nr}$  = submatriz superior derecha de la matriz total

$K_{rn}$  = submatriz inferior izquierda de la matriz total

$K_{rr}$  = submatriz inferior derecha de la matriz total

$\ddot{A}_n$  = desplazamientos nodales

$\ddot{A}_r$  = desplazamientos forzados

$Q_n$  = fuerzas equivalentes en los movimientos libres

$Q_r$  = fuerzas equivalentes en los movimientos restringidos

$Q_f$  = fuerzas internas en los extremos de los elementos

$R_r$  = Reacciones

$K$  = matriz de rigidez de un elemento

$\ddot{A}$  = desplazamientos correspondientes a los extremos de un elemento

$Q$  = fuerzas equivalentes correspondientes a los extremos de un elemento

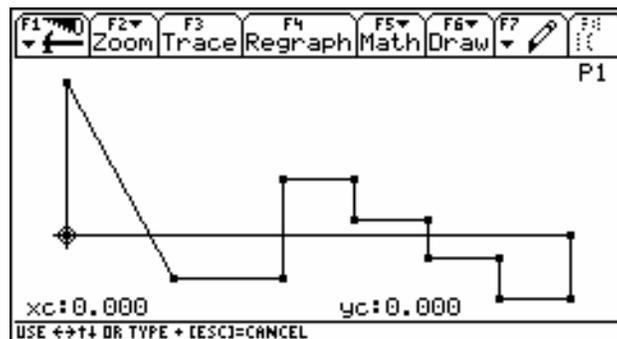
Si aún se tienen problemas en la forma en que se introducen los datos o la interpretación de los resultados obtenidos, entonces, es aconsejable revisar el ejemplo paso a paso que se incluye dentro de este archivo zip.

## DIAGRAMAS DE CORTANTE

Por el momento únicamente los diagramas de momento se han logrado implementar y con algunas limitaciones.

Los diagramas solamente son correctos cuando existen cargas distribuidas rectangulares o fuerzas puntuales. En caso de haber cargas distribuidas triangulares, el programa graficará un diagrama pero este será incorrecto.

La forma de presentar los diagramas es como *Plots*, este sistema tiene la ventaja de que se pueden mover el cursor entre los puntos más importantes para ver los valores correspondientes a dichos puntos.



## RECOMENDACIONES

- Archivar el grupo de programas todo el directorio Vigas excepto la expresión *opción* que es la que contiene el volar requerido para saber cual convención de signos utilizar en las fuerzas internas.
- Como ya lo mencione, una viga generalmente posee pocos elementos porque no será necesario utilizar tanta memoria, con unos 30K de memoria libre será más que suficiente.
- No es recomendable cambiar de nombre los archivos o cambiarlos de directorio puesto que provocaría el mal funcionamiento del programa.
- Antes de comenzar un problema es buena idea seleccionar el tipo de convención de signos a usar en la pantalla de inicio, al salir del programa la opción seleccionada quedará residente en memoria en una variable llamada *opción*, para futuros problemas. En dado caso que esta variable se borre, la convención normal será la opción predeterminada.

## INTERNAL ERROR

Si por algún motivo no se puede correr el programa en lo absoluto y se muestra el mensaje "Internal Error" desde un inicio, entonces, puedes crear una copia de seguridad de la calculadora en la computadora, aunque es realmente preferible ARCHIVAR absolutamente todo en la memoria ROM y a continuación será necesario resetear la calculadora siguiendo únicamente los siguientes pasos:

- En la TI-89 presiona (y mantén presionados) *izquierda + derecha + 2nd + ON*.
- En la TI-92 Plus y Voyage 200 presiona (y mantén presionados) *2nd + Lock (hand) + ON*.

Después de hacer esto, la calculadora se reseteará y el programa funcionará sin ningún problema.

Es importante recordar que, por supuesto, el directorio VIGAS debe estar presente en la calculadora al momento de resetearla y no debe ser reemplazado en caso que se reestablezca una copia de seguridad desde la computadora.

## AGRADECIMIENTOS

- A Esteban Richmond, ya que de su propio programa de vigas saqué algunos iconos para utilizarlos en mi programa.
- A mi amigo Carlos P. Coca quien me advirtió de dos errores presentes en la versión 0.5 con vigas doblemente empotradas y en voladizo; y otro error presente en la versión 0.8 al introducir momentos horarios en los elementos; además de un último error en el diagrama de cortantes cuando existen cargas puntuales dentro de cargas distribuidas.
- A todas las personas que visitan mi página y que me alientan a seguir adelante en especial Jimmy Rueda.
- A mi hermano Kenneth puesto que cuando a mi calculadora se le acabaron las baterías prácticamente secuestré la de él para poder seguir trabajando en el programa.
- Como siempre a mis amigos casi mis hermanos: Mirna, Ovidio y Noel, gracias por su apoyo.
- Al personal de ticalc.org por permitir a los programadores distribuir sus programas de forma gratuita.
- Al personal de geocities.com por permitir también la creación de mi página de forma gratuita.
- A Texas Instruments por la creación de tan excelentes calculadoras.

**AUTOR****German Josué Flores Jarquín**

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Managua, Nicaragua

2003

Si desean buscar otros programas relacionados con Ingeniería Civil, y las últimas versiones de aquellos elaborados por mí, los pueden encontrar en mi página:

<http://www.geocities.com/ingenieria8992>

Como siempre, si tienen preguntas y necesitan algo de ayuda no duden en contactarme a cualquiera de las direcciones mostradas en la parte inferior. Sus comentarios, ideas y reportes de errores también juegan un papel muy importante para el buen desarrollo de este programa, generalmente las adiciones a nuevas versiones provienen de peticiones de los usuarios; así que si necesitan algo especial simplemente pidanlo, porque sino lo hacen supondré que todo está bien.

[necromanser@latinmail.com](mailto:necromanser@latinmail.com)

[necromanser2@yahoo.com](mailto:necromanser2@yahoo.com)

[german\\_josue\\_flores\\_jarquín@hotmail.com](mailto:german_josue_flores_jarquín@hotmail.com)