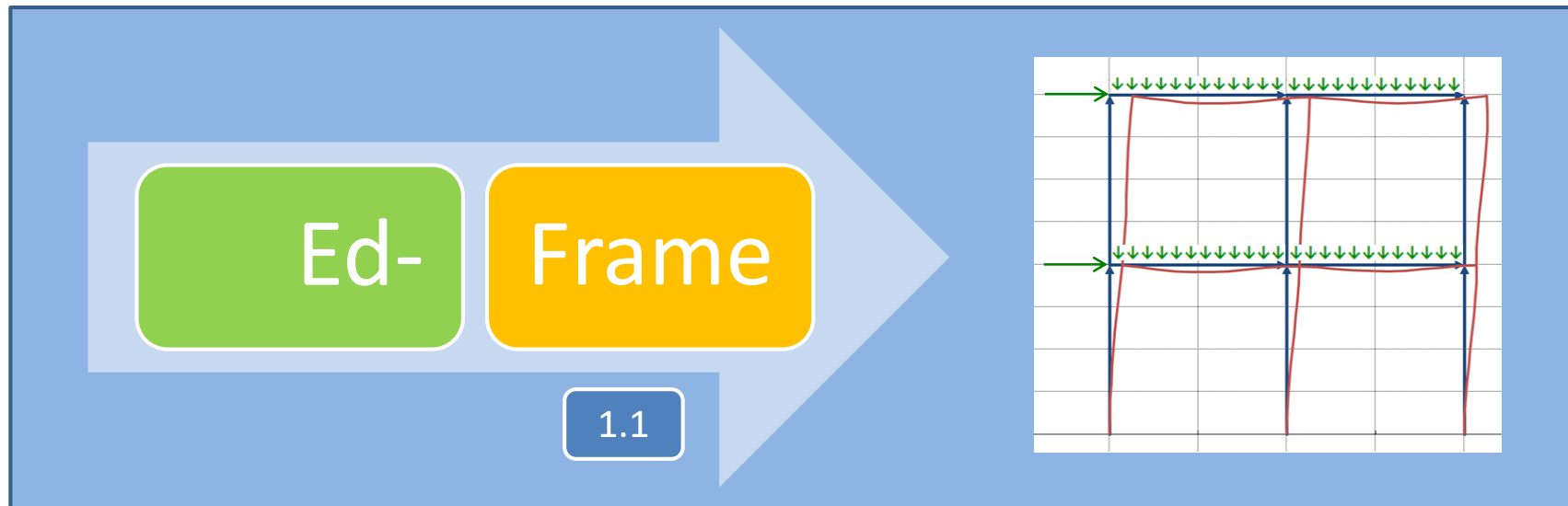




Link de descarga: <http://bit.ly/Ed-Framev1-1>

Para comentarios y corrección de errores contactar con: ignaciosq@hotmail.com

© 2009-2016

Ignacio José Simón Gámez

Antonio González Herrera

Jose Manuel García-Manrique Ocaña

Área de Medios Continuos y Teoría de Estructuras

Universidad de Málaga

Introducción a "Educational Frame" v1.1 - Cálculo matricial básico de estructuras.

Esta aplicación en Excel realiza paso a paso, de manera automática, interactiva y visual, el cálculo matricial de estructuras planas (entramados o "frames") de barras prismáticas, de materiales elásticos y lineales, con cargas en el plano (cargas puntuales en nudos, y cargas uniforme, puntual y de diferencia de temperatura en barras).

La aplicación permite la posibilidad de utilización de apoyos no concordantes y/o apoyos elásticos.

El propósito de esta aplicación es educacional, como herramienta para el proceso de enseñanza-aprendizaje del comportamiento cualitativo y cuantitativo de estructuras planas. No se trata de un programa de cálculo general de estructuras, por lo que el número de nudos y barra está limitado, con un máximo de 10 barras y 10 nudos.

Todos los cálculos se realizan mediante fórmulas concatenadas y dinámicas, de manera que si se varía el valor de un dato, se actualizarán automáticamente todas las hojas de cálculo. Las mayoría de fórmulas están implementadas de manera predeterminada, si bien en algunos pasos las fórmulas se generan mediante la ejecución de macros programadas que se ejecutarán con intervención del usuario pulsando botones asociados a las macros. Los esquemas de fuerzas y las gráficas también están automatizados.

Nota importante:

La aplicación es un Libro de Excel habilitado para macros (.xlsm) versión Office 2007; para la ejecución de las macros, es necesario tener habilitada la ejecución de macros.

(Inicio... Opciones de Excel... Centro de confianza... Configuración de centro de confianza... Configuración de macros... Habilitar todas las macros).

Sin tener habilitada la ejecución de macros, la aplicación no puede realizar su función.

Introducción al cálculo matricial de estructuras planas mediante el método de la rigidez.

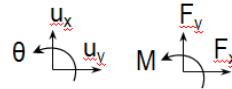
Este apartado realiza una breve descripción de la teoría del cálculo matricial aplicado al ámbito de aplicación de este programa, ilustrando el proceso de cálculo que realiza la aplicación.

Se ha seguido la nomenclatura habitual y expresada en el libro:

Blanco Claraco, J.L.; González Herrera, A.; García-Manrique Ocaña, J.M. (2012): "Análisis estático de estructuras por el método matricial" Universidad de Málaga - Manuales. 1ª edición.

<http://publicacionesydivulgacion.uma.es/publicaciones-electronicas/product/8421-analisis-estatico-de-estructuras-por-el-metodo-matricial.html>

En el cálculo matricial, se realiza una discretización del medio continuo de la estructura en un medio discreto, mediante nudos con 3 grados de libertad (GDL) por nudo (u_x , u_y y θ) y 3 fuerzas exteriores (F_x , F_y y M) en cada nudo de la estructura.



Y mediante barras que conectan nudos dos a dos, con 6 GDL por barra, representados por los vectores fuerza $\bar{f}$ y movimientos $\bar{u}$ en los extremos de la barra (según coordenadas locales $\bar{u}$).

$$\begin{pmatrix} \bar{f}_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{xi} \\ f_{yi} \\ m_i \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \bar{u}_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_{xi} \\ u_{yi} \\ \theta_i \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \bar{f}_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{xj} \\ f_{yj} \\ m_j \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \bar{u}_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_{xj} \\ u_{yj} \\ \theta_j \end{pmatrix} \quad \bar{f} = \begin{pmatrix} \bar{f}_i \\ \bar{f}_j \end{pmatrix} \quad \bar{u} = \begin{pmatrix} \bar{u}_i \\ \bar{u}_j \end{pmatrix}$$

La ley de comportamiento de cada barra viene dada, en el método de la rigidez, por una ecuación matricial que relaciona $\bar{f}$ y $\bar{u}$, mediante la matriz de rigidez $\bar{k}$, siendo las incógnitas los movimientos en este método, de forma que las fuerzas se ponen en función de los movimientos, en vez de a viceversa. El símbolo $\bar{\cdot}$ se refiere a las coordenadas locales de la barra, cuyo sentido x positivo se define desde el nudo i inicial al nudo j final.

$$\begin{pmatrix} \bar{f} \end{pmatrix} = \left[\bar{k} \right] \begin{pmatrix} \bar{u} \end{pmatrix}$$

La ecuación matricial de comportamiento se obtiene a partir de las ecuaciones de comportamiento axial y a flexión de Resistencia de materiales, pudiéndose expresar por submatrices,

$$\begin{pmatrix} \bar{f}_i \\ \bar{f}_j \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \left[\bar{k}_{ii} \right] & \left[\bar{k}_{ij} \right] \\ \left[\bar{k}_{ji} \right] & \left[\bar{k}_{jj} \right] \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \bar{u}_i \\ \bar{u}_j \end{pmatrix}$$

donde $\bar{f}_i$ es el vector de fuerzas en el extremo i de la barra, $\bar{u}_j$ es el vector movimientos en el extremo j de la barra, y $\bar{k}_{ij}$ es la submatriz de rigidez ij, que representa el vector de fuerzas que aparece en el extremo i cuando se aplica un vector de movimientos unidad en el extremo j, manteniendo a cero los restantes grados de libertad.

Se consideran distintas barras en función del tipo de conexión del extremo de la barra con el nudo de la estructura correspondiente, que puede ser conexión rígida (compatibilidad en giro) o articulada (giro libre).

Como tipos de barras básicas según su conexión en los extremos, se consideran las barras rígida-rígida o empotrada-empotrada (de 6 gdl), articulada-articulada (de 4 gdl), así como las barras con libertades articulada-rígida (de 5 gdl) y rígida-articulada (de 5gdl), que se obtienen a partir de la formulación de la barra rígida-rígida, orlando posteriormente los gdl liberados.

$$\text{Rígida-Rígida} \quad \begin{pmatrix} \hat{f}_{xi} \\ \hat{f}_{yi} \\ m_i \\ \hat{f}_{xj} \\ \hat{f}_{yj} \\ m_j \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} u_{xi} \\ u_{yi} \\ \theta_i \\ \hat{u}_{xj} \\ \hat{u}_{yj} \\ \theta_j^a \end{pmatrix}$$

$$\text{Articulada-Articulada} \quad \begin{pmatrix} \hat{f}_{xi} \\ \hat{f}_{yi} \\ m_i \\ \hat{f}_{xj} \\ \hat{f}_{yj} \\ m_j \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} u_{xi} \\ u_{yi} \\ \theta_i \\ \hat{u}_{xj} \\ \hat{u}_{yj} \\ \theta_j \end{pmatrix}$$

$$\text{Articulada-Rígida} \quad \begin{pmatrix} f_{xi} \\ \hat{f}_{yi} \\ m_i \\ \hat{f}_{xj} \\ \hat{f}_{yj} \\ m_j \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3EI}{L^3} & 0 & 0 & -\frac{3EI}{L^3} & \frac{3EI}{L^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3EI}{L^3} & 0 & 0 & \frac{3EI}{L^3} & -\frac{3EI}{L^2} \\ 0 & \frac{3EI}{L^2} & 0 & 0 & -\frac{3EI}{L^2} & \frac{3EI}{L} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} u_{xi} \\ u_{yi} \\ \theta_i \\ \hat{u}_{xj} \\ \hat{u}_{yj} \\ \theta_j \end{pmatrix}$$

$$\text{Rígida-Articulada} \quad \begin{pmatrix} \hat{f}_{xi} \\ \hat{f}_{yi} \\ m_i \\ \hat{f}_{xj} \\ \hat{f}_{yj} \\ m_j \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3EI}{L^3} & \frac{3EI}{L^2} & 0 & -\frac{3EI}{L^3} & 0 \\ 0 & \frac{3EI}{L^2} & \frac{3EI}{L} & 0 & -\frac{3EI}{L^2} & 0 \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3EI}{L^3} & -\frac{3EI}{L^2} & 0 & \frac{3EI}{L^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} u_{xi} \\ u_{yi} \\ \theta_i \\ \hat{u}_{xj} \\ \hat{u}_{yj} \\ \theta_j \end{pmatrix}$$

Cada elemento kij de la matriz de rigidez elemental representa la fuerza que aparece en el GDL i (fila) cuando se aplica un movimiento de valor unidad en el GDL j (columna), manteniendo el resto de GDL con movimientos nulos.

Respecto a las cargas distribuidas o internas en barras, se considera la posibilidad de carga uniforme, carga puntual interna y diferencia de temperatura respecto a la de referencia en cada barra.

Como el cálculo matricial en sí solo resuelve estructuras con cargas puntuales en nudos, es necesaria la discretización de la carga distribuida o interna en cada barra, descomponiendo el sistema real (R) con cargas puntuales en nudos y distribuidas en barras en superposición de dos estados:

- Estado de cálculo matricial (C.M.) con sólo cargas puntuales en nudos, considerando los GDL de la estructura libres.
- Estado de empotramiento (0) con sólo cargas distribuidas o internas en barras, considerando los GDL libres de la estructura, coaccionados.

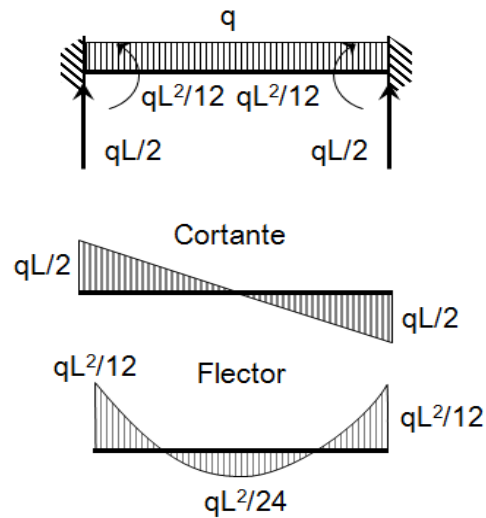
$$\text{Caso Real } R \text{ (cargas puntuales en nudos + distribuidas en barras)} = \text{Caso Cálculo Matricial C.M. (sólo cargas puntuales en nudos)} + \text{Caso Empotramiento 0 (sólo cargas distribuidas en barras)}$$

En las hojas siguientes se han desarrollado los casos de carga uniforme, carga puntual en centro de barra y diferencia de temperatura, que nos proporcionan las fuerzas puntuales en los extremos de la barra correspondientes al caso Empotramiento 0 (reacción):

DISCRETIZACIÓN DE CARGAS

1) CARGA UNIFORME TRANSVERSAL (q)

RIGIDA-RIGIDA



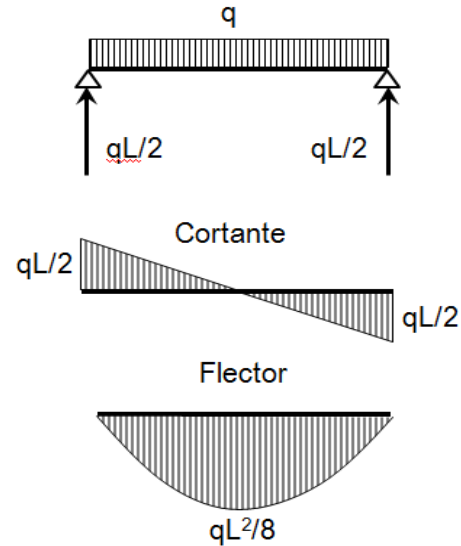
$$f_{\max} = -qL^4/384EI$$

(en $x=L/2$)

$$\theta_{\text{der}} = 0$$

$$\theta_{\text{izq}} = 0$$

ARTICULADA-ARTICULADA



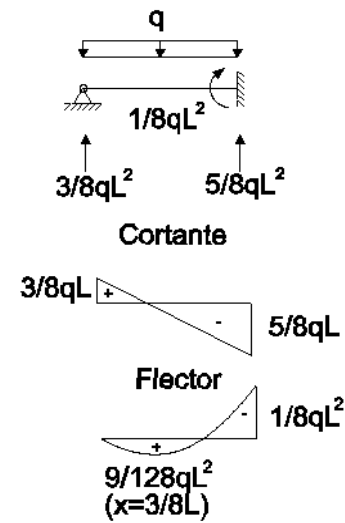
$$f_{\max} = -5qL^4/384EI$$

(en $x=L/2$)

$$\theta_{\text{der}} = -qL^3/24EI$$

$$\theta_{\text{izq}} = qL^3/24EI$$

ARTICULADA-RIGIDA



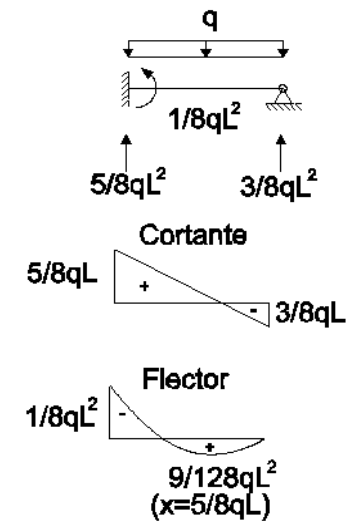
$$f_{\max} = -qL^4/185EI$$

(en $x=0.4215L$)

$$\theta_{\text{der}} = -qL^3/48EI$$

$$\theta_{\text{izq}} = 0$$

RIGIDA-ARTICULADA



$$f_{\max} = -qL^4/185EI$$

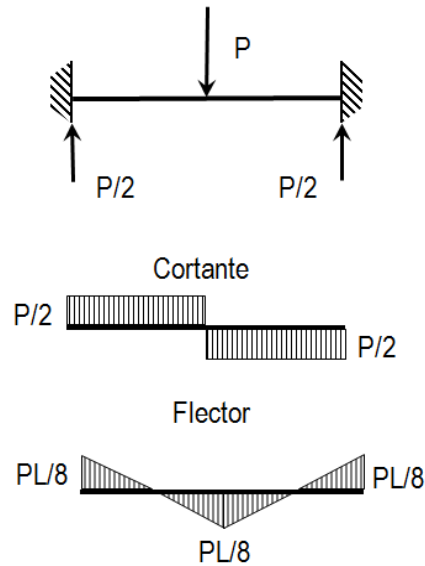
(en $x=0.5785L$)

$$\theta_{\text{der}} = 0$$

$$\theta_{\text{izq}} = qL^3/48EI$$

2) CARGA PUNTUAL EN EL CENTRO DEL VANO (P)

RIGIDA-RIGIDA



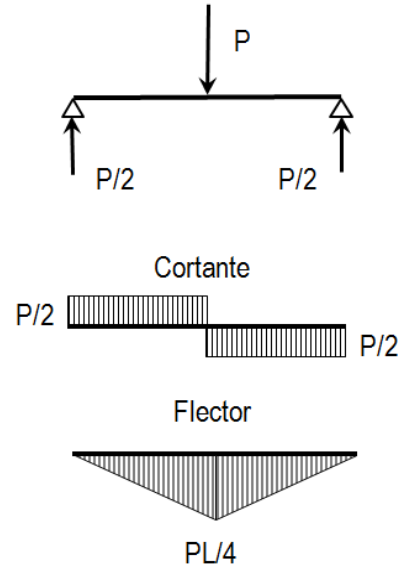
$$f_{\max} = -PL^3/192EI$$

(en $x=L/2$)

$$\theta_{\text{der}} = 0$$

$$\theta_{\text{izq}} = 0$$

ARTICULADA-ARTICULADA



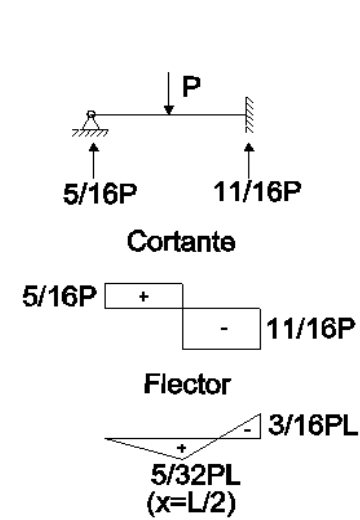
$$f_{\max} = -PL^3/48EI$$

(en $x=L/2$)

$$\theta_{\text{der}} = -PL^2/16EI$$

$$\theta_{\text{izq}} = PL^2/16EI$$

ARTICULADA-RIGIDA



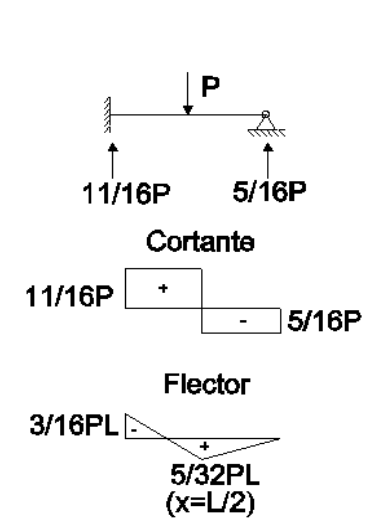
$$f_{\max} = -PL^3/48\sqrt{5}EI$$

(en $x=0.4472L$)

$$\theta_{\text{der}} = -PL^2/32EI$$

$$\theta_{\text{izq}} = 0$$

RIGIDA-ARTICULADA



$$f_{\max} = -PL^3/48\sqrt{5}EI$$

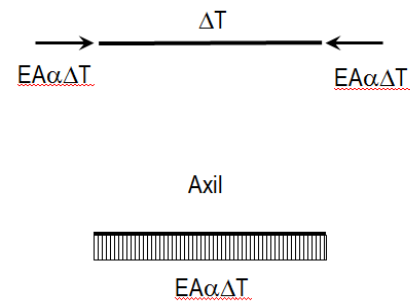
(en $x=0.5528L$)

$$\theta_{\text{der}} = 0$$

$$\theta_{\text{izq}} = PL^2/32EI$$

3) DIFERENCIA DE TEMPERATURA UNIFORME EN BARRA (ΔT)

RIGIDA-RIGIDA
ARTICULADA-ARTICULADA
ARTICULADA-RIGIDA
RIGIDA-ARTICULADA



El caso C.M. se compone por tanto de las fuerzas exteriores aplicadas y de las fuerzas del caso 0 empotramiento (reacción) cambiadas de signo, o de manera equivalente, por la suma de las fuerzas exteriores aplicadas y las fuerzas del caso 0 empotramiento (acción).

En la discretización se contempla la posibilidad de introducir apoyos no concordantes, mediante la consideración de ejes nodales en dichos nudos en vez ejes globales. También se tiene en cuenta la posibilidad de existencia de apoyos elásticos en nudos, introduciendo muelles entre los nudos y el apoyo.

Para obtener el comportamiento de la estructura trabajando como un conjunto a partir del comportamiento de cada una de las barras, es necesario primeramente expresar las ecuaciones matriciales de cada barra en coordenadas globales, de forma que se relacionen los movimientos extremos u y las fuerzas extremas f de cada barra en coordenadas globales, mediante la matriz de rigidez k en coordenadas globales.

$$(\bar{f}) = [\bar{k}](\bar{u})$$

Esta transformación se realiza mediante la matriz de transformación T de coordenadas locales a globales (6x6), en función del ángulo β de la barra con la horizontal,

$$[T] = \begin{bmatrix} \cos\beta & -\sin\beta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin\beta & \cos\beta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\beta & -\sin\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin\beta & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

transformando respectivamente el vector de fuerzas y movimientos de coordenadas locales a globales, y obteniendo finalmente una matriz de rigidez elemental en coordenadas globales.

$$(\bar{f}) = [T](\bar{f}) \quad (\bar{u}) = [T](\bar{u}) \quad [\bar{k}] = [T][k][T]^T$$

En el caso de nudos o apoyos no concordantes en el nudo inicial y/o final de cada barra, en la matriz T de transformación, se utilizaría el ángulo de la barra respecto al ángulo nodal inicial y/o final en vez del ángulo β de la barra respecto a la horizontal (sistema global sin nodales),

$$[T] = \begin{bmatrix} \cos(\beta - \gamma_i) & -\sin(\beta - \gamma_i) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin(\beta - \gamma_i) & \cos(\beta - \gamma_i) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos(\beta - \gamma_j) & -\sin(\beta - \gamma_j) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin(\beta - \gamma_j) & \cos(\beta - \gamma_j) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

En este caso, el cálculo global en coordenadas globales con nodales en los nudos no concordantes.

Asimismo, en algunos casos se utiliza la submatriz de transformación t (3x3) para realizar transformaciones de vectores de fuerzas y movimientos solo en extremos de barras.

Una vez expresadas todas las ecuaciones elementales en coordenadas globales, se aplican las condiciones de compatibilidad de movimientos en cada nudo de la estructura, y las condiciones de equilibrio de fuerzas en cada nudo de la misma, obteniendo una ecuación matricial global de la estructura que relaciona las fuerzas exteriores F en los nudos de la estructura, con los movimientos U de los nudos de la estructura, mediante una matriz de rigidez global K de la estructura.

$$(\vec{F}) = [\vec{K}](\vec{U})$$

A este proceso se le llama ensamblaje de la matriz de rigidez global K , a partir de la colocación de las matrices de rigidez de cada barra en coordenadas globales en los GDL correspondientes en la matriz de rigidez global. El ensamblaje de la matriz se completa con la introducción en la misma de los valores de las rigideces de los apoyos elásticos, sumando a los elementos de la diagonal principal el valor de la rigidez de cada muelle elástico con el exterior en aquellos GDL en que hubiera apoyo elástico, lo cual introduce en el sistema la fuerza de equilibrio del muelle exterior en esos GDL.

El sistema resultante es un sistema lineal de N ecuaciones de equilibrio con N incógnitas, con N siendo el número total de GDL del sistema.

Las N incógnitas pueden ser o bien movimientos desconocidos en los GDL libres (aquellos GDL que se pueden mover libremente porque no están coaccionados exteriormente) o bien reacciones desconocidas en los GDL restringidos (aquellos GDL con movimientos impuestos exteriormente).

Por tanto para la resolución del sistema de ecuaciones $F=K.U$ es necesario previamente reordenar las filas y columnas del sistema de manera que los GDL restringidos R queden en las primeras filas y columnas, y los GDL libres en las últimas, de manera que la ecuación matricial global quede de esta manera:

$$(\vec{\bar{F}}) = [\vec{\bar{K}}](\vec{\bar{U}}) \quad \begin{pmatrix} \vec{\bar{F}}_R \\ \vec{\bar{F}}_L \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} K_{RR} & K_{RL} \\ K_{LR} & K_{LL} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \vec{\bar{U}}_R \\ \vec{\bar{U}}_L \end{pmatrix}$$

donde F_R y F_L son las fuerzas en los GDL restringidos y libres respectivamente, y U_R y U_L los movimientos en los GDL restringidos y libres respectivamente, y cada submatriz K_{ij} con el mismo sentido indicado anteriormente. Las incógnitas son F_R y U_L , y los vectores dados F_L y U_R , así como conocemos todas las submatrices de rigidez K_{ij} . Por tanto a partir de la segunda ecuación matricial podemos calcular el vector de movimientos libres U_L :

$$(\vec{\bar{F}}_L) = [K_{LR}](\vec{\bar{U}}_R) + [K_{LL}](\vec{\bar{U}}_L) \quad (\vec{\bar{U}}_L) = [K_{LL}]^{-1}(\vec{\bar{F}}_L) - [K_{LL}]^{-1}[K_{LR}](\vec{\bar{U}}_R)$$

y con la primera ecuación matricial podemos obtener el vector de fuerzas en GDL restringidos F_R o reacciones exteriores:

$$(\vec{\bar{F}}_R) = [K_{RR}](\vec{\bar{U}}_R) + [K_{RL}](\vec{\bar{U}}_L)$$

Como primera comprobación del cálculo matricial, podemos evaluar $F=K.U$ con el vector movimientos U completo, y obtener el vector de fuerzas F completo, comprobando la coincidencia de los valores de las fuerzas puntuales exteriores dadas y las reacciones calculadas con la separación de GDL L y R y los valores que se calculan mediante la matriz de rigidez completa K .

Una vez obtenido el vector de fuerzas de C.M., se puede realizar una segunda comprobación del cálculo matricial realizado, verificando el equilibrio global de fuerzas en la estructura como sólido rígido libre, sometido a las fuerzas exteriores y a las fuerzas de reacción dadas por el vector de fuerzas C.M., pasándolas previamente de coordenadas globales con nodales, a coordenadas globales sin nodales. Se suman fuerzas en las dos direcciones y se toman momentos respecto al origen, debiendo resultar cero.

El siguiente paso es obtener los resultados de movimientos y fuerzas de la estructura en el caso Real R, como suma de los calculados hasta ahora en el C.M. y de los del Caso 0 (reacción). Nos interesan solamente las fuerzas, ya que los movimientos del C.M. se pasan a los extremos de las barras y se superponen con los interiores en cada una de ellas debido a la carga distribuida interior (cálculo que se hace posteriormente barra a barra).

$$\left(\bar{F}\right)^R = \left(\bar{F}\right)^{C.M.} + \left(\bar{F}\right)^0$$

Otra comprobación del cálculo matricial realizado, consiste en comprobar la coincidencia entre los valores de fuerza en los GDL libres según la anterior ecuación y las fuerzas puntuales exteriores dadas.

En el caso de existencia de apoyos elásticos, hay que "sacar" las rigideces de los apoyos elásticos introducidas en la matriz de rigidez global, de manera que se conviertan en reacciones exteriores.

La reacción que introduce cada muelle en cada GDL con rigidez elástica se calcula a partir del movimiento calculado en cada GDL y de la rigidez de cada muelle. El valor de cada reacción de apoyo elástico es el producto de la rigidez elástica por el movimiento correspondiente, cambiada de signo pues es opuesta al movimiento, que se debe sumar a la fuerza exterior en ese apoyo elástico.

$$\left(\bar{F}_L\right)^{R \text{ correg. A.E.}} = \left(\bar{F}_L\right)^R + \left\{ -k_{AE} \cdot \text{mov}_{AE} \text{ en cada GDL con AE} \right\}$$

Una vez realizada la superposición en el vector de fuerzas, y calculadas las reacciones en los apoyos elásticos, es interesante verificar el equilibrio de fuerzas en cada nudo de la estructura para el caso Real, lo que se realiza sumando a las fuerzas en cada nudo (exteriores y/o reacción y reacciones en apoyos elásticos), las fuerzas sobre el nudo de todas las barras concurrentes en el nudo (fuerzas en los extremos de las barras cambiadas de signo) y comprobando que son cero.

Es muy didáctico representar conjuntamente los diagramas de sólido libre de cada barra y cada nudo de la estructura, en la misma disposición que mantienen en la estructura completa, para así poder visualizar todas las fuerzas internas y externas actuantes, y poder observar como se van repartiendo las cargas a través de nudos y barras hacia los apoyos.

El siguiente paso es pasar al cálculo en el interior de cada una de las barras de la estructura, a partir de la solución matricial obtenida en los nudos.

En cada barra, se calculan las fuerzas en los extremos de cada barra (dos fuerzas y un momento) a partir de la solución de movimientos obtenida y se suma la solución del caso 0 para obtener la solución del caso Real R.

A partir de las fuerzas en los extremos se obtienen las leyes de esfuerzos internos (esfuerzo axial, esfuerzo cortante y momento flector) según el criterio de resistencia de materiales, tanto para los casos C.M. y caso 0, y sumándolos se obtienen los del caso R. En cada uno de los casos se representan los diagramas de esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores, y la elástica de cada barra, utilizando 10 divisiones por barra.

Es importante comentar que para el caso C.M, los diagramas de axiales, cortantes y de flectores en cada barra, son respectivamente constante, constante y lineal, debido a la aplicación de sólo cargas puntuales exteriores en los nudos, mientras que para el Caso 0, dependerá de la carga distribuida o interna en cada barra.

Finalmente se representan cada uno de los diagramas (deformada, esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores) de cada barra pero conjuntamente sobre la estructura completa, para poder comprender el comportamiento cualitativo de la estructura (como se reparten las cargas, cómo se deforma...).

La representación se realiza transformando a coordenadas globales y escalando los valores de movimientos, axiales, cortantes y flectores de cada barra, sobre la geometría real de la estructura, con un factor multiplicador distinto para cada uno de los diagramas.

Proceso de cálculo en la aplicación

El planteamiento y solución completa de los casos C.M. y 0, se realiza en 3 pasos en la aplicación.

- 1) Se resuelve el estado 0 (coaccionado) en cada una de las barras a partir de soluciones de prontuario de Resistencia de Materiales, obteniendo las reacciones 0 en cada GDL coaccionado y la deformada y los diagramas de esfuerzos internos de cada barra
- 2) Se plantea la ecuación matricial global $F=K.U$ en el estado C.M., montando:
 - el vector F de fuerzas a partir de las cargas puntuales directas (dadas), las fuerzas de empotramiento 0 correspondientes a cada estado 0 de cada barra (acción) y las reacciones (incógnitas),
 - el vector U de movimientos con los movimientos impuestos (dados) y movimientos libres (incógnitas)
 - la matriz global K, se obtiene sumando las contribuciones de las matrices de rigidez de cada barra previamente transformadas a coordenadas globales, e introduciendo adicionalmente las rigideces de los apoyos elásticos si existen.
- 3) El sistema resultante de igual número de ecuaciones e incógnitas (los movimientos libres y las reacciones) se resuelve en dos pasos: resolviendo primero los movimientos (U_L) de los GDL libres, mediante la ecuación matricial de los GDL libres por separado, y a continuación, resolviendo las reacciones (U_R) en los GDL restringidos mediante la ecuación matricial de los GDL restringidos por separado. A continuación y mediante la ecuación matricial completa $F=K.U$ se calcula el vector fuerzas completo F, donde poder comprobar las fuerzas exteriores y las reacciones en los GDL libres y restringidos previamente calculados, para su comprobación utilizando la ecuación matricial completa.

Para obtener la solución del caso real R, se realiza la suma de los resultados del caso C.M. y caso 0, tanto de movimientos como de fuerzas, tanto en el sistema global, como en cada una de las barras independientemente.

Como comprobación del cálculo completo realizado, se comprueba el equilibrio global de la estructura en el caso C.M. corregido con apoyos elásticos, así como el equilibrio de cada nudo en el caso R, pudiéndose obtener por último un esquema global con todas las fuerzas actuantes en nudos y barras.

Instrucciones de uso de la aplicación.

Las casillas donde hay que introducir datos, siempre están con fondo celeste. Las casillas con fondo salmon, son cálculos intermedios. El resto no hay que tocarlas.

Todos los cálculos están realizados mediante fórmulas que se calculan automáticamente, salvo algunos pasos del proceso en los que se indica que es necesario pulsar un botón por parte del usuario. Se trata de pasos importantes del proceso, tal y como se realizarían en un cálculo manual, y que están programados mediante macros.

El proceso de cálculo se indica mediante flujo de flechas, y se explica a continuación en los siguientes pasos:

- 1.- En la hoja "Datos" se introducen todos los datos de partida para el cálculo de la estructura (geometría, materiales, apoyos y cargas puntuales en nudos) salvo las cargas internas en barras, que se introducirán posteriormente en las hojas de Barras.
Limpiar la hoja de datos con el Botón "Reset Hoja Datos" -> limpia todos los datos de la tabla de nudos y de barras, así como los datos de cargas en barras
Introducir el número de nudos y fijarlo en todo el sistema con el Boton "Fijar nº nudos". Esto ocultará las filas y columnas de los nudos que no intervienen en el cálculo.
A continuación introducir los datos de nudos: coordenadas, ángulo nodal en apoyos no concordantes, movimientos impuestos, rigideces apoyos elásticos y fuerzas en nudos.
Introducir el número de barras y fijarlo en todo el sistema con el Boton "Fijar nº barras". Esto ocultará las hojas de barras y las columnas de los nudos que no intervienen en el cálculo.
A continuación introducir los datos de barras: nudos inicial y final, extremos de barra rígidos o articulados, módulo de elasticidad, área transversal y momento de inercia.
Ver las notas sobre introducción de datos en el inferior de la hoja.
.-Notas: Los datos de nudos y barras se pueden modificar independientemente de los botones en cualquier momento, afectando a todas las hojas de cálculo del libro.
En cualquier momento se puede fijar un nº distinto de nudos o barras mediante los botones correspondientes, sin que se borren los datos de nudos y barras introducidos anteriormente.
Con el Botón "Reset Datos Barras", se pueden limpiar independientemente los datos de la tabla de barras, así como los datos de cargas en barras, manteniendo los datos de nudos.

2.- En la hoja "Sistema global", se plantea la ecuación matricial global $F=K.U$ para el caso C.M., se resuelve para los GDL libres y se calculan las reacciones en GDL restringidos.

Para montar la matriz K (parte superior de la hoja):

-Primero borrar e inicializar la matriz de rigidez global para los GDL del sistema pulsando el Botón "Resetear Sistema", en caso de que no se pulsó inicialmente el Boton "Reset Hoja Datos".

Con ello se inicializan todos los vectores del sistema y se rellena la matriz de rigidez con ceros.

En cualquier momento del proceso, con este botón puedo realizar un reseteo de la hoja sistema global si se ha detectado un error en el ensamblaje.

-Antes del ensamblaje, se puede obtener un esquema por submatrices (nudos) de la contribución de cada barra, pulsando el "Botón Rellenar esquema submatrices".

-Para ensamblar la matriz de rigidez global K con las contribuciones de las matrices elementales k de cada barra en coordenadas globales, hay que ir *primero* a la hoja de cada barra (hojas "barra x"), y a continuación pulsar en el "Botón Ensamblar en matriz de rigidez global" en todas y cada una de ellas.

-Si existen apoyos elásticos, es necesario pulsar a continuación el "Botón Introducir Rigidez Apoyos Elásticos" en la hoja "Sistema global", para introducir sus rigideces en el sistema.

Una vez realizado el ensamblaje, se aconseja comprobar la matriz de rigidez K, comprobando las formulas submatriz a submatriz, conforme al esquema de submatrices superior.

Para completar el montaje del vector F (parte central) además de las cargas puntuales introducidas en la hoja de Datos:

-Hay que ir *primero* a cada una de las hojas "barra x" de las barras que tenga cargas distribuidas o internas, y a continuación pulsar el "Botón Fuerzas 0 (acción) a sistema global", para así introducir la fuerzas de empotramiento 0 de cada barra en el sistema global.

Una vez pasadas las fuerzas 0, se aconseja comprobar el vector de fuerzas F, comprobando las formulas celda a celda.

En cualquier momento, si no se ha hecho bien el proceso paso a paso, se puede resetear sistema con el Botón "Resetear Sistema", y volver a empezar.

Volviendo a la hoja "Sistema global", y antes de resolver el sistema, hay que reordenarlo mediante el "Botón Reordenar K", que obvia primeramente los GDL que no intervienen en el cálculo, y separa los GDL libres (L) de los restringidos (R).

Para resolver el sistema de GDL libres, hay que pulsar el "Botón Resolver GDL Libres", que resuelve UL y completa el vector U completo del sistema global.

En el caso de que el vector UR sea nulo (caso bastante usual), se sombrean KLR, KRR, UR, -KLR.UR y FL-KLR.UR, ya que no intervienen en la resolución de UL.

Para resolver las reacciones F_R mediante la ecuación del sistema de GDL restringidos, hay que pulsar el "Botón Calcular Reacciones".

Para resolver el sistema de GDL libres, hay que pulsar el "Botón Resolver GDL Libres", que resuelve UL y completa el vector U completo del sistema global.

En el caso de que el vector UR sea nulo, se sombrean KLR, KRR, UR, -KLR.UR y FL-KLR.UR, ya que no intervienen en la resolución de UL.

Para calcular las reacciones F_R mediante la ecuación del sistema de GDL restringidos, hay que pulsar el "Botón Calcular Reacciones".

A continuación, como comprobación del cálculo de movimientos y reacciones, pulsando el "Botón "Comprobar Fuerzas" se utiliza la ecuación global completa $F=K.U$, obteniéndose el vector F completo, que debe coincidir, si el cálculo anterior es correcto, con las reacciones en GDL restringidos previamente calculadas, y con las fuerzas C.M. dadas (exteriores y 0) en los GDL libres.

Este paso es necesario realizarlo, no solo como comprobación, sino también para poder realizar los pasos 3 a 5.- sucesivos.

3.- En la hoja "Superposición", se realiza la superposición de las fuerzas del caso C.M. y las fuerzas del caso 0 (reacción), obteniendo el caso R (con cargas internas en barras) en nudos. Se comprueba que las fuerzas resultantes en los GDL libres coinciden con las fuerzas exteriores introducidas.

Se realiza la comprobación en coordenadas globales con nodales (las de cálculo del sistema), comparando con las fuerzas exteriores introducidas.

A continuación se transforman las fuerzas del caso R en nudos, al sistema global de coordenadas sin nodales, las cuales (fuerzas exteriores y reacciones), se utilizarán en la hoja "Eq. Nudos".

4.- En la hoja "Reac. Apov. Elas.", se calculan las reacciones en los apoyos elásticos y se transforman a coordenadas globales sin nodales, que se sumarán al vector de fuerzas C.M. en la hoja "Eq. Global" (ver paso 5.-).

5.- En la hoja "Eq. Global", se realiza la comprobación de equilibrio de la estructura como sólido rígido libre en su conjunto, sometido al vector de fuerzas C.M. corregido con apoyos elásticos, sacandos previamente los apoyos elásticos del sistema global y sustituyéndolos por sus reacciones exteriores correspondientes.

Se transforman las fuerzas nodales si existen, al sistema global de coordenadas sin nodales, mediante la matriz de transformación t de coordenadas globales con nodales a coordenadas globales sin nodales de cada nudo.

Se realiza la comprobación del equilibrio global mediante las 3 ecuaciones de equilibrio de la estática en el plano, aplicadas al sólido rígido completo.

6.- En la hoja "Eg. Nudos", se comprueba automáticamente el equilibrio de cada nudo para Caso Real R, mediante una tabla donde se suman todas las fuerzas actuantes sobre el nudo: fuerzas exteriores, reacciones en apoyos y reacciones en apoyos elásticos, y fuerzas provenientes de las barras.

La comprobación de equilibrio en cada nudo se realiza con el sumatorio de fuerzas en las dos direcciones en coordenadas globales sin nodales, comprobando que es cero.

Automáticamente se representa de forma gráfica un esquema por nudo de todas las fuerzas actuantes en cada uno de ellos. La disposición es fija, no automática en función de la geometría.

7.- En la hoja Eg. Estructura, se ofrece la posibilidad de componer un diagrama de sólido libre de toda la estructura completa, separando todos los nudos y barras, y componiéndolos geométricamente, mediante la captura manual de esquemas de fuerzas en nudos sacada de la hoja "Eg. Nudos" y de esquemas de fuerzas en barras sacadas de las hojas "barra x".

Esto se puede hacer mediante captura de pantalla utilizando tecla Imprimir Pantalla, mediante el recorte de cada esquema individual en un programa de edición de imagen, y pegando y girando cada esquema en la orientación correcta.

8.- En cada hoja "barra x", se realizan automáticamente los siguientes cálculos para cada barra independientemente.

Para el caso C.M.:

Se toman de la hoja "Sistema global" los movimientos globales de cada nudo correspondientes a los extremos de la barra (vector u).

Mediante la matriz de transformación T de la barra, se obtiene el vector de movimientos en los extremos de la barra en coordenadas locales ($^u = T^T \cdot u$).

Mediante la ecuación de comportamiento de la barra en coordenadas locales se obtiene el vector de fuerzas en los extremos de la barra en coordenadas locales ($^f = ^k \cdot ^u$)

Superposición de los vectores de movimientos y fuerzas de los casos C.M. y 0, para obtener los del caso real R, tanto en locales como en globales.

Para cada caso C.M., 0 y R:

A partir de fuerzas en extremos, se representan los diagramas de esfuerzos axiles, cortantes, y momentos flectores, así como la elástica o deformada de la barra, considerando 10 divisiones en el interior de cada barra.

Finalmente para el caso R, mediante la matriz de transformación t de coordenadas locales a globales sin nodales de cada barra, se obtiene el vector fuerza en los extremos de la barra en coordenadas globales sin nodales ($f = t \cdot ^f$), que se utiliza posteriormente para verificar el equilibrio de fuerzas en nudos (fuerza de la barra sobre el nudo = - fuerza en los extremos de la barra).

Superposición de los diagramas de esfuerzos axiles, cortantes, momentos flectores y elástica, de los casos C.M. y 0, para obtener los del caso real R.

9.- En las hojas "Deformada", "Axil", "Cortante" y "Flector" se representan la deformada de la estructura y los diagramas de esfuerzos axiles, cortantes y momentos flectores de cada barra, del caso Real R sobre la geometría real de la estructura sin deformar, afectado cada uno por un factor de escala que es necesario introducir para visualizar cualitativamente cada diagrama. No se muestran los valores en la gráfica; éstos se encuentran por abscisas en la primera tabla de cada hoja, indicandose asimismo el valor mínimo y el máximo y su punto de localización, o bien mirar los resultados de la barra correspondiente en la hoja "barra x" respectiva.

En funcion de los datos de entrada de nudos (coordenadas, condiciones de apoyo y de fuerzas puntuales exteriores) y de barras (conexión, tipo de barra y características mecánicas), junto a la discretización de cargas distribuidas dentro de cada una de las barras, se define el sistema estructural a resolver mediante en método matricial de rigidez

Nº Nudos

4

(máx. 10)

Reset Hoja Datos

Fijar nº nudos

Unidades:

S.I.

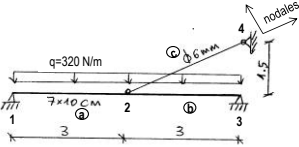
Ud. Longitud:

m

Ud. Fuerza:

N

Datos de nudos		Coordenadas		Nudo no concord. ¹		Condiciones apoyos restringidos o impuestos ^{1 y 4}			Condiciones apoyos elasticos ^{1 y 2}			Condiciones fuerzas puntuales exteriores ^{1 y 4}		
Nudo		Coord. x (m)	Coord. y (m)	Ang. nodal y (°)	Desp. ux (x' nodal)	Desp. uy (y' nodal)	Giro θ (°)	Rig. kx (k'x nodal)	Rig. ky (ky nodal)	Rigidez kθ	Fx (Fx nodal)	Fy (Fy nodal)	Momento M	
1		0	0		0	0								
2		3	0											
3		6	0		0	0								
4		6	1.5	26.56505118	0	0								



Nº Barras

3

(máx. 10)

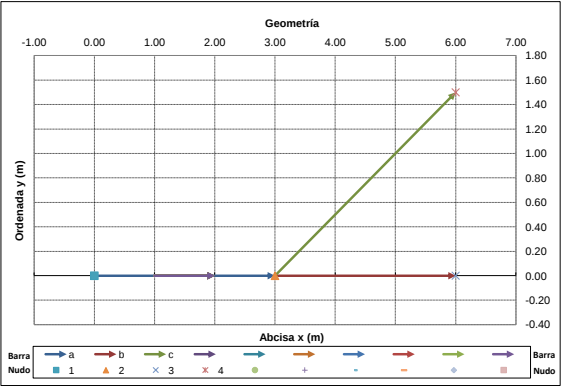
Reset Datos Barras

Fijar nº barras

Barra	Nudo inicial	Nudo final	Tipo de barra		Mod. elasticidad E (N/m ²)	Area transversal A (m ²)	Momento inercia I (m ⁴)	Mod. dilatación lineal α (°C ⁻¹)	Coordenadas iniciales		Coordenadas finales	Coordenadas relativas Δx (m)	Coordenadas relativas Δy (m)	Longitud L (m)	Angulo barra β (°)	Apoyo no concordante	
			En nudo inicial	En nudo final					x (m)	y (m)	x (m)					Ang. nodal yi (°)	Ang. nodal yj (°)
a	1	2	0	1	7.00E+09	7.00E-03	5.83E-06	3.40E-05	0	0	3	0	3	0	3	0	0
b	2	3	1	0	7.00E+09	7.00E-03	5.83E-06	3.40E-05	3	0	6	0	3	0	3	0	0
c	2	4	0	0	2.06E+11	2.83E-05	1.02E-09	1.20E-05	3	0	6	1.5	3	1.5	3.354101966	26.56505118	0

Factor marco

10.00%



Ajustar factor de marco hasta ajustar

Tabla GDL⁴

NUDO	GDL Totales	GDL m ²	GDL No interviene cálculo	GDL Restringidos	GDL Libres	Rididez GDL con apoyo elástico	Nº barras concurrentes	Nº barras rígidas	Nº barras articuladas
1	ux1 uy1 θ1	1 2 3	1	1			1	0	1
2	ux2 uy2 θ2	4 5 6			1 1 1		3	2	1
3	ux3 uy3 θ3	7 8 9	1	1			1	0	1
4	ux4 uy4 θ4	10 11 12	1	1			1	0	1
4 NUDOS	12 GDL T	3 GDL N	6 GDL R	3 GDL L	0 GDL AE				

NOTAS:

Las celdas con fondo celeste son datos a introducir. Las de fondo rojo no se pueden rellenar al introducir ciertos datos. Las de fondo salmón se calculan automáticamente.

¹ En datos de nudos, en las celdas de nudos/apoyos no concordantes, condiciones de apoyos restringidos, condiciones de apoyos elásticos y fuerzas puntuales exteriores, dejar estas vacías si no hay datos que introducir de nudo/apoyo no concordante, apoyo restringido o impuesto, apoyo elástico o fuerza exterior respectivamente.

² Si un GDL está restringido o con valor impuesto, no se puede introducir fuerza o apoyo elástico en ese gdl, por lo que las celdas correspondientes se ponen con fondo rojo. Si se introduce un valor en dichas celdas, no se considera en el sistema global.

³ Tabla GDL. Cada nudo (columna 1) tiene 3 GDL: dos desplazamientos "ux" y "uy", y un giro "θ" (indicados en columna 2 y numerados en columna 3).

En las columnas 4 a 6 de clasificación de cada GDL, una celda con valor 1 significa que el GDL correspondiente no interviene en el cálculo (porque no concurre en él ninguna barra que aporte rigidez en ese GDL), es restringido, o es libre, respectivamente en cada columna. Una celda vacía significa lo contrario.

En la columna 4, un valor 1 en un GDL de desplazamiento nudo significa que el nudo no tiene ninguna barra conectada;

un valor 1 en un GDL de giro significa que ninguna barra aporta rigidez al giro en el nudo.

Las columnas 8 a 10 de barras, son columnas auxiliares que nos indican el número de barras que concurren en un nudo, y cuantas son de extremo rígido y cuantas de extremo articulado en cada nudo.

⁴ Si un GDL no interviene en el cálculo por lo concurrir barra en él que aporte rigidez a ese GDL, las condiciones de apoyo restringidas o impuestas, apoyos elásticos o fuerzas, introducidas en dichos GDLs en la tabla de datos de nudos, no pueden ser impuestas y no se introducen en el sistema global a posteriori.

Sistema global $F=K.U$: Esquema por submatrices (por nudos)

Resetear Sistema



Rellenar esquema submatrices

Matriz K: NUDO	1	2	3	4
1	(K1-1)a	(K1-2)a		
2	(K2-1)a	(K2-2)a + (K2-2)b + (K2-2)c	(K2-3)b	(K2-4)c
3		(K3-2)b	(K3-3)b	
4		(K4-2)c		(K4-4)c

X

Vector U:
U1
U2
U3
U4'

=

Vector F:
F1
F2
F3
F4'

1

2

3

4

K: Matriz de rigidez global

Ir hojas de barras

↑
↓
Ensamblar matrices barras

Introducir Rigidez Apoyos Elásticos

* indica en coordenadas nodales
GDL libres
GDL restringidos
GDL que no intervienen en el cálculo
Contribución de rigideces de varios elementos en nudo
Contribución de rigidez de apoyo elastico

GDL	ux1	uy1	θ1	ux2	uy2	θ2	ux3	uy3	θ3	ux4'	uy4'	θ4
ux1	16333333.33	0.00	0.00	-16333333.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy1	0.00	4537.04	0.00	0.00	-4537.04	13611.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
θ1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ux2	-16333333.33	0.00	0.00	34055894.03	694613.68	0.00	-16333333.33	0.00	0.00	-1553203.41	0.00	0.00
uy2	0.00	-4537.04	0.00	694613.68	356380.91	0.00	0.00	-4537.04	0.00	-776601.70	0.00	0.00
θ2	0.00	13611.11	0.00	0.00	0.00	81666.67	0.00	0.00	-13611.11	0.00	0.00	0.00
ux3	0.00	0.00	0.00	-16333333.33	0.00	0.00	16333333.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy3	0.00	0.00	0.00	0.00	-4537.04	-13611.11	0.00	4537.04	0.00	0.00	0.00	0.00
θ3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ux4'	0.00	0.00	0.00	-1553203.41	-776601.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1736534.20	0.00	0.00
uy4'	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
θ4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

COMPROBACIÓN

¿K simétrica?
Si

F: Fuerzas

	Fuerz. exteriores (dadas)	Fuerz. 0 (acción) (discretización)	F: fuerzas C.M. (dadas)
Fx1		0.0	
Fy1		-360.0	
M1		0.0	
Fx2	0.0	0.0	0.0
Fy2	0.0	-1200.0	-1200.0
M2	0.0	0.0	0.0
Fx3		0.0	
Fy3		-360.0	
M3		0.0	
Fx4'			
Fy4'			
M4			

F=K.U: fuerzas C.M. (solución)
-1168.2 Fx1
15.9 Fy1
0.0 M1
0.0 Fx2
-1200.0 Fy2
0.0 M2
-1168.2 Fx3
15.9 Fy3
0.0 M3
2612.1 Fx4'
0.0 Fy4'
0.0 M4

F=K.U: comprobación

Comprobar Fuerzas

U: Movimientos

	Movimientos impuestos (dados)
ux1	0.0000E+00
uy1	0.0000E+00
θ1	
ux2	
uy2	
θ2	
ux3	0.0000E+00
uy3	0.0000E+00
θ3	
ux4'	0.0000E+00
uy4'	0.0000E+00
θ4	

Movimientos C.M. (solución)
0.0000E+00 ux1
0.0000E+00 uy1
0.0000E+00 θ1
7.1521E-05 ux2
-3.5066E-03 uy2
0.0000E+00 θ2
0.0000E+00 ux3
0.0000E+00 uy3
0.0000E+00 θ3
0.0000E+00 ux4'
0.0000E+00 uy4'
0.0000E+00 θ4

A hojas de barras

Sistema F=K.U reordenado:

Reordenación:

$F_L=K_{LL} \cdot U_L + K_{LR} \cdot U_R$

$F_R=K_{RL} \cdot U_L + K_{RR} \cdot U_R$

Reordenar K



Cálculo de movimientos:

$U_L=K_{LL}^{-1} \cdot (F_L-K_{LR} \cdot U_R)$

Resolver GDL libres



Cálculo de reacciones:

$F_R=K_{RL} \cdot U_L + K_{RR} \cdot U_R$

Calcular Reacciones

K' (K reordenada):

K _{LL} :	ux2	uy2	θ2	ux1	uy1	ux3	uy3	ux4'	uy4'
ux2	34055894.03	694613.68	0.00						
uy2	694613.68	356380.91	0.00						
θ2	0.00	0.00	81666.67						
ux1	-16333333.33	0.00	0.00						
uy1	0.00	-4537.04	13611.11						
ux3	-16333333.33	0.00	0.00						
uy3	0.00	-4537.04	-13611.11						
ux4'	-1553203.41	-776601.70	0.00						
uy4'	0.00	0.00	0.00						

K_{RL}:

¿K' simétrica?
SI

¿K_{LL} singular?
NO

La estructura es resoluble

K'-K' ^T	ux2	uy2	θ2	ux1	uy1	ux3	uy3	ux4'	uy4'
ux2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
θ2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ux1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ux3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ux4'	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy4'	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

:K_{LR}

U_L: solución

F_L: dado

-K_{LR}U_R: dado

F_L-K_{LR}U_R: dado

X

=

7.1521E-05
-3.5066E-03
0.0000E+00

0.0
-1200.0
0.0
-1168.2
15.9
-1168.2
15.9
2612.1
0.0

:K_{RR}

U_R: dado

F_R: solución

¿U_R nulo?
SI

Si SI, pone en blanco K_{LR}, K_{RR}, U_R, -K_{LR}·U_R y F_L-K_{LR}·U_R

En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

a

ENTRE NUDOS

12

TIPO BARRA

ARTICULADA

RIGIDA

CASO

2

1: ART-ART 2: ART-RIG
3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

7.00E+09

A (m²)

7.00E-03

L (m)

3

β (°)

0

l (m)

5.83E-06

α (°C⁻¹)

3.40E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra ARTICULADA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

16333333.33	0.00	0.00	-16333333.33	0.00	0.00
0.00	4537.04	0.00	0.00	-4537.04	13611.11
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-16333333.33	0.00	0.00	16333333.33	0.00	0.00
0.00	-4537.04	0.00	0.00	4537.04	-13611.11
0.00	13611.11	0.00	0.00	-13611.11	40833.33

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra ARTICULADA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u
k=T.^k.T^T

k 1-1			k 1-2		
16333333.33	0.00	0.00	-16333333.33	0.00	0.00
0.00	4537.04	0.00	0.00	-4537.04	13611.11
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-16333333.33	0.00	0.00	16333333.33	0.00	0.00
0.00	-4537.04	0.00	0.00	4537.04	-13611.11
0.00	13611.11	0.00	0.00	-13611.11	40833.33
k 2-1			k 2-2		

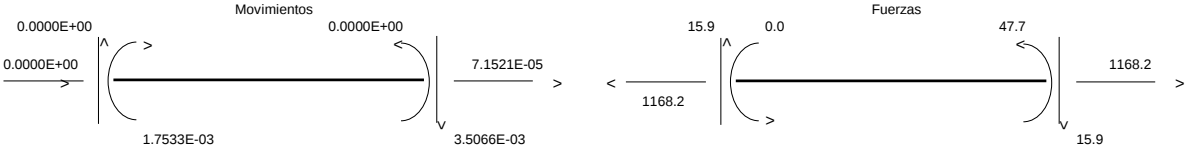
Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos	GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T.^u	Fuerzas	LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f
ux1	0.0000E+00	0.0000E+00	uxi	-1168.2	-1168.2	-1168.2
uy1	0.0000E+00	0.0000E+00	uyi	15.9	15.9	15.9
θ1	0.0000E+00	-1.7533E-03	θi *	0.0	0.0	0.0
ux2	7.1521E-05	7.1521E-05	uxj	1168.2	1168.2	1168.2
uy2	-3.5066E-03	-3.5066E-03	uyj	-15.9	-15.9	-15.9
θ2	0.0000E+00	0.0000E+00	θj	47.7	47.7	47.7

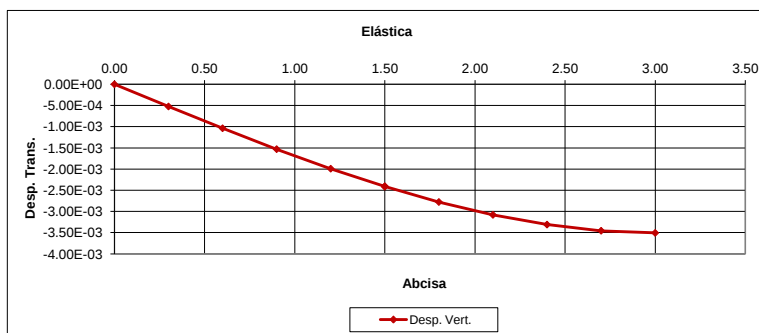
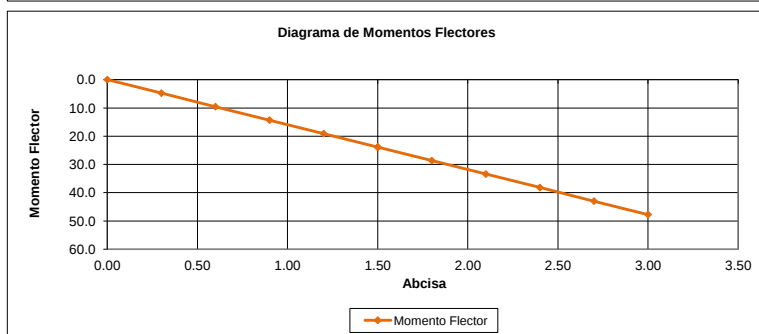
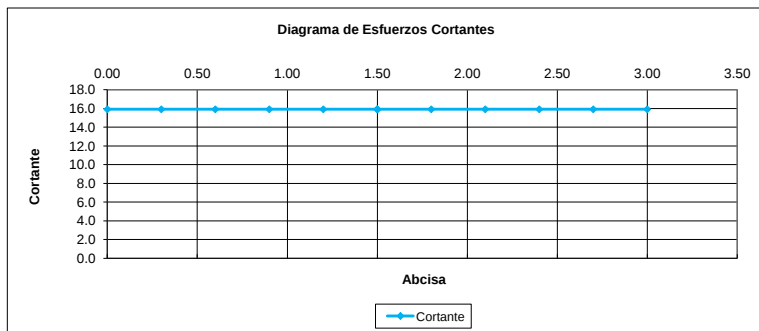
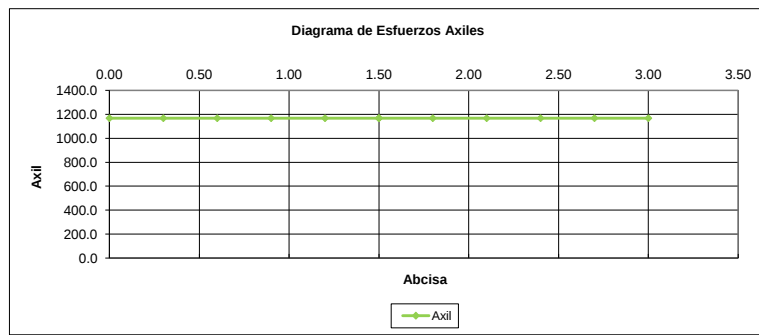
*Calculado a posteriori con resto movimientos



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	1168.2	15.9	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.30	1168.2	15.9	4.8	7.1521E-06	-5.2423E-04
3	0.60	1168.2	15.9	9.5	1.4304E-05	-1.0379E-03
4	0.90	1168.2	15.9	14.3	2.1456E-05	-1.5306E-03
5	1.20	1168.2	15.9	19.1	2.8609E-05	-1.9917E-03
6der	1.50	1168.2	15.9	23.9	3.5761E-05	-2.4108E-03
6	1.50	1168.2	15.9	23.9	3.5761E-05	-2.4108E-03
6izq	1.50	1168.2	15.9	23.9	3.5761E-05	-2.4108E-03
7	1.80	1168.2	15.9	28.6	4.2913E-05	-2.7772E-03
8	2.10	1168.2	15.9	33.4	5.0065E-05	-3.0805E-03
9	2.40	1168.2	15.9	38.2	5.7217E-05	-3.3102E-03
10	2.70	1168.2	15.9	43.0	6.4369E-05	-3.4557E-03
11	3.00	1168.2	15.9	47.7	7.1521E-05	-3.5066E-03



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)
320.00

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
360.0	-600.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	-360.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
-4.4082E-03	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Q _r (N)
960.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
202.5	1.125

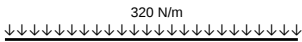
Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	2.250

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
-3.4312E-03	1.265

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	1.500

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	1.500

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	1.500

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	2.182

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	1.342

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA



Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	-4.4082E-03
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

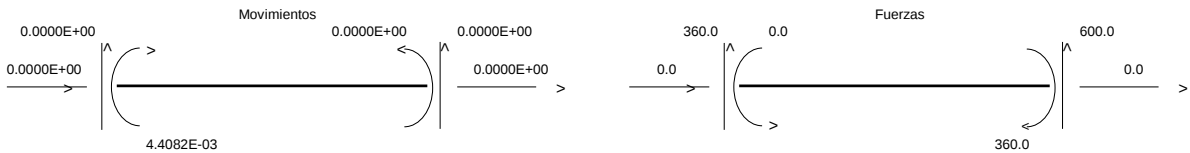
-Nizq->	0.0
-Vizq->	360.0
-Mizq->	0.0
-Nder->	0.0
-Vder->	600.0
-Mder->	-360.0

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

0.0
360.0
0.0
0.0
600.0
-360.0

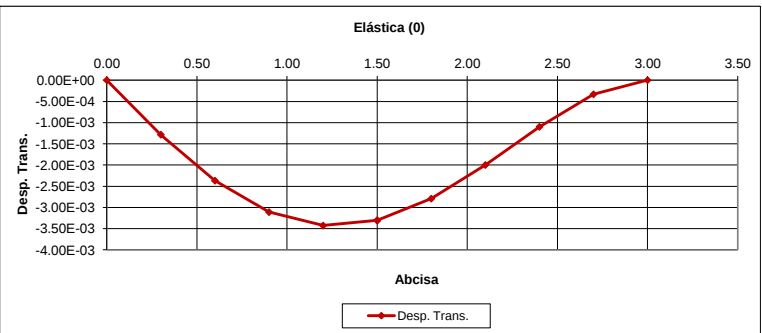
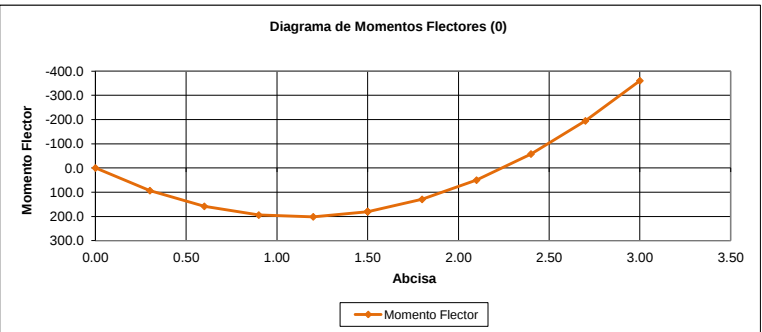
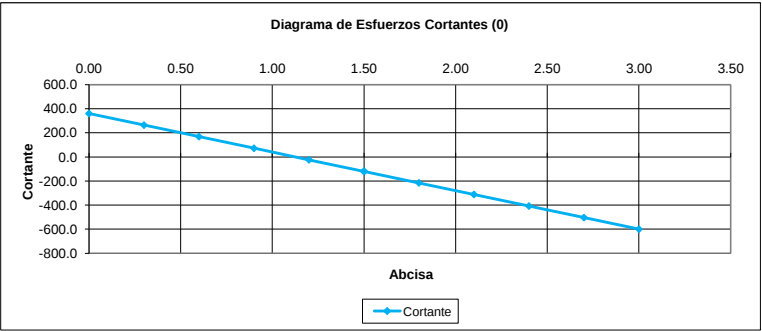
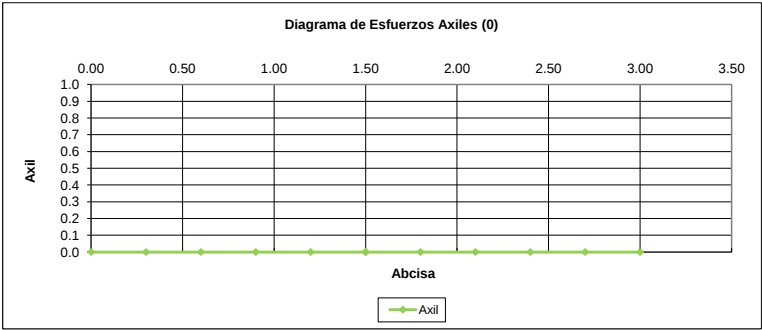


Fuerzas 0
(acción) a
sistema

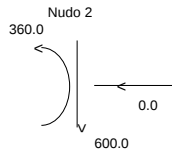
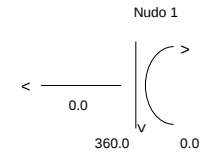


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	360.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.30	0.0	264.0	93.6	0.0000E+00	-1.2854E-03
3	0.60	0.0	168.0	158.4	0.0000E+00	-2.3698E-03
4	0.90	0.0	72.0	194.4	0.0000E+00	-3.1104E-03
5	1.20	0.0	-24.0	201.6	0.0000E+00	-3.4278E-03
6der	1.50	0.0	-120.0	180.0	0.0000E+00	-3.3061E-03
6	1.50	0.0	-120.0	180.0	0.0000E+00	-3.3061E-03
6izq	1.50	0.0	-120.0	180.0	0.0000E+00	-3.3061E-03
7	1.80	0.0	-216.0	129.6	0.0000E+00	-2.7930E-03
8	2.10	0.0	-312.0	50.4	0.0000E+00	-1.9995E-03
9	2.40	0.0	-408.0	-57.6	0.0000E+00	-1.1003E-03
10	2.70	0.0	-504.0	-194.4	0.0000E+00	-3.3326E-04
11	3.00	0.0	-600.0	-360.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

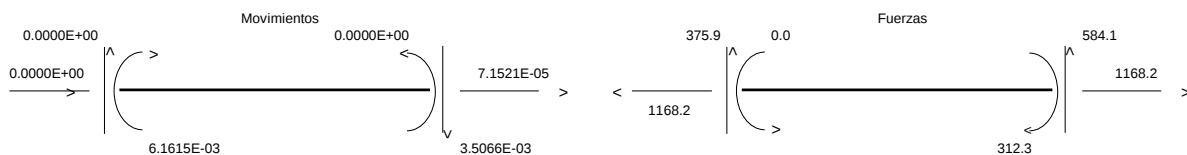
uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	-6.1615E-03
uxj	7.1521E-05
uyj	-3.5066E-03
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T.·f

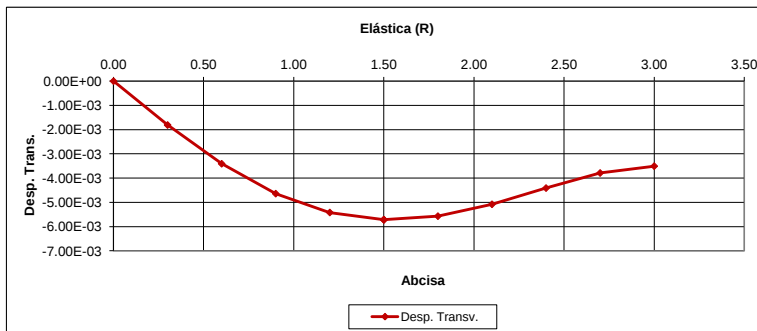
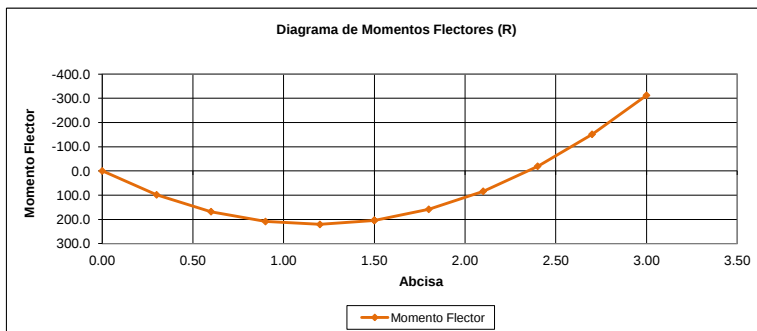
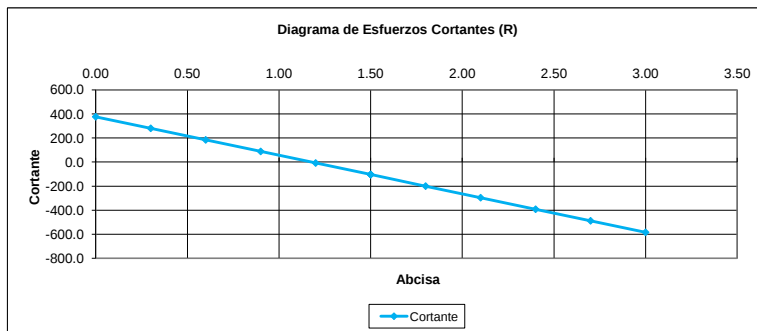
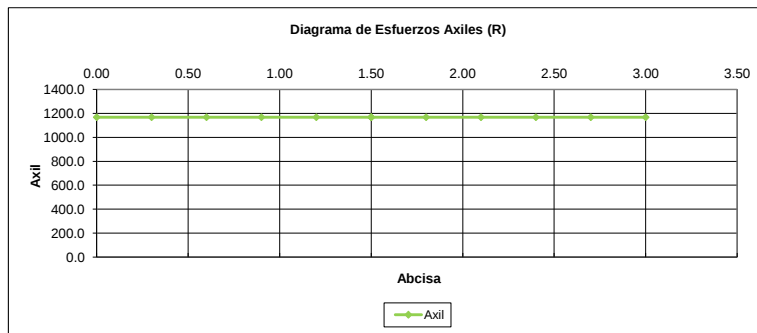
GLOBALES SIN NODALES f=t.·f

-1168.2	-1168.2	-1168.2	fxi
375.9	375.9	375.9	fyi
0.0	0.0	0.0	mi
1168.2	1168.2	1168.2	fxj
584.1	584.1	584.1	fyj
-312.3	-312.3	-312.3	mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	1168.2	375.9	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00	
2	0.30	1168.2	279.9	98.4	7.1521E-06	-1.8097E-03	
3	0.60	1168.2	183.9	167.9	1.4304E-05	-3.4078E-03	
4	0.90	1168.2	87.9	208.7	2.1456E-05	-4.6410E-03	
5	1.20	1168.2	-8.1	220.7	2.8609E-05	-5.4195E-03	
6der	1.50	1168.2	-104.1	203.9	3.5761E-05	-5.7169E-03	centro-der
6	1.50	1168.2	-104.1	203.9	3.5761E-05	-5.7169E-03	centro
6izq	1.50	1168.2	-104.1	203.9	3.5761E-05	-5.7169E-03	centro-izq
7	1.80	1168.2	-200.1	158.2	4.2913E-05	-5.5702E-03	
8	2.10	1168.2	-296.1	83.8	5.0065E-05	-5.0801E-03	
9	2.40	1168.2	-392.1	-19.4	5.7217E-05	-4.4105E-03	
10	2.70	1168.2	-488.1	-151.4	6.4369E-05	-3.7890E-03	
11	3.00	1168.2	-584.1	-312.3	7.1521E-05	-3.5066E-03	



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

b

ENTRE NUDOS

2

3

TIPO BARRA

RIGIDA

ARTICULADA

CASO

3

1: ART-ART 2: ART-RIG
3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

l (m)

α (°C⁻¹)

7.00E+09

7.00E-03

3

0

5.83E-06

3.40E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-ARTICULADA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

16333333.33	0.00	0.00	-16333333.33	0.00	0.00
0.00	4537.04	13611.11	0.00	-4537.04	0.00
0.00	13611.11	40833.33	0.00	-13611.11	0.00
-16333333.33	0.00	0.00	16333333.33	0.00	0.00
0.00	-4537.04	-13611.11	0.00	4537.04	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-ARTICULADA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u
k=T.^k.T^T

k 2-2			k 2-3			⇒ Ensamblar en matriz de rigidez global
16333333.33	0.00	0.00	-16333333.33	0.00	0.00	
0.00	4537.04	13611.11	0.00	-4537.04	0.00	
0.00	13611.11	40833.33	0.00	-13611.11	0.00	
k 3-2			k 3-3			
-16333333.33	0.00	0.00	16333333.33	0.00	0.00	
0.00	-4537.04	-13611.11	0.00	4537.04	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos

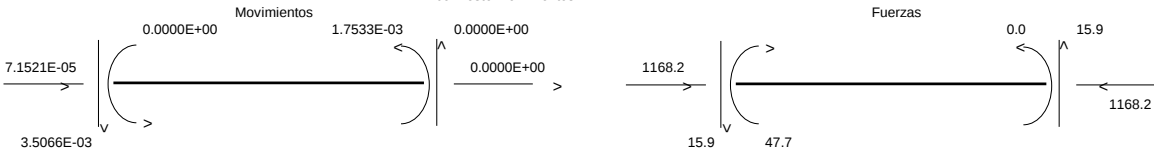
ux2
uy2
θ2
ux3
uy3
θ3

GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.u
7.1521E-05	7.1521E-05 uxi
-3.5066E-03	-3.5066E-03 uyi
0.0000E+00	0.0000E+00 θi
0.0000E+00	0.0000E+00 uxj
0.0000E+00	0.0000E+00 uyj
0.0000E+00	1.7533E-03 θj *

*Calculado a posteriori con resto movimientos

Fuerzas

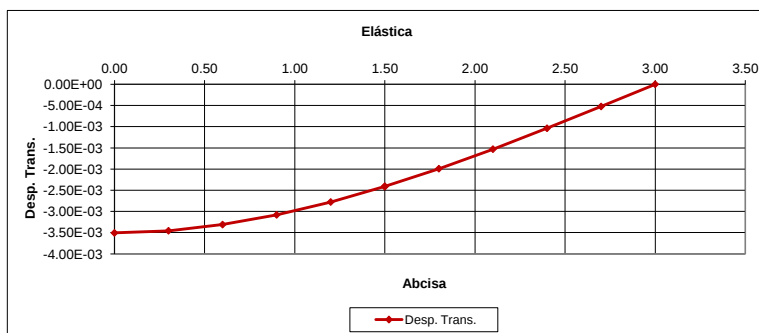
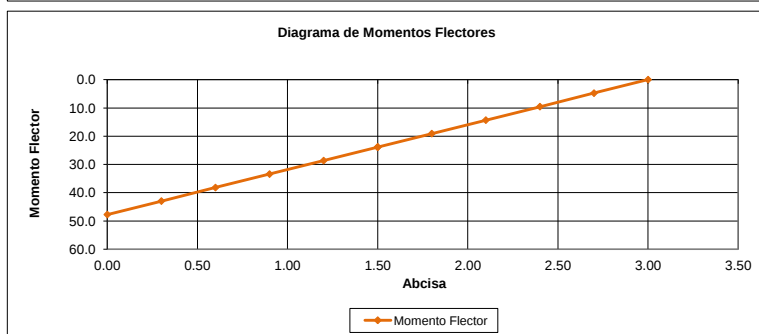
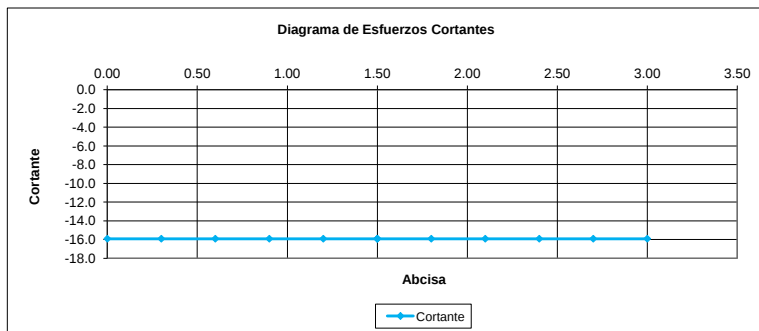
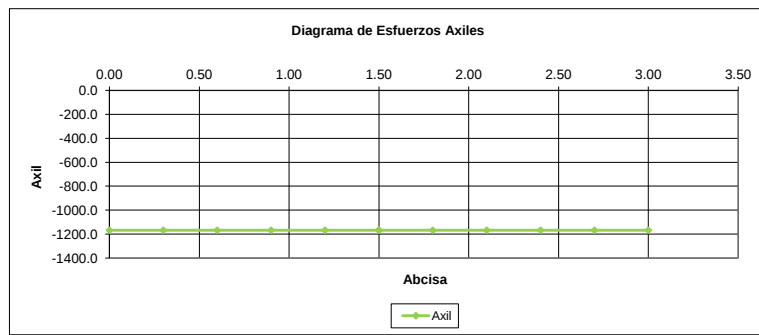
LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f
1168.2	1168.2	1168.2 fxi
-15.9	-15.9	-15.9 fyi
-47.7	-47.7	-47.7 mi
-1168.2	-1168.2	-1168.2 fxj
15.9	15.9	15.9 fyj
0.0	0.0	0.0 mj



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-1168.2	-15.9	47.7	7.1521E-05	-3.5066E-03
2	0.30	-1168.2	-15.9	43.0	6.4369E-05	-3.4557E-03
3	0.60	-1168.2	-15.9	38.2	5.7217E-05	-3.3102E-03
4	0.90	-1168.2	-15.9	33.4	5.0065E-05	-3.0805E-03
5	1.20	-1168.2	-15.9	28.6	4.2913E-05	-2.7772E-03
6der	1.50	-1168.2	-15.9	23.9	3.5761E-05	-2.4108E-03
6	1.50	-1168.2	-15.9	23.9	3.5761E-05	-2.4108E-03
6izq	1.50	-1168.2	-15.9	23.9	3.5761E-05	-2.4108E-03
7	1.80	-1168.2	-15.9	19.1	2.8609E-05	-1.9917E-03
8	2.10	-1168.2	-15.9	14.3	2.1456E-05	-1.5306E-03
9	2.40	-1168.2	-15.9	9.5	1.4304E-05	-1.0379E-03
10	2.70	-1168.2	-15.9	4.8	7.1521E-06	-5.2423E-04
11	3.00	-1168.2	-15.9	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)
320.00

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
600.0	-360.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
-360.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	4.4082E-03

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
960.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
202.5	1.875

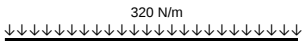
Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.750

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
-3.4312E-03	1.735

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	1.500

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	1.500

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	1.500

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.818

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	1.658

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

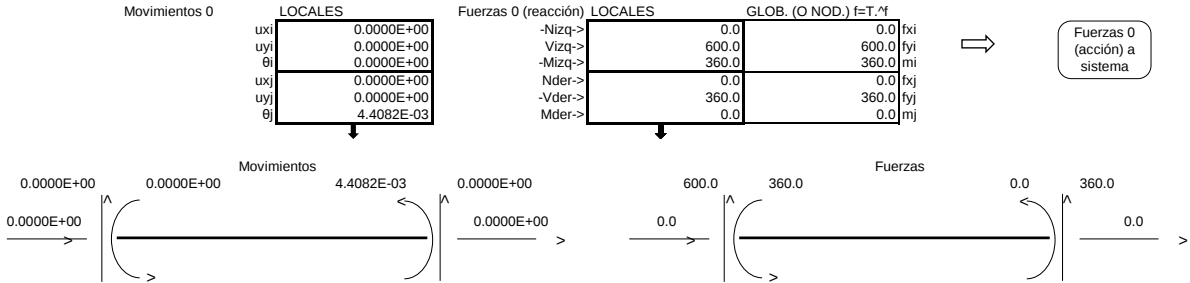
Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA

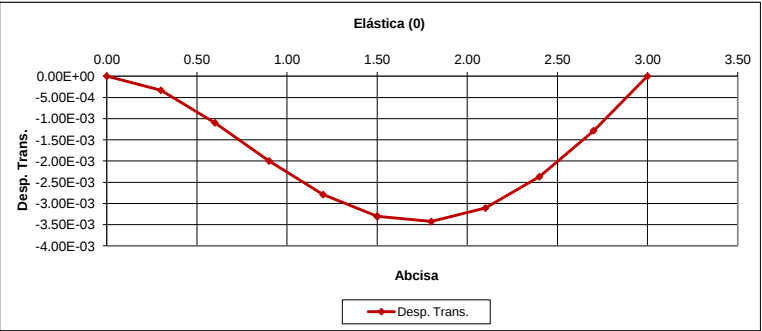
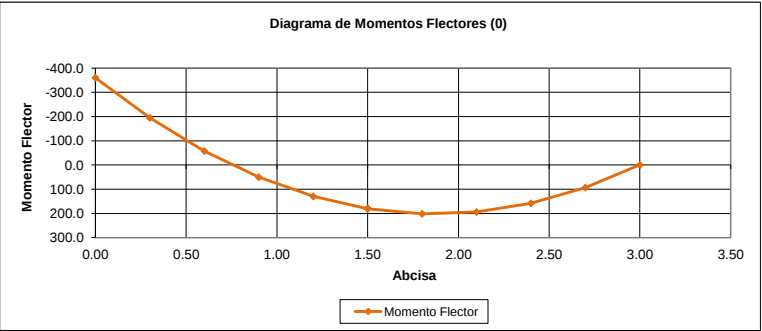
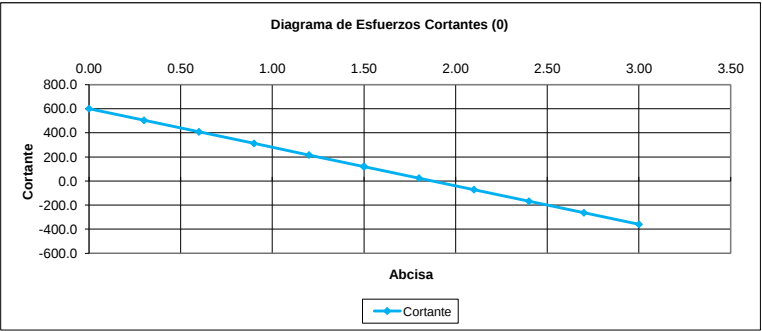
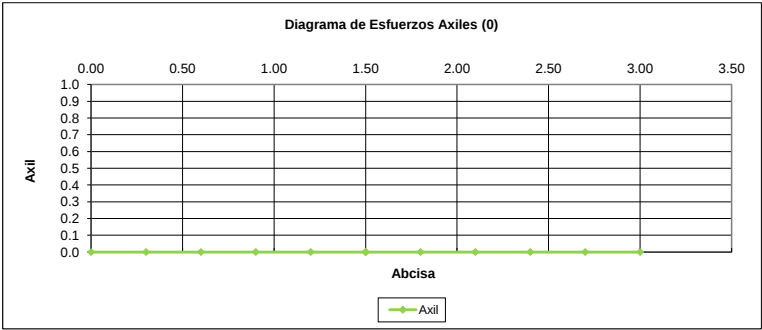


Fuerzas 0 (acción) a sistema

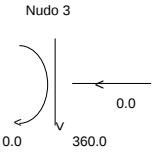
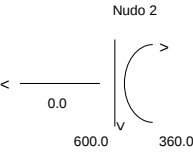


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	600.0	-360.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.30	0.0	504.0	-194.4	0.0000E+00	-3.3326E-04
3	0.60	0.0	408.0	-57.6	0.0000E+00	-1.1003E-03
4	0.90	0.0	312.0	50.4	0.0000E+00	-1.9995E-03
5	1.20	0.0	216.0	129.6	0.0000E+00	-2.7930E-03
6der	1.50	0.0	120.0	180.0	0.0000E+00	-3.3061E-03
6	1.50	0.0	120.0	180.0	0.0000E+00	-3.3061E-03
6izq	1.50	0.0	120.0	180.0	0.0000E+00	-3.3061E-03
7	1.80	0.0	24.0	201.6	0.0000E+00	-3.4278E-03
8	2.10	0.0	-72.0	194.4	0.0000E+00	-3.1104E-03
9	2.40	0.0	-168.0	158.4	0.0000E+00	-2.3698E-03
10	2.70	0.0	-264.0	93.6	0.0000E+00	-1.2854E-03
11	3.00	0.0	-360.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

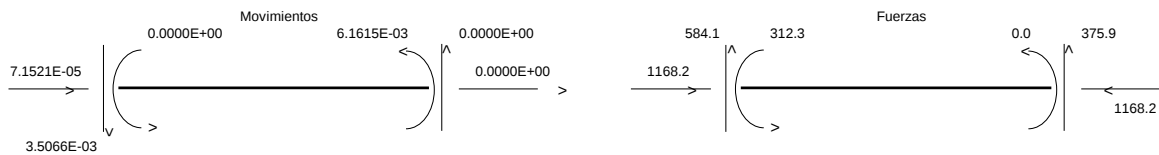
uxi	7.1521E-05
uyi	-3.5066E-03
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	6.1615E-03

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T.·f

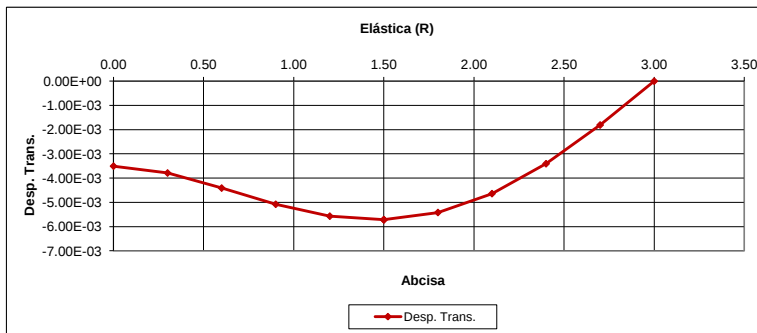
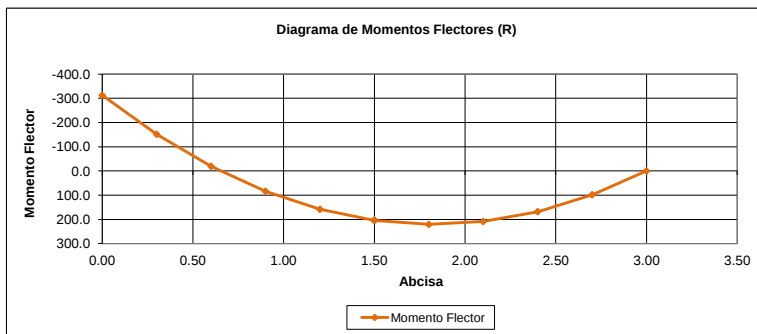
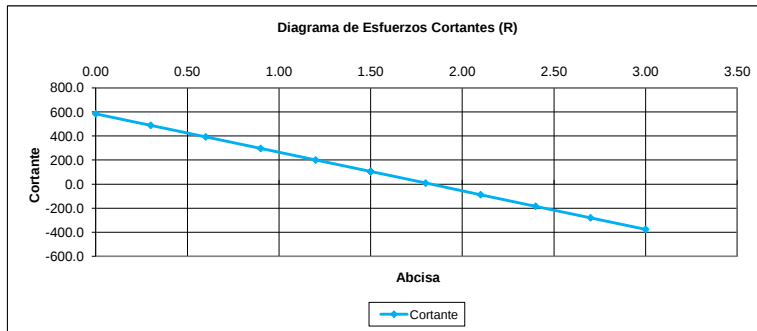
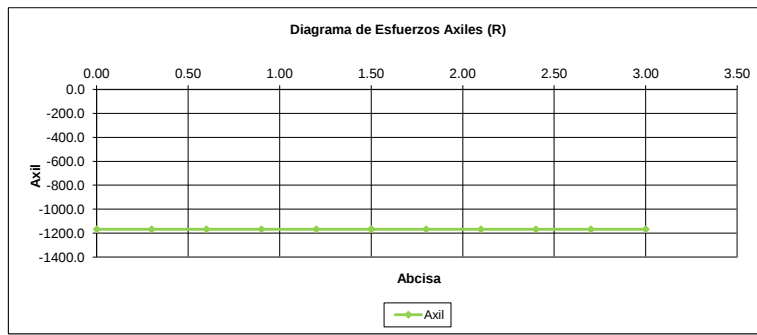
GLOBALES SIN NODALES f=t.·f

1168.2	1168.2	1168.2	1168.2	fxi
584.1	584.1	584.1	584.1	fyi
312.3	312.3	312.3	312.3	mi
-1168.2	-1168.2	-1168.2	-1168.2	fxj
375.9	375.9	375.9	375.9	fyj
0.0	0.0	0.0	0.0	mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-1168.2	584.1	-312.3	7.1521E-05	-3.5066E-03	i
2	0.30	-1168.2	488.1	-151.4	6.4369E-05	-3.7890E-03	
3	0.60	-1168.2	392.1	-19.4	5.7217E-05	-4.4105E-03	
4	0.90	-1168.2	296.1	83.8	5.0065E-05	-5.0801E-03	
5	1.20	-1168.2	200.1	158.2	4.2913E-05	-5.5702E-03	
6der	1.50	-1168.2	104.1	203.9	3.5761E-05	-5.7169E-03	centro-der
6	1.50	-1168.2	104.1	203.9	3.5761E-05	-5.7169E-03	centro
6izq	1.50	-1168.2	104.1	203.9	3.5761E-05	-5.7169E-03	centro-izq
7	1.80	-1168.2	8.1	220.7	2.8609E-05	-5.4195E-03	
8	2.10	-1168.2	-87.9	208.7	2.1456E-05	-4.6410E-03	
9	2.40	-1168.2	-183.9	167.9	1.4304E-05	-3.4078E-03	
10	2.70	-1168.2	-279.9	98.4	7.1521E-06	-1.8097E-03	
11	3.00	-1168.2	-375.9	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

c

ENTRE NUDOS

2

4

TIPO BARRA

ARTICULADA

ARTICULADA

CASO

1

1: ART-ART 2: ART-RIG
3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

26.56505118

(vacío si no hay)

E (N/m²)

2.06E+11

A (m²)

2.83E-05

L (m)

3.354101966

β (°)

26.56505118

I (m⁴)

1.02E-09

α (°C⁻¹)

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra ARTICULADA-ARTICULADA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

1736534.20	0.00	0.00	-1736534.20	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-1736534.20	0.00	0.00	1736534.20	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.89	-0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.45	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	26.56505118

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra ARTICULADA-ARTICULADA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u
k=T.^k.T^T

k 2-2			k 2-4			⇒ Ensamblar en matriz de rigidez global
1389227.36	694613.68	0.00	-1553203.41	0.00	0.00	
694613.68	347306.84	0.00	-776601.70	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
-1553203.41	-776601.70	0.00	1736534.20	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
k 4-2			k 4-4			

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

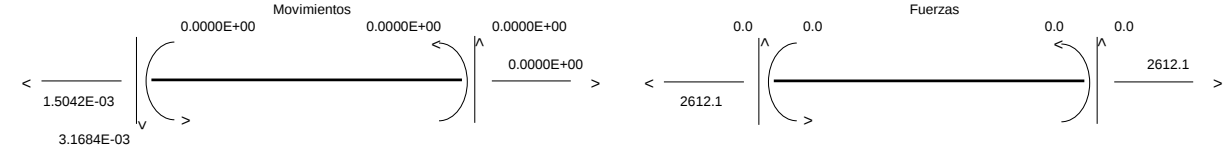
Movimientos

ux2
uy2
θ2
ux4'
uy4'
θ4

GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T.^u	
7.1521E-05	-1.5042E-03	uxi
-3.5066E-03	-3.1684E-03	uyi
0.0000E+00	0.0000E+00	θi
0.0000E+00	0.0000E+00	uxj
0.0000E+00	0.0000E+00	uyj
0.0000E+00	0.0000E+00	θj

Fuerzas

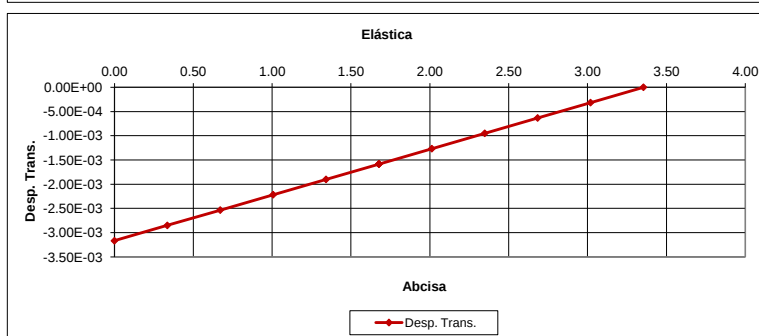
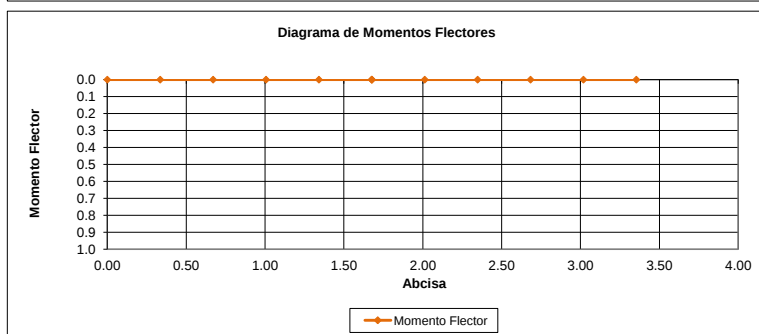
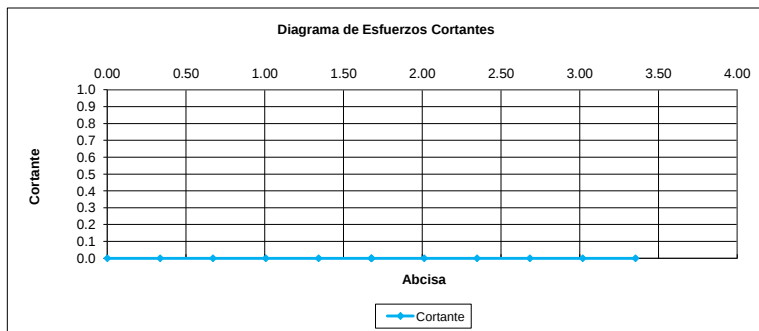
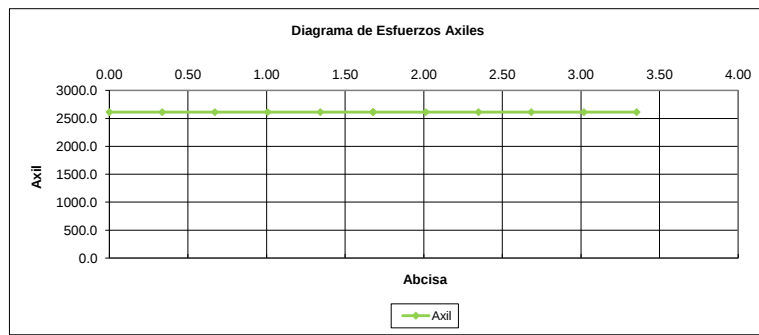
LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f
-2612.1	-2336.4	-2336.4
0.0	-1168.2	-1168.2
0.0	0.0	0.0
2612.1	2612.1	2336.4
0.0	0.0	1168.2
0.0	0.0	0.0



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	2612.1	0.0	0.0	-1.5042E-03	-3.1684E-03	
2	0.34	2612.1	0.0	0.0	-1.3538E-03	-2.8515E-03	
3	0.67	2612.1	0.0	0.0	-1.2034E-03	-2.5347E-03	
4	1.01	2612.1	0.0	0.0	-1.0530E-03	-2.2179E-03	
5	1.34	2612.1	0.0	0.0	-9.0253E-04	-1.9010E-03	
6der	1.68	2612.1	0.0	0.0	-7.5211E-04	-1.5842E-03	centro-der
6	1.68	2612.1	0.0	0.0	-7.5211E-04	-1.5842E-03	centro
6izq	1.68	2612.1	0.0	0.0	-7.5211E-04	-1.5842E-03	centro-izq
7	2.01	2612.1	0.0	0.0	-6.0169E-04	-1.2673E-03	
8	2.35	2612.1	0.0	0.0	-4.5127E-04	-9.5051E-04	
9	2.68	2612.1	0.0	0.0	-3.0084E-04	-6.3367E-04	
10	3.02	2612.1	0.0	0.0	-1.5042E-04	-3.1684E-04	
11	3.35	2612.1	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00	



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
0.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	1.677

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0 y 3.354

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	1.677

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	1.677

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	1.677

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	1.677

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0 y 3.354

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	1.677

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA

Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

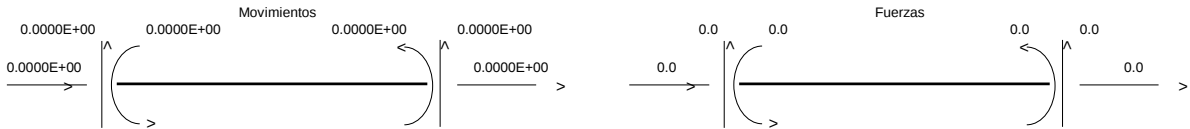
-Nizq->	0.0
-Vizq->	0.0
-Mizq->	0.0
-Nder->	0.0
-Vder->	0.0
-Mder->	0.0

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	0.0
fyi	0.0
mi	0.0
fxj	0.0
fyj	0.0
mj	0.0

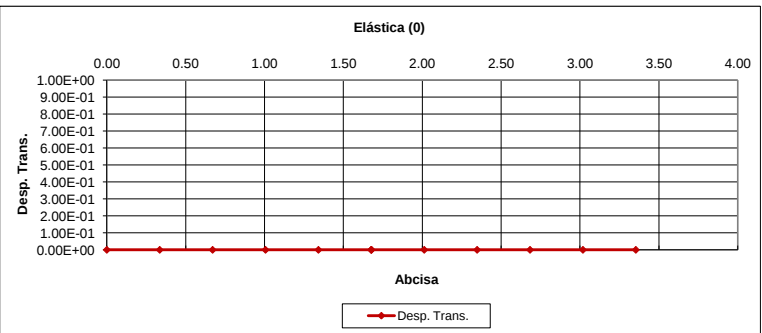
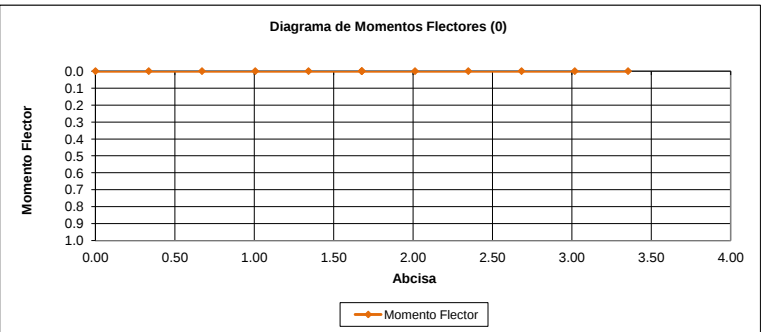
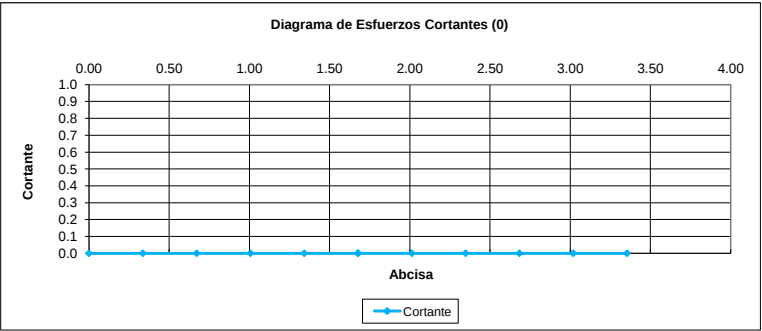
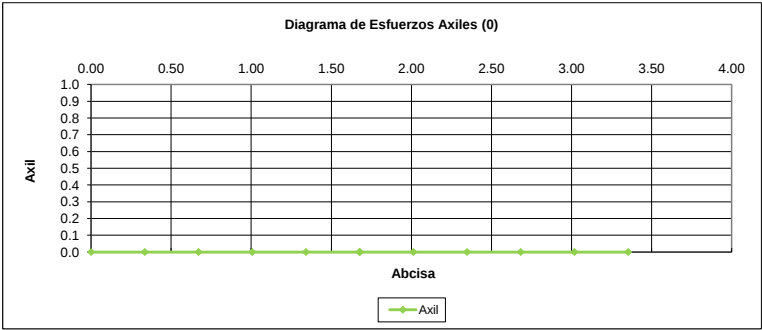


Fuerzas 0 (acción) a sistema

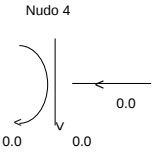
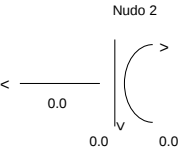


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.34	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.67	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
4	1.01	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
5	1.34	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6der	1.68	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00 centro-der
6	1.68	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00 centro
6izq	1.68	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00 centro-izq
7	2.01	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
8	2.35	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
9	2.68	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
10	3.02	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
11	3.35	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

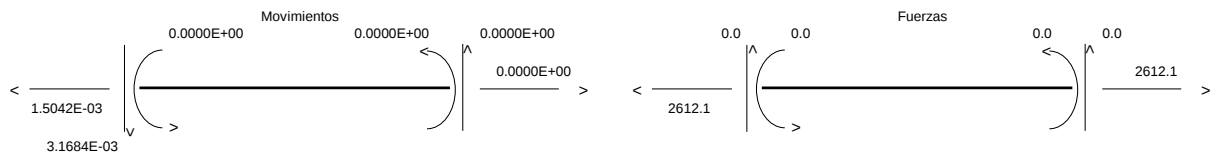
uxi	-1.5042E-03
uyi	-3.1684E-03
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T.¶

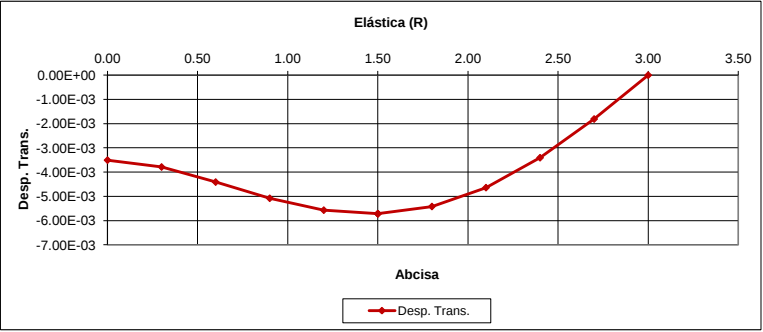
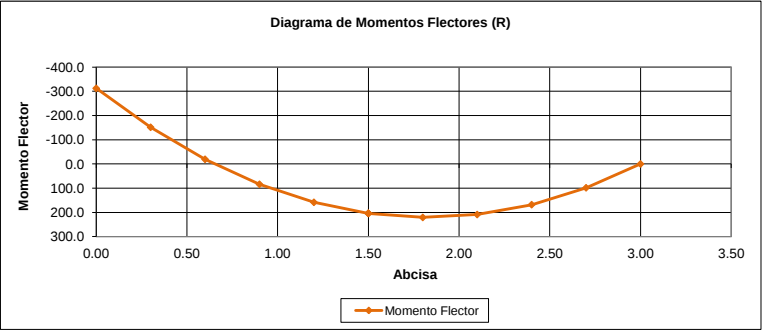
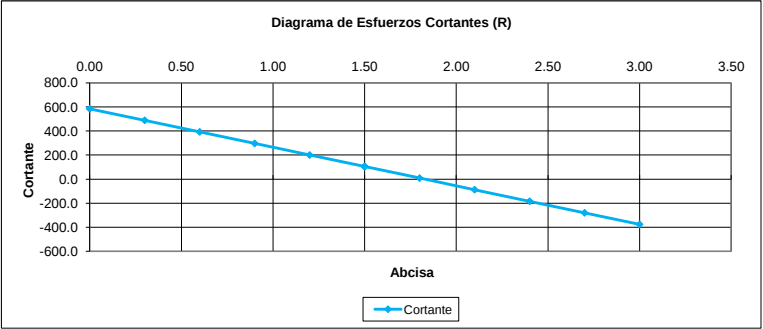
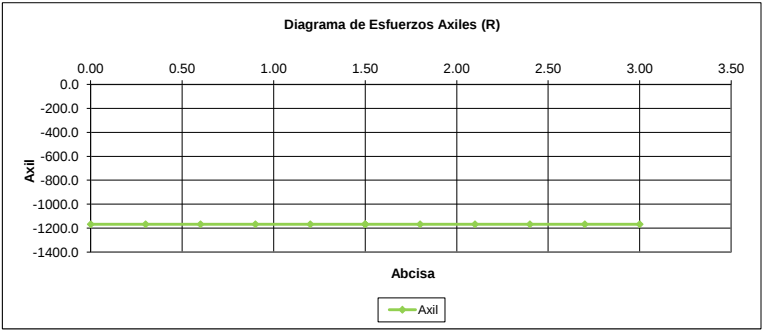
GLOBALES SIN NODALES f=t.¶

-2612.1	-2336.4	-2336.4	fxi
0.0	-1168.2	-1168.2	fyi
0.0	0.0	0.0	mi
2612.1	2612.1	2336.4	fxj
0.0	0.0	1168.2	fyj
0.0	0.0	0.0	mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	2612.1	0.0	0.0	-1.5042E-03	-3.1684E-03	i
2	0.34	2612.1	0.0	0.0	-1.3538E-03	-2.8515E-03	
3	0.67	2612.1	0.0	0.0	-1.2034E-03	-2.5347E-03	
4	1.01	2612.1	0.0	0.0	-1.0530E-03	-2.2179E-03	
5	1.34	2612.1	0.0	0.0	-9.0253E-04	-1.9010E-03	
6der	1.68	2612.1	0.0	0.0	-7.5211E-04	-1.5842E-03	centro-der
6	1.68	2612.1	0.0	0.0	-7.5211E-04	-1.5842E-03	centro
6izq	1.68	2612.1	0.0	0.0	-7.5211E-04	-1.5842E-03	centro-izq
7	2.01	2612.1	0.0	0.0	-6.0169E-04	-1.2673E-03	
8	2.35	2612.1	0.0	0.0	-4.5127E-04	-9.5051E-04	
9	2.68	2612.1	0.0	0.0	-3.0084E-04	-6.3367E-04	
10	3.02	2612.1	0.0	0.0	-1.5042E-04	-3.1684E-04	
11	3.35	2612.1	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



Superposición

Superposición

(en coord. globales con nodales)

Caso C.M. Caso 0 Caso Real
F= fuerzas Fuerzas F= fuerzas
C.M. (solución) 0 (reaccion) C.M. + 0

Fx1	-1168.2	0.0	-1168.2
Fy1	15.9	360.0	375.9
M1	0.0	0.0	0.0
Fx2	0.0	0.0	0.0
Fy2	-1200.0	1200.0	0.0
M2	0.0	0.0	0.0
Fx3	-1168.2	0.0	-1168.2
Fy3	15.9	360.0	375.9
M3	0.0	0.0	0.0
Fx4'	2612.1		2612.1
Fy4'	0.0		0.0
M4	0.0		0.0



COMPROBACIÓN CON FUERZAS
EXTERIORES INTRODUCIDAS



COMPROBACIÓN CORRECTA



Transformación

(en coord. globales sin nodales)

Caso C.M. Caso 0 Caso Real
F= fuerzas Fuerzas F= fuerzas
C.M. (solución) 0 (reaccion) C.M. + 0

Fx1	-1168.2	0.0	-1168.2
Fy1	15.9	360.0	375.9
M1	0.0	0.0	0.0
Fx2	0.0	0.0	0.0
Fy2	-1200.0	1200.0	0.0
M2	0.0	0.0	0.0
Fx3	-1168.2	0.0	-1168.2
Fy3	15.9	360.0	375.9
M3	0.0	0.0	0.0
Fx4	2336.4		2336.4
Fy4	1168.2		1168.2
M4	0.0		0.0



Estas fuerzas se comprobará que se equilibrarán en cada nudo.
Comprobacion Equilibrio en nudos (Caso Real con cargas en barras)
Ir a hoja Eq. Nudos



t: Matrices transformación nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
0.89	-0.45	0.00
0.45	0.89	0.00
0.00	0.00	1.00

Reacciones en apoyos elásticos

Datos partida C.M.
(en coord. globales con nodales)

Mov. Apoy. Elas. Rigidez Apoyo
C.M. (u_{AE}) Elástico (K_{AE})

ux1		
uy1		
θ1		
ux2		
uy2		
θ2		
ux3		
uy3		
θ3		
ux4'		
uy4'		
θ4		



Cálculo
(en coord. globales con nodales)

Reac. Apoy. Elas.*
 $R_{AE} = -K_{AE} \cdot u_{AE}$

Fx1	
Fy1	
M1	
Fx2	
Fy2	
M2	
Fx3	
Fy3	
M3	
Fx4'	
Fy4'	
M4	

*Se saca la rigidez interna del apoyo elástico introducida en el C.M. y se calcula la reacción en el GDL producida por el mismo.



Transformación
(en coord. globales sin nodales)

Reac. Apoy. Elas.
($t \cdot R_{AE}$)

Fx1	
Fy1	
M1	
Fx2	
Fy2	
M2	
Fx3	
Fy3	
M3	
Fx4	
Fy4	
M4	



Se utilizará para comprobación equilibrio global .Ir a hoja Eq. Global
Así como para la comprobacion equilibrio en nudos. Ir a hoja Eq. Nudos



t: Matrices transformación globales sin nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
0.89	-0.45	0.00
0.45	0.89	0.00
0.00	0.00	1.00

Comprobación de equilibrio global

Solución C.M.
(en coord. globales con nodales)

F= fuerzas Reac.Apoy.Elas.* Fuerzas F+R.A.E.
C.M. (solución) C.M. (solución) C.M. (solución)

Fx1	-1168.2		-1168.2
Fy1	15.9		15.9
M1	0.0		0.0
Fx2	0.0		0.0
Fy2	-1200.0		-1200.0
M2	0.0		0.0
Fx3	-1168.2		-1168.2
Fy3	15.9		15.9
M3	0.0		0.0
Fx4'	2612.1		2612.1
Fy4'	0.0		0.0
M4	0.0		0.0

*sacadas las rigideces
de apoyos elásticos
del sistema C.M.

Transformación
(en coord. globales sin nodales)

Fuerzas F+R.A.E. M₀ (momentos F.
C.M. (solución) respecto origen)*

Fx1	-1168.2	0.0
Fy1	15.9	0.0
M1	0.0	0.0
Fx2	0.0	0.0
Fy2	-1200.0	-3600.0
M2	0.0	0.0
Fx3	-1168.2	0.0
Fy3	15.9	95.5
M3	0.0	0.0
Fx4	2336.4	-3504.5
Fy4	1168.2	7009.1
M4	0.0	0.0

*Se calcula a partir de las
componentes de las fuerzas
y coordenadas de los nudos



t: Matrices transformación globales con nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
0.89	-0.45	0.00
0.45	0.89	0.00
0.00	0.00	1.00

↓

↓

Comprobación Equilibrio global C.M.

ΣFx= 0.0

ΣFy= 0.0

ΣM₀= 0.0

Cálculo matricial correcto

Equilibrio en Nudos y esquemas de fuerzas en nudos

Caso Real (con cargas en barras)

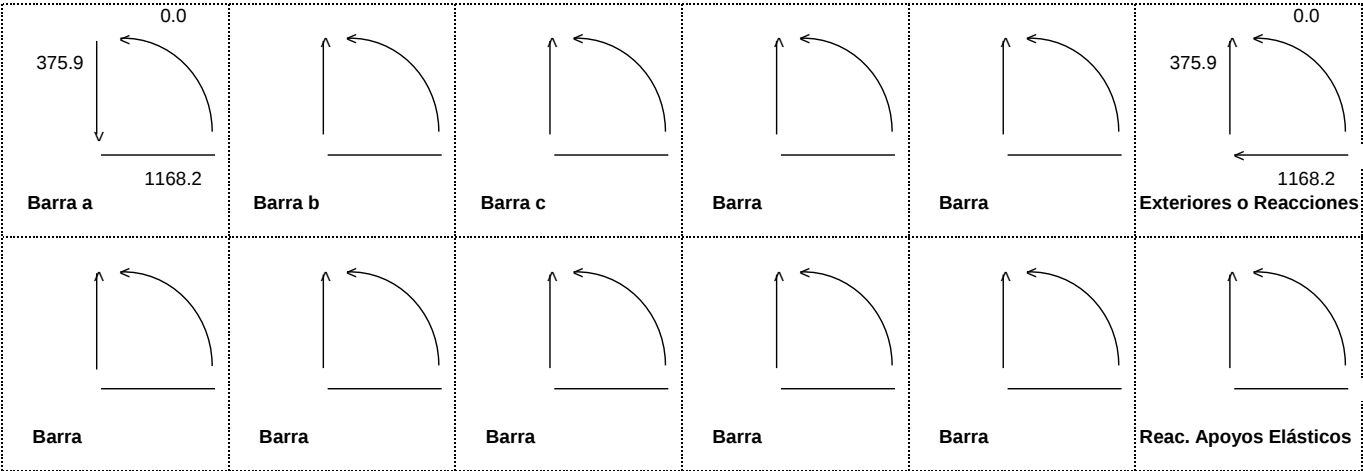
(en coord. globales sin nodales)

Equilibrio en Nudo 1

Nudo 1

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a	Inicial	1168.2	-375.9	0.0
b				
c				
Exteriores o Reacciones		-1168.2	375.9	0.0
Reac. Apoyos Elásticos				
	Σ	0.0	0.0	0.0

El Nudo 1 está en equilibrio



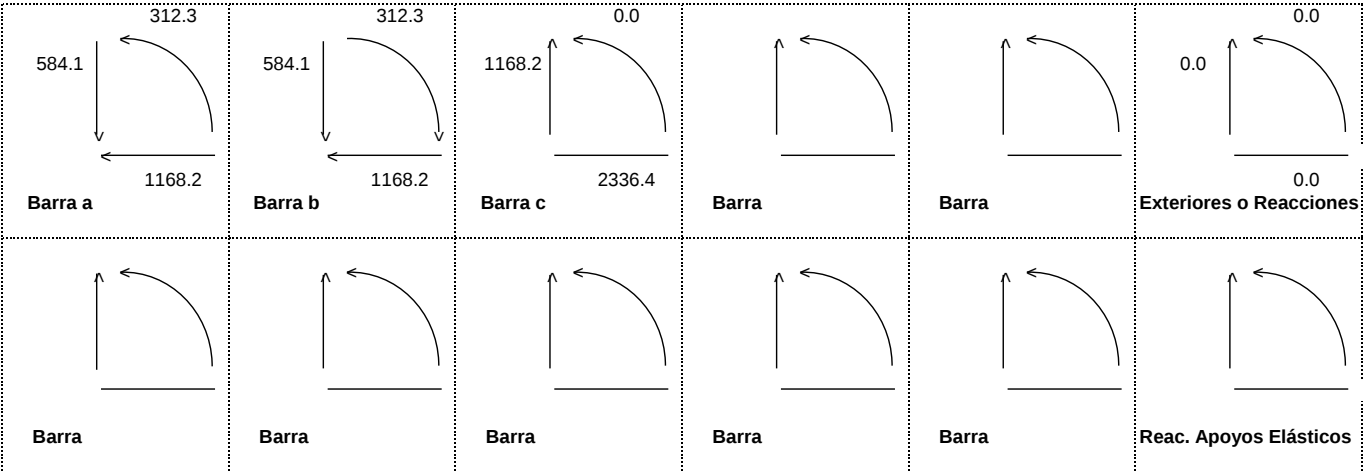
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 2

Nudo 2

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a	Final	-1168.2	-584.1	312.3
b	Inicial	-1168.2	-584.1	-312.3
c	Inicial	2336.4	1168.2	0.0
Exteriores o Reacciones		0.0	0.0	0.0
Reac. Apoyos Elásticos				
	Σ	0.0	0.0	0.0

El Nudo 2 está en equilibrio



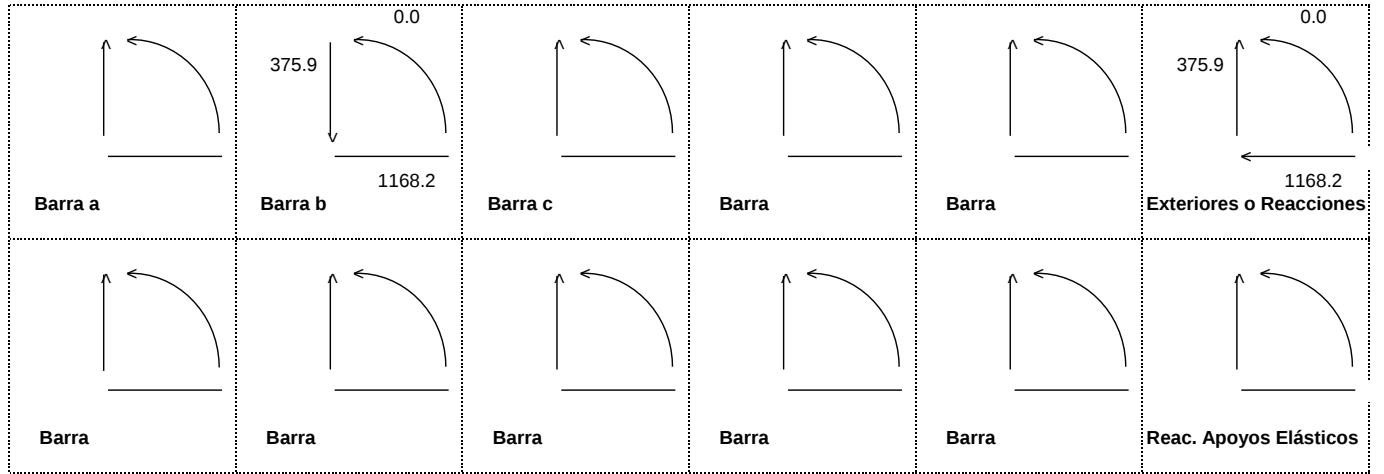
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 3

Nudo 3

Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a	Final	1168.2	-375.9	0.0
b				
c				
Exteriores o Reacciones		-1168.2	375.9	0.0
Reac. Apoyos Elásticos				
	Σ	0.0	0.0	0.0

El Nudo 3 está en equilibrio



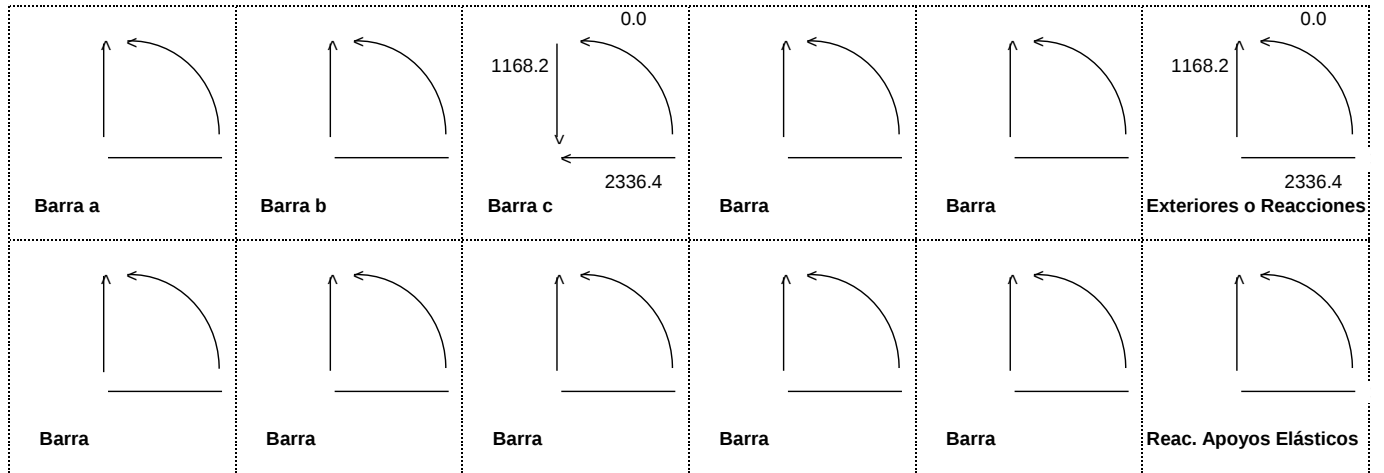
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 4

Nudo	4
------	---

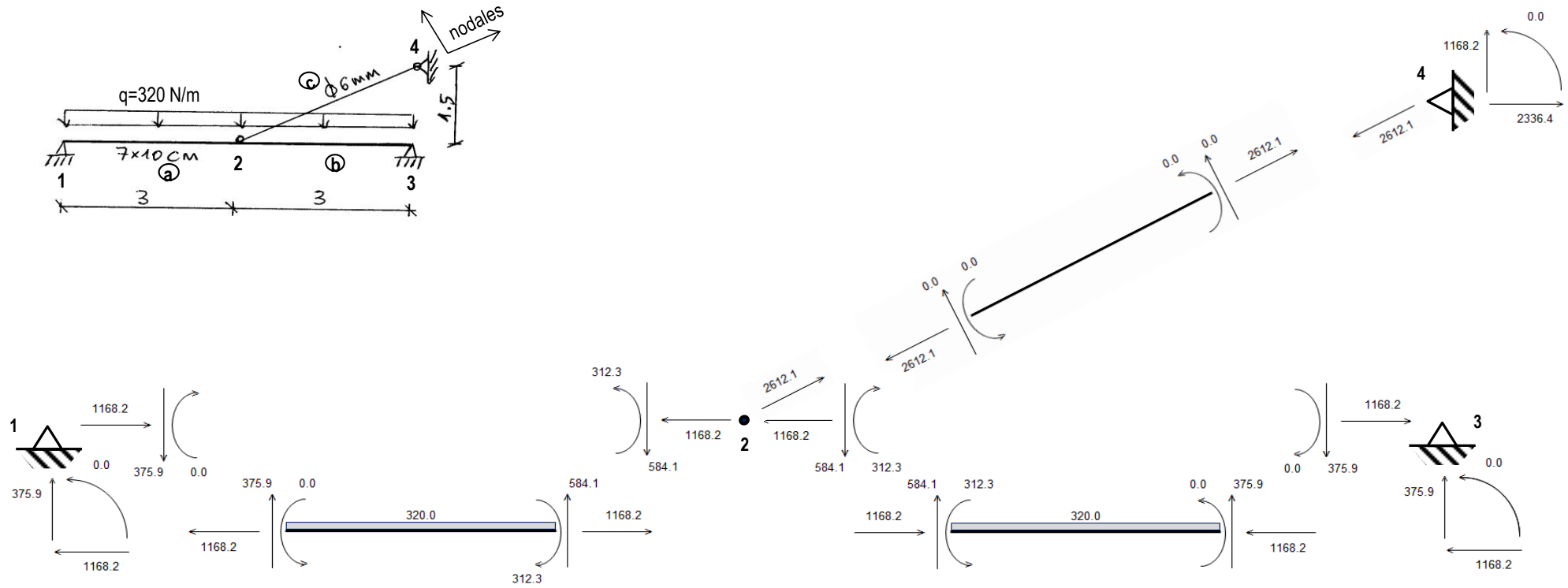
[illegible]

El Nudo 4 está en equilibrio



Ubicación no automatizada en función de geometría real

Esquema fuerzas en barras y nudos de la estructura completa (no automatizado en función de geometría real)
 (Obtener de manera manual a partir de capturas de imágenes de fuerzas de las hojas Barras y Eq. Nudos)



CALCULO DEFORMADA

Diagrama por barras (con mínimo y máximo), geometría a escala real + movimientos x-y con multiplicador

Caso Real (con cargas en barras)

DIAGRAMAS POR BARRAS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Abcisa x (m)	Flecha (m)	Abcisa x (m)	Flecha (m)	Abcisa x (m)	Flecha (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-3.5066E-03	0.0000E+00	-3.1684E-03	i
2	3.0000E-01	-1.8097E-03	3.0000E-01	-3.7890E-03	3.3541E-01	-2.8515E-03	
3	6.0000E-01	-3.4078E-03	6.0000E-01	-4.4105E-03	6.7082E-01	-2.5347E-03	
4	9.0000E-01	-4.6410E-03	9.0000E-01	-5.0801E-03	1.0062E+00	-2.2179E-03	
5	1.2000E+00	-5.4195E-03	1.2000E+00	-5.5702E-03	1.3416E+00	-1.9010E-03	
6der	1.5000E+00	-5.7169E-03	1.5000E+00	-5.7169E-03	1.6771E+00	-1.5842E-03	centro-der
6	1.5000E+00	-5.7169E-03	1.5000E+00	-5.7169E-03	1.6771E+00	-1.5842E-03	centro
6izq	1.5000E+00	-5.7169E-03	1.5000E+00	-5.7169E-03	1.6771E+00	-1.5842E-03	centro-izq
7	1.8000E+00	-5.5702E-03	1.8000E+00	-5.4195E-03	2.0125E+00	-1.2673E-03	
8	2.1000E+00	-5.0801E-03	2.1000E+00	-4.6410E-03	2.3479E+00	-9.5051E-04	
9	2.4000E+00	-4.4105E-03	2.4000E+00	-3.4078E-03	2.6833E+00	-6.3367E-04	
10	2.7000E+00	-3.7890E-03	2.7000E+00	-1.8097E-03	3.0187E+00	-3.1684E-04	
11	3.0000E+00	-3.5066E-03	3.0000E+00	0.0000E+00	3.3541E+00	0.0000E+00	j
min	6der	-5.7169E-03	6der	-5.7169E-03	1	-3.1684E-03	min
max	1	0.0000E+00	11	0.0000E+00	11	0.0000E+00	max

GEOMETRIA CON PUNTOS INTERNOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	i
2	3.0000E-01	0.0000E+00	3.3000E+00	0.0000E+00	3.3000E+00	1.5000E-01	
3	6.0000E-01	0.0000E+00	3.6000E+00	0.0000E+00	3.6000E+00	3.0000E-01	
4	9.0000E-01	0.0000E+00	3.9000E+00	0.0000E+00	3.9000E+00	4.5000E-01	
5	1.2000E+00	0.0000E+00	4.2000E+00	0.0000E+00	4.2000E+00	6.0000E-01	
6der	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	centro-der
6	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	centro
6izq	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	centro-izq
7	1.8000E+00	0.0000E+00	4.8000E+00	0.0000E+00	4.8000E+00	9.0000E-01	
8	2.1000E+00	0.0000E+00	5.1000E+00	0.0000E+00	5.1000E+00	1.0500E+00	
9	2.4000E+00	0.0000E+00	5.4000E+00	0.0000E+00	5.4000E+00	1.2000E+00	
10	2.7000E+00	0.0000E+00	5.7000E+00	0.0000E+00	5.7000E+00	1.3500E+00	
11	3.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	1.5000E+00	j

MOVIMIENTOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	ux (m)	uy (m)	ux (m)	uy (m)	ux (m)	uy (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	7.1521E-05	-3.5066E-03	7.1521E-05	-3.5066E-03	i
2	7.1521E-06	-1.8097E-03	6.4369E-05	-3.7890E-03	6.4369E-05	-3.1559E-03	
3	1.4304E-05	-3.4078E-03	5.7217E-05	-4.4105E-03	5.7217E-05	-2.8053E-03	
4	2.1456E-05	-4.6410E-03	5.0065E-05	-5.0801E-03	5.0065E-05	-2.4546E-03	
5	2.8609E-05	-5.4195E-03	4.2913E-05	-5.5702E-03	4.2913E-05	-2.1040E-03	
6der	3.5761E-05	-5.7169E-03	3.5761E-05	-5.7169E-03	3.5761E-05	-1.7533E-03	centro-der
6	3.5761E-05	-5.7169E-03	3.5761E-05	-5.7169E-03	3.5761E-05	-1.7533E-03	centro
6izq	3.5761E-05	-5.7169E-03	3.5761E-05	-5.7169E-03	3.5761E-05	-1.7533E-03	centro-izq
7	4.2913E-05	-5.5702E-03	2.8609E-05	-5.4195E-03	2.8609E-05	-1.4026E-03	
8	5.0065E-05	-5.0801E-03	2.1456E-05	-4.6410E-03	2.1456E-05	-1.0520E-03	
9	5.7217E-05	-4.4105E-03	1.4304E-05	-3.4078E-03	1.4304E-05	-7.0132E-04	
10	6.4369E-05	-3.7890E-03	7.1521E-06	-1.8097E-03	7.1521E-06	-3.5066E-04	
11	7.1521E-05	-3.5066E-03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	j

DEFORMADA

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	x+k.ux (m)	y+k.uy (m)	x+k.ux (m)	y+k.uy (m)	x+k.ux (m)	y+k.uy (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0072E+00	-3.5066E-01	3.0072E+00	-3.5066E-01	i
2	3.0072E-01	-1.8097E-01	3.3064E+00	-3.7890E-01	3.3064E+00	-1.6559E-01	
3	6.0143E-01	-3.4078E-01	3.6057E+00	-4.4105E-01	3.6057E+00	1.9473E-02	
4	9.0215E-01	-4.6410E-01	3.9050E+00	-5.0801E-01	3.9050E+00	2.0454E-01	
5	1.2029E+00	-5.4195E-01	4.2043E+00	-5.5702E-01	4.2043E+00	3.8960E-01	
6der	1.5036E+00	-5.7169E-01	4.5036E+00	-5.7169E-01	4.5036E+00	5.7467E-01	centro-der
6	1.5036E+00	-5.7169E-01	4.5036E+00	-5.7169E-01	4.5036E+00	5.7467E-01	centro
6izq	1.5036E+00	-5.7169E-01	4.5036E+00	-5.7169E-01	4.5036E+00	5.7467E-01	centro-izq
7	1.8043E+00	-5.5702E-01	4.8029E+00	-5.4195E-01	4.8029E+00	7.5974E-01	j
8	2.1050E+00	-5.0801E-01	5.1021E+00	-4.6410E-01	5.1021E+00	9.4480E-01	
9	2.4057E+00	-4.4105E-01	5.4014E+00	-3.4078E-01	5.4014E+00	1.1299E+00	
10	2.7064E+00	-3.7890E-01	5.7007E+00	-1.8097E-01	5.7007E+00	1.3149E+00	
11	3.0072E+00	-3.5066E-01	6.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	1.5000E+00	

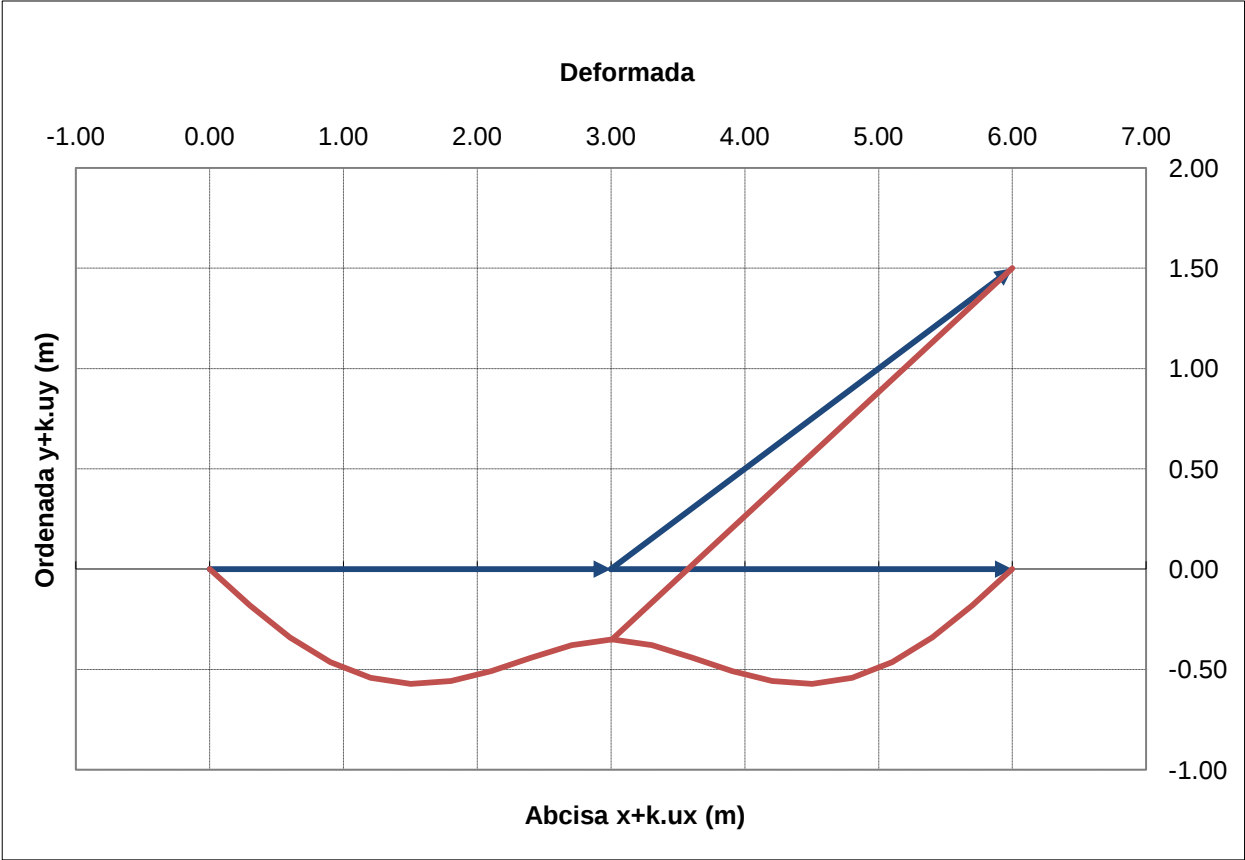
Multiplic.k-def

100.0 m/m

Factor marco

5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



CALCULO DIAGRAMA ESFUERZOS AXILES

Diagrama por barras (con mínimo y máximo), geometría a escala real + diagrama con multiplicador

Caso Real (con cargas en barras)

DIAGRAMAS POR BARRAS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Abcisa x (m)	Axil N (N)	Abcisa x (m)	Axil N (N)	Abcisa x (m)	Axil N (N)	
1	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	0.0000E+00	2.6121E+03	i
2	3.0000E-01	1.1682E+03	3.0000E-01	-1.1682E+03	3.3541E-01	2.6121E+03	
3	6.0000E-01	1.1682E+03	6.0000E-01	-1.1682E+03	6.7082E-01	2.6121E+03	
4	9.0000E-01	1.1682E+03	9.0000E-01	-1.1682E+03	1.0062E+00	2.6121E+03	
5	1.2000E+00	1.1682E+03	1.2000E+00	-1.1682E+03	1.3416E+00	2.6121E+03	
6der	1.5000E+00	1.1682E+03	1.5000E+00	-1.1682E+03	1.6771E+00	2.6121E+03	centro-der
6	1.5000E+00	1.1682E+03	1.5000E+00	-1.1682E+03	1.6771E+00	2.6121E+03	
6izq	1.5000E+00	1.1682E+03	1.5000E+00	-1.1682E+03	1.6771E+00	2.6121E+03	
7	1.8000E+00	1.1682E+03	1.8000E+00	-1.1682E+03	2.0125E+00	2.6121E+03	j
8	2.1000E+00	1.1682E+03	2.1000E+00	-1.1682E+03	2.3479E+00	2.6121E+03	
9	2.4000E+00	1.1682E+03	2.4000E+00	-1.1682E+03	2.6833E+00	2.6121E+03	
10	2.7000E+00	1.1682E+03	2.7000E+00	-1.1682E+03	3.0187E+00	2.6121E+03	
11	3.0000E+00	1.1682E+03	3.0000E+00	-1.1682E+03	3.3541E+00	2.6121E+03	
min	1	1.1682E+03	1	-1.1682E+03	1	2.6121E+03	min
max	1	1.1682E+03	1	-1.1682E+03	1	2.6121E+03	max

GEOMETRIA CON PUNTOS INTERNOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	i
2	3.0000E-01	0.0000E+00	3.3000E+00	0.0000E+00	3.3000E+00	1.5000E-01	
3	6.0000E-01	0.0000E+00	3.6000E+00	0.0000E+00	3.6000E+00	3.0000E-01	
4	9.0000E-01	0.0000E+00	3.9000E+00	0.0000E+00	3.9000E+00	4.5000E-01	
5	1.2000E+00	0.0000E+00	4.2000E+00	0.0000E+00	4.2000E+00	6.0000E-01	
6der	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	centro-der
6	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	
6izq	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	
7	1.8000E+00	0.0000E+00	4.8000E+00	0.0000E+00	4.8000E+00	9.0000E-01	j
8	2.1000E+00	0.0000E+00	5.1000E+00	0.0000E+00	5.1000E+00	1.0500E+00	
9	2.4000E+00	0.0000E+00	5.4000E+00	0.0000E+00	5.4000E+00	1.2000E+00	
10	2.7000E+00	0.0000E+00	5.7000E+00	0.0000E+00	5.7000E+00	1.3500E+00	
11	3.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	1.5000E+00	

ESFUERZOS AXILES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Nx (N)	Ny (N)	Nx (N)	Ny (N)	Nx (N)	Ny (N)	
1	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	i
2	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	
3	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	
4	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	
5	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	
6der	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	centro-der
6	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	
6izq	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	
7	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	j
8	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	
9	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	
10	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	
11	0.0000E+00	1.1682E+03	0.0000E+00	-1.1682E+03	-1.1682E+03	2.3364E+03	

DIAGRAMA ESFUERZOS AXILES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	x+k.Nx (m)	y+k.Ny (m)	x+k.Nx (m)	y+k.Ny (m)	x+k.Nx (m)	y+k.Ny (m)	
cierre	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	
1 2 3 4 5	0.0000E+00	2.3364E-01	3.0000E+00	-2.3364E-01	2.7664E+00	4.6727E-01	i
	3.0000E-01	2.3364E-01	3.3000E+00	-2.3364E-01	3.0664E+00	6.1727E-01	
	6.0000E-01	2.3364E-01	3.6000E+00	-2.3364E-01	3.3664E+00	7.6727E-01	
	9.0000E-01	2.3364E-01	3.9000E+00	-2.3364E-01	3.6664E+00	9.1727E-01	
	1.2000E+00	2.3364E-01	4.2000E+00	-2.3364E-01	3.9664E+00	1.0673E+00	
6der	1.5000E+00	2.3364E-01	4.5000E+00	-2.3364E-01	4.2664E+00	1.2173E+00	centro-der
6	1.5000E+00	2.3364E-01	4.5000E+00	-2.3364E-01	4.2664E+00	1.2173E+00	centro
6izq	1.5000E+00	2.3364E-01	4.5000E+00	-2.3364E-01	4.2664E+00	1.2173E+00	centro-izq
7 8 9 10 11	1.8000E+00	2.3364E-01	4.8000E+00	-2.3364E-01	4.5664E+00	1.3673E+00	
	2.1000E+00	2.3364E-01	5.1000E+00	-2.3364E-01	4.8664E+00	1.5173E+00	
	2.4000E+00	2.3364E-01	5.4000E+00	-2.3364E-01	5.1664E+00	1.6673E+00	
	2.7000E+00	2.3364E-01	5.7000E+00	-2.3364E-01	5.4664E+00	1.8173E+00	
	3.0000E+00	2.3364E-01	6.0000E+00	-2.3364E-01	5.7664E+00	1.9673E+00	
j							
cierre	3.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	1.5000E+00	

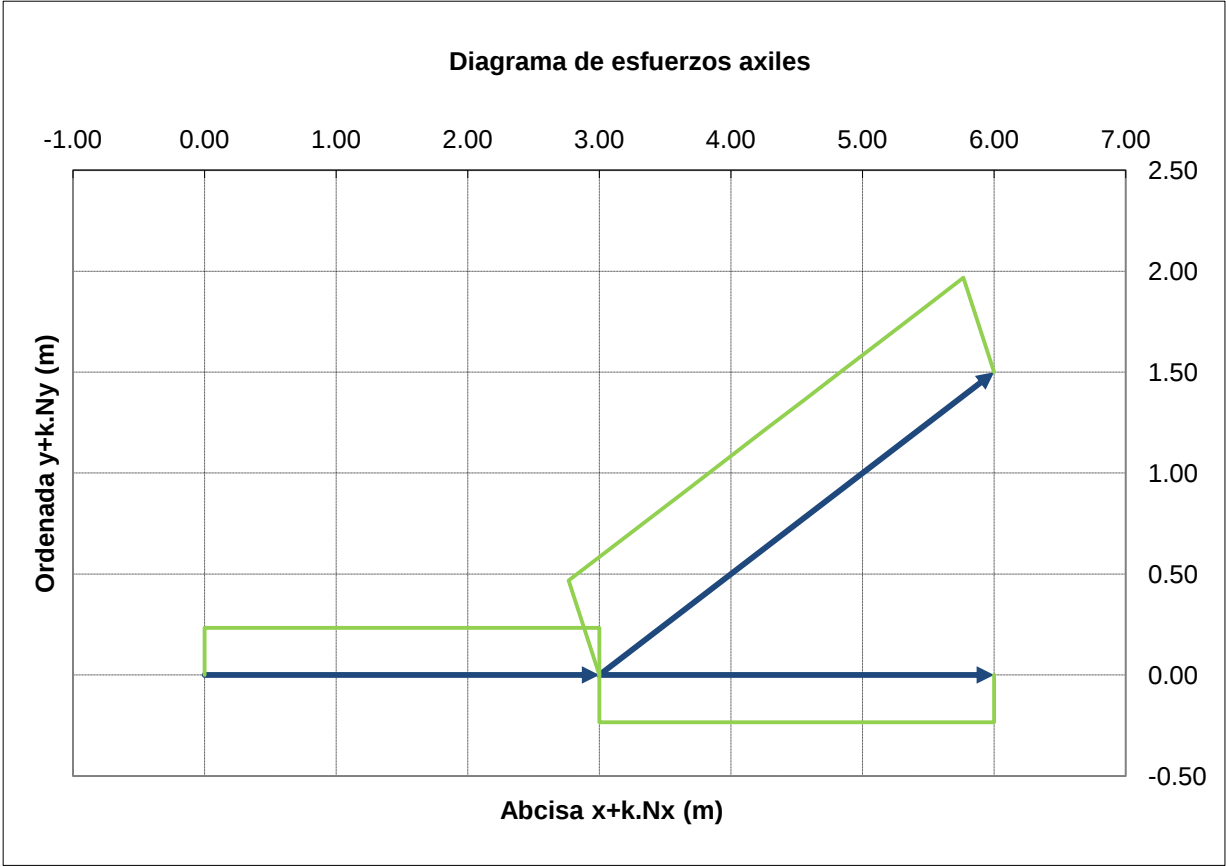
Multiplic. k-N

0.00020 m/N

Factor marco

5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



CALCULO DIAGRAMA ESFUERZOS CORTANTES

Diagrama por barras (con mínimo y máximo), geometría a escala real + diagrama con multiplicador

Caso Real (con cargas en barras)

DIAGRAMAS POR BARRAS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Abcisa x (m)	Cortante V (N)	Abcisa x (m)	Cortante V (N)	Abcisa x (m)	Cortante V (N)	
1	0.0000E+00	3.7591E+02	0.0000E+00	5.8409E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	3.0000E-01	2.7991E+02	3.0000E-01	4.8809E+02	3.3541E-01	0.0000E+00	
3	6.0000E-01	1.8391E+02	6.0000E-01	3.9209E+02	6.7082E-01	0.0000E+00	
4	9.0000E-01	8.7910E+01	9.0000E-01	2.9609E+02	1.0062E+00	0.0000E+00	
5	1.2000E+00	-8.0905E+00	1.2000E+00	2.0009E+02	1.3416E+00	0.0000E+00	
6der	1.5000E+00	-1.0409E+02	1.5000E+00	1.0409E+02	1.6771E+00	0.0000E+00	centro-der
6	1.5000E+00	-1.0409E+02	1.5000E+00	1.0409E+02	1.6771E+00	0.0000E+00	
6izq	1.5000E+00	-1.0409E+02	1.5000E+00	1.0409E+02	1.6771E+00	0.0000E+00	
7	1.8000E+00	-2.0009E+02	1.8000E+00	8.0905E+00	2.0125E+00	0.0000E+00	j
8	2.1000E+00	-2.9609E+02	2.1000E+00	-8.7910E+01	2.3479E+00	0.0000E+00	
9	2.4000E+00	-3.9209E+02	2.4000E+00	-1.8391E+02	2.6833E+00	0.0000E+00	
10	2.7000E+00	-4.8809E+02	2.7000E+00	-2.7991E+02	3.0187E+00	0.0000E+00	
11	3.0000E+00	-5.8409E+02	3.0000E+00	-3.7591E+02	3.3541E+00	0.0000E+00	
min	11	-5.8409E+02	11	-3.7591E+02	1	0.0000E+00	min
max	1	3.7591E+02	1	5.8409E+02	1	0.0000E+00	max

GEOMETRIA CON PUNTOS INTERNOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	i
2	3.0000E-01	0.0000E+00	3.3000E+00	0.0000E+00	3.3000E+00	1.5000E-01	
3	6.0000E-01	0.0000E+00	3.6000E+00	0.0000E+00	3.6000E+00	3.0000E-01	
4	9.0000E-01	0.0000E+00	3.9000E+00	0.0000E+00	3.9000E+00	4.5000E-01	
5	1.2000E+00	0.0000E+00	4.2000E+00	0.0000E+00	4.2000E+00	6.0000E-01	
6der	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	centro-der
6	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	
6izq	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	
7	1.8000E+00	0.0000E+00	4.8000E+00	0.0000E+00	4.8000E+00	9.0000E-01	j
8	2.1000E+00	0.0000E+00	5.1000E+00	0.0000E+00	5.1000E+00	1.0500E+00	
9	2.4000E+00	0.0000E+00	5.4000E+00	0.0000E+00	5.4000E+00	1.2000E+00	
10	2.7000E+00	0.0000E+00	5.7000E+00	0.0000E+00	5.7000E+00	1.3500E+00	
11	3.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	1.5000E+00	

ESFUERZOS CORTANTES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Vx (N)	Vy (N)	Vx (N)	Vy (N)	Vx (N)	Vy (N)	
1	0.0000E+00	3.7591E+02	0.0000E+00	5.8409E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	0.0000E+00	2.7991E+02	0.0000E+00	4.8809E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
3	0.0000E+00	1.8391E+02	0.0000E+00	3.9209E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
4	0.0000E+00	8.7910E+01	0.0000E+00	2.9609E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
5	0.0000E+00	-8.0905E+00	0.0000E+00	2.0009E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
6der	0.0000E+00	-1.0409E+02	0.0000E+00	1.0409E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	centro-der
6	0.0000E+00	-1.0409E+02	0.0000E+00	1.0409E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
6izq	0.0000E+00	-1.0409E+02	0.0000E+00	1.0409E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	-2.0009E+02	0.0000E+00	8.0905E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	j
8	0.0000E+00	-2.9609E+02	0.0000E+00	-8.7910E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	
9	0.0000E+00	-3.9209E+02	0.0000E+00	-1.8391E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
10	0.0000E+00	-4.8809E+02	0.0000E+00	-2.7991E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
11	0.0000E+00	-5.8409E+02	0.0000E+00	-3.7591E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	

DIAGRAMA ESFUERZOS CORTANTES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c	
	x+k.Vx (m)	y+k.Vy (m)	x+k.Vx (m)	y+k.Vy (m)	x+k.Vx (m)	y+k.Vy (m)
cierre	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00
1	0.0000E+00	3.7591E-01	3.0000E+00	5.8409E-01	3.0000E+00	0.0000E+00
	3.0000E-01	2.7991E-01	3.3000E+00	4.8809E-01	3.3000E+00	1.5000E-01
	6.0000E-01	1.8391E-01	3.6000E+00	3.9209E-01	3.6000E+00	3.0000E-01
	9.0000E-01	8.7910E-02	3.9000E+00	2.9609E-01	3.9000E+00	4.5000E-01
	1.2000E+00	-8.0905E-03	4.2000E+00	2.0009E-01	4.2000E+00	6.0000E-01
6der	1.5000E+00	-1.0409E-01	4.5000E+00	1.0409E-01	4.5000E+00	7.5000E-01
6	1.5000E+00	-1.0409E-01	4.5000E+00	1.0409E-01	4.5000E+00	7.5000E-01
6izq	1.5000E+00	-1.0409E-01	4.5000E+00	1.0409E-01	4.5000E+00	7.5000E-01
7	1.8000E+00	-2.0009E-01	4.8000E+00	8.0905E-03	4.8000E+00	9.0000E-01
	2.1000E+00	-2.9609E-01	5.1000E+00	-8.7910E-02	5.1000E+00	1.0500E+00
	2.4000E+00	-3.9209E-01	5.4000E+00	-1.8391E-01	5.4000E+00	1.2000E+00
	2.7000E+00	-4.8809E-01	5.7000E+00	-2.7991E-01	5.7000E+00	1.3500E+00
	3.0000E+00	-5.8409E-01	6.0000E+00	-3.7591E-01	6.0000E+00	1.5000E+00
cierre	3.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	1.5000E+00

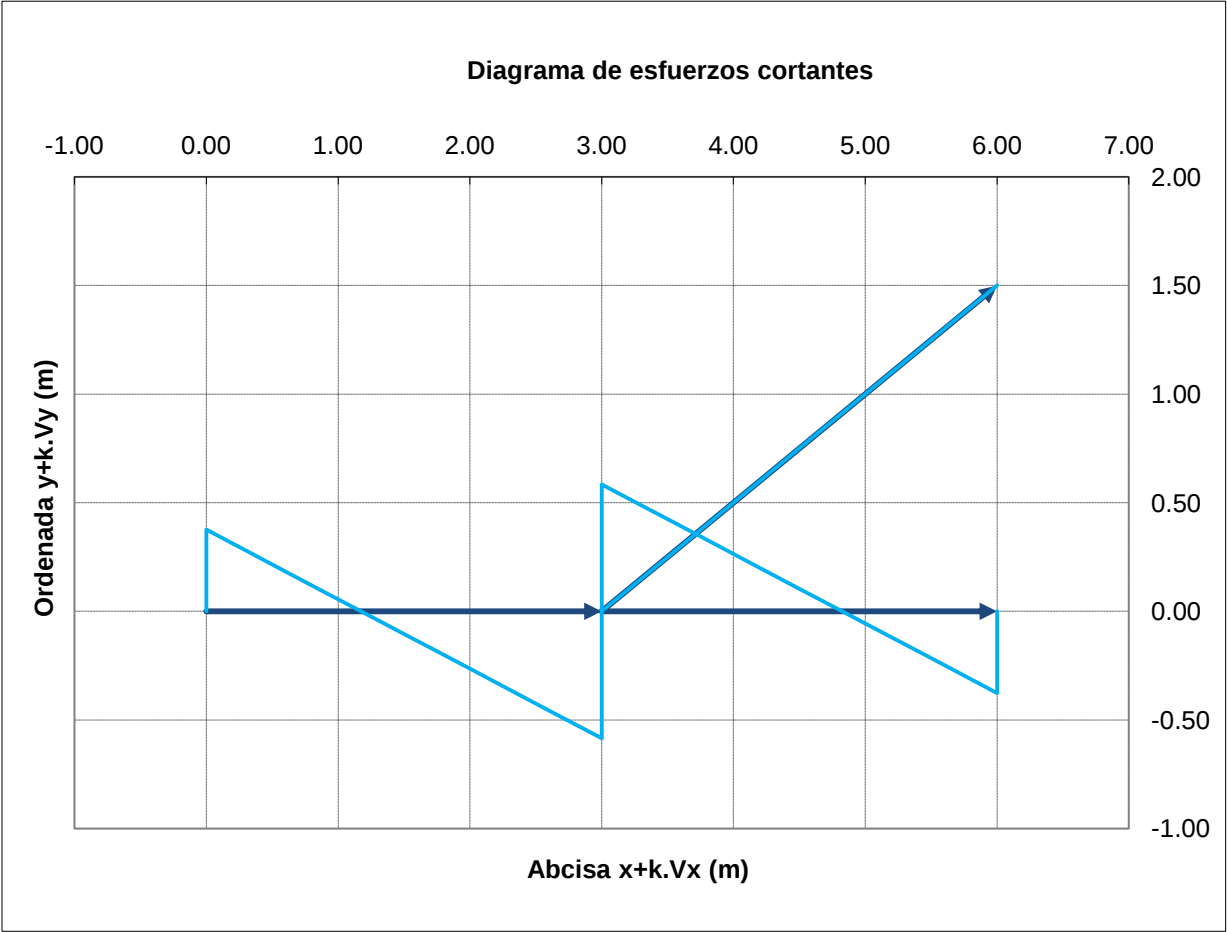
Multiplic. k-V

0.00100 m/N

Factor marco

5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



CALCULO DIAGRAMA MOMENTOS FLECTORES

Diagrama por barras (con mínimo y máximo), geometría a escala real + diagrama con multiplicador

Caso Real (con cargas en barras)

DIAGRAMAS POR BARRAS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Abcisa x (m)	Flect. M (N.m)	Abcisa x (m)	Flect. M (N.m)	Abcisa x (m)	Flect. M (N.m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-3.1227E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	3.0000E-01	9.8373E+01	3.0000E-01	-1.5144E+02	3.3541E-01	0.0000E+00	
3	6.0000E-01	1.6795E+02	6.0000E-01	-1.9417E+01	6.7082E-01	0.0000E+00	
4	9.0000E-01	2.0872E+02	9.0000E-01	8.3810E+01	1.0062E+00	0.0000E+00	
5	1.2000E+00	2.2069E+02	1.2000E+00	1.5824E+02	1.3416E+00	0.0000E+00	
6der	1.5000E+00	2.0386E+02	1.5000E+00	2.0386E+02	1.6771E+00	0.0000E+00	centro-der
6	1.5000E+00	2.0386E+02	1.5000E+00	2.0386E+02	1.6771E+00	0.0000E+00	
6izq	1.5000E+00	2.0386E+02	1.5000E+00	2.0386E+02	1.6771E+00	0.0000E+00	
7	1.8000E+00	1.5824E+02	1.8000E+00	2.2069E+02	2.0125E+00	0.0000E+00	j
8	2.1000E+00	8.3810E+01	2.1000E+00	2.0872E+02	2.3479E+00	0.0000E+00	
9	2.4000E+00	-1.9417E+01	2.4000E+00	1.6795E+02	2.6833E+00	0.0000E+00	
10	2.7000E+00	-1.5144E+02	2.7000E+00	9.8373E+01	3.0187E+00	0.0000E+00	
11	3.0000E+00	-3.1227E+02	3.0000E+00	0.0000E+00	3.3541E+00	0.0000E+00	
min	11	-3.1227E+02	1	-3.1227E+02	1	0.0000E+00	min
max	5	2.2069E+02	7	2.2069E+02	1	0.0000E+00	max

GEOMETRIA CON PUNTOS INTERNOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	i
2	3.0000E-01	0.0000E+00	3.3000E+00	0.0000E+00	3.3000E+00	1.5000E-01	
3	6.0000E-01	0.0000E+00	3.6000E+00	0.0000E+00	3.6000E+00	3.0000E-01	
4	9.0000E-01	0.0000E+00	3.9000E+00	0.0000E+00	3.9000E+00	4.5000E-01	
5	1.2000E+00	0.0000E+00	4.2000E+00	0.0000E+00	4.2000E+00	6.0000E-01	
6der	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	centro-der
6	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	
6izq	1.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	0.0000E+00	4.5000E+00	7.5000E-01	
7	1.8000E+00	0.0000E+00	4.8000E+00	0.0000E+00	4.8000E+00	9.0000E-01	j
8	2.1000E+00	0.0000E+00	5.1000E+00	0.0000E+00	5.1000E+00	1.0500E+00	
9	2.4000E+00	0.0000E+00	5.4000E+00	0.0000E+00	5.4000E+00	1.2000E+00	
10	2.7000E+00	0.0000E+00	5.7000E+00	0.0000E+00	5.7000E+00	1.3500E+00	
11	3.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	1.5000E+00	

MOMENTOS FLECTORES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Mx (N.m)	My (N.m)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mx (N.m)	My (N.m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-3.1227E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	0.0000E+00	9.8373E+01	0.0000E+00	-1.5144E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
3	0.0000E+00	1.6795E+02	0.0000E+00	-1.9417E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	
4	0.0000E+00	2.0872E+02	0.0000E+00	8.3810E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	
5	0.0000E+00	2.2069E+02	0.0000E+00	1.5824E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
6der	0.0000E+00	2.0386E+02	0.0000E+00	2.0386E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	centro-der
6	0.0000E+00	2.0386E+02	0.0000E+00	2.0386E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
6izq	0.0000E+00	2.0386E+02	0.0000E+00	2.0386E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	1.5824E+02	0.0000E+00	2.2069E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	j
8	0.0000E+00	8.3810E+01	0.0000E+00	2.0872E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
9	0.0000E+00	-1.9417E+01	0.0000E+00	1.6795E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	
10	0.0000E+00	-1.5144E+02	0.0000E+00	9.8373E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	
11	0.0000E+00	-3.1227E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	

DIAGRAMA MOMENTOS FLECTORES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c	
	x+k.Mx (m)	y+k.My (m)	x+k.Mx (m)	y+k.My (m)	x+k.Mx (m)	y+k.My (m)
cierre	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	0.0000E+00
1	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0000E+00	6.2454E-01	3.0000E+00	0.0000E+00
	3.0000E-01	-1.9675E-01	3.3000E+00	3.0289E-01	3.3000E+00	1.5000E-01
	6.0000E-01	-3.3589E-01	3.6000E+00	3.8834E-02	3.6000E+00	3.0000E-01
	9.0000E-01	-4.1744E-01	3.9000E+00	-1.6762E-01	3.9000E+00	4.5000E-01
	1.2000E+00	-4.4138E-01	4.2000E+00	-3.1647E-01	4.2000E+00	6.0000E-01
6der	1.5000E+00	-4.0773E-01	4.5000E+00	-4.0773E-01	4.5000E+00	7.5000E-01
6	1.5000E+00	-4.0773E-01	4.5000E+00	-4.0773E-01	4.5000E+00	7.5000E-01
6izq	1.5000E+00	-4.0773E-01	4.5000E+00	-4.0773E-01	4.5000E+00	7.5000E-01
7	1.8000E+00	-3.1647E-01	4.8000E+00	-4.4138E-01	4.8000E+00	9.0000E-01
	2.1000E+00	-1.6762E-01	5.1000E+00	-4.1744E-01	5.1000E+00	1.0500E+00
	2.4000E+00	3.8834E-02	5.4000E+00	-3.3589E-01	5.4000E+00	1.2000E+00
	2.7000E+00	3.0289E-01	5.7000E+00	-1.9675E-01	5.7000E+00	1.3500E+00
	3.0000E+00	6.2454E-01	6.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	1.5000E+00
cierre	3.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	0.0000E+00	6.0000E+00	1.5000E+00

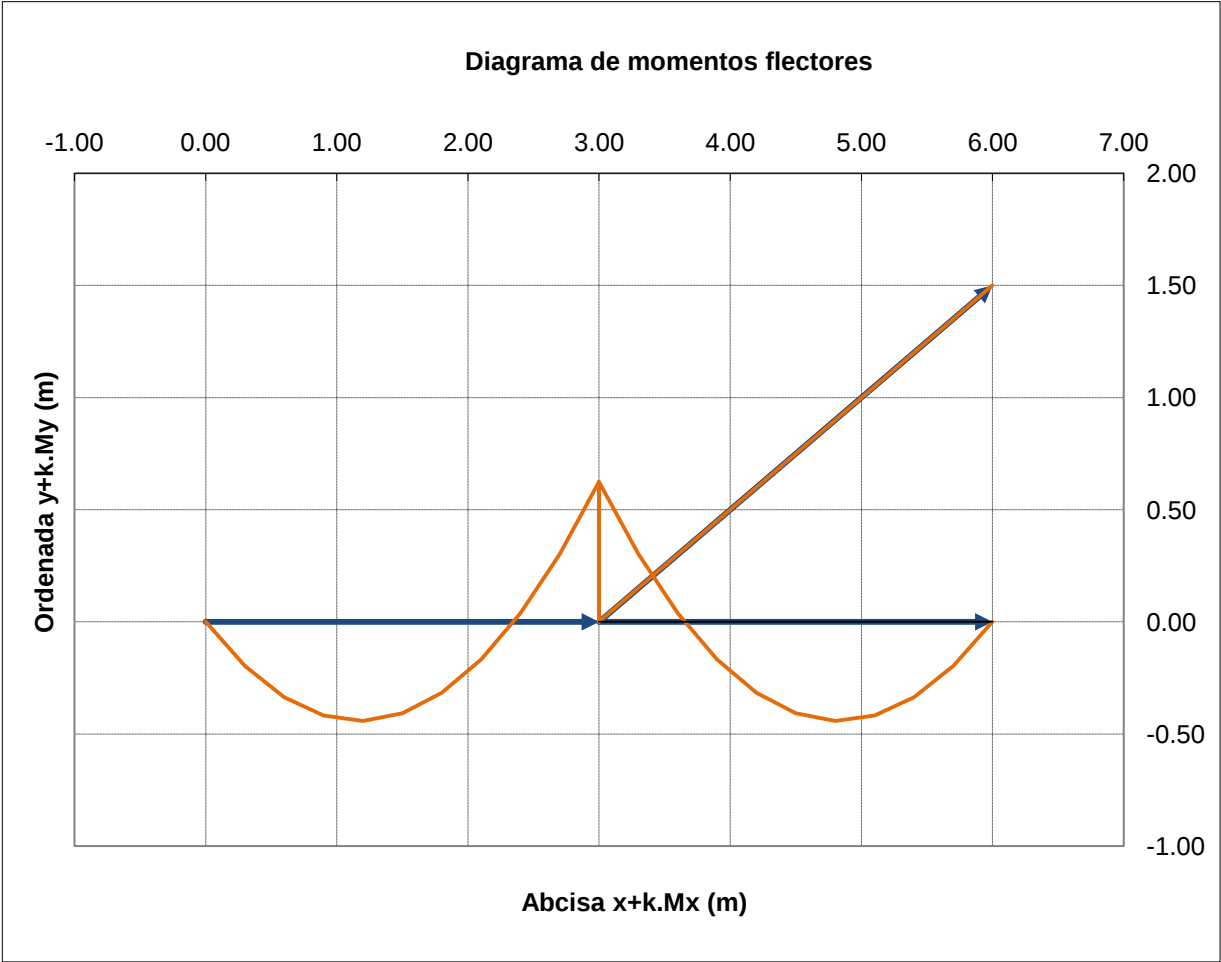
Multiplic. k-M

0.00200m/N.m

Factor marco

5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



En funcion de los datos de entrada de nudos (coordenadas, condiciones de apoyo y de fuerzas puntuales exteriores) y de barras (conexión, tipo de barra y características mecánicas), junto a la discretización de cargas distribuidas dentro de cada una de las barras, se define el sistema estructural a resolver mediante en método matricial de rigidez

Nº Nudos4(máx. 10)

Reset Hoja Datos

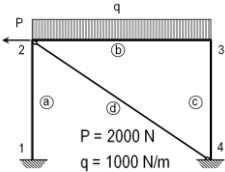
Fijar nº nudos

Unidades: S.I.

Ud. Longitud: m

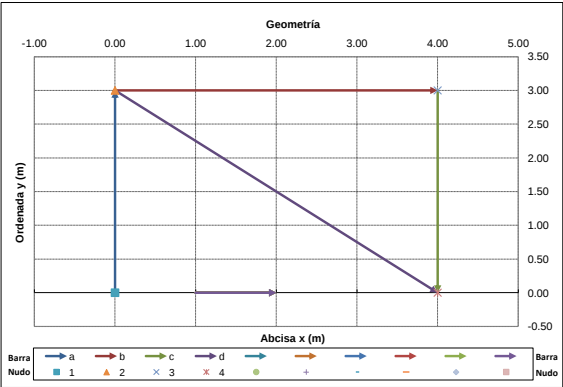
Ud. Fuerza: N

Datos de nudos		Coordenadas		Nudo no concord. ¹	Condiciones apoyos restringidos o impuestos ^{1 y 4}			Condiciones apoyos elasticos ^{1 y 2}			Condiciones fuerzas puntuales exteriores ^{1 y 4}		
Nudo	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Ang. nodal γ (°)	Desp. ux (x' nodal)	Desp. uy (y' nodal)	Giro θ (°)	Rig. kx (k'x nodal)	Rig. ky (k'y nodal)	Rigidez kθ	Fx (Fx nodal)	Fy (Fy nodal)	Momento M	
1	0	0	0	0	0	0							
2	0	3								-2000			
3	4	3											
4	4	0		0	0	0							



Barra	Nudo inicial	Nudo final	Tipo de barra		Mod. elasticidad E (N/m²)	Area transversal A (m²)	Momento inercia I (m⁴)	Mod. dilatación lineal α (°C⁻¹)	Coordenadas iniciales		Coordenadas finales		Coordenadas relativas		Longitud L (m)	Angulo barra β (°)	Apoyo no concordante	
			En nudo inicial	En nudo final					x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	Δx (m)	Δy (m)			Ang. nodal γi (°)	Ang. nodal γf (°)
a	1	2	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	0	0	0	3	0	3	3	90	0	0
b	2	3	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	0	3	4	3	4	0	4	0	0	0
c	3	4	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	4	3	4	0	0	-3	3	-90	0	0
d	2	4	0	0	2.10E+11	2.00E-04	3.22E-09	1.20E-05	0	3	4	0	4	-3	5	-36.86989765	0	0

Factor marco10.00%



Ajustar factor de marco hasta ajustar

Tabla GDL⁴

NUDO	GDL Totales	GDL nº	GDL No interviene cálculo	GDL Restringidos	GDL Libres	Rididez GDL con apoyo elástico	Nº barras concurrentes	Nº barras rígidas	Nº barras articuladas
1	ux1	1		1			1	1	0
	uy1	2		1					
	θ1	3		1					
2	ux2	4			1		3	2	1
	uy2	5			1				
	θ2	6			1				
3	ux3	7			1		2	2	0
	uy3	8			1				
	θ3	9			1				
4	ux4	10		1			2	1	1
	uy4	11		1					
	θ4	12		1					
4 NUDOS	12 GDL T		0 GDL N	6 GDL R	6 GDL L	0 GDL AE			

NOTAS:

Las celdas con fondo celeste son datos a introducir. Las de fondo rojo no se pueden rellenar al introducir ciertos datos. Las de fondo salmón se calculan automáticamente.

¹ En datos de nudos, en las celdas de nudos/apoyos no concordantes, condiciones de apoyos restringidos, condiciones de apoyos elásticos y fuerzas puntuales exteriores, dejar estas vacías si no hay datos que introducir de nudo/apoyo no concordante, apoyo restringido o impuesto, apoyo elástico o fuerza exterior respectivamente.

² Si un GDL está restringido o con valor impuesto, no se puede introducir fuerza o apoyo elástico en ese gdl, por lo que las celdas correspondientes se ponen con fondo rojo.

Si se introduce un valor en dichas celdas, no se considera en el sistema global.

³ Tabla GDL. Cada nudo (columna 1) tiene 3 GDL: dos desplazamientos "ux" y "uy", y un giro "θ" (indicados en columna 2 y numerados en columna 3).

En las columnas 4 a 6 de clasificación de cada GDL, una celda con valor 1 significa que el GDL correspondiente no interviene en el cálculo (porque no concurre en él ninguna barra que aporte rigidez en ese GDL), es restringido, o es libre, respectivamente en cada columna. Una celda vacía significa lo contrario.

En la columna 4, un valor 1 en un GDL de desplazamiento nudo significa que el nudo no tiene ninguna barra conectada;

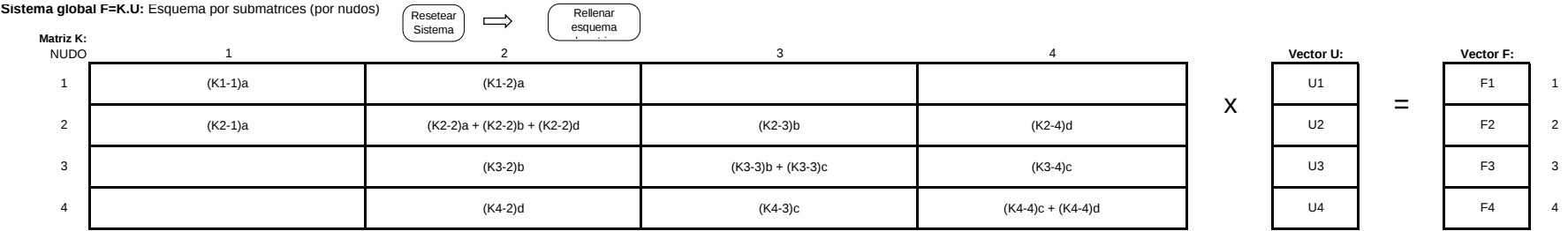
un valor 1 en un GDL de giro significa que ninguna barra aporta rigidez al giro en el nudo.

Las columnas 8 a 10 de barras, son columnas auxiliares que nos indican el número de barras que concurren en un nudo,

y cuantas son de extremo rígido y cuantas de extremo articulado en cada nudo.

⁴ Si un GDL no interviene en el cálculo por lo concurrir barra en él que aporte rigidez a ese GDL, las condiciones de apoyo restringidas o impuestas, apoyos elásticos o fuerzas, introducidas en dichos GDLs en la tabla de datos de nudos, no pueden ser impuestas y no se introducen en el sistema global a posteriori.

Sistema global F=K.U: Esquema por submatrices (por nudos)



Vector U:

U1

U2

U3

U4

Vector F:

F1

F2

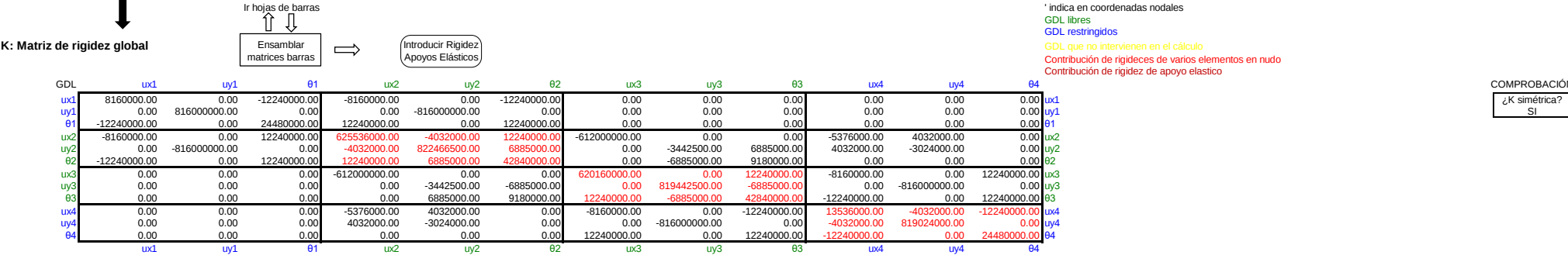
F3

F4

X

=

K: Matriz de rigidez global

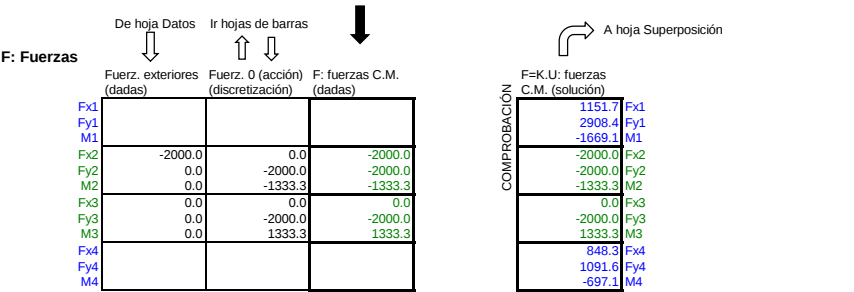


COMPROBACIÓN

¿K simétrica?

SI

F: Fuerzas



F=K.U: fuerzas C.M. (solución)

Fx1

Fy1

M1

Fx2

Fy2

M2

Fx3

Fy3

M3

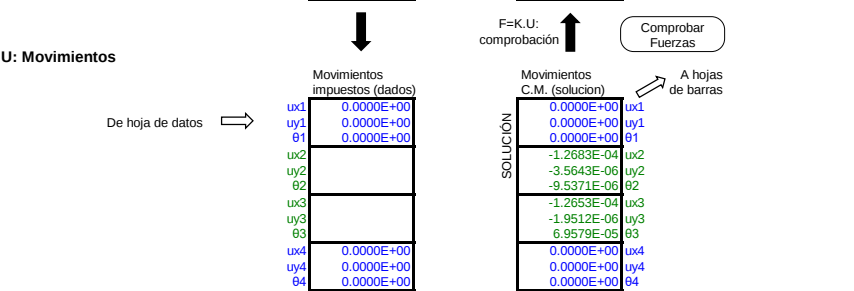
Fx4

Fy4

M4

1151.7		
2908.4		
-1669.1		
-2000.0		
-2000.0		
-1333.3		
0.0		
-2000.0		
1333.3		
848.3		
1091.6		
-697.1		

U: Movimientos



F=K.U: comprobación

Comprobar Fuerzas

SOLUCIÓN

ux1

uy1

θ1

ux2

uy2

θ2

ux3

uy3

θ3

ux4

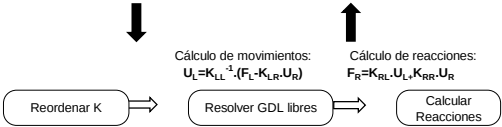
uy4

θ4

0.0000E+00		
0.0000E+00		
0.0000E+00		
-1.2683E-04		
-3.5643E-06		
-9.5371E-06		
-1.2653E-04		
-1.9512E-06		
6.9579E-05		
0.0000E+00		
0.0000E+00		
0.0000E+00		

Sistema F=K.U reordenado:

Reordenación:
 $F_L = K_{LL} \cdot U_L + K_{LR} \cdot U_R$
 $F_R = K_{RL} \cdot U_L + K_{RR} \cdot U_R$



K' (K reordenada):

K _{LL} :	ux2	uy2	θ2	ux3	uy3	θ3	ux1	uy1	θ1	ux4	uy4	θ4 :K _{LR}
ux2	625536000.00	-4032000.00	12240000.00	-612000000.00	0.00	0.00						
uy2	-4032000.00	822466500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00						
θ2	12240000.00	6885000.00	42840000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00						
ux3	-612000000.00	0.00	0.00	620160000.00	0.00	12240000.00						
uy3	0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	819442500.00	-6885000.00						
θ3	0.00	6885000.00	9180000.00	12240000.00	-6885000.00	42840000.00						
ux1	-8160000.00	0.00	-12240000.00	0.00	0.00	0.00						
uy1	0.00	-816000000.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
θ1	12240000.00	0.00	12240000.00	0.00	0.00	0.00						
ux4	-5376000.00	4032000.00	0.00	-8160000.00	0.00	-12240000.00						
uy4	4032000.00	-3024000.00	0.00	0.00	-816000000.00	0.00						
θ4	0.00	0.00	0.00	12240000.00	0.00	12240000.00						

K_{RL}:

¿K' simétrica?
SI

¿K_{LL} singular?
NO

La estructura es resoluble

K'-K' ^T	ux2	uy2	θ2	ux3	uy3	θ3	ux1	uy1	θ1	ux4	uy4	θ4
ux2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
θ2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ux3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
θ3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ux1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
θ1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ux4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
uy4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
θ4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

U_L: solución

-1.2683E-04

-3.5643E-06

-9.5371E-06

-1.2653E-04

-1.9512E-06

6.9579E-05

U_R: dado

X

F_L: dado

-2000.0

-2000.0

-1333.3

0.0

-2000.0

1333.3

F_R: solución

=

-K_{LR}U_R: dado

F_L-K_{LR}U_R: dado

1151.7

2968.4

-1659.1

848.3

1091.6

-697.1

Si SI, pone en blanco K_{LR}, K_{RR}, U_R, -K_{LR}·U_R y F_L-K_{LR}·U_R

En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

a

ENTRE NUDOS

12

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

3

90

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

816000000.00	0.00	0.00	-816000000.00	0.00	0.00
0.00	8160000.00	12240000.00	0.00	-8160000.00	12240000.00
0.00	12240000.00	24480000.00	0.00	-12240000.00	12240000.00
-816000000.00	0.00	0.00	816000000.00	0.00	0.00
0.00	-8160000.00	-12240000.00	0.00	8160000.00	-12240000.00
0.00	12240000.00	12240000.00	0.00	-12240000.00	24480000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k=T.^k.T^T

k 1-1

k 1-2

k 2-1

k 2-2

8160000.00

0.00

-12240000.00

-8160000.00

0.00

-12240000.00

0.00

816000000.00

0.00

0.00

-816000000.00

0.00

-12240000.00

0.00

24480000.00

12240000.00

0.00

12240000.00

-8160000.00

0.00

12240000.00

8160000.00

0.00

12240000.00

0.00

-816000000.00

0.00

0.00

816000000.00

0.00

-12240000.00

0.00

12240000.00

12240000.00

0.00

24480000.00

Ensamblar en matriz
de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos

ux1

uy1

θ1

ux2

uy2

θ2

GLOBALES (O NOD.)

0.0000E+00

0.0000E+00

0.0000E+00

-1.2683E-04

-3.5643E-06

-9.5371E-06

LOCALES ^u=T^T.u

0.0000E+00

0.0000E+00

0.0000E+00

-3.5643E-06

1.2683E-04

-9.5371E-06

uxi

uyi

θi

uxj

uyj

θj

t = Matriz transformación LOCALES a GLOBALES (sin NODALES)

0.00

-1.00

0.00

1.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.00

Fuerzas

LOCALES ^f=^k.^u

2908.4

-1151.7

-1669.1

-2908.4

1151.7

-1785.9

GLOB. (O NOD.) f=T.^f

1151.7

2908.4

-1669.1

-1151.7

-2908.4

-1785.9

GLOBALES SIN NODALES f=t.^f

1151.7

2908.4

-1669.1

-1151.7

-2908.4

-1785.9

fxi

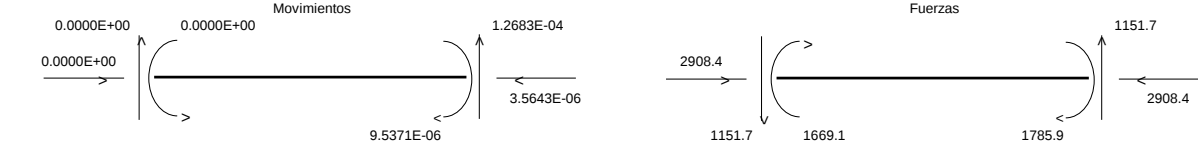
fyi

mi

fxj

fyj

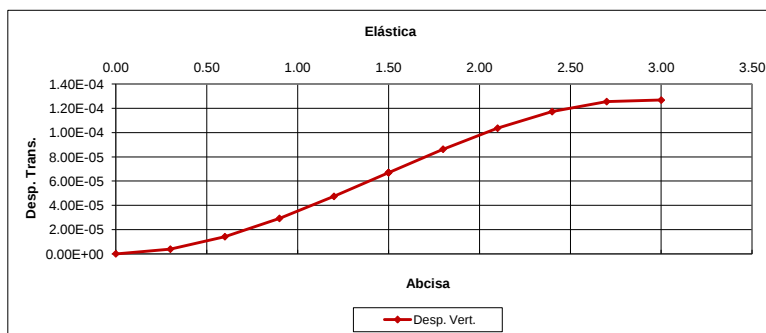
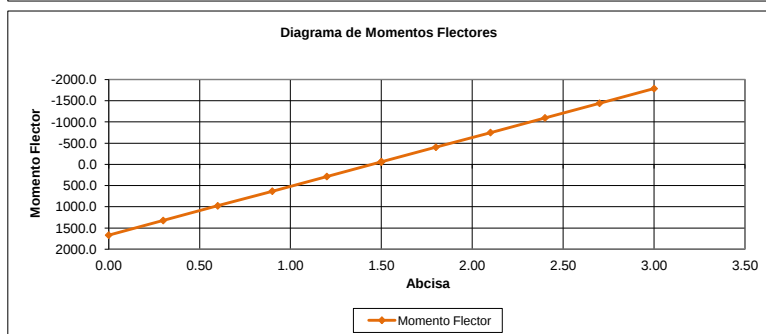
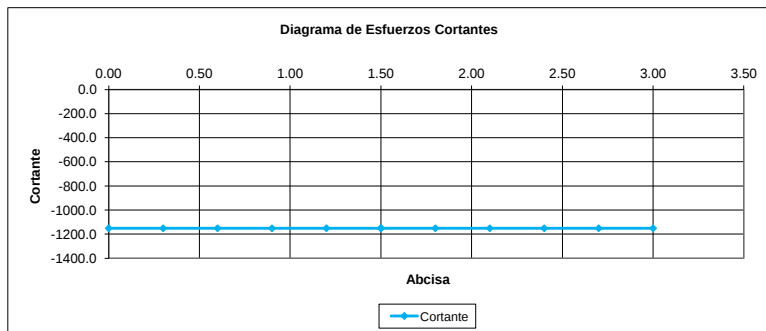
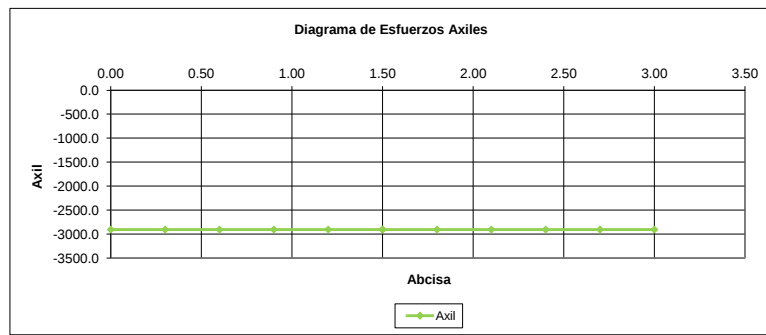
mj



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abscisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-2908.4	-1151.7	1669.1	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	0.30	-2908.4	-1151.7	1323.6	-3.5643E-07	3.8087E-06	
3	0.60	-2908.4	-1151.7	978.1	-7.1285E-07	1.4106E-05	
4	0.90	-2908.4	-1151.7	632.6	-1.0693E-06	2.9198E-05	
5	1.20	-2908.4	-1151.7	287.1	-1.4257E-06	4.7391E-05	
6der	1.50	-2908.4	-1151.7	-58.4	-1.7821E-06	6.6991E-05	centro-der
6	1.50	-2908.4	-1151.7	-58.4	-1.7821E-06	6.6991E-05	centro
6izq	1.50	-2908.4	-1151.7	-58.4	-1.7821E-06	6.6991E-05	centro-izq
7	1.80	-2908.4	-1151.7	-403.9	-2.1386E-06	8.6306E-05	
8	2.10	-2908.4	-1151.7	-749.4	-2.4950E-06	1.0364E-04	
9	2.40	-2908.4	-1151.7	-1094.9	-2.8514E-06	1.1730E-04	
10	2.70	-2908.4	-1151.7	-1440.4	-3.2078E-06	1.2560E-04	
11	3.00	-2908.4	-1151.7	-1785.9	-3.5643E-06	1.2683E-04	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Qr (N)
0.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	1.500

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.634 y 2.366

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	1.500

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	1.500

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	1.500

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	1.500

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.750 y 2.250

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	1.500

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

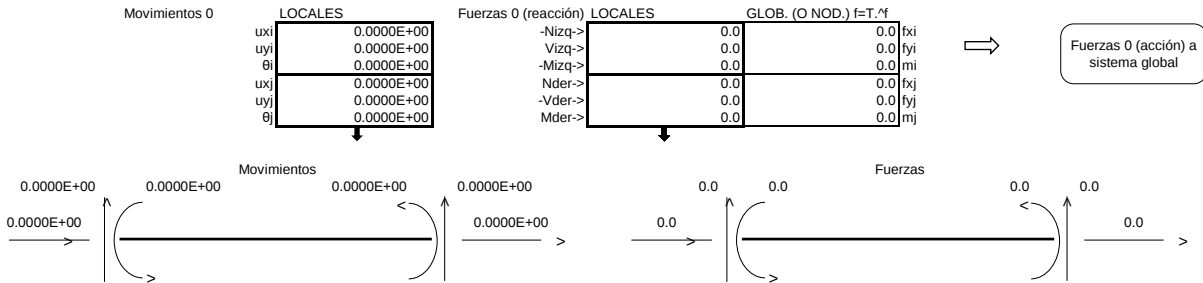
Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

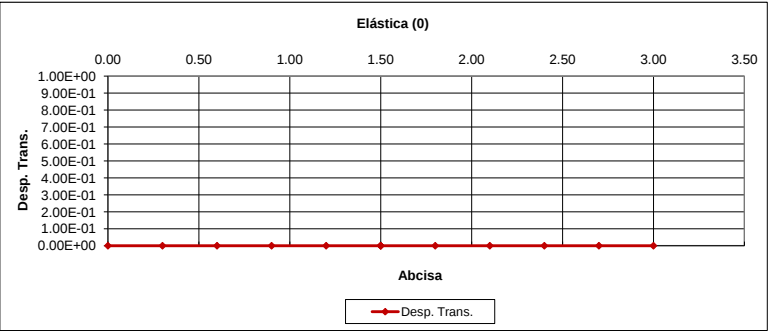
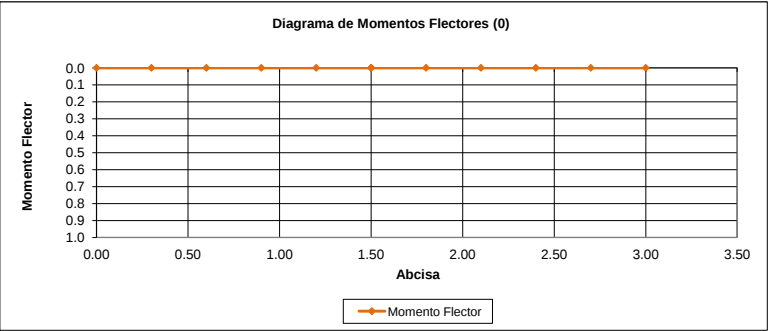
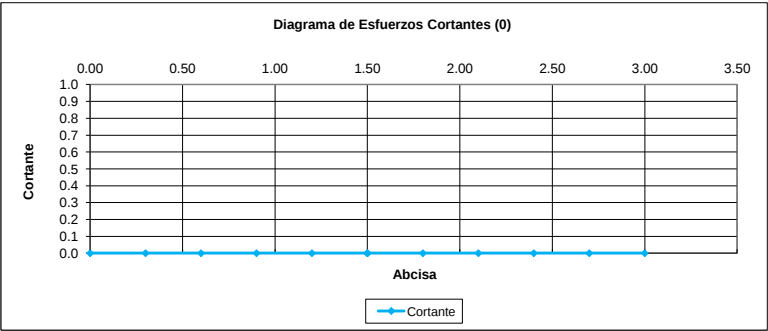
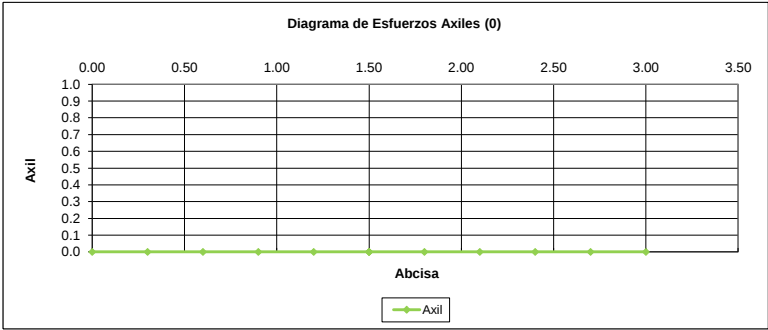
DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA

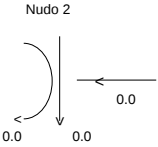
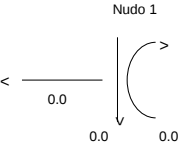


CASO 0 (REACCION)

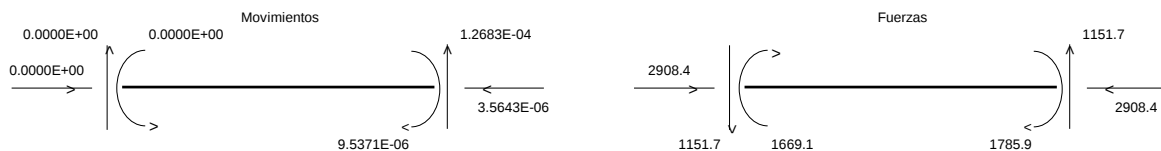
Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
4	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
5	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6der	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6izq	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
7	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
8	2.10	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
9	2.40	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
10	2.70	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
11	3.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos

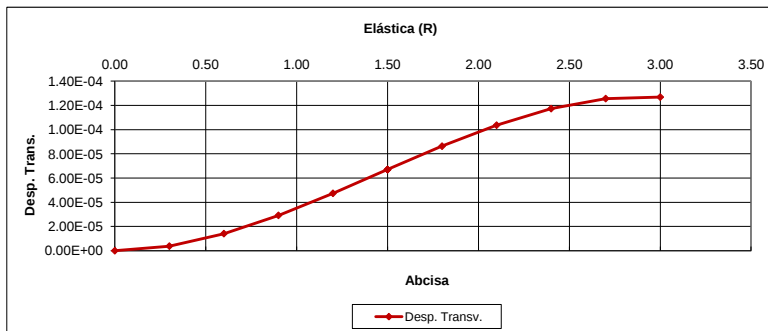
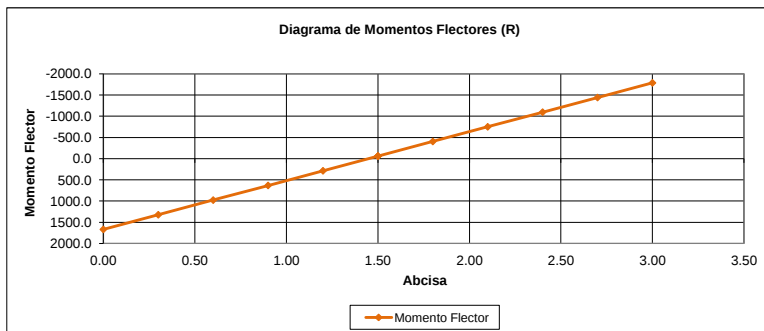
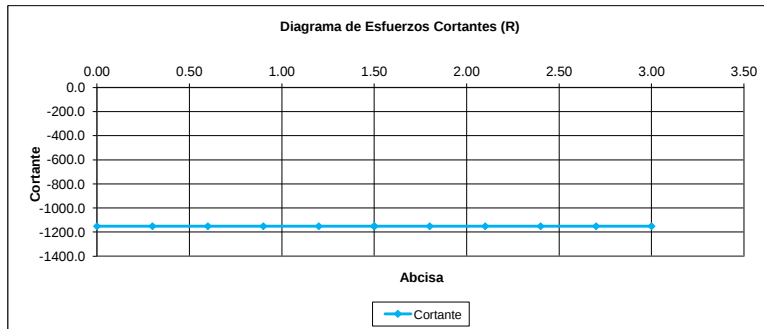
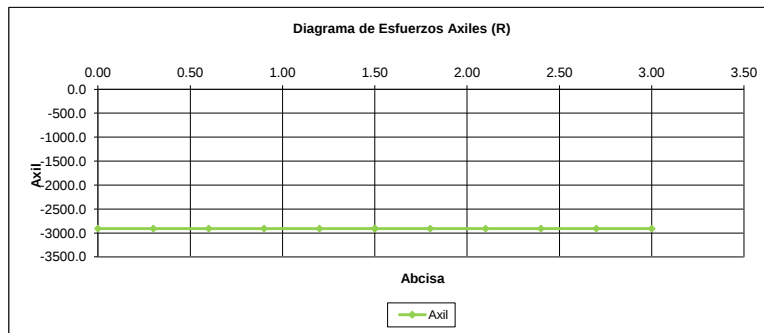


Movimientos 0+CM		Fuerzas 0+CM		GLOB. (O NOD.) f=T, f		GLOBALES SIN NODALES f=t, f	
LOCALES		LOCALES					
uxj	0.0000E+00		2908.4		1151.7		1151.7 fxi
uyj	0.0000E+00		-1151.7		2908.4		2908.4 fyi
θj	0.0000E+00		-1669.1		-1669.1		-1669.1 mj
uxj	-3.5643E-06		-2908.4		-1151.7		-1151.7 fxj
uyj	1.2683E-04		1151.7		-2908.4		-2908.4 fyj
θj	-9.5371E-06		-1785.9		-1785.9		-1785.9 mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-2908.4	-1151.7	1669.1	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	0.30	-2908.4	-1151.7	1323.6	-3.5643E-07	3.8087E-06	
3	0.60	-2908.4	-1151.7	978.1	-7.1285E-07	1.4106E-05	
4	0.90	-2908.4	-1151.7	632.6	-1.0693E-06	2.9198E-05	
5	1.20	-2908.4	-1151.7	287.1	-1.4257E-06	4.7391E-05	
6der	1.50	-2908.4	-1151.7	-58.4	-1.7821E-06	6.6991E-05	centro-der
6	1.50	-2908.4	-1151.7	-58.4	-1.7821E-06	6.6991E-05	centro
6izq	1.50	-2908.4	-1151.7	-58.4	-1.7821E-06	6.6991E-05	centro-izq
7	1.80	-2908.4	-1151.7	-403.9	-2.1386E-06	8.6306E-05	
8	2.10	-2908.4	-1151.7	-749.4	-2.4950E-06	1.0364E-04	
9	2.40	-2908.4	-1151.7	-1094.9	-2.8514E-06	1.1730E-04	
10	2.70	-2908.4	-1151.7	-1440.4	-3.2078E-06	1.2560E-04	
11	3.00	-2908.4	-1151.7	-1785.9	-3.5643E-06	1.2683E-04	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

b

ENTRE NUDOS

2

3

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

0

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k 2-2

612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00
-612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00

k 2-3

-612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	-6885000.00	9180000.00
612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	-6885000.00	18360000.00

k 3-2

0.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

k 3-3

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

t = Matriz transformación LOCALES a GLOBALES (sin NODALES)

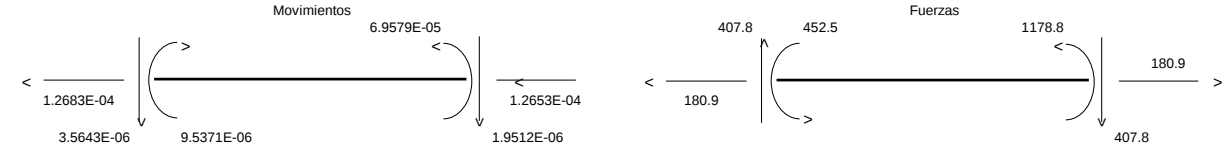
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

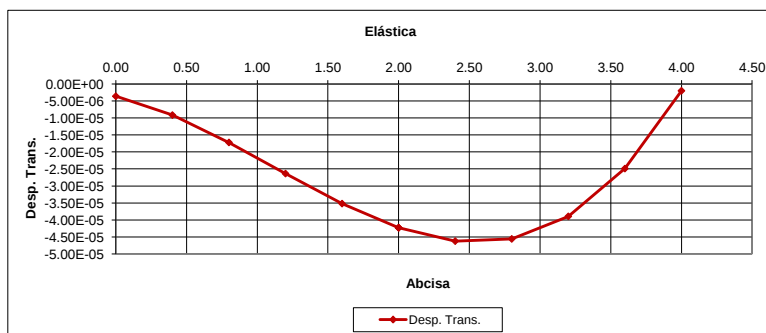
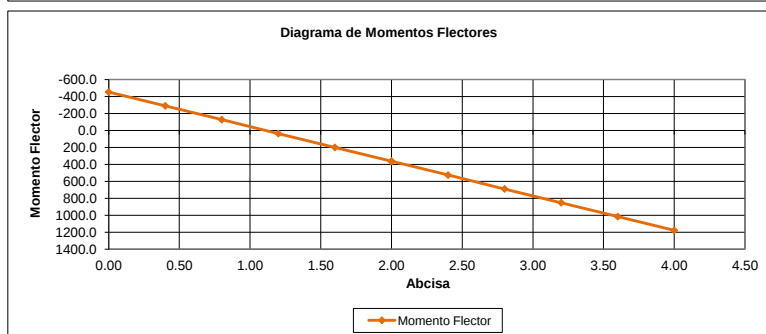
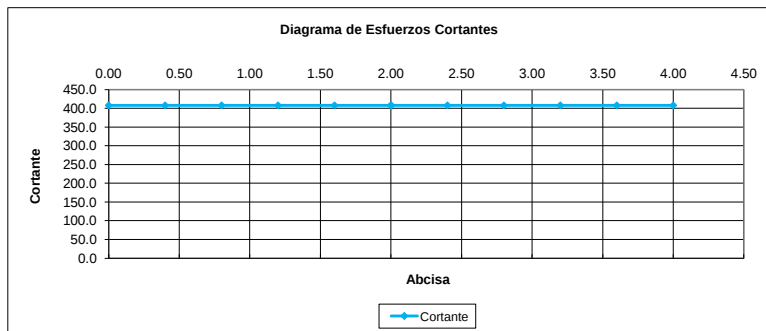
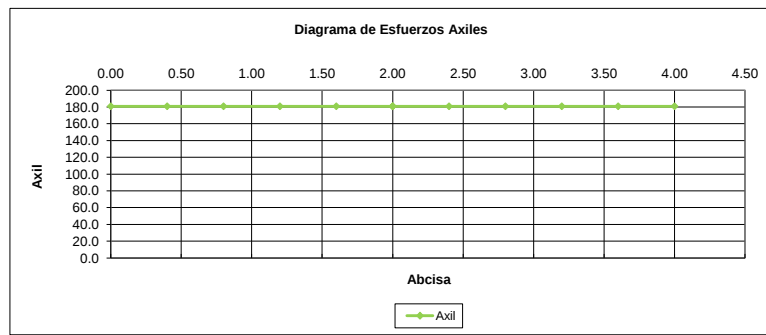
Movimientos	GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.u	Fuerzas LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f
ux2	-1.2683E-04	-1.2683E-04	-180.9	-180.9	-180.9
uy2	-3.5643E-06	-3.5643E-06	407.8	407.8	407.8
θ2	-9.5371E-06	-9.5371E-06	452.5	452.5	452.5
ux3	-1.2653E-04	-1.2653E-04	180.9	180.9	180.9
uy3	-1.9512E-06	-1.9512E-06	-407.8	-407.8	-407.8
θ3	6.9579E-05	6.9579E-05	1178.8	1178.8	1178.8



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	180.9	407.8	-452.5	-1.2683E-04	-3.5643E-06
2	0.40	180.9	407.8	-289.4	-1.2680E-04	-9.1139E-06
3	0.80	180.9	407.8	-126.3	-1.2677E-04	-1.7186E-05
4	1.20	180.9	407.8	36.9	-1.2674E-04	-2.6358E-05
5	1.60	180.9	407.8	200.0	-1.2671E-04	-3.5208E-05
6der	2.00	180.9	407.8	363.1	-1.2668E-04	-4.2316E-05
6	2.00	180.9	407.8	363.1	-1.2668E-04	-4.2316E-05
6izq	2.00	180.9	407.8	363.1	-1.2668E-04	-4.2316E-05
7	2.40	180.9	407.8	526.3	-1.2665E-04	-4.6259E-05
8	2.80	180.9	407.8	689.4	-1.2662E-04	-4.5615E-05
9	3.20	180.9	407.8	852.5	-1.2659E-04	-3.8964E-05
10	3.60	180.9	407.8	1015.7	-1.2656E-04	-2.4883E-05
11	4.00	180.9	407.8	1178.8	-1.2653E-04	-1.9512E-06



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)
1000.00

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
2000.0	-2000.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
-1333.3	-1333.3

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
4000.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
666.7	2.000

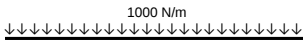
Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.845 y 3.155

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
-3.6311E-05	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
2.000	2.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	1.000 y 3.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA



Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

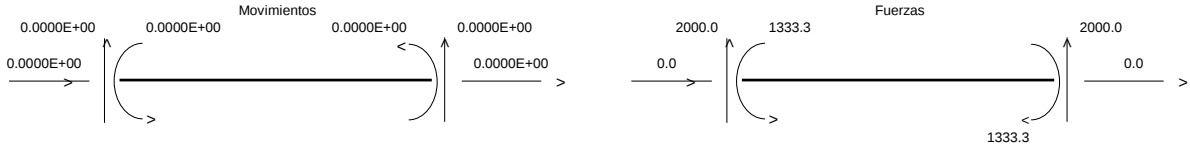
LOCALES

-Nizq->	0.0	0.0	fxi
-Vizq->	2000.0	2000.0	fyi
-Mizq->	1333.3	1333.3	mi
-Nder->	0.0	0.0	fxj
-Vder->	2000.0	2000.0	fyj
-Mder->	-1333.3	-1333.3	mj

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

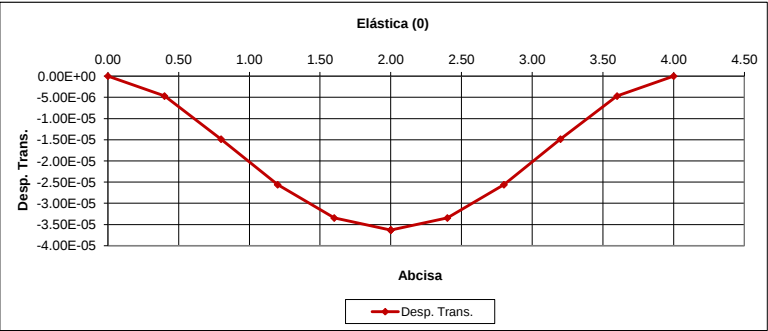
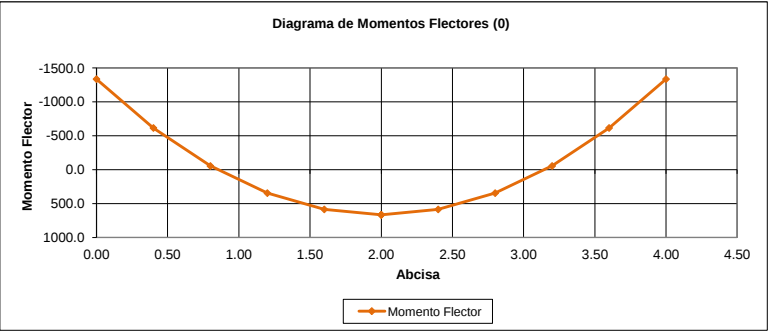
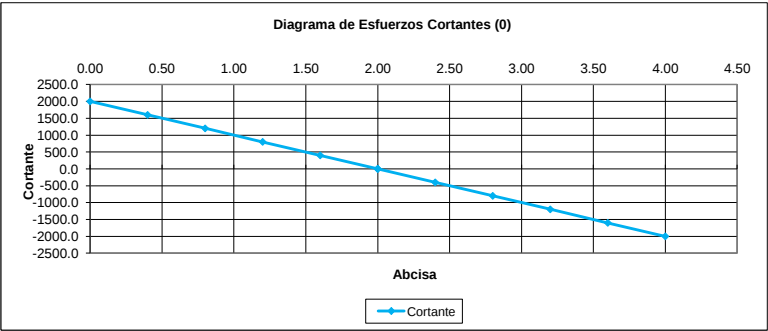


Fuerzas 0 (acción) a sistema global

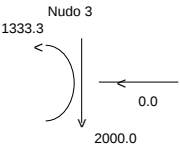
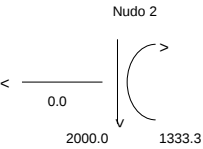


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	2000.0	-1333.3	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	0.0	1600.0	-613.3	0.0000E+00	-4.7059E-06
3	0.80	0.0	1200.0	-53.3	0.0000E+00	-1.4873E-05
4	1.20	0.0	800.0	346.7	0.0000E+00	-2.5621E-05
5	1.60	0.0	400.0	586.7	0.0000E+00	-3.3464E-05
6der	2.00	0.0	0.0	666.7	0.0000E+00	-3.6311E-05
6	2.00	0.0	0.0	666.7	0.0000E+00	-3.6311E-05
6izq	2.00	0.0	0.0	666.7	0.0000E+00	-3.6311E-05
7	2.40	0.0	-400.0	586.7	0.0000E+00	-3.3464E-05
8	2.80	0.0	-800.0	346.7	0.0000E+00	-2.5621E-05
9	3.20	0.0	-1200.0	-53.3	0.0000E+00	-1.4873E-05
10	3.60	0.0	-1600.0	-613.3	0.0000E+00	-4.7059E-06
11	4.00	0.0	-2000.0	-1333.3	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

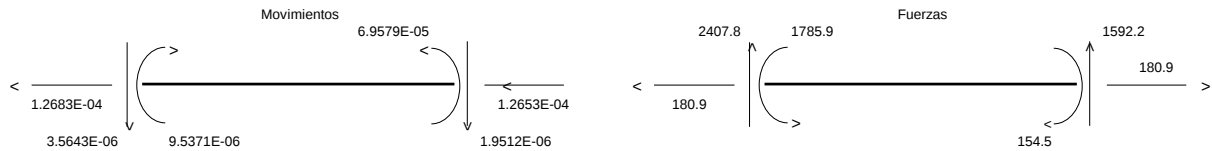
uxi	-1.2683E-04
uyi	-3.5643E-06
θi	-9.5371E-06
uxj	-1.2653E-04
uyj	-1.9512E-06
θj	6.9579E-05

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T, f

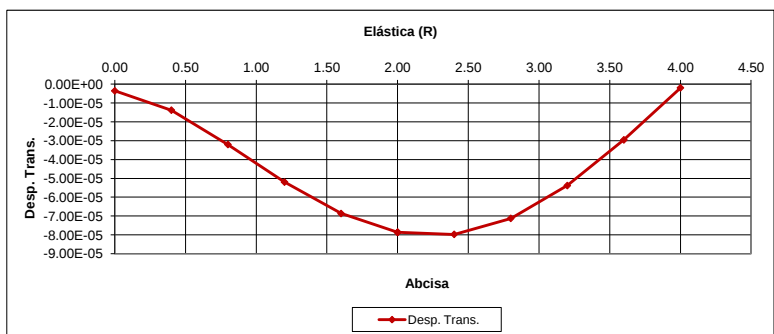
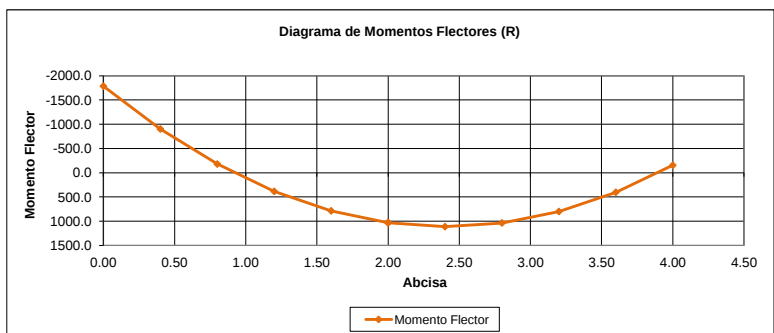
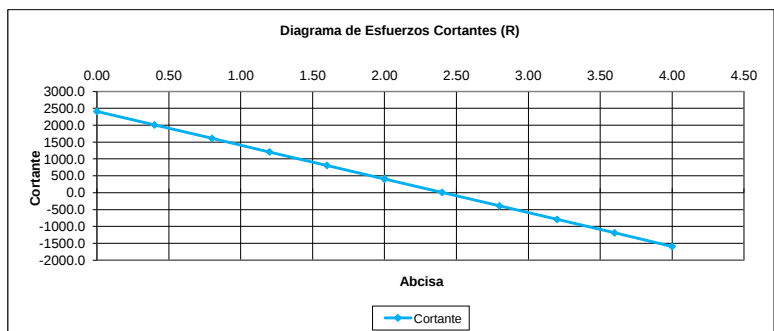
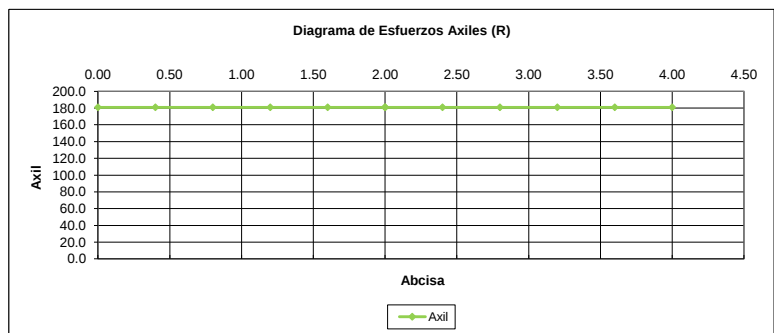
GLOBALES SIN NODALES f=t, f

	-180.9	-180.9	-180.9	fxi
	2407.8	2407.8	2407.8	fyi
	1785.9	1785.9	1785.9	mi
	180.9	180.9	180.9	fxj
	1592.2	1592.2	1592.2	fyj
	-154.5	-154.5	-154.5	mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	180.9	2407.8	-1785.9	-1.2683E-04	-3.5643E-06	i
2	0.40	180.9	2007.8	-902.7	-1.2680E-04	-1.3820E-05	
3	0.80	180.9	1607.8	-179.6	-1.2677E-04	-3.2059E-05	
4	1.20	180.9	1207.8	383.5	-1.2674E-04	-5.1978E-05	
5	1.60	180.9	807.8	786.7	-1.2671E-04	-6.8672E-05	
6der	2.00	180.9	407.8	1029.8	-1.2668E-04	-7.8627E-05	centro-der
6	2.00	180.9	407.8	1029.8	-1.2668E-04	-7.8627E-05	centro
6izq	2.00	180.9	407.8	1029.8	-1.2668E-04	-7.8627E-05	centro-izq
7	2.40	180.9	7.8	1112.9	-1.2665E-04	-7.9723E-05	
8	2.80	180.9	-392.2	1036.1	-1.2662E-04	-7.1236E-05	
9	3.20	180.9	-792.2	799.2	-1.2659E-04	-5.3837E-05	
10	3.60	180.9	-1192.2	402.3	-1.2656E-04	-2.9589E-05	
11	4.00	180.9	-1592.2	-154.5	-1.2653E-04	-1.9512E-06	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

c

ENTRE NUDOS

3

4

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

3

-90

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

816000000.00	0.00	0.00	-816000000.00	0.00	0.00
0.00	8160000.00	12240000.00	0.00	-8160000.00	12240000.00
0.00	12240000.00	24480000.00	0.00	-12240000.00	12240000.00
-816000000.00	0.00	0.00	816000000.00	0.00	0.00
0.00	-8160000.00	-12240000.00	0.00	8160000.00	-12240000.00
0.00	12240000.00	12240000.00	0.00	-12240000.00	24480000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k=T.^k.T^T

k 3-3

k 3-4

k 4-3

k 4-4

8160000.00

0.00

12240000.00

-8160000.00

0.00

12240000.00

0.00

8160000000.00

0.00

0.00

-8160000000.00

0.00

12240000.00

0.00

24480000.00

-12240000.00

0.00

12240000.00

-8160000.00

0.00

-12240000.00

8160000.00

0.00

-12240000.00

0.00

-8160000000.00

0.00

0.00

8160000000.00

0.00

12240000.00

0.00

12240000.00

-12240000.00

0.00

24480000.00

⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos

ux3

uy3

θ3

ux4

uy4

θ4

GLOBALES (O NOD.)

LOCALES ^u=T^T.^u

-1.2653E-04

1.9512E-06

-1.9512E-06

-1.2653E-04

0.0000E+00

0.0000E+00

1.9512E-06

-1.2653E-04

6.9579E-05

0.0000E+00

0.0000E+00

0.0000E+00

uxi

uyi

θi

uxj

uyj

θj

t = Matriz transformación LOCALES a GLOBALES (sin NODALES)

0.00

1.00

0.00

-1.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.00

Fuerzas

LOCALES ^f=^k.^u

GLOB. (O NOD.) f=T.^f

GLOBALES SIN NODALES f=t.^f

1592.2

-180.9

-180.9

-1592.2

180.9

180.9

154.5

-1592.2

154.5

1592.2

-697.1

-697.1

fxi

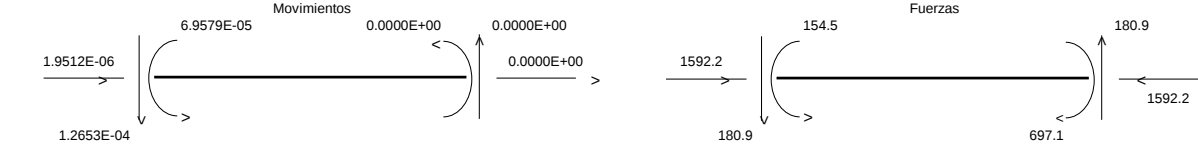
fyi

mi

fxj

fyj

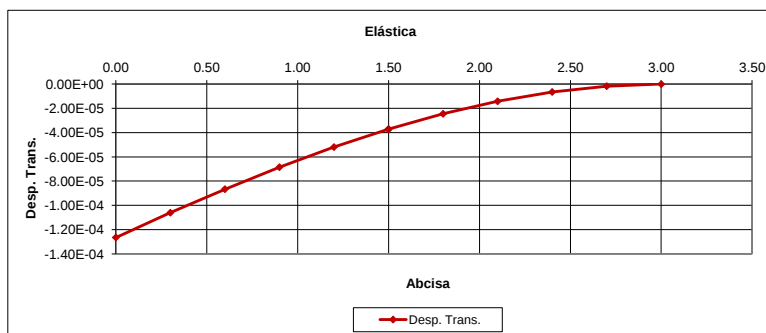
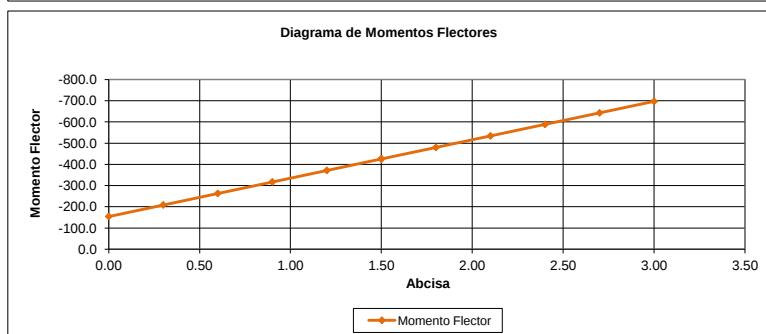
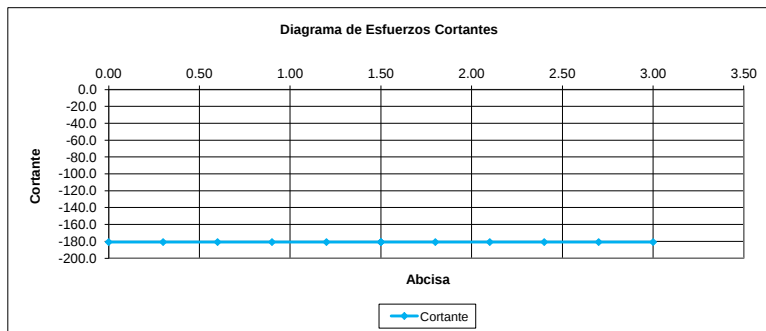
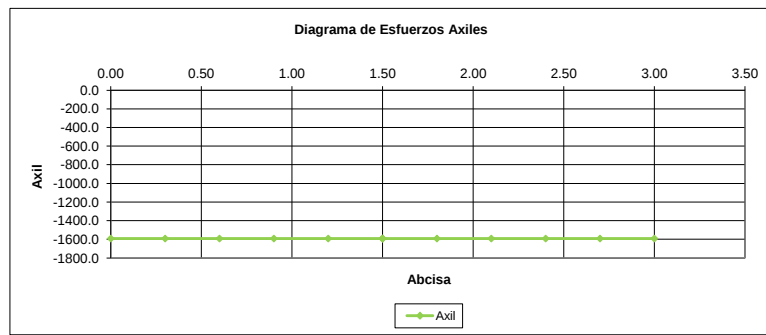
mj



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

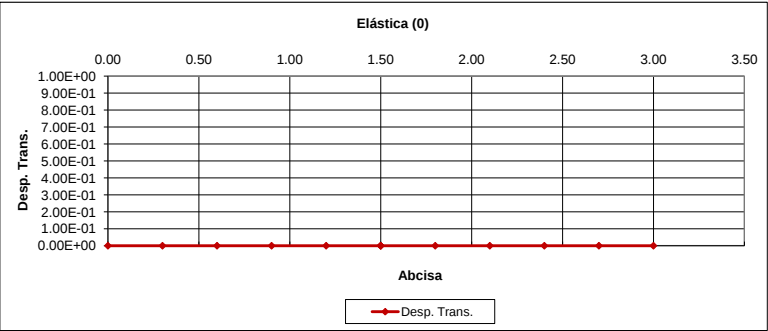
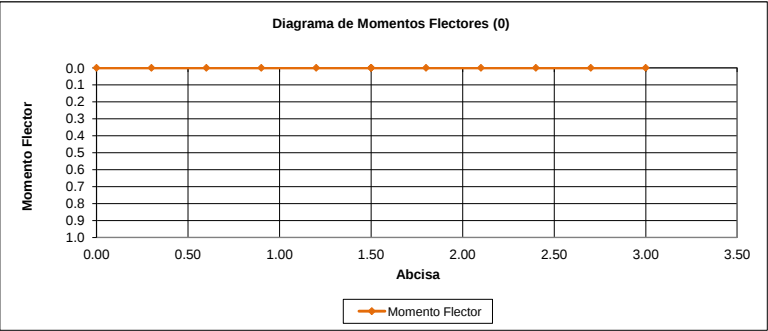
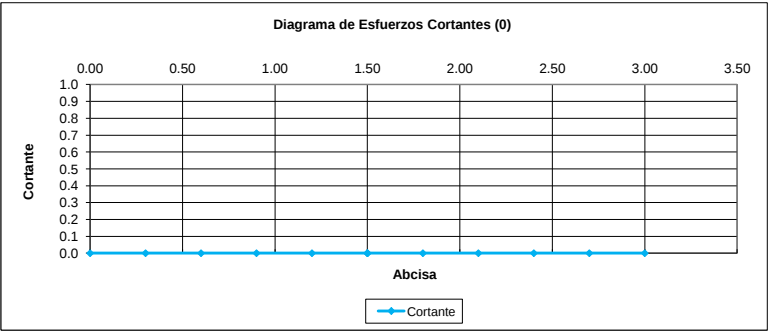
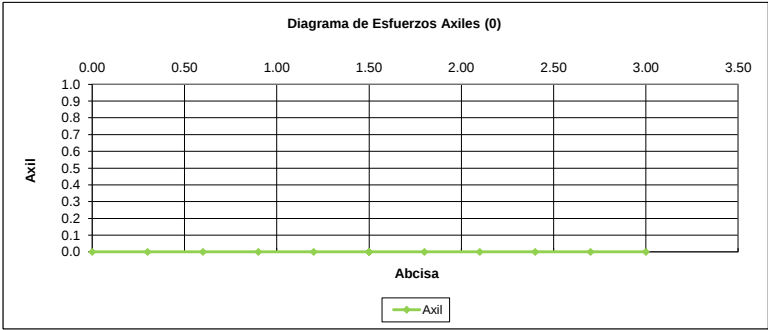
CASO C. M.

Punto	Abscisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-1592.2	-180.9	-154.5	1.9512E-06	-1.2653E-04
2	0.30	-1592.2	-180.9	-208.8	1.7561E-06	-1.0608E-04
3	0.60	-1592.2	-180.9	-263.0	1.5609E-06	-8.6656E-05
4	0.90	-1592.2	-180.9	-317.3	1.3658E-06	-6.8518E-05
5	1.20	-1592.2	-180.9	-371.6	1.1707E-06	-5.1936E-05
6der	1.50	-1592.2	-180.9	-425.8	9.7559E-07	-3.7175E-05
6	1.50	-1592.2	-180.9	-425.8	9.7559E-07	-3.7175E-05
6izq	1.50	-1592.2	-180.9	-425.8	9.7559E-07	-3.7175E-05
7	1.80	-1592.2	-180.9	-480.1	7.8047E-07	-2.4501E-05
8	2.10	-1592.2	-180.9	-534.3	5.8535E-07	-1.4181E-05
9	2.40	-1592.2	-180.9	-588.6	3.9024E-07	-6.4800E-06
10	2.70	-1592.2	-180.9	-642.9	1.9512E-07	-1.6643E-06
11	3.00	-1592.2	-180.9	-697.1	0.0000E+00	0.0000E+00

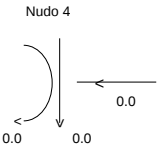
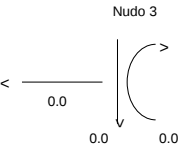


Fuerzas de la barra sobre nudos





Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

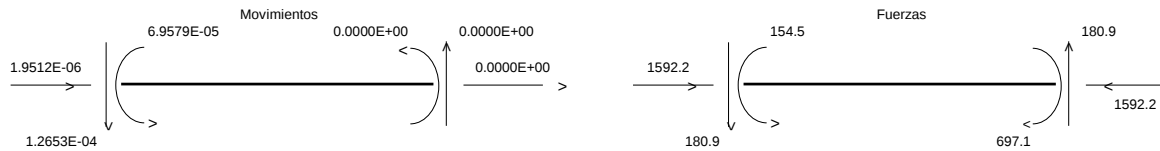
uxj	1.9512E-06
uyj	-1.2653E-04
θj	6.9579E-05
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T.·f

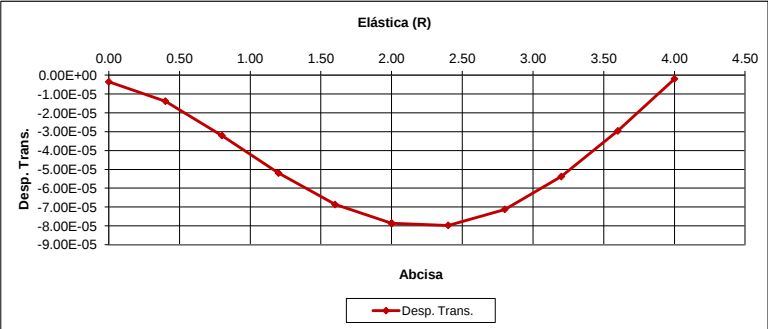
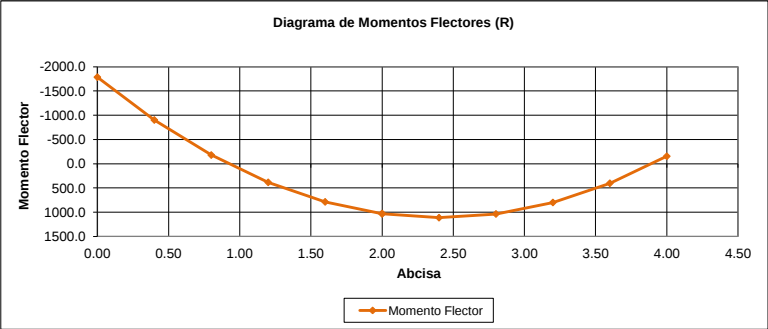
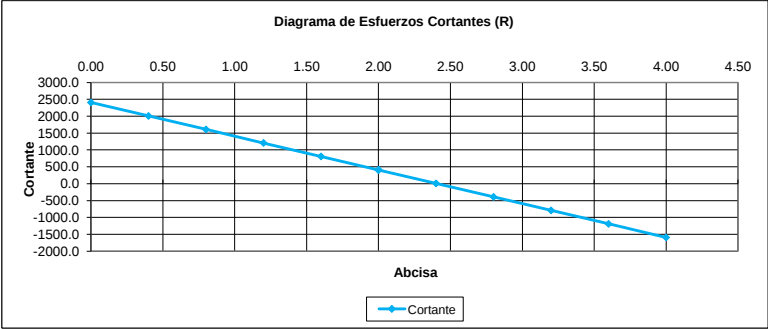
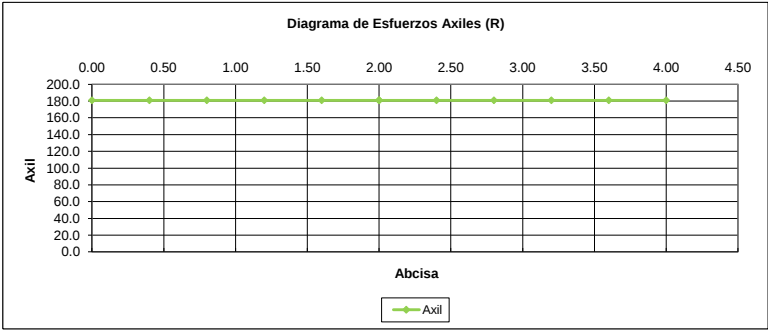
GLOBALES SIN NODALES f=t.·f

	1592.2	-180.9	-180.9	fxi
	-180.9	-1592.2	-1592.2	fyi
	154.5	154.5	154.5	mi
	-1592.2	180.9	180.9	fxj
	180.9	1592.2	1592.2	fyj
	-697.1	-697.1	-697.1	mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-1592.2	-180.9	-154.5	1.9512E-06	-1.2653E-04	i
2	0.30	-1592.2	-180.9	-208.8	1.7561E-06	-1.0608E-04	
3	0.60	-1592.2	-180.9	-263.0	1.5609E-06	-8.6656E-05	
4	0.90	-1592.2	-180.9	-317.3	1.3658E-06	-6.8518E-05	
5	1.20	-1592.2	-180.9	-371.6	1.1707E-06	-5.1936E-05	
6der	1.50	-1592.2	-180.9	-425.8	9.7559E-07	-3.7175E-05	centro-der
6	1.50	-1592.2	-180.9	-425.8	9.7559E-07	-3.7175E-05	centro
6izq	1.50	-1592.2	-180.9	-425.8	9.7559E-07	-3.7175E-05	centro-izq
7	1.80	-1592.2	-180.9	-480.1	7.8047E-07	-2.4501E-05	
8	2.10	-1592.2	-180.9	-534.3	5.8535E-07	-1.4181E-05	
9	2.40	-1592.2	-180.9	-588.6	3.9024E-07	-6.4800E-06	
10	2.70	-1592.2	-180.9	-642.9	1.9512E-07	-1.6643E-06	
11	3.00	-1592.2	-180.9	-697.1	0.0000E+00	0.0000E+00	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

d

ENTRE NUDOS

2

4

TIPO BARRA

ARTICULADA

ARTICULADA

CASO

1

1: ART-ART 2: ART-RIG 3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.10E+11

2.00E-04

5

-36.86989765

3.22E-09

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra ARTICULADA-ARTICULADA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

8400000.00	0.00	0.00	-8400000.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-8400000.00	0.00	0.00	8400000.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
-0.60	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.80	0.60	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	-0.60	0.80	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra ARTICULADA-ARTICULADA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k= T.^k.T^T

k 2-2

k 2-4

k 4-2

k 4-4

5376000.00

-4032000.00

0.00

-5376000.00

4032000.00

0.00

-5376000.00

4032000.00

0.00

5376000.00

-4032000.00

0.00

4032000.00

-3024000.00

0.00

-4032000.00

3024000.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

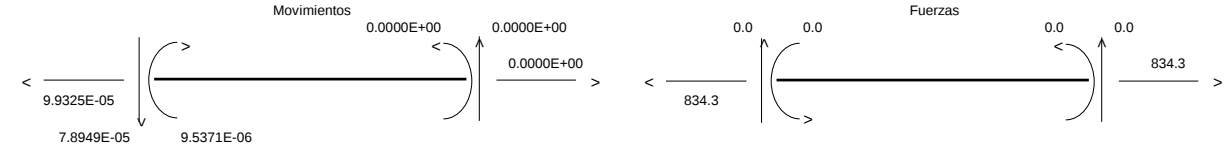
Movimientos

ux2
uy2
θ2
ux4
uy4
θ4

GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.u	
-1.2683E-04	-9.9325E-05	uxi
-3.5643E-06	-7.8949E-05	uyi
-9.5371E-06	-9.5371E-06	θi
0.0000E+00	0.0000E+00	uxj
0.0000E+00	0.0000E+00	uyj
0.0000E+00	0.0000E+00	θj

Fuerzas

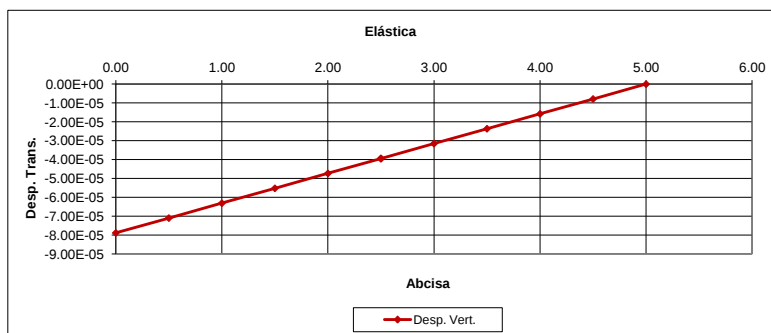
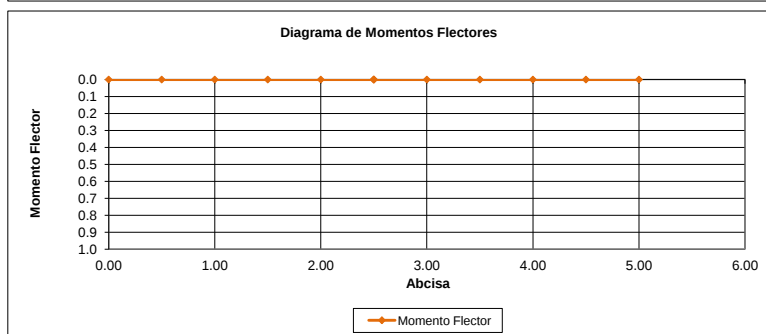
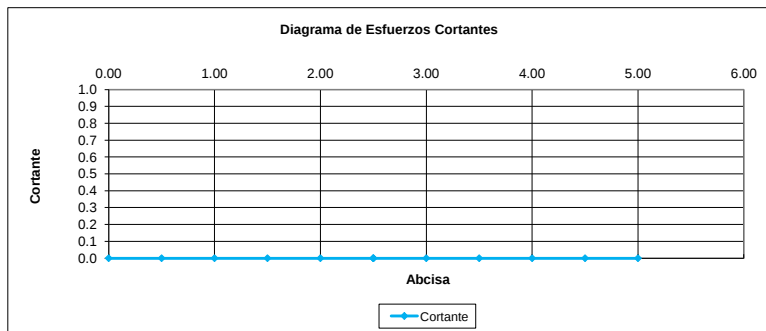
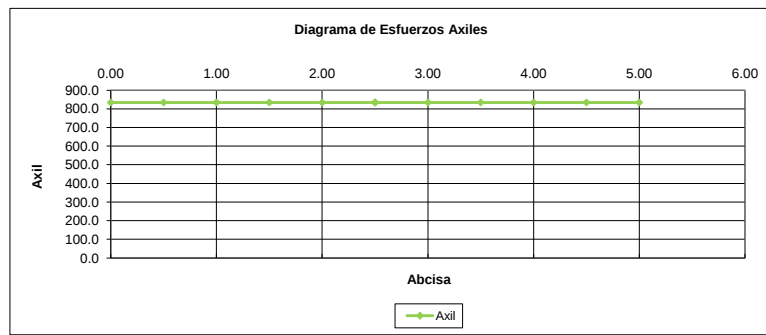
LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f	
-834.3	-667.5	-667.5	fxi
0.0	500.6	500.6	fyi
0.0	0.0	0.0	mi
834.3	667.5	667.5	fxj
0.0	-500.6	-500.6	fyj
0.0	0.0	0.0	mj



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	834.3	0.0	0.0	-9.9325E-05	-7.8949E-05
2	0.50	834.3	0.0	0.0	-8.9393E-05	-7.1054E-05
3	1.00	834.3	0.0	0.0	-7.9460E-05	-6.3159E-05
4	1.50	834.3	0.0	0.0	-6.9528E-05	-5.5264E-05
5	2.00	834.3	0.0	0.0	-5.9595E-05	-4.7370E-05
6der	2.50	834.3	0.0	0.0	-4.9663E-05	-3.9475E-05
6	2.50	834.3	0.0	0.0	-4.9663E-05	-3.9475E-05
6izq	2.50	834.3	0.0	0.0	-4.9663E-05	-3.9475E-05
7	3.00	834.3	0.0	0.0	-3.9730E-05	-3.1580E-05
8	3.50	834.3	0.0	0.0	-2.9798E-05	-2.3685E-05
9	4.00	834.3	0.0	0.0	-1.9865E-05	-1.5790E-05
10	4.50	834.3	0.0	0.0	-9.9325E-06	-7.8949E-06
11	5.00	834.3	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
0.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.500

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0 y 5.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.500

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	2.500

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.500

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.500

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0 y 5.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.500

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA

Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

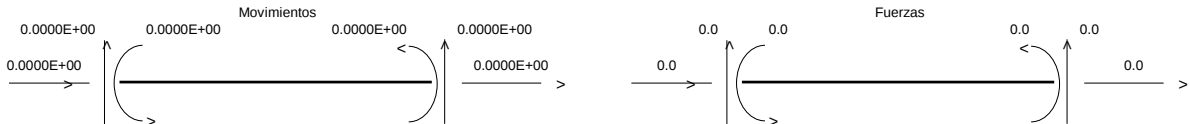
-Nizq->	0.0
-Vizq->	0.0
-Mizq->	0.0
-Nder->	0.0
-Vder->	0.0
-Mder->	0.0

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	0.0
fyi	0.0
mi	0.0
fxj	0.0
fyj	0.0
mj	0.0

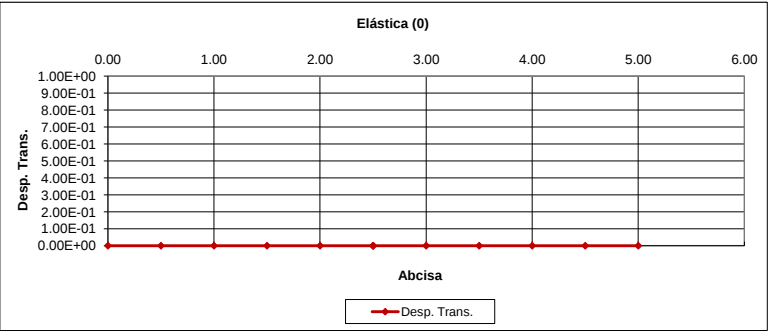
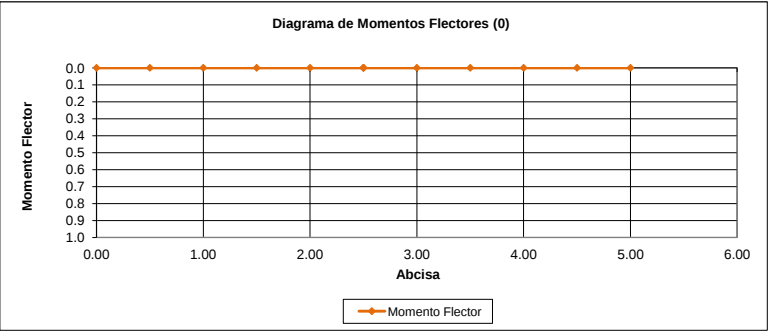
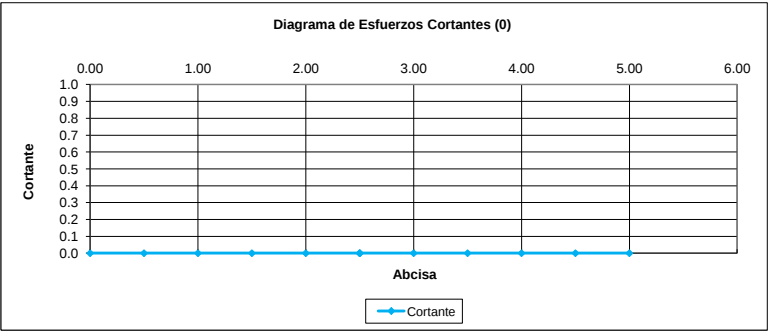
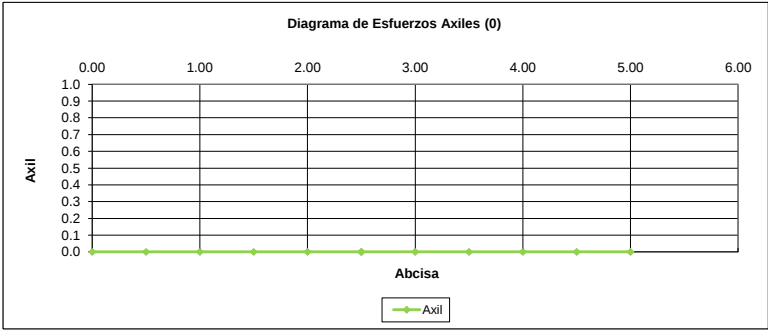


Fuerzas 0 (acción) a sistema global

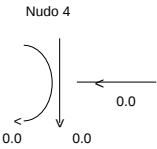
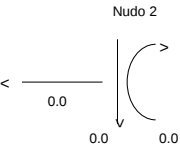


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
3	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
4	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
5	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6der	2.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6	2.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6izq	2.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
7	3.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
8	3.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
9	4.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
10	4.50	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
11	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

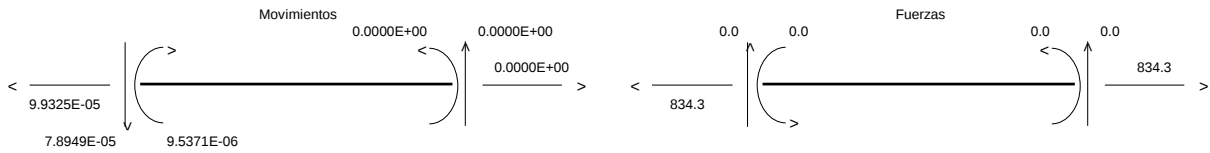
uxi	-9.9325E-05
uyi	-7.8949E-05
θi	-9.5371E-06
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T.·f

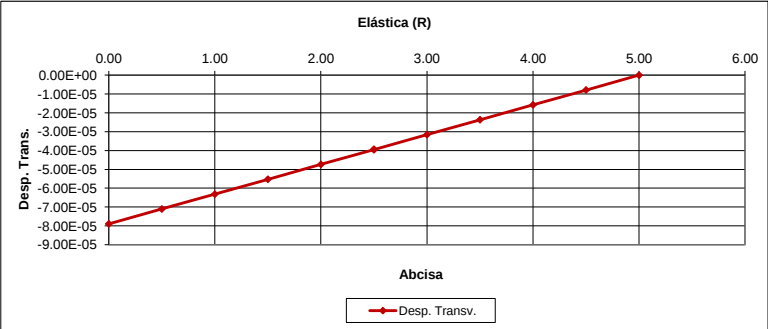
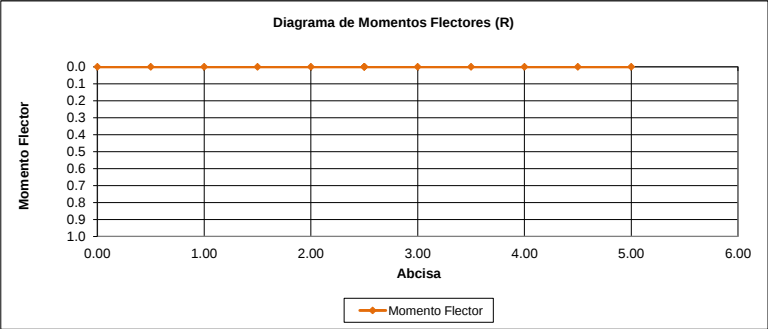
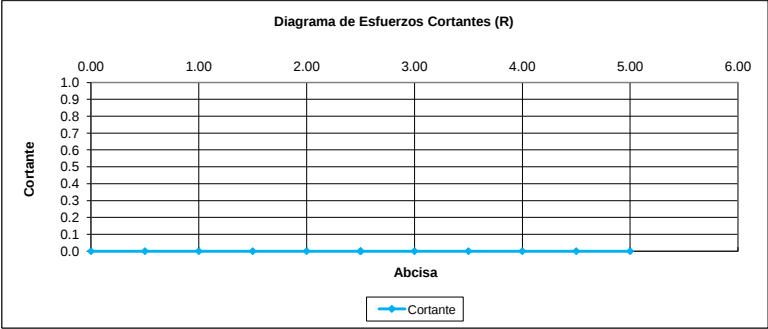
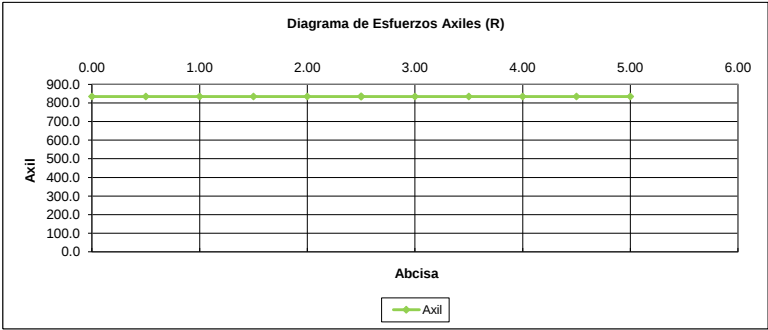
GLOBALES SIN NODALES f=t.·f

	-834.3	-667.5	-667.5	fxi
	0.0	500.6	500.6	fyi
	0.0	0.0	0.0	mi
	834.3	667.5	667.5	fxj
	0.0	-500.6	-500.6	fyj
	0.0	0.0	0.0	mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	834.3	0.0	0.0	-9.9325E-05	-7.8949E-05	i
2	0.50	834.3	0.0	0.0	-8.9393E-05	-7.1054E-05	
3	1.00	834.3	0.0	0.0	-7.9460E-05	-6.3159E-05	
4	1.50	834.3	0.0	0.0	-6.9528E-05	-5.5264E-05	
5	2.00	834.3	0.0	0.0	-5.9595E-05	-4.7370E-05	
6der	2.50	834.3	0.0	0.0	-4.9663E-05	-3.9475E-05	centro-der
6	2.50	834.3	0.0	0.0	-4.9663E-05	-3.9475E-05	centro
6izq	2.50	834.3	0.0	0.0	-4.9663E-05	-3.9475E-05	centro-izq
7	3.00	834.3	0.0	0.0	-3.9730E-05	-3.1580E-05	
8	3.50	834.3	0.0	0.0	-2.9798E-05	-2.3685E-05	
9	4.00	834.3	0.0	0.0	-1.9865E-05	-1.5790E-05	
10	4.50	834.3	0.0	0.0	-9.9325E-06	-7.8949E-06	
11	5.00	834.3	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



Superposición

Superposición

(en coord. globales con nodales)

	Caso C.M.	Caso 0	Caso Real
	F= fuerzas	Fuerzas	F= fuerzas
	C.M. (solución)	0 (reaccion)	C.M. + 0
Fx1	1151.7		1151.7
Fy1	2908.4		2908.4
M1	-1669.1		-1669.1
Fx2	-2000.0	0.0	-2000.0
Fy2	-2000.0	2000.0	0.0
M2	-1333.3	1333.3	0.0
Fx3	0.0	0.0	0.0
Fy3	-2000.0	2000.0	0.0
M3	1333.3	-1333.3	0.0
Fx4	848.3		848.3
Fy4	1091.6		1091.6
M4	-697.1		-697.1

COMPROBACIÓN CON FUERZAS
EXTERIORES INTRODUCIDAS

COMPROBACIÓN CORRECTA



Transformación

(en coord. globales sin nodales)

	Caso C.M.	Caso 0	Caso Real
	F= fuerzas	Fuerzas	F= fuerzas
	C.M. (solución)	0 (reaccion)	C.M. + 0
Fx1	1151.7		1151.7
Fy1	2908.4		2908.4
M1	-1669.1		-1669.1
Fx2	-2000.0	0.0	-2000.0
Fy2	-2000.0	2000.0	0.0
M2	-1333.3	1333.3	0.0
Fx3	0.0	0.0	0.0
Fy3	-2000.0	2000.0	0.0
M3	1333.3	-1333.3	0.0
Fx4	848.3		848.3
Fy4	1091.6		1091.6
M4	-697.1		-697.1



t: Matrices transformación nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

Estas fuerzas se comprobará que se equilibrarán en cada nudo.
Comprobacion Equilibrio en nudos (Caso Real con cargas en barras)
Ir a hoja Eq. Nudos

Reacciones en apoyos elásticos

Datos partida C.M.
(en coord. globales con nodales)

Mov. Apoy. Elas. Rigidez Apoyo
C.M. (u_{AE}) Elástico (K_{AE})

ux1		
uy1		
θ1		
ux2		
uy2		
θ2		
ux3		
uy3		
θ3		
ux4		
uy4		
θ4		



Cálculo
(en coord. globales con nodales)

Reac. Apoy. Elas.*
 $R_{AE} = -K_{AE} \cdot u_{AE}$

Fx1	
Fy1	
M1	
Fx2	
Fy2	
M2	
Fx3	
Fy3	
M3	
Fx4	
Fy4	
M4	

*Se saca la rigidez interna del apoyo elástico introducida en el C.M. y se calcula la reacción en el GDL producida por el mismo.



Transformación
(en coord. globales sin nodales)

Reac. Apoy. Elas.
($t \cdot R_{AE}$)

Fx1	
Fy1	
M1	
Fx2	
Fy2	
M2	
Fx3	
Fy3	
M3	
Fx4	
Fy4	
M4	



Se utilizará para comprobación equilibrio global .Ir a hoja Eq. Global
Así como para la comprobacion equilibrio en nudos. Ir a hoja Eq. Nudos



t: Matrices transformación globales sin nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

Comprobación de equilibrio global

Solución C.M.
(en coord. globales con nodales)

F= fuerzas Reac.Apoy.Elas.* Fuerzas F+R.A.E.
C.M. (solución) C.M. (solución) C.M. (solución)

Fx1	1151.7		1151.7
Fy1	2908.4		2908.4
M1	-1669.1		-1669.1
Fx2	-2000.0		-2000.0
Fy2	-2000.0		-2000.0
M2	-1333.3		-1333.3
Fx3	0.0		0.0
Fy3	-2000.0		-2000.0
M3	1333.3		1333.3
Fx4	848.3		848.3
Fy4	1091.6		1091.6
M4	-697.1		-697.1

*sacadas las rigideces
de apoyos elásticos
del sistema C.M.

Transformación
(en coord. globales sin nodales)

Fuerzas F+R.A.E. M₀ (momentos F.
C.M. (solución) respecto origen)*

Fx1	1151.7	0.0
Fy1	2908.4	0.0
M1	-1669.1	-1669.1
Fx2	-2000.0	6000.0
Fy2	-2000.0	0.0
M2	-1333.3	-1333.3
Fx3	0.0	0.0
Fy3	-2000.0	-8000.0
M3	1333.3	1333.3
Fx4	848.3	0.0
Fy4	1091.6	4366.3
M4	-697.1	-697.1

*Se calcula a partir de las
componentes de las fuerzas
y coordenadas de los nudos



t: Matrices transformación globales con nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

↓

↓

Comprobación Equilibrio global C.M.

ΣFx= 0.0

ΣFy= 0.0

ΣM₀= 0.0

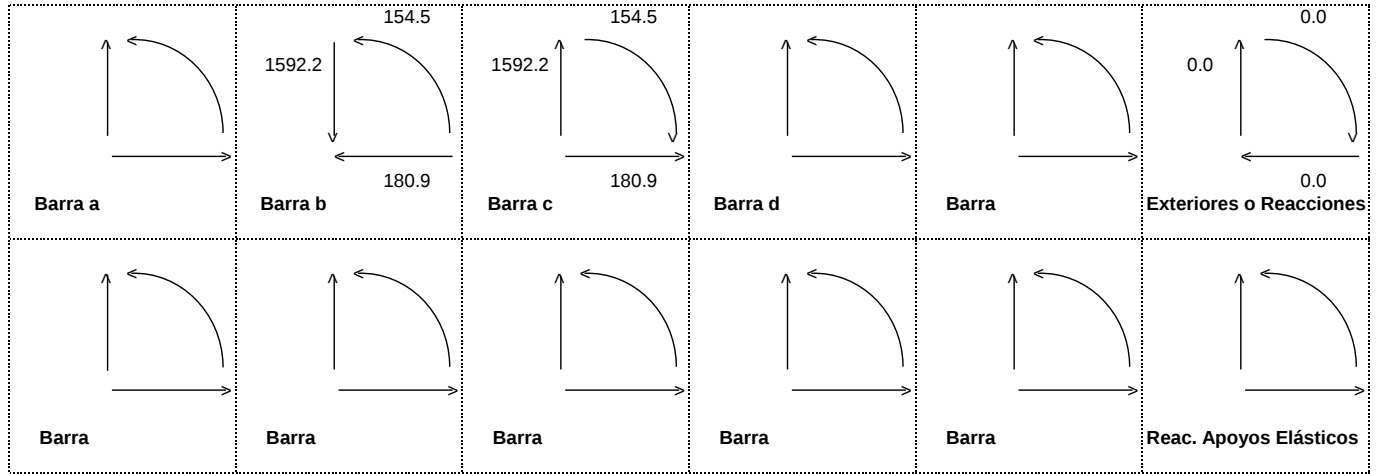
Cálculo matricial correcto

Equilibrio en Nudo 3

Nudo 3

[illegible]

El Nudo 3 está en equilibrio



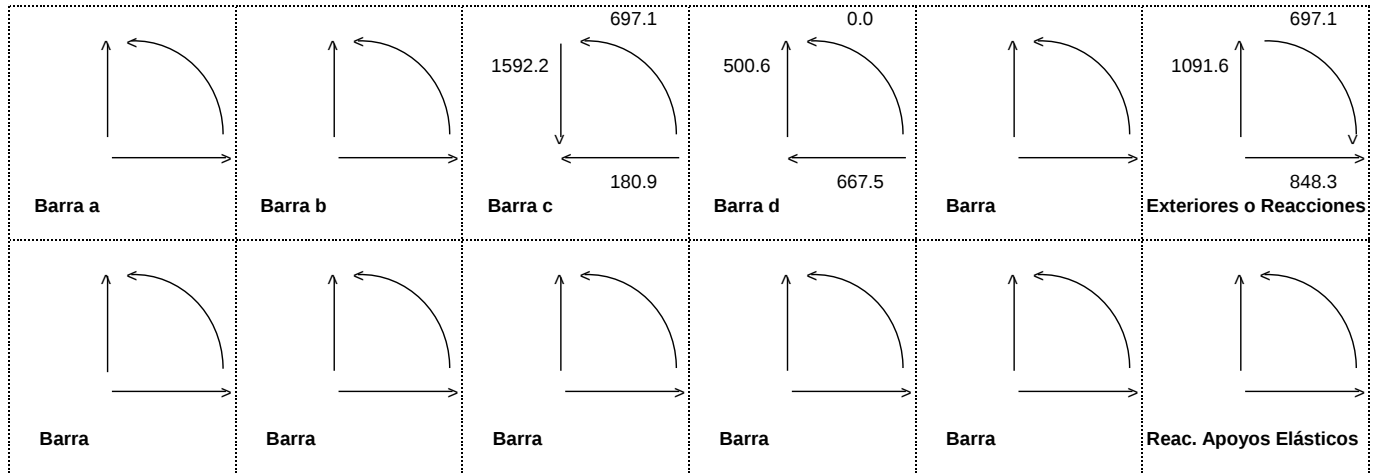
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 4

Nudo	4
------	---

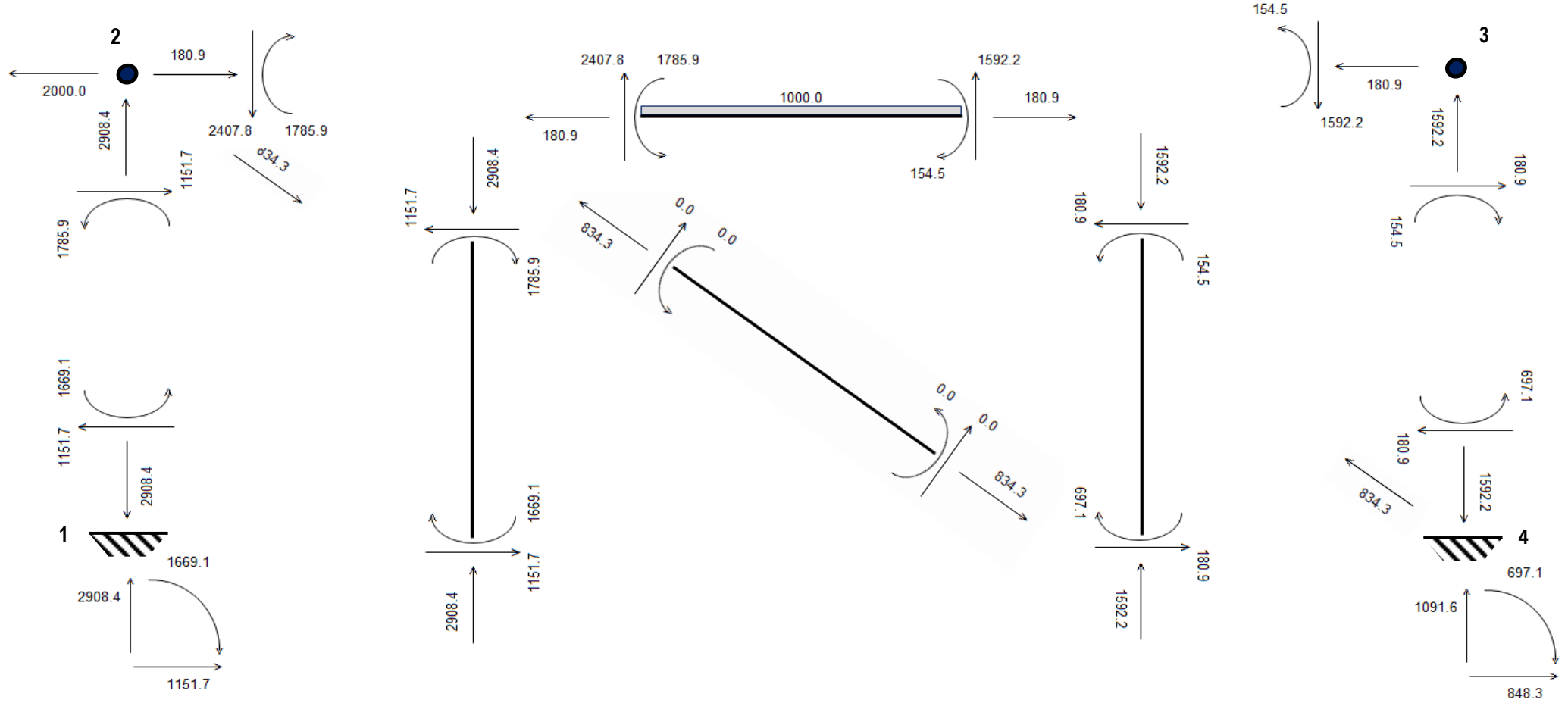
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a				
b				
c	Final	-180.9	-1592.2	697.1
d	Final	-667.5	500.6	0.0
Exteriores o Reacciones		848.3	1091.6	-697.1
Reac. Apoyos Elásticos				
	Σ	0.0	0.0	0.0

El Nudo 4 está en equilibrio



Ubicación no automatizada en función de geometría real

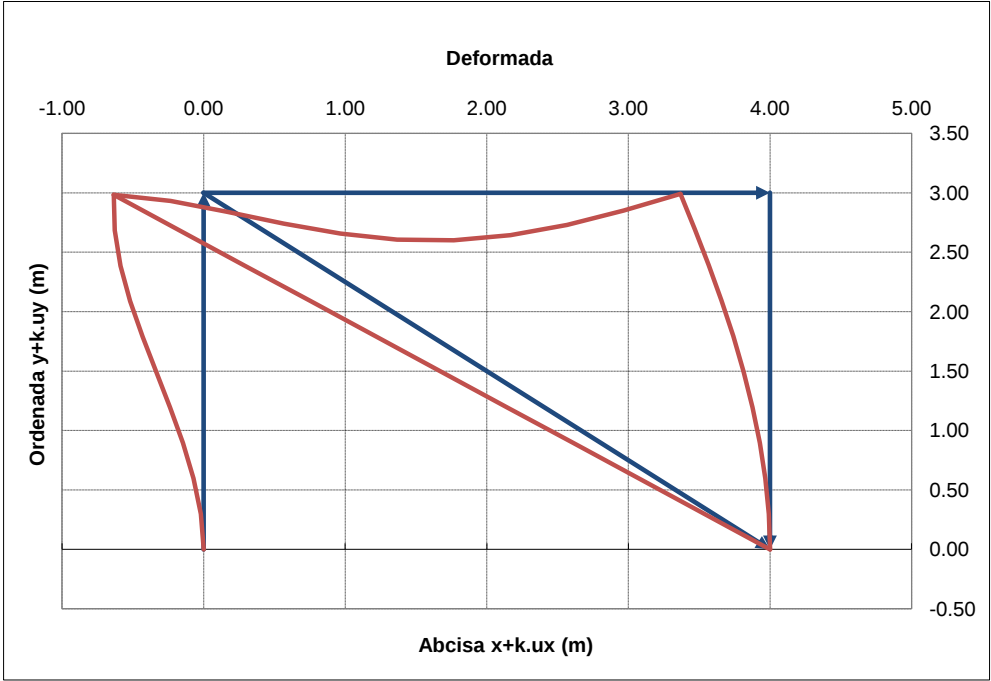
Esquema fuerzas en barras y nudos de la estructura completa (no automatizado en función de geometría real)
 (Obtener de manera manual a partir de capturas de imágenes de fuerzas de las hojas Barras y Eq. Nudos)



Multiplic.k-def
5000.0 m/m

Factor marco
5.00%

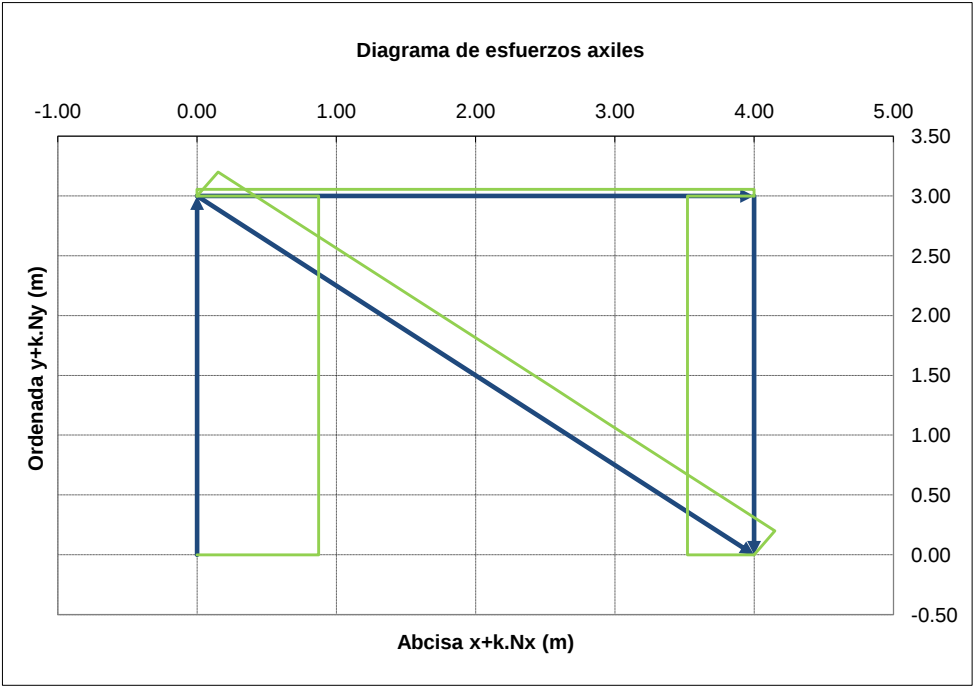
Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



Multiplic. k-N
0.00030 m/N

Factor marco
5.00%

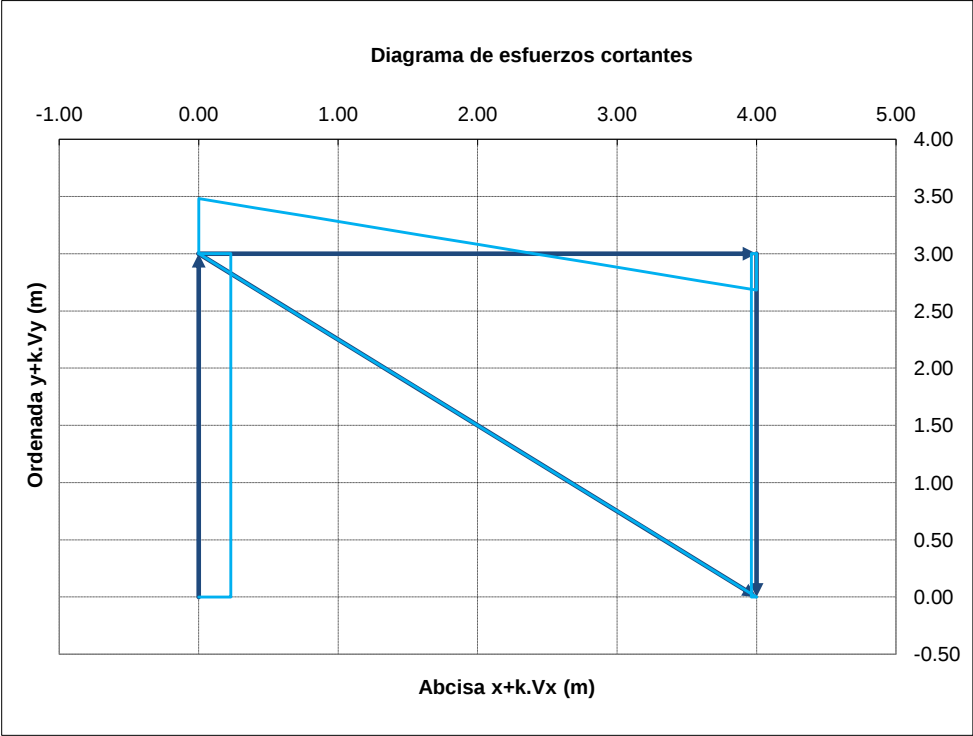
Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



Multiplic. k-V
0.00020 m/N

Factor marco
5.00%

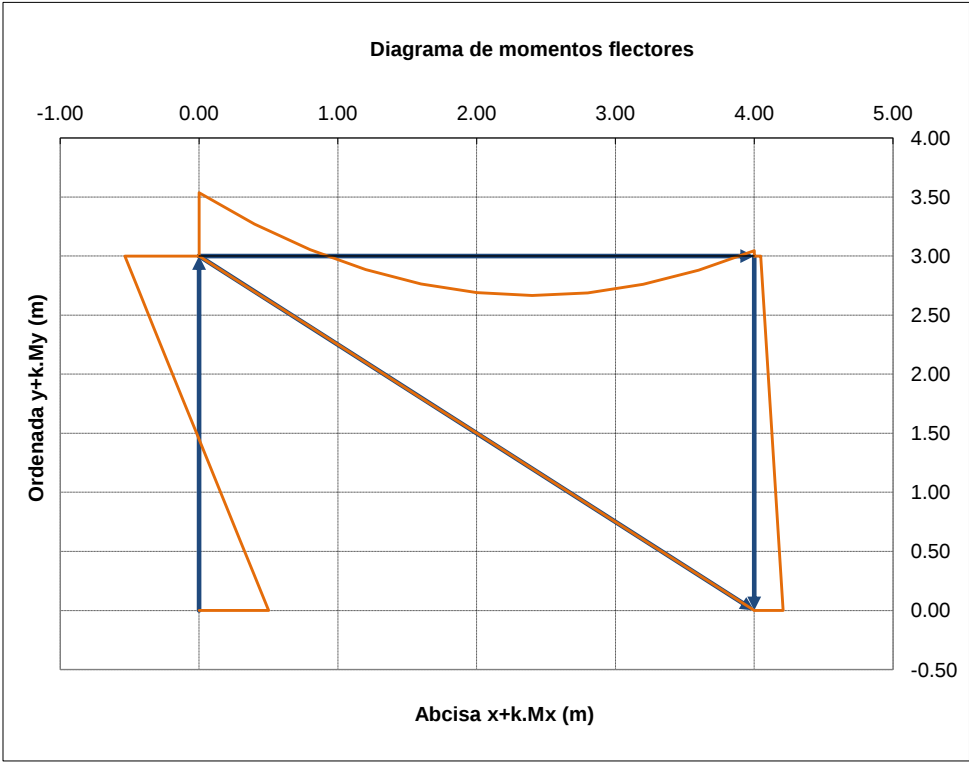
Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



Multiplic. k-M
0.00030 m/N.m

Factor marco
5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



En funcion de los datos de entrada de nudos (coordenadas, condiciones de apoyo y de fuerzas puntuales exteriores) y de barras (conexión, tipo de barra y características mecánicas).
Junto a la discretización de cargas distribuidas dentro de cada una de las barras, se define el sistema estructural a resolver mediante en método matricial de rigidez

Nº Nudos

9 (máx. 10)

Reset Hoja Datos

Fijar nº nudos

Unidades:

S.I.

Ud. Longitud:

m

Ud. Fuerza:

N

Datos de nudos

Coordenadas

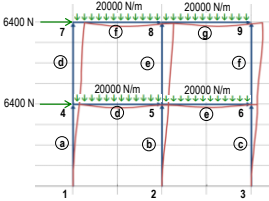
Nudo no concord.¹

Condiciones apoyos restringidos o impuestos^{1 y 4}

Condiciones apoyos elasticos^{1 y 2}

Condiciones fuerzas puntuales exteriores^{1 y 4}

Nudo	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Ang. nodal γ (°)	Desp. ux (x' nodal)	Desp. uy (y' nodal)	Giro θ (°)	Rig. kx (k'x nodal)	Rig. ky (k'y nodal)	Rigidez kθ	Fx (F'x nodal)	Fy (F'y nodal)	Momento M
1	0	0		0	0	0						
2	4	0		0	0	0						
3	8	0		0	0	0						
4	0	4								6400		
5	4	4										
6	8	4										
7	0	8								6400		
8	4	8										
9	8	8										



Nº Barras

10 (máx. 10)

Reset Datos Barras

Fijar nº barras

Datos de barras		Tipo de barra		Mod. elasticidad		Area transversal		Momento inercia		Mod. dilatación lineal		Coordenadas iniciales		Coordenadas finales		Coordenadas relativas		Longitud		Angulo barra		Apoyo no concordante	
Barra	Nudo inicial	Nudo final	En nudo inicial	En nudo final	E (N/m²)	A (m²)	I (m⁴)	α (°C⁻¹)	x (m)	y (m)	z (m)	x (m)	y (m)	z (m)	Δx (m)	Δy (m)	L (m)	θ (°)	Ang. nodal ei (°)	Ang. nodal fi (°)			
a	1	4	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	0	0	0	4	0	0	4	0	4	4	90	0	0		
b	2	5	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	4	0	4	4	0	4	0	4	4	90	0	0			
c	3	6	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	8	0	8	4	0	4	4	0	4	90	0	0			
d	4	5	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	0	4	4	4	4	0	4	0	4	0	0	0			
e	5	6	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	4	4	8	4	4	0	4	0	4	0	0	0			
f	4	7	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	0	4	0	8	0	4	4	0	4	90	0	0			
g	5	8	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	4	4	4	8	0	4	4	0	4	90	0	0			
h	6	9	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	8	4	8	8	0	4	4	0	4	90	0	0			
i	7	8	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	0	8	4	8	4	0	4	0	4	0	0	0			
j	8	9	1	1	2.72E+10	9.00E-02	6.75E-04	1.20E-05	4	8	8	8	4	0	4	0	4	0	0	0			

Factor marco
10.00%

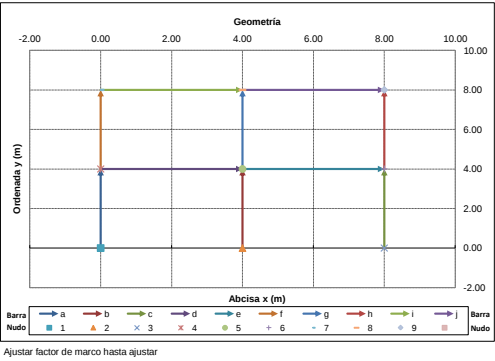


Tabla GDL⁴

NUDO	GDL Totales	GDL nº	GDL No interviene cálculo	GDL Restringidos	GDL Libres	Rididez GDL con apoyo elástico	Nº barras concurrentes	Nº barras rígidas	Nº barras articuladas
1	ux1 uy1 θ1	1 2 3		1 1 1			1	1	0
2	ux2 uy2 θ2	4 5 6		1 1 1			1	1	0
3	ux3 uy3 θ3	7 8 9		1 1 1			1	1	0
4	ux4 uy4 θ4	10 11 12			1 1 1		3	3	0
5	ux5 uy5 θ5	13 14 15			1 1 1		4	4	0
6	ux6 uy6 θ6	16 17 18			1 1 1		3	3	0
7	ux7 uy7 θ7	19 20 21			1 1 1		2	2	0
8	ux8 uy8 θ8	22 23 24			1 1 1		3	3	0
9	ux9 uy9 θ9	25 26 27			1 1 1		2	2	0
9 NUDOS		27 GDL T	0 GDL N	9 GDL R	18 GDL L	0 GDL AE			

NOTAS:

Las celdas con fondo celeste son datos a introducir. Las de fondo rojo no se pueden rellenar al introducir ciertos datos. Las de fondo salmón se calculan automáticamente.

¹ En datos de nudos, en las celdas de nudos/apoyos no concordantes, condiciones de apoyos restringidos, condiciones de apoyos elásticos y fuerzas puntuales exteriores, dejar estas vacías si no hay datos que introducir de nudo/apoyo no concordante, apoyo restringido o impuesto, apoyo elástico o fuerza exterior respectivamente.

² Si un GDL está restringido o con valor impuesto, no se puede introducir fuerza o apoyo elástico en ese gdl, por lo que las celdas correspondientes se ponen con fondo rojo.

³ Si se introduce un valor en dichas celdas, no se considera en el sistema global.

⁴ Tabla GDL. Cada nudo (columna 1) tiene 3 GDL: dos desplazamientos "ux" y "uy", y un giro "θ" (indicados en columna 2 y numerados en columna 3).

En las columnas 4 a 6 de clasificación de cada GDL, una celda con valor 1 significa que el GDL correspondiente no interviene en el cálculo (porque no concurre en él ninguna barra que aporte rigidez en ese GDL), es restringido, o es libre, respectivamente en cada columna. Una celda vacía significa lo contrario.

En la columna 4, un valor 1 en un GDL de desplazamiento nudo significa que el nudo no tiene ninguna barra conectada;

un valor 1 en un GDL de giro significa que ninguna barra aporta rigidez al giro en el nudo.

Las columnas 8 a 10 de barras, son columnas auxiliares que nos indican el número de barras que concurren en un nudo,

y cuantas son de extremo rígido y cuantas de extremo articulado en cada nudo.

⁵ Si un GDL no interviene en el cálculo por lo que aporte rigidez a ese GDL, las condiciones de apoyo restringidas o impuestas, apoyos elásticos o fuerzas, introducidas en dichos GDLs en la tabla de datos de nudos, no pueden ser impuestas y no se introducen en el sistema global a posteriori.

En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

a

ENTRE NUDOS

14

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-RIG 3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

90

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

61200000.00	0.00	0.00	-61200000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-61200000.00	0.00	0.00	61200000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k=T.^k.T^T

k 1-1

k 1-4

k 4-1

k 4-4

3442500.00

0.00

-6885000.00

-3442500.00

0.00

-6885000.00

0.00

61200000.00

0.00

0.00

-61200000.00

0.00

-6885000.00

0.00

18360000.00

6885000.00

0.00

9180000.00

-3442500.00

0.00

6885000.00

3442500.00

0.00

6885000.00

0.00

-61200000.00

0.00

0.00

61200000.00

0.00

-6885000.00

0.00

9180000.00

6885000.00

0.00

18360000.00

⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos

ux1

uy1

θ1

ux4

uy4

θ4

GLOBALES (O NOD.)

0.0000E+00

0.0000E+00

0.0000E+00

1.8681E-03

-1.1138E-04

-7.5666E-04

LOCALES ^u=T^T.u

0.0000E+00

0.0000E+00

0.0000E+00

-1.1138E-04

-1.8681E-03

-7.5666E-04

uxi

uyi

θi

uxj

uyj

θj

t = Matriz transformación LOCALES a GLOBALES (sin NODALES)

0.00

-1.00

0.00

1.00

0.00

0.00

0.00

0.00

1.00

Fuerzas

LOCALES ^f=^k.^u

68162.2

1221.3

5915.6

-68162.2

-1221.3

-1030.5

GLOB. (O NOD.) f=T.^f

-1221.3

68162.2

5915.6

1221.3

-68162.2

-1030.5

GLOBALES SIN NODALES f=t.^f

-1221.3

68162.2

5915.6

1221.3

-68162.2

-1030.5

fxi

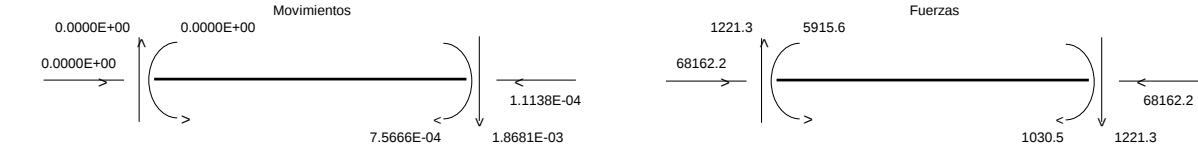
fyi

mi

fxj

fyj

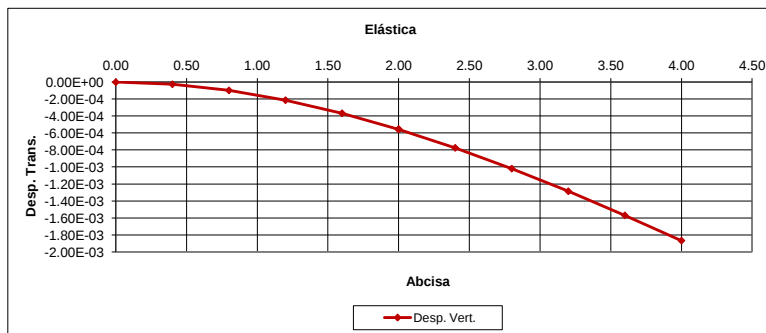
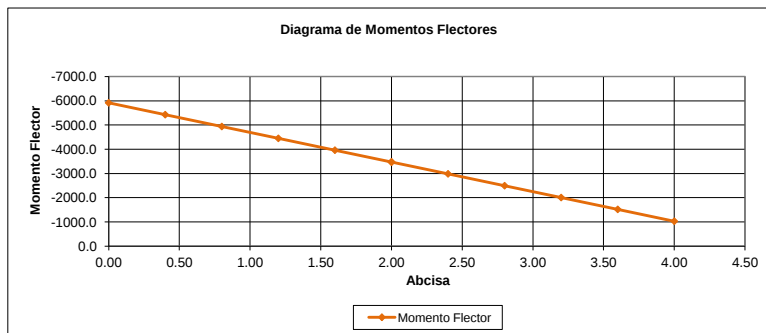
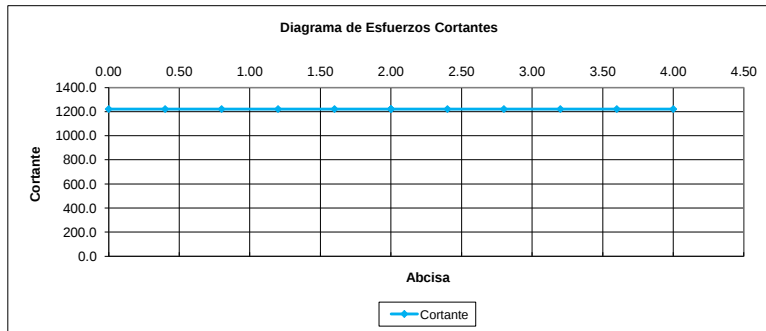
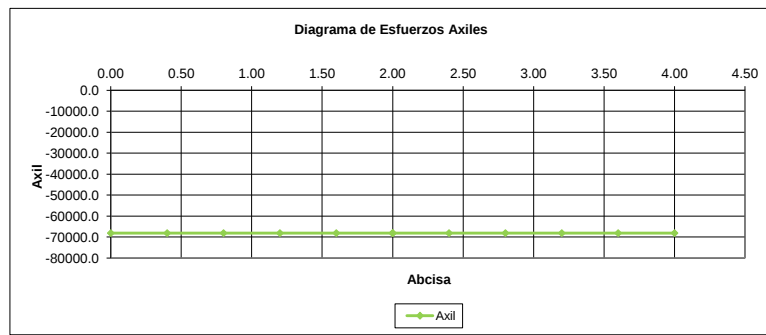
mj



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abscisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-68162.2	1221.3	-5915.6	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	-68162.2	1221.3	-5427.1	-1.1138E-05	-2.5067E-05
3	0.80	-68162.2	1221.3	-4938.6	-2.2275E-05	-9.7428E-05
4	1.20	-68162.2	1221.3	-4450.1	-3.3413E-05	-2.1283E-04
5	1.60	-68162.2	1221.3	-3961.6	-4.4550E-05	-3.6701E-04
6der	2.00	-68162.2	1221.3	-3473.1	-5.5688E-05	-5.5571E-04
6	2.00	-68162.2	1221.3	-3473.1	-5.5688E-05	-5.5571E-04
6izq	2.00	-68162.2	1221.3	-3473.1	-5.5688E-05	-5.5571E-04
7	2.40	-68162.2	1221.3	-2984.6	-6.6826E-05	-7.7468E-04
8	2.80	-68162.2	1221.3	-2496.0	-7.7963E-05	-1.0197E-03
9	3.20	-68162.2	1221.3	-2007.5	-8.9101E-05	-1.2864E-03
10	3.60	-68162.2	1221.3	-1519.0	-1.0024E-04	-1.5706E-03
11	4.00	-68162.2	1221.3	-1030.5	-1.1138E-04	-1.8681E-03



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Qr (N)
0.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.845 y 3.155

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	2.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	1.000 y 3.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

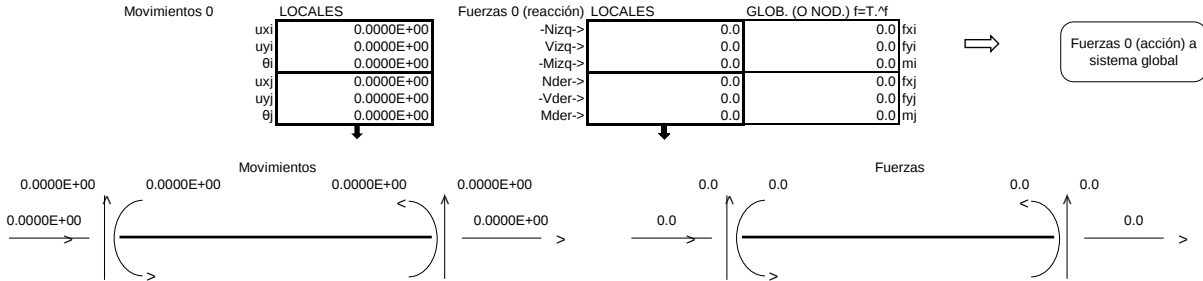
Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

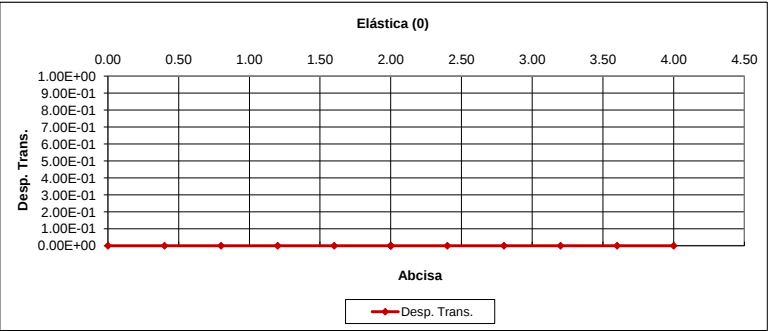
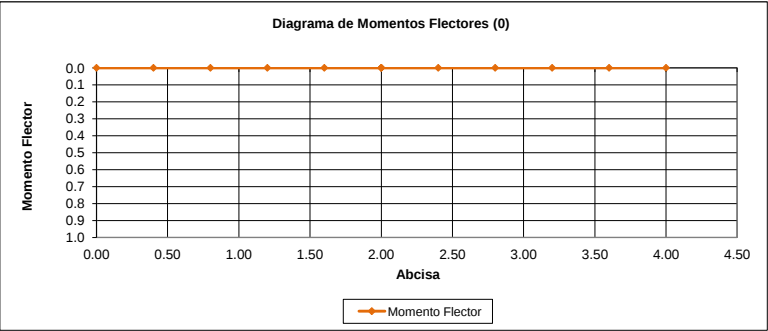
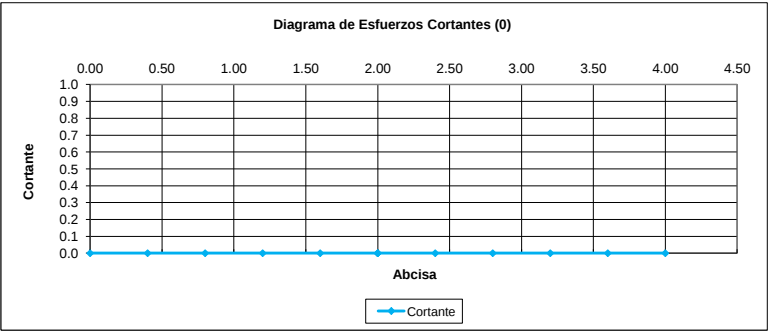
DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA

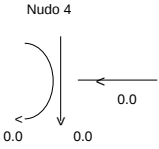
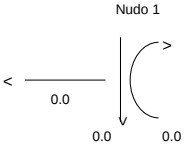


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
4	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
5	1.60	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6der	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6izq	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
7	2.40	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
8	2.80	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
9	3.20	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
10	3.60	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
11	4.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

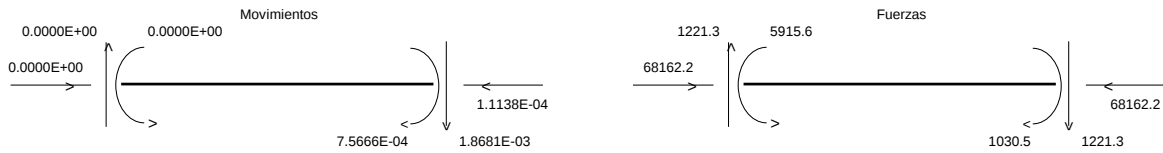
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00
uxj	-1.1138E-04
uyj	-1.8681E-03
θj	-7.5666E-04

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T.¶

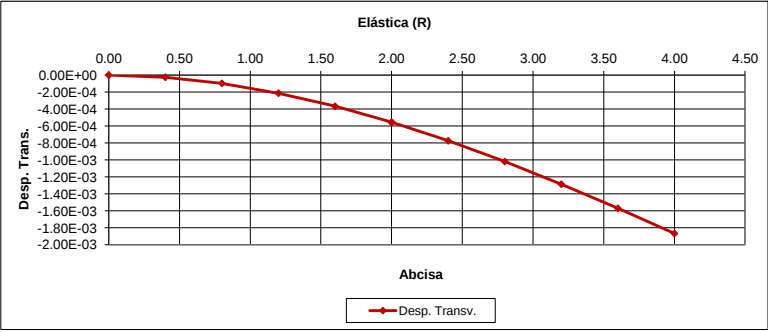
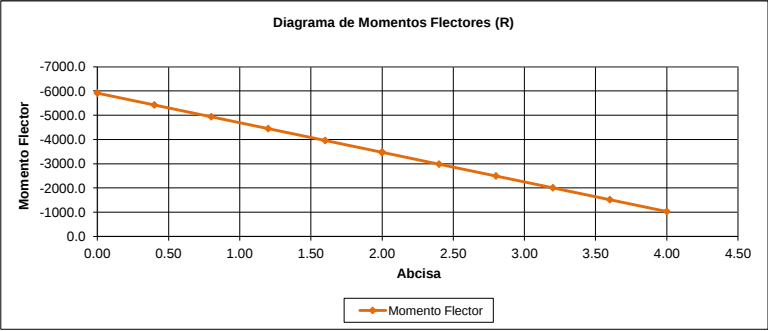
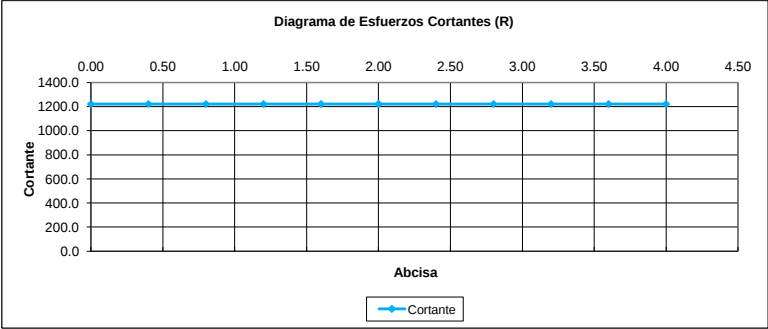
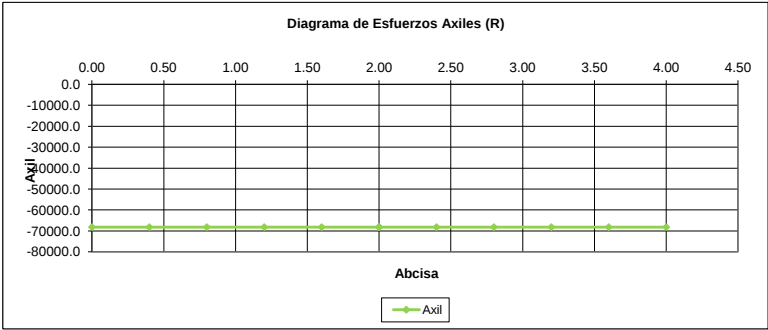
GLOBALES SIN NODALES f=t.¶

68162.2	-1221.3	-1221.3	fxi
1221.3	68162.2	68162.2	fyi
5915.6	5915.6	5915.6	mi
-68162.2	1221.3	1221.3	fxj
-1221.3	-68162.2	-68162.2	fyj
-1030.5	-1030.5	-1030.5	mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-68162.2	1221.3	-5915.6	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	0.40	-68162.2	1221.3	-5427.1	-1.1138E-05	-2.5067E-05	
3	0.80	-68162.2	1221.3	-4938.6	-2.2275E-05	-9.7428E-05	
4	1.20	-68162.2	1221.3	-4450.1	-3.3413E-05	-2.1283E-04	
5	1.60	-68162.2	1221.3	-3961.6	-4.4550E-05	-3.6701E-04	
6der	2.00	-68162.2	1221.3	-3473.1	-5.5688E-05	-5.5571E-04	centro-der
6	2.00	-68162.2	1221.3	-3473.1	-5.5688E-05	-5.5571E-04	centro
6izq	2.00	-68162.2	1221.3	-3473.1	-5.5688E-05	-5.5571E-04	centro-izq
7	2.40	-68162.2	1221.3	-2984.6	-6.6826E-05	-7.7468E-04	
8	2.80	-68162.2	1221.3	-2496.0	-7.7963E-05	-1.0197E-03	
9	3.20	-68162.2	1221.3	-2007.5	-8.9101E-05	-1.2864E-03	
10	3.60	-68162.2	1221.3	-1519.0	-1.0024E-04	-1.5706E-03	
11	4.00	-68162.2	1221.3	-1030.5	-1.1138E-04	-1.8681E-03	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

b

ENTRE NUDOS

2

5

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

90

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k=T.^k.T^T

k 2-2

k 2-5

k 5-2

k 5-5

3442500.00

0.00

-6885000.00

-3442500.00

0.00

-6885000.00

0.00

612000000.00

0.00

0.00

-612000000.00

0.00

-6885000.00

0.00

18360000.00

6885000.00

0.00

9180000.00

-3442500.00

0.00

6885000.00

3442500.00

0.00

6885000.00

0.00

-612000000.00

0.00

0.00

612000000.00

0.00

-6885000.00

0.00

9180000.00

6885000.00

0.00

18360000.00

⇒

Ensamblar en matriz
de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

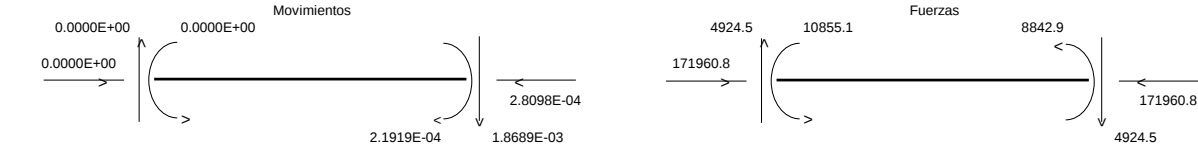
De sistema global

Movimientos
ux2
uy2
θ2
ux5
uy5
θ5

GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.u	
0.0000E+00	0.0000E+00	uxi
0.0000E+00	0.0000E+00	uyi
0.0000E+00	0.0000E+00	θi
1.8689E-03	-2.8098E-04	uxj
-2.8098E-04	-1.8689E-03	uyj
-2.1919E-04	-2.1919E-04	θj

Fuerzas

LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f	
171960.8	-4924.5	-4924.5	fxi
4924.5	171960.8	171960.8	fyi
10855.1	10855.1	10855.1	mi
-171960.8	4924.5	4924.5	fxj
-4924.5	-171960.8	-171960.8	fyj
8842.9	8842.9	8842.9	mj

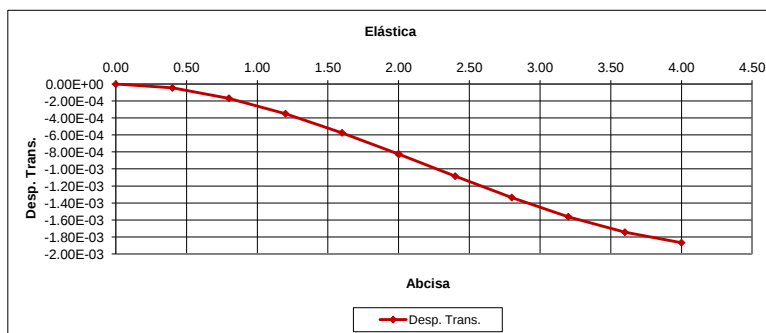
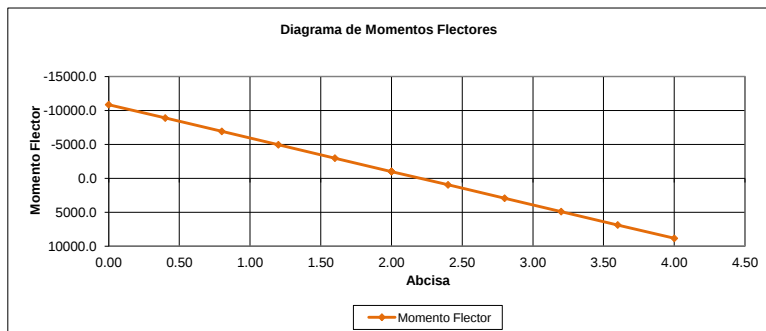
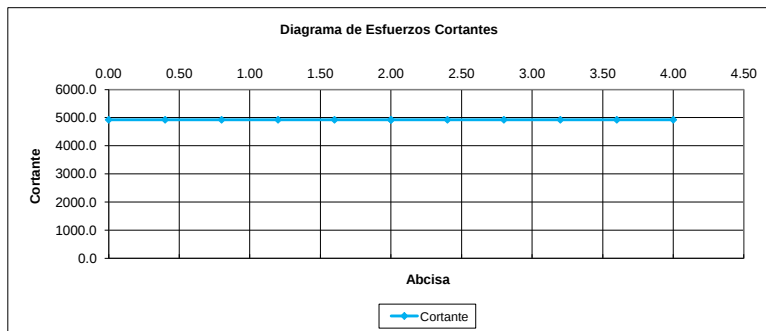
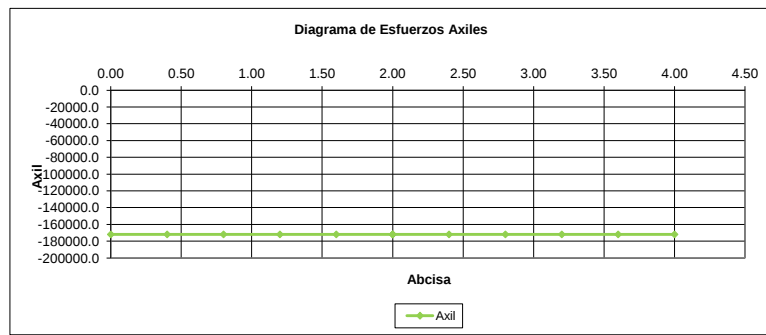


Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abscisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-171960.8	4924.5	-10855.1	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	-171960.8	4924.5	-8885.3	-2.8098E-05	-4.4438E-05
3	0.80	-171960.8	4924.5	-6915.5	-5.6196E-05	-1.6631E-04
4	1.20	-171960.8	4924.5	-4945.7	-8.4295E-05	-3.4844E-04
5	1.60	-171960.8	4924.5	-2975.9	-1.1239E-04	-5.7368E-04
6der	2.00	-171960.8	4924.5	-1006.1	-1.4049E-04	-8.2485E-04
6	2.00	-171960.8	4924.5	-1006.1	-1.4049E-04	-8.2485E-04
6izq	2.00	-171960.8	4924.5	-1006.1	-1.4049E-04	-8.2485E-04
7	2.40	-171960.8	4924.5	963.7	-1.6859E-04	-1.0848E-03
8	2.80	-171960.8	4924.5	2933.5	-1.9669E-04	-1.3363E-03
9	3.20	-171960.8	4924.5	4903.3	-2.2479E-04	-1.5623E-03
10	3.60	-171960.8	4924.5	6873.1	-2.5288E-04	-1.7455E-03
11	4.00	-171960.8	4924.5	8842.9	-2.8098E-04	-1.8689E-03

centro-der
centro
centro-izq



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
0.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.845 y 3.155

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	2.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	1.000 y 3.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

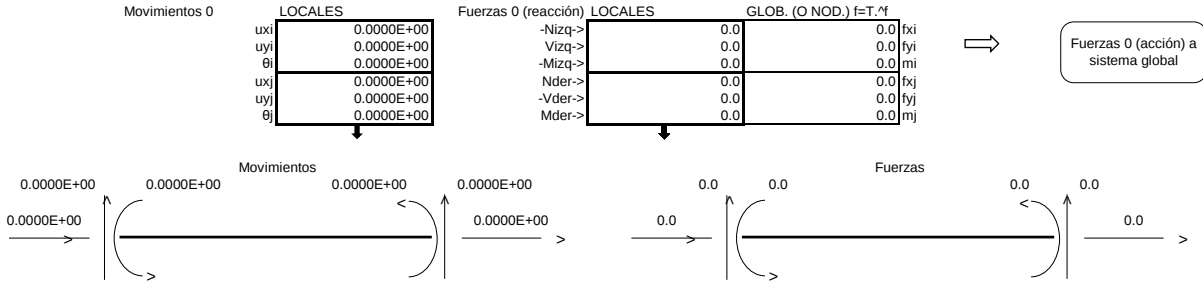
Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

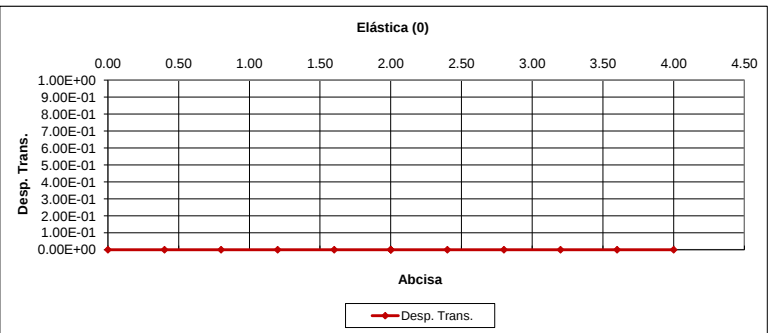
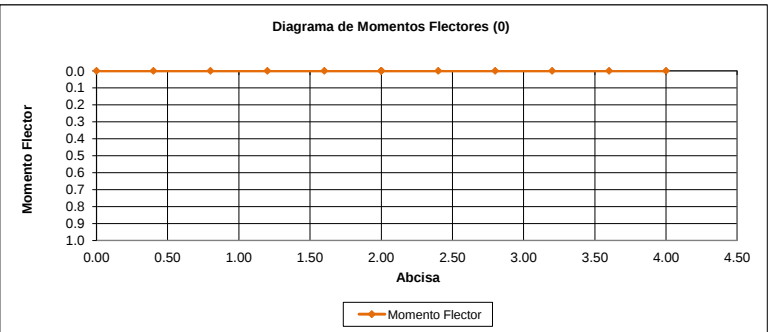
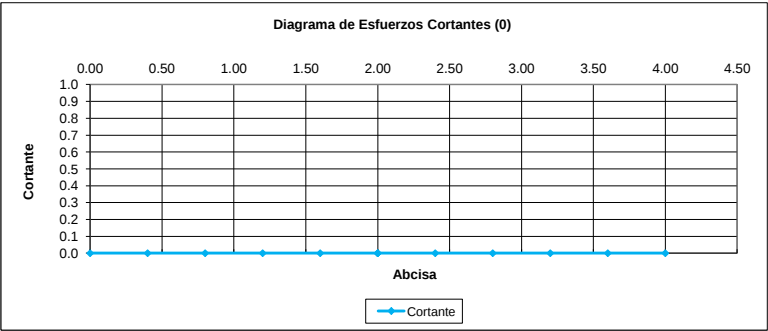
DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA

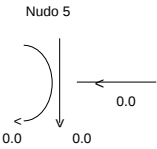
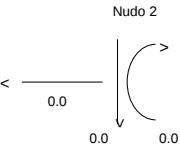


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
4	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
5	1.60	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6der	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6izq	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
7	2.40	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
8	2.80	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
9	3.20	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
10	3.60	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
11	4.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

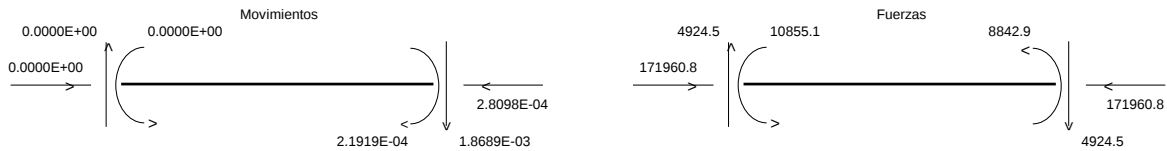
uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	-2.8098E-04
uyj	-1.8689E-03
θj	-2.1919E-04

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T.¶

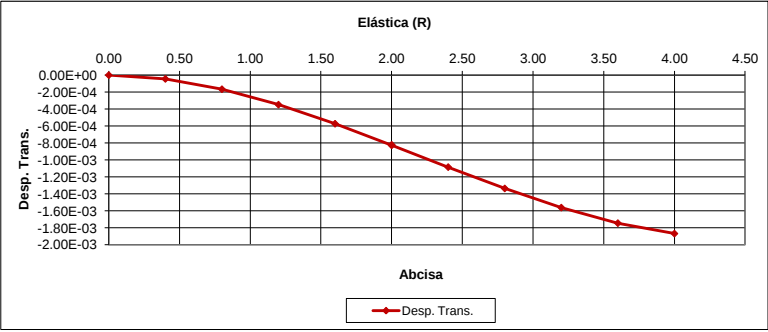
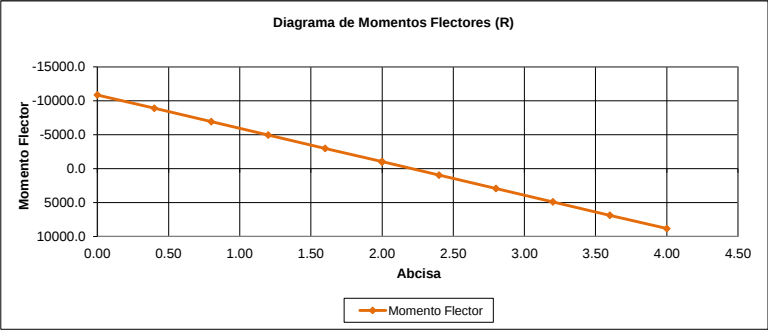
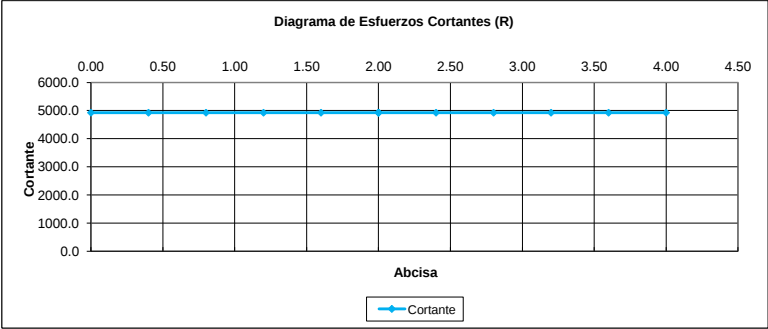
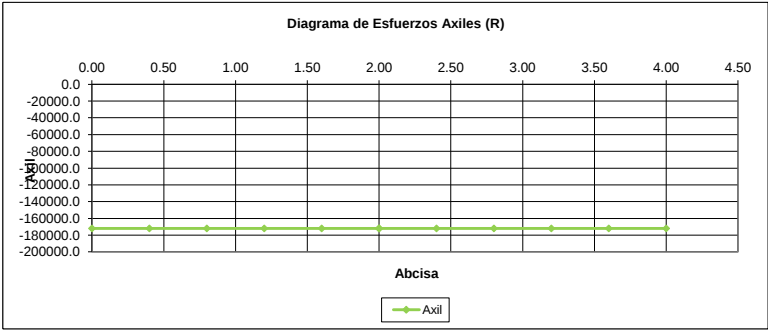
GLOBALES SIN NODALES f=t.¶

171960.8	-4924.5	-4924.5	fxi
4924.5	171960.8	171960.8	fyi
10855.1	10855.1	10855.1	mi
-171960.8	4924.5	4924.5	fxj
-4924.5	-171960.8	-171960.8	fyj
8842.9	8842.9	8842.9	mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-171960.8	4924.5	-10855.1	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	0.40	-171960.8	4924.5	-8885.3	-2.8098E-05	-4.4438E-05	
3	0.80	-171960.8	4924.5	-6915.5	-5.6196E-05	-1.6631E-04	
4	1.20	-171960.8	4924.5	-4945.7	-8.4295E-05	-3.4844E-04	
5	1.60	-171960.8	4924.5	-2975.9	-1.1239E-04	-5.7368E-04	
6der	2.00	-171960.8	4924.5	-1006.1	-1.4049E-04	-8.2485E-04	centro-der
6	2.00	-171960.8	4924.5	-1006.1	-1.4049E-04	-8.2485E-04	centro
6izq	2.00	-171960.8	4924.5	-1006.1	-1.4049E-04	-8.2485E-04	centro-izq
7	2.40	-171960.8	4924.5	963.7	-1.6859E-04	-1.0848E-03	
8	2.80	-171960.8	4924.5	2933.5	-1.9669E-04	-1.3363E-03	
9	3.20	-171960.8	4924.5	4903.3	-2.2479E-04	-1.5623E-03	
10	3.60	-171960.8	4924.5	6873.1	-2.5288E-04	-1.7455E-03	
11	4.00	-171960.8	4924.5	8842.9	-2.8098E-04	-1.8689E-03	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

c

ENTRE NUDOS

3

6

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

90

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k=T.^k.T^T

k 3-3

k 3-6

k 6-3

k 6-6

3442500.00

0.00

-6885000.00

-3442500.00

0.00

-6885000.00

0.00

612000000.00

0.00

0.00

-612000000.00

0.00

-6885000.00

0.00

18360000.00

6885000.00

0.00

9180000.00

-3442500.00

0.00

6885000.00

3442500.00

0.00

6885000.00

0.00

612000000.00

0.00

-6885000.00

0.00

18360000.00

6885000.00

0.00

9180000.00

⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

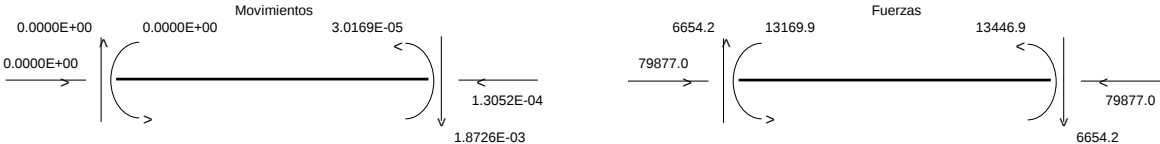
Movimientos

ux3
uy3
θ3
ux6
uy6
θ6

GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.u	
0.0000E+00	0.0000E+00	uxi
0.0000E+00	0.0000E+00	uyi
0.0000E+00	0.0000E+00	θi
1.8726E-03	-1.3052E-04	uxj
-1.3052E-04	-1.8726E-03	uyj
3.0169E-05	3.0169E-05	θj

Fuerzas

LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f	
79877.0	-6654.2	-6654.2	fxi
6654.2	79877.0	79877.0	fyi
13169.9	13169.9	13169.9	mi
-79877.0	6654.2	6654.2	fxj
-6654.2	-79877.0	-79877.0	fyj
13446.9	13446.9	13446.9	mj



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

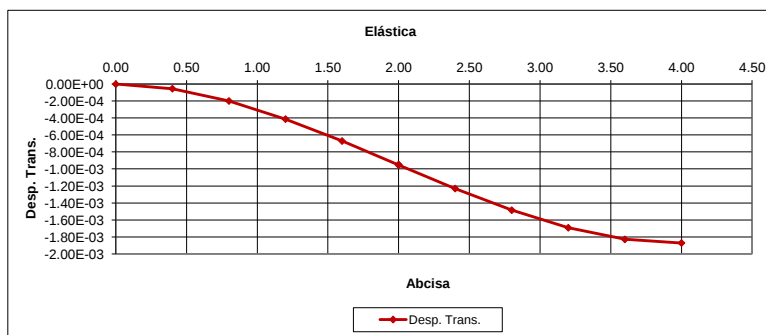
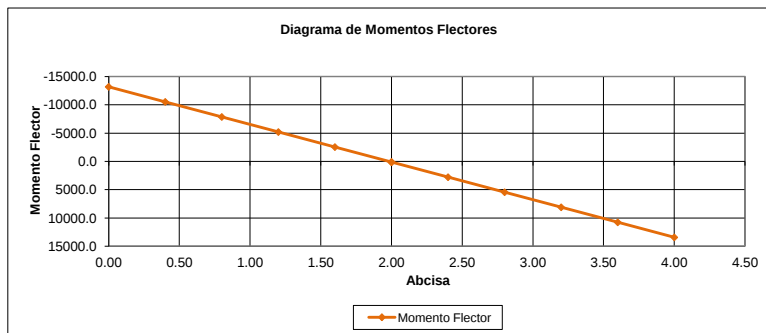
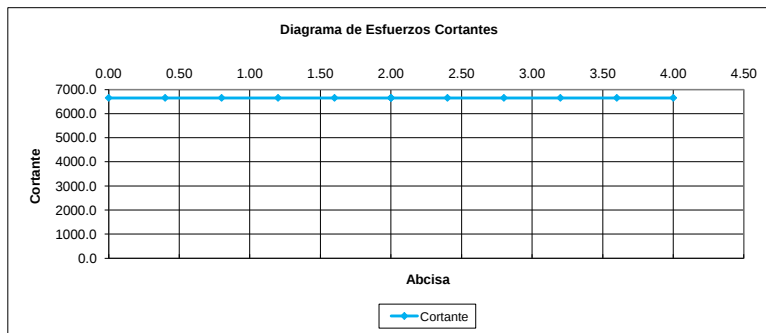
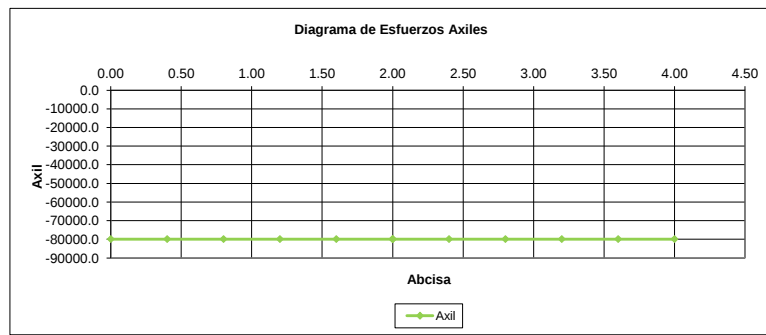
Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-79877.0	6654.2	-13169.9	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	-79877.0	6654.2	-10508.3	-1.3052E-05	-5.3519E-05
3	0.80	-79877.0	6654.2	-7846.6	-2.6104E-05	-1.9861E-04
4	1.20	-79877.0	6654.2	-5184.9	-3.9155E-05	-4.1209E-04
5	1.60	-79877.0	6654.2	-2523.2	-5.2207E-05	-6.7075E-04
6der	2.00	-79877.0	6654.2	138.5	-6.5259E-05	-9.5139E-04
6	2.00	-79877.0	6654.2	138.5	-6.5259E-05	-9.5139E-04
6izq	2.00	-79877.0	6654.2	138.5	-6.5259E-05	-9.5139E-04
7	2.40	-79877.0	6654.2	2800.2	-7.8311E-05	-1.2308E-03
8	2.80	-79877.0	6654.2	5461.8	-9.1363E-05	-1.4859E-03
9	3.20	-79877.0	6654.2	8123.5	-1.0441E-04	-1.6933E-03
10	3.60	-79877.0	6654.2	10785.2	-1.1747E-04	-1.8300E-03
11	4.00	-79877.0	6654.2	13446.9	-1.3052E-04	-1.8726E-03

i

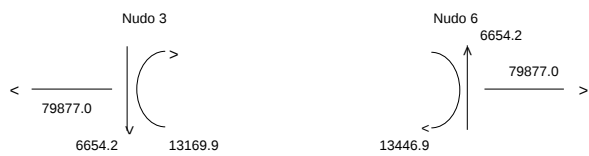
centro-der

centro

centro-izq



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
0.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.845 y 3.155

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	2.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	1.000 y 3.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA

Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

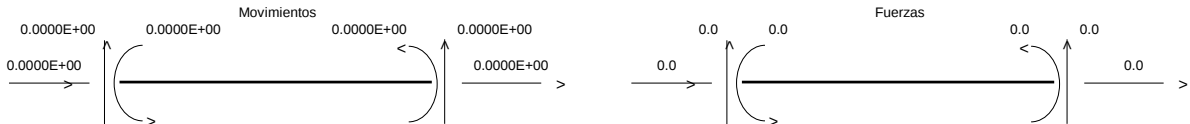
-Nizq->	0.0
-Vizq->	0.0
-Mizq->	0.0
-Nder->	0.0
-Vder->	0.0
-Mder->	0.0

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	0.0
fyi	0.0
mi	0.0
fxj	0.0
fyj	0.0
mj	0.0

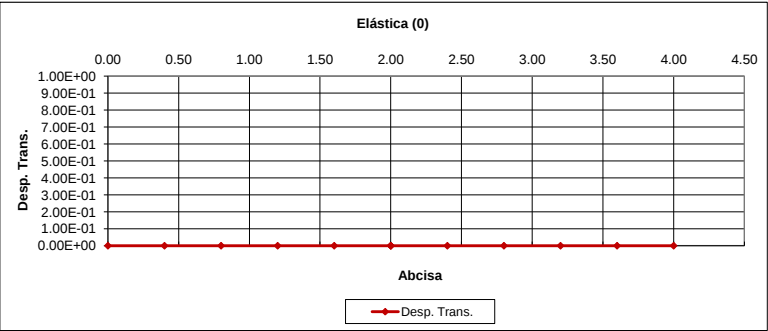
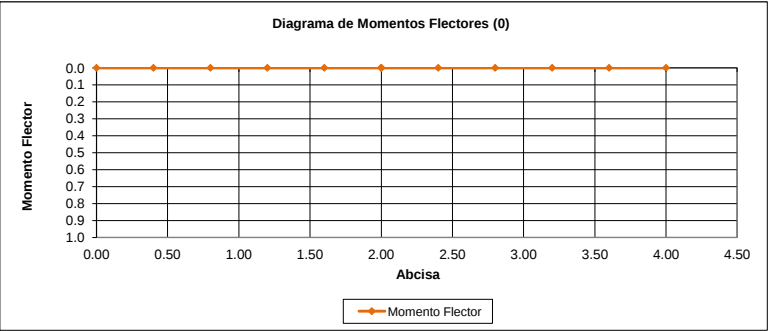
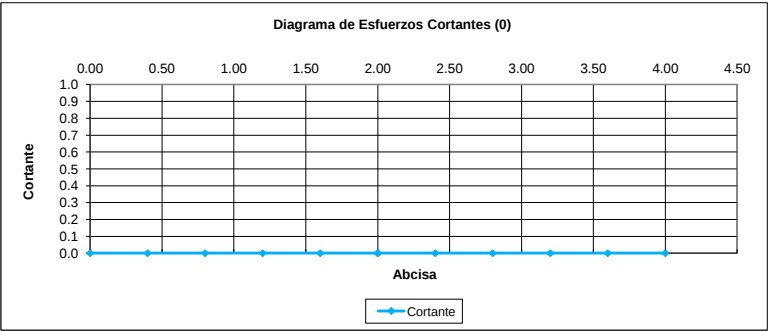


Fuerzas 0 (acción) a sistema global

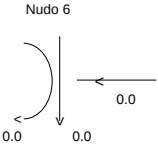
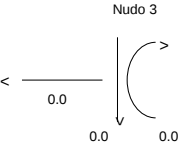


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
4	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
5	1.60	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6der	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6izq	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
7	2.40	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
8	2.80	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
9	3.20	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
10	3.60	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
11	4.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

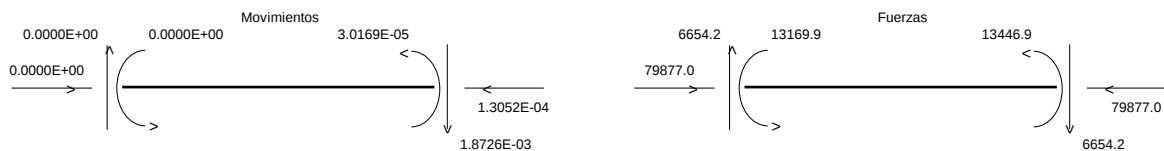
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00
uxj	-1.3052E-04
uyj	-1.8726E-03
θj	3.0169E-05

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T, f

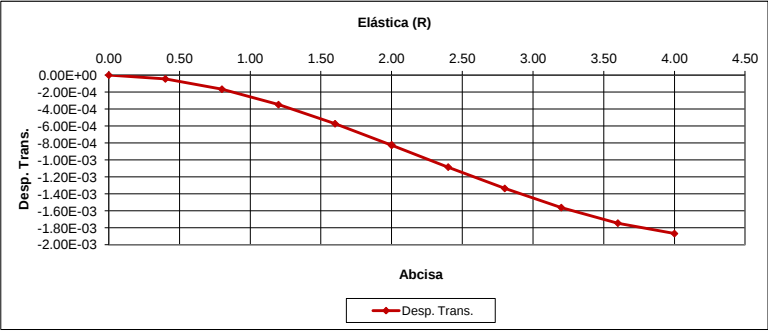
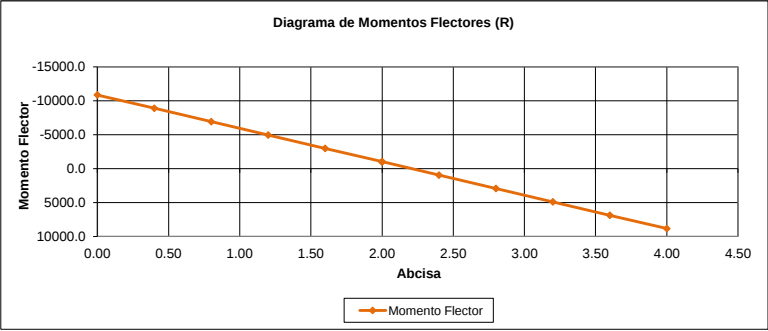
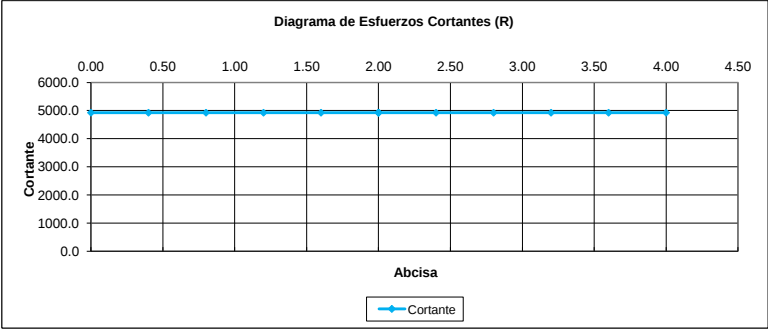
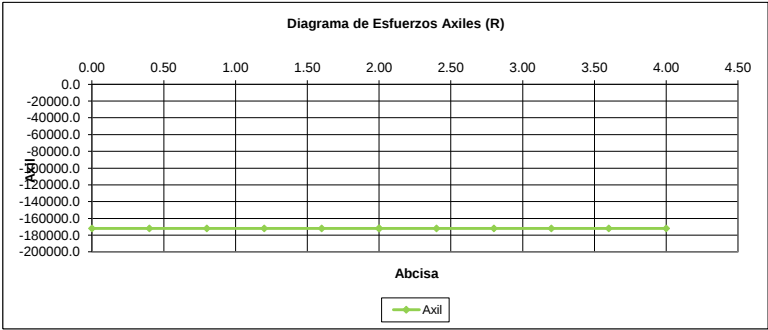
GLOBALES SIN NODALES f=t, f

79877.0	-6654.2	-6654.2	fxi
6654.2	79877.0	79877.0	fyi
13169.9	13169.9	13169.9	mi
-79877.0	6654.2	6654.2	fxj
-6654.2	-79877.0	-79877.0	fyj
13446.9	13446.9	13446.9	mj

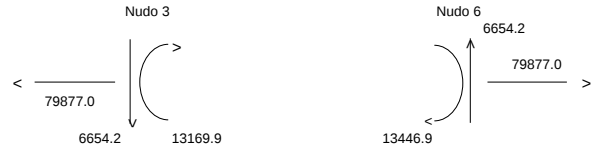


CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-79877.0	6654.2	-13169.9	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	0.40	-79877.0	6654.2	-10508.3	-1.3052E-05	-5.3519E-05	
3	0.80	-79877.0	6654.2	-7846.6	-2.6104E-05	-1.9861E-04	
4	1.20	-79877.0	6654.2	-5184.9	-3.9155E-05	-4.1209E-04	
5	1.60	-79877.0	6654.2	-2523.2	-5.2207E-05	-6.7075E-04	
6der	2.00	-79877.0	6654.2	138.5	-6.5259E-05	-9.5139E-04	centro-der
6	2.00	-79877.0	6654.2	138.5	-6.5259E-05	-9.5139E-04	centro
6izq	2.00	-79877.0	6654.2	138.5	-6.5259E-05	-9.5139E-04	centro-izq
7	2.40	-79877.0	6654.2	2800.2	-7.8311E-05	-1.2308E-03	
8	2.80	-79877.0	6654.2	5461.8	-9.1363E-05	-1.4859E-03	
9	3.20	-79877.0	6654.2	8123.5	-1.0441E-04	-1.6933E-03	
10	3.60	-79877.0	6654.2	10785.2	-1.1747E-04	-1.8300E-03	
11	4.00	-79877.0	6654.2	13446.9	-1.3052E-04	-1.8726E-03	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

d

ENTRE NUDOS

4

5

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

0

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k 4-4

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

k 4-5

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

k 5-4

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

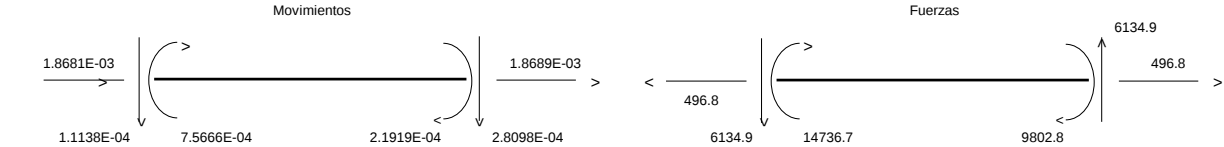
k 5-5

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

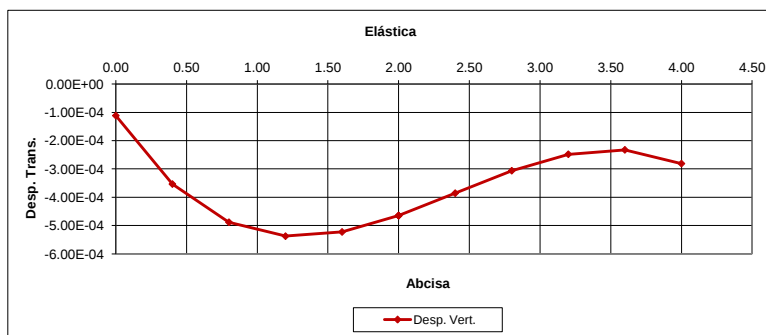
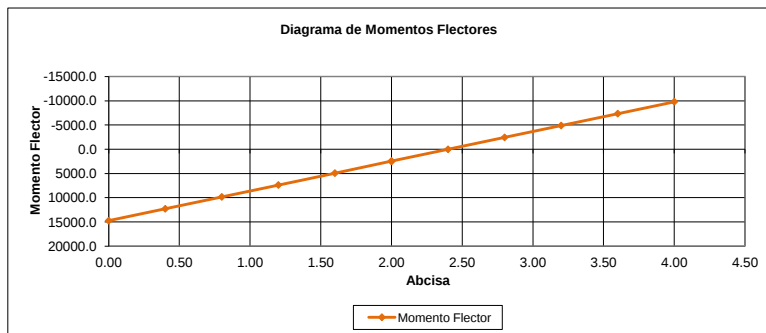
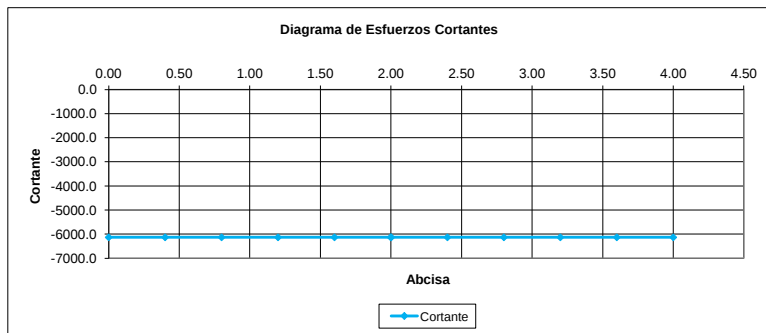
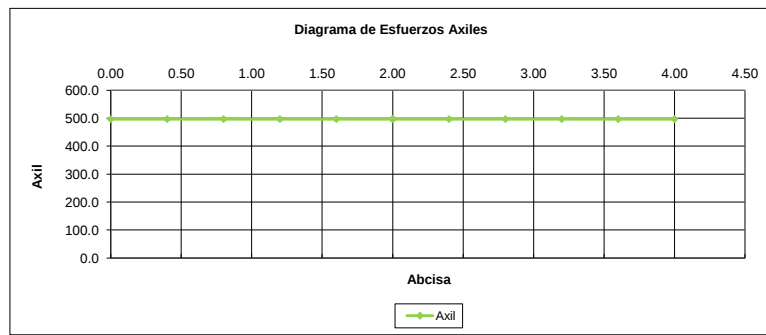
De sistema global

Movimientos	GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.u	Fuerzas LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f
ux4	1.8681E-03	1.8681E-03	-496.8	-496.8	-496.8
uy4	-1.1138E-04	-1.1138E-04	-6134.9	-6134.9	-6134.9
θ4	-7.5666E-04	-7.5666E-04	-14736.7	-14736.7	-14736.7
ux5	1.8689E-03	1.8689E-03	496.8	496.8	496.8
uy5	-2.8098E-04	-2.8098E-04	6134.9	6134.9	6134.9
θ5	-2.1919E-04	-2.1919E-04	-9802.8	-9802.8	-9802.8

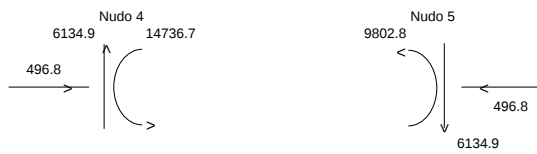


Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.							
Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	496.8	-6134.9	14736.7	1.8681E-03	-1.1138E-04	i
2	0.40	496.8	-6134.9	12282.8	1.8682E-03	-3.5339E-04	
3	0.80	496.8	-6134.9	9828.8	1.8682E-03	-4.8837E-04	
4	1.20	496.8	-6134.9	7374.9	1.8683E-03	-5.3769E-04	
5	1.60	496.8	-6134.9	4920.9	1.8684E-03	-5.2274E-04	
6der	2.00	496.8	-6134.9	2467.0	1.8685E-03	-4.6491E-04	centro-der
6	2.00	496.8	-6134.9	2467.0	1.8685E-03	-4.6491E-04	centro
6izq	2.00	496.8	-6134.9	2467.0	1.8685E-03	-4.6491E-04	centro-izq
7	2.40	496.8	-6134.9	13.0	1.8686E-03	-3.8558E-04	
8	2.80	496.8	-6134.9	-2440.9	1.8687E-03	-3.0614E-04	
9	3.20	496.8	-6134.9	-4894.9	1.8687E-03	-2.4797E-04	
10	3.60	496.8	-6134.9	-7348.8	1.8688E-03	-2.3245E-04	
11	4.00	496.8	-6134.9	-9802.8	1.8689E-03	-2.8098E-04	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)
20000.00

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
40000.0	-40000.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
-26666.7	-26666.7

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
80000.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
13333.3	2.000

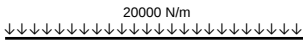
Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.845 y 3.155

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
-7.2622E-04	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	2.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	1.000 y 3.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

--	--

--	--

--	--

--	--

ESQUEMA



Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

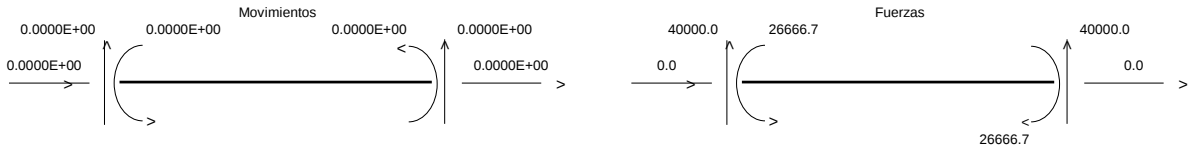
-Nizq->	0.0
-Vizq->	40000.0
-Mizq->	26666.7
-Nder->	0.0
-Vder->	40000.0
-Mder->	-26666.7

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	0.0
fyi	40000.0
mi	26666.7
fxj	0.0
fyj	40000.0
mj	-26666.7

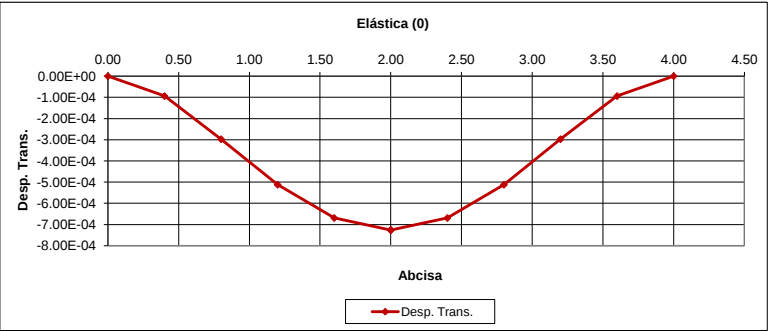
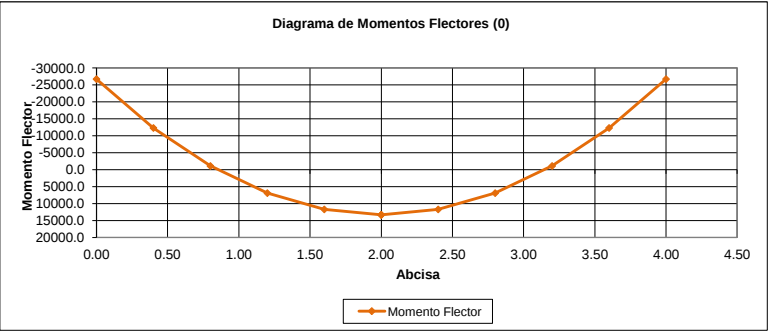
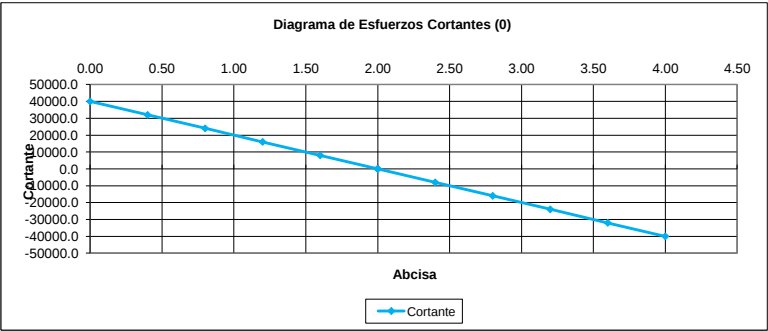


Fuerzas 0 (acción) a sistema global

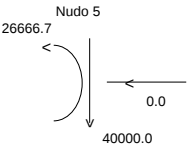
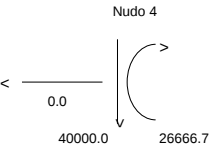


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	40000.0	-26666.7	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	0.0	32000.0	-12266.7	0.0000E+00	-9.4118E-05
3	0.80	0.0	24000.0	-1066.7	0.0000E+00	-2.9746E-04
4	1.20	0.0	16000.0	6933.3	0.0000E+00	-5.1242E-04
5	1.60	0.0	8000.0	11733.3	0.0000E+00	-6.6928E-04
6der	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
6	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
6izq	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
7	2.40	0.0	-8000.0	11733.3	0.0000E+00	-6.6928E-04
8	2.80	0.0	-16000.0	6933.3	0.0000E+00	-5.1242E-04
9	3.20	0.0	-24000.0	-1066.7	0.0000E+00	-2.9746E-04
10	3.60	0.0	-32000.0	-12266.7	0.0000E+00	-9.4118E-05
11	4.00	0.0	-40000.0	-26666.7	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

uxj	1.8681E-03
uyj	-1.1138E-04
θj	-7.5666E-04
uxj	1.8689E-03
uyj	-2.8098E-04
θj	-2.1919E-04

Fuerzas 0+CM LOCALES

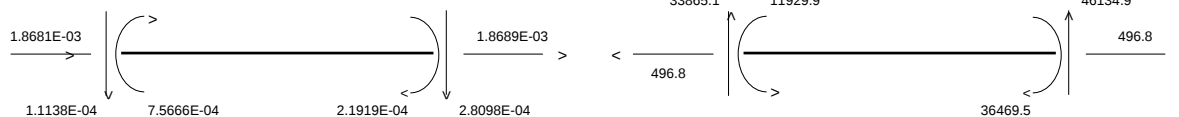
GLOB. (O NOD.) f=T, f

GLOBALES SIN NODALES f=t, f

-496.8	-496.8	-496.8	fxi
33865.1	33865.1	33865.1	fyi
11929.9	11929.9	11929.9	mi
496.8	496.8	496.8	fxj
46134.9	46134.9	46134.9	fyj
-36469.5	-36469.5	-36469.5	mj

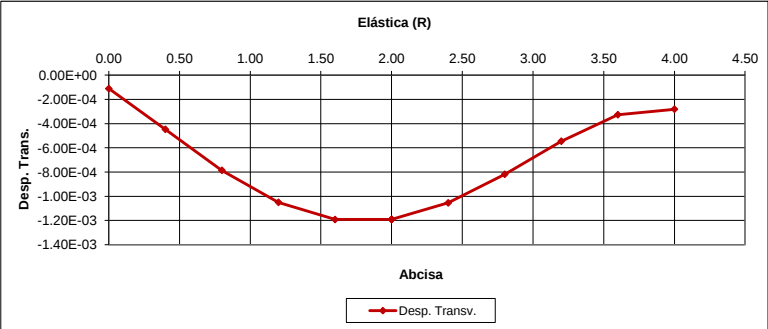
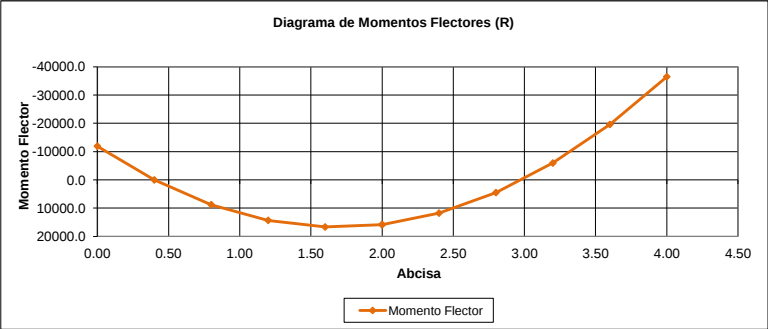
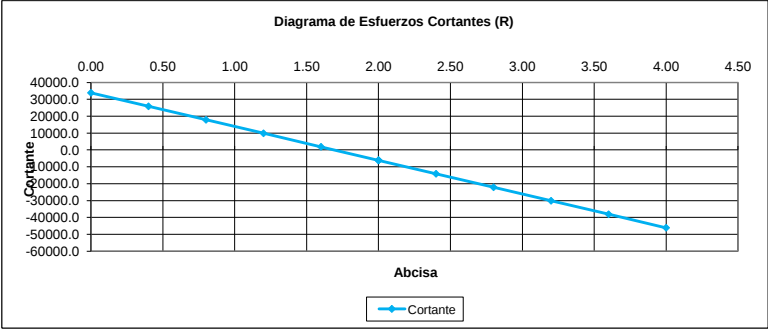
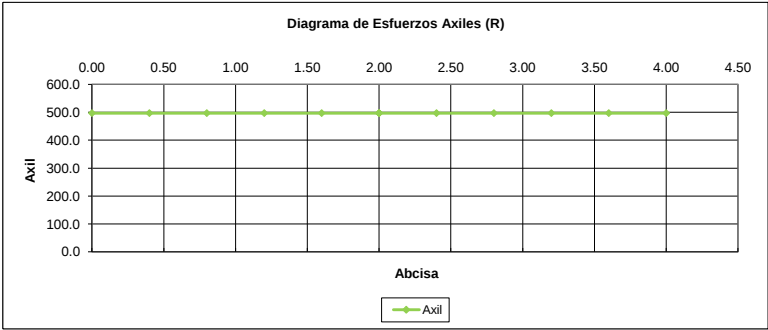
Movimientos

Fuerzas



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	496.8	33865.1	-11929.9	1.8681E-03	-1.1138E-04	i
2	0.40	496.8	25865.1	16.1	1.8682E-03	-4.4751E-04	
3	0.80	496.8	17865.1	8762.2	1.8682E-03	-7.8583E-04	
4	1.20	496.8	9865.1	14308.2	1.8683E-03	-1.0501E-03	
5	1.60	496.8	1865.1	16654.2	1.8684E-03	-1.1920E-03	
6der	2.00	496.8	-6134.9	15800.3	1.8685E-03	-1.1911E-03	centro-der
6	2.00	496.8	-6134.9	15800.3	1.8685E-03	-1.1911E-03	centro
6izq	2.00	496.8	-6134.9	15800.3	1.8685E-03	-1.1911E-03	centro-izq
7	2.40	496.8	-14134.9	11746.3	1.8686E-03	-1.0549E-03	
8	2.80	496.8	-22134.9	4492.4	1.8687E-03	-8.1856E-04	
9	3.20	496.8	-30134.9	-5961.6	1.8687E-03	-5.4543E-04	
10	3.60	496.8	-38134.9	-19615.5	1.8688E-03	-3.2657E-04	
11	4.00	496.8	-46134.9	-36469.5	1.8689E-03	-2.8098E-04	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

e

ENTRE NUDOS

5

6

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-RIG 3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

0

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k 5-5

k 5-6

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

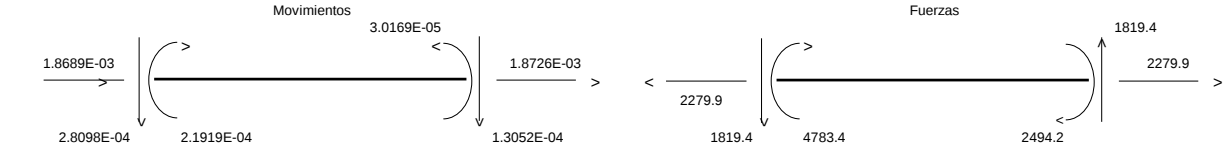
k 6-5

k 6-6

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

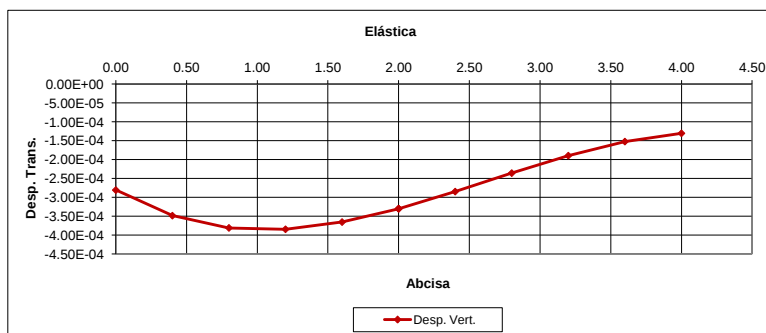
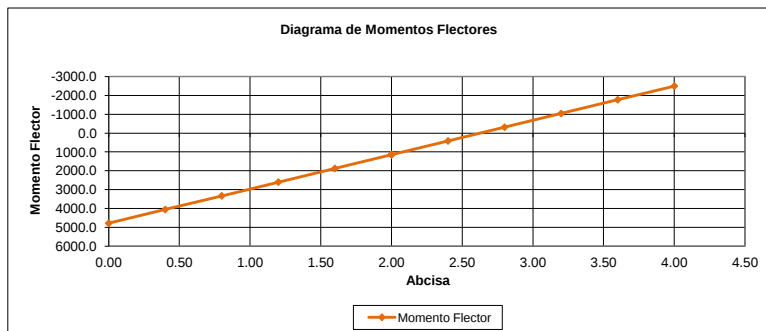
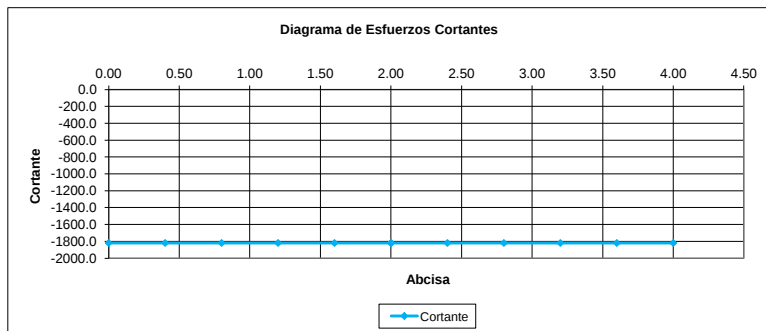
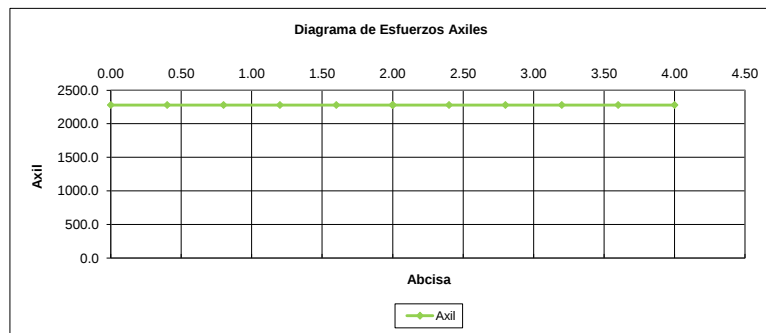
Movimientos	GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.^u	Fuerzas LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f
ux5	1.8689E-03	1.8689E-03	-2279.9	-2279.9	-2279.9
uy5	-2.8098E-04	-2.8098E-04	-1819.4	-1819.4	-1819.4
θ5	-2.1919E-04	-2.1919E-04	-4783.4	-4783.4	-4783.4
ux6	1.8726E-03	1.8726E-03	2279.9	2279.9	2279.9
uy6	-1.3052E-04	-1.3052E-04	1819.4	1819.4	1819.4
θ6	3.0169E-05	3.0169E-05	-2494.2	-2494.2	-2494.2



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	2279.9	-1819.4	4783.4	1.8689E-03	-2.8098E-04
2	0.40	2279.9	-1819.4	4055.6	1.8693E-03	-3.4887E-04
3	0.80	2279.9	-1819.4	3327.9	1.8696E-03	-3.8142E-04
4	1.20	2279.9	-1819.4	2600.1	1.8700E-03	-3.8497E-04
5	1.60	2279.9	-1819.4	1872.3	1.8704E-03	-3.6586E-04
6der	2.00	2279.9	-1819.4	1144.6	1.8708E-03	-3.3043E-04
6	2.00	2279.9	-1819.4	1144.6	1.8708E-03	-3.3043E-04
6izq	2.00	2279.9	-1819.4	1144.6	1.8708E-03	-3.3043E-04
7	2.40	2279.9	-1819.4	416.8	1.8711E-03	-2.8503E-04
8	2.80	2279.9	-1819.4	-310.9	1.8715E-03	-2.3599E-04
9	3.20	2279.9	-1819.4	-1038.7	1.8719E-03	-1.8967E-04
10	3.60	2279.9	-1819.4	-1766.5	1.8722E-03	-1.5240E-04
11	4.00	2279.9	-1819.4	-2494.2	1.8726E-03	-1.3052E-04



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)
20000.00

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
40000.0	-40000.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
-26666.7	-26666.7

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
80000.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
13333.3	2.000

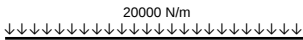
Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.845 y 3.155

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
-7.2622E-04	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	2.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	1.000 y 3.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

--	--

--	--

--	--

--	--

ESQUEMA



Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

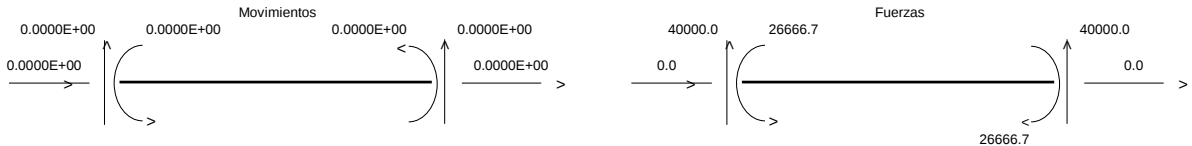
-Nizq->	0.0
-Vizq->	40000.0
-Mizq->	26666.7
-Nder->	0.0
-Vder->	40000.0
-Mder->	-26666.7

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	0.0
fyi	40000.0
mi	26666.7
fxj	0.0
fyj	40000.0
mj	-26666.7

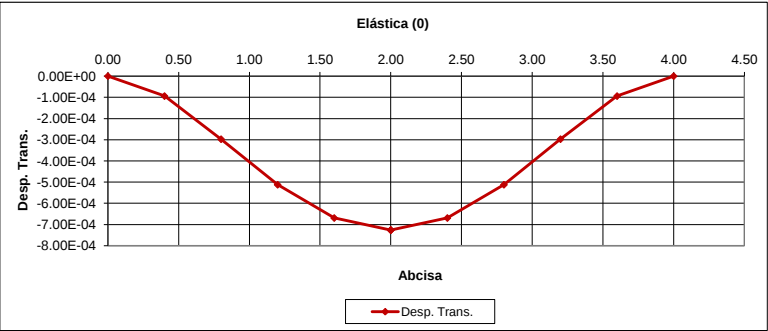
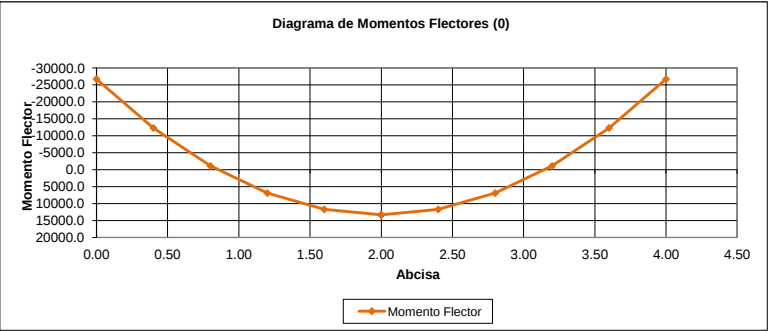
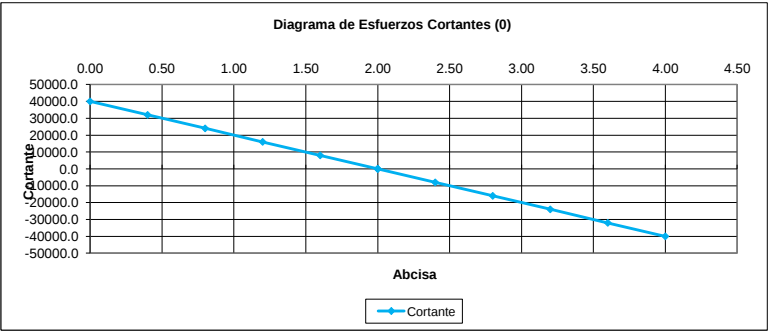


Fuerzas 0 (acción) a sistema global



CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	40000.0	-26666.7	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	0.0	32000.0	-12266.7	0.0000E+00	-9.4118E-05
3	0.80	0.0	24000.0	-1066.7	0.0000E+00	-2.9746E-04
4	1.20	0.0	16000.0	6933.3	0.0000E+00	-5.1242E-04
5	1.60	0.0	8000.0	11733.3	0.0000E+00	-6.6928E-04
6der	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
6	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
6izq	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
7	2.40	0.0	-8000.0	11733.3	0.0000E+00	-6.6928E-04
8	2.80	0.0	-16000.0	6933.3	0.0000E+00	-5.1242E-04
9	3.20	0.0	-24000.0	-1066.7	0.0000E+00	-2.9746E-04
10	3.60	0.0	-32000.0	-12266.7	0.0000E+00	-9.4118E-05
11	4.00	0.0	-40000.0	-26666.7	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

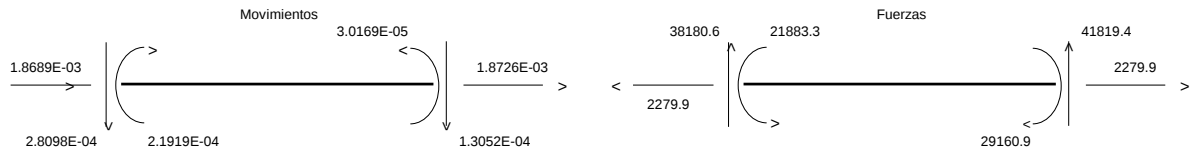
uxj	1.8689E-03
uyj	-2.8098E-04
θj	-2.1919E-04
uxj	1.8726E-03
uyj	-1.3052E-04
θj	3.0169E-05

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T, f

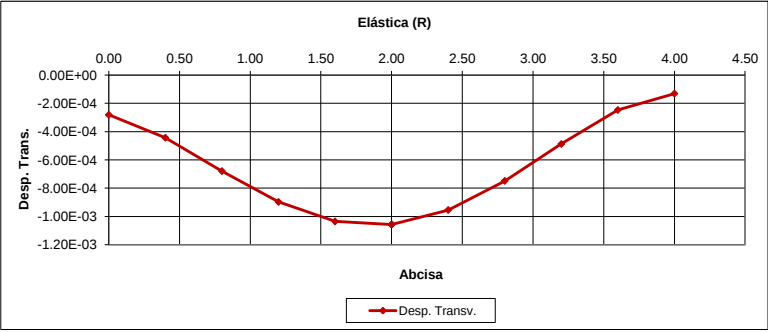
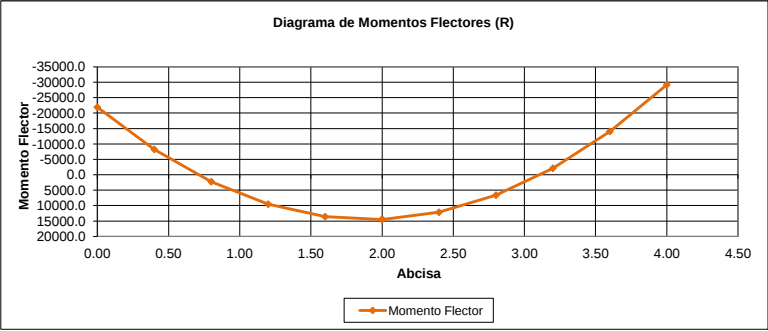
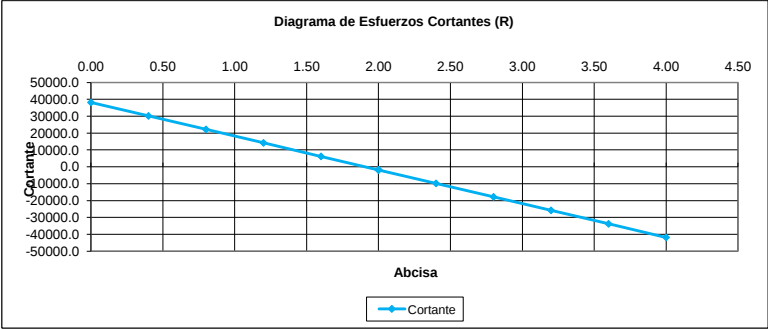
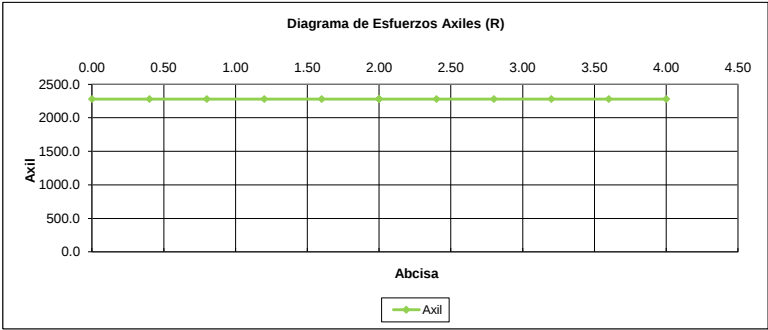
GLOBALES SIN NODALES f=t, f

-2279.9	-2279.9	-2279.9	fxi
38180.6	38180.6	38180.6	fyi
21883.3	21883.3	21883.3	mi
2279.9	2279.9	2279.9	fxj
41819.4	41819.4	41819.4	fyj
-29160.9	-29160.9	-29160.9	mj



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	2279.9	38180.6	-21883.3	1.8689E-03	-2.8098E-04	i
2	0.40	2279.9	30180.6	-8211.0	1.8693E-03	-4.4299E-04	
3	0.80	2279.9	22180.6	2261.2	1.8696E-03	-6.7888E-04	
4	1.20	2279.9	14180.6	9533.4	1.8700E-03	-8.9739E-04	
5	1.60	2279.9	6180.6	13605.7	1.8704E-03	-1.0351E-03	
6der	2.00	2279.9	-1819.4	14477.9	1.8708E-03	-1.0566E-03	centro-der
6	2.00	2279.9	-1819.4	14477.9	1.8708E-03	-1.0566E-03	centro
6izq	2.00	2279.9	-1819.4	14477.9	1.8708E-03	-1.0566E-03	centro-izq
7	2.40	2279.9	-9819.4	12150.1	1.8711E-03	-9.5431E-04	
8	2.80	2279.9	-17819.4	6622.4	1.8715E-03	-7.4841E-04	
9	3.20	2279.9	-25819.4	-2105.4	1.8719E-03	-4.8713E-04	
10	3.60	2279.9	-33819.4	-14033.1	1.8722E-03	-2.4651E-04	
11	4.00	2279.9	-41819.4	-29160.9	1.8726E-03	-1.3052E-04	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

f

ENTRE NUDOS

4

7

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-RIG 3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

90

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k=T.^k.T^T

k 4-4

k 4-7

k 7-4

k 7-7

3442500.00

0.00

-6885000.00

-3442500.00

0.00

-6885000.00

0.00

612000000.00

0.00

6885000.00

0.00

9180000.00

-6885000.00

0.00

18360000.00

6885000.00

0.00

9180000.00

6885000.00

0.00

3442500.00

0.00

6885000.00

-3442500.00

0.00

612000000.00

0.00

9180000.00

-6885000.00

0.00

18360000.00

⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos

ux4

uy4

θ4

ux7

uy7

θ7

GLOBALES (O NOD.)

1.8681E-03

-1.1138E-04

-1.1138E-04

-7.5666E-04

3.4428E-03

-1.6742E-04

-8.5505E-04

LOCALES ^u=T^T.u

-1.1138E-04

-1.8681E-03

-7.5666E-04

-1.6742E-04

-3.4428E-03

-8.5505E-04

uxi

uyi

θi

uxj

uyj

θj

Fuerzas

34297.1

-5675.5

-10899.4

-34297.1

5675.5

-11802.7

LOCALES ^f=^k.^u

5675.5

34297.1

-10899.4

-5675.5

-34297.1

-11802.7

GLOB. (O NOD.) f=T.^f

5675.5

34297.1

-10899.4

-5675.5

-34297.1

-11802.7

GLOBALES SIN NODALES f=t.^f

5675.5

34297.1

-10899.4

-5675.5

-34297.1

-11802.7

fxi

fyi

mi

fxj

fyj

mj

Movimientos

1.1138E-04

1.8681E-03

7.5666E-04

8.5505E-04

3.4428E-03

1.6742E-04

Fuerzas

34297.1

5675.5

10899.4

11802.7

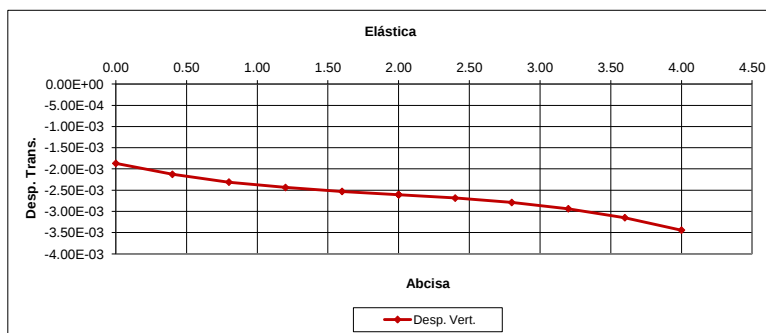
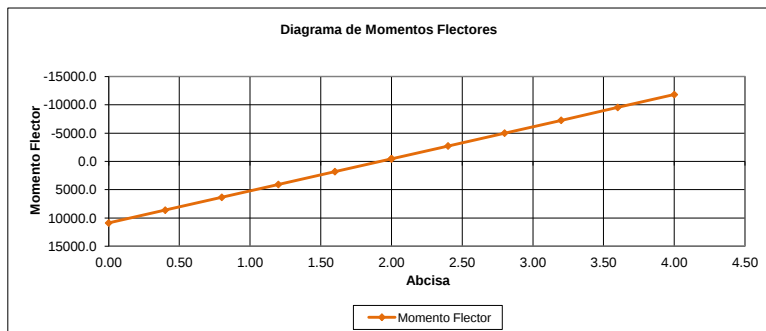
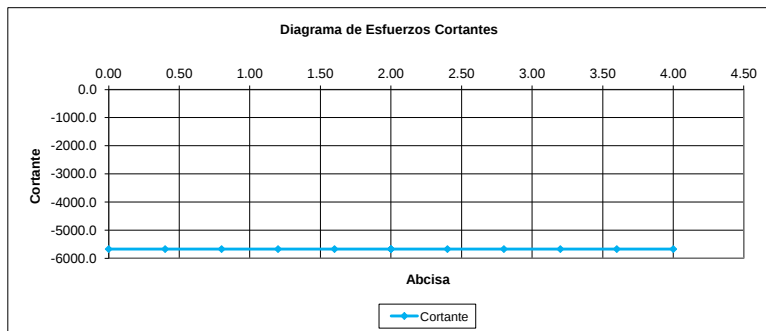
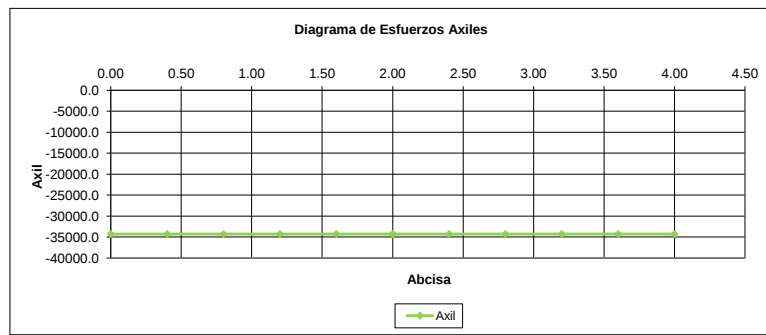
5675.5

34297.1

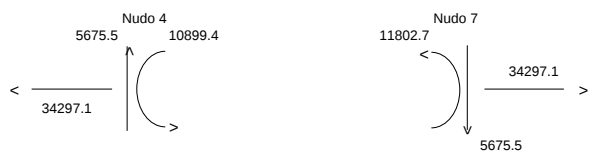
Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

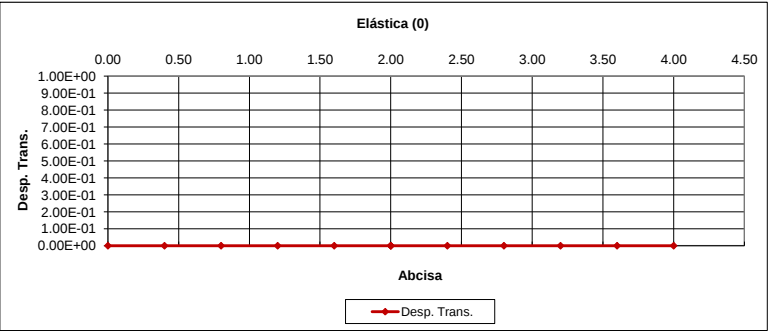
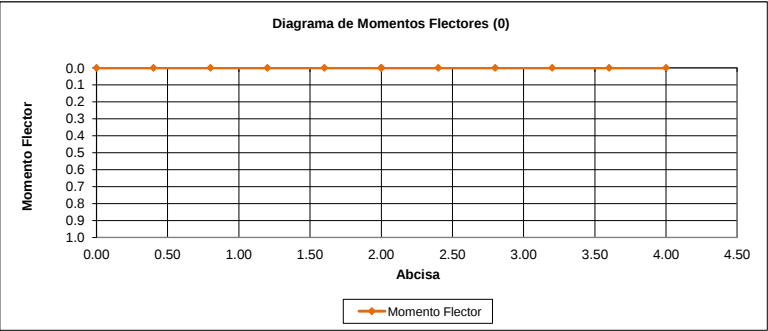
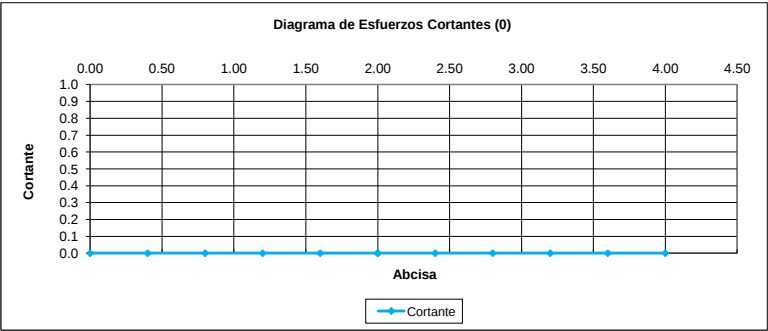
CASO C. M.

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-34297.1	-5675.5	10899.4	-1.1138E-04	-1.8681E-03
2	0.40	-34297.1	-5675.5	8629.2	-1.1698E-04	-2.1266E-03
3	0.80	-34297.1	-5675.5	6359.0	-1.2258E-04	-2.3098E-03
4	1.20	-34297.1	-5675.5	4088.8	-1.2819E-04	-2.4377E-03
5	1.60	-34297.1	-5675.5	1818.6	-1.3379E-04	-2.5299E-03
6der	2.00	-34297.1	-5675.5	-451.6	-1.3940E-04	-2.6063E-03
6	2.00	-34297.1	-5675.5	-451.6	-1.3940E-04	-2.6063E-03
6izq	2.00	-34297.1	-5675.5	-451.6	-1.3940E-04	-2.6063E-03
7	2.40	-34297.1	-5675.5	-2721.8	-1.4500E-04	-2.6866E-03
8	2.80	-34297.1	-5675.5	-4992.0	-1.5060E-04	-2.7906E-03
9	3.20	-34297.1	-5675.5	-7262.3	-1.5621E-04	-2.9381E-03
10	3.60	-34297.1	-5675.5	-9532.5	-1.6181E-04	-3.1489E-03
11	4.00	-34297.1	-5675.5	-11802.7	-1.6742E-04	-3.4428E-03

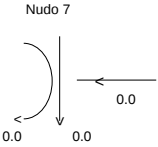
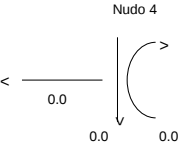


Fuerzas de la barra sobre nudos





Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

uxj	-1.1138E-04
uyj	-1.8681E-03
θj	-7.5666E-04
uxj	-1.6742E-04
uyj	-3.4428E-03
θj	-8.5505E-04

Fuerzas 0+CM LOCALES

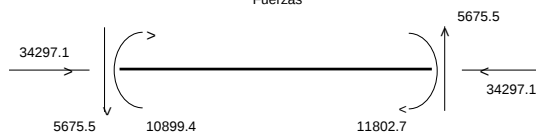
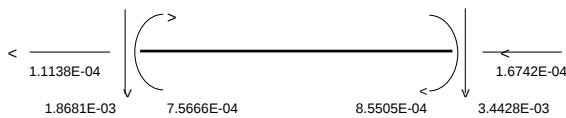
GLOB. (O NOD.) f=T, f

GLOBALES SIN NODALES f=t, f

34297.1	5675.5	5675.5	fxi
-5675.5	34297.1	34297.1	fyi
-10899.4	-10899.4	-10899.4	mi
-34297.1	-5675.5	-5675.5	fxj
5675.5	-34297.1	-34297.1	fyj
-11802.7	-11802.7	-11802.7	mj

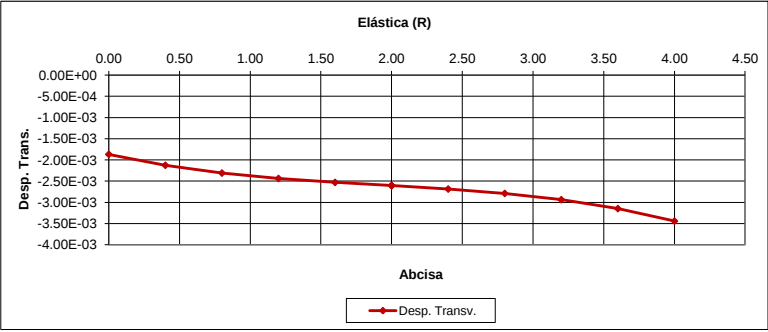
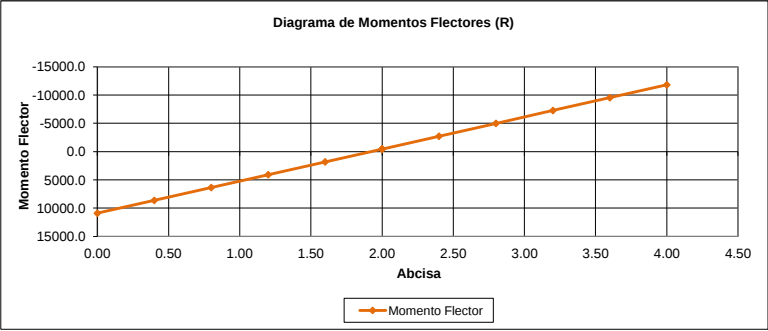
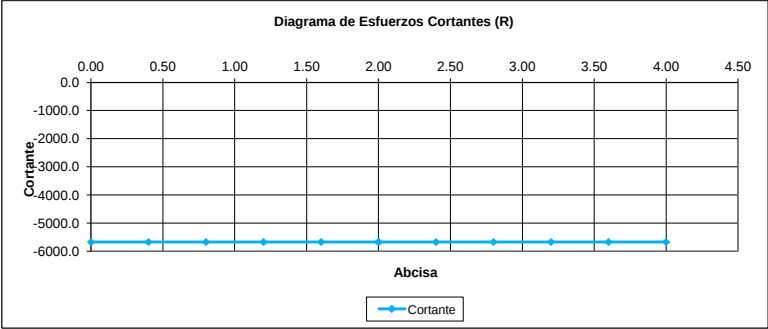
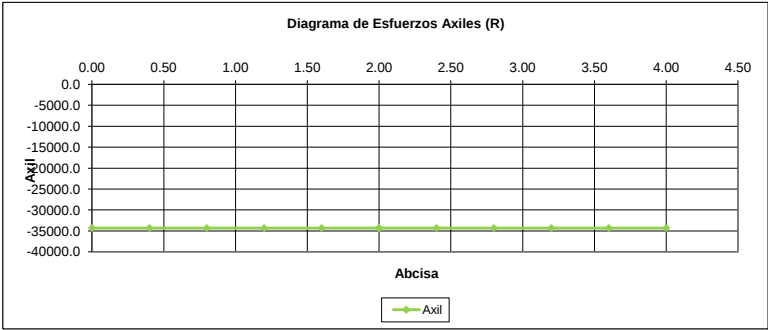
Movimientos

Fuerzas



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-34297.1	-5675.5	10899.4	-1.1138E-04	-1.8681E-03	i
2	0.40	-34297.1	-5675.5	8629.2	-1.1698E-04	-2.1266E-03	
3	0.80	-34297.1	-5675.5	6359.0	-1.2258E-04	-2.3098E-03	
4	1.20	-34297.1	-5675.5	4088.8	-1.2819E-04	-2.4377E-03	
5	1.60	-34297.1	-5675.5	1818.6	-1.3379E-04	-2.5299E-03	
6der	2.00	-34297.1	-5675.5	-451.6	-1.3940E-04	-2.6063E-03	centro-der
6	2.00	-34297.1	-5675.5	-451.6	-1.3940E-04	-2.6063E-03	centro
6izq	2.00	-34297.1	-5675.5	-451.6	-1.3940E-04	-2.6063E-03	centro-izq
7	2.40	-34297.1	-5675.5	-2721.8	-1.4500E-04	-2.6866E-03	
8	2.80	-34297.1	-5675.5	-4992.0	-1.5060E-04	-2.7906E-03	
9	3.20	-34297.1	-5675.5	-7262.3	-1.5621E-04	-2.9381E-03	
10	3.60	-34297.1	-5675.5	-9532.5	-1.6181E-04	-3.1489E-03	
11	4.00	-34297.1	-5675.5	-11802.7	-1.6742E-04	-3.4428E-03	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

g

ENTRE NUDOS

5

8

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

90

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k 5-5

k 5-8

k 8-5

k 8-8

t = Matriz transformación LOCALES a GLOBALES (sin NODALES)

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos

GLOBALES (O NOD.)

LOCALES ^u=T^T.^u

uxi

uyi

θi

uxj

uyj

θj

Fuerzas

LOCALES ^f=^k.^u

GLOB. (O NOD.) f=T.^f

GLOBALES SIN NODALES f=t.^f

fxi

fyi

mi

fxj

fyj

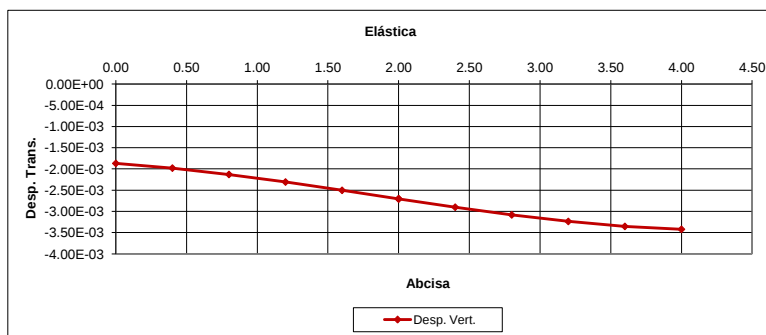
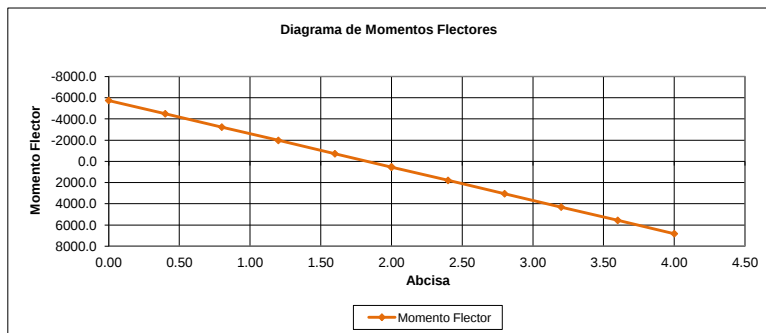
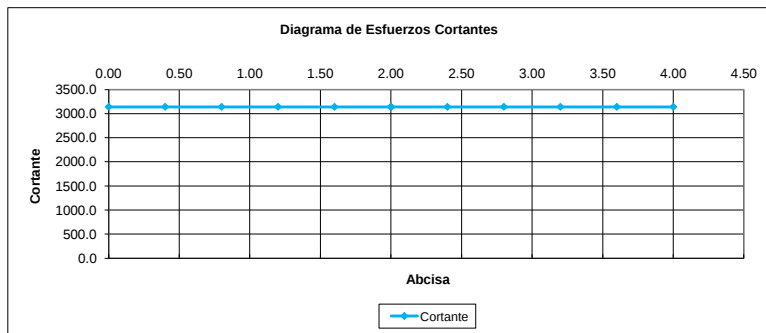
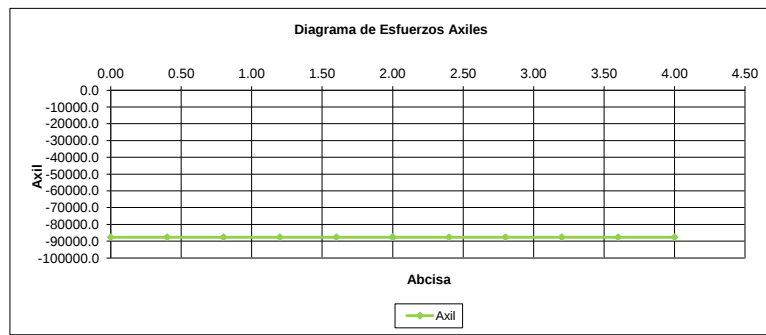
mj

Movimientos

Fuerzas

Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-87645.3	3141.4	-5743.2	-2.8098E-04	-1.8689E-03
2	0.40	-87645.3	3141.4	-4486.7	-2.9530E-04	-1.9798E-03
3	0.80	-87645.3	3141.4	-3230.1	-3.0962E-04	-2.1297E-03
4	1.20	-87645.3	3141.4	-1973.6	-3.2395E-04	-2.3079E-03
5	1.60	-87645.3	3141.4	-717.0	-3.3827E-04	-2.5032E-03
6der	2.00	-87645.3	3141.4	539.5	-3.5259E-04	-2.7048E-03
6	2.00	-87645.3	3141.4	539.5	-3.5259E-04	-2.7048E-03
6izq	2.00	-87645.3	3141.4	539.5	-3.5259E-04	-2.7048E-03
7	2.40	-87645.3	3141.4	1796.1	-3.6691E-04	-2.9016E-03
8	2.80	-87645.3	3141.4	3052.6	-3.8123E-04	-3.0829E-03
9	3.20	-87645.3	3141.4	4309.2	-3.9555E-04	-3.2375E-03
10	3.60	-87645.3	3141.4	5565.7	-4.0987E-04	-3.3545E-03
11	4.00	-87645.3	3141.4	6822.3	-4.2419E-04	-3.4231E-03



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
0.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.845 y 3.155

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	2.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	1.000 y 3.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA

Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

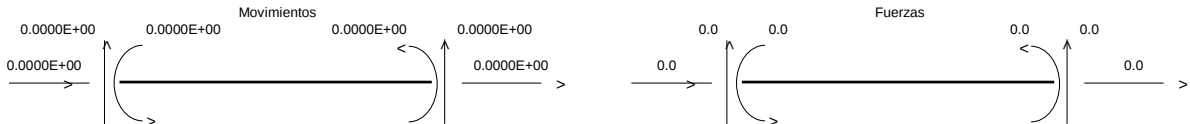
-Nizq->	0.0
-Vizq->	0.0
-Mizq->	0.0
-Nder->	0.0
-Vder->	0.0
-Mder->	0.0

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	0.0
fyi	0.0
mi	0.0
fxj	0.0
fyj	0.0
mj	0.0

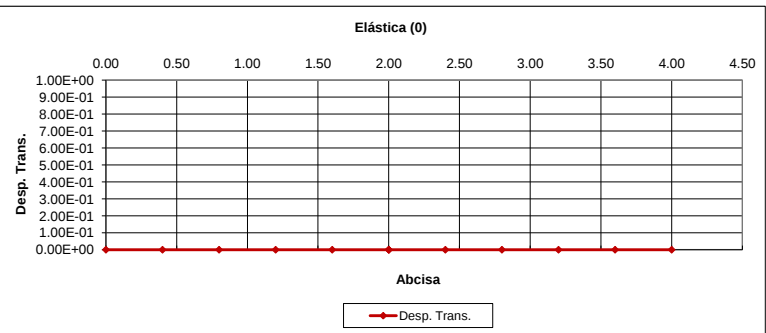
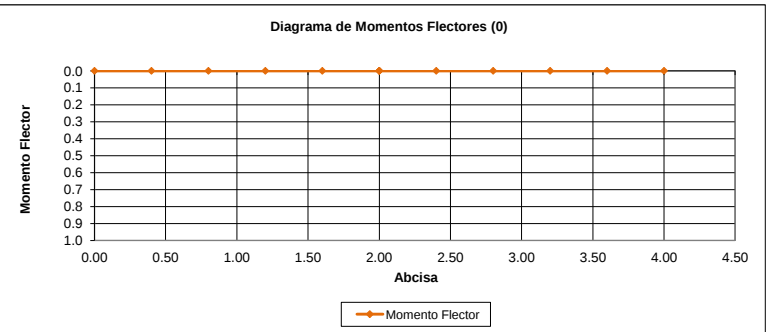
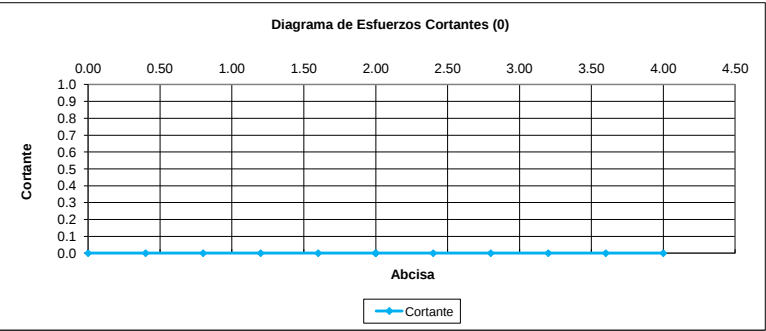
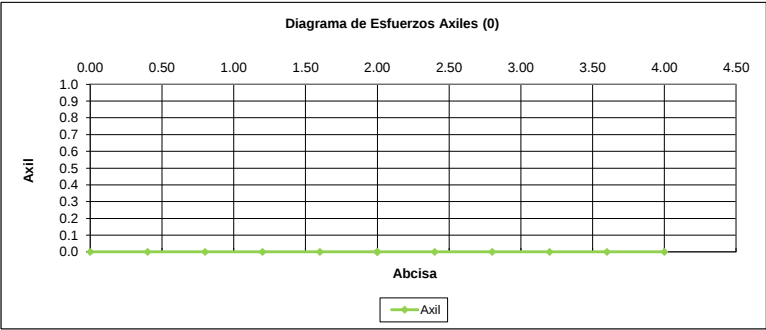


Fuerzas 0 (acción) a sistema global

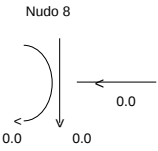
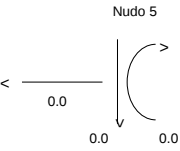


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
4	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
5	1.60	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6der	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
6izq	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
7	2.40	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
8	2.80	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
9	3.20	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
10	3.60	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00
11	4.00	0.0	0.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

uxi	-2.8098E-04
uyi	-1.8689E-03
θi	-2.1919E-04
uxj	-4.2419E-04
uyj	-3.4231E-03
θj	-1.0165E-04

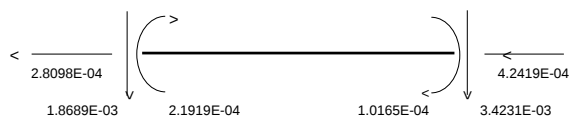
Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T, f

GLOBALES SIN NODALES f=t, f

87645.3	-3141.4	-3141.4	fxi
3141.4	87645.3	87645.3	fyi
5743.2	5743.2	5743.2	mi
-87645.3	3141.4	3141.4	fxj
-3141.4	-87645.3	-87645.3	fyj
6822.3	6822.3	6822.3	mj

Movimientos

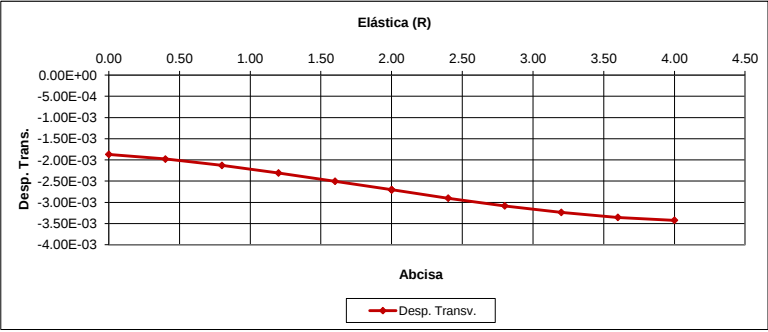
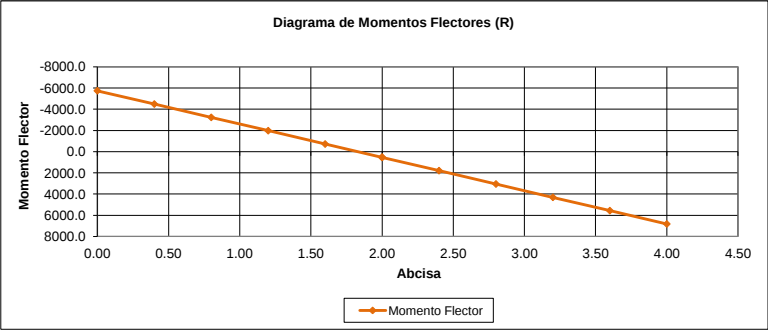
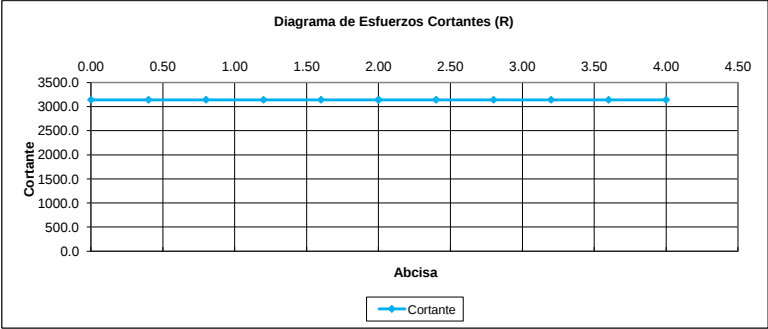
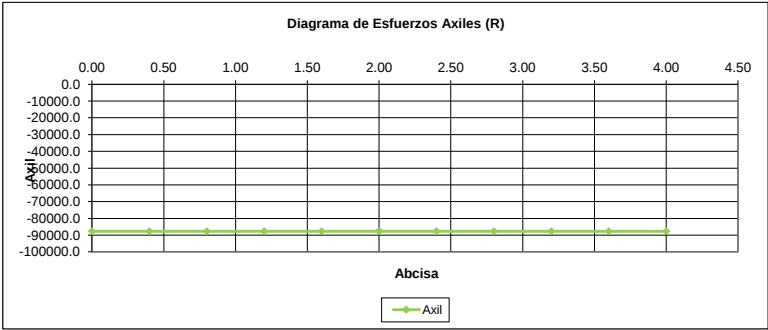


Fuerzas



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-87645.3	3141.4	-5743.2	-2.8098E-04	-1.8689E-03	i
2	0.40	-87645.3	3141.4	-4486.7	-2.9530E-04	-1.9798E-03	
3	0.80	-87645.3	3141.4	-3230.1	-3.0962E-04	-2.1297E-03	
4	1.20	-87645.3	3141.4	-1973.6	-3.2395E-04	-2.3079E-03	
5	1.60	-87645.3	3141.4	-717.0	-3.3827E-04	-2.5032E-03	
6der	2.00	-87645.3	3141.4	539.5	-3.5259E-04	-2.7048E-03	centro-der
6	2.00	-87645.3	3141.4	539.5	-3.5259E-04	-2.7048E-03	centro
6izq	2.00	-87645.3	3141.4	539.5	-3.5259E-04	-2.7048E-03	centro-izq
7	2.40	-87645.3	3141.4	1796.1	-3.6691E-04	-2.9016E-03	
8	2.80	-87645.3	3141.4	3052.6	-3.8123E-04	-3.0829E-03	
9	3.20	-87645.3	3141.4	4309.2	-3.9555E-04	-3.2375E-03	
10	3.60	-87645.3	3141.4	5565.7	-4.0987E-04	-3.3545E-03	
11	4.00	-87645.3	3141.4	6822.3	-4.2419E-04	-3.4231E-03	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

h

ENTRE NUDOS

6

9

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

90

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k=T.^k.T^T

k 6-6

k 6-9

k 9-6

k 9-9

3442500.00

0.00

-6885000.00

-3442500.00

0.00

-6885000.00

0.00

612000000.00

0.00

6885000.00

0.00

9180000.00

-6885000.00

0.00

18360000.00

6885000.00

0.00

3442500.00

0.00

6885000.00

0.00

612000000.00

0.00

6885000.00

0.00

18360000.00

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos

ux6

uy6

θ6

ux9

uy9

θ9

GLOBALES (O NOD.)

LOCALES ^u=T^T.^u

uxi

uyi

θi

uxj

uyj

θj

Fuerzas

LOCALES ^f=^k.^u

GLOB. (O NOD.) f=T.^f

GLOBALES SIN NODALES f=t.^f

fxi

fyi

mi

fxj

fyj

mj

Movimientos

3.0169E-05

4.9951E-04

1.3052E-04

1.8726E-03

1.9270E-04

3.4085E-03

Fuerzas

8934.1

15714.0

38057.6

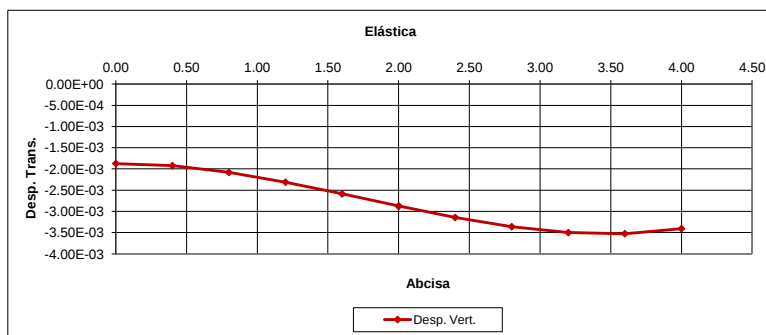
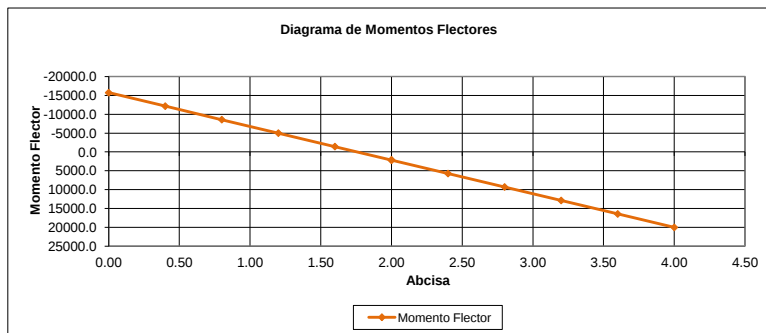
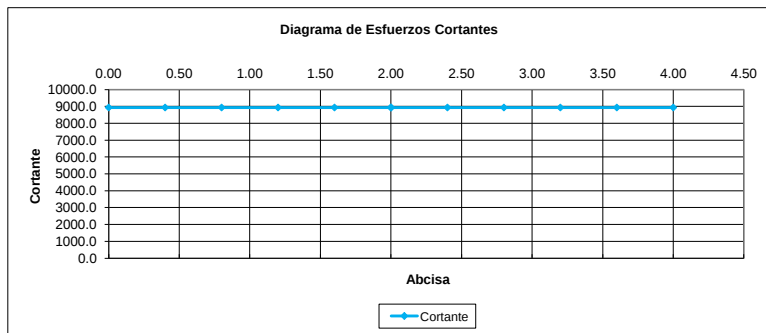
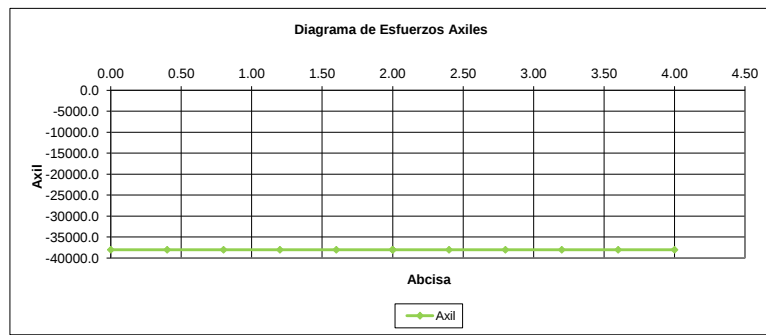
8934.1

38057.6

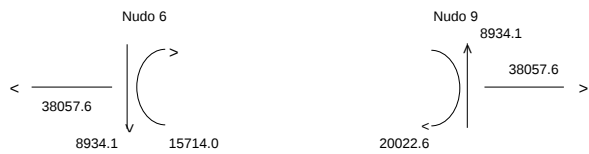
20022.6

Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

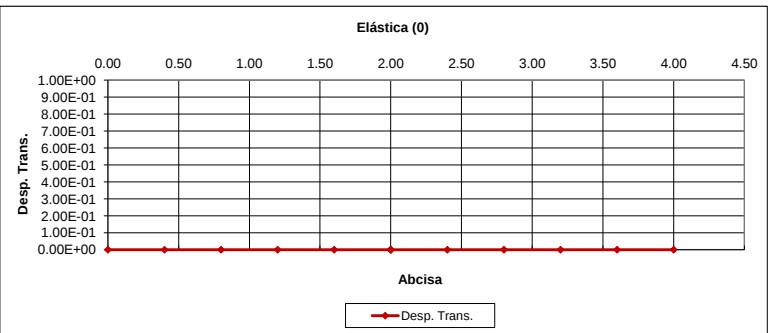
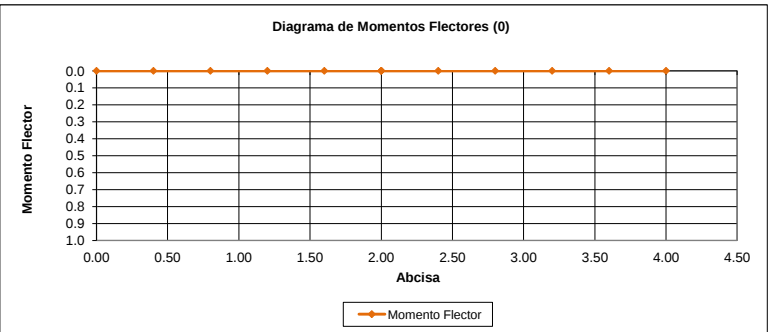
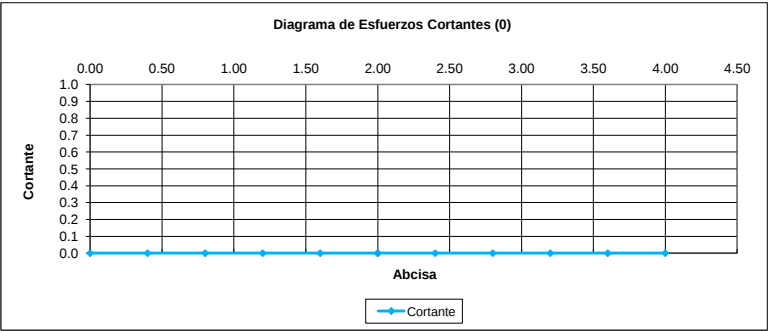
Punto	Abscisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-38057.6	8934.1	-15714.0	-1.3052E-04	-1.8726E-03
2	0.40	-38057.6	8934.1	-12140.4	-1.3674E-04	-1.9238E-03
3	0.80	-38057.6	8934.1	-8566.7	-1.4296E-04	-2.0808E-03
4	1.20	-38057.6	8934.1	-4993.0	-1.4917E-04	-2.3125E-03
5	1.60	-38057.6	8934.1	-1419.4	-1.5539E-04	-2.5877E-03
6der	2.00	-38057.6	8934.1	2154.3	-1.6161E-04	-2.8752E-03
6	2.00	-38057.6	8934.1	2154.3	-1.6161E-04	-2.8752E-03
6izq	2.00	-38057.6	8934.1	2154.3	-1.6161E-04	-2.8752E-03
7	2.40	-38057.6	8934.1	5727.9	-1.6783E-04	-3.1440E-03
8	2.80	-38057.6	8934.1	9301.6	-1.7405E-04	-3.3629E-03
9	3.20	-38057.6	8934.1	12875.3	-1.8027E-04	-3.5007E-03
10	3.60	-38057.6	8934.1	16448.9	-1.8649E-04	-3.5263E-03
11	4.00	-38057.6	8934.1	20022.6	-1.9270E-04	-3.4085E-03



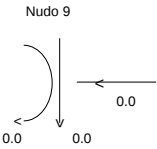
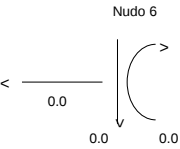
Fuerzas de la barra sobre nudos



CARGA UNIFORME TRANSVERSAL



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

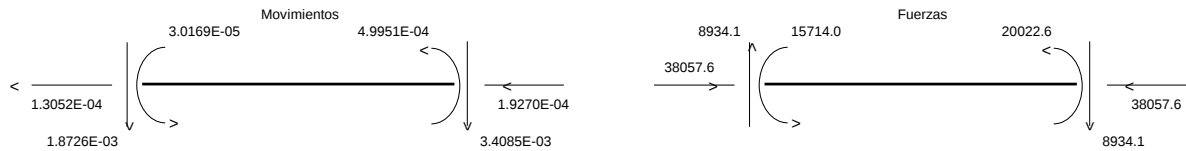
uxi	-1.3052E-04
uyi	-1.8726E-03
θi	3.0169E-05
uxj	-1.9270E-04
uyj	-3.4085E-03
θj	4.9951E-04

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T.·f

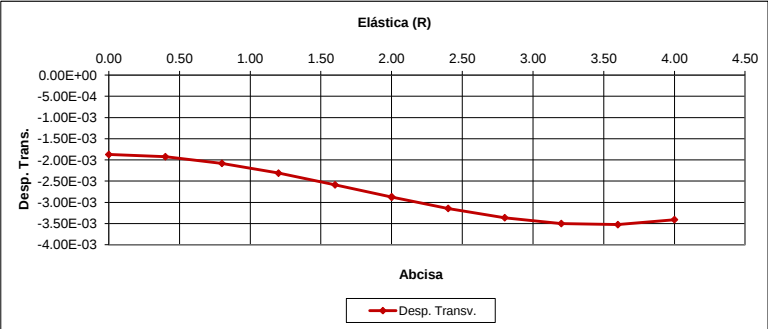
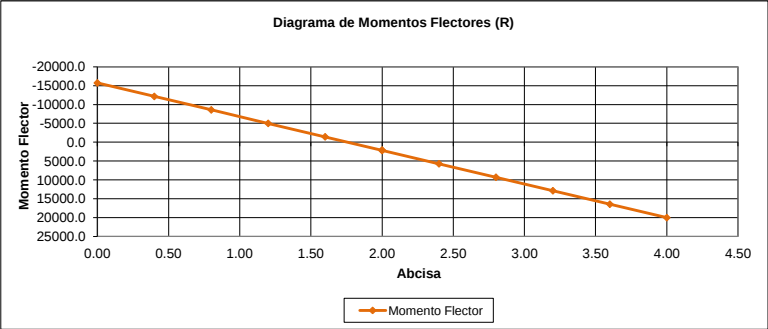
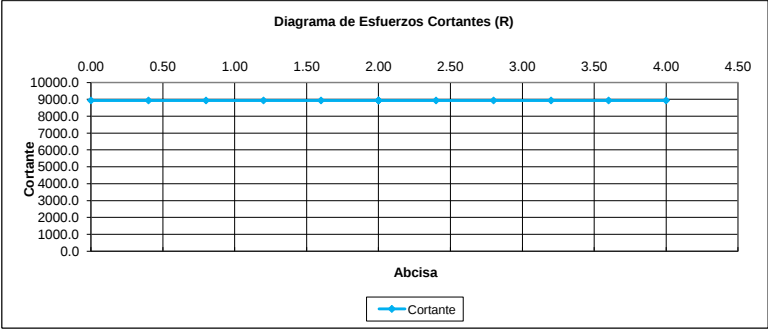
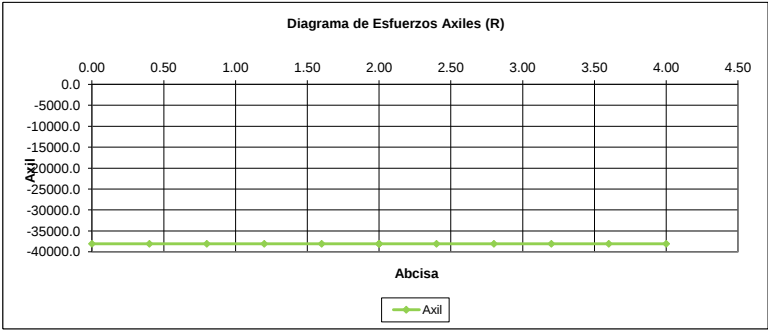
GLOBALES SIN NODALES f=t.·f

38057.6	-8934.1	-8934.1	fxi
8934.1	38057.6	38057.6	fyi
15714.0	15714.0	15714.0	mi
-38057.6	8934.1	8934.1	fxj
-8934.1	-38057.6	-38057.6	fyj
20022.6	20022.6	20022.6	mj

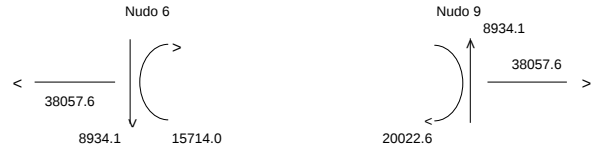


CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-38057.6	8934.1	-15714.0	-1.3052E-04	-1.8726E-03	i
2	0.40	-38057.6	8934.1	-12140.4	-1.3674E-04	-1.9238E-03	
3	0.80	-38057.6	8934.1	-8566.7	-1.4296E-04	-2.0808E-03	
4	1.20	-38057.6	8934.1	-4993.0	-1.4917E-04	-2.3125E-03	
5	1.60	-38057.6	8934.1	-1419.4	-1.5539E-04	-2.5877E-03	
6der	2.00	-38057.6	8934.1	2154.3	-1.6161E-04	-2.8752E-03	centro-der
6	2.00	-38057.6	8934.1	2154.3	-1.6161E-04	-2.8752E-03	centro
6izq	2.00	-38057.6	8934.1	2154.3	-1.6161E-04	-2.8752E-03	centro-izq
7	2.40	-38057.6	8934.1	5727.9	-1.6783E-04	-3.1440E-03	
8	2.80	-38057.6	8934.1	9301.6	-1.7405E-04	-3.3629E-03	
9	3.20	-38057.6	8934.1	12875.3	-1.8027E-04	-3.5007E-03	
10	3.60	-38057.6	8934.1	16448.9	-1.8649E-04	-3.5263E-03	
11	4.00	-38057.6	8934.1	20022.6	-1.9270E-04	-3.4085E-03	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

ENTRE NUDOS

7

8

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

0

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k 7-7

612000000.000.000.00-612000000.000.000.00

k 7-8

0.00-3442500.006885000.000.00-6885000.009180000.00

k 8-7

0.00-3442500.006885000.000.006885000.009180000.00

k 8-8

612000000.000.000.000.00-3442500.00-6885000.0018360000.00

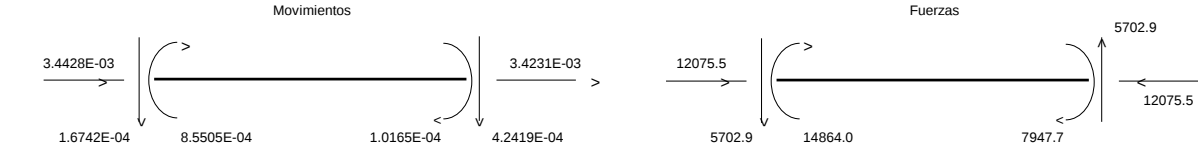
⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

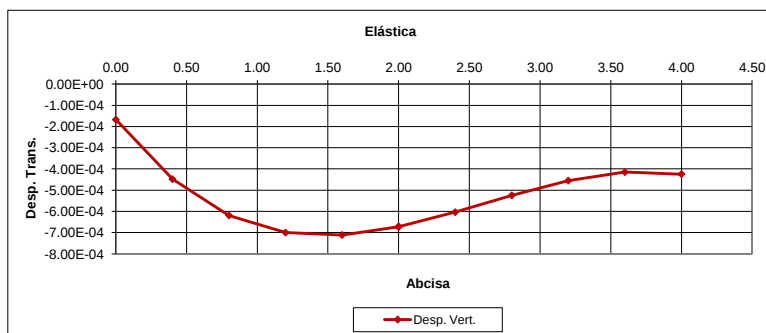
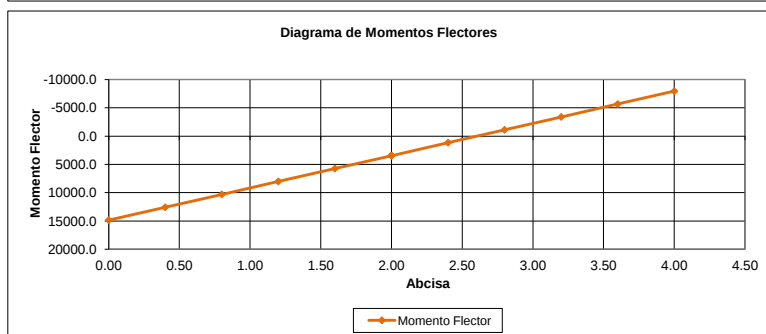
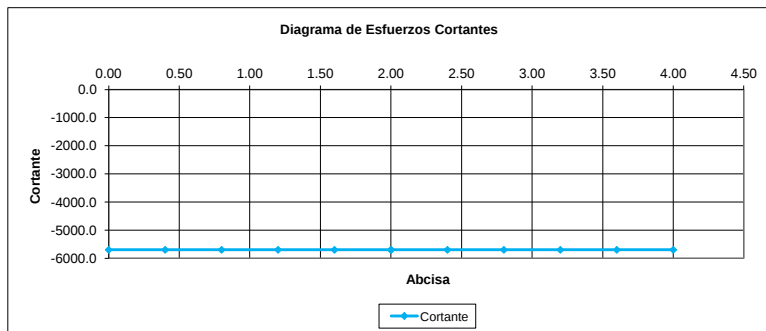
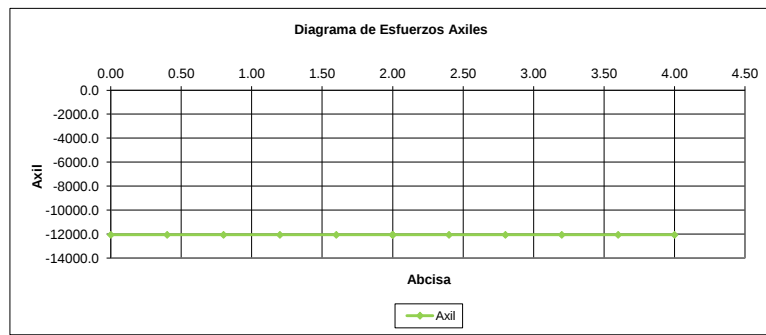
Movimientos	GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.^u	Fuerzas LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f
ux7	3.4428E-03	3.4428E-03	12075.5	12075.5	12075.5
uy7	-1.6742E-04	-1.6742E-04	-5702.9	-5702.9	-5702.9
θ7	-8.5505E-04	-8.5505E-04	-14864.0	-14864.0	-14864.0
ux8	3.4231E-03	3.4231E-03	-12075.5	-12075.5	-12075.5
uy8	-4.2419E-04	-4.2419E-04	5702.9	5702.9	5702.9
θ8	-1.0165E-04	-1.0165E-04	-7947.7	-7947.7	-7947.7



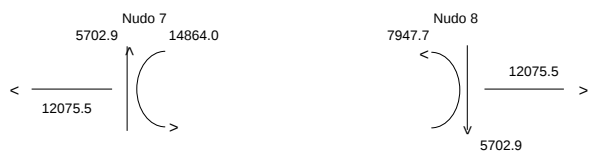
Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-12075.5	-5702.9	14864.0	3.4428E-03	-1.6742E-04
2	0.40	-12075.5	-5702.9	12582.8	3.4409E-03	-4.4798E-04
3	0.80	-12075.5	-5702.9	10301.6	3.4389E-03	-6.1890E-04
4	1.20	-12075.5	-5702.9	8020.5	3.4369E-03	-7.0004E-04
5	1.60	-12075.5	-5702.9	5739.3	3.4349E-03	-7.1128E-04
6der	2.00	-12075.5	-5702.9	3458.1	3.4330E-03	-6.7251E-04
6	2.00	-12075.5	-5702.9	3458.1	3.4330E-03	-6.7251E-04
6izq	2.00	-12075.5	-5702.9	3458.1	3.4330E-03	-6.7251E-04
7	2.40	-12075.5	-5702.9	1176.9	3.4310E-03	-6.0360E-04
8	2.80	-12075.5	-5702.9	-1104.2	3.4290E-03	-5.2443E-04
9	3.20	-12075.5	-5702.9	-3385.4	3.4271E-03	-4.5489E-04
10	3.60	-12075.5	-5702.9	-5666.6	3.4251E-03	-4.1485E-04
11	4.00	-12075.5	-5702.9	-7947.7	3.4231E-03	-4.2419E-04



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)
20000.00

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
40000.0	-40000.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
-26666.7	-26666.7

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
80000.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
13333.3	2.000

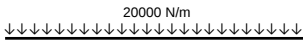
Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.845 y 3.155

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
-7.2622E-04	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	2.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	1.000 y 3.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA



Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

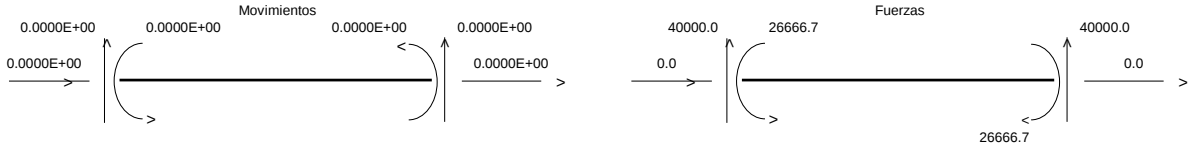
LOCALES

-Nizq->	0.0
-Vizq->	40000.0
-Mizq->	26666.7
-Nder->	0.0
-Vder->	40000.0
-Mder->	-26666.7

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

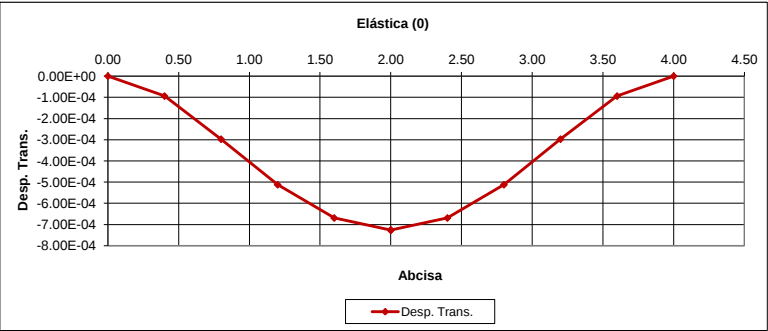
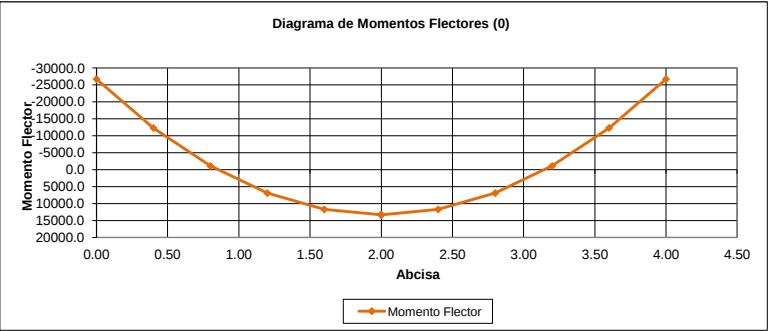
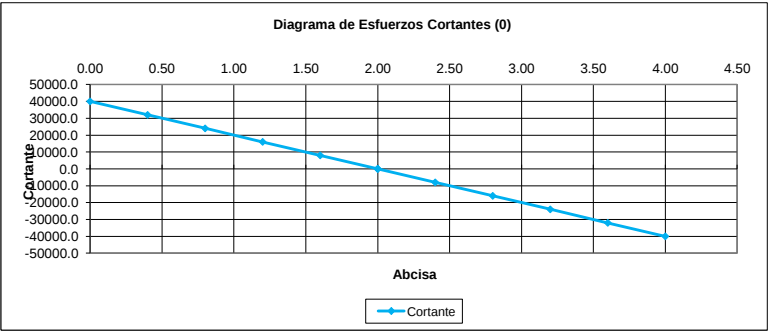
fxi	0.0
fyi	40000.0
mi	26666.7
fxj	0.0
fyj	40000.0
mj	-26666.7

Fuerzas 0 (acción) a sistema global

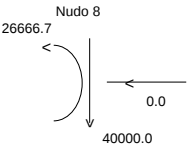
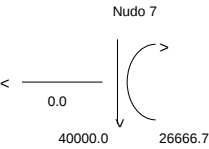


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	40000.0	-26666.7	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	0.0	32000.0	-12266.7	0.0000E+00	-9.4118E-05
3	0.80	0.0	24000.0	-1066.7	0.0000E+00	-2.9746E-04
4	1.20	0.0	16000.0	6933.3	0.0000E+00	-5.1242E-04
5	1.60	0.0	8000.0	11733.3	0.0000E+00	-6.6928E-04
6der	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
6	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
6izq	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
7	2.40	0.0	-8000.0	11733.3	0.0000E+00	-6.6928E-04
8	2.80	0.0	-16000.0	6933.3	0.0000E+00	-5.1242E-04
9	3.20	0.0	-24000.0	-1066.7	0.0000E+00	-2.9746E-04
10	3.60	0.0	-32000.0	-12266.7	0.0000E+00	-9.4118E-05
11	4.00	0.0	-40000.0	-26666.7	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

uxi	3.4428E-03
uyi	-1.6742E-04
θi	-8.5505E-04
uxj	3.4231E-03
uyj	-4.2419E-04
θj	-1.0165E-04

Fuerzas 0+CM LOCALES

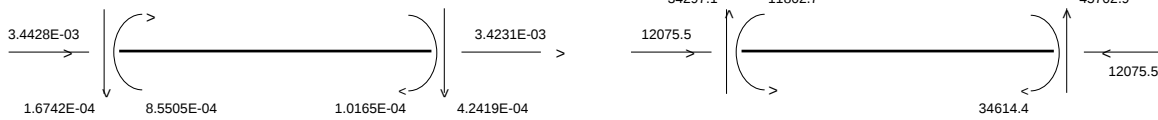
GLOB. (O NOD.) f=T, f

GLOBALES SIN NODALES f=t, f

12075.5	12075.5	12075.5	fxi
34297.1	34297.1	34297.1	fyi
11802.7	11802.7	11802.7	mi
-12075.5	-12075.5	-12075.5	fxj
45702.9	45702.9	45702.9	fyj
-34614.4	-34614.4	-34614.4	mj

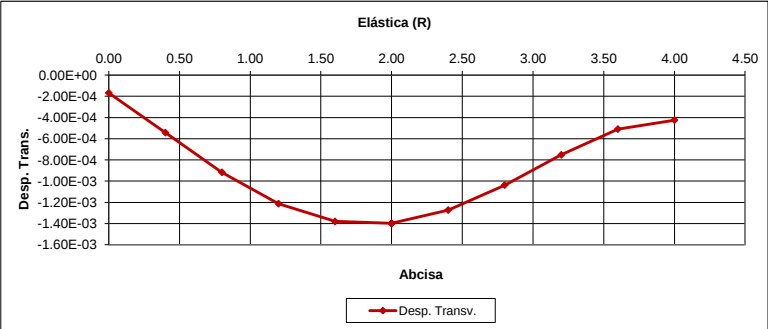
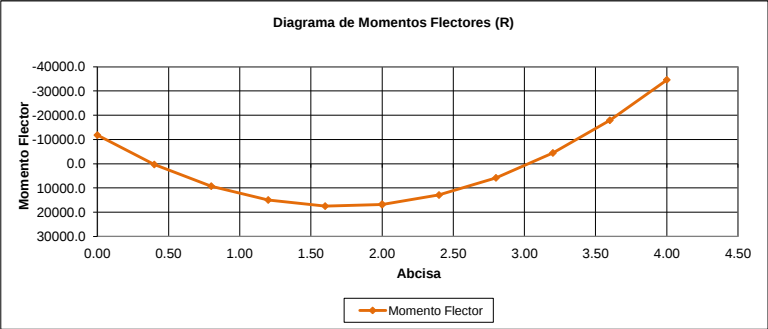
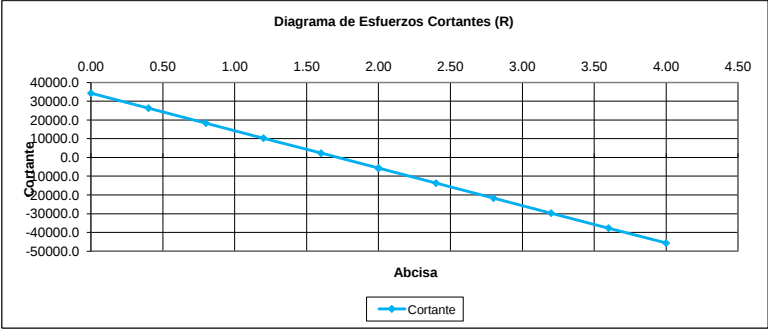
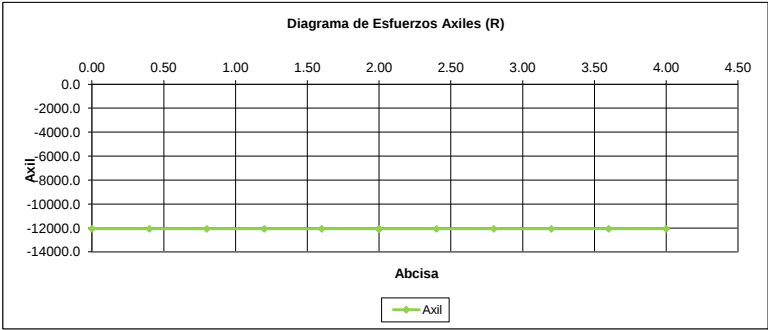
Movimientos

Fuerzas



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-12075.5	34297.1	-11802.7	3.4428E-03	-1.6742E-04	i
2	0.40	-12075.5	26297.1	316.1	3.4409E-03	-5.4210E-04	
3	0.80	-12075.5	18297.1	9235.0	3.4389E-03	-9.1636E-04	
4	1.20	-12075.5	10297.1	14953.8	3.4369E-03	-1.2125E-03	
5	1.60	-12075.5	2297.1	17472.6	3.4349E-03	-1.3806E-03	
6der	2.00	-12075.5	-5702.9	16791.5	3.4330E-03	-1.3987E-03	centro-der
6	2.00	-12075.5	-5702.9	16791.5	3.4330E-03	-1.3987E-03	centro
6izq	2.00	-12075.5	-5702.9	16791.5	3.4330E-03	-1.3987E-03	centro-izq
7	2.40	-12075.5	-13702.9	12910.3	3.4310E-03	-1.2729E-03	
8	2.80	-12075.5	-21702.9	5829.1	3.4290E-03	-1.0369E-03	
9	3.20	-12075.5	-29702.9	-4452.1	3.4271E-03	-7.5235E-04	
10	3.60	-12075.5	-37702.9	-17933.2	3.4251E-03	-5.0897E-04	
11	4.00	-12075.5	-45702.9	-34614.4	3.4231E-03	-4.2419E-04	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

ENTRE NUDOS

8

9

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-RIG 3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

2.72E+10

9.00E-02

4

0

6.75E-04

1.20E-05

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k 8-8

k 8-9

612000000.00	0.00	0.00	-612000000.00	0.00	0.00
0.00	3442500.00	6885000.00	0.00	-3442500.00	6885000.00
0.00	6885000.00	18360000.00	0.00	-6885000.00	9180000.00
-612000000.00	0.00	0.00	612000000.00	0.00	0.00
0.00	-3442500.00	-6885000.00	0.00	3442500.00	-6885000.00
0.00	6885000.00	9180000.00	0.00	-6885000.00	18360000.00

⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

k 9-8

k 9-9

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos

ux8

uy8

θ8

ux9

uy9

θ9

GLOBALES (O NOD.)

LOCALES ^u=T^T.u

uxi

uyi

θi

uxj

uyj

θj

Fuerzas

LOCALES ^f=^k.^u

GLOB. (O NOD.) f=T.^f

GLOBALES SIN NODALES f=t.^f

fxi

fyi

mi

fxj

fyj

mj

t = Matriz transformación LOCALES a GLOBALES (sin NODALES)

1.00

0.00

0.00

0.00

1.00

0.00

0.00

1.00

Movimientos

4.9951E-04

3.4231E-03

3.4085E-03

1.9270E-04

Fuerzas

1942.4

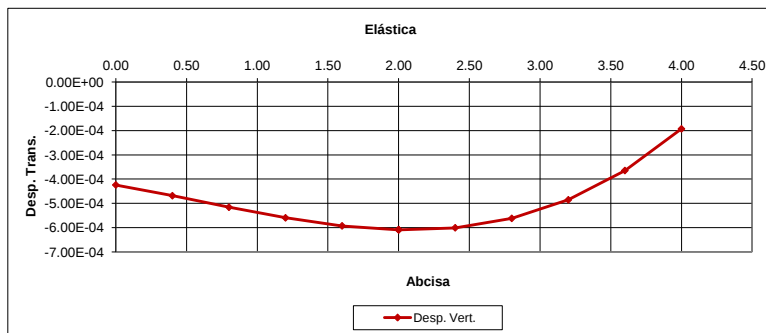
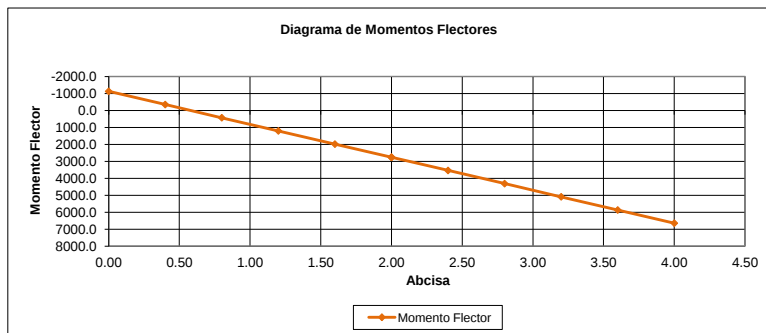
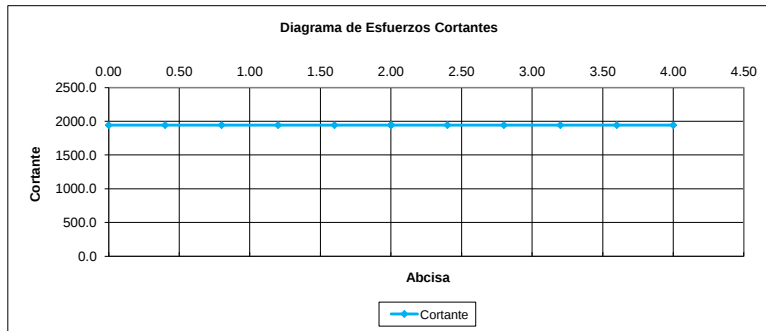
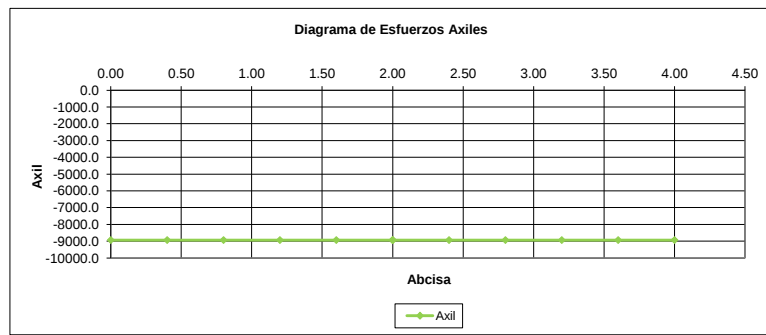
1125.4

6644.1

1942.4

Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

Punto	Abscisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-8934.1	1942.4	-1125.4	3.4231E-03	-4.2419E-04
2	0.40	-8934.1	1942.4	-348.5	3.4216E-03	-4.6863E-04
3	0.80	-8934.1	1942.4	428.5	3.4202E-03	-5.1610E-04
4	1.20	-8934.1	1942.4	1205.4	3.4187E-03	-5.5984E-04
5	1.60	-8934.1	1942.4	1982.4	3.4173E-03	-5.9307E-04
6der	2.00	-8934.1	1942.4	2759.3	3.4158E-03	-6.0903E-04
6	2.00	-8934.1	1942.4	2759.3	3.4158E-03	-6.0903E-04
6izq	2.00	-8934.1	1942.4	2759.3	3.4158E-03	-6.0903E-04
7	2.40	-8934.1	1942.4	3536.3	3.4143E-03	-6.0094E-04
8	2.80	-8934.1	1942.4	4313.2	3.4129E-03	-5.6203E-04
9	3.20	-8934.1	1942.4	5090.2	3.4114E-03	-4.8554E-04
10	3.60	-8934.1	1942.4	5867.1	3.4100E-03	-3.6469E-04
11	4.00	-8934.1	1942.4	6644.1	3.4085E-03	-1.9270E-04



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)
20000.00

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
40000.0	-40000.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
-26666.7	-26666.7

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
80000.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
13333.3	2.000

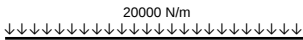
Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.845 y 3.155

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
-7.2622E-04	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	2.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	2.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	2.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	1.000 y 3.000

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	2.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

--	--

--	--

--	--

--	--

ESQUEMA



Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

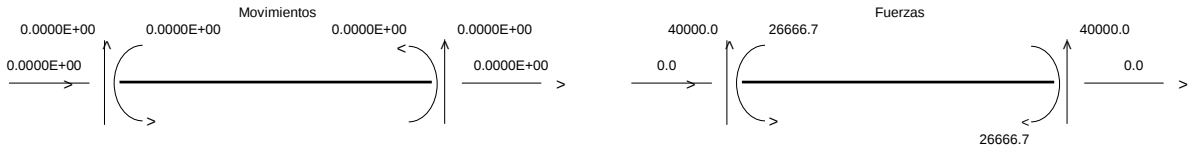
-Nizq->	0.0
-Vizq->	40000.0
-Mizq->	26666.7
-Nder->	0.0
-Vder->	40000.0
-Mder->	-26666.7

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	0.0
fyi	40000.0
mi	26666.7
fxj	0.0
fyj	40000.0
mj	-26666.7

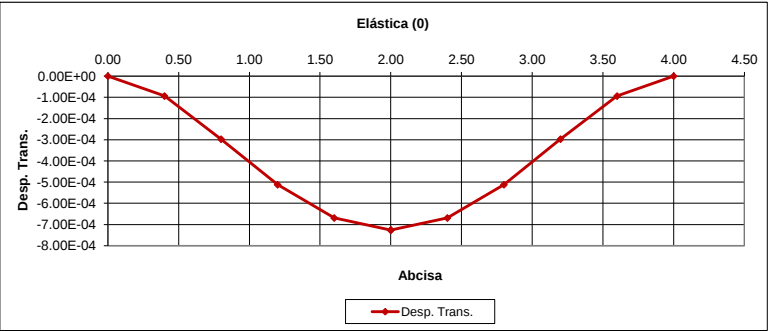
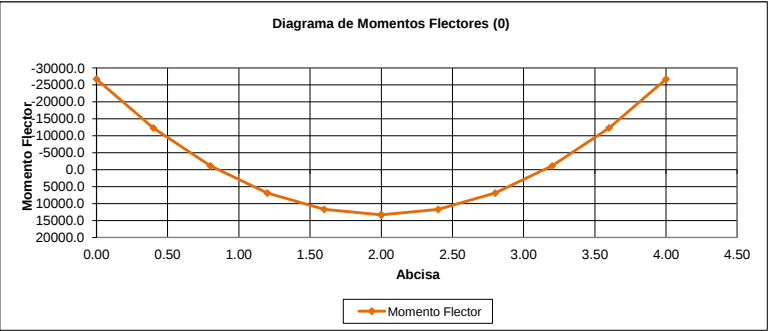
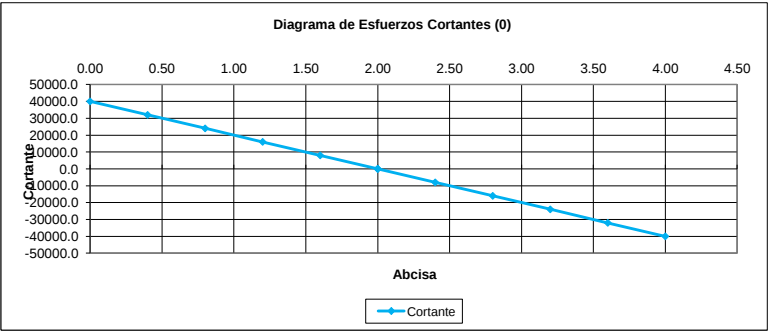


Fuerzas 0 (acción) a sistema global

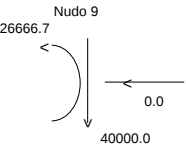
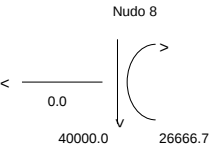


CASO 0 (REACCION)

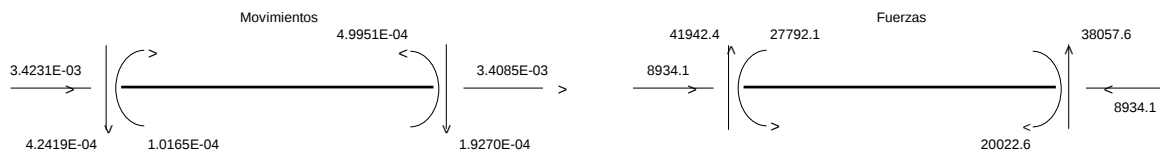
Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	40000.0	-26666.7	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.40	0.0	32000.0	-12266.7	0.0000E+00	-9.4118E-05
3	0.80	0.0	24000.0	-1066.7	0.0000E+00	-2.9746E-04
4	1.20	0.0	16000.0	6933.3	0.0000E+00	-5.1242E-04
5	1.60	0.0	8000.0	11733.3	0.0000E+00	-6.6928E-04
6der	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
6	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
6izq	2.00	0.0	0.0	13333.3	0.0000E+00	-7.2622E-04
7	2.40	0.0	-8000.0	11733.3	0.0000E+00	-6.6928E-04
8	2.80	0.0	-16000.0	6933.3	0.0000E+00	-5.1242E-04
9	3.20	0.0	-24000.0	-1066.7	0.0000E+00	-2.9746E-04
10	3.60	0.0	-32000.0	-12266.7	0.0000E+00	-9.4118E-05
11	4.00	0.0	-40000.0	-26666.7	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos

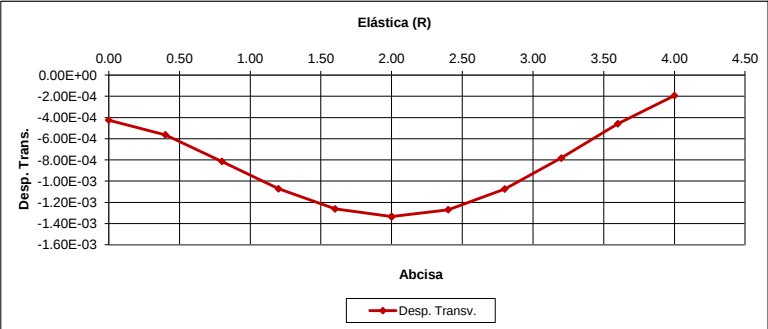
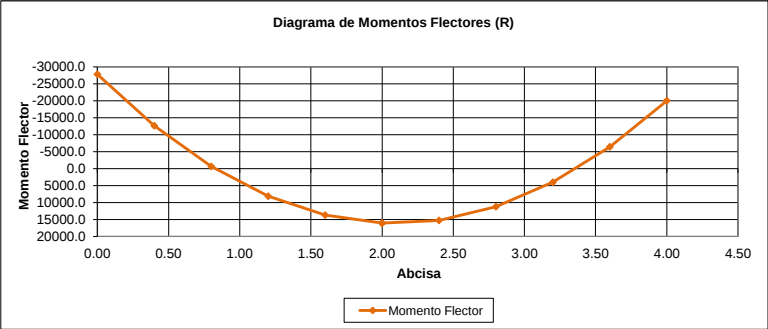
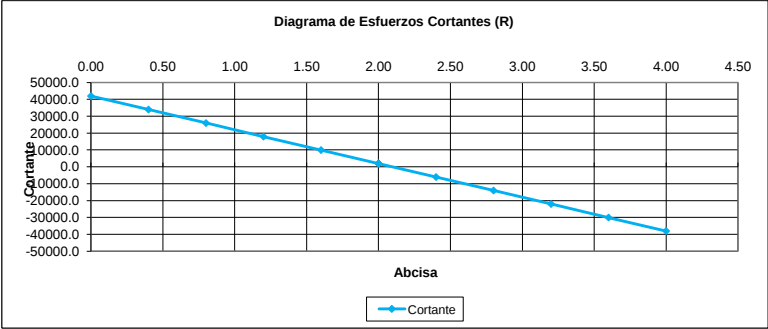
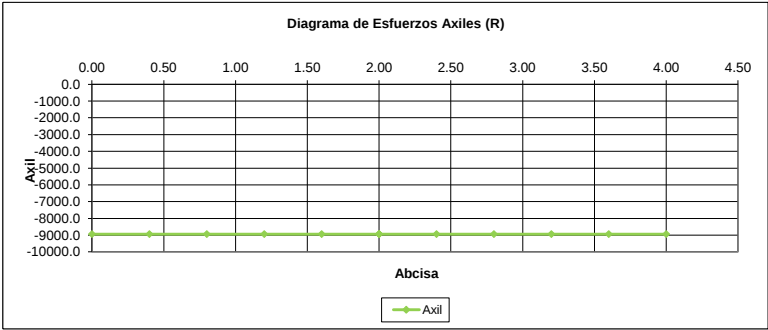


Movimientos 0+CM		Fuerzas 0+CM		GLOB. (O NOD.) f=T. f'		GLOBALES SIN NODALES f=t. f'	
LOCALES		LOCALES					
uxj	3.4231E-03		8934.1	8934.1	8934.1	fxi	
uyj	-4.2419E-04		41942.4	41942.4	41942.4	fyi	
θj	-1.0165E-04		27792.1	27792.1	27792.1	mi	
uxj	3.4085E-03		-8934.1	-8934.1	-8934.1	fxj	
uyj	-1.9270E-04		38057.6	38057.6	38057.6	fyj	
θj	4.9951E-04		-20022.6	-20022.6	-20022.6	mj	



CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-8934.1	41942.4	-27792.1	3.4231E-03	-4.2419E-04	i
2	0.40	-8934.1	33942.4	-12615.2	3.4216E-03	-5.6275E-04	
3	0.80	-8934.1	25942.4	-638.2	3.4202E-03	-8.1356E-04	
4	1.20	-8934.1	17942.4	8138.7	3.4187E-03	-1.0723E-03	
5	1.60	-8934.1	9942.4	13715.7	3.4173E-03	-1.2624E-03	
6der	2.00	-8934.1	1942.4	16092.7	3.4158E-03	-1.3352E-03	centro-der
6	2.00	-8934.1	1942.4	16092.7	3.4158E-03	-1.3352E-03	centro
6izq	2.00	-8934.1	1942.4	16092.7	3.4158E-03	-1.3352E-03	centro-izq
7	2.40	-8934.1	-6057.6	15269.6	3.4143E-03	-1.2702E-03	
8	2.80	-8934.1	-14057.6	11246.6	3.4129E-03	-1.0745E-03	
9	3.20	-8934.1	-22057.6	4023.5	3.4114E-03	-7.8300E-04	
10	3.60	-8934.1	-30057.6	-6399.5	3.4100E-03	-4.5880E-04	
11	4.00	-8934.1	-38057.6	-20022.6	3.4085E-03	-1.9270E-04	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



Superposición

Superposición

(en coord. globales con nodales)

Caso C.M.

Caso 0

Caso Real

F= fuerzas

Fuerzas

F= fuerzas

C.M. (solución)

0 (reaccion)

C.M. + 0

Fx1	-1221.3		-1221.3
Fy1	68162.2		68162.2
M1	5915.6		5915.6
Fx2	-4924.5		-4924.5
Fy2	171960.8		171960.8
M2	10855.1		10855.1
Fx3	-6654.2		-6654.2
Fy3	79877.0		79877.0
M3	13169.9		13169.9
Fx4	6400.0	0.0	6400.0
Fy4	-40000.0	40000.0	0.0
M4	-26666.7	26666.7	0.0
Fx5	0.0	0.0	0.0
Fy5	-80000.0	80000.0	0.0
M5	0.0	0.0	0.0
Fx6	0.0	0.0	0.0
Fy6	-40000.0	40000.0	0.0
M6	26666.7	-26666.7	0.0
Fx7	6400.0	0.0	6400.0
Fy7	-40000.0	40000.0	0.0
M7	-26666.7	26666.7	0.0
Fx8	0.0	0.0	0.0
Fy8	-80000.0	80000.0	0.0
M8	0.0	0.0	0.0
Fx9	0.0	0.0	0.0
Fy9	-40000.0	40000.0	0.0
M9	26666.7	-26666.7	0.0



COMPROBACIÓN CON FUERZAS EXTERIORES INTRODUCIDAS



COMPROBACIÓN CORRECTA



Transformación

(en coord. globales sin nodales)

Caso C.M.

Caso 0

Caso Real

F= fuerzas

Fuerzas

F= fuerzas

C.M. (solución)

0 (reaccion)

C.M. + 0

Fx1	-1221.3		-1221.3
Fy1	68162.2		68162.2
M1	5915.6		5915.6
Fx2	-4924.5		-4924.5
Fy2	171960.8		171960.8
M2	10855.1		10855.1
Fx3	-6654.2		-6654.2
Fy3	79877.0		79877.0
M3	13169.9		13169.9
Fx4	6400.0	0.0	6400.0
Fy4	-40000.0	40000.0	0.0
M4	-26666.7	26666.7	0.0
Fx5	0.0	0.0	0.0
Fy5	-80000.0	80000.0	0.0
M5	0.0	0.0	0.0
Fx6	0.0	0.0	0.0
Fy6	-40000.0	40000.0	0.0
M6	26666.7	-26666.7	0.0
Fx7	6400.0	0.0	6400.0
Fy7	-40000.0	40000.0	0.0
M7	-26666.7	26666.7	0.0
Fx8	0.0	0.0	0.0
Fy8	-80000.0	80000.0	0.0
M8	0.0	0.0	0.0
Fx9	0.0	0.0	0.0
Fy9	-40000.0	40000.0	0.0
M9	26666.7	-26666.7	0.0



Estas fuerzas se comprobará que se equilibrarán en cada nudo.
Comprobacion Equilibrio en nudos (Caso Real con cargas en barras)
Ir a hoja Eq. Nudos



t: Matrices transformación nodales a globales sin nodales

[illegible]

Reacciones en apoyos elásticos

Datos partida C.M.
(en coord. globales con nodales)

Mov. Apoy. Elas. Rigidez Apoyo
C.M. (u_{AE}) Elástico (K_{AE})

ux1		
uy1		
θ1		
ux2		
uy2		
θ2		
ux3		
uy3		
θ3		
ux4		
uy4		
θ4		
ux5		
uy5		
θ5		
ux6		
uy6		
θ6		
ux7		
uy7		
θ7		
ux8		
uy8		
θ8		
ux9		
uy9		
θ9		



Cálculo
(en coord. globales con nodales)

Reac. Apoy. Elas.*
 $R_{AE} = -K_{AE} \cdot u_{AE}$

Fx1	
Fy1	
M1	
Fx2	
Fy2	
M2	
Fx3	
Fy3	
M3	
Fx4	
Fy4	
M4	
Fx5	
Fy5	
M5	
Fx6	
Fy6	
M6	
Fx7	
Fy7	
M7	
Fx8	
Fy8	
M8	
Fx9	
Fy9	
M9	

*Se saca la rigidez interna del apoyo elástico introducida en el C.M. y se calcula la reacción en el GDL producida por el mismo.



Transformación
(en coord. globales sin nodales)

Reac. Apoy. Elas.
($t \cdot R_{AE}$)

Fx1	
Fy1	
M1	
Fx2	
Fy2	
M2	
Fx3	
Fy3	
M3	
Fx4	
Fy4	
M4	
Fx5	
Fy5	
M5	
Fx6	
Fy6	
M6	
Fx7	
Fy7	
M7	
Fx8	
Fy8	
M8	
Fx9	
Fy9	
M9	



t: Matrices transformación globales sin nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

Se utilizará para comprobación equilibrio global .Ir a hoja Eq. Global
Así como para la comprobacion equilibrio en nudos. Ir a hoja Eq. Nudos

Comprobación de equilibrio global

Solución C.M.
(en coord. globales con nodales)

F= fuerzas Reac.Apoy.Elas.* Fuerzas F+R.A.E.
C.M. (solución) C.M. (solución) C.M. (solución)

Fx1	-1221.3		-1221.3
Fy1	68162.2		68162.2
M1	5915.6		5915.6
Fx2	-4924.5		-4924.5
Fy2	171960.8		171960.8
M2	10855.1		10855.1
Fx3	-6654.2		-6654.2
Fy3	79877.0		79877.0
M3	13169.9		13169.9
Fx4	6400.0		6400.0
Fy4	-40000.0		-40000.0
M4	-26666.7		-26666.7
Fx5	0.0		0.0
Fy5	-80000.0		-80000.0
M5	0.0		0.0
Fx6	0.0		0.0
Fy6	-40000.0		-40000.0
M6	26666.7		26666.7
Fx7	6400.0		6400.0
Fy7	-40000.0		-40000.0
M7	-26666.7		-26666.7
Fx8	0.0		0.0
Fy8	-80000.0		-80000.0
M8	0.0		0.0
Fx9	0.0		0.0
Fy9	-40000.0		-40000.0
M9	26666.7		26666.7

*sacadas las rigideces
de apoyos elásticos
del sistema C.M.

Transformación
(en coord. globales sin nodales)

Fuerzas F+R.A.E. M₀ (momentos F.
C.M. (solución) respecto origen)*

Fx1	-1221.3	0.0
Fy1	68162.2	0.0
M1	5915.6	5915.6
Fx2	-4924.5	0.0
Fy2	171960.8	687843.1
M2	10855.1	10855.1
Fx3	-6654.2	0.0
Fy3	79877.0	639016.2
M3	13169.9	13169.9
Fx4	6400.0	-25600.0
Fy4	-40000.0	0.0
M4	-26666.7	-26666.7
Fx5	0.0	0.0
Fy5	-80000.0	-320000.0
M5	0.0	0.0
Fx6	0.0	0.0
Fy6	-40000.0	-320000.0
M6	26666.7	26666.7
Fx7	6400.0	-51200.0
Fy7	-40000.0	0.0
M7	-26666.7	-26666.7
Fx8	0.0	0.0
Fy8	-80000.0	-320000.0
M8	0.0	0.0
Fx9	0.0	0.0
Fy9	-40000.0	-320000.0
M9	26666.7	26666.7

*Se calcula a partir de las
componentes de las fuerzas
y coordenadas de los nudos



t: Matrices transformación globales con nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

Comprobación Equilibrio global C.M.

ΣFx= 0.0

ΣFy= 0.0

ΣM₀= 0.0

Cálculo matricial correcto

Equilibrio en Nudos y esquemas de fuerzas en nudos

Caso Real (con cargas en barras)

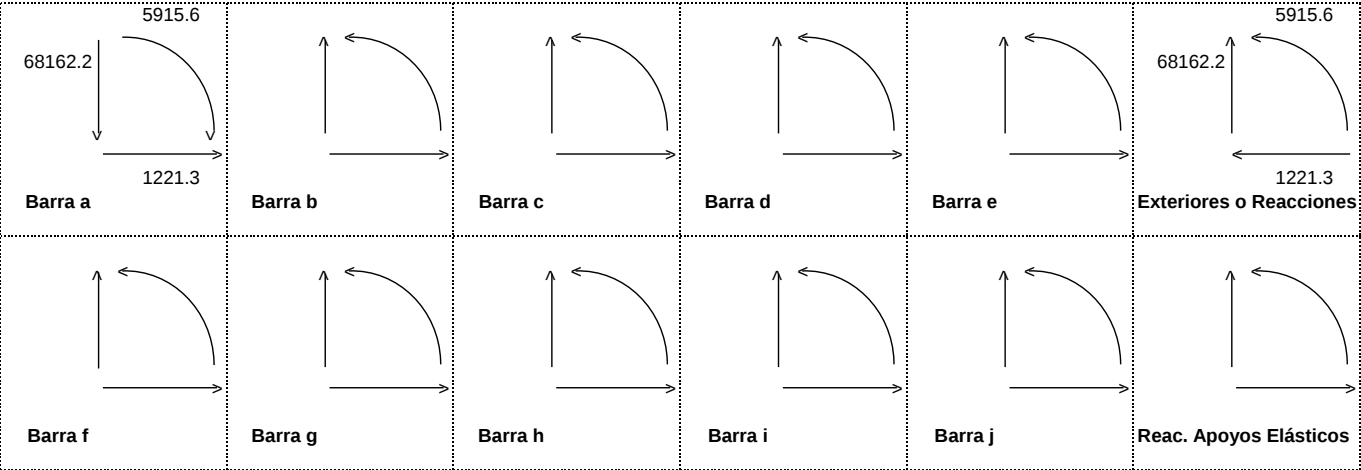
(en coord. globales sin nodales)

Equilibrio en Nudo 1

Nudo	1
------	---

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a	Inicial	1221.3	-68162.2	-5915.6
b				
c				
d				
e				
f				
g				
h				
i				
j				
Exteriores o Reacciones		-1221.3	68162.2	5915.6
Reac. Apoyos Elásticos				
Σ		0.0	0.0	0.0

El Nudo 1 está en equilibrio



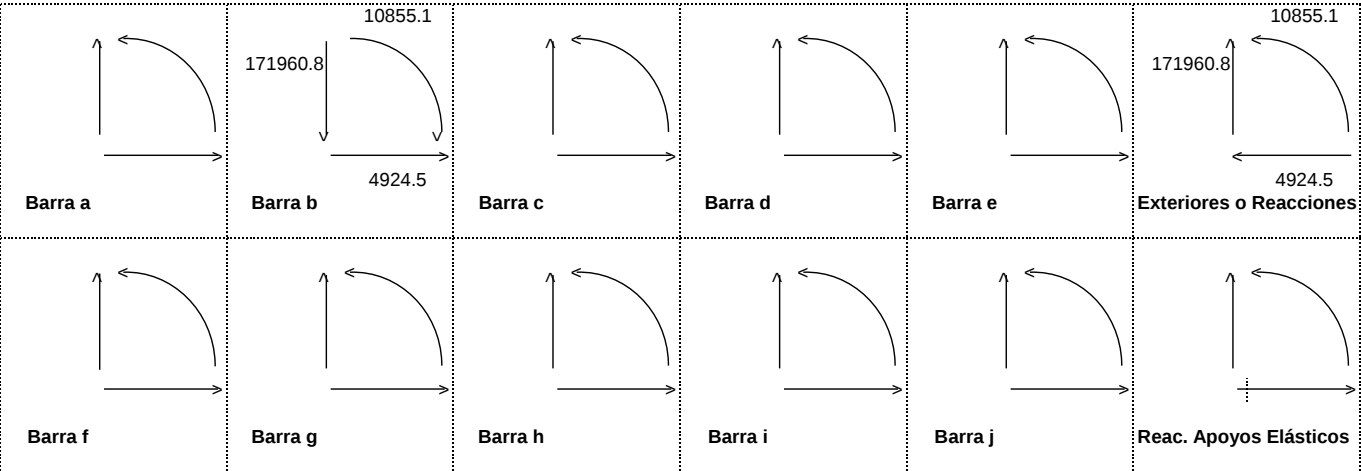
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 2

Nudo	2
------	---

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a				
b	Inicial	4924.5	-171960.8	-10855.1
c				
d				
e				
f				
g				
h				
i				
j				
Exteriores o Reacciones		-4924.5	171960.8	10855.1
Reac. Apoyos Elásticos				
Σ		0.0	0.0	0.0

El Nudo 2 está en equilibrio



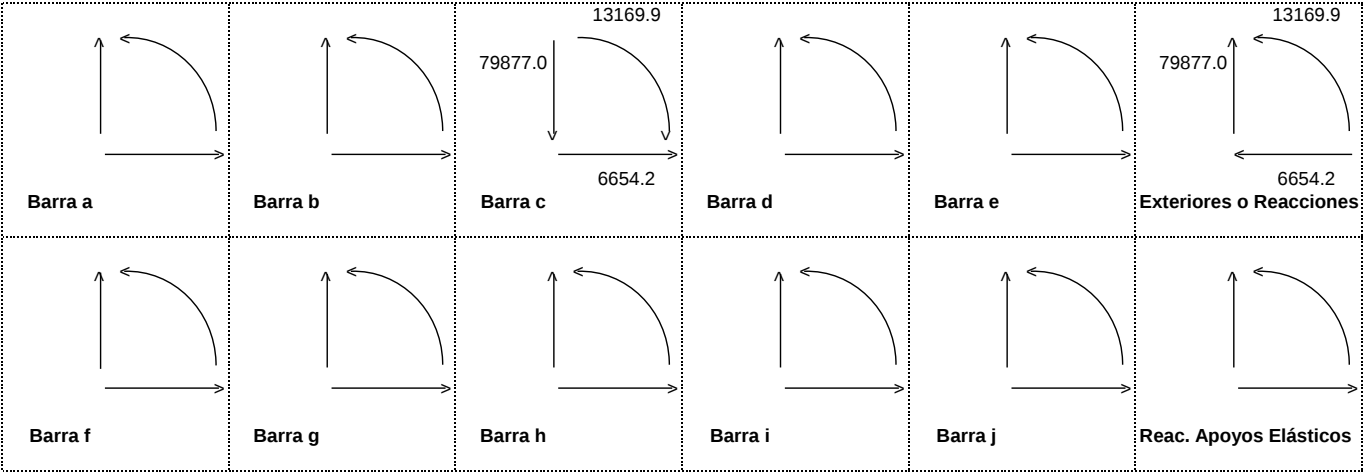
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 3

Nudo 3

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a				
b				
c	Inicial	6654.2	-79877.0	-13169.9
d				
e				
f				
g				
h				
i				
j				
Exteriores o Reacciones		-6654.2	79877.0	13169.9
Reac. Apoyos Elásticos				
Σ		0.0	0.0	0.0

El Nudo 3 está en equilibrio



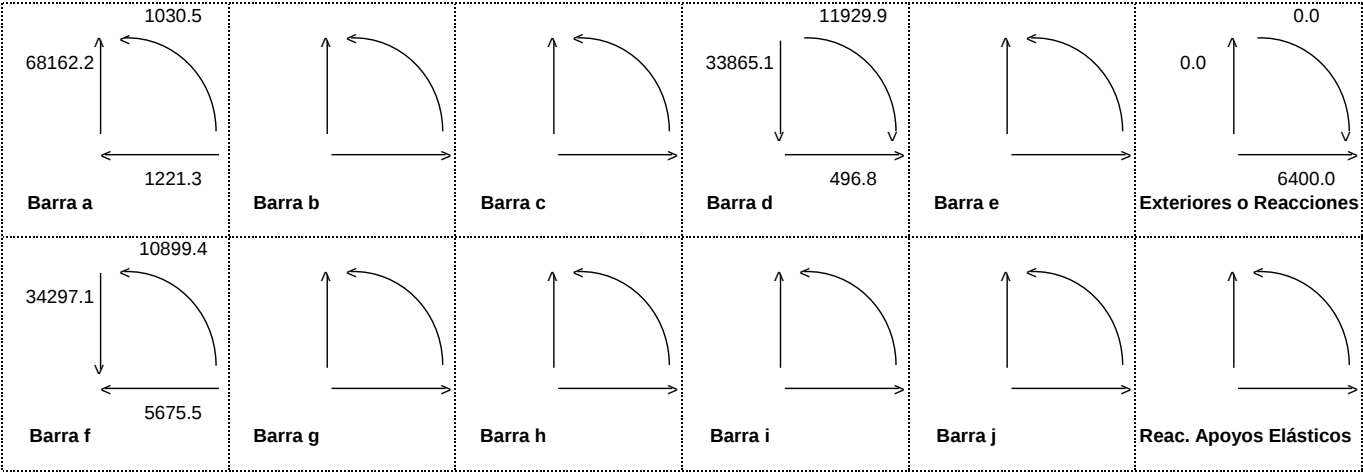
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 4

Nudo 4

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a	Final	-1221.3	68162.2	1030.5
b				
c				
d	Inicial	496.8	-33865.1	-11929.9
e				
f	Inicial	-5675.5	-34297.1	10899.4
g				
h				
i				
j				
Exteriores o Reacciones		6400.0	0.0	0.0
Reac. Apoyos Elásticos				
Σ		0.0	0.0	0.0

El Nudo 4 está en equilibrio



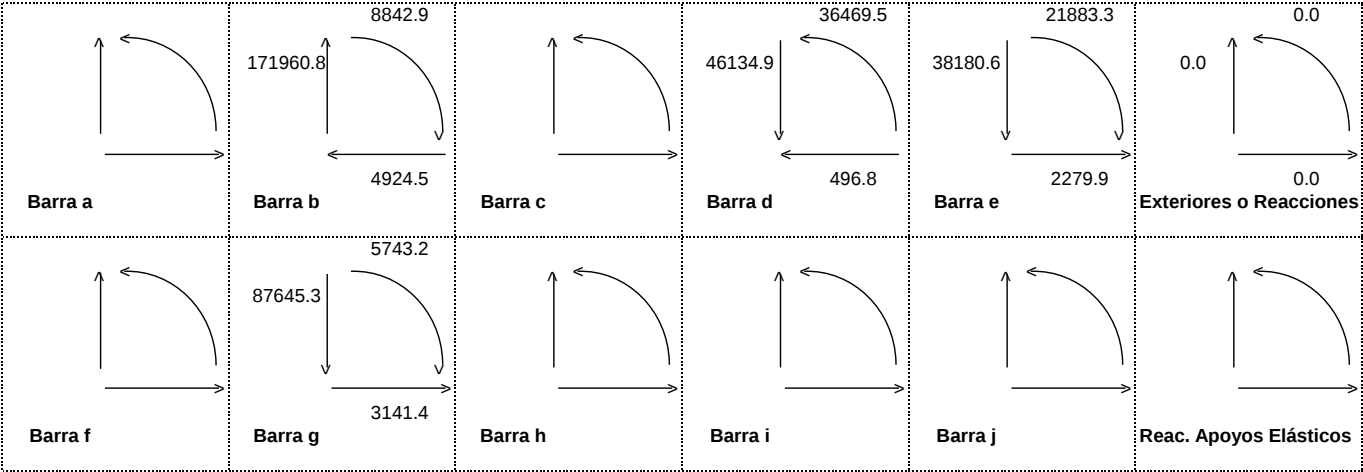
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 5

Nudo 5

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a				
b	Final	-4924.5	171960.8	-8842.9
c				
d	Final	-496.8	-46134.9	36469.5
e	Inicial	2279.9	-38180.6	-21883.3
f				
g	Inicial	3141.4	-87645.3	-5743.2
h				
i				
j				
Exteriores o Reacciones		0.0	0.0	0.0
Reac. Apoyos Elásticos				
Σ		0.0	0.0	0.0

El Nudo 5 está en equilibrio



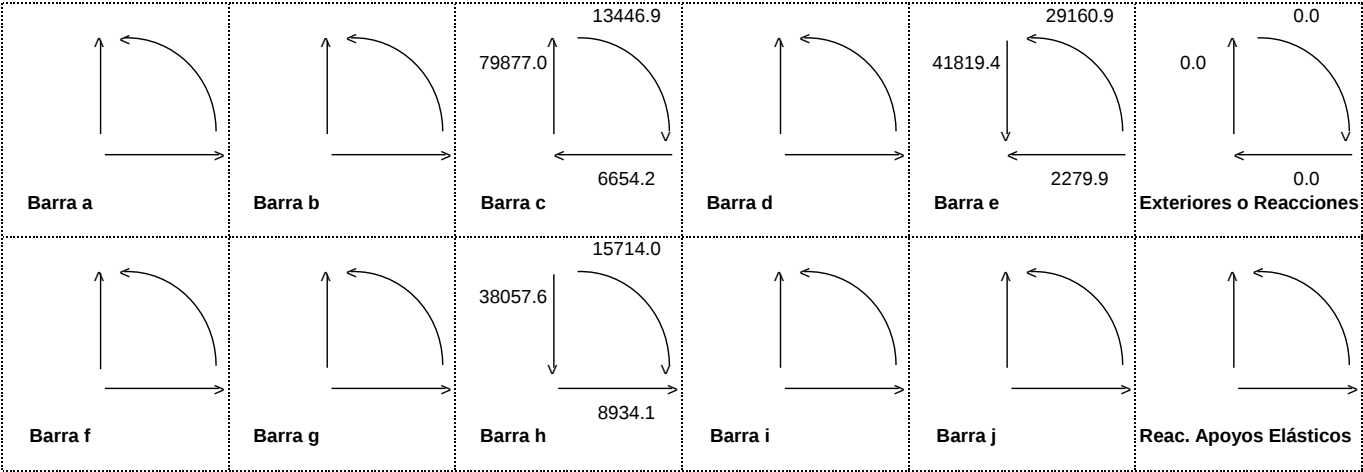
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 6

Nudo 6

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a				
b				
c	Final	-6654.2	79877.0	-13446.9
d				
e	Final	-2279.9	-41819.4	29160.9
f				
g				
h	Inicial	8934.1	-38057.6	-15714.0
i				
j				
Exteriores o Reacciones		0.0	0.0	0.0
Reac. Apoyos Elásticos				
Σ		0.0	0.0	0.0

El Nudo 6 está en equilibrio



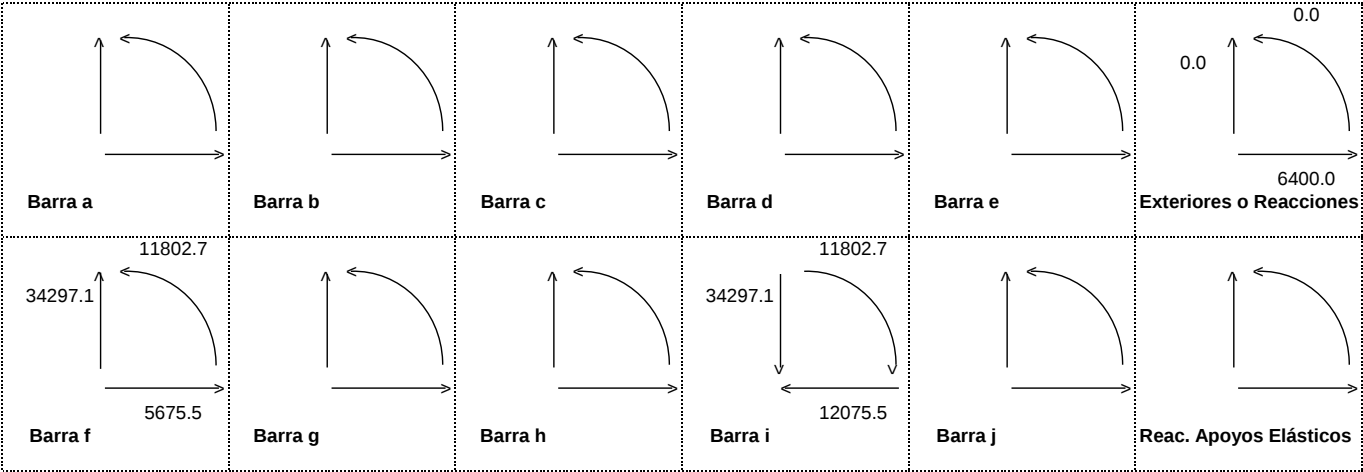
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 7

Nudo 7

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a				
b				
c				
d				
e				
f	Final	5675.5	34297.1	11802.7
g				
h				
i	Inicial	-12075.5	-34297.1	-11802.7
j				
Exteriores o Reacciones		6400.0	0.0	0.0
Reac. Apoyos Elásticos				
Σ		0.0	0.0	0.0

El Nudo 7 está en equilibrio



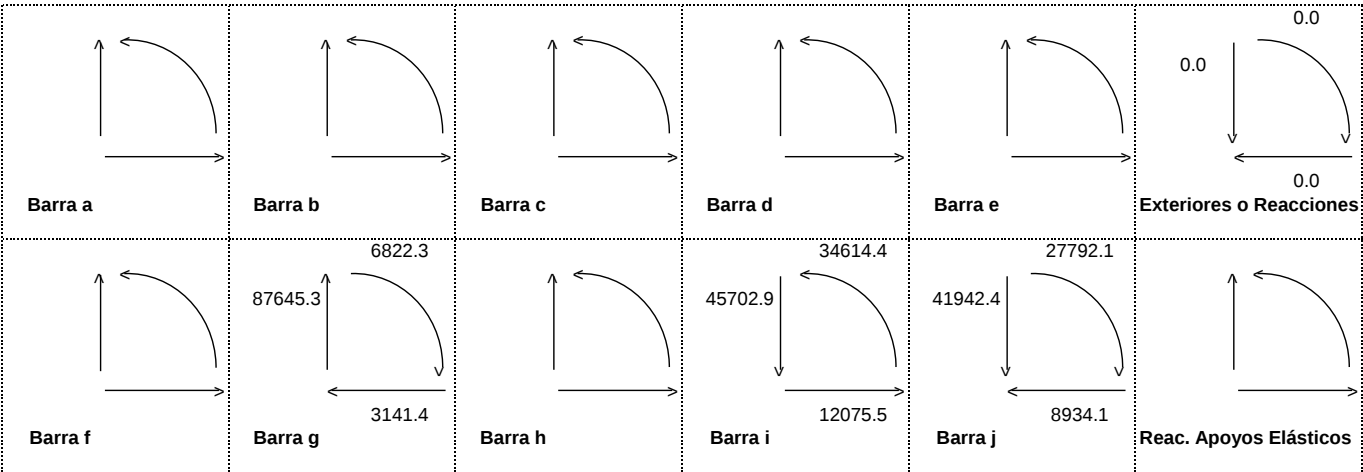
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 8

Nudo 8

Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a				
b				
c				
d				
e				
f				
g	Final	-3141.4	87645.3	-6822.3
h				
i	Final	12075.5	-45702.9	34614.4
j	Inicial	-8934.1	-41942.4	-27792.1
Exteriores o Reacciones		0.0	0.0	0.0
Reac. Apoyos Elásticos				
Σ		0.0	0.0	0.0

El Nudo 8 está en equilibrio



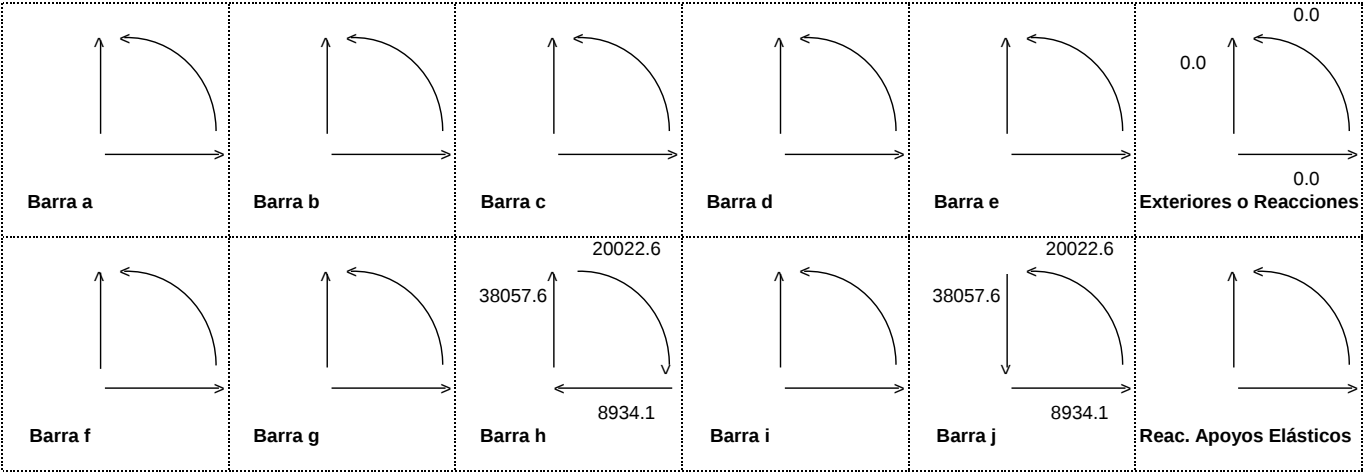
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 9

Nudo 9

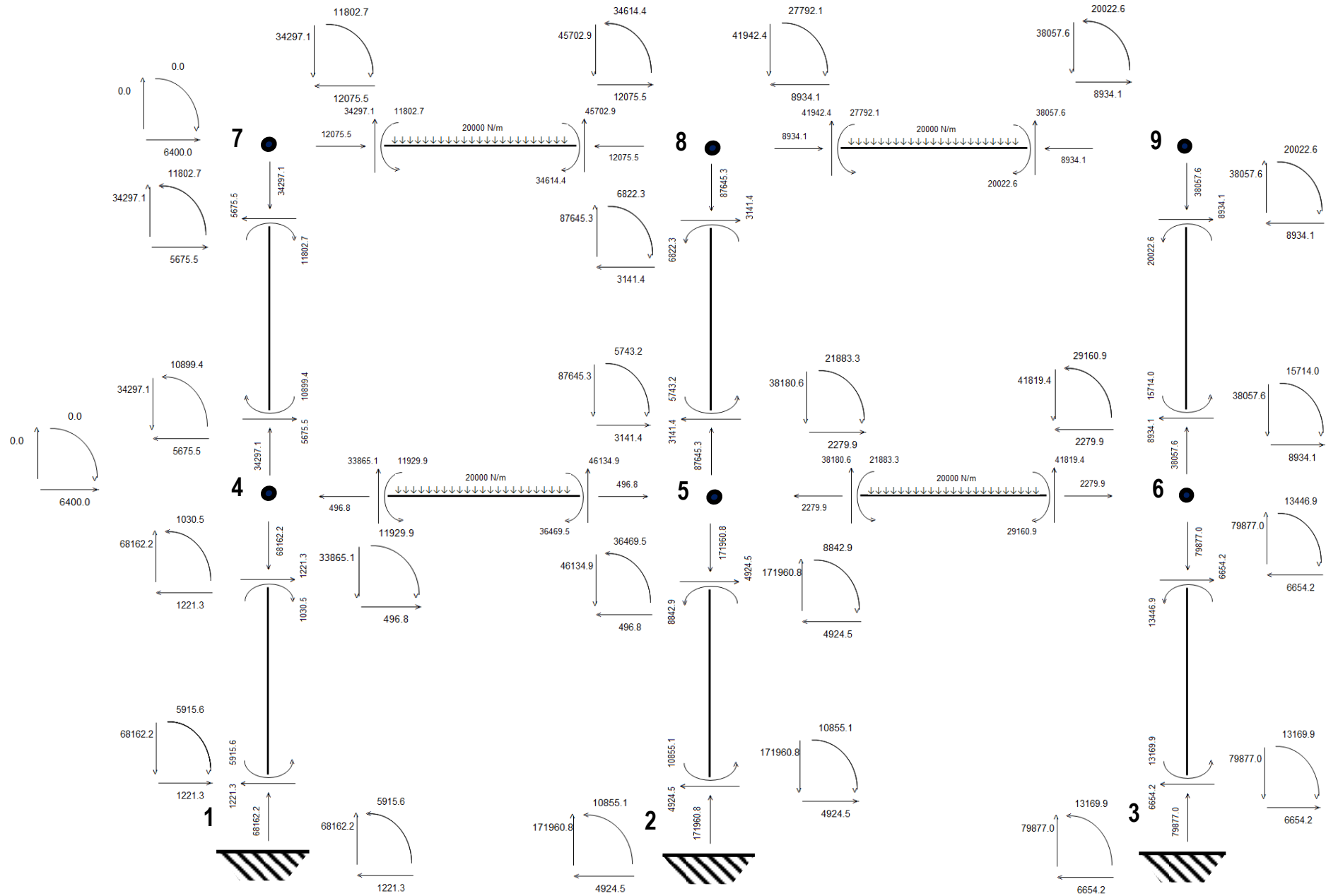
Fuerzas barra sobre nudo en GLOBALES				
Barra	Nudo	fx (N)	fy (N)	m (N.m)
a				
b				
c				
d				
e				
f				
g				
h	Final	-8934.1	38057.6	-20022.6
i				
j	Final	8934.1	-38057.6	20022.6
Exteriores o Reacciones		0.0	0.0	0.0
Reac. Apoyos Elásticos				
Σ		0.0	0.0	0.0

El Nudo 9 está en equilibrio



Ubicación no automatizada en función de geometría real

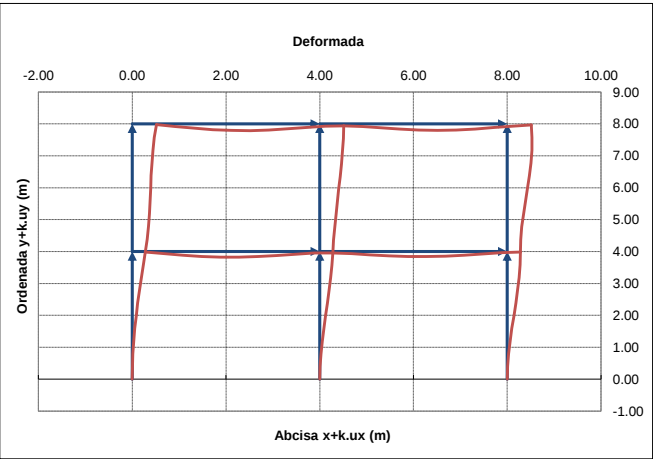
Esquema fuerzas en barras y nudos de la estructura completa (no automatizado en función de geometría real)
(Obtener de manera manual a partir de capturas de imágenes de fuerzas de las hojas Barras y Eq. Nudos)



Multiplic.k-def
150.0 m/m

Factor marco
5.00%

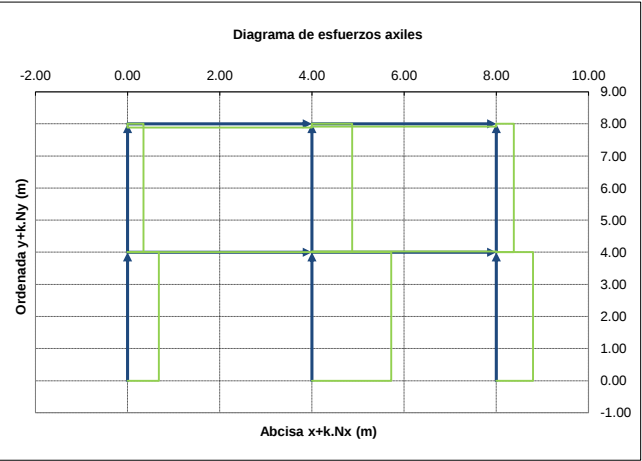
Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



Multipl. k-N
0.00001 m/N

Factor marco
5.00%

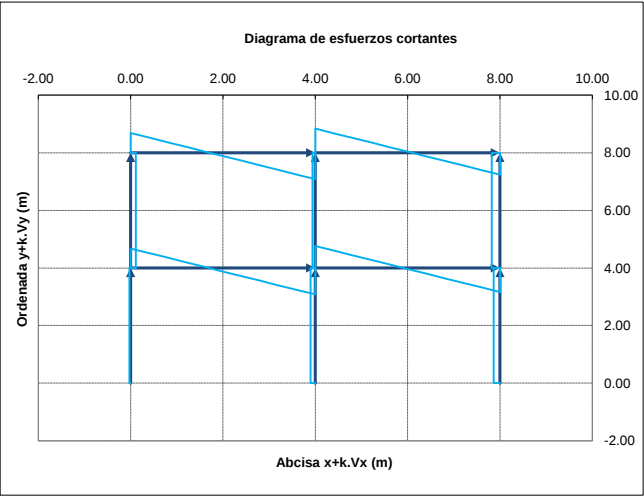
Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



Multiplíc. k-V
0.00002 m/N

Factor marco
5.00%

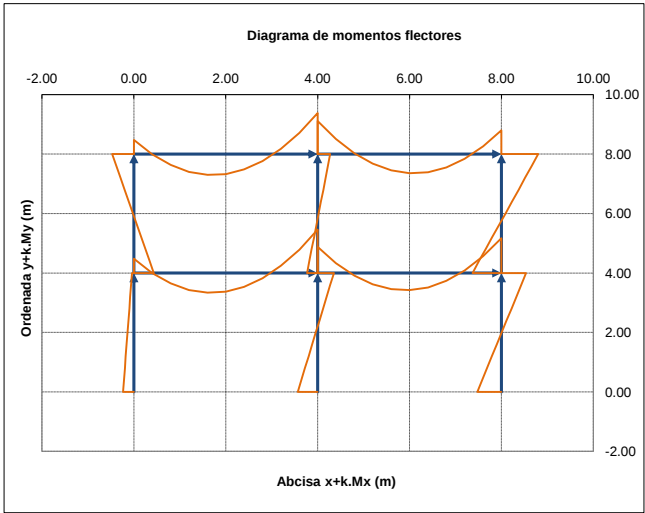
Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



Multipl. k-M
0.00004 m/N.m

Factor marco
5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



En funcion de los datos de entrada de nudos (coordenadas, condiciones de apoyo y de fuerzas puntuales exteriores) y de barras (conexión, tipo de barra y características mecánicas), junto a la discretización de cargas distribuidas dentro de cada una de las barras, se define el sistema estructural a resolver mediante en método matricial de rigidez

Nº Nudos

4

(máx 10)

Reset Hoja Datos

Fijar nº nudos

Unidades:

S.I.

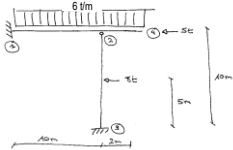
Ud. Longitud:

m

Ud. Fuerza:

N

Nudo	Coordenadas		Nudo no concord. ¹	Condiciones apoyos restringidos o impuestos ^{1 y 4}			Condiciones apoyos elasticos ^{1 y 2}			Condiciones fuerzas puntuales exteriores ^{1 y 4}		
	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Ang. nodal γ (°)	Desp. ux (x' nodal)	Desp. uy (y' nodal)	Giro θ (°)	Riq. kx (k'x nodal)	Riq. ky (k'y nodal)	Rigidez k θ	Fx (F'x nodal)	Fy (F'y nodal)	Momento M
1	0	0	0	0	0	0						
2	10	0										
3	10	-10		0		0						
4	12	0								-50000		



Barra	Nudo inicial	Nudo final	Tipo de barra		Mod. elasticidad E (N/m²)	Area transversal A (m²)	Momento inercia I (m⁴)	Mod. dilatación lineal α (°/°C)	Coordenadas iniciales		Coordenadas finales	Coordenadas relativas		Longitud L (m)	Angulo barra δ (°)	Apoyo no concordante		
			En nudo inicial	En nudo final					x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	Δx (m)	Δy (m)		Ang. nodal γ (°)	Ang. nodal γ_i (°)	Ang. nodal γ_f (°)
a	1	2	1	1	3.00E+10	3.00E-01	2.50E-02		0	0	10	0	10	0	10	0	0	0
b	3	2	1	0	3.00E+10	3.00E-01	2.50E-02		10	-10	10	0	0	10	10	90	0	0
c	2	4	1	1	3.00E+10	3.00E-01	2.50E-02		10	0	12	0	2	0	2	0	0	0

Factor marco
10.00%

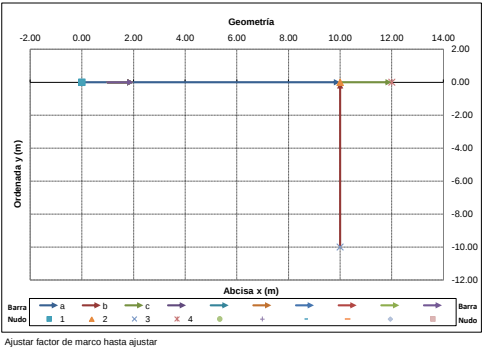


Tabla GDL ⁴									
NUDO	GDL Totales	GDL nº	GDL No interviene cálculo	GDL Restrignidos	GDL Libres	Rididez GDL con apoyo elástico	Nº barras concurrentes	Nº barras rígidas	Nº barras articuladas
1	ux1 uy1 θ1	1 2 3		1 1 1			1	1	0
2	ux2 uy2 θ2	4 5 6			1 1		3	2	1
3	ux3 uy3 θ3	7 8 9		1 1 1			1	1	0
4	ux4 uy4 θ4	10 11 12			1 1		1	1	0
4 NUDOS	12 GDL T		0 GDL N	6 GDL R	6 GDL L	0 GDL AE			

NOTAS:

Las celdas con fondo celeste son datos a introducir. Las de fondo rojo no se pueden rellenar al introducir ciertos datos. Las de fondo salmón se calculan automáticamente.

¹ En datos de nudos, en las celdas de nudos/apoyos no concordantes, condiciones de apoyos restringidos, condiciones de apoyos elásticos y fuerzas puntuales exteriores, dejar estas vacías si no hay datos que introducir de nudo/apoyo no concordante, apoyo restringido o impuesto, apoyo elástico o fuerza exterior respectivamente.

² Si un GDL está restringido o con valor impuesto, no se puede introducir fuerza o apoyo elástico en ese gdl, por lo que las celdas correspondientes se ponen con fondo rojo. Si se introduce un valor en dichas celdas, no se considera en el sistema global.

³ Tabla GDL. Cada nudo (columna 1) tiene 3 GDL: dos desplazamientos "ux" y "uy", y un giro "θ" (indicados en columna 2 y numerados en columna 3). En las columnas 4 a 6 de clasificación de cada GDL, una celda con valor 1 significa que el GDL correspondiente no interviene en el cálculo (porque no concurre en él ninguna barra que aporte rigidez en ese GDL), es restringido, o es libre, respectivamente en cada columna. Una celda vacía significa lo contrario.

En la columna 4, un valor 1 en un GDL de desplazamiento nudo significa que el nudo no tiene ninguna barra conectada; un valor 1 en un GDL de giro significa que ninguna barra aporta rigidez al giro en el nudo.

Las columnas 8 a 10 de barras, son columnas auxiliares que nos indican el número de barras que concurren en un nudo, y cuantas son de extremo rígido y cuantas de extremo articulado en cada nudo.

⁴ Si un GDL no interviene en el cálculo por lo concurrir barra en él que aporte rigidez a ese GDL, las condiciones de apoyo restringidos o impuestos, apoyos elásticos o fuerzas, introducidas en dichos GDLs en la tabla de datos de nudos, no pueden ser impuestas y no se introducen en el sistema global a posteriori.

Sistema F=K.U reordenado:

Reordenación:
 $F_L = K_{LL} \cdot U_L + K_{LR} \cdot U_R$
 $F_R = K_{RL} \cdot U_L + K_{RR} \cdot U_R$

Reordenar K

Cálculo de movimientos:
 $U_L = K_{LL}^{-1} \cdot (F_L - K_{LR} \cdot U_R)$

Resolver GDL libres

Cálculo de reacciones:
 $F_R = K_{RL} \cdot U_L + K_{RR} \cdot U_R$

Calcular Reacciones

K' (K reordenada):

K _{LL} :	ux2	uy2	θ2	ux4	uy4	θ4	ux1	uy1	θ1	ux3	uy3	θ3 :K _{LR}
ux2	5402250000.00	0.00	0.00	-4500000000.00	0.00	0.00						
uy2	0.00	20340000000.00	10800000000.00	0.00	-11250000000.00	11250000000.00						
θ2	0.00	10800000000.00	18000000000.00	0.00	-11250000000.00	7500000000.00						
ux4	-45000000000.00	0.00	0.00	45000000000.00	0.00	0.00						
uy4	0.00	-11250000000.00	-11250000000.00	0.00	11250000000.00	-11250000000.00						
θ4	0.00	11250000000.00	7500000000.00	0.00	-11250000000.00	15000000000.00						
ux1	-9000000000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
uy1	0.00	-90000000.00	45000000.00	0.00	0.00	0.00						
θ1	0.00	-450000000.00	1500000000.00	0.00	0.00	0.00						
ux3	-22500000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
uy3	0.00	-9000000000.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
θ3	225000000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						

K_{RL}:

:K_{RR}

¿K' simétrica?
SI

¿K_{LL} singular?
NO

La estructura es resoluble

K'-K'^T

	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

X

=

U_L: solución

-8.3126E-05
-4.0233E-04
1.2063E-03
-9.4237E-05
1.8503E-03
1.0997E-03

U_R: dado

F_L: dado

-25000.0
-360000.0
480000.0
-50000.0
-60000.0
20000.0
74813.0
57905.2
199052.4
187.0
362094.8
-1870.3

F_R: solución

-K_{LR}U_R: dado

--

F_L-K_{LR}U_R: dado

--

¿U_R nulo?
SI

Si SI, pone en blanco K_{LR}, K_{RR}, U_R, -K_{LR}U_R y F_L-K_{LR}U_R

En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

a

ENTRE NUDOS

12

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-
RIG 3: RIG-ART 4: RIG-
RIG

¿APOYO NO
CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

3.00E+10

3.00E-01

10

0

2.50E-02

0.00E+00

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

900000000.00	0.00	0.00	-900000000.00	0.00	0.00
0.00	90000000.00	45000000.00	0.00	-90000000.00	45000000.00
0.00	45000000.00	300000000.00	0.00	-45000000.00	150000000.00
-900000000.00	0.00	0.00	900000000.00	0.00	0.00
0.00	-90000000.00	-45000000.00	0.00	90000000.00	-45000000.00
0.00	45000000.00	150000000.00	0.00	-45000000.00	300000000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k 1-1

k 1-2

k 2-1

k 2-2

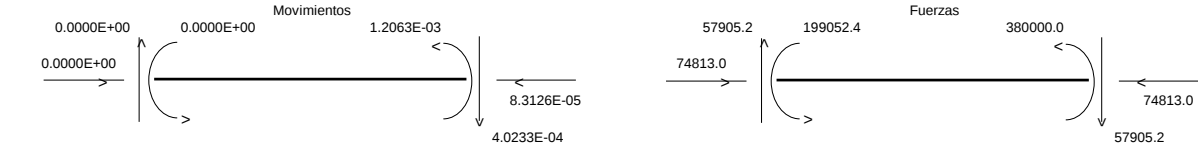
t = Matriz transformación LOCALES a GLOBALES (sin NODALES)

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

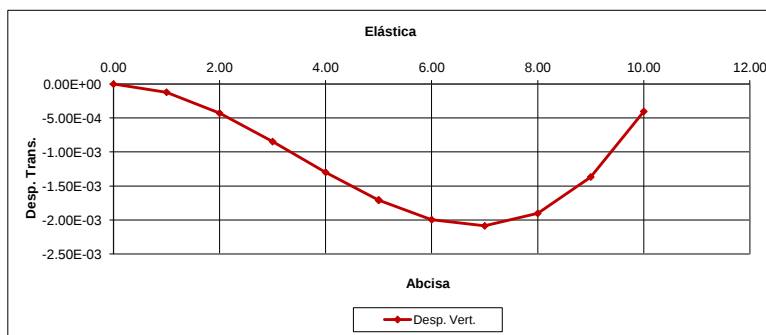
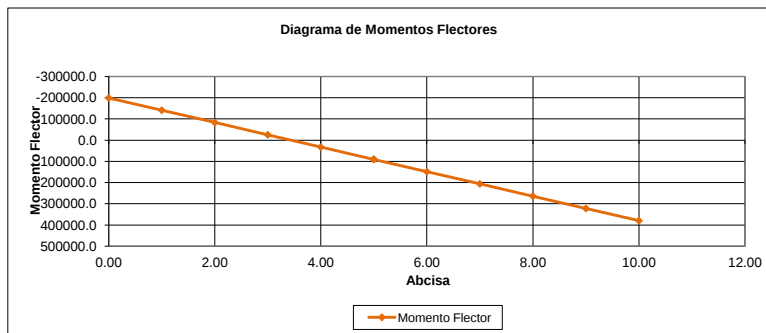
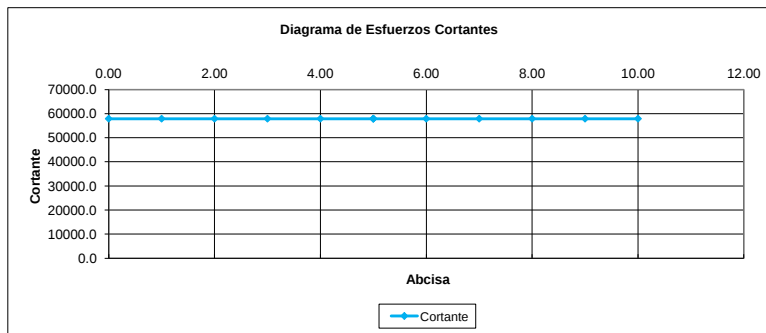
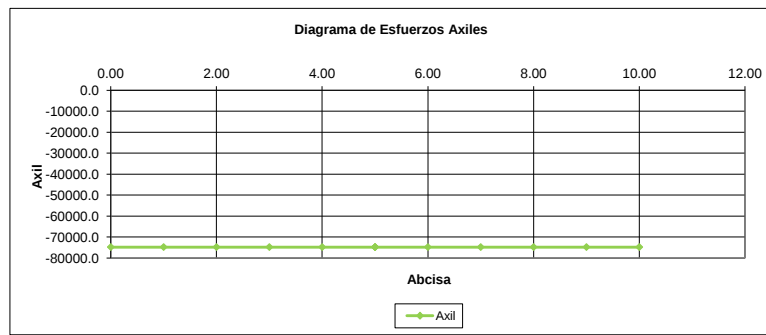
Movimientos	GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.^u	Fuerzas LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f
ux1	0.0000E+00	0.0000E+00	74813.0	74813.0	74813.0
uy1	0.0000E+00	0.0000E+00	57905.2	57905.2	57905.2
θ1	0.0000E+00	0.0000E+00	199052.4	199052.4	199052.4
ux2	-8.3126E-05	-8.3126E-05	-74813.0	-74813.0	-74813.0
uy2	-4.0233E-04	-4.0233E-04	-57905.2	-57905.2	-57905.2
θ2	1.2063E-03	1.2063E-03	380000.0	380000.0	380000.0



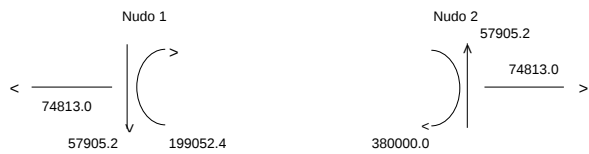
Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abscisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-74813.0	57905.2	-199052.4	0.0000E+00	0.0000E+00
2	1.00	-74813.0	57905.2	-141147.1	-8.3126E-06	-1.1983E-04
3	2.00	-74813.0	57905.2	-83241.9	-1.6625E-05	-4.2786E-04
4	3.00	-74813.0	57905.2	-25336.7	-2.4938E-05	-8.4688E-04
5	4.00	-74813.0	57905.2	32568.6	-3.3250E-05	-1.2997E-03
6der	5.00	-74813.0	57905.2	90473.8	-4.1563E-05	-1.7091E-03
6	5.00	-74813.0	57905.2	90473.8	-4.1563E-05	-1.7091E-03
6izq	5.00	-74813.0	57905.2	90473.8	-4.1563E-05	-1.7091E-03
7	6.00	-74813.0	57905.2	148379.1	-4.9875E-05	-1.9978E-03
8	7.00	-74813.0	57905.2	206284.3	-5.8188E-05	-2.0887E-03
9	8.00	-74813.0	57905.2	264189.5	-6.6500E-05	-1.9046E-03
10	9.00	-74813.0	57905.2	322094.8	-7.4813E-05	-1.3682E-03
11	10.00	-74813.0	57905.2	380000.0	-8.3126E-05	-4.0233E-04



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)
60000.00

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
300000.0	-300000.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
-500000.0	-500000.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Q _r (N)
600000.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
250000.0	5.000

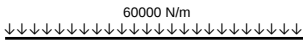
Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	2.113 y 7.887

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
-2.0833E-03	5.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	5.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	5.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	5.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	2.500 y 7.500

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	5.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

--	--

--	--

--	--

--	--

ESQUEMA



Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

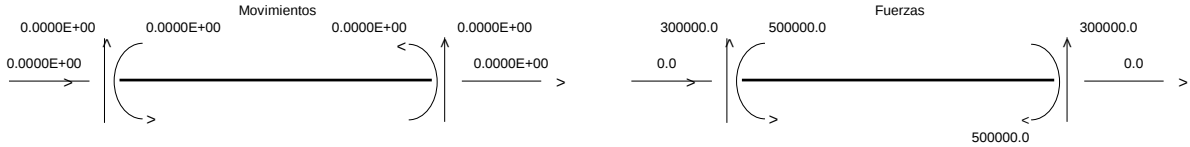
-Nizq->	0.0
-Vizq->	300000.0
-Mizq->	500000.0
-Nder->	0.0
-Vder->	300000.0
-Mder->	-500000.0

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	0.0
fyi	300000.0
mi	500000.0
fxj	0.0
fyj	300000.0
mj	-500000.0

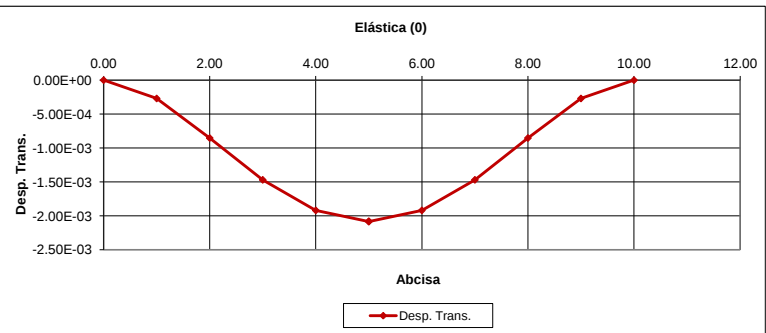
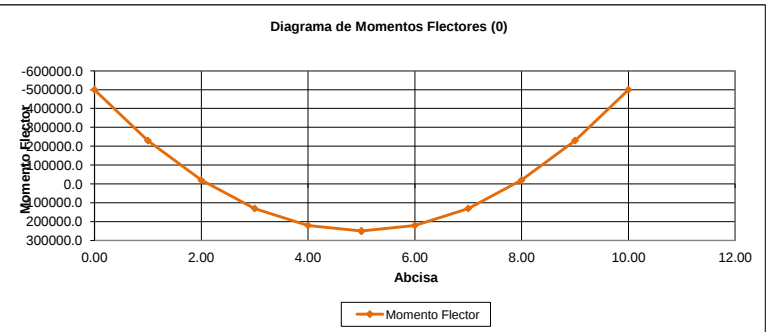
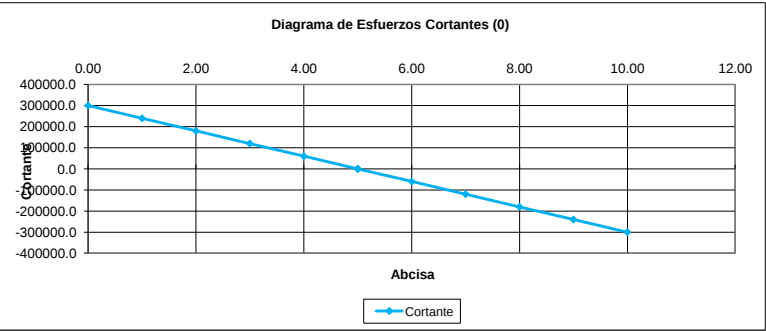


Fuerzas 0 (acción) a sistema global

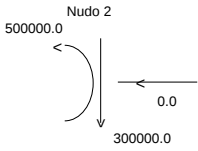
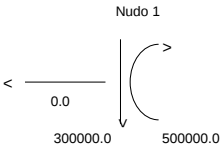


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	300000.0	-500000.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	1.00	0.0	240000.0	-230000.0	0.0000E+00	-2.7000E-04
3	2.00	0.0	180000.0	-20000.0	0.0000E+00	-8.5333E-04
4	3.00	0.0	120000.0	130000.0	0.0000E+00	-1.4700E-03
5	4.00	0.0	60000.0	220000.0	0.0000E+00	-1.9200E-03
6der	5.00	0.0	0.0	250000.0	0.0000E+00	-2.0833E-03 centro-der
6	5.00	0.0	0.0	250000.0	0.0000E+00	-2.0833E-03 centro
6izq	5.00	0.0	0.0	250000.0	0.0000E+00	-2.0833E-03 centro-izq
7	6.00	0.0	-60000.0	220000.0	0.0000E+00	-1.9200E-03
8	7.00	0.0	-120000.0	130000.0	0.0000E+00	-1.4700E-03
9	8.00	0.0	-180000.0	-20000.0	0.0000E+00	-8.5333E-04
10	9.00	0.0	-240000.0	-230000.0	0.0000E+00	-2.7000E-04
11	10.00	0.0	-300000.0	-500000.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

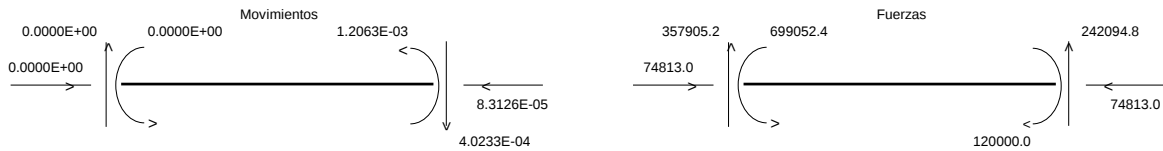
uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	-8.3126E-05
uyj	-4.0233E-04
θj	1.2063E-03

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T, f

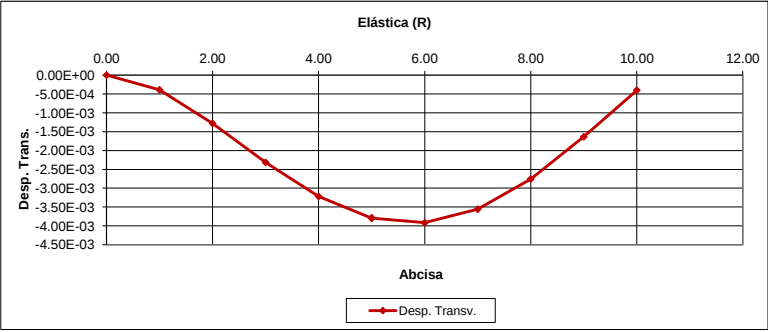
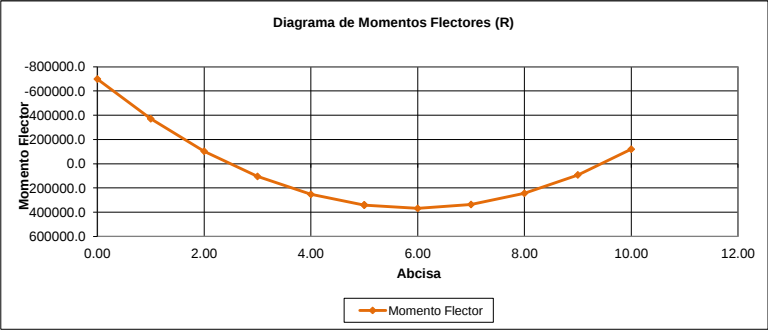
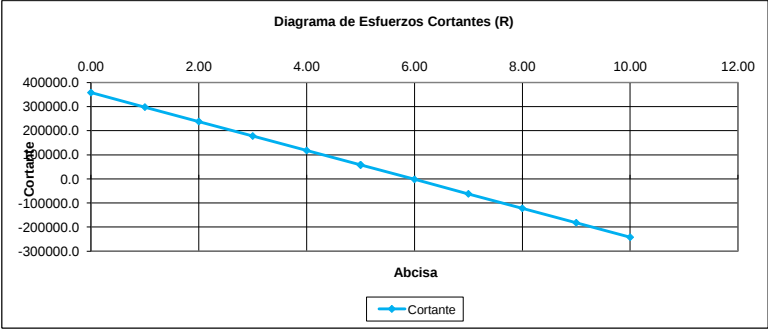
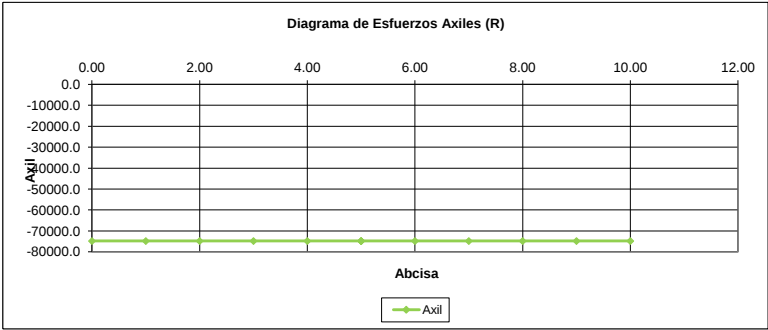
GLOBALES SIN NODALES f=t, f

74813.0	74813.0	74813.0	fxi
357905.2	357905.2	357905.2	fyi
699052.4	699052.4	699052.4	mi
-74813.0	-74813.0	-74813.0	fxj
242094.8	242094.8	242094.8	fyj
-120000.0	-120000.0	-120000.0	mj

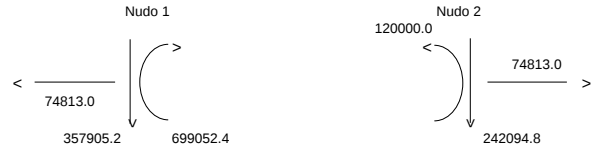


CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-74813.0	357905.2	-699052.4	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	1.00	-74813.0	297905.2	-371147.1	-8.3126E-06	-3.8983E-04	
3	2.00	-74813.0	237905.2	-103241.9	-1.6625E-05	-1.2812E-03	
4	3.00	-74813.0	177905.2	104663.3	-2.4938E-05	-2.3169E-03	
5	4.00	-74813.0	117905.2	252568.6	-3.3250E-05	-3.2197E-03	
6der	5.00	-74813.0	57905.2	340473.8	-4.1563E-05	-3.7924E-03	centro-der
6	5.00	-74813.0	57905.2	340473.8	-4.1563E-05	-3.7924E-03	centro
6izq	5.00	-74813.0	57905.2	340473.8	-4.1563E-05	-3.7924E-03	centro-izq
7	6.00	-74813.0	-2094.8	368379.1	-4.9875E-05	-3.9178E-03	
8	7.00	-74813.0	-62094.8	336284.3	-5.8188E-05	-3.5587E-03	
9	8.00	-74813.0	-122094.8	244189.5	-6.6500E-05	-2.7579E-03	
10	9.00	-74813.0	-182094.8	92094.8	-7.4813E-05	-1.6382E-03	
11	10.00	-74813.0	-242094.8	-120000.0	-8.3126E-05	-4.0233E-04	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

b

ENTRE NUDOS

3

2

TIPO BARRA

RIGIDA

ARTICULADA

CASO

3

1: ART-ART 2: ART-RIG 3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

3.00E+10

3.00E-01

10

90

2.50E-02

0.00E+00

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-ARTICULADA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

900000000.00	0.00	0.00	-900000000.00	0.00	0.00
0.00	2250000.00	22500000.00	0.00	-2250000.00	0.00
0.00	22500000.00	225000000.00	0.00	-22500000.00	0.00
-900000000.00	0.00	0.00	900000000.00	0.00	0.00
0.00	-2250000.00	-22500000.00	0.00	2250000.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-ARTICULADA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k=T.^k.T^T

k 3-3

k 3-2

k 2-3

k 2-2

2250000.00

0.00

-2250000.00

-2250000.00

0.00

0.00

0.00

900000000.00

0.00

0.00

-900000000.00

0.00

-2250000.00

0.00

225000000.00

22500000.00

0.00

0.00

-2250000.00

0.00

22500000.00

2250000.00

0.00

0.00

0.00

-900000000.00

0.00

0.00

900000000.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

Movimientos

ux3

uy3

θ3

ux2

uy2

θ2

GLOBALES (O NOD.)

0.0000E+00

0.0000E+00

0.0000E+00

-8.3126E-05

-4.0233E-04

1.2063E-03

LOCALES ^u=T^T.u

0.0000E+00

0.0000E+00

0.0000E+00

-4.0233E-04

8.3126E-05

1.2469E-05

Fuerzas

362094.8

-187.0

-1870.3

-362094.8

187.0

0.0

LOCALES ^f=^k.^u

187.0

362094.8

-1870.3

-187.0

-362094.8

0.0

GLOB. (O NOD.) f=T.^f

187.0

362094.8

-1870.3

-187.0

-362094.8

0.0

GLOBALES SIN NODALES f=t.^f

187.0

362094.8

-1870.3

-187.0

-362094.8

0.0

*Calculado a posteriori con resto movimientos

Movimientos

0.0000E+00

0.0000E+00

1.2469E-05

8.3126E-05

4.0233E-04

Fuerzas

362094.8

187.0

1870.3

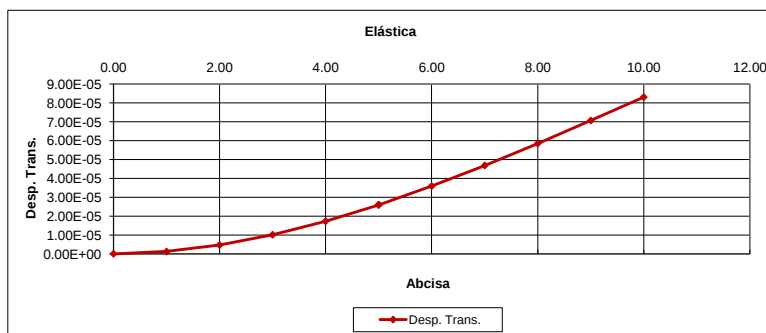
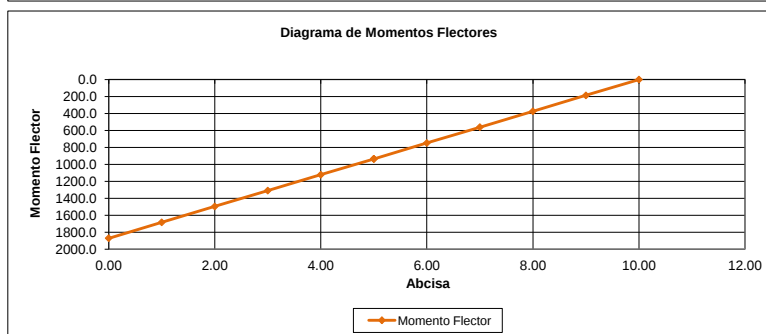
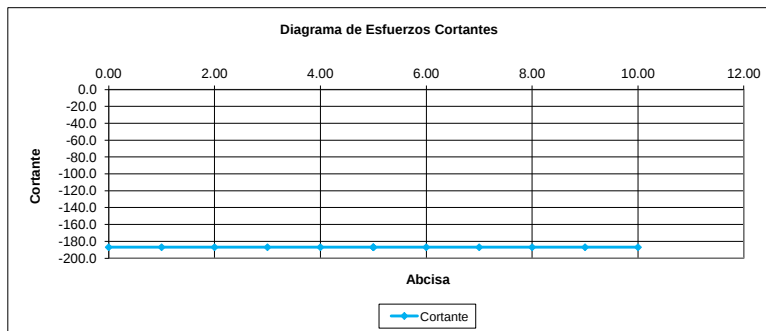
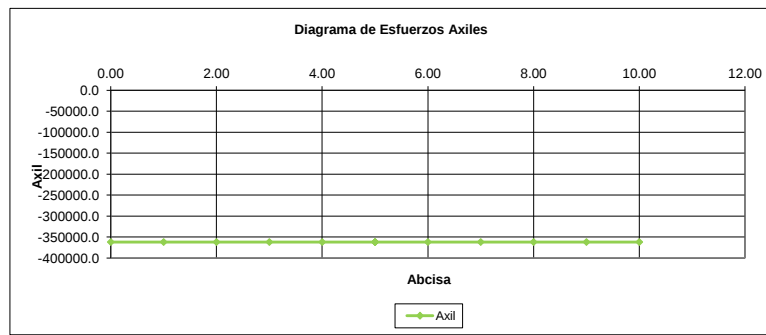
0.0

187.0

362094.8

Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

Punto	Abscisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-362094.8	-187.0	1870.3	0.0000E+00	0.0000E+00
2	1.00	-362094.8	-187.0	1683.3	-4.0233E-05	1.2053E-06
3	2.00	-362094.8	-187.0	1496.3	-8.0466E-05	4.6550E-06
4	3.00	-362094.8	-187.0	1309.2	-1.2070E-04	1.0100E-05
5	4.00	-362094.8	-187.0	1122.2	-1.6093E-04	1.7290E-05
6der	5.00	-362094.8	-187.0	935.2	-2.0116E-04	2.5977E-05
6	5.00	-362094.8	-187.0	935.2	-2.0116E-04	2.5977E-05
6izq	5.00	-362094.8	-187.0	935.2	-2.0116E-04	2.5977E-05
7	6.00	-362094.8	-187.0	748.1	-2.4140E-04	3.5910E-05
8	7.00	-362094.8	-187.0	561.1	-2.8163E-04	4.6841E-05
9	8.00	-362094.8	-187.0	374.1	-3.2186E-04	5.8520E-05
10	9.00	-362094.8	-187.0	187.0	-3.6209E-04	7.0698E-05
11	10.00	-362094.8	-187.0	0.0	-4.0233E-04	8.3126E-05



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
0.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	6.250

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	2.500

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	5.785

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
-80000.00	5.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
-55000.0	25000.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
150000.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	-3.3333E-04

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	5.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
-125000.0	5.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	2.727

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
9.9381E-04	5.528

Criterio signos de matricial

ESQUEMA

DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

ESQUEMA

80000 N



Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	-3.3333E-04

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

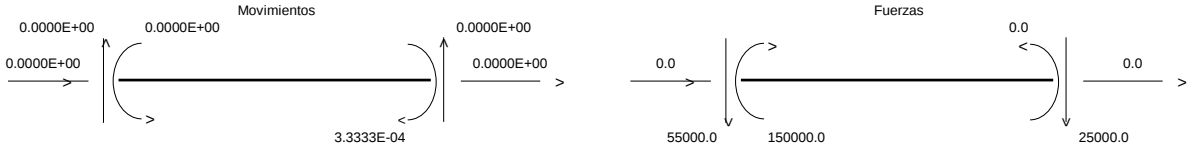
-Nizq->	0.0
-Vizq->	-55000.0
-Mizq->	-150000.0
-Nder->	0.0
-Vder->	-25000.0
-Mder->	0.0

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	55000.0
fyi	0.0
mi	-150000.0
fxj	25000.0
fyj	0.0
mj	0.0



Fuerzas 0 (acción) a sistema global



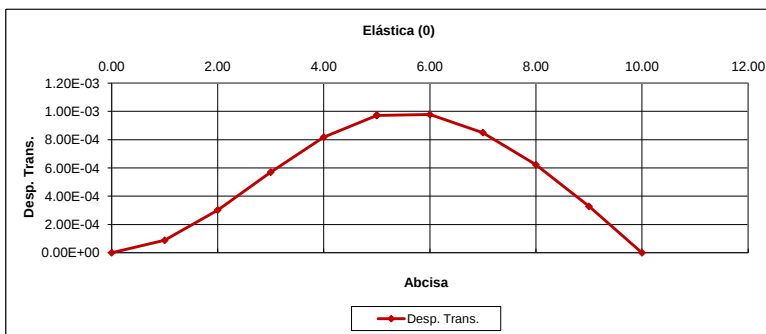
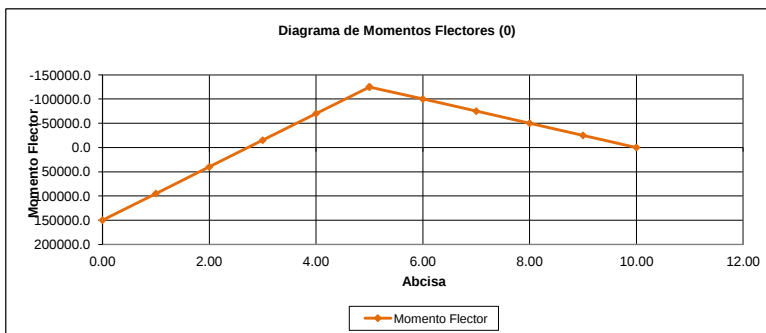
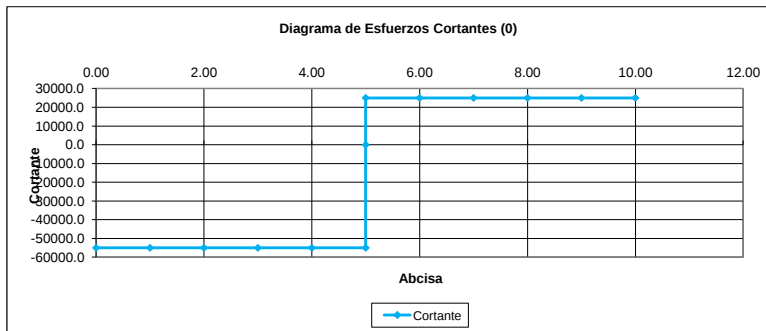
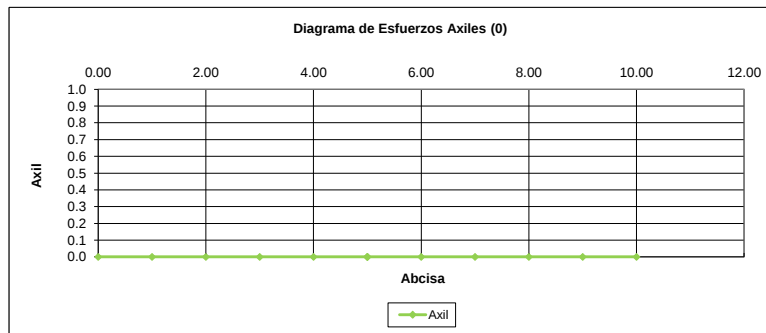
CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	-55000.0	150000.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	1.00	0.0	-55000.0	95000.0	0.0000E+00	8.7778E-05
3	2.00	0.0	-55000.0	40000.0	0.0000E+00	3.0222E-04
4	3.00	0.0	-55000.0	-15000.0	0.0000E+00	5.7000E-04
5	4.00	0.0	-55000.0	-70000.0	0.0000E+00	8.1778E-04
6der	5.00	0.0	-55000.0	-125000.0	0.0000E+00	9.7222E-04
6	5.00	0.0	0.0	-125000.0	0.0000E+00	9.7222E-04
6izq	5.00	0.0	25000.0	-125000.0	0.0000E+00	9.7222E-04
7	6.00	0.0	25000.0	-100000.0	0.0000E+00	9.7778E-04
8	7.00	0.0	25000.0	-75000.0	0.0000E+00	8.5000E-04
9	8.00	0.0	25000.0	-50000.0	0.0000E+00	6.2222E-04
10	9.00	0.0	25000.0	-25000.0	0.0000E+00	3.2778E-04
11	10.00	0.0	25000.0	0.0	0.0000E+00	0.0000E+00

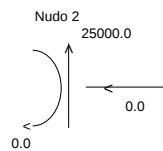
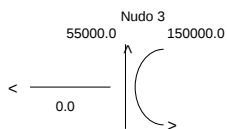
centro-der

centro

centro-izq



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

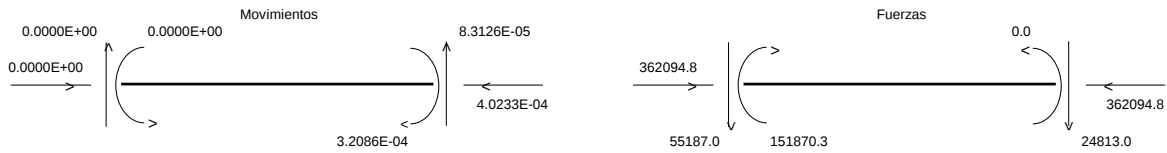
uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	-4.0233E-04
uyj	8.3126E-05
θj	-3.2086E-04

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T, f

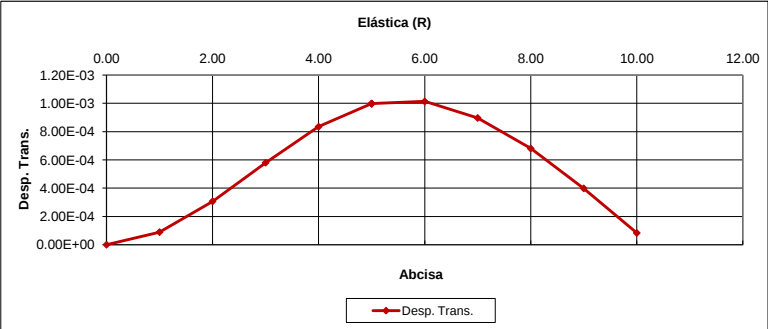
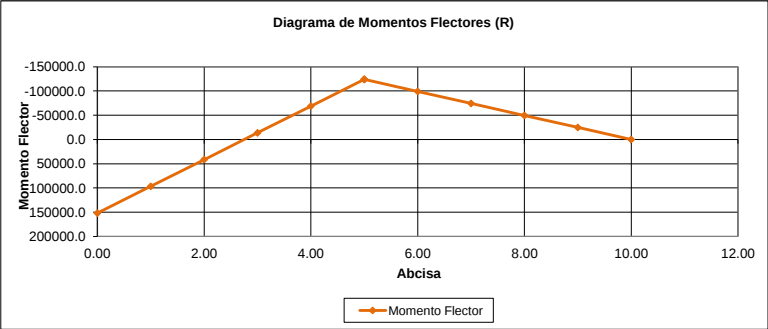
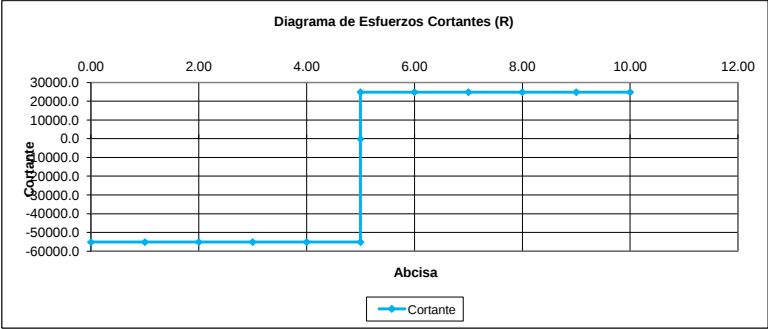
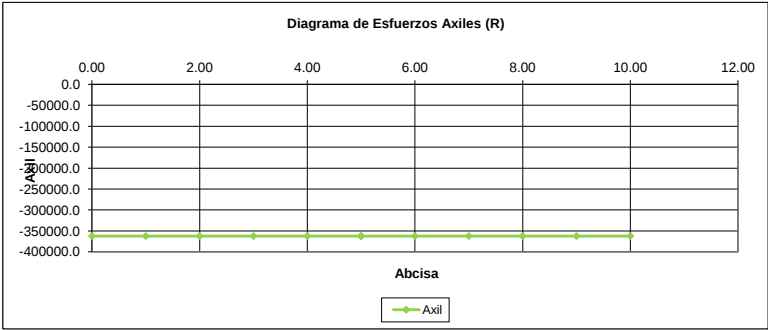
GLOBALES SIN NODALES f=t, f

	362094.8	55187.0	55187.0	fxi
	-55187.0	362094.8	362094.8	fyi
	-151870.3	-151870.3	-151870.3	mi
	-362094.8	24813.0	24813.0	fxj
	-24813.0	-362094.8	-362094.8	fyj
	0.0	0.0	0.0	mj

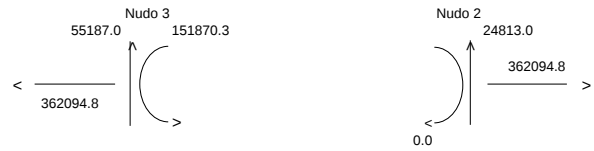


CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-362094.8	-55187.0	151870.3	0.0000E+00	0.0000E+00	i
2	1.00	-362094.8	-55187.0	96683.3	-4.0233E-05	8.8983E-05	
3	2.00	-362094.8	-55187.0	41496.3	-8.0466E-05	3.0688E-04	
4	3.00	-362094.8	-55187.0	-13690.8	-1.2070E-04	5.8010E-04	
5	4.00	-362094.8	-55187.0	-68877.8	-1.6093E-04	8.3507E-04	
6der	5.00	-362094.8	-55187.0	-124064.8	-2.0116E-04	9.9820E-04	centro-der
6	5.00	-362094.8	-187.0	-124064.8	-2.0116E-04	9.9820E-04	centro
6izq	5.00	-362094.8	24813.0	-124064.8	-2.0116E-04	9.9820E-04	centro-izq
7	6.00	-362094.8	24813.0	-99251.9	-2.4140E-04	1.0137E-03	
8	7.00	-362094.8	24813.0	-74438.9	-2.8163E-04	8.9684E-04	
9	8.00	-362094.8	24813.0	-49625.9	-3.2186E-04	6.8074E-04	
10	9.00	-362094.8	24813.0	-24813.0	-3.6209E-04	3.9848E-04	
11	10.00	-362094.8	24813.0	0.0	-4.0233E-04	8.3126E-05	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



En funcion de los datos de entrada: características del material, geometría de la barra y giro respecto al sistema de referencia general se obtiene la matriz elemental de la barra tanto en coordenadas locales como en coordenadas globales (y/o nodales).

BARRA

c

ENTRE NUDOS

24

TIPO BARRA

RIGIDA

RIGIDA

CASO

4

1: ART-ART 2: ART-RIG 3: RIG-ART 4: RIG-RIG

¿APOYO NO CONCORDANTE?

yi (°)

yj (°)

(vacío si no hay)

E (N/m²)

A (m²)

L (m)

β (°)

I (m⁴)

α (°C⁻¹)

3.00E+10

3.00E-01

2

0

2.50E-02

0.00E+00

^k = Matriz elemental en coordenadas LOCALES de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas LOCALES: ^f=^k.^u

4500000000.00	0.00	0.00	-4500000000.00	0.00	0.00
0.00	1125000000.00	1125000000.00	0.00	-1125000000.00	1125000000.00
0.00	1125000000.00	1500000000.00	0.00	-1125000000.00	750000000.00
-4500000000.00	0.00	0.00	4500000000.00	0.00	0.00
0.00	-1125000000.00	-1125000000.00	0.00	1125000000.00	-1125000000.00
0.00	1125000000.00	750000000.00	0.00	-1125000000.00	1500000000.00

T = Matriz de transformacion de coordenadas LOCALES a GLOBALES (O NODALES con apoyo no concordante)

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	yi (°)
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	¿apoyo no concordante?
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	yj (°)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

k = Matriz elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES) de barra RIGIDA-RIGIDA -> Ecuación matricial elemental en coordenadas GLOBALES (O NODALES): f=k.u

k= T.^k.T^T

k 2-2

k 2-4

k 4-2

k 4-4

4500000000.00

0.00

0.00

-4500000000.00

0.00

0.00

0.00

1125000000.00

1125000000.00

0.00

-1125000000.00

1125000000.00

0.00

1125000000.00

1500000000.00

0.00

-1125000000.00

750000000.00

-4500000000.00

0.00

0.00

4500000000.00

0.00

0.00

0.00

1125000000.00

-1125000000.00

0.00

1125000000.00

1500000000.00

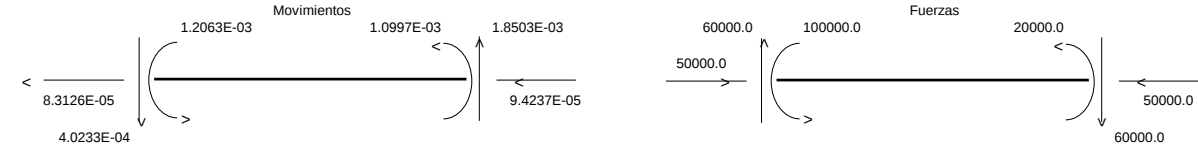
⇒

Ensamblar en matriz de rigidez global

Esfuerzos internos en coordenadas LOCALES

De sistema global

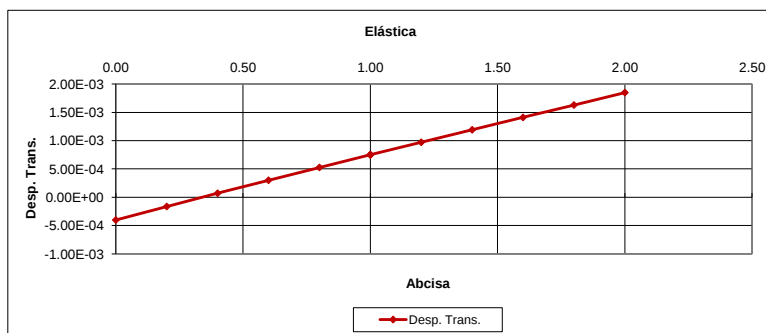
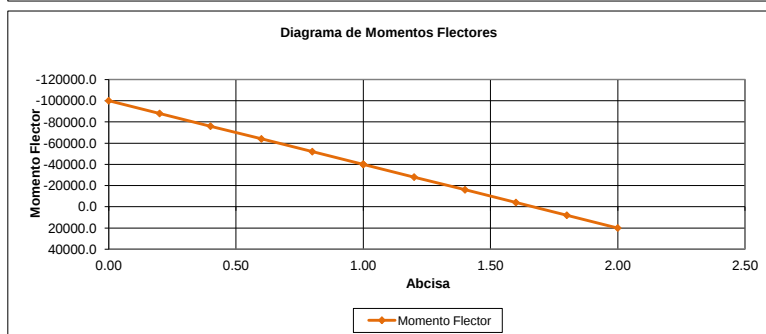
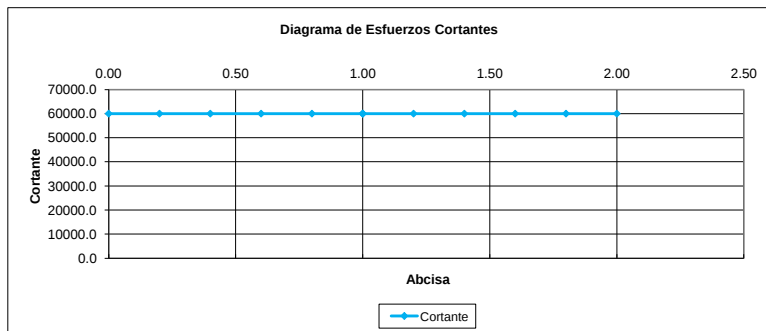
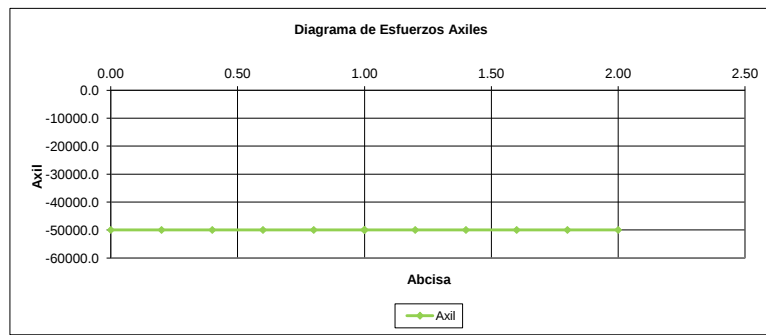
Movimientos	GLOBALES (O NOD.)	LOCALES ^u=T^T.u	Fuerzas LOCALES ^f=^k.^u	GLOB. (O NOD.) f=T.^f	GLOBALES SIN NODALES f=t.^f
ux2	-8.3126E-05	-8.3126E-05	50000.0	50000.0	50000.0
uy2	-4.0233E-04	-4.0233E-04	60000.0	60000.0	60000.0
θ2	1.2063E-03	1.2063E-03	100000.0	100000.0	100000.0
ux4	-9.4237E-05	-9.4237E-05	-50000.0	-50000.0	-50000.0
uy4	1.8503E-03	1.8503E-03	-60000.0	-60000.0	-60000.0
θ4	1.0997E-03	1.0997E-03	20000.0	20000.0	20000.0



Representacion grafica (criterio signos de Resistencia de Materiales)

CASO C. M.

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	-50000.0	60000.0	-100000.0	-8.3126E-05	-4.0233E-04
2	0.20	-50000.0	60000.0	-88000.0	-8.4237E-05	-1.6362E-04
3	0.40	-50000.0	60000.0	-76000.0	-8.5348E-05	7.0386E-05
4	0.60	-50000.0	60000.0	-64000.0	-8.6459E-05	3.0034E-04
5	0.80	-50000.0	60000.0	-52000.0	-8.7570E-05	5.2689E-04
6der	1.00	-50000.0	60000.0	-40000.0	-8.8681E-05	7.5066E-04
6	1.00	-50000.0	60000.0	-40000.0	-8.8681E-05	7.5066E-04
6izq	1.00	-50000.0	60000.0	-40000.0	-8.8681E-05	7.5066E-04
7	1.20	-50000.0	60000.0	-28000.0	-8.9792E-05	9.7229E-04
8	1.40	-50000.0	60000.0	-16000.0	-9.0903E-05	1.1924E-03
9	1.60	-50000.0	60000.0	-4000.0	-9.2014E-05	1.4117E-03
10	1.80	-50000.0	60000.0	8000.0	-9.3126E-05	1.6308E-03
11	2.00	-50000.0	60000.0	20000.0	-9.4237E-05	1.8503E-03



Fuerzas de la barra sobre nudos



FUERZAS DISTRIBUIDAS

CARGA UNIFORME TRANSVERSAL

q (N/m)
60000.00

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
60000.0	-60000.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
-20000.0	-20000.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

QT (N)
120000.0

Criterio: + abajo (presión), - arriba (succión)

Mmax+ (N.m)	x (m)
10000.0	1.000

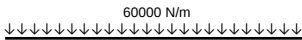
Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.423 y 1.577

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
-3.3333E-06	1.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



CARGA PUNTUAL TRANSVERSAL EN CENTRO DE VANO

P (N)	x (m)
	1.000

Criterio: + abajo, - arriba

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

Vnulo (N)	x (m)
0.0	1.000

(diagrama vertical: salto de un signo a otro)

Mmax+ (N.m)	x (m)
0.0	1.000

Mnulo (N.m)	x (m)
0.0	0.500 y 1.500

Criterio signos de Resistencia de Materiales

fmax (m)	x (m)
0.0000E+00	1.000

Criterio signos de matricial

ESQUEMA



DIFERENCIA UNIFORME TEMPERATURA

ΔT (°C)

Criterio: + dilatación, - contracción

DATOS DISCRETIZACIÓN Y DIAGRAMAS

Nizq (N)	Nder (N)
0.0	0.0

Vizq (N)	Vder (N)
0.0	0.0

Mizq- (N.m)	Mder- (N.m)
0.0	0.0

Criterio signos de Resistencia de Materiales

θizq (rad)	θder (rad)
0.0000E+00	0.0000E+00

Criterio signos de matricial

DATOS COMPROBACIÓN

--	--

--	--

--	--

--	--

ESQUEMA



Movimientos 0

LOCALES

uxi	0.0000E+00
uyi	0.0000E+00
θi	0.0000E+00
uxj	0.0000E+00
uyj	0.0000E+00
θj	0.0000E+00

Fuerzas 0 (reacción)

LOCALES

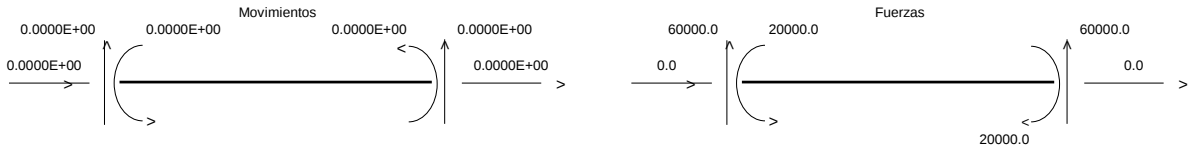
-Nizq->	0.0
-Vizq->	60000.0
-Mizq->	20000.0
-Nder->	0.0
-Vder->	60000.0
-Mder->	-20000.0

GLOB. (O NOD.) f=T.Δ

fxi	0.0
fyi	60000.0
mi	20000.0
fxj	0.0
fyj	60000.0
mj	-20000.0

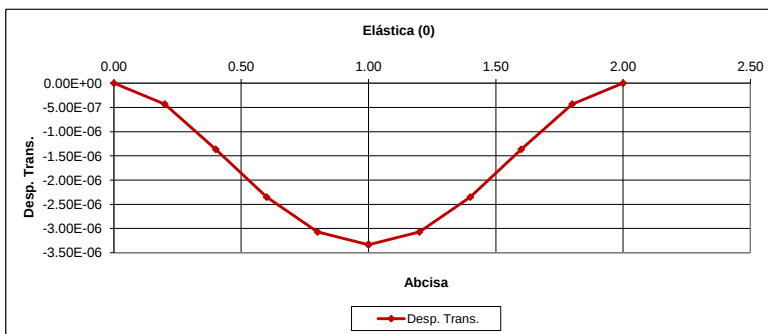
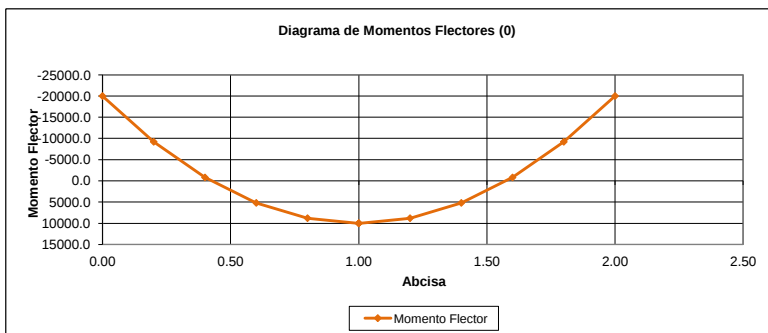
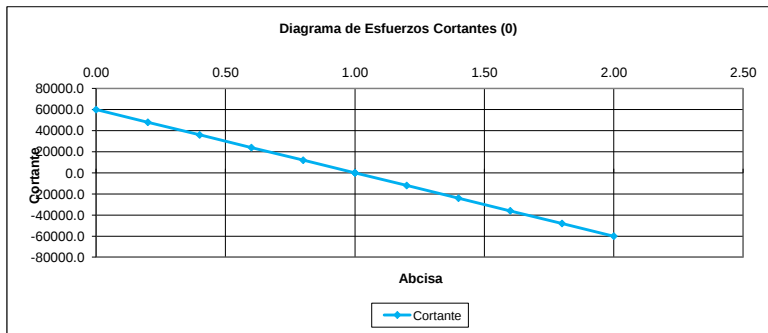
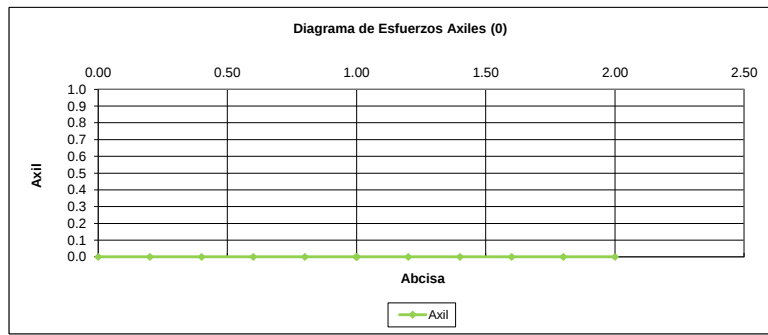


Fuerzas 0 (acción) a sistema global

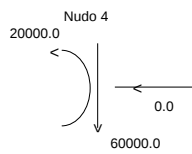
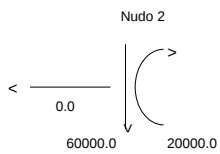


CASO 0 (REACCION)

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)
1	0.00	0.0	60000.0	-20000.0	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.20	0.0	48000.0	-9200.0	0.0000E+00	-4.3200E-07
3	0.40	0.0	36000.0	-800.0	0.0000E+00	-1.3653E-06
4	0.60	0.0	24000.0	5200.0	0.0000E+00	-2.3520E-06
5	0.80	0.0	12000.0	8800.0	0.0000E+00	-3.0720E-06
6der	1.00	0.0	0.0	10000.0	0.0000E+00	-3.3333E-06 centro-der
6	1.00	0.0	0.0	10000.0	0.0000E+00	-3.3333E-06 centro
6izq	1.00	0.0	0.0	10000.0	0.0000E+00	-3.3333E-06 centro-izq
7	1.20	0.0	-12000.0	8800.0	0.0000E+00	-3.0720E-06
8	1.40	0.0	-24000.0	5200.0	0.0000E+00	-2.3520E-06
9	1.60	0.0	-36000.0	-800.0	0.0000E+00	-1.3653E-06
10	1.80	0.0	-48000.0	-9200.0	0.0000E+00	-4.3200E-07
11	2.00	0.0	-60000.0	-20000.0	0.0000E+00	0.0000E+00



Fuerzas de la barra sobre nudos



Movimientos 0+CM

LOCALES

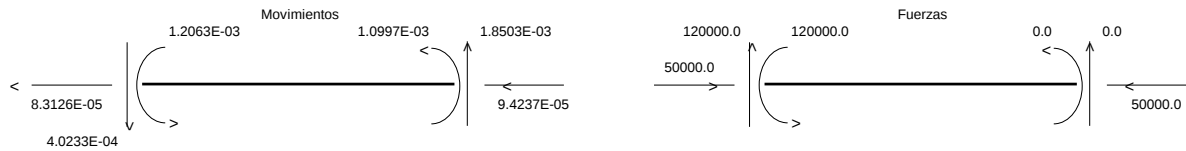
uxj	-8.3126E-05
uyj	-4.0233E-04
θj	1.2063E-03
uxj	-9.4237E-05
uyj	1.8503E-03
θj	1.0997E-03

Fuerzas 0+CM LOCALES

GLOB. (O NOD.) f=T, f

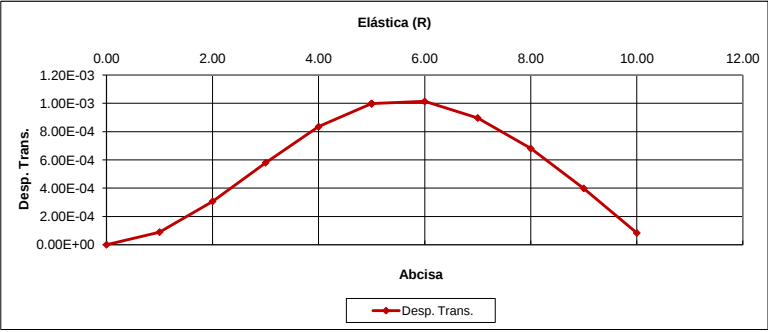
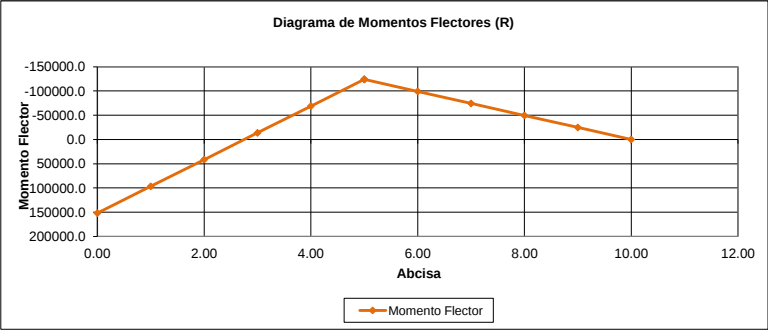
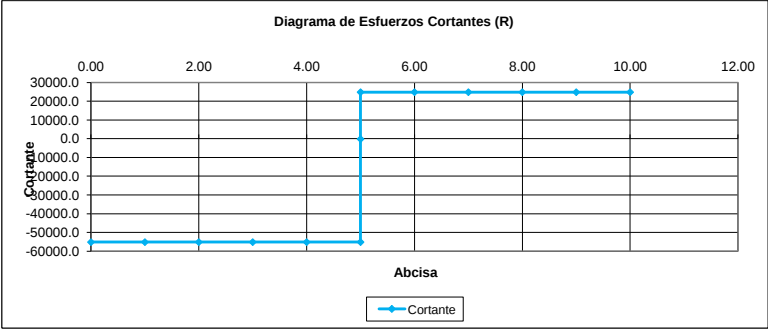
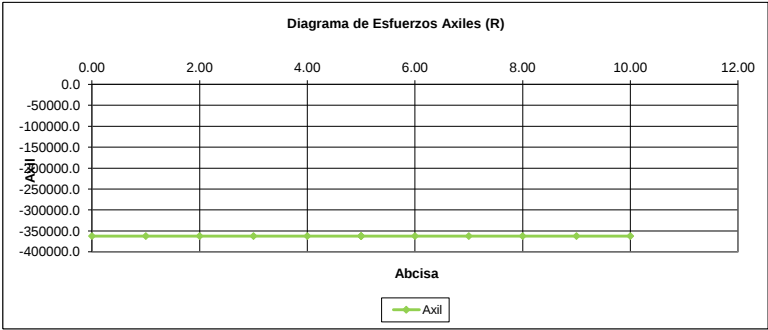
GLOBALES SIN NODALES f=t, f

50000.0	50000.0	50000.0	fxi
120000.0	120000.0	120000.0	fyi
120000.0	120000.0	120000.0	mi
-50000.0	-50000.0	-50000.0	fxj
0.0	0.0	0.0	fyj
0.0	0.0	0.0	mj

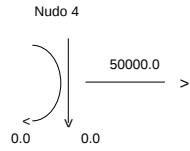
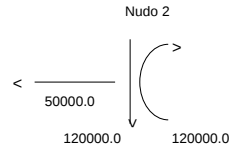


CASO REAL= 0 + CM

Punto	Abcisa x (m)	N (N)	V (N)	M (N.m)	Desp. Long. (m)	Desp. Trans. (m)	
1	0.00	-50000.0	120000.0	-120000.0	-8.3126E-05	-4.0233E-04	i
2	0.20	-50000.0	108000.0	-97200.0	-8.4237E-05	-1.6406E-04	
3	0.40	-50000.0	96000.0	-76800.0	-8.5348E-05	6.9021E-05	
4	0.60	-50000.0	84000.0	-58800.0	-8.6459E-05	2.9799E-04	
5	0.80	-50000.0	72000.0	-43200.0	-8.7570E-05	5.2381E-04	
6der	1.00	-50000.0	60000.0	-30000.0	-8.8681E-05	7.4732E-04	centro-der
6	1.00	-50000.0	60000.0	-30000.0	-8.8681E-05	7.4732E-04	centro
6izq	1.00	-50000.0	60000.0	-30000.0	-8.8681E-05	7.4732E-04	centro-izq
7	1.20	-50000.0	48000.0	-19200.0	-8.9792E-05	9.6922E-04	
8	1.40	-50000.0	36000.0	-10800.0	-9.0903E-05	1.1901E-03	
9	1.60	-50000.0	24000.0	-4800.0	-9.2014E-05	1.4104E-03	
10	1.80	-50000.0	12000.0	-1200.0	-9.3126E-05	1.6304E-03	
11	2.00	-50000.0	0.0	0.0	-9.4237E-05	1.8503E-03	j



Fuerzas de la barra sobre nudos



Superposición

Superposición

(en coord. globales con nodales)

	Caso C.M.	Caso 0	Caso Real
	F= fuerzas	Fuerzas	F= fuerzas
	C.M. (solución)	0 (reaccion)	C.M. + 0
Fx1	74813.0	0.0	74813.0
Fy1	57905.2	300000.0	357905.2
M1	199052.4	500000.0	699052.4
Fx2	-25000.0	25000.0	0.0
Fy2	-360000.0	360000.0	0.0
M2	480000.0	-480000.0	0.0
Fx3	187.0	55000.0	55187.0
Fy3	362094.8	0.0	362094.8
M3	-1870.3	-150000.0	-151870.3
Fx4	-50000.0	0.0	-50000.0
Fy4	-60000.0	60000.0	0.0
M4	20000.0	-20000.0	0.0



COMPROBACIÓN CON FUERZAS
EXTERIORES INTRODUCIDAS



COMPROBACIÓN CORRECTA



Transformación

(en coord. globales sin nodales)

	Caso C.M.	Caso 0	Caso Real
	F= fuerzas	Fuerzas	F= fuerzas
	C.M. (solución)	0 (reaccion)	C.M. + 0
Fx1	74813.0	0.0	74813.0
Fy1	57905.2	300000.0	357905.2
M1	199052.4	500000.0	699052.4
Fx2	-25000.0	25000.0	0.0
Fy2	-360000.0	360000.0	0.0
M2	480000.0	-480000.0	0.0
Fx3	187.0	55000.0	55187.0
Fy3	362094.8	0.0	362094.8
M3	-1870.3	-150000.0	-151870.3
Fx4	-50000.0	0.0	-50000.0
Fy4	-60000.0	60000.0	0.0
M4	20000.0	-20000.0	0.0



Estas fuerzas se comprobará que se equilibrarán en cada nudo.
Comprobacion Equilibrio en nudos (Caso Real con cargas en barras)
Ir a hoja Eq. Nudos



t: Matrices transformación nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

Reacciones en apoyos elásticos

Datos partida C.M.
(en coord. globales con nodales)

Mov. Apoy. Elas. Rigidez Apoyo
C.M. (u_{AE}) Elástico (K_{AE})

ux1		
uy1		
θ1		
ux2		
uy2		
θ2		
ux3		
uy3		
θ3		
ux4		
uy4		
θ4		



Cálculo
(en coord. globales con nodales)

Reac. Apoy. Elas.*
 $R_{AE} = -K_{AE} \cdot u_{AE}$

Fx1	
Fy1	
M1	
Fx2	
Fy2	
M2	
Fx3	
Fy3	
M3	
Fx4	
Fy4	
M4	

*Se saca la rigidez interna del apoyo elástico introducida en el C.M. y se calcula la reacción en el GDL producida por el mismo.



Transformación
(en coord. globales sin nodales)

Reac. Apoy. Elas.
($t \cdot R_{AE}$)

Fx1	
Fy1	
M1	
Fx2	
Fy2	
M2	
Fx3	
Fy3	
M3	
Fx4	
Fy4	
M4	



t: Matrices transformación globales sin nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

Se utilizará para comprobación equilibrio global .Ir a hoja Eq. Global
Así como para la comprobacion equilibrio en nudos. Ir a hoja Eq. Nudos

Comprobación de equilibrio global

Solución C.M.
(en coord. globales con nodales)

F= fuerzas Reac.Apoy.Elas.* Fuerzas F+R.A.E.
C.M. (solución) C.M. (solución) C.M. (solución)

Fx1	74813.0		74813.0
Fy1	57905.2		57905.2
M1	199052.4		199052.4
Fx2	-25000.0		-25000.0
Fy2	-360000.0		-360000.0
M2	480000.0		480000.0
Fx3	187.0		187.0
Fy3	362094.8		362094.8
M3	-1870.3		-1870.3
Fx4	-50000.0		-50000.0
Fy4	-60000.0		-60000.0
M4	20000.0		20000.0

*sacadas las rigideces
de apoyos elásticos
del sistema C.M.

Transformación
(en coord. globales sin nodales)

Fuerzas F+R.A.E. M₀ (momentos F.
C.M. (solución) respecto origen)*

Fx1	74813.0	0.0
Fy1	57905.2	0.0
M1	199052.4	199052.4
Fx2	-25000.0	0.0
Fy2	-360000.0	-360000.0
M2	480000.0	480000.0
Fx3	187.0	1870.3
Fy3	362094.8	3620947.6
M3	-1870.3	-1870.3
Fx4	-50000.0	0.0
Fy4	-60000.0	-720000.0
M4	20000.0	20000.0

*Se calcula a partir de las
componentes de las fuerzas
y coordenadas de los nudos



t: Matrices transformación globales con nodales a globales sin nodales

1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00
0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	1.00

↓

↓

Comprobación Equilibrio global C.M.

ΣFx= 0.0

ΣFy= 0.0

ΣM₀= 0.0

Cálculo matricial correcto

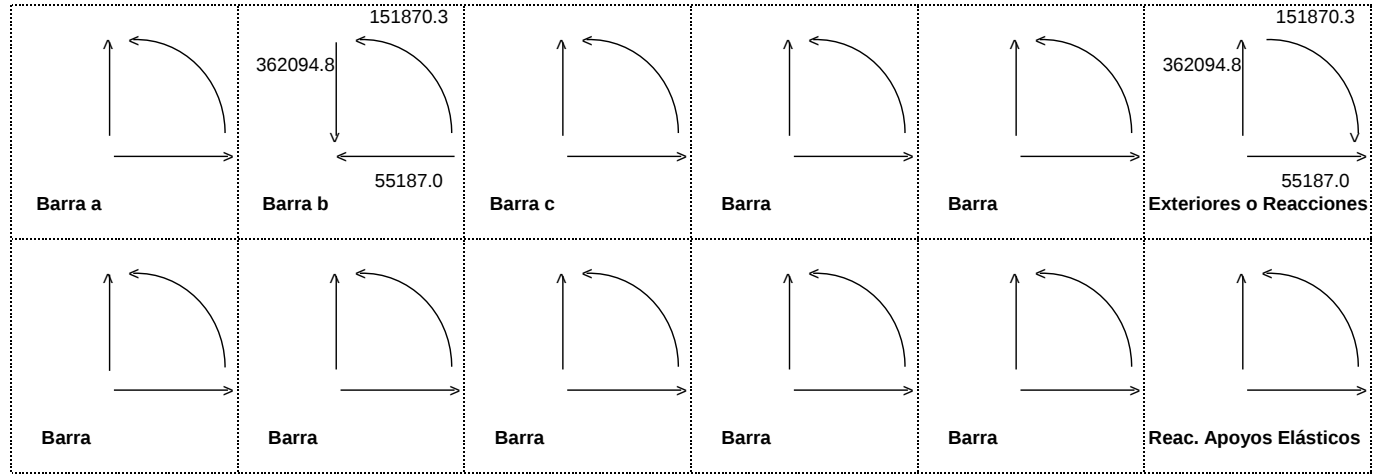
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 3

Nudo	3
------	---

[illegible]

El Nudo 3 está en equilibrio



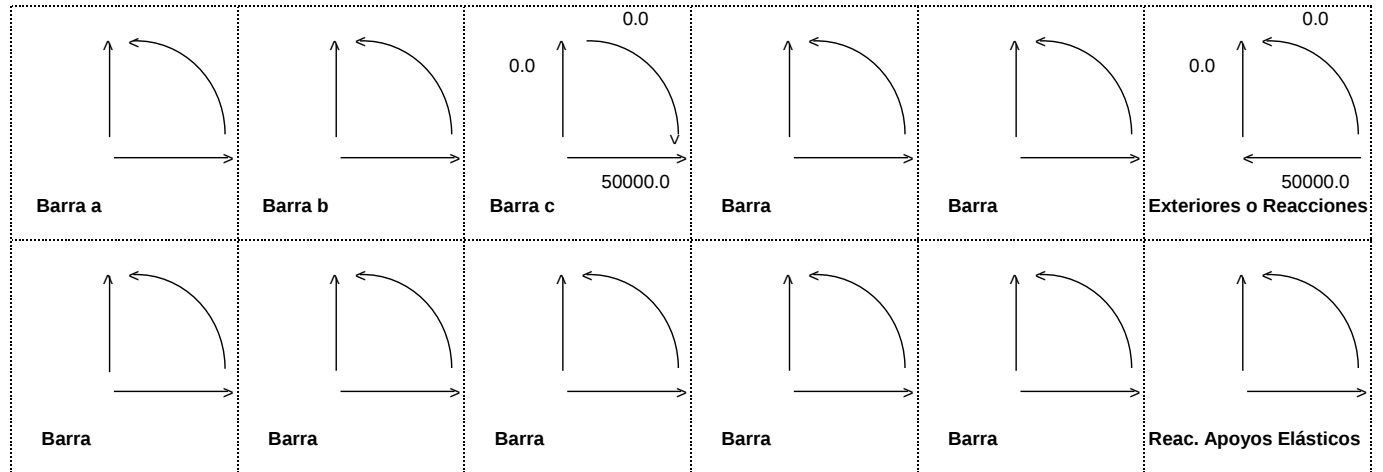
Ubicación no automatizada en función de geometría real

Equilibrio en Nudo 4

Nudo	4
------	---

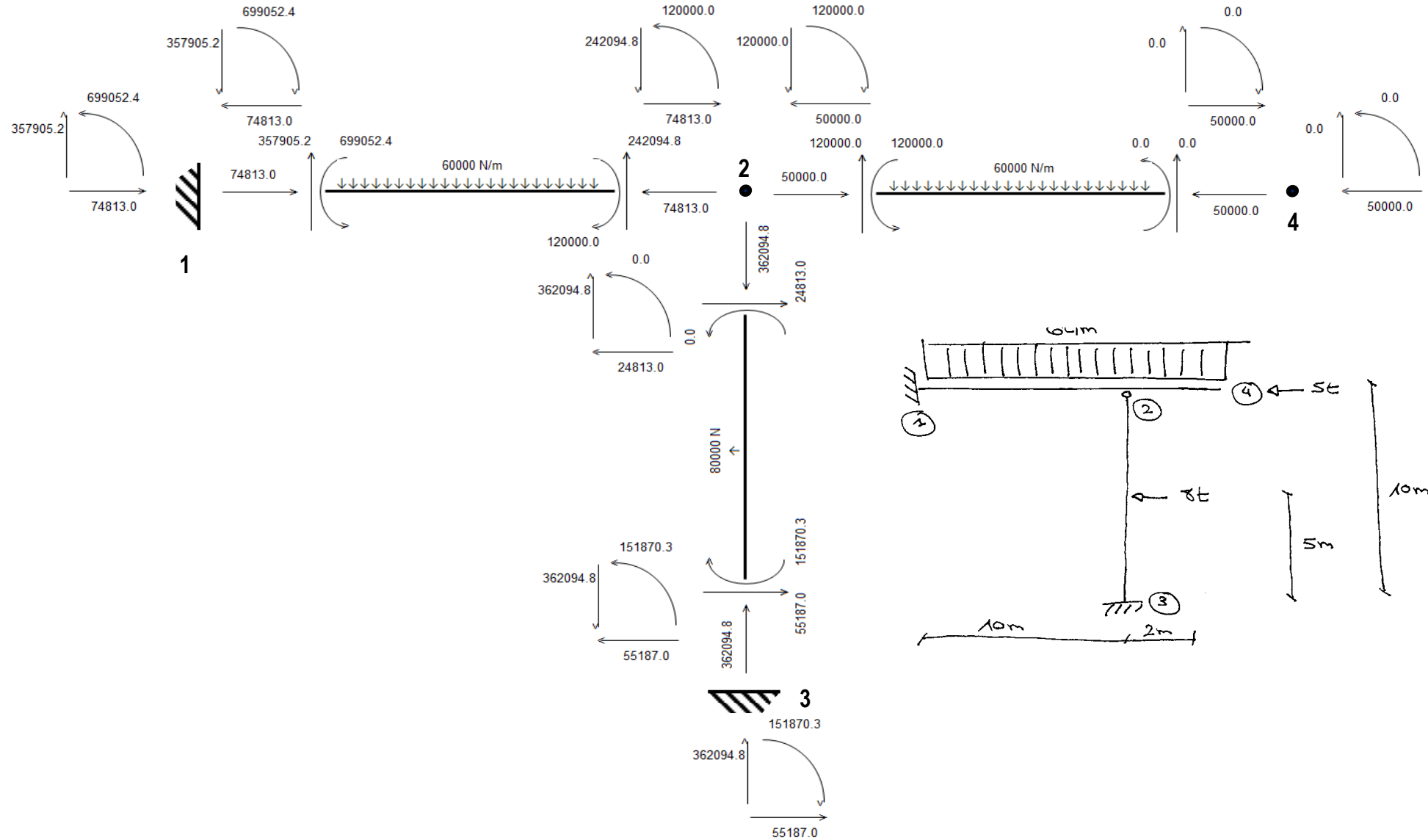
[illegible]

El Nudo 4 está en equilibrio



Ubicación no automatizada en función de geometría real

Esquema fuerzas en barras y nudos de la estructura completa (no automatizado en función de geometría real)
 (Obtener de manera manual a partir de capturas de imágenes de fuerzas de las hojas Barras y Eq. Nudos)



CALCULO DEFORMADA

Diagrama por barras (con mínimo y máximo), geometría a escala real + movimientos x-y con multiplicador

Caso Real (con cargas en barras)

DIAGRAMAS POR BARRAS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Abcisa x (m)	Flecha (m)	Abcisa x (m)	Flecha (m)	Abcisa x (m)	Flecha (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-4.0233E-04	i
2	1.0000E+00	-3.8983E-04	1.0000E+00	8.8983E-05	2.0000E-01	-1.6406E-04	
3	2.0000E+00	-1.2812E-03	2.0000E+00	3.0688E-04	4.0000E-01	6.9021E-05	
4	3.0000E+00	-2.3169E-03	3.0000E+00	5.8010E-04	6.0000E-01	2.9799E-04	
5	4.0000E+00	-3.2197E-03	4.0000E+00	8.3507E-04	8.0000E-01	5.2381E-04	
6der	5.0000E+00	-3.7924E-03	5.0000E+00	9.9820E-04	1.0000E+00	7.4732E-04	centro-der
6	5.0000E+00	-3.7924E-03	5.0000E+00	9.9820E-04	1.0000E+00	7.4732E-04	centro
6izq	5.0000E+00	-3.7924E-03	5.0000E+00	9.9820E-04	1.0000E+00	7.4732E-04	centro-izq
7	6.0000E+00	-3.9178E-03	6.0000E+00	1.0137E-03	1.2000E+00	9.6922E-04	
8	7.0000E+00	-3.5587E-03	7.0000E+00	8.9684E-04	1.4000E+00	1.1901E-03	
9	8.0000E+00	-2.7579E-03	8.0000E+00	6.8074E-04	1.6000E+00	1.4104E-03	
10	9.0000E+00	-1.6382E-03	9.0000E+00	3.9848E-04	1.8000E+00	1.6304E-03	
11	1.0000E+01	-4.0233E-04	1.0000E+01	8.3126E-05	2.0000E+00	1.8503E-03	j
min	7	-3.9178E-03	1	0.0000E+00	1	-4.0233E-04	min
max	1	0.0000E+00	7	1.0137E-03	11	1.8503E-03	max

GEOMETRIA CON PUNTOS INTERNOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	0.0000E+00	i
2	1.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-9.0000E+00	1.0200E+01	0.0000E+00	
3	2.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-8.0000E+00	1.0400E+01	0.0000E+00	
4	3.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-7.0000E+00	1.0600E+01	0.0000E+00	
5	4.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-6.0000E+00	1.0800E+01	0.0000E+00	
6der	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	centro-der
6	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	centro
6izq	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	centro-izq
7	6.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-4.0000E+00	1.1200E+01	0.0000E+00	
8	7.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-3.0000E+00	1.1400E+01	0.0000E+00	
9	8.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-2.0000E+00	1.1600E+01	0.0000E+00	
10	9.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+00	1.1800E+01	0.0000E+00	
11	1.0000E+01	0.0000E+00	1.0000E+01	0.0000E+00	1.2000E+01	0.0000E+00	j

MOVIMIENTOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	ux (m)	uy (m)	ux (m)	uy (m)	ux (m)	uy (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-8.3126E-05	-4.0233E-04	i
2	-8.3126E-06	-3.8983E-04	-8.8983E-05	-4.0233E-05	-8.4237E-05	-1.6406E-04	
3	-1.6625E-05	-1.2812E-03	-3.0688E-04	-8.0466E-05	-8.5348E-05	6.9021E-05	
4	-2.4938E-05	-2.3169E-03	-5.8010E-04	-1.2070E-04	-8.6459E-05	2.9799E-04	
5	-3.3250E-05	-3.2197E-03	-8.3507E-04	-1.6093E-04	-8.7570E-05	5.2381E-04	
6der	-4.1563E-05	-3.7924E-03	-9.9820E-04	-2.0116E-04	-8.8681E-05	7.4732E-04	centro-der
6	-4.1563E-05	-3.7924E-03	-9.9820E-04	-2.0116E-04	-8.8681E-05	7.4732E-04	centro
6izq	-4.1563E-05	-3.7924E-03	-9.9820E-04	-2.0116E-04	-8.8681E-05	7.4732E-04	centro-izq
7	-4.9875E-05	-3.9178E-03	-1.0137E-03	-2.4140E-04	-8.9792E-05	9.6922E-04	
8	-5.8188E-05	-3.5587E-03	-8.9684E-04	-2.8163E-04	-9.0903E-05	1.1901E-03	
9	-6.6500E-05	-2.7579E-03	-6.8074E-04	-3.2186E-04	-9.2014E-05	1.4104E-03	
10	-7.4813E-05	-1.6382E-03	-3.9848E-04	-3.6209E-04	-9.3126E-05	1.6304E-03	
11	-8.3126E-05	-4.0233E-04	-8.3126E-05	-4.0233E-04	-9.4237E-05	1.8503E-03	j

DEFORMADA

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	x+k.ux (m)	y+k.uy (m)	x+k.ux (m)	y+k.uy (m)	x+k.ux (m)	y+k.uy (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+01	9.9917E+00	-4.0233E-02	i
2	9.9917E-01	-3.8983E-02	9.9911E+00	-9.0040E+00	1.0192E+01	-1.6406E-02	
3	1.9983E+00	-1.2812E-01	9.9693E+00	-8.0080E+00	1.0391E+01	6.9021E-03	
4	2.9975E+00	-2.3169E-01	9.9420E+00	-7.0121E+00	1.0591E+01	2.9799E-02	
5	3.9967E+00	-3.2197E-01	9.9165E+00	-6.0161E+00	1.0791E+01	5.2381E-02	
6der	4.9958E+00	-3.7924E-01	9.9002E+00	-5.0201E+00	1.0991E+01	7.4732E-02	centro-der
6	4.9958E+00	-3.7924E-01	9.9002E+00	-5.0201E+00	1.0991E+01	7.4732E-02	centro
6izq	4.9958E+00	-3.7924E-01	9.9002E+00	-5.0201E+00	1.0991E+01	7.4732E-02	centro-izq
7	5.9950E+00	-3.9178E-01	9.8986E+00	-4.0241E+00	1.1191E+01	9.6922E-02	j
8	6.9942E+00	-3.5587E-01	9.9103E+00	-3.0282E+00	1.1391E+01	1.1901E-01	
9	7.9933E+00	-2.7579E-01	9.9319E+00	-2.0322E+00	1.1591E+01	1.4104E-01	
10	8.9925E+00	-1.6382E-01	9.9602E+00	-1.0362E+00	1.1791E+01	1.6304E-01	
11	9.9917E+00	-4.0233E-02	9.9917E+00	-4.0233E-02	1.1991E+01	1.8503E-01	

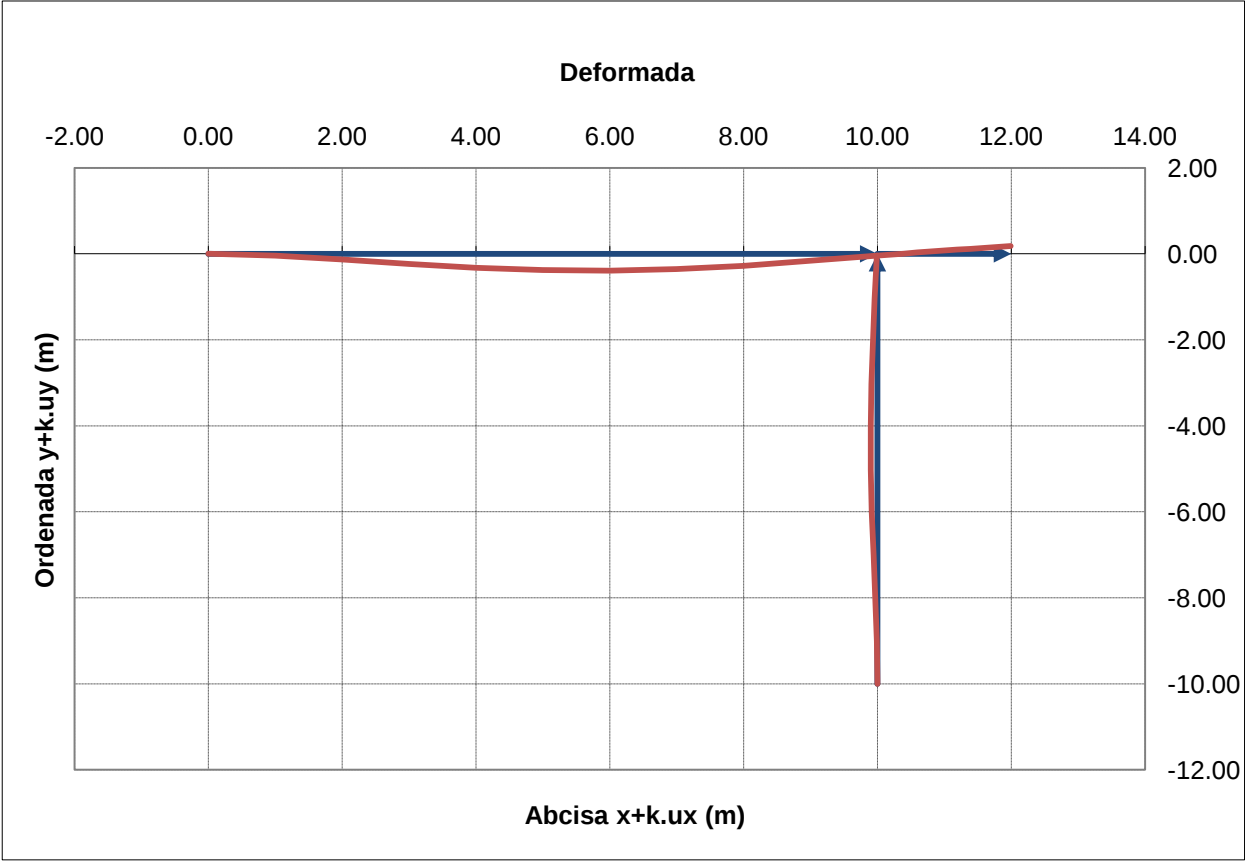
Multiplic.k-def

100.0 m/m

Factor marco

5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



CALCULO DIAGRAMA ESFUERZOS AXILES

Diagrama por barras (con mínimo y máximo), geometría a escala real + diagrama con multiplicador

Caso Real (con cargas en barras)

DIAGRAMAS POR BARRAS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Abcisa x (m)	Axil N (N)	Abcisa x (m)	Axil N (N)	Abcisa x (m)	Axil N (N)	
1	0.0000E+00	-7.4813E+04	0.0000E+00	-3.6209E+05	0.0000E+00	-5.0000E+04	i
2	1.0000E+00	-7.4813E+04	1.0000E+00	-3.6209E+05	2.0000E-01	-5.0000E+04	
3	2.0000E+00	-7.4813E+04	2.0000E+00	-3.6209E+05	4.0000E-01	-5.0000E+04	
4	3.0000E+00	-7.4813E+04	3.0000E+00	-3.6209E+05	6.0000E-01	-5.0000E+04	
5	4.0000E+00	-7.4813E+04	4.0000E+00	-3.6209E+05	8.0000E-01	-5.0000E+04	
6der	5.0000E+00	-7.4813E+04	5.0000E+00	-3.6209E+05	1.0000E+00	-5.0000E+04	centro-der
6	5.0000E+00	-7.4813E+04	5.0000E+00	-3.6209E+05	1.0000E+00	-5.0000E+04	
6izq	5.0000E+00	-7.4813E+04	5.0000E+00	-3.6209E+05	1.0000E+00	-5.0000E+04	
7	6.0000E+00	-7.4813E+04	6.0000E+00	-3.6209E+05	1.2000E+00	-5.0000E+04	j
8	7.0000E+00	-7.4813E+04	7.0000E+00	-3.6209E+05	1.4000E+00	-5.0000E+04	
9	8.0000E+00	-7.4813E+04	8.0000E+00	-3.6209E+05	1.6000E+00	-5.0000E+04	
10	9.0000E+00	-7.4813E+04	9.0000E+00	-3.6209E+05	1.8000E+00	-5.0000E+04	
11	1.0000E+01	-7.4813E+04	1.0000E+01	-3.6209E+05	2.0000E+00	-5.0000E+04	
min	1	-7.4813E+04	1	-3.6209E+05	1	-5.0000E+04	min
max	1	-7.4813E+04	1	-3.6209E+05	1	-5.0000E+04	max

GEOMETRIA CON PUNTOS INTERNOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	0.0000E+00	i
2	1.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-9.0000E+00	1.0200E+01	0.0000E+00	
3	2.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-8.0000E+00	1.0400E+01	0.0000E+00	
4	3.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-7.0000E+00	1.0600E+01	0.0000E+00	
5	4.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-6.0000E+00	1.0800E+01	0.0000E+00	
6der	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	centro-der
6	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	
6izq	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	
7	6.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-4.0000E+00	1.1200E+01	0.0000E+00	j
8	7.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-3.0000E+00	1.1400E+01	0.0000E+00	
9	8.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-2.0000E+00	1.1600E+01	0.0000E+00	
10	9.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+00	1.1800E+01	0.0000E+00	
11	1.0000E+01	0.0000E+00	1.0000E+01	0.0000E+00	1.2000E+01	0.0000E+00	

ESFUERZOS AXILES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Nx (N)	Ny (N)	Nx (N)	Ny (N)	Nx (N)	Ny (N)	
1	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	i
2	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	
3	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	
4	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	
5	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	
6der	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	centro-der
6	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	
6izq	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	
7	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	j
8	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	
9	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	
10	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	
11	0.0000E+00	-7.4813E+04	3.6209E+05	-2.2181E-11	0.0000E+00	-5.0000E+04	

DIAGRAMA ESFUERZOS AXILES

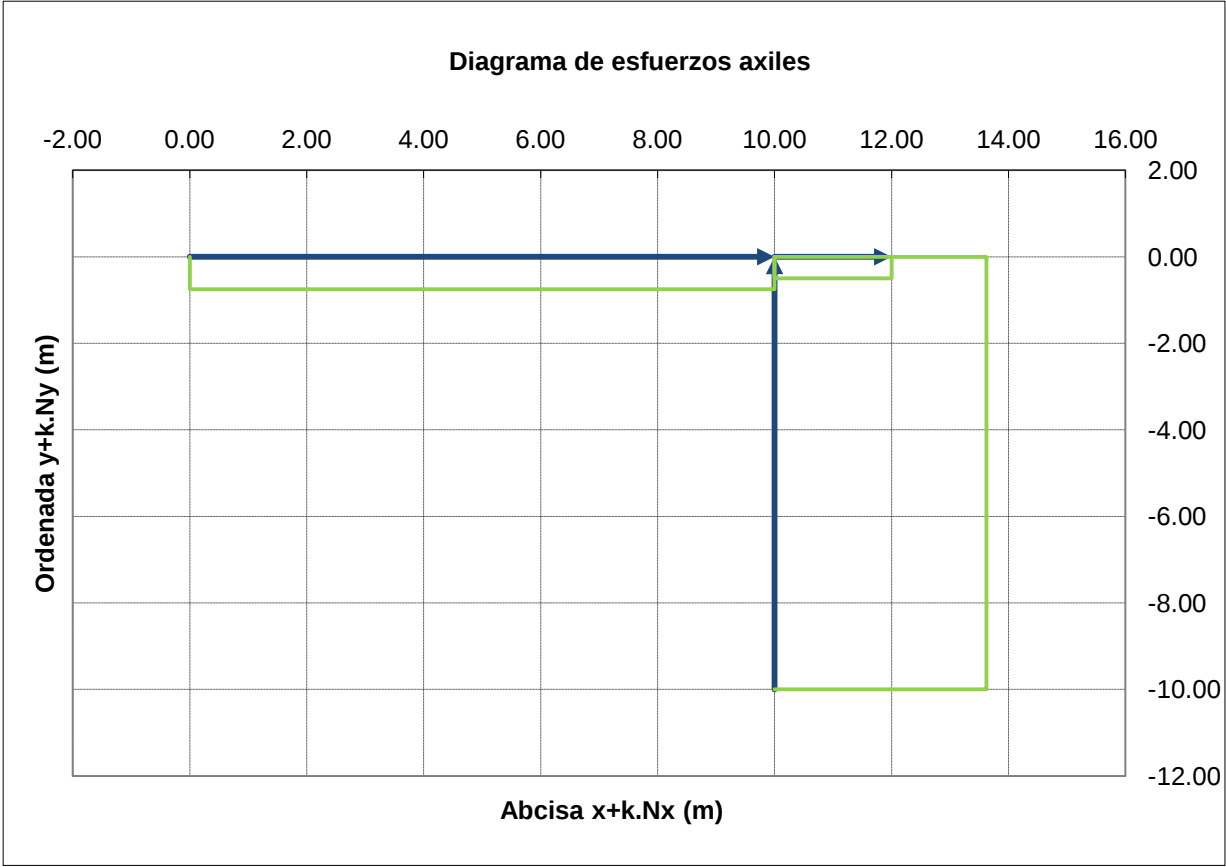
Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c	
	x+k.Nx (m)	y+k.Ny (m)	x+k.Nx (m)	y+k.Ny (m)	x+k.Nx (m)	y+k.Ny (m)
cierre	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	0.0000E+00
1	0.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	-5.0000E-01
	1.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-9.0000E+00	1.0200E+01	-5.0000E-01
	2.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-8.0000E+00	1.0400E+01	-5.0000E-01
	3.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-7.0000E+00	1.0600E+01	-5.0000E-01
	4.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-6.0000E+00	1.0800E+01	-5.0000E-01
6der	5.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	-5.0000E-01
6	5.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	-5.0000E-01
6izq	5.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	-5.0000E-01
7	6.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-4.0000E+00	1.1200E+01	-5.0000E-01
	7.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-3.0000E+00	1.1400E+01	-5.0000E-01
	8.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-2.0000E+00	1.1600E+01	-5.0000E-01
	9.0000E+00	-7.4813E-01	1.3621E+01	-1.0000E+00	1.1800E+01	-5.0000E-01
	1.0000E+01	-7.4813E-01	1.3621E+01	-2.2181E-16	1.2000E+01	-5.0000E-01
cierre	1.0000E+01	0.0000E+00	1.0000E+01	0.0000E+00	1.2000E+01	0.0000E+00

i
centro-der
centro
centro-izq
j

Multiplic. k-N
0.00001 m/N

Factor marco
5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



CALCULO DIAGRAMA ESFUERZOS CORTANTES

Diagrama por barras (con mínimo y máximo), geometría a escala real + diagrama con multiplicador

Caso Real (con cargas en barras)

DIAGRAMAS POR BARRAS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Abcisa x (m)	Cortante V (N)	Abcisa x (m)	Cortante V (N)	Abcisa x (m)	Cortante V (N)	
1	0.0000E+00	3.5791E+05	0.0000E+00	-5.5187E+04	0.0000E+00	1.2000E+05	i
2	1.0000E+00	2.9791E+05	1.0000E+00	-5.5187E+04	2.0000E-01	1.0800E+05	
3	2.0000E+00	2.3791E+05	2.0000E+00	-5.5187E+04	4.0000E-01	9.6000E+04	
4	3.0000E+00	1.7791E+05	3.0000E+00	-5.5187E+04	6.0000E-01	8.4000E+04	
5	4.0000E+00	1.1791E+05	4.0000E+00	-5.5187E+04	8.0000E-01	7.2000E+04	
6der	5.0000E+00	5.7905E+04	5.0000E+00	-5.5187E+04	1.0000E+00	6.0000E+04	centro-der
6	5.0000E+00	5.7905E+04	5.0000E+00	-1.8703E+02	1.0000E+00	6.0000E+04	
6izq	5.0000E+00	5.7905E+04	5.0000E+00	2.4813E+04	1.0000E+00	6.0000E+04	
7	6.0000E+00	-2.0948E+03	6.0000E+00	2.4813E+04	1.2000E+00	4.8000E+04	centro-izq
8	7.0000E+00	-6.2095E+04	7.0000E+00	2.4813E+04	1.4000E+00	3.6000E+04	
9	8.0000E+00	-1.2209E+05	8.0000E+00	2.4813E+04	1.6000E+00	2.4000E+04	
10	9.0000E+00	-1.8209E+05	9.0000E+00	2.4813E+04	1.8000E+00	1.2000E+04	
11	1.0000E+01	-2.4209E+05	1.0000E+01	2.4813E+04	2.0000E+00	0.0000E+00	
min	11	-2.4209E+05	1	-5.5187E+04	11	0.0000E+00	min
max	1	3.5791E+05	6izq	2.4813E+04	1	1.2000E+05	max

GEOMETRIA CON PUNTOS INTERNOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	0.0000E+00	i
2	1.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-9.0000E+00	1.0200E+01	0.0000E+00	
3	2.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-8.0000E+00	1.0400E+01	0.0000E+00	
4	3.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-7.0000E+00	1.0600E+01	0.0000E+00	
5	4.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-6.0000E+00	1.0800E+01	0.0000E+00	
6der	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	centro-der
6	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	
6izq	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	
7	6.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-4.0000E+00	1.1200E+01	0.0000E+00	centro-izq
8	7.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-3.0000E+00	1.1400E+01	0.0000E+00	
9	8.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-2.0000E+00	1.1600E+01	0.0000E+00	
10	9.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+00	1.1800E+01	0.0000E+00	
11	1.0000E+01	0.0000E+00	1.0000E+01	0.0000E+00	1.2000E+01	0.0000E+00	

ESFUERZOS CORTANTES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Vx (N)	Vy (N)	Vx (N)	Vy (N)	Vx (N)	Vy (N)	
1	0.0000E+00	3.5791E+05	5.5187E+04	-3.3806E-12	0.0000E+00	1.2000E+05	i
2	0.0000E+00	2.9791E+05	5.5187E+04	-3.3806E-12	0.0000E+00	1.0800E+05	
3	0.0000E+00	2.3791E+05	5.5187E+04	-3.3806E-12	0.0000E+00	9.6000E+04	
4	0.0000E+00	1.7791E+05	5.5187E+04	-3.3806E-12	0.0000E+00	8.4000E+04	
5	0.0000E+00	1.1791E+05	5.5187E+04	-3.3806E-12	0.0000E+00	7.2000E+04	
6der	0.0000E+00	5.7905E+04	5.5187E+04	-3.3806E-12	0.0000E+00	6.0000E+04	centro-der
6	0.0000E+00	5.7905E+04	1.8703E+02	-1.1457E-14	0.0000E+00	6.0000E+04	
6izq	0.0000E+00	5.7905E+04	-2.4813E+04	1.5200E-12	0.0000E+00	6.0000E+04	
7	0.0000E+00	-2.0948E+03	-2.4813E+04	1.5200E-12	0.0000E+00	4.8000E+04	centro-izq
8	0.0000E+00	-6.2095E+04	-2.4813E+04	1.5200E-12	0.0000E+00	3.6000E+04	
9	0.0000E+00	-1.2209E+05	-2.4813E+04	1.5200E-12	0.0000E+00	2.4000E+04	
10	0.0000E+00	-1.8209E+05	-2.4813E+04	1.5200E-12	0.0000E+00	1.2000E+04	
11	0.0000E+00	-2.4209E+05	-2.4813E+04	1.5200E-12	0.0000E+00	0.0000E+00	

DIAGRAMA ESFUERZOS CORTANTES

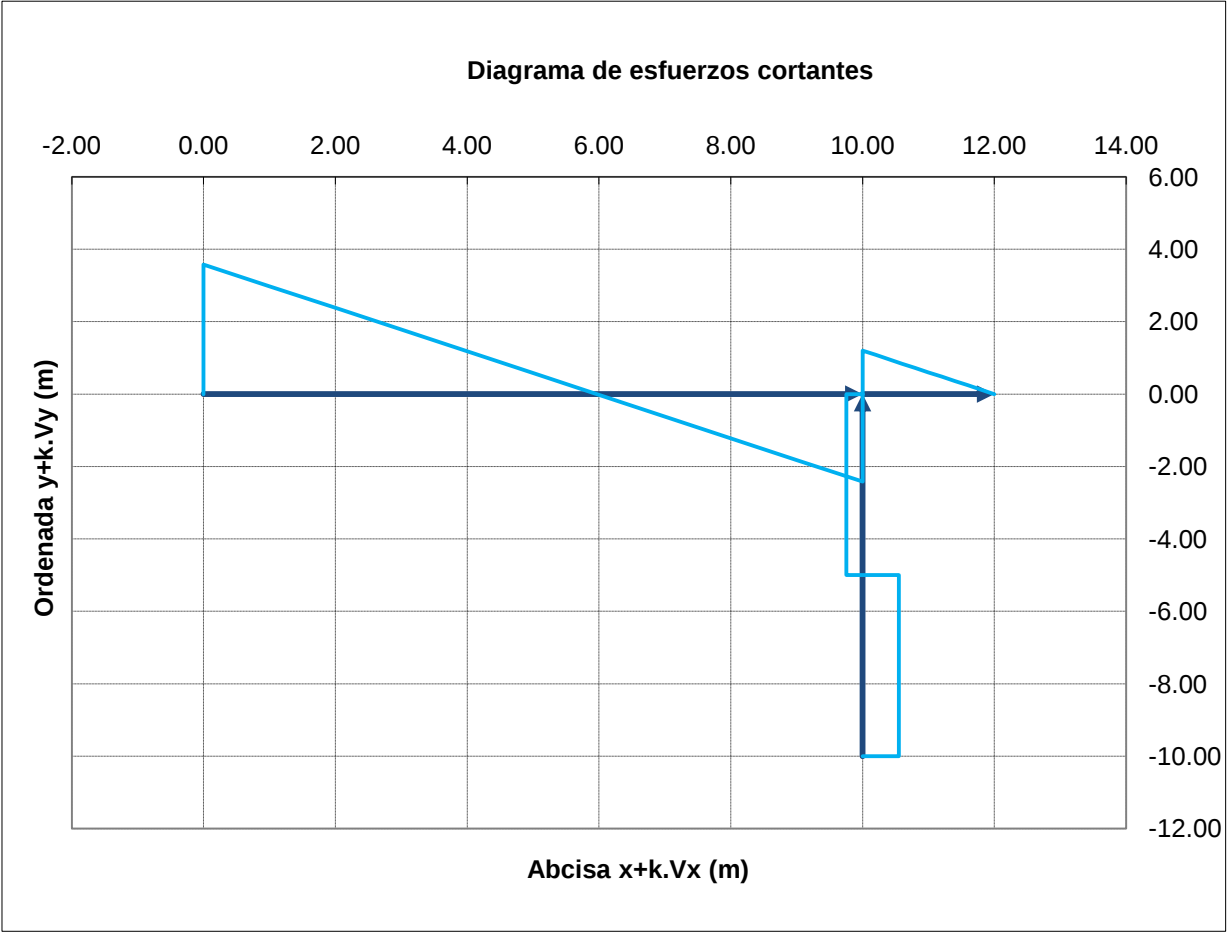
Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c	
	x+k.Vx (m)	y+k.Vy (m)	x+k.Vx (m)	y+k.Vy (m)	x+k.Vx (m)	y+k.Vy (m)
cierre	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	0.0000E+00
1	0.0000E+00	3.5791E+00	1.0552E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	1.2000E+00
	1.0000E+00	2.9791E+00	1.0552E+01	-9.0000E+00	1.0200E+01	1.0800E+00
	2.0000E+00	2.3791E+00	1.0552E+01	-8.0000E+00	1.0400E+01	9.6000E-01
	3.0000E+00	1.7791E+00	1.0552E+01	-7.0000E+00	1.0600E+01	8.4000E-01
	4.0000E+00	1.1791E+00	1.0552E+01	-6.0000E+00	1.0800E+01	7.2000E-01
6der	5.0000E+00	5.7905E-01	1.0552E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	6.0000E-01
6	5.0000E+00	5.7905E-01	1.0002E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	6.0000E-01
6izq	5.0000E+00	5.7905E-01	9.7519E+00	-5.0000E+00	1.1000E+01	6.0000E-01
7	6.0000E+00	-2.0948E-02	9.7519E+00	-4.0000E+00	1.1200E+01	4.8000E-01
	7.0000E+00	-6.2095E-01	9.7519E+00	-3.0000E+00	1.1400E+01	3.6000E-01
	8.0000E+00	-1.2209E+00	9.7519E+00	-2.0000E+00	1.1600E+01	2.4000E-01
	9.0000E+00	-1.8209E+00	9.7519E+00	-1.0000E+00	1.1800E+01	1.2000E-01
	10.0000E+00	-2.4209E+00	9.7519E+00	1.5200E-17	1.2000E+01	0.0000E+00
11	1.0000E+01	-2.4209E+00	9.7519E+00	1.5200E-17	1.2000E+01	0.0000E+00
cierre	1.0000E+01	0.0000E+00	1.0000E+01	0.0000E+00	1.2000E+01	0.0000E+00

i
centro-der
centro
centro-izq
j

Multiplic. k-V
0.00001 m/N

Factor marco
5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar



CALCULO DIAGRAMA MOMENTOS FLECTORES

Diagrama por barras (con mínimo y máximo), geometría a escala real + diagrama con multiplicador

Caso Real (con cargas en barras)

DIAGRAMAS POR BARRAS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Abcisa x (m)	Flect. M (N.m)	Abcisa x (m)	Flect. M (N.m)	Abcisa x (m)	Flect. M (N.m)	
1	0.0000E+00	-6.9905E+05	0.0000E+00	1.5187E+05	0.0000E+00	-1.2000E+05	i
2	1.0000E+00	-3.7115E+05	1.0000E+00	9.6683E+04	2.0000E-01	-9.7200E+04	
3	2.0000E+00	-1.0324E+05	2.0000E+00	4.1496E+04	4.0000E-01	-7.6800E+04	
4	3.0000E+00	1.0466E+05	3.0000E+00	-1.3691E+04	6.0000E-01	-5.8800E+04	
5	4.0000E+00	2.5257E+05	4.0000E+00	-6.8878E+04	8.0000E-01	-4.3200E+04	
6der	5.0000E+00	3.4047E+05	5.0000E+00	-1.2406E+05	1.0000E+00	-3.0000E+04	centro-der
6	5.0000E+00	3.4047E+05	5.0000E+00	-1.2406E+05	1.0000E+00	-3.0000E+04	
6izq	5.0000E+00	3.4047E+05	5.0000E+00	-1.2406E+05	1.0000E+00	-3.0000E+04	
7	6.0000E+00	3.6838E+05	6.0000E+00	-9.9252E+04	1.2000E+00	-1.9200E+04	
8	7.0000E+00	3.3628E+05	7.0000E+00	-7.4439E+04	1.4000E+00	-1.0800E+04	
9	8.0000E+00	2.4419E+05	8.0000E+00	-4.9626E+04	1.6000E+00	-4.8000E+03	
10	9.0000E+00	9.2095E+04	9.0000E+00	-2.4813E+04	1.8000E+00	-1.2000E+03	
11	1.0000E+01	-1.2000E+05	1.0000E+01	0.0000E+00	2.0000E+00	2.3283E-10	
min	1	-6.9905E+05	6der	-1.2406E+05	1	-1.2000E+05	min
max	7	3.6838E+05	1	1.5187E+05	11	2.3283E-10	max

GEOMETRIA CON PUNTOS INTERNOS

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Coord. x (m)	Coord. y (m)	
1	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	0.0000E+00	i
2	1.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-9.0000E+00	1.0200E+01	0.0000E+00	
3	2.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-8.0000E+00	1.0400E+01	0.0000E+00	
4	3.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-7.0000E+00	1.0600E+01	0.0000E+00	
5	4.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-6.0000E+00	1.0800E+01	0.0000E+00	
6der	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	centro-der
6	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	
6izq	5.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-5.0000E+00	1.1000E+01	0.0000E+00	
7	6.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-4.0000E+00	1.1200E+01	0.0000E+00	
8	7.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-3.0000E+00	1.1400E+01	0.0000E+00	
9	8.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-2.0000E+00	1.1600E+01	0.0000E+00	
10	9.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+00	1.1800E+01	0.0000E+00	
11	1.0000E+01	0.0000E+00	1.0000E+01	0.0000E+00	1.2000E+01	0.0000E+00	

MOMENTOS FLECTORES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c		
	Mx (N.m)	My (N.m)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mx (N.m)	My (N.m)	
1	0.0000E+00	-6.9905E+05	-1.5187E+05	9.3032E-12	0.0000E+00	-1.2000E+05	i
2	0.0000E+00	-3.7115E+05	-9.6683E+04	5.9226E-12	0.0000E+00	-9.7200E+04	
3	0.0000E+00	-1.0324E+05	-4.1496E+04	2.5420E-12	0.0000E+00	-7.6800E+04	
4	0.0000E+00	1.0466E+05	1.3691E+04	-8.3866E-13	0.0000E+00	-5.8800E+04	
5	0.0000E+00	2.5257E+05	6.8878E+04	-4.2193E-12	0.0000E+00	-4.3200E+04	
6der	0.0000E+00	3.4047E+05	1.2406E+05	-7.5999E-12	0.0000E+00	-3.0000E+04	centro-der
6	0.0000E+00	3.4047E+05	1.2406E+05	-7.5999E-12	0.0000E+00	-3.0000E+04	
6izq	0.0000E+00	3.4047E+05	1.2406E+05	-7.5999E-12	0.0000E+00	-3.0000E+04	
7	0.0000E+00	3.6838E+05	9.9252E+04	-6.0799E-12	0.0000E+00	-1.9200E+04	
8	0.0000E+00	3.3628E+05	7.4439E+04	-4.5599E-12	0.0000E+00	-1.0800E+04	
9	0.0000E+00	2.4419E+05	4.9626E+04	-3.0400E-12	0.0000E+00	-4.8000E+03	
10	0.0000E+00	9.2095E+04	2.4813E+04	-1.5200E-12	0.0000E+00	-1.2000E+03	
11	0.0000E+00	-1.2000E+05	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	2.3283E-10	

DIAGRAMA MOMENTOS FLECTORES

Punto nº	Barra a		Barra b		Barra c	
	x+k.Mx (m)	y+k.My (m)	x+k.Mx (m)	y+k.My (m)	x+k.Mx (m)	y+k.My (m)
cierre	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	0.0000E+00
1	0.0000E+00	6.9905E+00	1.1519E+01	-1.0000E+01	1.0000E+01	1.2000E+00
	1.0000E+00	3.7115E+00	1.0967E+01	-9.0000E+00	1.0200E+01	9.7200E-01
	2.0000E+00	1.0324E+00	1.0415E+01	-8.0000E+00	1.0400E+01	7.6800E-01
	3.0000E+00	-1.0466E+00	9.8631E+00	-7.0000E+00	1.0600E+01	5.8800E-01
	4.0000E+00	-2.5257E+00	9.3112E+00	-6.0000E+00	1.0800E+01	4.3200E-01
6der	5.0000E+00	-3.4047E+00	8.7594E+00	-5.0000E+00	1.1000E+01	3.0000E-01
6	5.0000E+00	-3.4047E+00	8.7594E+00	-5.0000E+00	1.1000E+01	3.0000E-01
6izq	5.0000E+00	-3.4047E+00	8.7594E+00	-5.0000E+00	1.1000E+01	3.0000E-01
7	6.0000E+00	-3.6838E+00	9.0075E+00	-4.0000E+00	1.1200E+01	1.9200E-01
	7.0000E+00	-3.3628E+00	9.2556E+00	-3.0000E+00	1.1400E+01	1.0800E-01
	8.0000E+00	-2.4419E+00	9.5037E+00	-2.0000E+00	1.1600E+01	4.8000E-02
	9.0000E+00	-9.2095E-01	9.7519E+00	-1.0000E+00	1.1800E+01	1.2000E-02
	10.000E+00	1.2000E+00	1.0000E+01	0.0000E+00	1.2000E+01	-2.3283E-15
cierre	1.0000E+01	0.0000E+00	1.0000E+01	0.0000E+00	1.2000E+01	0.0000E+00

i

centro-der
centro
centro-izq

j

Multiplic. k-M
0.00001 m/N.m

Factor marco
5.00%

Ajustar factor de multiplicación de diagrama y factor de marco hasta ajustar

