




Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance y final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	2.1
Vigencia	13/10/2015

ANEXO XXII
Producción de los estudiantes


UNLaM
Universidad Nacional de La Matanza
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Ingeniería Civil

Análisis Estructural I

Método Aproximado

Profesor: Ing. Eduardo Secco
Ing. Acevedo Jorge

Alumnas: Cuniolo, Daiana
Samaniego, Iris

Código de Materia: 1268

2017

EJERCICIO 1

Tomar un ejercicio del libro resuelto por el método aproximado

- Método del portal
- Método de la ménsula

Carga en el software elegido y comparar los siguientes puntos:

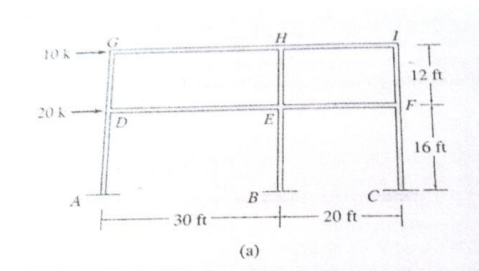
- Valor de las reacciones
- Ubicación de los puntos de inflexión
- Solicitaciones en general

Para la resolución se optó por la utilización del programa Robot Structural Analysis Professional. Y un ejercicio resuelto del libro Análisis Estructural de Aslam Kassimali.

El ejercicio consta de la siguiente consigna:

Determine las fuerzas axiales, las cortantes y los momentos aproximados para todos los miembros del armazón mostrado en la siguiente figura, utilizando el método

- Del portal
- De la viga en voladizo

**Método del Portal****Marco Teórico**

En el análisis de las estructuras estáticamente indeterminadas, dos tipos de hipótesis son de empleo común:

1. Hipótesis acerca de la ubicación de los puntos de inflexión
2. Hipótesis acerca de la distribución de las fuerzas entre los miembros o de las reacciones, o de ambos tipos de fuerzas.

El número total de hipótesis requeridas es igual al grado de indeterminación de la estructura.



UNLaM
Universidad Nacional de La Matanza



El método del portal implica el establecimiento de las hipótesis de que, a la mitad de cada miembro, está localizado un punto de inflexión y que, en cada piso, las columnas interiores reciben el doble del valor de la cortante que las columnas exteriores.

Procedimiento para el análisis

1. Trazar un esquema del armazón simplificado que se obtenga al insertar una articulación interna en el punto medio de cada miembro del armazón dado.
2. Determinar las cortantes en las columnas. Para cada piso del armazón:
 - a) Pase una sección horizontal a través de todas las columnas del piso, cortando el armazón en dos partes.
 - b) Suponiendo que los valores de las cortantes en las columnas interiores son iguales al doble de los correspondientes a las columnas exteriores, determine las cortantes en las columnas mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio horizontal ($\sum F_x = 0$) al cuerpo libre de la parte superior del armazón.
3. Tracen los diagramas de cuerpo libre de todos los miembros y todos los nodos del armazón, mostrando las cargas externas y las cortantes en los extremos de las columnas calculadas en el paso anterior.
4. Determine los momentos en cada una de las columnas mediante la aplicación de las ecuaciones de condición de que el momento flexionante es cero a la mitad de la altura de la columna, en donde se ha supuesto que existe un punto de inflexión (articulación interna).
Determine los momentos en los extremos para todas las columnas del armazón.
5. Determine las fuerzas axiales, los momentos y las cortantes en las vigas maestras. Yendo de la parte superior del armazón hacia abajo, calcule las fuerzas axiales, los momentos y las cortantes en los extremos de las vigas maestras de cada piso sucesivo, partiendo del nodo de la extrema izquierda del piso y resolviendo de uno a otro lado hasta la derecha, como sigue:
 - a) Aplique las ecuaciones de equilibrio al cuerpo libre del nodo que se esté considerando, para calcular la fuerza axial y el momento, respectivamente, en el extremo izquierdo (contiguo) de la viga maestra, a la derecha del nodo.
 - b) Considerando el cuerpo libre de la viga maestra, determine la cortante en el extremo izquierdo de ésta, al dividir el momento en ella entre la mitad de la longitud de la misma; es decir

$$S_g = \frac{M_g}{\left(\frac{L}{2}\right)}$$

Basada en la condición de que el momento flexionante en el punto medio de la viga es cero.

- c) Por la aplicación de las ecuaciones de equilibrio al cuerpo libre de la viga maestra, determine la fuerza axial, la cortante y el momento, respectivamente, en el extremo derecho.
- d) Seleccione el nodo que queda a la derecha de la viga maestra antes considerara y repita los pasos 5 a, b y c , hasta que se hayan determinado las fuerzas axiales, los momentos y las cortantes en todas las vigas maestras del piso, con las ecuaciones de equilibrio para el nodo extremo derecho.



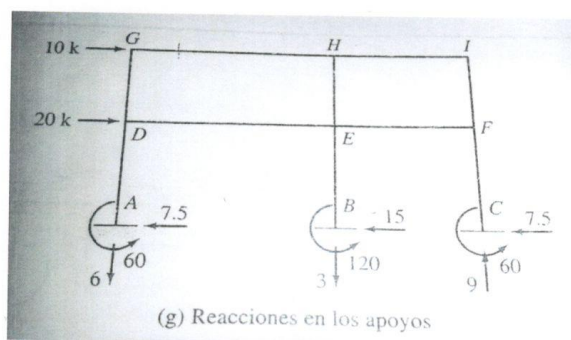
UNLaM
Universidad Nacional de La Matanza



- e) Partiendo del nodo del extremo izquierdo del piso que se encuentra debajo del considerado con anterioridad, repítanse los pasos 5 a d, hasta que se hayan determinado las fuerzas axiales, los momentos y las cortantes en todas las vigas maestras del armazón.
6. Determine las fuerzas axiales en las columnas. Empezando en el piso superior, aplique la ecuación de equilibrio de fuerzas en el eje cartesiano "Y" sucesivamente al cuerpo libre de cada nodo, para determinar las fuerzas axiales en las columnas del piso. Repita el procedimiento para cada piso sucesivo, resolviendo de arriba hacia abajo, hasta que se hayan determinado las fuerzas axiales en todas las columnas del armazón.
7. Tomando en cuenta que las fuerzas y los momentos en los extremos inferiores de las columnas del piso de abajo representan las reacciones en los apoyos, utilice las tres ecuaciones de equilibrio del armazón completo para comprobar los cálculos. Si el análisis se ha llevado a cabo en forma correcta, entonces se deben satisfacer estas ecuaciones de equilibrio.

En los pasos 5 y 6 del procedimiento descrito, si se desean calcular las fuerzas y los momentos en los miembros yendo del extremo derecho del piso hacia el izquierdo, entonces el término izquierdo se debe reemplazar por el derecho y viceversa.

La solución del ejercicio elegido, por el método del portal es la mostrada en la siguiente figura:



Método de la viga en voladizo

Marco Teórico

En el análisis de las estructuras estáticamente indeterminadas, dos tipos de hipótesis son de empleo común:

1. Hipótesis acerca de la ubicación de los puntos de inflexión



UNLaM
Universidad Nacional de La Matanza



2. Hipótesis acerca de la distribución de las fuerzas entre los miembros o de las reacciones, o de ambos tipos de fuerzas.

El número total de hipótesis requeridas es igual al grado de indeterminación de la estructura.

En el método de la viga en voladizo, se establecen las hipótesis siguientes acerca del comportamiento del armazón: que, a la mitad de cada miembro, está localizado un punto de inflexión y que, en cada piso, las fuerzas axiales en las columnas son linealmente proporcionales a sus distancias al centroide de las áreas de las secciones transversales de todas las columnas en ese piso.

Procedimiento para el análisis

1. Trace un esquema del armazón simplificado, el cual se obtiene al insertar una articulación interna en el punto medio de cada miembro del armazón dado.
2. Determine las fuerzas axiales en las columnas. Para cada piso del armazón:
 - a) Pase una sección horizontal a través de las articulaciones internas insertadas a la mitad de las alturas de las columnas, cortando el armazón en dos partes.
 - b) Dibuje un diagrama de cuerpo libre de la parte del armazón arriba de la sección. Debido a que la sección pasa a través de las columnas en las articulaciones internas, sólo cortantes internos y fuerzas axiales (pero no momentos internos) actúan sobre el cuerpo libre en los puntos donde se han cortado esas columnas.
 - c) Determine la ubicación del centroide de todas las columnas, en el piso que se esté considerando.
 - d) Suponiendo que las fuerzas axiales en las columnas son proporcionales a sus distancias al centroide, determine las fuerzas axiales en las columnas mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio de momentos, al cuerpo libre del armazón arriba de la sección. Con el fin de eliminar las cortantes desconocidas en las columnas, de la ecuación de equilibrio, deben de sumarse los momentos respecto de una de las articulaciones internas a la mitad de las alturas de esas columnas, a través de las cuales se ha pasado la sección
3. Dibuje los diagramas de cuerpo libre de todos los miembros y nodos del armazón, mostrando las cargas externas y las fuerzas axiales en las columnas que se calcularon en el paso anterior.
4. Determine las cortantes y los momentos en las vigas maestras. Para cada piso del armazón, las cortantes y los momentos en los extremos de las vigas maestras se calculan empezando en el nodo del extremo izquierdo y resolviendo de uno al otro lado hasta la derecha (o viceversa), como sigue:
 - a) Aplique la ecuación de equilibrio en el eje cartesiano "Y" al cuerpo libre del nodo que se está considerando, para calcular la cortante en el extremo izquierdo de la viga que está al lado derecho de ese nodo.
 - b) Considerando el cuerpo libre de la viga, determine el momento en el extremo izquierdo de ésta al multiplicar la cortante de ella por la mitad de la longitud de la misma; es decir,

$$M_g = S_g \left(\frac{L}{2} \right)$$



UNLaM
Universidad Nacional de La Matanza



Basada en la condición de que el momento flexionante en el punto medio de la viga es cero.

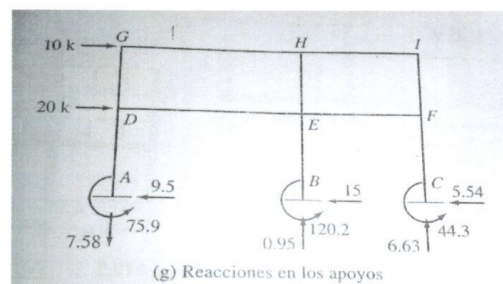
- c) Por la aplicación de las ecuaciones de equilibrio al cuerpo libre de la viga, determine la cortante y el momento, respectivamente, en el extremo derecho.
 - d) Seleccione el nodo a la derecha de la viga maestra considerada con anterioridad y repítanse los pasos del 4 a al c, hasta que se hayan determinado todas las cortantes y todos los momentos en todas las vigas maestras del piso. En virtud de que no se ha utilizado la ecuación de equilibrio en el eje cartesiano "Y" para el nodo del extremo derecho, se puede usar para comprobar los cálculos.
5. Determine los momentos y las cortantes en las columnas. Empezando en el piso superior, aplique la ecuación de equilibrio de momentos al cuerpo libre de cada nodo del piso, para determinar el momento en el extremo superior de la columna que está debajo del nodo. Enseguida, para cada columna del piso, calcule la cortante en el extremo superior de esa columna al dividir el momento en ella entre la mitad de la altura de la misma; es decir,

$$S_c = \frac{Mc}{\left(\frac{h}{2}\right)}$$

Determine la cortante y el momento en el extremo inferior de la columna por la aplicación de las ecuaciones de equilibrio al cuerpo libre de esa columna. Repita el procedimiento para cada piso sucesivo, resolviendo de arriba hacia abajo, hasta que se hayan determinado los momentos y las cortantes en todas las columnas del armazón.

6. Determine las fuerzas axiales en las vigas maestras. Para cada piso del armazón, determine las fuerzas axiales en las vigas, partiendo del nodo del extremo izquierdo y aplicando ecuación de equilibrio en el eje cartesiano "X" sucesivamente al cuerpo libre de cada nodo del piso.
7. Al tener en cuenta que las fuerzas y los momentos en los extremos inferiores de las columnas del piso inferior representan las reacciones en los apoyos, use las tres ecuaciones de equilibrio del armazón completo para comprobar los cálculos. Si el análisis se ha realizado de manera correcta, entonces se deben satisfacer estas ecuaciones de equilibrio.

La solución del ejercicio elegido, por el método de la viga en voladizo es la mostrada en la siguiente figura:



5

ANÁLISIS ESTRUCTURAL I

Como se puede observar en las resoluciones por ambos métodos, el resultado obtenido no es el mismo. Para justificar esta diferencia hay que tener en cuenta que para su resolución se utilizaron distintas hipótesis y además hay que remarcar que son métodos aproximados de resolución por lo cual con estos no se asegura un comportamiento del elemento según los resultados obtenidos, pero si se utilizan para un pre dimensionamiento de la estructura bajo condiciones similares. Por otro lado, ha de tenerse en cuenta que el software elegido contempla el peso propio de la estructura lo que también hace variar el resultado.

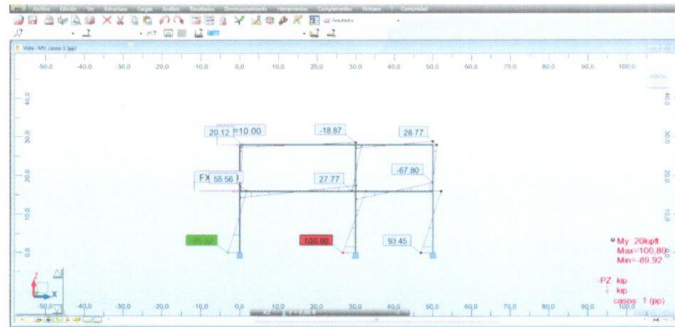
Una vez establecidas las diferencias entre ambos métodos se procede a resolver este ejercicio con el software elegido.

Resultados obtenidos

Reacciones:

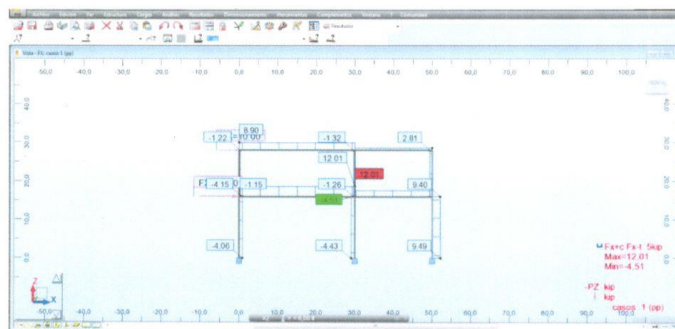


Puntos de inflexión:



Solicitaciones:

Esfuerzo Fx



Esfuerzo Fz



Momento My



ANÁLISIS ESTRUCTURAL I

EJERCICIO 2

Tomar un pórtico de 4 (cuatro) plantas sometido a cargas verticales. Cargar en el software y observar que sucede al variar las rigideces de las columnas y vigas en los siguientes casos:

- $\frac{J_v}{J_c} = 1$
- $J_c \ll J_v$
- $J_v \ll J_c$

Conclusiones

Observar también puntos de inflexión (su ubicación en el último piso)

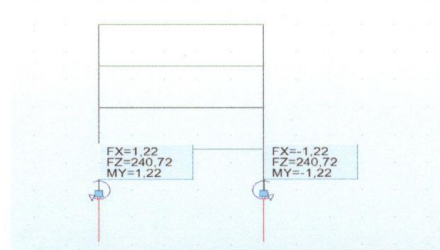
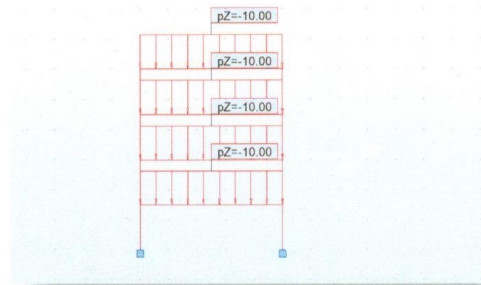
Marco Teórico

Un método aproximado para analizar estructuras de edificios considerando cargas verticales implica estimar la posición de los puntos de momento nulo en las trabes. Estos puntos, que se presentan cuando el momento cambia de un signo a otro, suelen denominarse puntos de inflexión (PI) o puntos de contraflexión. Una práctica común consiste en suponer que en las trabes existen puntos de inflexión localizados aproximadamente a 0.1 de la longitud, desde cada extremo, y que además la fuerza axial es nula en esas trabes.

Estos supuestos tienen el efecto de crear una viga simplemente apoyada entre los puntos de inflexión, pudiendo determinarse mediante equilibrio estático los momentos positivos en la viga. En las trabes aparecen momentos negativos entre sus extremos y los puntos de inflexión. El valor de estos momentos puede calcularse considerando que la parte de la viga hasta el punto de inflexión funciona como voladizo.

La fuerza cortante en el extremo de cada trabe contribuye a las fuerzas axiales en las columnas. De manera análoga, los momentos flexionantes negativos en los extremos de las trabes se transmiten a las columnas. En las columnas interiores, los momentos en las trabes a cada lado se oponen entre sí y pueden cancelarse. En las columnas exteriores hay momentos solo en un lado, causados por las trabes unidas a ellas, y deben considerarse en el diseño.

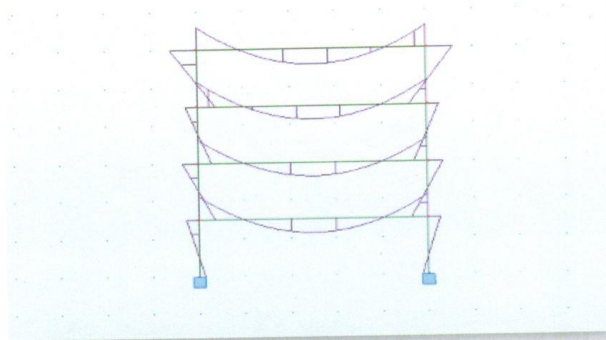
Para la resolución de este ejercicio utilizado la estructura mostrada en la siguiente figura, bajo cargas distribuidas de 10 kN/m aplicadas en sus vigas.



En el primer caso donde

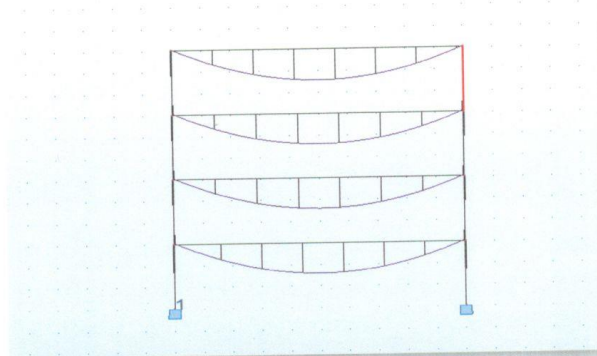
$$\bullet \frac{I_v}{I_c} = 1$$

La sección utilizada es una rectangular de 20 cm x 40 cm.



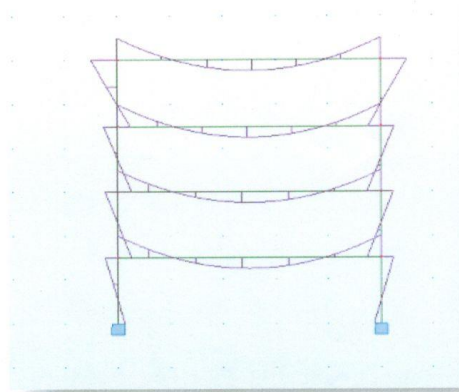
El resultado obtenido es el siguiente donde se pueden visualizar que el diagrama de momentos en todos los pisos, en la viga, son similares variando la posición de los puntos de inflexión en las columnas, aunque no por mucha diferencia.

- $J_c \ll J_v$



En este caso se puede ver que las vigas se comportan como simplemente apoyadas cuando la inercia de la viga es mucho mayor que la de la columna.

- $J_v \ll J_c$



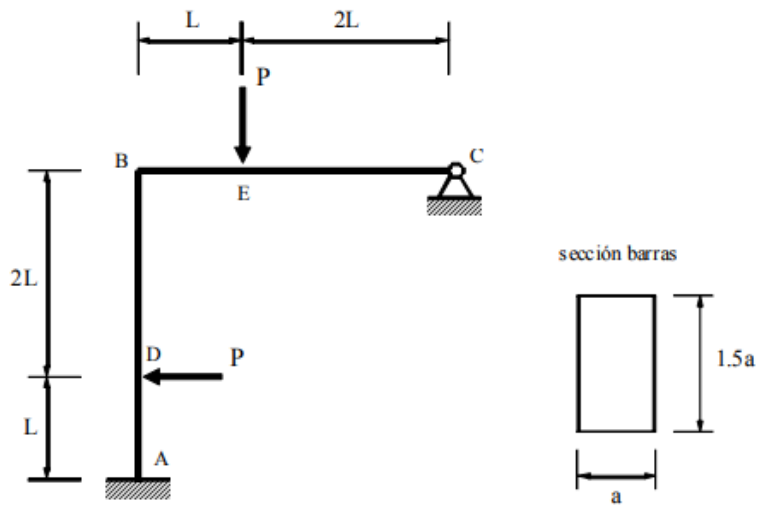
Como se puede observar en la figura anterior, cuando la inercia de la columna es mucho mayor comparada con la de la viga, esta última se comporta como una empotrada- empotrada en sus extremos.

En las columnas del último piso, el punto de inflexión se encuentra a una menor altura comparados con los puntos de inflexión de las columnas de los demás pisos.

ANEXO XXIII Producción de los estudiantes

Cálculo plástico

Elegimos el siguiente ejercicio

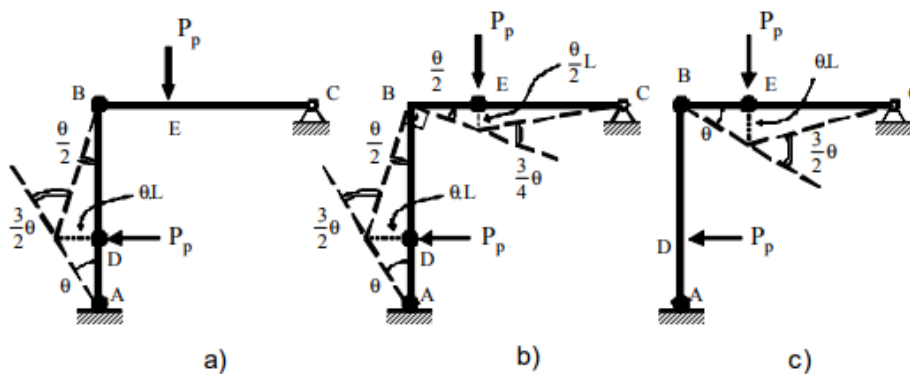


Con $L=0,4\text{m}$ y $a=5,25$

Se aplican dos cargas P iguales en las secciones D y E como se indica en la figura.

Al ser una estructura hiperestática de segundo grado, serán necesarias tres rotulas plásticas para el colapso de la estructura. Dado que las cargas son concentradas y por lo tanto el diagrama de momentos flexores es lineal, pueden presentarse momentos máximos en las secciones A, B, D y E.

En teoría son posibles 3 mecanismos de colapso

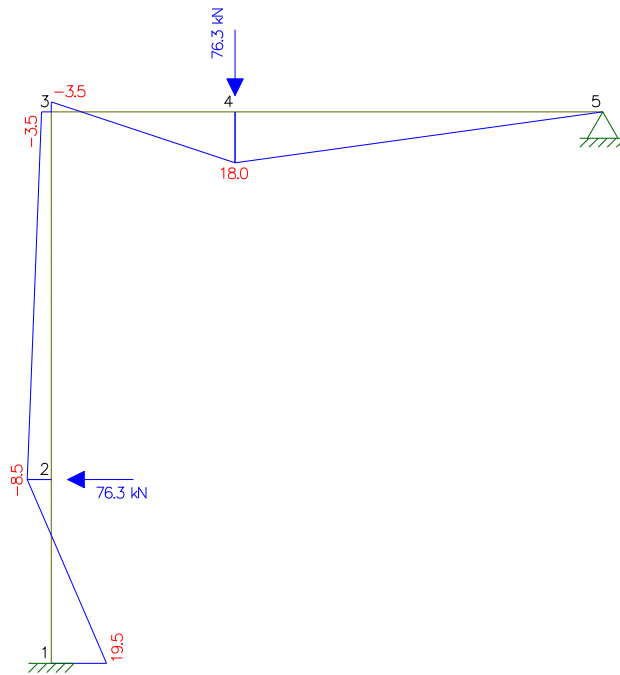


particularizando los valores para los datos del problema tenemos que

$$M_p = 19,534 \text{ Kn.m}$$

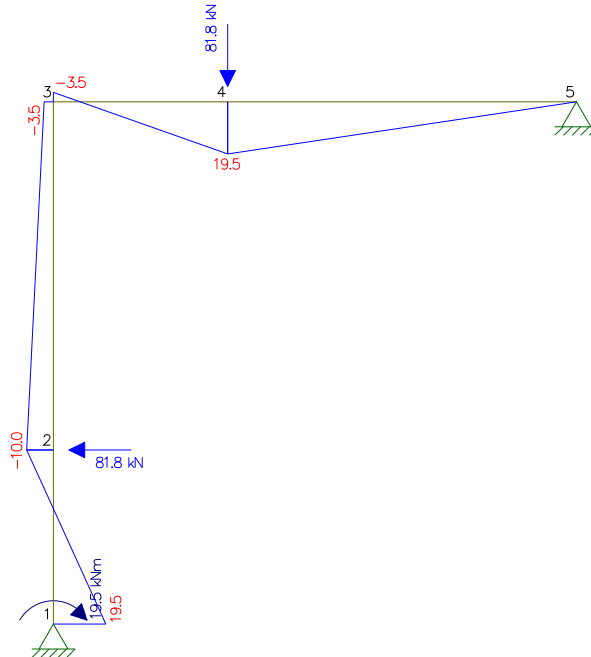
$$P = 105,814 \text{ Kn}$$

Procedemos a cargar el sistema en el software e ir aumentando la carga hasta que se llegue al primer momento de plastificación



Podemos ver que en el empotramiento se genera la primera plastificación de sección. Para representar esa plastificación en el software colocamos una rotula en el empotramiento y aplicamos un momento igual al de plastificación, debido a que esa sección no podrá tomar más esfuerzo y quedará fija en el valor del momento de plastificación.

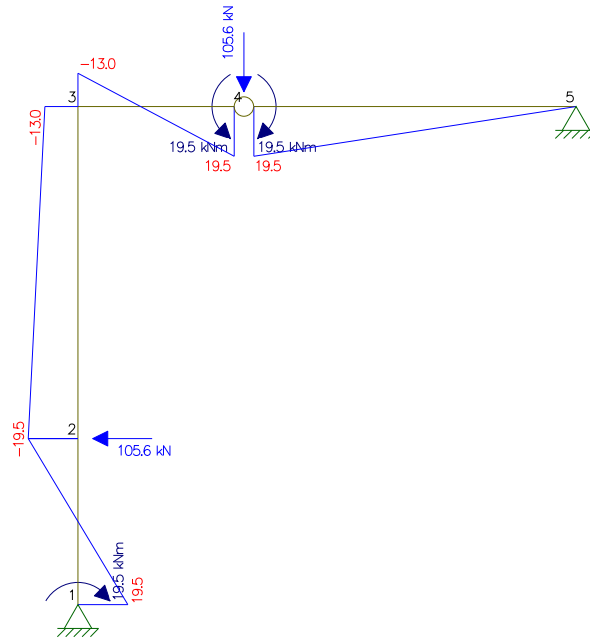
Procedemos a seguir aumentando la carga.



Observamos que la siguiente rotula plástica se genera en la sección E. Repetimos el mismo procedimiento y aumentamos nuevamente la carga.

La tercer rotula, se forma en la sección D; generada por la carga $P = 105,6$ Kn, esta será la carga de colapso

Vemos que el sistema de colapso coincide con el calculado mediante el metodo de los mecanismos combinados.



Obteniendo por ambos metodos resultados practicamente iguales.