



A NÁLISIS CUALITATIVO

Arq. Eduardo Rodríguez Cimino

Gráficos de deformadas: Arq. Julieta Mansilla

Arq. Raquel Fabre

Estructuras III A

Prof. Titular:

Eduardo Rodríguez Cimino

Prof. Adjunta:

Julieta Mansilla

Prof. Asistentes:

Leonel Ghiglione

Horacio Altamirano

Anabella Cardellino

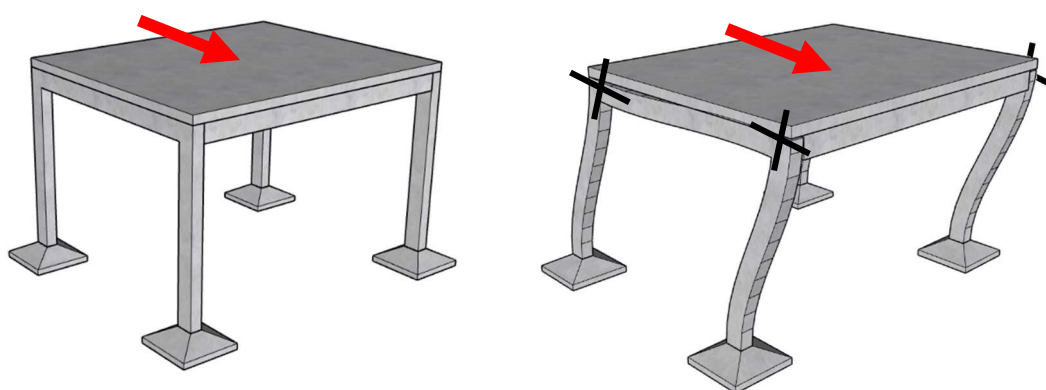
Ana Ostera

Madeleine Ledezma Orozco

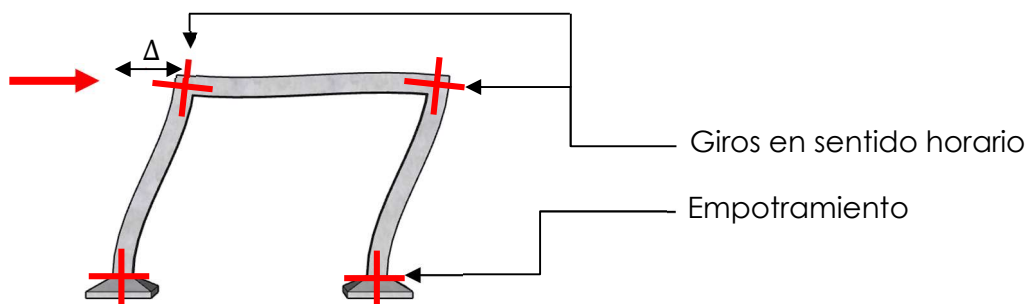
5 ANÁLISIS CUALITATIVO DE PÓRTICOS

Para conocer, de manera cualitativa, cómo se produce el equilibrio interno de solicitaciones y las reacciones de apoyo en un pórtico sometido a acciones horizontales, se puede recurrir a un sencillo análisis realizado a partir de las deformaciones que sufre la estructura, por efecto del desplazamiento relativo de los planos horizontales.

Si sobre una estructura aplicamos la fuerza estática equivalente al sismo, se desplaza el plano horizontal, y todos los nudos de columnas que estén vinculados a él.



Este desplazamiento relativo del nudo superior de las columnas con respecto al inferior, produce la deformación del pórtico, y los esfuerzos de las vigas y columnas que lo componen dependerán de la magnitud relativa de los giros en cada uno de sus extremos.



Analizaremos primeramente por separado las situaciones que pueden presentarse tanto en vigas como en columnas, para luego construir la deformación total del pórtico y sus diagramas de solicitaciones. Recordemos que este análisis sólo considera el efecto de cargas horizontales, por lo que no se incluyen cargas gravitatorias ni el peso propio de la estructura.

5.1 COLUMNAS

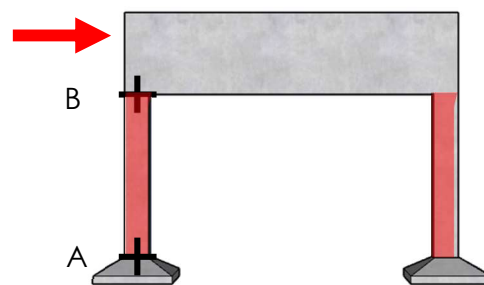
Las columnas presentan un desplazamiento relativo de su extremo superior con respecto al inferior, y, dependiendo de la rigidez de sus vínculos, pueden presentarse las siguientes situaciones:

- Ambos extremos empotrados (giro nulo)

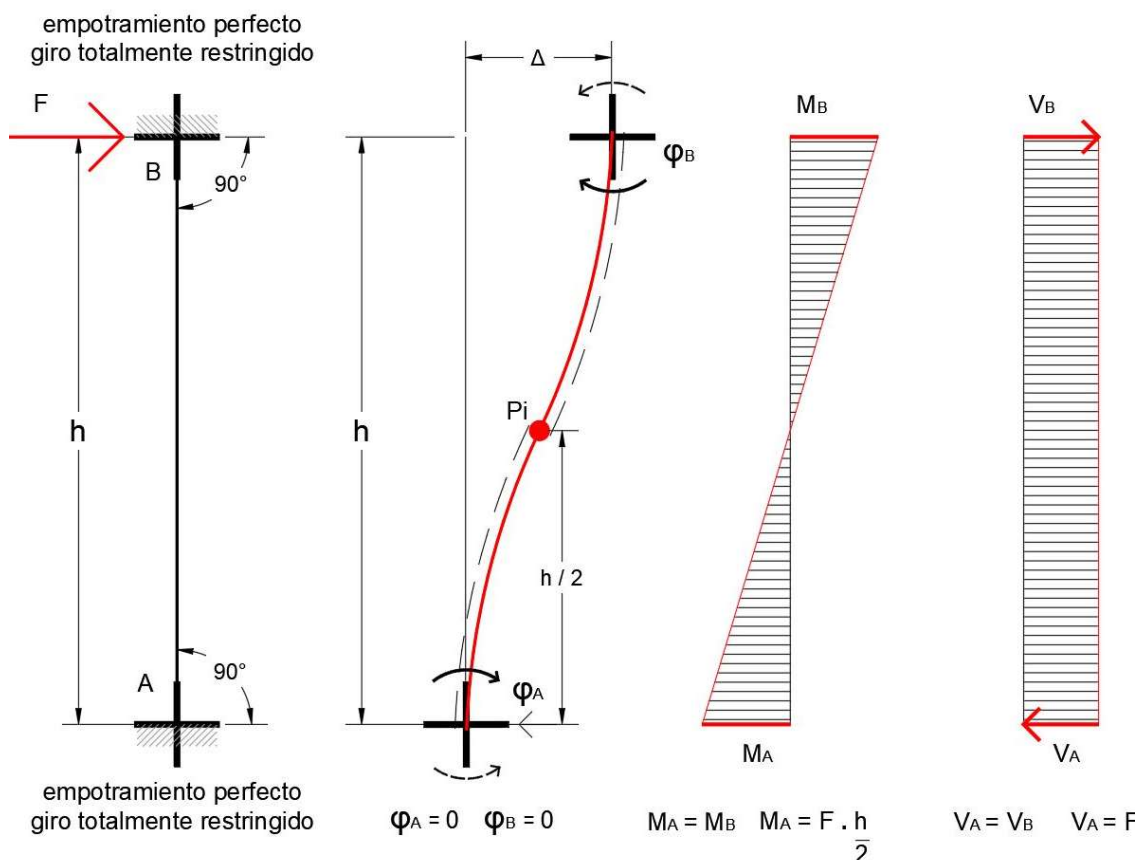
- Extremo inferior empotrado (giro nulo) y extremo superior articulado (giro libre)
- Extremo inferior articulado (giro libre) y extremo superior empotrado (giro nulo)
- Extremo inferior empotrado (giro nulo) y extremo superior con giro parcialmente restringido
- Ambos extremos con giro parcialmente restringido

5.1.1 Columna con ambos extremos empotrados

Esta situación se produce cuando se considera el extremo inferior empotrado en la fundación, y en el extremo superior existe una viga de gran rigidez (sección considerablemente mayor que la columna).



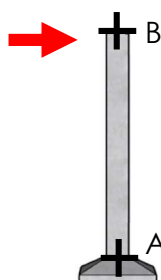
El giro es nulo en ambos extremos, por lo cual la barra adquiere una deformación de curva y contracurva iguales, en forma de "s", y con un punto de inflexión en el centro.



Los momentos de los extremos M_A y M_B son iguales, y el esfuerzo de corte es constante en toda la columna, y de igual valor que la fuerza F .

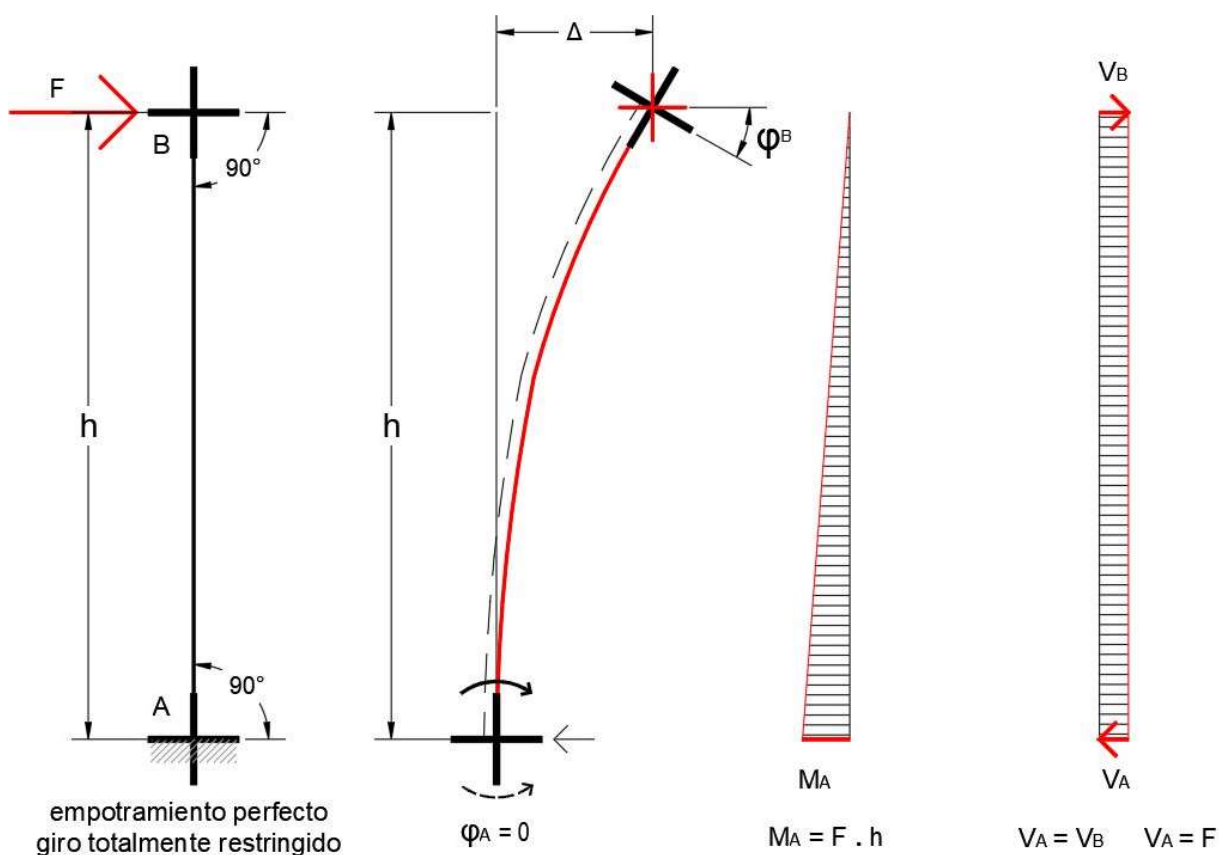
5.1.2 Extremo inferior empotrado (giro nulo) y extremo superior articulado (giro libre)

Este caso sucedería si en el extremo superior no hubiese viga, por lo cual la columna se comportaría como un voladizo.



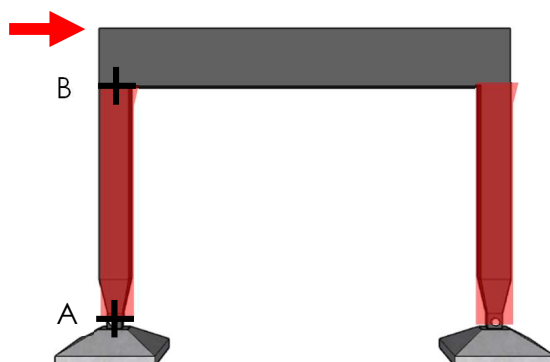
El giro inferior es nulo y el superior es libre, sin producirse punto de inflexión, dado que la cara convexa de la deformada se encuentra completamente traccionada. El momento de empotramiento en la base es $M_A = F \cdot h$ y el extremo articulado tiene momento nulo.

El esfuerzo de corte V es constante en toda la barra, e igual a la fuerza F .

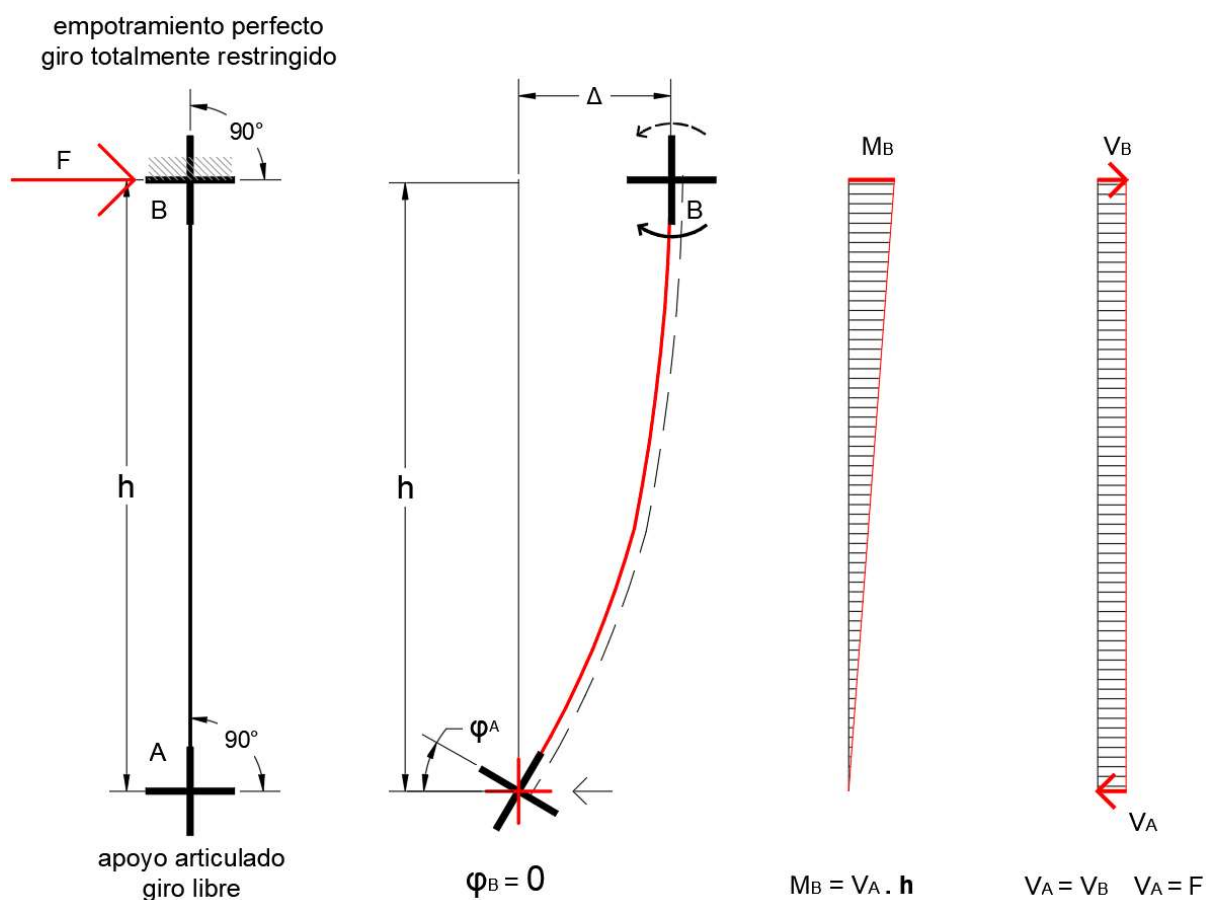


5.1.3 Extremo inferior articulado (giro libre) y extremo superior empotrado (giro nulo)

Este caso es el inverso al anterior, y podría presentarse cuando la rigidez rotacional de la base fuera considerada nula, o cuando su unión con la columna fuera mediante una articulación (algo habitual en estructuras metálicas).



El extremo superior no gira, y el inferior lo hace libremente. Es el caso inverso al anterior, no hay punto de inflexión y la cara convexa de la deformada se encuentra completamente traccionada.

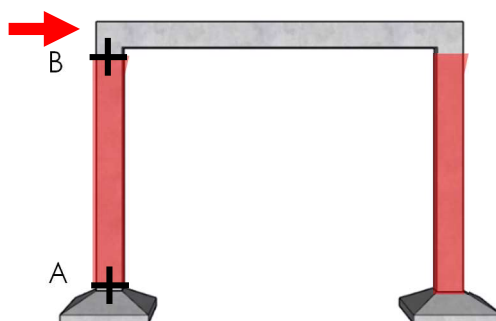


El momento de empotramiento $M_B = V_A \cdot h$ y el extremo articulado tiene momento 0.

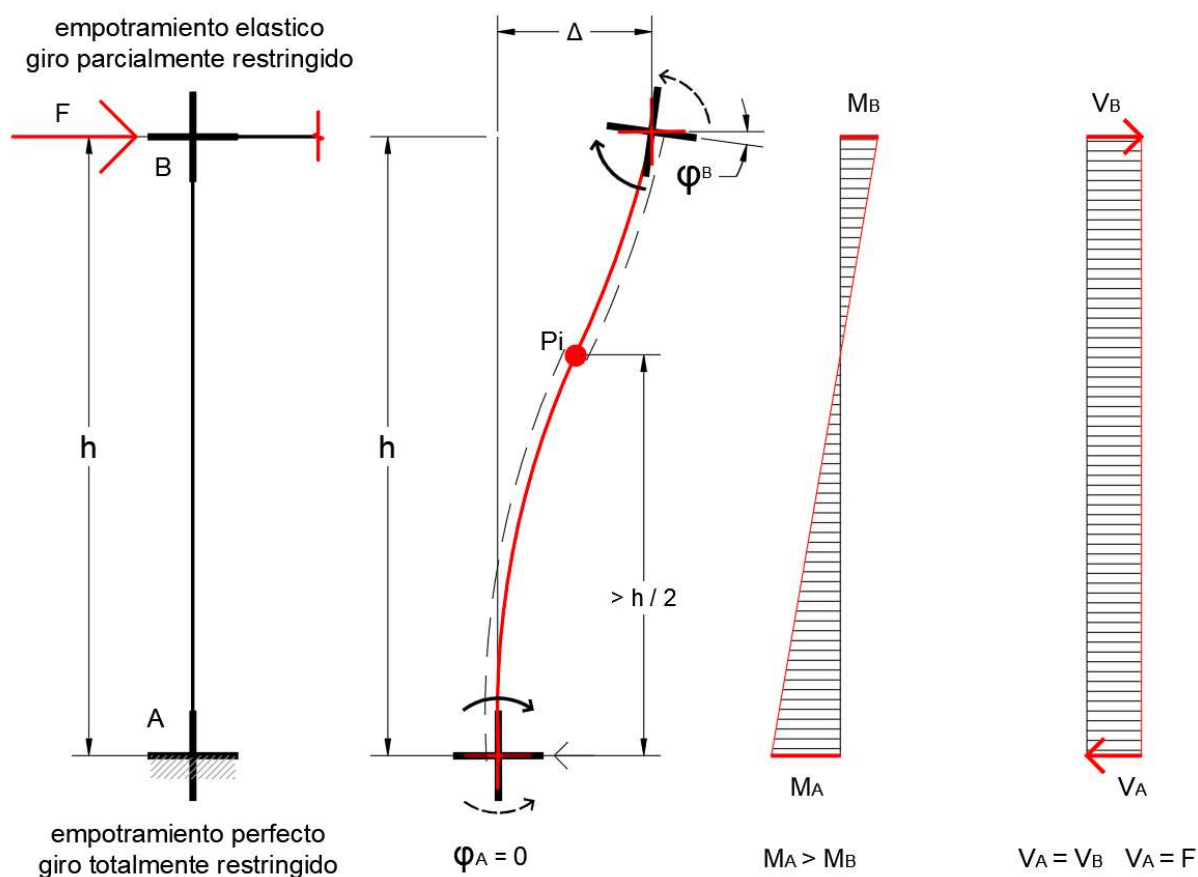
El esfuerzo de corte V es igual a la fuerza F .

5.1.4 Extremo inferior empotrado (giro nulo) y extremo superior con giro parcialmente restringido

Este es el caso más habitual en columnas de planta baja, en el cual se considera la base empotrada, y en el extremo superior existe una viga de similar rigidez a la columna, que permite un giro parcialmente restringido.



En el extremo superior se produce una situación intermedia entre un giro libre (en donde no había un punto de inflexión) y un giro nulo (donde el punto de inflexión aparecía a la mitad de la altura de la columna), por lo cual podemos ubicar el punto de inflexión de este caso en cualquier posición más alta que la mitad de la columna.



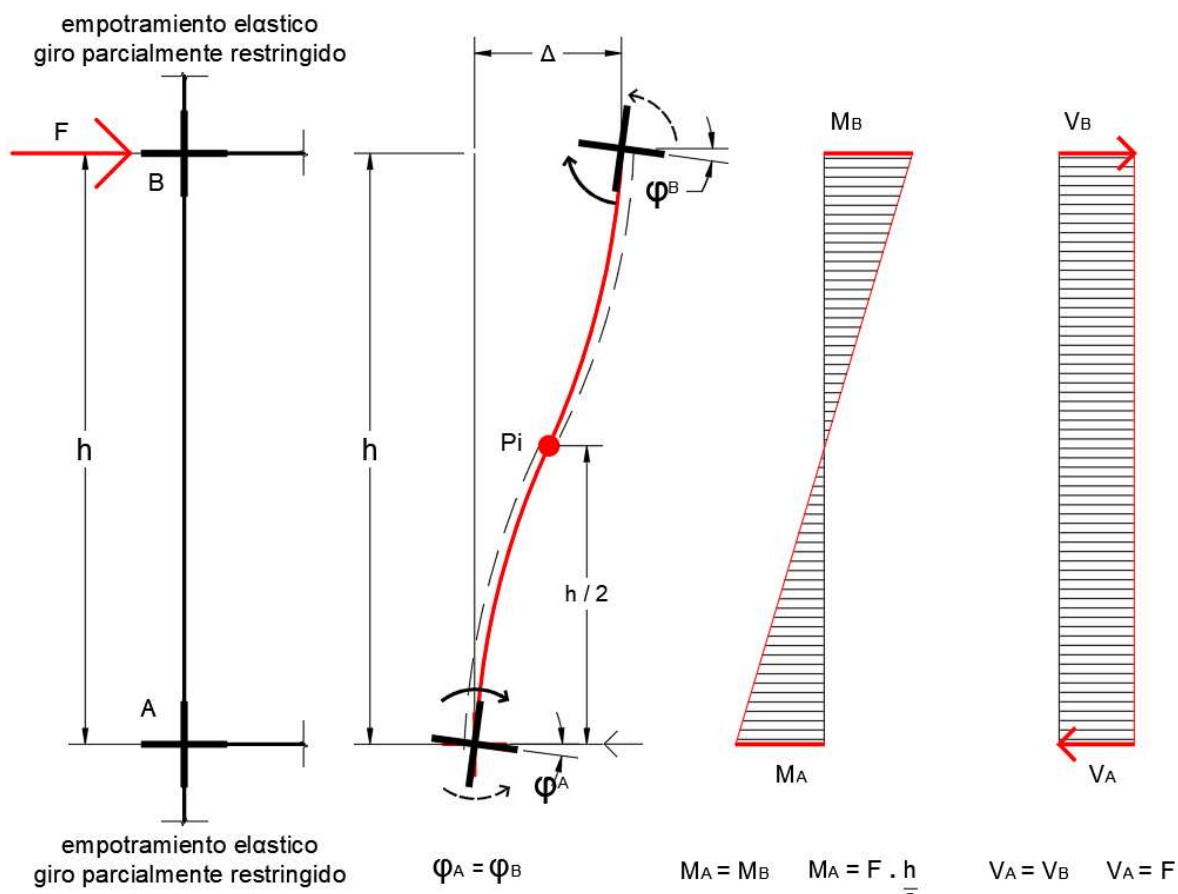
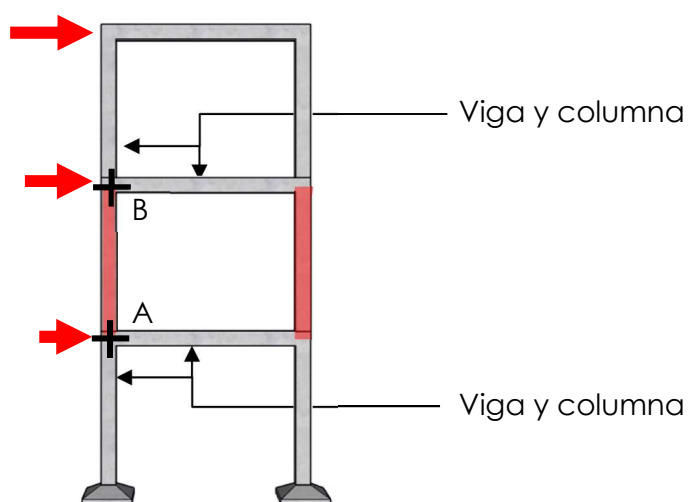
El momento en la base resulta así mayor que el del extremo superior. El corte es constante, e igual a la fuerza F.

5.1.5 Ambos extremos con giro parcialmente restringido

Este caso se presenta en las columnas de cualquier nivel que no esté vinculado a la fundación. Las vigas y columnas de los niveles superior e inferior limitan el giro de los extremos.

- Giros iguales**

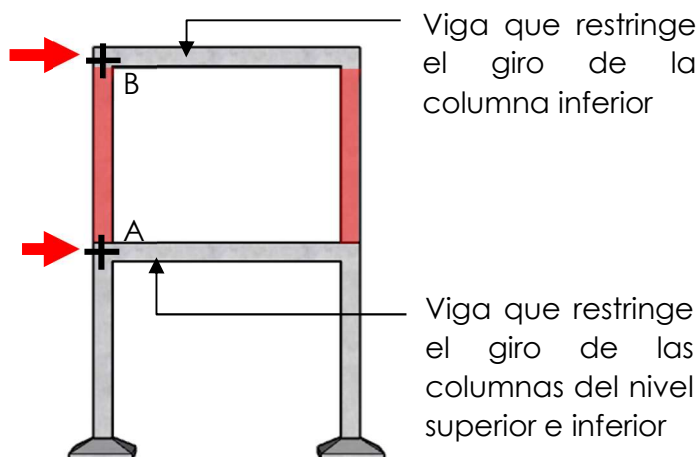
Si la columna a analizar presenta idénticos vínculos en el nivel superior e inferior, ambos giros serán iguales. Este caso se presenta habitualmente en niveles intermedios, donde tanto en el extremo superior como en el inferior de la columna, llegan a un nudo donde concurren a su vez una viga y otra columna, conformando un vínculo de igual rigidez.



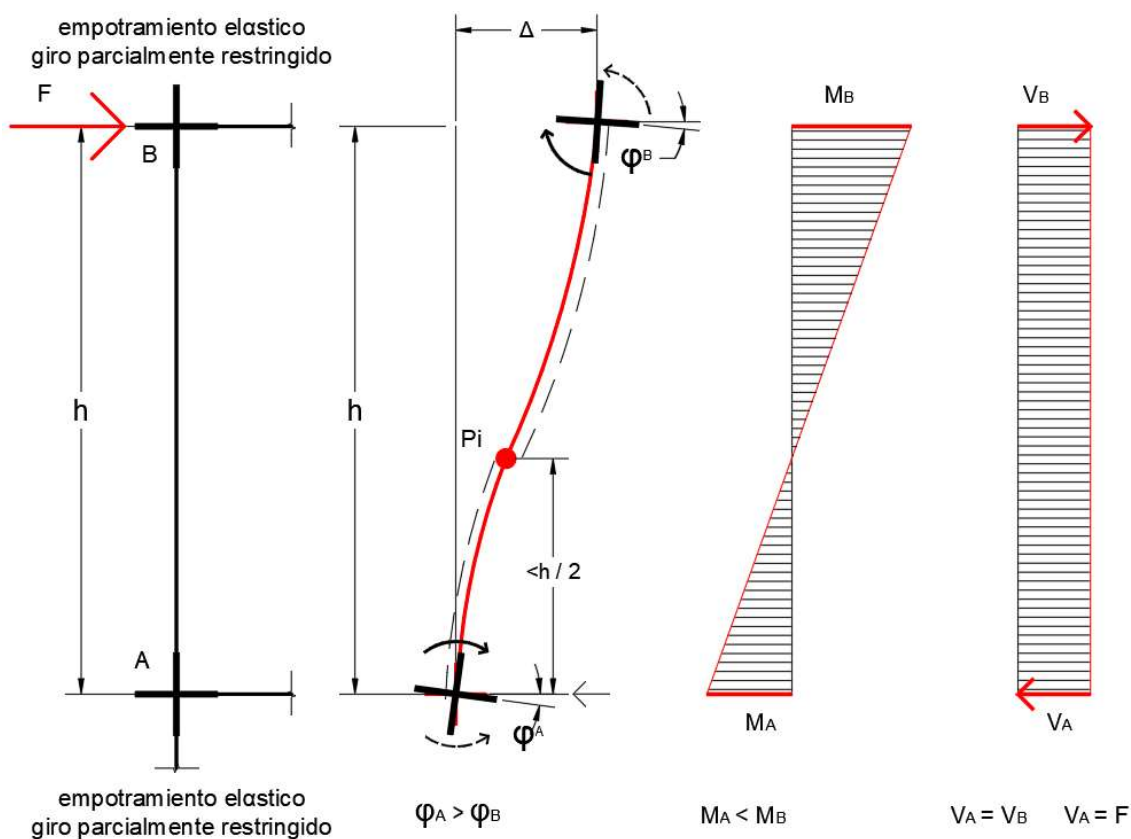
En este caso los giros superior e inferior son idénticos, por lo cual la deformación es con curva y contracurva iguales, con un punto de inflexión en el centro, y momentos extremos M_A y M_B del mismo valor.

- **Giros diferentes**

Puede suceder en cambio, que los giros superior e inferior sean distintos. Esto ocurre por ejemplo, en las columnas del último nivel, donde el extremo inferior "A" concurre a un nudo en el cual existe una viga que debe restringir el giro de dos columnas, mientras que en el nudo superior "B" hay una viga que debe limitar el giro de solo una columna, por lo que este giro será menor.



En este caso, como el nudo inferior tiene un mayor giro que el superior, el punto de inflexión se desplaza hacia abajo, y el momento del nudo B es mayor que el del nudo A.



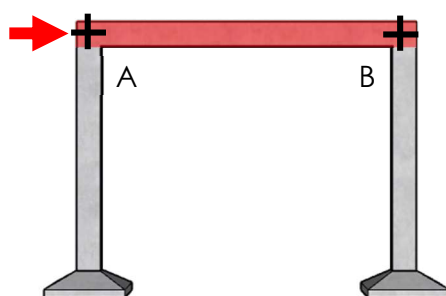
5.2 VIGAS

En el caso de las vigas, los nudos de sus extremos siempre se desplazan igual magnitud, puesto que están vinculados al diafragma horizontal, y no se consideran variaciones en la longitud de las barras. Su deformación se genera a partir de los giros que las columnas le transfieren.

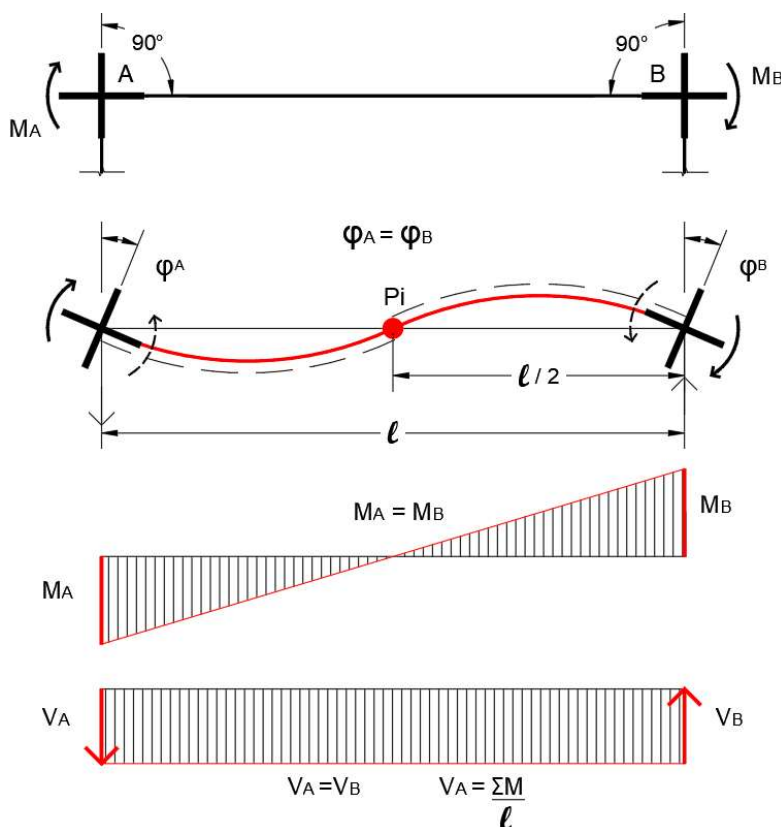
Se presentan entonces solo dos posibilidades: que los giros de los extremos de la viga sean iguales o que sean diferentes.

5.2.1 Giros iguales

Para que los giros en los extremos de las vigas sean iguales, deben existir idénticas condiciones de vínculo en ambos nudos, por lo cual este caso se presenta cuando existen columnas iguales (en cantidad y sección) en ambos lados de la viga.

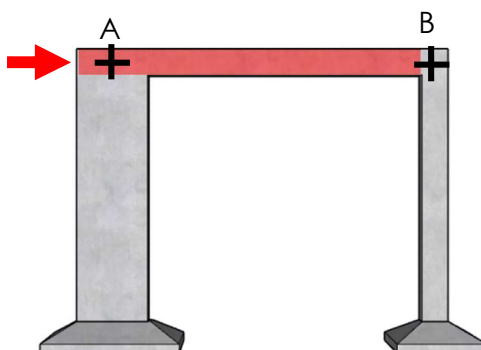


Al ser iguales los giros, el punto de inflexión se ubica en el centro y la curvatura de la barra hacia ambos lados es igual. El momento del apoyo A es igual al B. El corte es constante y de valor $V = \frac{M_A + M_B}{L}$

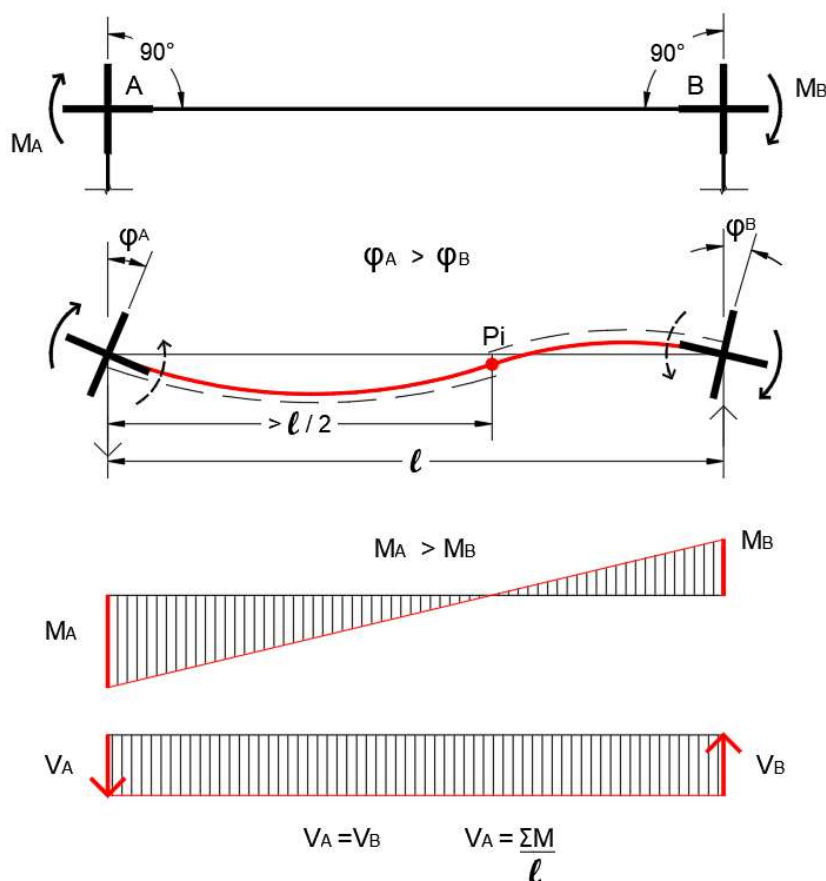


5.2.2 Giros diferentes

Esta situación se presenta cuando hay elementos de diferente rigidez de uno y otro lado de la viga.



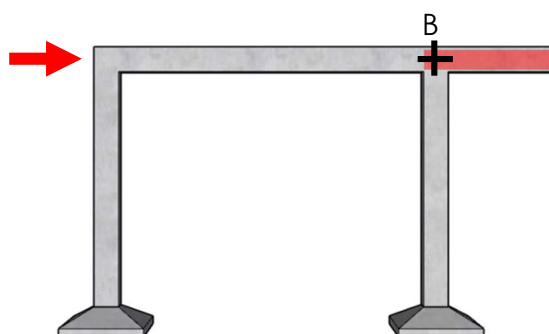
En este caso, la viga tiene mayor facilidad de limitar el giro del nudo de la derecha, donde se encuentra una columna esbelta (giro pequeño), mientras que difícilmente pueda evitar el giro del nudo izquierdo que le está aplicando una columna de gran rigidez (giro mayor).



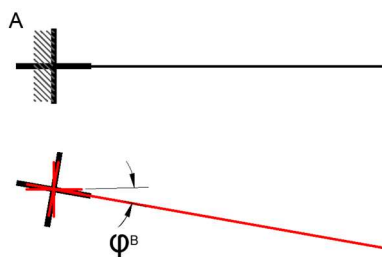
Podemos ver que, si los giros no son iguales, el punto de inflexión no estará en el centro de la barra, y los valores de los momentos serán diferentes.

5.2.3 Voladizos

Los voladizos poseen un vínculo solo en uno de sus extremos, por lo cual no tienen capacidad para limitar el giro de las columnas, y no aportan rigidez traslacional al pórtico.



Como en este análisis no se considera ningún tipo de cargas gravitatorias (ni el peso propio), el voladizo solo experimenta el giro de su nudo de apoyo, sin que ello produzca deformación o tensión alguna.

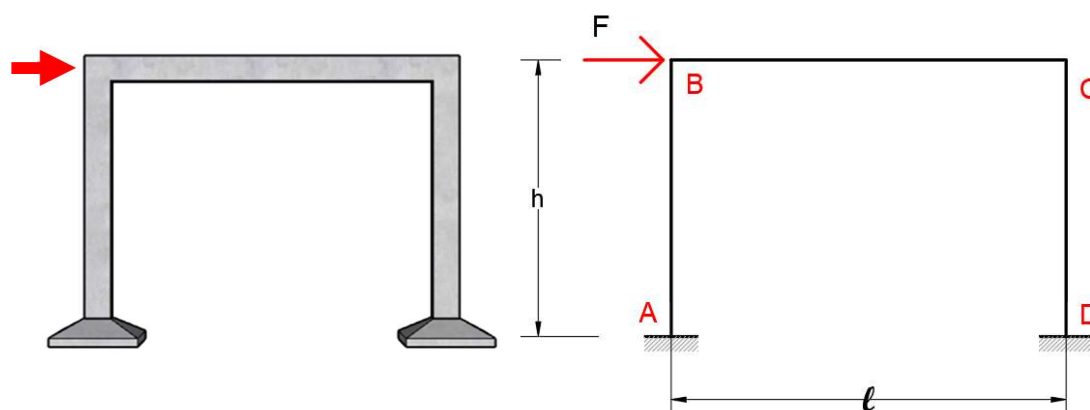


5.3 DEFORMACIÓN Y SOLICITACIONES DE UN PÓRTICO

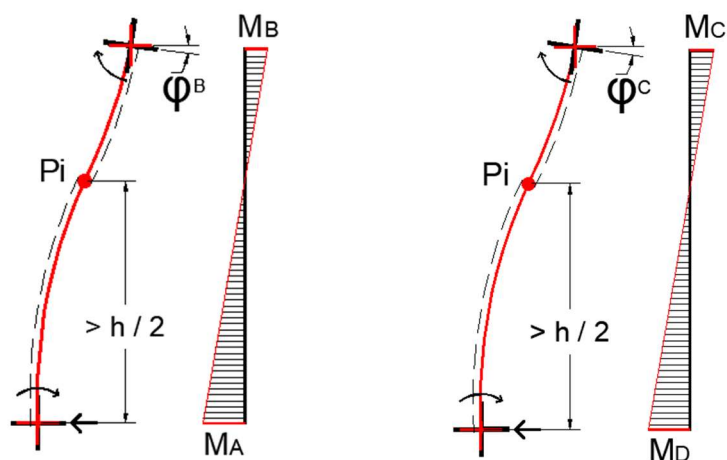
5.3.1 Pórtico de un tramo y un nivel

Una vez conocidos los casos de referencia, para analizar un pórtico pueden evaluarse las deformaciones y solicitaciones de cada elemento por separado, y luego ensamblarse respetando el equilibrio de los nudos (la sumatoria de los momentos de las vigas y columnas que concurren a cada nudo, debe ser igual a cero)

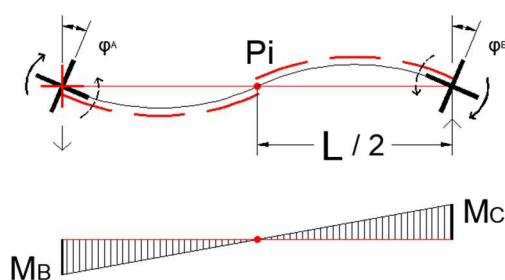
Analizaremos el caso de un pórtico de un tramo y un nivel sometido a la acción de la fuerza horizontal F .



Ambas columnas poseen un empotramiento en su base, y un giro restringido por la misma viga en su extremo superior, por lo cual los giros de los nudos B y C son iguales, y la deformación y momentos flectores son los siguientes:

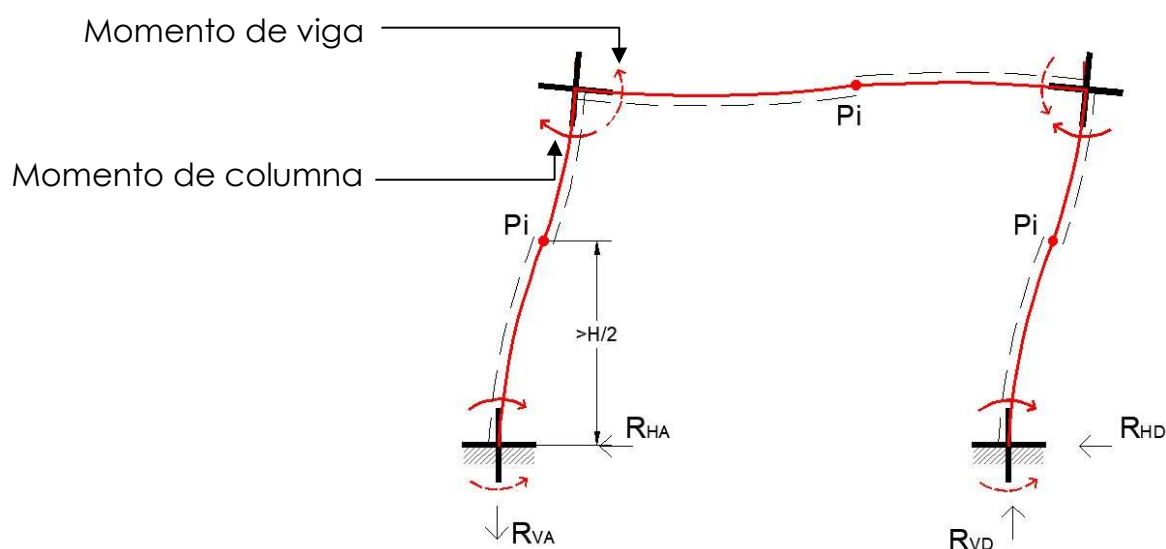


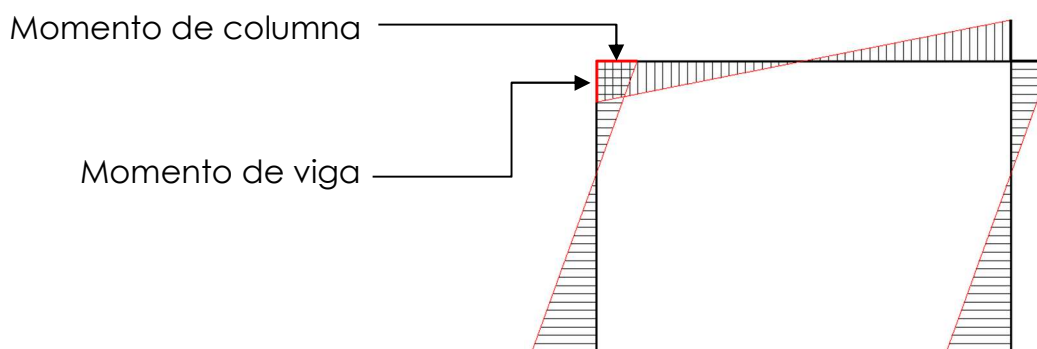
En el caso de la viga, ésta se deforma por el giro de los nudos B y C que le aplican las columnas. Como se trata de columnas iguales, los giros también lo son, por lo cual le corresponde la siguiente deformación:



Conocido el comportamiento de cada barra, solo resta ensamblar el pórtico comprobando que se mantenga el equilibrio en los nudos B y C.

En el nudo B, el momento del extremo izquierdo de la viga, debe ser igual al momento del extremo superior de la columna:

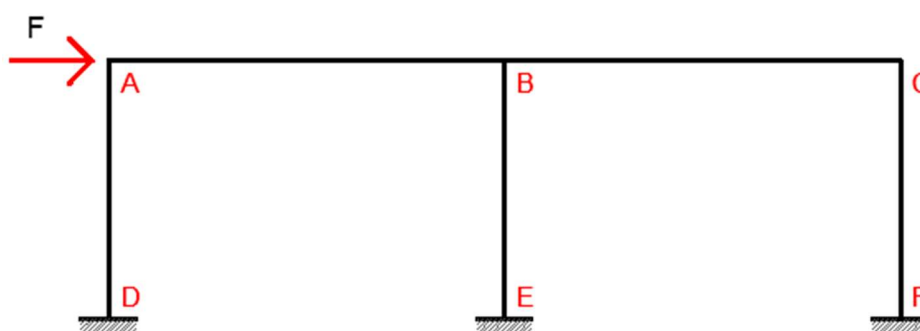




En el nudo C se procede de igual manera, igualando los momentos de viga y columna.

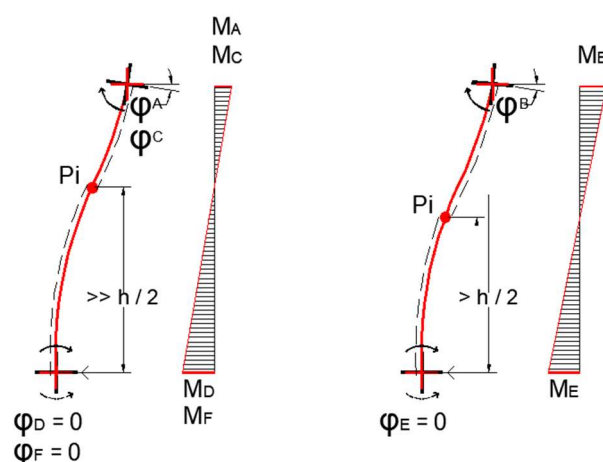
Las reacciones verticales de los apoyos B y C de la viga, se transmiten como esfuerzos normales a las columnas, y de ellas a los apoyos, en donde aparecen las reacciones R_{VA} y R_{VD} .

5.3.2 Pórtico de dos tramos y un nivel

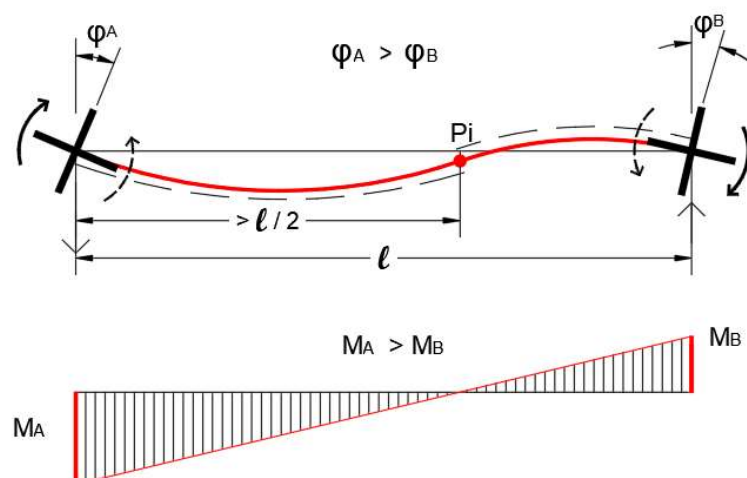


Comenzamos evaluando las columnas, que poseen un giro nulo en su base y un giro restringido en su coronamiento. Por simetría, la columna A-D es idéntica a la C-F, pero la columna central B-E tiene una restricción mayor del giro en el nudo B, ya que está limitado por dos vigas, mientras que en los nudos A y C hay solo una.

Tomamos entonces el mismo caso de referencia, con la salvedad de que la columna central tendrá menos giro en su coronamiento, y su punto de inflexión estará más cerca del centro.

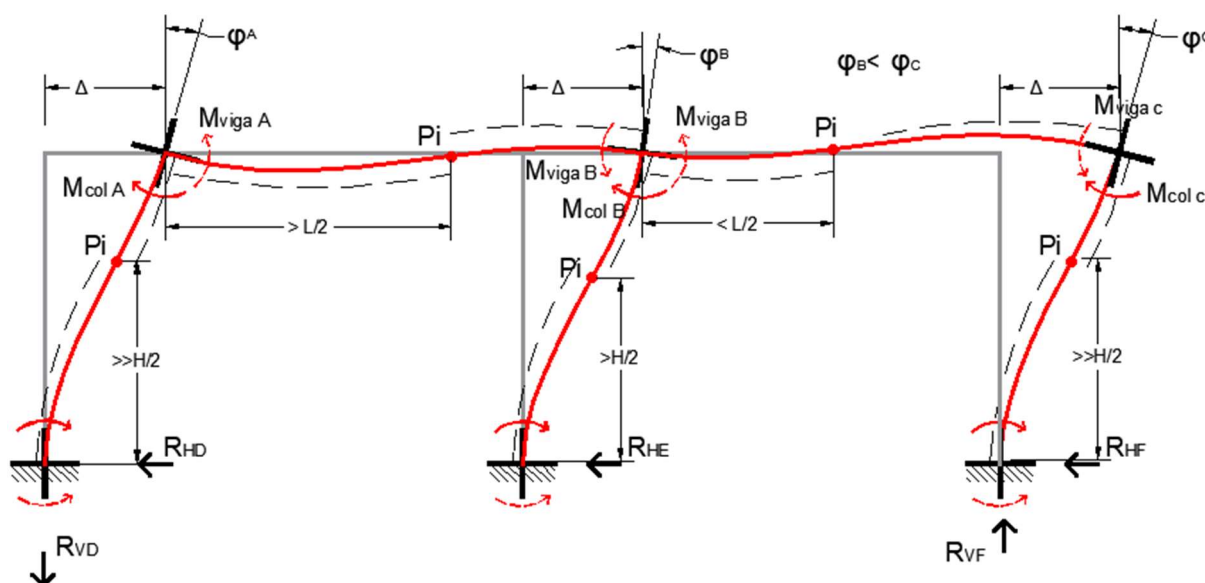


Como el nudo B es menor que el A, la viga A-B corresponde al caso en el cual los giros de los extremos son diferentes (el giro B es menor).



Lo mismo sucede con la viga B-C, pero en este caso el giro menor es el del extremo izquierdo.

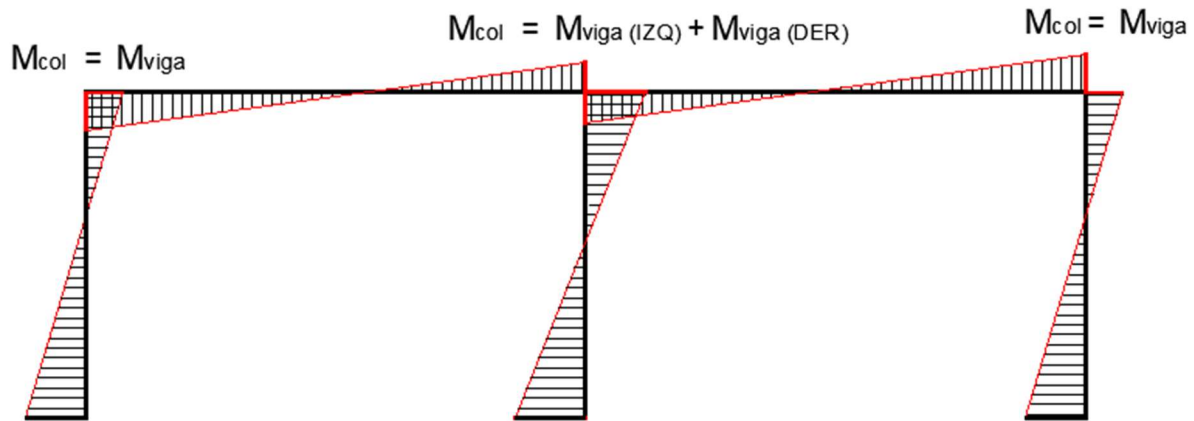
Uniendo las barras analizadas individualmente tenemos la siguiente deformación:



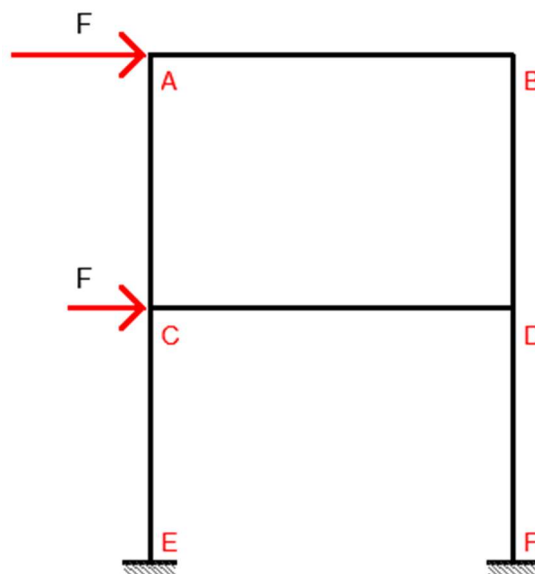
En el nudo A, debemos igualar el momento de la columna (sentido horario) con el de la viga (sentido antihorario) de manera que su suma sea igual a 0.

En el nudo B, el momento de la columna (sentido horario) debe equilibrarse con la suma de los momentos de las vigas, dado que ambos son de sentido antihorario.

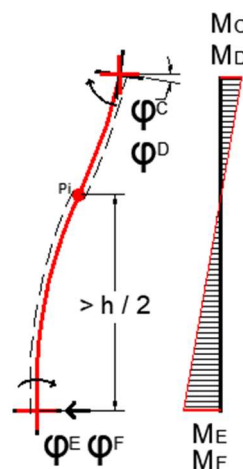
En el nudo C se igualan columna con viga de la misma manera que en el nudo A.



5.3.3 Pórtico de un tramo y dos niveles

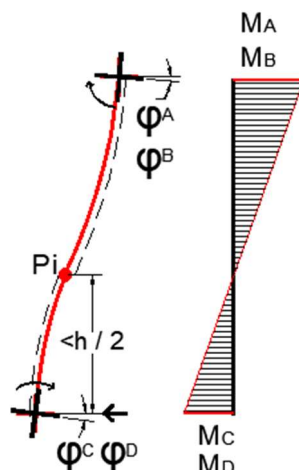


Las columnas de planta baja corresponden al caso que posee un giro nulo en su base y un giro restringido en su coronamiento. Por simetría, los giros en C y D son iguales, por lo cual la deformación en ambas columnas también lo son:

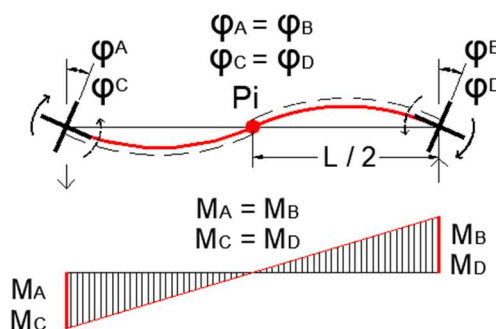


Las columnas de planta alta también son iguales, teniendo un giro restringido en su base, y un giro menor en su coronamiento, dado que a los nudos A y B solo llega una columna a cada uno, y hay una viga que limita el giro, mientras que a los

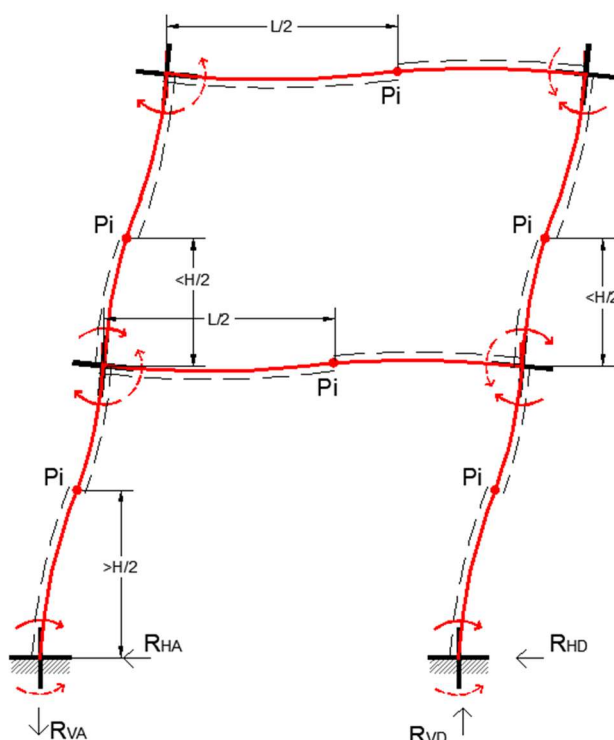
nudos C y D son dos las columnas que llegan a cada uno y hay solo una viga para restringir el giro. Corresponde el siguiente caso:



Analizando las vigas, en la planta baja los giros C y D son iguales, y en planta alta el nudo A es igual al B (por simetría), por lo que corresponde el caso de una viga con giros iguales en sus extremos:



Unimos las barras igualando momentos:



En planta alta, los momentos del extremo superior de las columnas son equilibrados por los momentos de la viga.

En planta baja, al nudo C llegan 2 columnas con momento en sentido horario, por lo cual la viga debe tener en su extremo izquierdo un momento igual a la suma de los momentos de las columnas y sentido antihorario para lograr el equilibrio. Igual situación se presenta en el nudo D.

