

TEMA 2: SOLICITACIONES

Recomendaciones para la obtención de diagramas de solicitaciones

Se propone el siguiente procedimiento ordenado para obtener diagramas de solicitaciones en vigas o pórticos isostáticos. En la mayoría de los casos se pueden saltar algunos pasos por ser obvios.

0) DEFORMADA INTUITIVA

Es importante, al menos, tener cierta idea de hacia dónde se mueve la estructura en su conjunto y de cómo van a “doblar” las barras, lo cual aporta información acerca de los signos de los momentos que se deben calcular después.

Claves:

- La estructura se mueve hacia donde apuntan la mayoría de las cargas.
- Los apoyos experimentan movimientos o giros necesarios para el movimiento general de la estructura
- Aparecen “panzas” bajo las cargas, ya sea en vertical o en horizontal.
- Las “panzas” necesitan giros de arranque en los extremos, que arrastran cabezas de pilares o vigas contiguas.

Errores típicos:

- Dibujar la deformada con “picos”: la deformada es continua siempre, salvo cuando hay una rótula interna.
- Considerar que una articulación no permite el giro, o que un carro no se puede desplazar

1) REACCIONES

Antes de aplicar las ecuaciones de equilibrio, es importante estimar intuitivamente:

- Si la reacción horizontal es nula (cuando no hay fuerzas horizontales).
- El signo y la magnitud relativa de las reacciones verticales, teniendo en cuenta las cargas gravitatorias (si están más cerca de una de las reacciones, esa será mayor) y las de vuelco (horizontales, momentos aplicados y cargas verticales en voladizos, que tienden a “hundir” un apoyo y “arrancar” el otro).

Procedimiento:

0. Si se suponen las reacciones con el signo estimado previamente, la obtención de un signo negativo quiere decir que el sentido es el opuesto al estimado. Si se prefiere asumir a priori todas las reacciones con signo positivo global, al aplicar las ecuaciones se obtiene el signo de la reacción en dichos ejes globales
1. Imponer $\Sigma F_x = 0$ para calcular la reacción horizontal, si la hubiera.
2. Imponer $\Sigma M = 0$ en el apoyo en el que concurren más reacciones (típicamente una articulación), para calcular directamente la reacción del otro apoyo.
3. Imponer $\Sigma F_y = 0$ para calcular la reacción restante.
4. **Comprobación:** calcular ΣM en otro punto distinto y comprobar que sale cero.

Errores típicos:

- Asignar signos de rebanada en lugar de signos en ejes globales.
- No multiplicar la carga repartida por su longitud de aplicación.
- ¡No comprobar!

2) SOLICITACIONES

Para calcular la solicitación en un punto de una estructura, hay que dar los siguientes pasos:

1. Cortar la estructura por una sección determinada
2. Eliminar una parte de la estructura (típicamente la izquierda) y mantener la otra parte (típicamente la derecha). Solo en el último corte de la estructura, acercándonos al final, se recomienda eliminar la parte derecha y proceder de manera análoga, utilizando posteriormente la eliminación de la parte izquierda en el mismo punto para comprobar que el resultado es igual por un lado que por otro.
3. Inspeccionar las cargas pertenecientes solo a la parte eliminada, de la siguiente manera:
 - “Chafar” (calcular la resultante de) las cargas paralelas a la barra contra la sección transversal, y esa fuerza será el valor absoluto del axil
 - “Chafar” (calcular la resultante de) las cargas perpendiculares a la barra contra la sección transversal, y esa fuerza será el valor absoluto del cortante
 - Calcular el momento que producen las cargas perpendiculares a la barra desde la sección transversal, y ese momento será el valor absoluto del momento flector
4. Asignar signos a esos valores de solicitaciones comparándolos con el criterio de signos locales definido sobre la rebanada, que es una porción de barra con dos secciones o “caras” (izquierda y derecha) y que se deforma con un patrón determinado (axil, cortante y momento positivos equivalen a estirar, cizallar subiendo la cara izquierda o curvar de manera cóncava mirado desde arriba, respectivamente). Si las solicitaciones se han obtenido eliminando la parte izquierda de la estructura, se comparan con el criterio de signos positivo definido en la cara izquierda de la rebanada, y viceversa.

Tanto si la estructura es de tipo viga (una sola barra) o de tipo pórtico (barras concurrentes en nudos), el procedimiento anterior se aplica de manera similar: se debe empezar inspeccionando secciones críticas de la estructura por los extremos de barras (izquierda para las vigas, abajo para los pilares, puesto que los pilares se suelen mirar todos desde la derecha), e ir avanzando por las mismas hasta el final de cada una. Se entiende como sección crítica la que cumple alguna de las siguientes condiciones:

- Es inicio o final de barra
- Tiene una fuerza puntual o momento aplicado (en ese caso hay que calcular la solicitación justo antes y justo después de ese punto)
- En ella empieza o acaba una fuerza repartida
- En ella el cortante corta al eje de la barra, y por tanto el momento flector alcanza un máximo

Procedimiento:

1. Colocar la gráfica de $M(x)$ debajo de la de $V(x)$. La colocación de $N(x)$ es indiferente.
2. Identificar la forma de las gráficas (el grado de las curvas): nula, constante, lineal, parabólica o grado mayor, dependiendo de las cargas actuantes y considerando que $M(x)$ siempre tiene un grado más que $V(x)$.
3. El cálculo de $N(x)$ suele ser trivial y se puede dibujar directamente. Si se pide la expresión analítica, suele ser de tramos constantes.
4. Rastrear saltos de $V(x)$ debido a cargas puntuales, que también producen “picos” en la gráfica de $M(x)$.
5. Rastrear saltos de $M(x)$ debido a momentos aplicados.
6. Dibujar valores de $V(x)$ en extremos (cuyos valores absolutos coinciden con las reacciones o con las fuerzas aplicadas), e interpretar su signo.
7. Calcular valor de $V(x)$ en puntos significativos interiores (donde haya un salto, por ejemplo).
8. Unir con rectas o curvas intuitivas los puntos significativos, completando la gráfica.

9. **Comprobar** que la gráfica coincide con la “lectura” de las fuerzas actuantes de izquierda a derecha.
10. **Comprobar** que la pendiente de $V(x)$ coincide en valor absoluto con la carga repartida en los puntos significativos.
11. Si es necesario, obtener la expresión analítica de $V(x)$.
12. Si la gráfica de $V(x)$ corta al eje X sin “saltarlo”, hallar el punto de corte: si se tiene la fórmula de $V(x)$, simplemente imponer $V(x_{max}) = 0$ y despejar x_{max} ; si no se tiene pero la gráfica es lineal, plantear una proporcionalidad de triángulos: $x_{max} = V/q$
13. Dibujar valores de $M(x)$ en extremos (típicamente cero si no hay momentos aplicados o empotramientos).
14. Calcular valores máximos en los puntos significativos (donde $V(x)$ se anula, donde hay saltos o donde la curva cambia de grado).
15. Unir los puntos significativos conociendo el grado de cada tramo de curva.
16. **Comprobar** que la pendiente de $M(x)$ coincide en valor absoluto con $V(x)$ en los puntos significativos.
17. Si es necesario, obtener la expresión analítica de $M(x)$.

Errores típicos:

1. Dar el mismo signo a $V(x)$ en extremos cuando las reacciones son ambas verticales.
2. Interpretar los saltos de $V(x)$ en sentido contrario.
3. Dibujar las pendientes de $M(x)$ con sentido opuesto.
4. Dibujar “picos” cuando $M(x)$ cambia de grado sin que haya salto de $V(x)$.

3) DEFORMADA

Si se requiere la estimación de la deformada de manera más precisa, debe “afinarse” la deformada intuitiva mediante las siguientes pautas:

1. El signo y magnitud de las curvaturas y momentos debe coincidir: la deformada se “dobla” más donde el momento es mayor.
2. Hay puntos de inflexión (cambio del signo de la curvatura) donde el $M(x)$ cambia de signo.
3. A priori no se sabe si la punta de los voladizos queda por encima o por debajo de su posición inicial.

Errores típicos:

4. Dibujar voladizos con deformada cóncava (curvatura positiva).
5. Si hay una carga puntual única, la flecha máxima no necesariamente queda bajo ésta.