

Desarrollo de las combinaciones de hipótesis de carga para Estados Límite Últimos según los criterios del DB-SE del CTE

Apellidos, nombre	Guardiola Villora Arianna (aguardio@mes.upv.es) Agustín Pérez-García (aperezg@mes.upv.es)
Departamento	M.M.C y Teoría de Estructuras
Centro	Escuela Técnica Superior de Arquitectura

1 Resumen de las ideas clave

El objeto de este artículo docente es mostrar al alumno cómo desarrollar las distintas combinaciones de hipótesis de carga para Estados Límite Últimos (en adelante ELU) a considerar en el cálculo de la estructura de una vivienda unifamiliar siguiendo los criterios que establece el Documento Básico Seguridad Estructural, del Código Técnico de la Edificación (en adelante DB-SE del CTE)

2 Introducción

En este artículo se presenta al alumno, que se enfrenta por primera vez a una asignatura de estructuras de edificación, cómo desarrollar las combinaciones de hipótesis de carga a considerar en el cálculo y diseño de la estructura de una vivienda unifamiliar frente a Estados Límite Últimos, a partir de cuatro hipótesis de carga básicas: cargas permanentes, sobrecarga de uso, sobrecarga de nieve y sobrecarga de viento, siguiendo los criterios del DB-SE del CTE.

3 Objetivos

Una vez que el alumno se lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Determinar los coeficientes de mayoración de cargas para las combinaciones de ELU conociendo el origen de las cargas a combinar utilizando la tabla correspondiente del DB-SE del CTE.
- Determinar el valor de combinación de las cargas variables conocido el origen de las sobrecargas, utilizando la tabla correspondiente del DB-SE del CTE.
- Determinar el número de combinaciones de hipótesis de carga frente a Estados Límite Últimos a obtener, conociendo las hipótesis de carga a considerar.
- Desarrollar las distintas combinaciones de hipótesis de carga frente a Estados Límite Últimos, utilizando los coeficientes de mayoración adecuados y los valores de los coeficientes de combinación apropiados para cada combinación.

4 Desarrollo de las Combinaciones de Hipótesis de Carga para Estados Límite Últimos.

4.1 Hipótesis de carga a considerar

Las hipótesis de carga a considerar, para los 4 pórticos de la estructura objeto de análisis, se muestran en la figura 1.

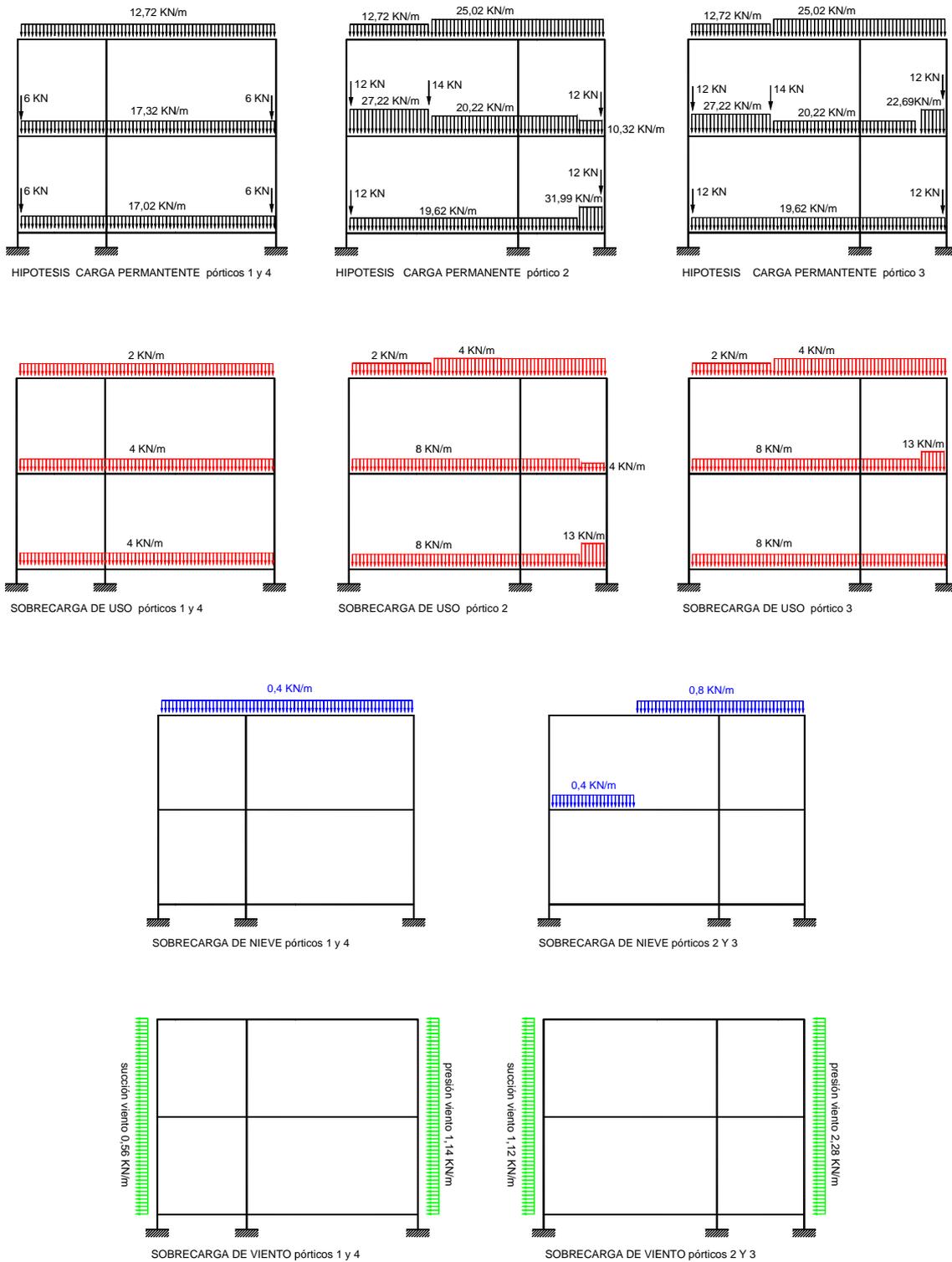


Figura 1. Hipótesis de carga para los pórticos 1, 2 3 y 4

4.2 Combinaciones de Hipótesis de Carga frente a Estados Límite Últimos

El capítulo 4 del DB-SE del CTE establece que las combinaciones de hipótesis de carga que hay que considerar para las comprobaciones correspondientes a los Estados Límite Últimos (aquellos que, caso de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo) son las obtenidas a partir de la expresión de la ecuación 1.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde G_k es el valor característico de las cargas permanentes

Q_k , el valor característico de las cargas variables (también llamadas sobrecargas)

γ_G y γ_Q son los coeficientes de mayoración de cargas permanentes y variables, respectivamente.

y ψ_0 los coeficientes de simultaneidad de las sobrecargas.

Al producto $\psi_0 \cdot Q_k$ se le llama valor de combinación de una sobrecarga.

La expresión anterior da lugar a tantas combinaciones como acciones variables tengamos, considerando para cada una de las combinaciones que la acción variable fundamental es una de las sobrecargas que actúan sobre la estructura, y añadiendo el resto de las sobrecargas con su valor de combinación.

En el caso que nos ocupa, al haber tres hipótesis de cargas variables (sobrecarga de uso, sobrecarga de nieve y sobrecarga de viento), se obtendrán tres combinaciones de hipótesis de carga para cada pórtico.

4.2.1 Coeficientes de mayoración

Los coeficientes de mayoración de cargas, denominados coeficientes de seguridad parcial de las acciones en el DB-SE del CTE, tienen distintos valores según el origen de la carga, su carácter favorable o desfavorable y el tipo de verificación. Sus valores se recogen en la tabla 4.1 del DB SE del CTE.

Para el caso que nos ocupa, todas las cargas tienen carácter desfavorable, siendo los coeficientes de mayoración a considerar para las comprobaciones de resistencia los siguientes:

$$\begin{aligned} \gamma_G &= 1,35 && \text{para acciones permanentes de carácter desfavorable} \\ \gamma_Q &= 1,50 && \text{para acciones variables de carácter desfavorable} \end{aligned}$$

4.2.2 Coeficientes de simultaneidad

Los coeficientes de simultaneidad a considerar en cada caso se recogen en la tabla 1, que se corresponde con la tabla 4.2 del DB-SE del CTE.

Su valor depende del origen de la sobrecarga, y en el caso de la sobrecarga de nieve, de la ubicación del edificio en el territorio español.

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Tabla 1. Coeficientes de simultaneidad

Para el caso que nos ocupa, los valores a considerar son:

- $\psi_0 = 0,7$ sobrecarga de uso en zonas residenciales
- $\psi_0 = 0$ sobrecarga de uso en cubiertas accesibles sólo para mantenimiento (categoría G)
- $\psi_0 = 0,6$ para sobrecarga de viento
- $\psi_0 = 0,5$ para sobrecarga de nieve en altitudes inferiores a 1000 m

4.2.3 Desarrollo de las tres combinaciones de hipótesis de carga para ELU para cada uno de los pórticos.

Sustituyendo los valores de los coeficientes de mayoración y los coeficientes de simultaneidad anteriores, se obtienen, para cada uno de los pórticos, considerando los valores característicos de las cargas permanentes G_k , de la sobrecarga de uso, $Q_{s.uso}$, de la sobrecarga de viento, $Q_{s.viento}$ y de la sobrecarga de nieve, $Q_{s.nieve}$, representados en la figura 1, las tres combinaciones de hipótesis para ELU que se muestran a continuación.

Combinación 1 ELU: acción variable fundamental: sobrecarga de uso

$$1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{s.uso} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{s.viento} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot Q_{s.nieve}$$

el esquema de carga correspondiente a la combinación 1 para los cuatro pórticos se representa en la figura 2.

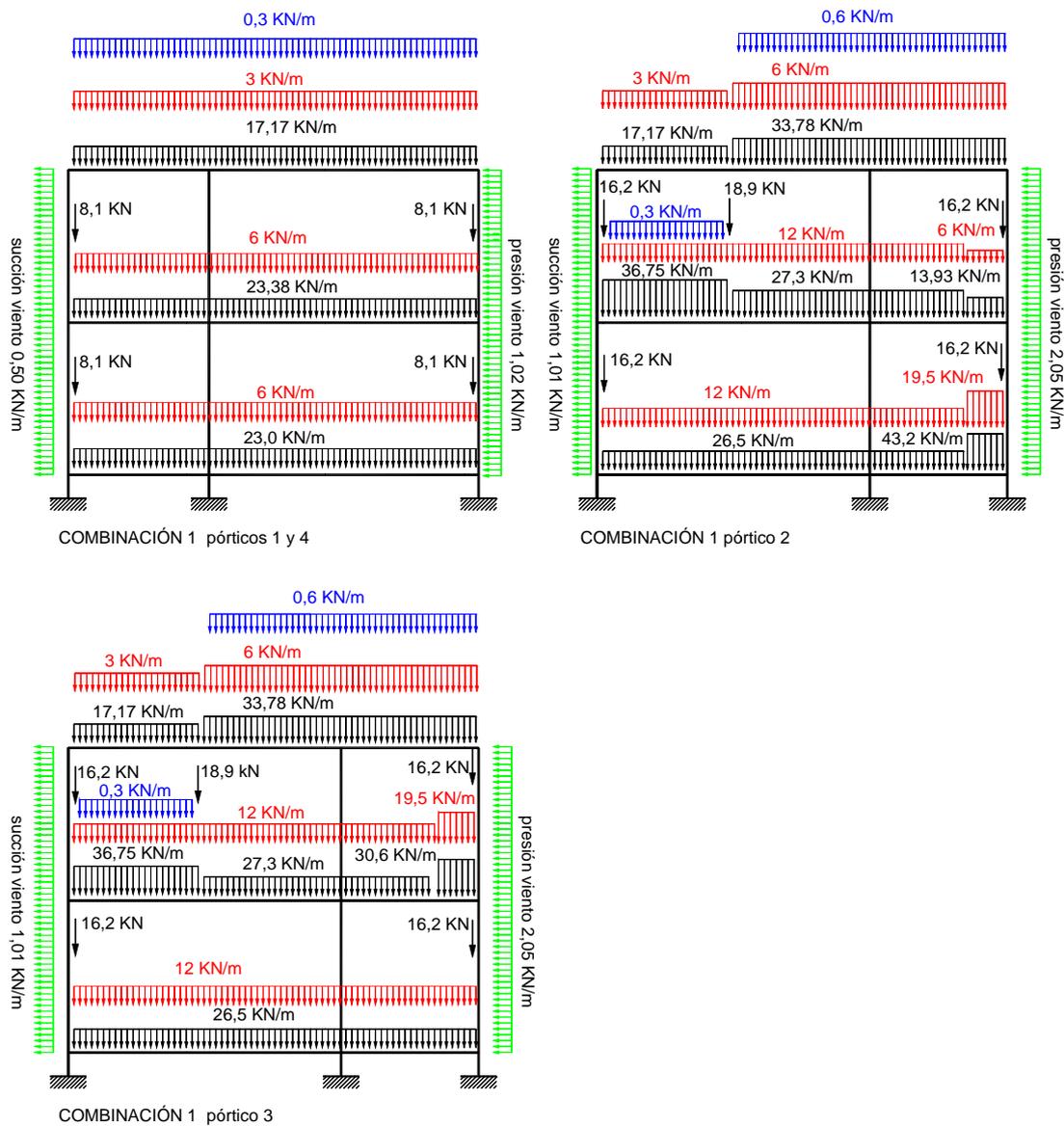


Figura 2. Combinación de Hipótesis 1 ELU: Acción variable fundamental la sobrecarga de uso.

Combinación 2 ELU: acción variable fundamental: sobrecarga de viento

$$1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{s.viento} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot Q_{s.nieve} + 1,5 \cdot \begin{cases} 0,7 \cdot Q_{s.uso\ residencial} \\ 0 \cdot Q_{s.uso\ mant.\ cubierta} \end{cases}$$

En esta combinación, la sobrecarga de uso en viviendas se multiplica por 0,7, mientras que en cubierta se multiplica por cero por ser $\gamma_0 = 0$ en cubiertas accesibles solo para mantenimiento (ver tabla 2)

Considerando los valores característicos de las cargas permanentes y variables representados en la figura 1, para cada uno de los pórticos, el esquema de carga correspondiente a la combinación 2 se representa en la figura 3.



Figura 3. Combinación de Hipótesis 2 ELU: Acción variable fundamental la sobrecarga de viento.

Combinación 3 ELU: acción variable fundamental: carga de nieve (sólo en cubierta y en el patio)

$$1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{s.nieve} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{s.viento} + 1,5 \cdot \begin{cases} 0,7 \cdot Q_{s.uso\ residencial} \\ 0 \cdot Q_{s.uso\ mant.\ cubierta} \end{cases}$$

En esta combinación, la sobrecarga de uso en viviendas se multiplica por 0,7, mientras que en cubierta se multiplica por cero, al ser $\psi_0 = 0$ para cubiertas accesibles sólo para mantenimiento (ver tabla 2)

Considerando los valores característicos de las cargas permanentes y variables representados en la figura 1, para cada uno de los pórticos, el esquema de carga correspondiente a la combinación 3 se representa en la figura 4.



Figura 4. Combinación de Hipótesis 3 ELU: Acción variable fundamental la sobrecarga de nieve

4.3 Análisis de las Combinaciones de Hipótesis de Carga frente a Estados Límite Últimos para cada pórtico.

Con objeto de evaluar si alguna de las combinaciones calculadas queda englobada en las otras, y determinar cuál es la combinación más desfavorable frente a cargas verticales y horizontales, se representan todas combinaciones frente a ELU que afectan a los PÓRTICOS 1 Y 4 en la figura 5.

En la figura 6a se muestran las combinaciones 1 y 2 de ELU a considerar en el análisis del PÓRTICO 2 y en la 6b la combinación 3.

Finalmente, las combinaciones correspondientes a ELU del pórtico 3 se representan en la figura 7.

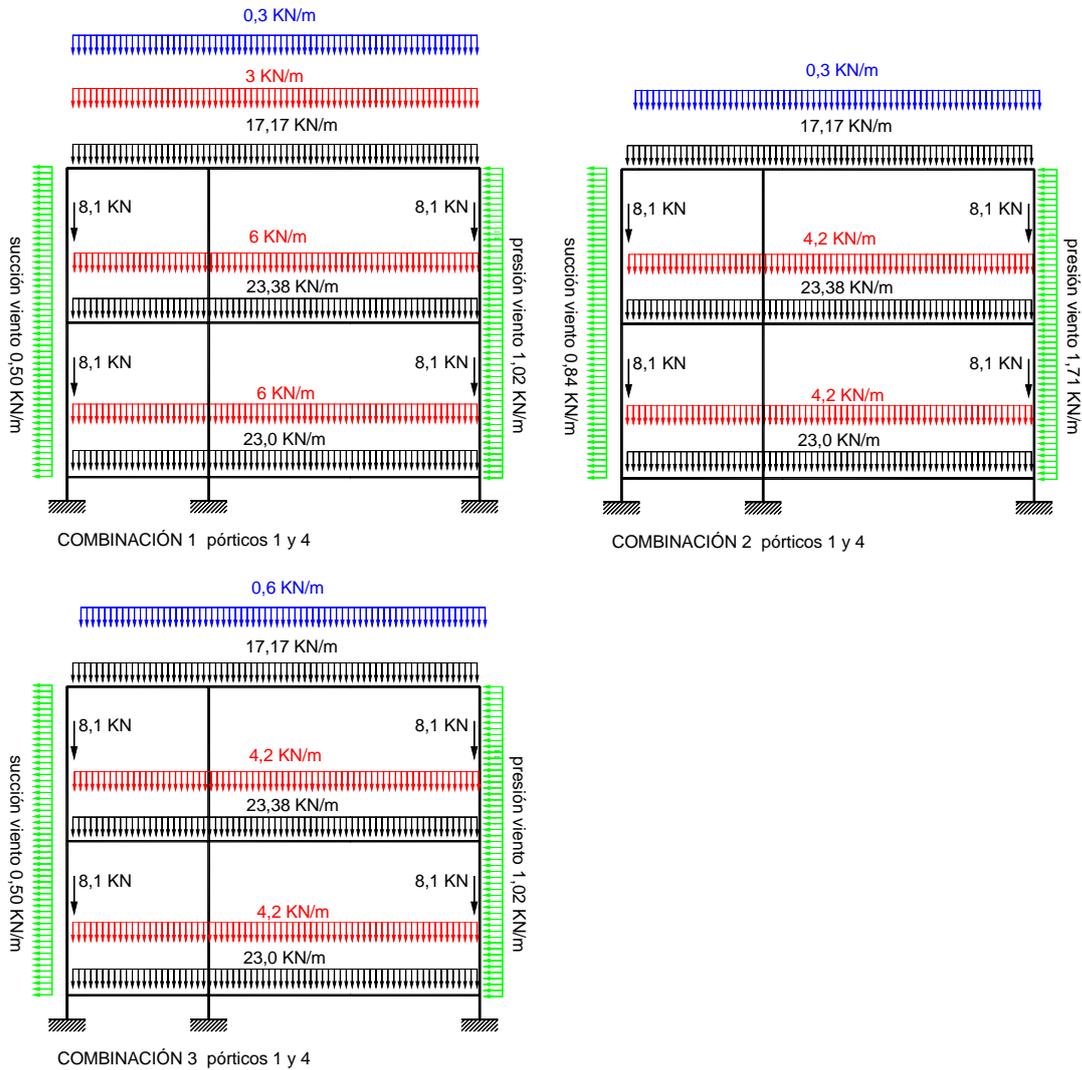


Figura 5. Combinaciones de Hipótesis frente a ELU para los pórticos 1 y 4

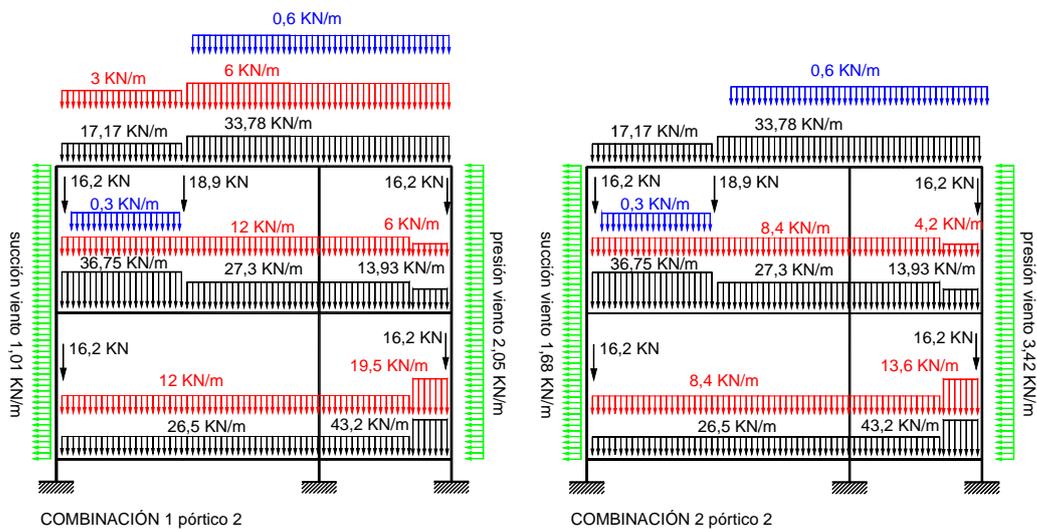


Figura 6 a Combinaciones 1 y 2 de Hipótesis frente ELU para el pórtico 2

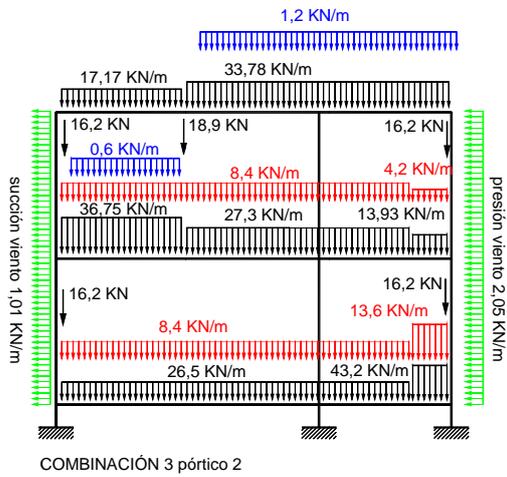


Figura 6b. Combinación 3 de Hipótesis frente ELU para el pórtico 2

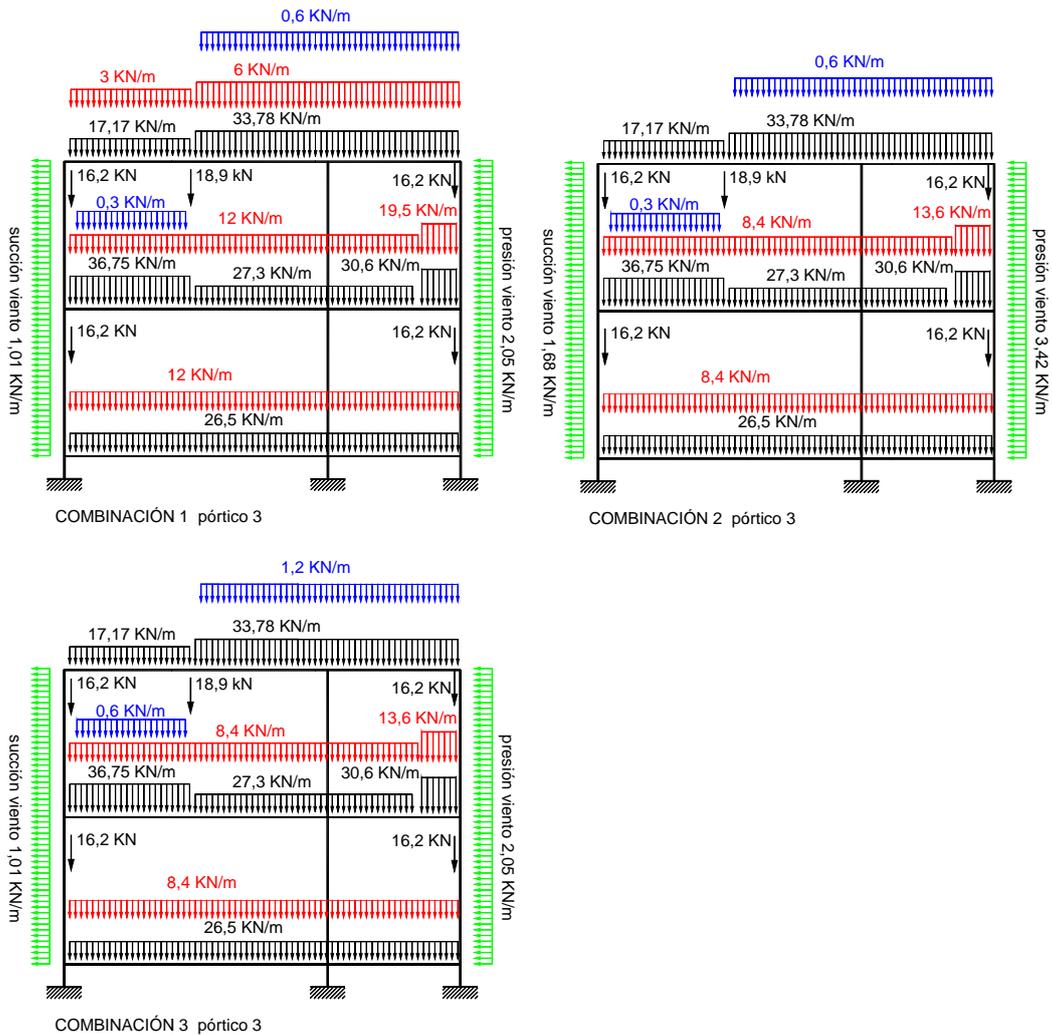


Figura 7. Combinaciones de Hipótesis frente ELU para el pórtico 3

Comparando para cada pòrtico las tres combinaciones obtenidas, se observa que la COMBINACIÓN 1 es la más desfavorable para cargas verticales (gravitatorias), mientras que la COMBINACIÓN 2 es la más desfavorable para cargas horizontales (viento), quedando la COMBINACIÓN 3 englobada dentro de la COMBINACIÓN 1.

5 Conclusiones

- A lo largo de este documento se han desarrollado las distintas combinaciones de hipótesis de carga para Estados Limite Últimos partiendo de las Hipótesis de carga permanentes, sobrecarga de uso, sobrecarga de viento y sobrecarga de nieve.
- Se han calculado los coeficientes de mayoración aplicables a cada caso.
- Se han obtenido los valores de combinación de las distintas sobrecargas.
- Se han comparado las combinaciones obtenidas, determinando si alguna combinación queda incluida dentro de las otras, y por tanto es posible prescindir de ella.
- Se ha determinado en cada caso la combinación más desfavorable frente a cargas verticales y la más desfavorable frente a cargas horizontales.

Finalmente, y con objeto de consolidar los conceptos aprendidos, se pregunta al alumno si el coeficiente de combinación de la sobrecarga de nieve tiene siempre el valor $\psi_0 = 0,5$.

6 Bibliografía

6.1 Normativa:

[1] DB-SE AE "Documento Básico Seguridad Estructural, Acciones en Edificación" del Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Fomento. 2006.
<http://www.codigotecnico.org/web/>

6.2 Tablas y figuras

Todos los dibujos incluidos en este documento han sido realizados por los autores del mismo.

7 Solución al ejercicio propuesto

El valor del coeficiente de simultaneidad para las sobrecarga de nieve depende de la altitud de la población en que se sitúa la estructura, tal y como puede observarse en la tabla 1.

Así, para altitudes inferiores a 1000 m sobre el nivel del mar, el coeficiente de combinación de la sobrecarga de nieve adopta el valor $\psi_0 = 0,5$, mientras que para altitudes superiores a 1000 m sobre el nivel del mar, el valor a considerar es 0,7.