

Influencia regional de la carga de nieve en el coste de pórticos de acero

The Regional Impact of Snow Loads on Steel-Frame Costs

Manuel Ignacio Guerra Romero¹, Julia García González², Julia M^a Morán del Pozo³, Alba Cuadrado Abril⁴, Andrés Juan Valdés⁵

Resumen

Las cargas de nieve y viento son responsables de una buena parte de los siniestros de hundimiento de polideportivos y naves ligeras de uso agrícola o industrial. ¿Hasta qué punto se puede encarecer el coste de la estructura de estos edificios como consecuencia de la nieve?

Para responder a esto, se ha dimensionado la estructura de una nave tipo a base de pórticos metálicos, considerando como variable las sobrecargas climáticas de las 9 capitales de la comunidad de Castilla y León, incluyendo Ponferrada. También se ha analizado la misma nave en la zona invernal 1, tomando como variable la altitud, entre 200 y 1.500 metros.

Los resultados muestran que el coste de la estructura metálica puede llegar a encarecerse hasta un 59 % más que las de menor coste; además, llama la atención que, la ciudad más desfavorecida por esta sobrecarga, León, no es precisamente la de mayor altitud del estudio.

Palabras clave: sobrecarga de nieve, naves agroindustriales, pórticos de acero, costes de la estructura, altitud, Castilla y León.

Abstract

Wind and snow loads are the main cause of the collapse of single-storey steel buildings. Does the snow risk increase the price of these buildings? The present article aims to address this issue.

A single portal frame has been designed considering the snow loads in the nine capital-towns of Castilla y León (Spain). The same portal frame has also been analyzed in the climate zone 1, taking now into account different altitudes (from 200 to 1,500 meters), and their respectively snow loads.

Results show that, due to the snow and the climate zone, the cost of steel frame can go up to 59 % in some cases. The city with the most expensive steel frame isn't the one located at the highest altitude.

Keywords: snow loads, single-storey steel buildings, portal frames, altitude, Castilla y León.

1. INTRODUCCIÓN

Todos los inviernos, tras alguna fuerte nevada, suele haber noticias en la prensa de algún edificio de estructura ligera, como naves industriales, agrícolas, forestales o polideportivos, que se ha hundido bajo el peso de la nieve¹. Esto ha ocurrido en 2021, que comenzó con una nevada histórica en el interior peninsular (Aemet, 2021); en los medios de comunicación se han podido ver imágenes de naves industriales con la cubierta desplomada bajo una gruesa capa de nieve. En estos casos, la nieve por sí sola, o acompañada de viento, suele ser la principal causa de estos siniestros; y se podría plantear la siguiente duda razonable: ¿por qué se han caído esas naves? Esta pregunta lleva a cuestionarse si se estimó correctamente el valor de la carga de nieve en los cálculos estructurales o si se trató de un evento extremo. Ante esta nevada histórica –producida

por la borrasca Filomena–, puede que la carga de nieve en algunos lugares haya podido sobrepasar el valor característico normalizado (DB SE-AE). Algunos autores consideran que el cambio climático puede obligar a revisar las normas de construcción (De Wilde, P., y Coley, D., 2012; Nik, V. *et al.*, 2012).

Las acciones que hay que considerar en los cálculos constructivos de cualquier edificación se pueden clasificar en cargas permanentes, sobrecargas de uso y acciones climáticas; aparte quedarían las accidentales. A diferencia de las dos primeras, las acciones climáticas dependen de la localización geográfica de la edificación. Las acciones climáticas más importantes, a efectos de los cálculos estructurales, son las sobrecargas de nieve y de viento.

En la comunidad de Castilla y León la carga de nieve parece que tiene un trato desigual. La norma de acciones (DB SE-AE, 2009) considera que en la zona norte hay mayor probabilidad de nevadas que en el centro y sur, y como se verá, esto repercute en el coste de la estructura de acero de las naves industriales y demás edificios de estructura ligera.

El valor de la sobrecarga de nieve depende, según el DB SE-AE (2009), de dos factores, de la zona climática de invierno y de la altitud²; para una misma altitud, la sobrecarga depende de la zona climática donde se localiza

¹ "En el polígono industrial hay 16 naves hundidas por la nieve", F.J.R. (*La Tribuna*, 14/01/21. www.latribunadetoledo.es).

* Autor de contacto: ignacio.guerra@unileon.es

¹ Doctor ingeniero agrónomo y profesor titular en la ULE.

² Doctora ingeniera agrónoma y profesora titular en la ULE.

³ Doctora ingeniera agrónoma y profesora titular en la ULE.

⁴ Graduada en Ciencias Ambientales y en Ingeniería Agraria.

⁵ Doctor ingeniero agrónomo y profesor titular en la ULE.

² Hay otros factores que dependen de la forma e inclinación de la cubierta.

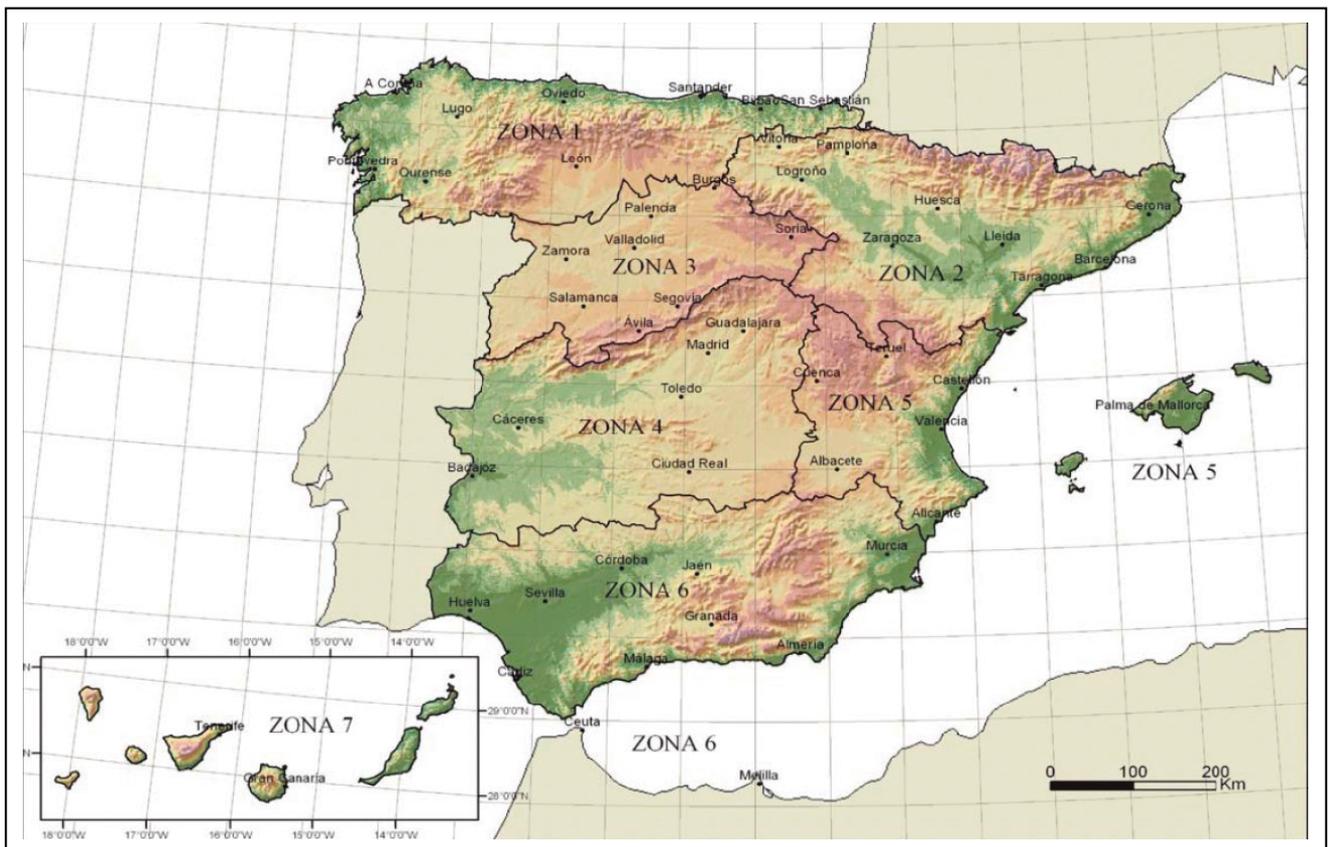


Figura 1. Zonas climáticas de invierno (Figura E.2 del DB SE-AE).

la edificación. Viendo el mapa de las zonas climáticas de España (figura 1), León es la única capital de provincia de Castilla y León (CyL) que figura en la zona 1; el resto de capitales pertenecen a la zona 3. También están en esta zona 1 las principales ciudades de Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco, pero, a diferencia de León, están a muy baja altitud. De igual modo, el norte de Zamora, Palencia y Burgos están en la misma zona invernal 1, y además suelen tener bastante altitud, mientras que el resto –centro y sur de la comunidad de CyL– pertenecen a la zona 3. Hay que destacar que la ciudad de Burgos está en la zona 3, pero muy cerca de la línea divisoria con la zona

1. Esta zona 1 tiene mayores cargas de nieve que la zona 3 (véase la tabla 1).

En la tabla 1 se muestran los valores de la carga de nieve según la altitud y ‘zona de clima invernal’. Tal como puede verse, la zona 1 es, en general, la que tiene mayor carga de nieve de todo el territorio nacional, hasta los 1.400 m de altitud; a partir de esta altitud, es la zona 6. Las localidades españolas situadas en estas dos zonas climáticas, y en particular aquellas de mayor altitud, tienen cargas de nieve muy altas en comparación con las de las otras zonas; en estos casos, la carga de nieve va a gobernar el dimensionamiento de la estructura

Tabla 1. Sobrecarga de nieve (kN/m²) en terreno horizontal (tabla E.2 del DB SE-AE)

Altitud (m)	Zona de clima invernal						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
200	0.5	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
400	0.6	0.6	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2
500	0.7	0.7	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2
600	0.9	0.9	0.3	0.5	0.5	0.4	0.2
700	1.0	1.0	0.4	0.6	0.6	0.5	0.2
800	1.2	1.1	0.5	0.8	0.7	0.7	0.2
900	1.4	1.3	0.6	1.0	0.8	0.9	0.2
1000	1.7	1.5	0.7	1.2	0.9	1.2	0.2
1200	2.3	2.0	1.1	1.9	1.3	2.0	0.2
1400	3.2	2.6	1.7	3.0	1.8	3.3	0.2
1600	4.3	3.5	2.6	4.6	2.5	5.5	0.2
1800	-	4.6	4.0	-	-	9.3	0.2
2200	-	8.0	-	-	-	-	-

2. METODOLOGÍA

Para conocer la influencia de la carga de nieve en el gasto de acero de una nave agroindustrial se ha diseñado una nave tipo formada por: una cubierta simétrica a dos aguas, con el 15 % de pendiente, de 20 m de luz por 40 m de largo y pilares de 6 m (véase la figura 3). El cerramiento de cubierta es a base de paneles tipo sándwich, mientras que en los laterales hay paneles prefabricados de hormigón apoyados lateralmente en los pilares. Estos paneles tienen capacidad de arriostrar los pilares a pandeo normal; también pueden arriostrar el cordón exterior de los pilares a pandeo lateral. La separación entre pórticos es de 5 m.

Las dimensiones de la nave tipo se han obtenido a partir de un muestreo hecho con *Google Earth* en varias naves industriales de pequeño y mediano tamaño, situadas en varios polígonos industriales de la región, descartando las de mayores dimensiones y redondeando, finalmente, las cotas resultantes a unidades enteras del metro.

La estructura tipo de esta nave está formada por 14 correas continuas de acero conformado C-S235-JR separadas 1.56 metros, y pórticos formados por pilares y dinteles IPE S275-JR de acero laminado. Cuando este tipo de perfil ha sido insuficiente, se ha recurrido al HEA S275. En este trabajo se ha calculado solamente el pórtico central –el número 5– de la estructura tipo. El área tributante de cada pórtico interior es de 100 m².

El pórtico tipo ha sido calculado y dimensionado según el *Eurocódigo 3* (EC3) y tomando las acciones del DB SE-AE (2009). Se han considerado las mismas sobrecargas de uso en todos los casos, variando únicamente las acciones climáticas según la ubicación topográfica de la ciudad. En la cubierta se han considerado las siguientes sobrecargas de uso: uso en cubiertas ligeras para mantenimiento (G1), de 0.4 kN/m² –no concomitante con las sobrecargas climáticas– y una sobrecarga adicional de instalación de paneles solares de 0.2 kN/m².

El procedimiento seguido ha sido el siguiente:

- Se ha calculado el pórtico tipo con las acciones indicadas anteriormente, situándolo en las nueve capitales de CyL y Ponferrada. A partir de los resultados, se ha calculado el peso de cada pórtico y el de sus respectivas correas, y se ha hallado el coste total y el coste por metro cuadrado de superficie construida, solo de la estructura metálica.
- También se ha hecho el cálculo del mismo pórtico tipo en la zona invernal 1 y zona eólica B, variando únicamente la altitud de 200 a 1.500 m.
- Adicionalmente, todos estos pórticos han sido calculados como biarticulados y biempotrados, para ver las diferencias de dimensionamiento que hay entre sí.

Los cálculos se han hecho con el programa *Cype Ingenieros* (versión 2021.a). Primeramente, se ha usado el módulo *Generador de Pórticos*, donde se ha definido la geometría del pórtico tipo, se han introducido las acciones y calculado las correas. Posteriormente se ha hecho la exportación de todo esto al *Cype 3D*; en este módulo se han definido los perfiles de la estructura, los coeficientes de pandeo (Guerra-Romero, 2010), pandeo lateral y de interacción de esfuerzos. El programa ha hecho todas las verificaciones de ELU suponiendo que los pórticos son intraslacionales, tras comprobar algunos casos y ver que, en el primer modo de pandeo, α_{cr} , es mayor que 10.

Por último, se ha hecho una valoración de la estructura suponiendo los siguientes precios unitarios: el coste del acero conformado de las correas se ha estimado en 2.5 €/kg, y el del acero laminado de pilares y dinteles en 1.9 €/kg. Estos valores se han obtenidos del *Generador de Precios* del programa *Arquimedes*, actualizado en junio de 2020.³

³ Desde los últimos meses de 2020 hasta la actualidad, abril de 2021, el acero ha experimentado fuertes subidas, llegándose a duplicar su precio (Arania, 2021). Se ha decidido tomar el precio del acero de antes de la subida, ya que se supone que esta es especulativa y transitoria.

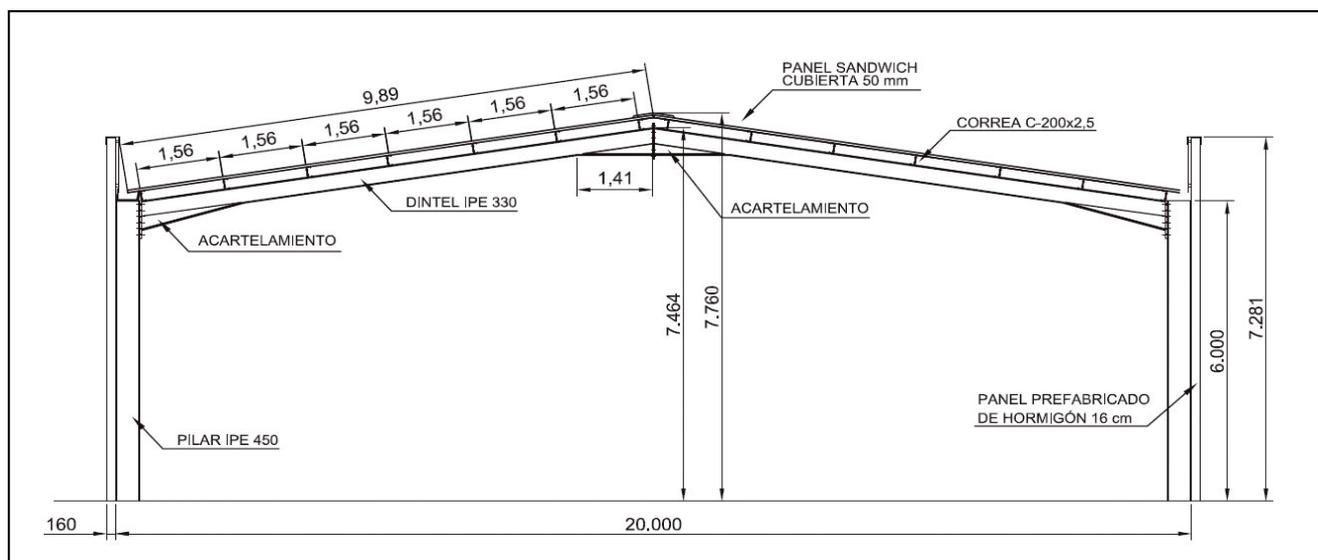


Figura 3. Geometría del pórtico tipo generada en el Generador de Pórticos (Cype Ingenieros).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, en las tablas 3 y 4, se muestran los resultados del dimensionamiento de las correas y del pórtico tipo en distintas localidades de CyL y en distintas altitudes donde hay diferentes valores de la sobrecarga de nieve. En la tabla 3 figura el dimensionamiento correspondiente a las capitales de CyL y Ponferrada; se puede ver que el pórtico tipo de León es el que requiere los mayores perfiles—en pilares, dinteles y correas—, seguido de los pórticos de Ávila y Soria.

Por otra parte, en la tabla 4 también figura el resultado del dimensionamiento del pórtico tipo, considerando como variable, únicamente, la carga de nieve de la zona invernal 1. En este caso, se ha hecho variar la altitud desde 200 a 1.500 m, y se han calculado los pórticos y las correas con la carga de nieve de cada altitud; además se ha considerado el viento de la zona B —velocidad básica: 27 m/s—, que al ser el mismo en todos los casos, su efecto no influye en las diferencias. En esta tabla se puede ver la influencia de la altitud en el tamaño de los perfiles. Adicionalmente, las tablas muestran las diferencias de perfiles

entre los pórticos biempotrados y biarticulados (véase también la figura 4).

Se puede decir que el gasto de acero es menor en los pórticos biempotrados, aunque las diferencias no sean muy grandes. Desde esta perspectiva económica —del gasto del acero sin considerar el hormigón de las zapatas—, los pórticos biempotrados parece que tienen ventaja sobre los biarticulados. Además, esta ventaja se acentúa si se considera que el empotramiento de los pilares proporciona una mayor rigidez a la estructura que la articulación. Por el contrario, la gran ventaja del pórtico biarticulado es que no transmite momentos a la cimentación; por esta razón, los pórticos biarticulados requieren una cimentación más sencilla y de menor coste que los pórticos biempotrados. Los pórticos biarticulados, a veces, son la única opción en terrenos de muy baja resistencia.

A partir de los datos de los perfiles de la tabla 4, se ha elaborado la tabla 5. En esta tabla, se ha calculado el coste de la estructura. Con los valores obtenidos, se ha calculado el precio total por metro cuadrado de superficie horizontal. La superficie horizontal ocupada por cada pórtico es de 100 m².

Tabla 3. Carga de nieve y perfiles del pórtico tipo (acero laminado S275) y correas (de acero conformado S235) en las ciudades de CyL. Pilares de 6.00 m, luz del pórtico de 20.00 m y 15 % de pendiente

Localidad	Altitud (m)	Nieve (kN/m ²)	Pórt. biarticulados		Pórt. biempotrados		Correas
			Pilar	Dintel	Pilar	Dintel	
León	830	1.2	IPE 450	IPE 330	IPE 400	IPE 330	C-200 x 2.5
Ávila	1.130	1.0	IPE 400	IPE 300	IPE 360	IPE 300	C-180 x 2.5
Soria	1.100	0.9	IPE 400	IPE 300	IPE 360	IPE 270	C-180 x 2.5
Segovia	1.000	0.7	IPE 360	IPE 300	IPE 330	IPE 270	C-160 x 2.5
Ponferrada	510	0.7	IPE 360	IPE 300	IPE 330	IPE 270	C-160 x 2.5
Burgos	850	0.6	IPE 360	IPE 270	IPE 330	IPE 240	C-140 x 2.5
Salamanca	800	0.5	IPE 330	IPE 270	IPE 300	IPE 240	C-140 x 2.5
Palencia	740	0.4	IPE 330	IPE 270	IPE 300	IPE 220	C-140 x 2.5
Valladolid	700	0.4	IPE 330	IPE 270	IPE 300	IPE 220	C-140 x 2.5
Zamora	650	0.4	IPE 330	IPE 270	IPE 300	IPE 220	C-140 x 2.5

Tabla 4. Perfiles laminados del pórtico tipo (acero S275) y correas (de acero conformado (S235) en función de la carga de nieve (altitud del emplazamiento), en la zona climática 1 y eólica B. Pilares de 6.00 m, 20.00 m de luz y 15 % de pendiente)

Altitud (m)	Carga de nieve (kN/m ²)	Pórtico biarticulado		Pórtico biempotrado		Correas
		Pilar	Dintel	Pilar	Dintel	
200	0.5	IPE 330	IPE 270	IPE 300	IPE 240	C-120 x 3
400	0.6	IPE 360	IPE 270	IPE 330	IPE 270	C-120 x 3
600	0.9	IPE400	IPE 300	IPE 360	IPE 300	C-160 x 2.5
800	1.2	IPE 450	IPE 330	IPE 400	IPE 330	C-200 x 2.5
1 000	1.7	IPE 500	IPE 360	IPE 450	IPE 360	C-225 x 2.5
1 200	2.3	IPE 550	IPE 400	IPE 500	IPE 400	C-275 x 2.5
1 400	3.2	IPE 600	IPE450	IPE 600	IPE 450	C-250 x 4
1 500	3.7	HE 450 A	IPE 500	IPE 600	IPE 450	C-275 x 4

Tabla 5. Peso de cada pórtico con sus correspondientes correas y valor económico por metro cuadrado de superficie horizontal (pilares de 6.00 m, 20.00 m de luz y 15 % de pendiente)

Ciudad	Correas ⁽¹⁾		Pórtico biempotrado				Pórtico biarticulado			
	Peso	Coste ⁽²⁾	Peso ⁽³⁾	Coste ⁽²⁾	Total ⁽⁴⁾	Valor ⁽⁵⁾	Peso ⁽³⁾	Coste ⁽²⁾	Total ⁽⁴⁾	Valor ⁽⁵⁾
	kg	€	kg	€	€	€/m ²	kg	€	€	€/m ²
León	472	1.180	1.789	3.398	4.578	45.8	1.924	3.656	4.835	48.4
Ávila	445	1.111	1.539	2.923	4.035	40.3	1.647	3.129	4.241	42.4
Soria	445	1.111	1.415	2.689	3.800	38.0	1.647	3.129	4.241	42.4
Segovia	417	1.041	1.319	2.507	3.548	35.5	1.537	2.920	3.961	39.6
Ponferrada	417	1.041	1.319	2.507	3.548	35.5	1.539	2.923	3.965	39.6
Burgos	362	905	1.210	2.299	3.204	31.8	1.415	2.689	3.594	35.9
Salamanca	362	905	1.127	2.142	3.047	30.5	1.319	2.507	3.411	34.1
Palencia	362	905	1.036	1.969	2.874	28.7	1.319	2.507	3.411	34.1
Valladolid	362	905	1.036	1.969	2.874	28.7	1.319	2.507	3.411	34.1
Zamora	362	905	1.036	1.969	2.874	28.7	1.319	2.507	3.411	34.1

¹ Peso de las correas que hay entre dos pórticos consecutivos: son 14 correas de 5 m cada una.

² El coste del acero conformado de las correas se ha estimado en 2.5 €/kg, y el del acero laminado de pilares y dinteles en 1.9 €/kg.

³ Es el peso de los pilares y dinteles de cada pórtico.

⁴ Valor de cada pórtico con sus correas.

⁵ Es el valor total de pórtico y correas dividido entre la superficie tributable, que en este caso es de 100 m².

Tabla 6. Índice comparativo del coste unitario de la estructura metálica tipo en cada ciudad (pórticos y correas) respecto al precio unitario más bajo (el de Zamora) como referencia el valor más bajo en cada tipo de pórtico

Ciudad	Pórticos biempotrados	Pórticos biarticulados
León	1.59	1.42
Ávila	1.40	1.24
Soria	1.32	1.24
Segovia	1.23	1.16
Ponferrada	1.23	1.16
Burgos	1.11	1.05
Salamanca	1.06	1.00
Palencia	1.00	1.00
Valladolid	1.00	1.00
Zamora	1.00	1.00

En la tabla 6 se puede ver el índice comparativo de precios por unidad de superficie de la estructura tipo, tomando como referencia el valor de Zamora en ambos tipos de pórticos. Las ciudades con el índice más bajo son Valladolid, Zamora y Palencia, mientras que las que lo tiene más alto son León, Ávila y Soria, destacando León con un índice de precios de 1.59 en el pórtico biempotrado y 1.42 en el articulado. Según estos resultados, se puede concluir que la “estructura metálica” de una nave tipo en León puede ser un 59 % más costosa que levantarla en Valladolid, capital de la comunidad. El coste total de cualquier nave debe incluir otras partidas presupuestarias además de la estructura, tales como cerramientos, solados, cimentación e instalaciones, que no se han incluido en este estudio.

En este estudio se pone de manifiesto la desventaja climática de las zonas altas del norte de Castilla y León, y en particular de la ciudad de León, en relación con la carga

de nieve. Esta desventaja se explica por dos factores: por su altitud y por pertenecer a la zona climática 1 (tabla E.2. DB SE-AE). De las siete zonas invernales que hay definidas en España, la zona 1 se caracteriza por tener, entre 200 y 1.400 m de altitud, las cargas de nieve, en general, más altas. León capital está a unos 830 m de elevación: es la cuarta capital más alta de la comunidad, después de Ávila (1.130 m), Soria (1.090 m) y Segovia (1.000 m). La combinación de altitud y zona invernal hacen que la carga de nieve de León, 1.2 kN/m², sea la mayor de todas las capitales de la comunidad autónoma, seguida de Ávila, Soria y Segovia, que pertenecen a la zona 3, según puede verse en la tabla 3.

La figura 4 da una idea de cómo varía el coste unitario del pórtico tipo –biarticulado y biempotrado– en función de la carga de nieve. Cuando se considera únicamente la altitud del emplazamiento dentro de la misma zona invernal, el coste de la estructura de acero aumenta con la carga de nieve, que está estrechamente relacionada con la altitud. En la figura 4 se puede ver que el coste más bajo se puede llegar a multiplicar por más del doble si se sitúa en la zona de mayor altitud, a 1.500 m, donde la carga de nieve es de 3.7 kN/m². Lógicamente el presupuesto de una nave es mucho más que el coste de la estructura. Se puede estimar que la estructura de acero supone un valor en torno al 35 % de la obra civil. El resto de materiales e instalaciones de la nave tendrán el mismo coste, independientemente del emplazamiento, de la altitud y de la zona climática, salvo excepciones.

La zona invernal 1, hasta casi los 1.400 m de altitud, tiene las mayores cargas de nieve de todo el territorio nacional. Esta zona invernal incluye a Galicia, la cornisa cantábrica y el norte de Castilla y León (véase figura 1). La provincia de León, hasta los 1.400 m de altitud, es el territorio más desfavorecido por este binomio “zona invernal-altitud”, pero no la única. En otras provincias de la comunidad hay también localidades en la zona 1 a bastante

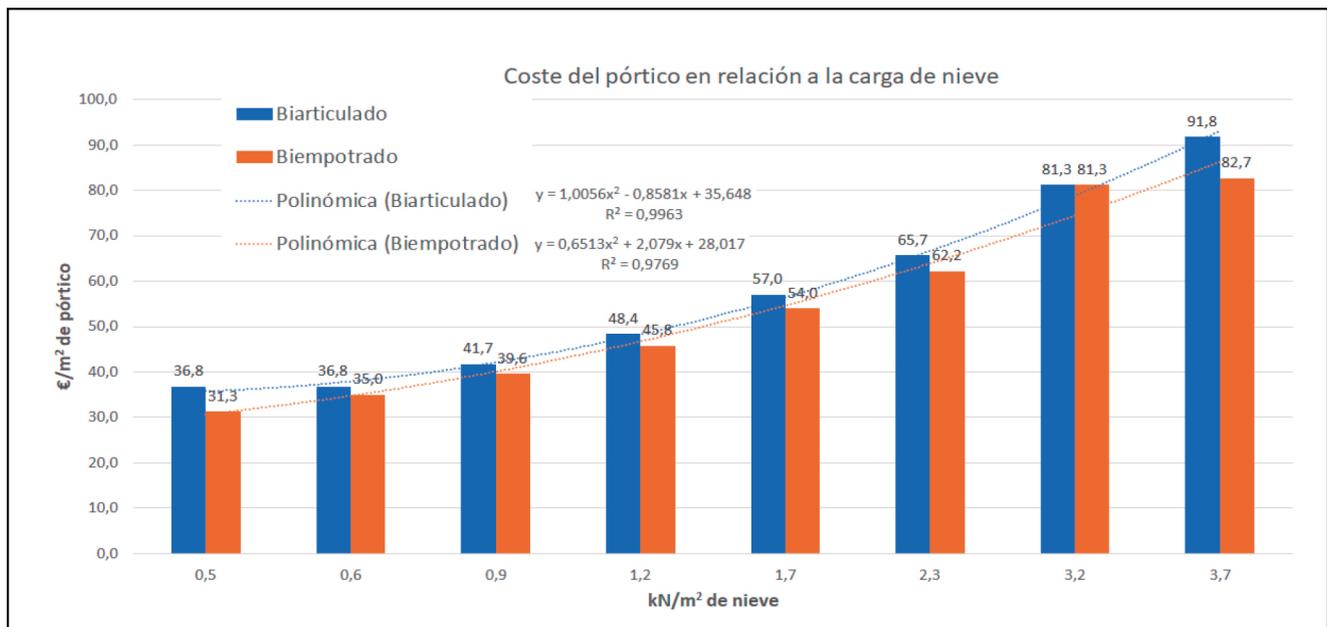


Figura 4. Evolución del coste unitario (€/m²) del pórtico tipo, biarticulado y biempotrado, en función de la carga de nieve.

altitud, que por su importancia económica tienen polígonos industriales donde se construyen naves de todo tipo. Cabe citar: Guardo (1.120 m) y Aguilar de Campoo (900 m) en Palencia, Puebla de Sanabria (940 m) en Zamora o Reinosa (850 m) en Cantabria ya fuera de la comunidad, todas en la zona 1.

De todo esto se puede concluir que la construcción de naves o polideportivos con estructuras ligeras, en las zonas situadas a más de 800 m de altitud de la zona invernal 1, supone un encarecimiento de la estructura debido a la gran sobrecarga de nieve.

Considerando el territorio de la comunidad de CyL, la provincia de León es, en general, la más desfavorecida. Extendiendo la discusión al resto del territorio nacional, se puede añadir que las localidades españolas a más de 600 metros de altitud, en las zonas invernales 1 y 2 (véase tabla 1), tienen cargas de nieve muy altas, las cuales van a gobernar el dimensionamiento de las correas y de los pórticos de las naves industriales. Desde el punto de vista del presupuesto de la nave, estas zonas están en desventaja respecto al resto de España, pues su coste de construcción es mayor.

Cabe añadir que el viento aparece como *sobrecarga de acompañamiento* en las hipótesis de carga que determinan el dimensionamiento definitivo de los perfiles, siendo la nieve –o el uso en caso de poca altitud–, la sobrecarga principal de dimensionamiento.

Para terminar, hay que hacer una última reflexión acerca del cambio climático y su efecto sobre las sobrecargas climáticas. En estos primeros años del siglo XXI, se está viendo que los episodios de nieve ocurren con menor frecuencia que en años lejanos del siglo XX, sin embargo, algunos de ellos son de extrema intensidad (Aemet, 2021).

4. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados y de la discusión anterior sobre el efecto de la carga de nieve en el dimensionamiento del pórtico tipo de estructura metálica, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

1. El pórtico tipo más barato de este estudio ha sido el de las ciudades de Palencia, Valladolid y Zamora, cuyo valor se ha estimado entre 28.7 y 34.1 €/m² de superficie construida;
2. El pórtico tipo más caro de este estudio ha sido el de la ciudad de León, entre 45.8 y 48.4 €/m²; esto supone entre un 42 y 59 % más caro respecto al pórtico de menor coste;
3. El índice de precios más alto ha sido el de León (1.59), seguido del de Ávila (1.40); por otro lado, el más bajo, 1.00, es el de Palencia, Valladolid y Zamora. Esto significa que la estructura metálica de la nave tipo construida en León, puede ser un 59 % más cara que en Valladolid;
4. Ponferrada, siendo la ciudad analizada de menor altitud, tiene un índice de precios de 1.23, debido a su situación geográfica en la zona invernal 1; y
5. Las localidades españolas situadas en las zonas invernales 1 y 2, y en particular las de mayor altitud, tienen cargas de nieve muy altas, las cuales van a gobernar el dimensionamiento de las correas y de los pórticos de las naves industriales. Desde el punto de vista del presupuesto de la nave, estas zonas –a igualdad de altitud– están en desventaja respecto al resto de España.

5. REFERENCIAS

Aemet (2021). *Informe sobre el episodio meteorológico de fuertes nevadas y precipitaciones ocasionadas por la borrasca Filomena y posterior ola de frío* (pp. 19-21). http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/Informe_episodio_filomena.pdf (consultado el 22/04/2021).

Arania (2021). El precio del acero, nuevo protagonista del 2021 (25/1/2021). <https://www.arania.com/el-precio-del-ace-ro-nuevo-protagonista-del-2021/> (consultado el 2/03/2021).

Argüelles Álvarez, R., Argüelles Bustillo, R., Arriaga Martiégui, F., Atienza Reales, J.R., y Martínez Calleja, J.J. (2001). *Estructuras de Acero. Cálculo, Norma Básica y Eurocódigo*, Vol. 2 (pp. 15.17 y 15.20). Madrid: Ediciones Bellisco.

DB SE-AE. (2009). *Documento básico de seguridad estructural. Acciones en la edificación*. Madrid: Ministerio de Fomento.

DB SE-A. (2008). *Documento básico de seguridad estructural. Acero*. Texto modificado por RD. 1371/2007, de 19 de octubre (BOE., 23/10/2007), y corrección de errores (BOE., 25/01/2008). Madrid: Ministerio de Fomento.

De Wilde, P., y Coley, D. (2012). The implications of a changing climate for buildings. *Building and Environment*, Vol. 55, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.03.014>

Guerra-Romero, M.I., Fernández-Majo, M.C., y Juan-Valdés, A. (2010). Versiones y perversiones de un pórtico rígido. *Ingeniería Civil*, nº158, pp. 105-110.

Nik, V., Kalagasidis, A.S., y Kjellström, E. (2012). Statistical methods for assessing and analyzing the building performance in respect to the future climate. *Building and Environment*, Vol. 53, pp. 107-118. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.015>

UNE-EN 1993-1-1:2013. *Eurocódigo 3: Proyectos de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios*. Madrid: AENOR.