

SOPORTES PARA NIDOS DE CIGÜEÑA EN EL PARQUE DEL EBRO, LOGROÑO

Autores:

Miguel Esteban Herrero, Dr. Ingeniero de Montes, ETSI de Montes (Universidad Politécnica de Madrid) Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid (miguel.esteban@upm.es)

Francisco Arriaga Martitegui, Dr. Arquitecto, ETSI de Montes (Universidad Politécnica de Madrid). Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid (francisco.arriaga@upm.es)

José Antonio Martínez Garrido, Ingeniero de Montes. Calle Prado Viejo 62 - bis. 26003 Logroño (jamtzga@conlared.com)

Resumen:

Se plantea la construcción experimental de un soporte para nidos de cigüeña como alternativa a sus tradicionales y problemáticas ubicaciones en edificios singulares. Se ha diseñado y construido en el Parque del Ebro, Logroño, un prototipo con estructura de madera de 18 metros de altura para albergar hasta 9 nidos, utilizando rollizo descortezado de pino silvestre tratado en autoclave. Se ha realizado un cuidadoso diseño estructural en el que los factores determinantes son las propiedades mecánicas de la madera, el equilibrio de la estructura, la inundabilidad del terreno y el diseño antivandálico. El éxito es claro con una ocupación superior al 100 % de lo previsto y una media de 2,5 pollos por nido. Entre otras ventajas se cita la utilización de materiales de bajo coste que se integran bien en el entorno natural.

Palabras clave: madera, estructuras, rollizo, nidificación

Agradecimientos: AITIM (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera). Ramón Argüelles, Catedrático de Cálculo de Estructuras, ETSI de Montes, UPM

INTRODUCCIÓN

La profesión del Ingeniero de Montes se ve acompañada de la necesidad de dotar de infraestructuras al ámbito forestal o natural. La construcción, por tanto, es una materia complementaria y necesaria en su formación que ofrece múltiples posibilidades. Una de estas posibilidades más interesantes surgió de la necesidad de una infraestructura singular para la reubicación de los nidos de cigüeña que en sus posiciones tradicionales sobre tejados y torres de edificios de interés histórico y artístico plantean una grave problemática.

La Consejería de Turismo y Medio Ambiente de la Dirección General del Medio Natural del Gobierno de la Rioja acomete esta iniciativa y, en colaboración con AITIM, pone en marcha este proyecto innovador cuyo interés se centra en la utilización de la madera como material estructural por sus aptitudes mecánicas y por sus beneficios medioambientales.

En este documento se recogen los aspectos fundamentales del carácter innovador en el desarrollo de la ingeniería para el proyecto de esta obra singular, especialmente en lo relacionado con el diseño y cálculo estructural.

ANTECEDENTES

El aumento de la población de cigüeña blanca en núcleos urbanos de La Rioja ha llevado a una saturación de nidos en edificios, ocupando posiciones conflictivas principalmente en iglesias. El número de parejas reproductoras de cigüeña en Logroño aumenta cada año, desde dos parejas en los años ochenta hasta las 50 que se citan en el año 2001. La mayor concentración de nidos tiene lugar en la Concatedral de la Redonda y en la torre de San Bartolomé.

La problemática de los grandes nidos llevó a promover subvenciones para su mantenimiento, limpieza de tejados y compensación por los perjuicios anuales. Al mismo tiempo se llevan a cabo actuaciones para reducir el riesgo de caída de nidos, acondicionar sus ubicaciones y colocar estructuras disuasorias para evitar ubicaciones no deseadas. Sin embargo, este tipo de actuaciones siempre se ha considerado insuficiente.

Entre otras medidas, se llegó a la conclusión de que se deberían ofrecer a las cigüeñas

ubicaciones alternativas conservando su carácter colonial. Durante los años 1995 y 1996 se colocaron en Logroño varios postes aislados, principalmente en el Parque del Ebro. Antes, dos parejas ya habían colonizado dos antiguas chimeneas en el Parque del Ebro. Observando los resultados, se planteó en 1997 la construcción de una estructura en la misma zona simulando los actuales edificios. En el año 2000, el Gobierno de la Rioja y la Diócesis de Calahorra y la Calzada-Logroño impulsan actuaciones para aumentar los lugares de nidificación, incluyendo la construcción de una estructura en el Parque del Ebro con capacidad para nueve nidos.

BASES PARA EL DISEÑO

El diseño de 1997 se basaba en una estructura de madera integrada en el paisaje, de planta triangular, formada por tres pilares principales a base de rollizos hasta alcanzar una altura de 20 m. Los nidos se ubicarían en los extremos superiores de los pilares y en el entramado intermedio. Desde el diseño original hasta la solución final se plantearon múltiples alternativas con el objeto de optimizar la estructura, dando lugar a complejos desarrollos de cálculo. Por su carácter innovador y experimental, así como por su envergadura, este prototipo adoptó desde el primer momento el calificativo de obra singular en madera.

Condicionantes para el diseño

Entorno: área de soto naturalizada dentro de un parque en la ribera del Ebro, cercana al Puente de Hierro. Los postes de madera sugieren una acumulación de troncos como si una riada los hubiera arrastrado.

Terreno: se trata de un recubrimiento aluvial cuaternario de cuatro metros de espesor bajo el que se encuentran las arcillas margosas del Oligoceno, formado por gravas gruesas rodadas envueltas en una matriz arenosa con una pequeña proporción de limos y arcilla.

Nidos: los nidos de cigüeña aumentan de tamaño y peso con los años (en Anguciana, La Rioja, se descargó un nido de 950 kg). Se ha considerado un nido tipo de 5 años de antigüedad con 250 kg de peso, 120 cm de diámetro y 80 cm de altura (www.iturnet.es).

Ubicación: corresponde al dominio público hidráulico y es objeto de inundaciones eventuales de hasta 3 m de altura.

Vandalismo: el diseño debe impedir el acceso a los nidos.

Altura: determinada por otras posiciones de nidificación cercanas. La altura del Puente de Hierro y de los árboles circundantes permiten un acceso y cómodo vuelo de las cigüeñas si se construyen los soportes a una altura de, al menos, 18 m.

BASES PARA EL PROYECTO

Diseño básico

El diseño básico final se aleja poco del original de 1997. Consiste en una estructura de entre 18 y 19 metros de altura construida con rollizos para albergar nueve nidos, formada por tres grandes soportes verticales en planta triangular y estabilizados con elementos de arriostramiento. La cimentación se resuelve mediante zapatas de hormigón y las uniones mediante pernos y herrajes metálicos especialmente diseñados. Figuras 2 y 3.

Cada soporte se compone de rollizos descortezados de madera de conífera. Tres rollizos en su tramo inferior hasta 14 metros de altura (con el diámetro mayor en la base), entre los que se aloja un cuarto rollizo de 12 metros (con el diámetro mayor en la parte más alta) hasta obtener un elemento de 18 metros de altura. La conicidad de los rollizos permite ajustar estos elementos de forma eficaz. Los elementos de arriostramiento consisten en rollizos de menores dimensiones para formar los travesaños horizontales y las diagonales.

Normativa de cálculo

Para el cálculo se aplica la norma UNE EN-1995-1-1 Eurocódigo 5 “Proyecto de estructuras

de madera. Reglas generales y reglas para la edificación”.

Acciones consideradas en el cálculo

Peso propio: para la densidad de la madera y según es costumbre en construcción con madera de coníferas se adopta un valor medio de 600 kg/m^3 .

Peso de los nidos: 250 kp, aplicados en los extremos superiores de los soportes verticales y en los travesaños horizontales superiores, considerados de larga duración.

Nieve (NBE AE 88): 80 kg/m^2 de corta duración.

Viento (NBE AE 88), teniendo en cuenta la superficie expuesta por los rollizos a diferentes alturas y por los nidos. Se consideran tres formas de actuación del viento en relación a su dirección respecto a la planta triangular.

Inundación: no se considera la acción horizontal sobre la estructura por tratarse de una zona de remanso, pero se considera la subpresión que tiene lugar en la cimentación.

Propiedades resistentes de la madera

La madera de rollizo para uso estructural no se recoge en las normas europeas para determinar su resistencia y elasticidad, por lo que recurre a estudios publicados por Technical Research Centre of Finland (VTT) en 1999 (RANTA-MAUNUS, A. 1999). Tabla 1.

Diseño estructural

El diseño de la estructura evoluciona desde la idea original en función de las exigencias planteadas y de las posibilidades de ejecución. Las constantes son el diseño antivandálico, dimensiones, planta triangular y formación de pilares triples. Figuras 1 y 2.

El primer diseño dispone un arriostramiento triangular mediante cables de acero cruzados que ocupan el tercio central de los pilares. Los pilares parten exentos del suelo para evitar que puedan ser escalados. En este modelo la esbeltez de los pilares resulta demasiado alta, por lo que sería necesario su empotramiento en la base mediante algún sistema que resultaría complejo en exceso. Los travesaños horizontales superiores funcionarían como viga entre pilares con 12 m de vano y sólo podrían soportar nidos de bajo peso.

El segundo diseño dispone un arriostramiento en K con diagonales formadas por rollizos ocupando dos tramos sucesivos de la zona central de los pilares y manteniendo exento el tramo inferior. De esta forma se reduce la posibilidad de pandeo de los pilares pero sigue siendo necesario el empotramiento en la base. La luz del travesaño superior se reduce a la mitad, por lo que podría soportar nidos de mayor tamaño.

El tercer y definitivo diseño surge de la optimización estructural del conjunto mediante arriostramientos en K desde la base de los pilares. La estabilidad del conjunto se ve muy mejorada y se comprueba que la inclinación de las diagonales impide la escalada hacia la parte alta de la estructura. El apoyo de los pilares sobre la cimentación se reduce a un sistema articulado con un anclaje capaz de resistir el tirón en caso de vuelco.

En todos los casos, la condición más limitante del cálculo es el pandeo de los pilares, por lo que el tramo superior en voladizo no puede superar los 6 metros y el arriostramiento de los pilares debe hacerse desde su base en dos tramos de 6 metros cada uno.

Modelo de cálculo

El modelo de cálculo se basa en la discretización de los pilares en tramos. Las dimensiones de los rollizos empleados vienen dadas por las existencias en el mercado, por lo que no se trata de dimensionar las piezas sino de comprobarlas y ajustar otros parámetros para optimizar el comportamiento estructural (diseño, altura, arriostramiento, etc.).

Se determinan los esfuerzos en las barras mediante un modelo tridimensional de cálculo matricial y se obtienen los niveles máximos de agotamiento de cada sección. La situación más

desfavorable viene dada por la acción conjunta de la carga permanente, el peso de los nidos y el empuje del viento.

Por otro lado, en las uniones se produce concentración de esfuerzos y tensiones localmente altas, en ocasiones perpendiculares a la fibra de la madera.

Los límites para las deformaciones no son muy exigentes, aunque se consigue reducir la oscilación en punta de los pilares a valores inferiores a $H/300$, siendo H la altura total.

Para la cimentación se tienen en cuenta la presión sobre el terreno, el deslizamiento y el levantamiento por vuelco, incluyendo la subpresión por efecto de la inundación.

Resultados de cálculo

Los índices que se muestran a continuación expresan el agotamiento de los elementos estructurales en la situación de carga más desfavorable (un valor de 0,57, por ejemplo, indica que la pieza se encuentra a un 57 por ciento de su capacidad), indica el concepto de la sollicitación más desfavorable (ARGÜELLES, R; et.al. 1996). Los resultados son:

- pilares compuestos (tramo inferior): 0,31 por flexocompresión
- pilares en voladizo (tramo superior): 0,50 por flexocompresión
- diagonales inferiores de arriostramiento: 0,94 por flexocompresión
- diagonales superiores de arriostramiento: 0,73 por flexocompresión
- travesaños inferiores horizontales: 0,79 por flexotracción
- travesaños superiores horizontales: 0,72 por flexotracción

El desplazamiento máximo horizontal en el extremo de los pilares es inferior a 30 mm.

Las piezas más sollicitadas son los elementos de arriostramiento (índice 0,94) mientras que los índices son relativamente bajos en los pilares. Sin embargo, una ligera modificación en la altura o disposición de las diagonales da lugar a aumentos significativos.

Para las uniones se utilizan herrajes con pletina de acero de 12 mm y pernos de 20 mm (M20). El acero tendrá una resistencia característica a tracción de 400 N/mm^2 o superior. Los pernos dispondrán de arandelas con diámetro no inferior a 60 mm ni espesor menor de 6 mm.

La unión de los rollizos a la cimentación se resuelve mediante una placa de anclaje de 20 mm de espesor con tornillos niveladores y unos casquillos que recogen la base de cada pieza de madera.

Las zapatas de hormigón son aisladas y con dimensiones 250 x 250 x 150 cm. Han sido calculadas como rígidas en masa, aunque se recomienda disponer una armadura de acero B400S con redondos de 20 mm y marco de 200 x 200 mm. Bajo la zapata se coloca una capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor. El recubrimiento mínimo de las armaduras será de 70 mm hasta la capa de limpieza y de 100 mm a los paramentos verticales.

PROTECCIÓN Y DURABILIDAD

La madera se encuentra a la intemperie, en posible contacto con el suelo aunque los detalles constructivos traten de evitarlo, y en eventuales situaciones de inundación. A esta situación le corresponde una clase de riesgo 4 según la norma UNE EN 335. Por tanto, la madera debe ser tratada en autoclave para la aplicación en profundidad de un producto protector fungicida e insecticida. Con este grado de protección la bibliografía especializada consultada permite suponer una durabilidad del orden de los 25 años.

La protección mínima de los herrajes (pletinas, perfiles y pernos) consiste en un tratamiento Fe/Zn 25c o, preferiblemente, un galvanizado en caliente.

MONTAJE

Dado el carácter experimental y singular de la obra, la evolución del proyecto y las dificultades para el montaje, la ejecución de la obra se llevó a cabo directamente desde el Gobierno de La Rioja contratando a empresas locales.

Los rollizos de pino silvestre procedente del pirineo occidental se localizaron y fueron tratados en Peña (Huesca). Los herrajes fueron montados en Calahorra (La Rioja), siendo necesario

su posterior reajuste en obra, y su montaje fue realizado por una empresa del Rasillo (La Rioja) especializada en carpintería estructural. El premontaje fue realizado en La Fombera con el apoyo de los talleres, medios y personal del Gobierno de La Rioja. Allí se montaron las columnas principales y se realizaron los rebajes necesarios para los herrajes. En período de estiaje se construyeron las zapatas. Finalmente fueron trasladadas las columnas y piezas complementarias hasta el Parque del Ebro, donde por medio de grúas y con bastante habilidad por parte de los carpinteros se completó el montaje. Figuras 4 y 5.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Cercanos a los cinco años transcurridos desde la ejecución de esta obra, se pueden avanzar algunos resultados y conclusiones.

En cuanto al objetivo prioritario de la estructura se debe citar su rotundo éxito. Si la obra se terminó en el mes de noviembre, en enero ya se encontraban ocupados cuatro nidos que dieron lugar a nueve pollos. En el año 2005 existen 10 nidos (estaban previstos un máximo de nueve), y se plantea la posibilidad de ampliar la estructura. El éxito del resultado inicial sienta las bases de un manejo de la población de cigüeñas más decidido y eficaz que puede servir de modelo para otras poblaciones.

La utilización de rollizo en este proyecto amplía las posibilidades que ofrece una de las formas más naturales, económicas y tradicionales de usar la madera, demostrando su validez para la construcción de infraestructuras singulares y de envergadura. Los beneficios y cualidades de la madera la convierten en una alternativa que no puede ignorarse y que la revaloriza frente al hormigón o al acero, muy especialmente en medios naturales. Por otro lado, el diseño estructural y el detallado análisis optimizan la estructura y el resultado es una construcción eficaz y funcional sin renunciar a la estética e integración en el medio.

El estado actual de la construcción es en general muy bueno. La única observación que podría citarse es que se ha detectado una leve inclinación debida probablemente al asiento de una de las cimentaciones. Se ha producido un ligero soterramiento de las zapatas que permite el contacto directo de la madera con el suelo durante la época seca. El tamaño y peso de los nidos se acerca al máximo estimado para un periodo de 5 años. Todo ello sugiere la necesidad de una revisión general que, por otro lado, debería realizarse de manera periódica.

Dado el carácter innovador y singular de este prototipo no es posible hacer una valoración en términos estrictamente económicos, puesto que en una sola ejecución repercuten los costes íntegros de investigación, desarrollo e innovación. Una reducción de costes hasta hacer competitiva esta construcción sería posible mediante una producción y premontaje en serie de los diferentes elementos.

La ciudad de Logroño ha acogido con satisfacción esta obra y el Puente de Hierro se ha convertido en un privilegiado puesto de observación de las aves que los viandantes aprovechan para recrearse haciendo un alto en su paseo por el parque.

BIBLIOGRAFÍA

- ARGÜELLES, R.; ARRIAGA, F. y MARTÍNEZ, J.J.; 1996. Estructuras de madera. Diseño y Cálculo. Editorial AITIM.
- RANTA-MAUNUS, A. 1999. Strength of small diameter round timber. CIB W18 meeting in Savonlinna. Paper 31-6-3. 10 p.
- ITURNET. www.iturnet.es/alfaro/biolog.htm
- UNE ENV 1995. Eurocódigo 5. Proyecto de Estructuras de Madera.
- NBE AE 88. 1988. Norma básica de la Edificación. Acciones en la Edificación.
- UNE EN 335-3. 1996. Durabilidad de la madera y materiales derivados. Clases de Riesgo para la madera maciza.

TABLAS Y FIGURAS

	resistencia a flexión	resistencia a compresión	densidad
--	-----------------------	--------------------------	----------

	$f_{m,k}$ (N/mm ²)	$f_{c,0,k}$ (N/mm ²)	ρ_k (kg/m ³)
VTT	30,0 - 43,0	18,7 - 25,1	384 - 450
Cálculo	30,0	20,0	340

Tabla 1. Propiedades resistentes.

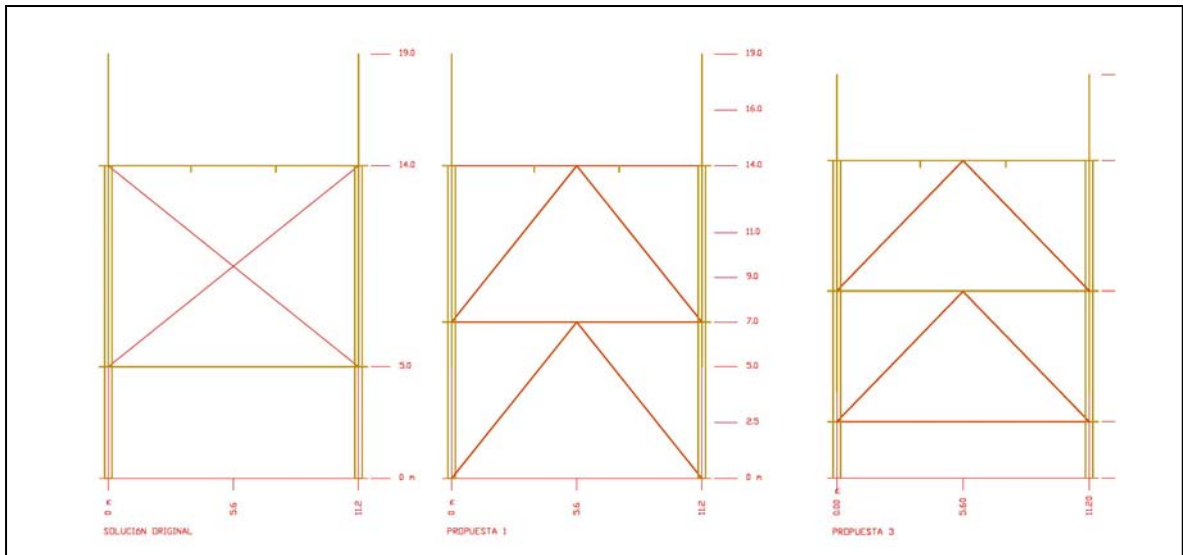


Figura 1. Diseño estructural y modelo de cálculo

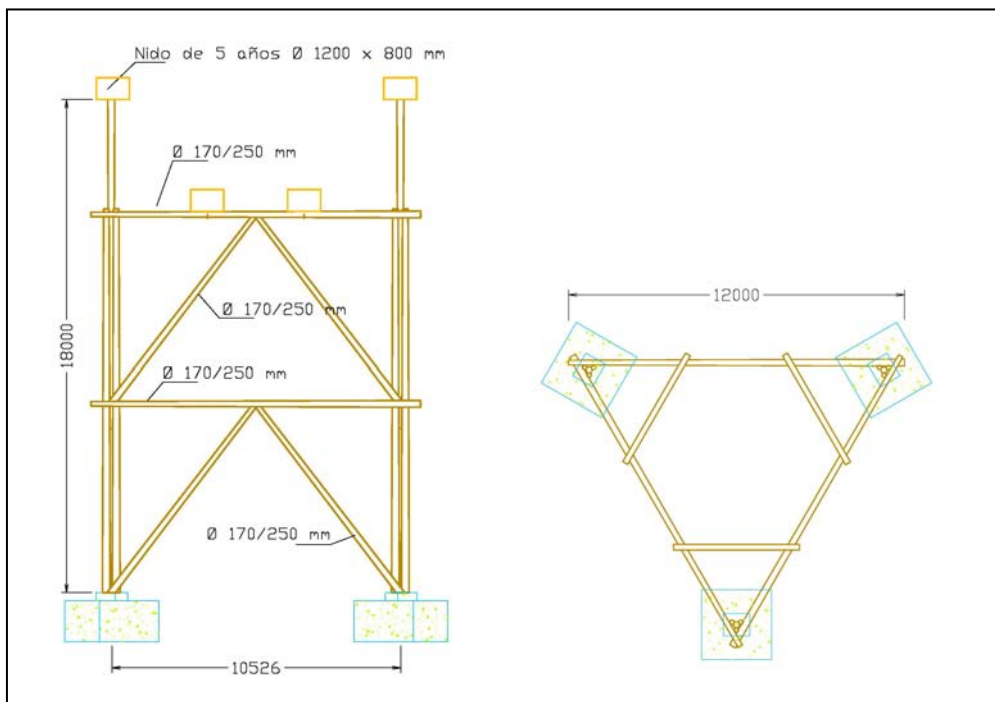


Figura 2. Alzado y planta



Figura 4. Montaje y estructura terminada.



Figura 5. Detalle de uniones y colonización de nidos.