

Escenario efímero construido con caña común (*Arundo donax*)

Imagen general
del escenario.

Se trata de una estructura efímera promovida por una empresa de gestión de eventos musicales, realizada en su totalidad a partir de haces de cañas atados, para "Primavera Sound 2017", Barcelona.

32

Por JOAN RAMON
ROSELL, ALBERT ALBA-
REDA, JORDI MARISTANY,
MONTSERRAT BOSCH,
JON CORY WRIGHT,
MARC FANDO, INIGO
MUJICA

Montaje con la
ayuda de grúas.

Para la realización de este proyecto se ha constituido un grupo de trabajo que ha participado desde el inicio del proceso en el diseño, recolección del material, ejecución, verificación estructural, control de calidad y el control de ejecución. Destacamos, en esta presentación, el valor arquitectónico del proyecto y su viabilidad, así como la gestión de todas las partes implicadas, especialmente de la Universidad Politécnica de Catalunya con la investigación, la docencia y la transmisión de conocimiento. Se ha llevado a cabo con la colaboración de Laboratori de Materials, EPSEB-UPC, Barcelona; Departament de Tecnologia en l'Arquitectura UPC, EPSEB-ETSAB, Barcelona; Canyaviva; Volta/Investigació Canyera.

El proyecto

El pabellón está destinado a los conciertos del Primavera Sound 2017 ubicado en la Zona del Fórum en Barcelona, ha sido diseñado por el arquitecto JONATHAN CORY-WRIGHT del Grupo CanyaViva con las aportaciones del resto de intervinientes en el proyecto; construido para un aforo previsto de 10.000 personas, cubre un espacio de más de 2.000 m². Se han utilizado alrededor de 12.000 cañas y más de 4 km de cuerda. Era condición de proyecto, además, que la estructura fuese desmontable para ser guardada y reutilizada al año siguiente para el mismo uso.

La técnica de construcción ha sido desarrollada por el grupo CanyaViva, se trata de una técnica accesi-





ble y respetuosa con el medio ambiente ya que se utilizan, únicamente, materiales naturales y técnicas de trabajo totalmente manuales. CanyaViva cuenta con una larga experiencia en construcciones de este tipo, ha demostrado que la caña es un material perfectamente aplicable en la construcción actual y que con una gestión del recurso coherente y controlada es posible renunciar a procesos de eliminación de la planta altamente costosos y contaminantes cuando representa un problema.

La caña común e impacto ambiental

La construcción con caña (*Arundo donax*) es bastante común: existe una valiosa tradición constructiva en toda la cuenca mediterránea, también en países de Oriente Próximo y en Latinoamérica. Lamentablemente, desde hace años, este material lignocelulósico ha dejado de utilizarse en construcción y apenas se utiliza en actividades agrarias o relacionadas con la artesanía, lo que ha supuesto que actualmente la caña común represente un auténtico problema ecológico en las riberas y humedales españoles ya que se considera invasiva. Diversas administraciones públicas, así como universidades y centros de gestión medioambiental, investigan técnicas, mecanismos y procesos de control de los cañaverales con el fin de lograr la recuperación del buen estado ecológico de los sistemas fluviales (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, 2013).

Aunque en un ámbito más cercano se ha utilizado la caña para la ejecución de elementos secundarios en edi-

ficación, como construcción de tabiques o falsos techos, en momentos como el actual, en los que se está poniendo en valor el uso de materiales de menor impacto ambiental que los utilizados en la arquitectura y construcción convencional, parece interesante reconsiderar la caña como material de construcción válido incluso para la ejecución de estructuras.

Caracterización de la caña común, *Arundo donax*

El Grupo de Investigación GICITED, de la Universitat Politècnica de Catalunya, organiza desde hace años las Jornadas Low Tech (UPC, 2012), un lugar de encuentro para mostrar técnicas constructivas de bajo

Imágenes de algunos de los ensayos que constituyeron la campaña experimental realizada en el "Laboratori de Materials" de la EPSEB-UPC.



impacto ambiental a partir de materiales de proximidad poco elaborados. En una de sus primeras ediciones el arquitecto JONATHAN CORY-WRIGHT presentó los trabajos del grupo CanyaViva y se estableció una línea de colaboración con el laboratorio de materiales de la EPSEB (Escola Politècnica Superior de Edificació de Barcelona) para tratar de caracterizar la caña como material de construcción.

A partir de un trabajo final de carrera, se estudió el comportamiento de la caña común como material de construcción mediante ensayos con técnicas experimentales destructivas, realizadas en laboratorio.

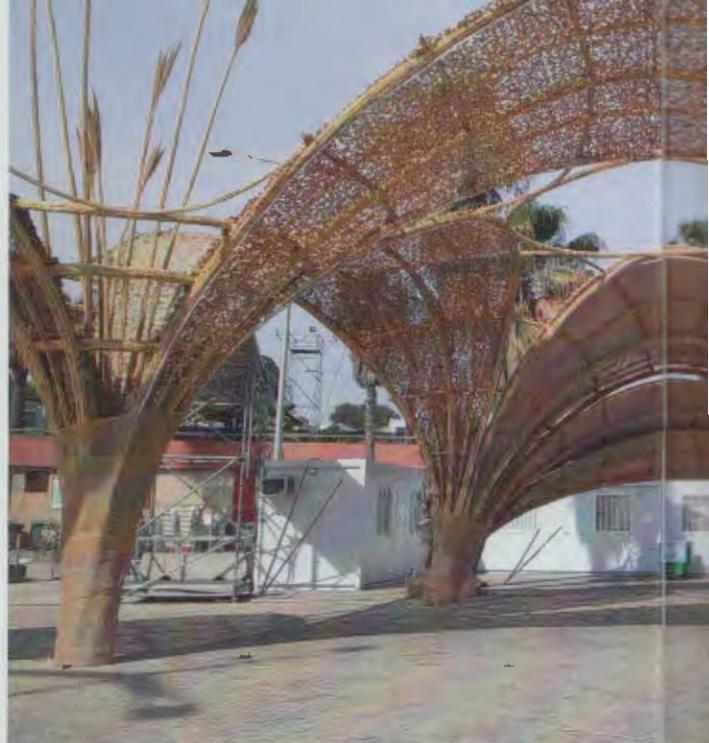
La caracterización del material se realizó en base al ensayo de esfuerzos a compresión y a flexión y a tres tipos de análisis: el comportamiento del material simple, es decir una única caña; cañas agrupadas formando columnas; y el comportamiento estructural de un arco de caña construido específicamente para su ensayo.

Los resultados de esta campaña de ensayos se han

Detalle del haz de cañas y del anclaje de la estructura al pavimento.



Elemento arquitectónico.



utilizado como los valores de referencia que han permitido la modelización inicial del pabellón.

En paralelo, un grupo de trabajo, en su momento estudiantes de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB) pertenecientes a la Asociación ESFA (<https://esfabcn.wordpress.com/>) que ha sido origen del Colectivo de arquitectura Volta-Investigació Canyera (Investigació Canyera), planteó una línea de trabajo orientada al comportamiento estructural de los arcos de haces de caña mediante el desarrollo de pruebas de carga "low tech", evaluando los resultados obtenidos mediante procedimientos de fotogrametría 3D.

Verificación estructural

Para la verificación estructural se han realizado simulaciones a través de modelos estructurales en segundo orden para evaluar el comportamiento de la estructura sometida a cargas verticales y horizontales.

- Para poder calibrar adecuadamente estos modelos numéricos se han realizado prototipos a escala real en el Campus del Llobregat de la UPC.
- La estructura se ha dimensionado y comprobado a partir de un modelo tridimensional realizado con Robot Autodesk®, versión educacional, lo que ha permitido realizar el análisis no lineal apropiado y necesario ante una estructura con grandes deformaciones y materiales de bajo módulo elástico.
- Los valores finales utilizados para el cálculo, y posteriormente ajustados a través de los modelos reales, para las cañas, han sido: un módulo elástico de 400 MPa y resistencia a tracción característica de 16,80 MPa.
- Las vinculaciones exteriores de los arcos estructurales con el terreno se han considerado articuladas en un porcentaje muy alto en todas direcciones para no sobrecargar la conexión de la base.
- Para la definición de las barras de cañas, de los arcos principales, se ha considerado una sección promedio de 14-16 cm de diámetro y una sección de las cuerdas de 6 mm.



- La estructura se ha dimensionado siguiendo las especificaciones del CTE DB SE A referente a acciones en la edificación y a las combinaciones mínimas necesarias para una pérgola situada a primera línea de mar.

Con el fin de dar por definitivos los resultados del modelo numérico, se construyó un fragmento de la estructura a escala real 1:1, el colectivo de arquitectura Volta-Investigació Canyera realizó una serie de pruebas de carga verticales y laterales para confirmar que la deformación real se correspondía con la generada por el modelo a partir de los módulos elásticos considerados.

La estructura cumple, en general, con los requerimientos habituales demandados por los marcos normativos españoles y europeos, sobre todo teniendo en cuenta que se trata de una estructura temporal.

El aspecto más crítico para la validación de la estructura es, evidentemente, la estabilidad lateral del conjunto sometido a cargas de viento. Al tratarse de una estructura muy deformable y claramente de comportamiento no lineal debido a la propia naturaleza de las cañas, se ha considerado el "retensado" de las cuerdas que actúan como vientos durante el festival como mecanismo para minimizar al máximo las posibles "plastificaciones" debidas a las cargas cíclicas de viento.

Anclaje de la estructura

La fijación de la estructura al pavimento se ha estudiado para no dañar las cañas debido a un empotramiento excesivo o no deseado. Puesto que no se podían extraer grandes superficies de pavimento se optó para utilizar 4 barras corrugadas de acero B500S de diámetro 20 mm, clavadas al hormigón con resinas en superficie. Las barras de acero han servido para encajar unos mástiles de madera de entre 60 y 100 cm y de 25 cm de diámetro y en la fijación rígida de los haces de cañas, aunque semirrígida con el pavimento gracias a la ductilidad de las barras corrugadas. Por otra parte, las cuerdas tensadas que actúan como vientos se han fijado a la sub-base de pavimento de hormigón existente con anclajes mecánicos tipo HILTI o

similar, adecuados para resistir las tracciones propias procedentes del tensado de cuerdas.

Gestión del proyecto

La voluntad de realizar un escenario único, sostenible y que se integre en el entorno cercano a la playa de Barcelona ha sido un vector trascendental para el éxito del proyecto.

Creemos que es interesante destacar el papel de la Universidad en todo el proceso. Los promotores de la construcción del pabellón tienen una gran experiencia en la organización de eventos musicales multitudinarios y tenía ciertas prevenciones en cuanto a seguridad, plazos de entrega y viabilidad del encargo, por ello contactó con la UPC para incorporar expertos que asesorasen en la toma de decisiones.

Hay que celebrar la apuesta arriesgada en construir un escenario "atípico" que escapa a las habituales carpas prefabricadas de alquiler.

Conclusiones

Con esta experiencia hemos podido comprobar que la caña común es un material válido para la construcción, incluso utilizada como elemento estructural siempre y cuando se tenga en cuenta que se trata de un material con bajo valor de su módulo de elasticidad, lo que implica alta sensibilidad a los Estados Límite de Servicio (ELS) y en especial a las deformaciones producidas.

La flexibilidad del material permite curvar "espectacularmente" las barras, lo que permite versatilidad en las formas y estructuras enormemente ligeras, pero se hace necesario trabajar con haces de cañas ya que incrementa poderosamente las prestaciones del material.

Un cálculo riguroso solo puede realizarse con programas y métodos específicos que puedan considerar "grandes" deformaciones de las barras.

En estructuras tan ligeras y flexibles es imprescindible utilizar elementos de atirantado.

El sistema constructivo se ha mostrado idóneo y ha ofrecido un comportamiento muy adecuado a las condiciones ambientales, incluso mejor que otros escenarios del propio evento.

Este proyecto ha sido posible gracias a la implicación del equipo pluridisciplinar que ha participado en la toma de decisiones arquitectónicas y constructivas, el rediseño del sistema bajo distintas solicitudes de carga; la verificación estructural del proyecto; la cogestión y la obtención de la materia prima mediante actividades paralelas (talleres de formación y de gestión sostenible del cañaveral existente en el Campus del Baix Llobregat de la propia UPC). ■

Referencias

- CanyaViva. www.canyaviva.com
- Investigació Canyera. <http://investigaciocanyera.blogspot.com/>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente. Catálogo español de especies exóticas. *Arundo donax* [Informe]. Madrid: Gobierno de España, 2013.
- ANÚJAR RABINDRANATH; FANDE MORELL, MARC; PALOU JULIAN, ORIOL; PERIS RENNGLI, BIRING; MARISTANY CARRERAS, JORDI. Estudi del comportament mecànic d'arcs de canya *Arundo donax* [Publicación periódica]. Barcelona: Associació de Consultors d'Estructures (ACE), 2013. 46.
- ROSELL J.R.; SILVA E.; GONZÁLEZ, S. *Arundo donax*: material de construcción. UPCommons. Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC. Universitat Politècnica de Catalunya. 8 de junio de 2017. [file:///C:/Users/montserrat%20bosch/Downloads/Arundo%20donax%20L%20Material%20de%20construcci%C3%B3n%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/montserrat%20bosch/Downloads/Arundo%20donax%20L%20Material%20de%20construcci%C3%B3n%20(2).pdf).
- UPC Jornades Low Tech [En línea]. 2012. 6 de marzo de 2016. <https://jornadeslowtech.wordpress.com/>.