

# Estudio de los efectos del viento sobre la envolvente arquitectónica y cubierta retráctil del nuevo estadio Santiago Bernabéu

*Wind effects study on the architectural envelope and retractable roof of the new Santiago Bernabeu stadium,*

Marina Hinojosa Lucena<sup>a</sup>, José María Terrés Nícoli<sup>b</sup>, Manuel Benítez Velasco<sup>c</sup>, José Martínez Salcedo<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Oritia & Boreas S.L. Coordinadora de proyectos. [hinojosalucena@oritiayboreas.com](mailto:hinojosalucena@oritiayboreas.com)

<sup>b</sup> Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Oritia & Boreas S.L. Director ejecutivo. [terresnicoli@oritiayboreas.com](mailto:terresnicoli@oritiayboreas.com)

<sup>c</sup> Ingeniero de Civil. Oritia & Boreas S.L. Ingeniero de proyecto. [benitezvelasco@oritiayboreas.com](mailto:benitezvelasco@oritiayboreas.com)

<sup>d</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FCC Construcción, S.A. Jefe Estructuras Singulares. [jmartinez@fcc.es](mailto:jmartinez@fcc.es)

## RESUMEN

Para la remodelación del estadio Santiago Bernabéu se llevó a cabo un estudio en túnel de viento de capa límite de un modelo seccional realizado para los fondos norte y sur a gran escala (1:80) donde se estudiaron la envolvente arquitectónica y la cubierta retráctil (lonas y elementos de mitigación). Asimismo, se ejecutaron ensayos de vibración libre en una muestra de lona real con objeto de caracterizar su frecuencia y ratio de amortiguamiento estructural. A partir de los resultados obtenidos tanto en los ensayos de vibración libre como en los del túnel de viento de capa límite, se analizó su comportamiento dinámico a través de simulaciones llevadas a cabo en un modelo numérico.

## ABSTRACT

For the remodelling of the Santiago Bernabéu stadium, a boundary layer wind tunnel study of a sectional model was carried out for the north and south end of the stadium at a large scale (1:80). The architectural envelope and the retractable roof (canvas and mitigation elements) were studied. In addition, free vibration tests were performed on a real canvas sample in order to characterise its frequency and structural damping ratio. Based on the results obtained from both the free vibration tests and the boundary layer wind tunnel tests, its dynamic behaviour was analysed by means of simulations carried out in a numerical model.

**PALABRAS CLAVE:** viento, envolvente, cubierta retráctil, mitigación, análisis dinámico.

**KEYWORDS:** wind, envelope, retractable roof, mitigation, dynamic analysis.

## 1. Introducción

La envolvente arquitectónica de la remodelación del estadio Santiago Bernabéu está compuesta por lamas metálicas. Estos elementos serán los encargados de recubrir en su totalidad la fachada del estadio y configurar su piel envolvente. La cubierta fija a su vez está conformada por una subestructura Kalzip sobre chapa grecada y terminación con la piel envolvente de las lamas.

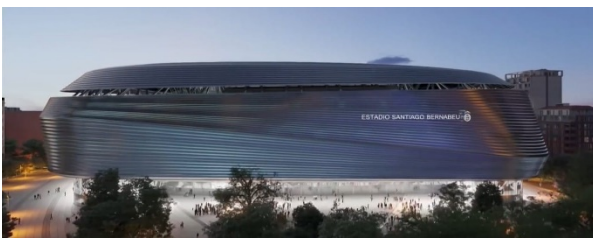


Figura 1. Envolvente arquitectónica.

Por su parte, la cubierta retráctil de la remodelación del estadio Santiago Bernabéu está formada por cojines hinchables, barras de estabilización y cerchas híbridas que se desplazarán desde las zonas norte y sur hacia el centro del estadio mediante mecanismos de traslación y elevación, quedando de esta forma cubierta la totalidad del estadio.

En cada zona norte y sur del estadio hay 5 cojines y 6 cerchas. Durante la fase de cubierta plegada los cojines hinchables (lonas) pueden verse especialmente afectados por el viento.

Se propone a Oritia & Boreas un estudio específico de la envolvente arquitectónica y de los elementos que constituyen la cubierta retráctil. Especialmente, se estudian múltiples configuraciones de elementos de mitigación que puedan ejercer un efecto de apantallamiento y protección frente al viento de los elementos de la cubierta.

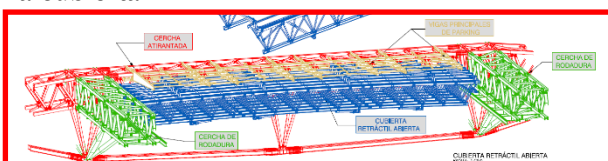


Figura 2. Cubierta retráctil abierta.

## 2. Elementos de mitigación para la cubierta retráctil

Como medida de mitigación frente al viento actuante sobre las lonas se diseña un elemento de atenuación con la inclinación y canto de la cubierta retráctil (a petición del cliente) donde se estudió con tres porosidades diferentes, 15 %, 29 % y 38 %.

Incrementar tamaño de los textos de la figura y mejorar calidad

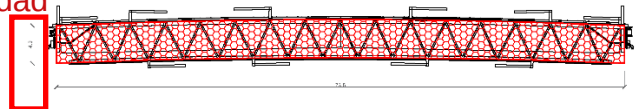


Figura 3. Elemento de atenuación diseñado con porosidades de 15 %, 29 % y 38 %.

Además, se incluyó también el estudio del elemento de mitigación con más canto que la cubierta retráctil. Se aumentó el elemento de atenuación con un vano adicional de aproximadamente el 25 % de canto del elemento de mitigación. En este caso la porosidad resultó de un 35 %.

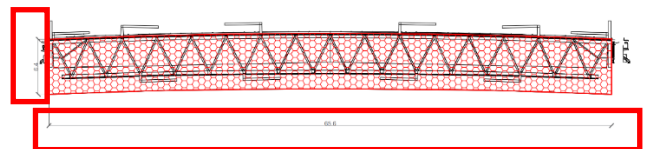
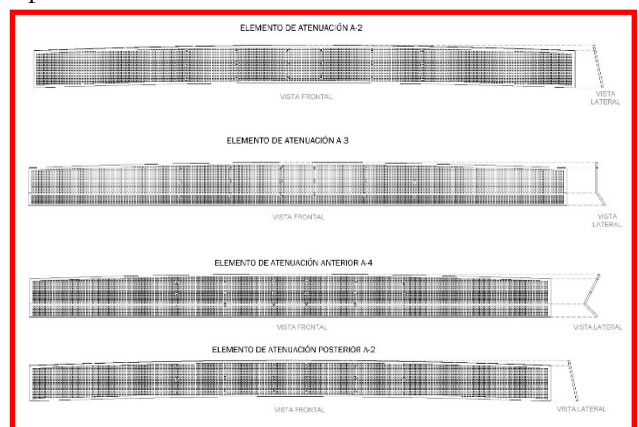


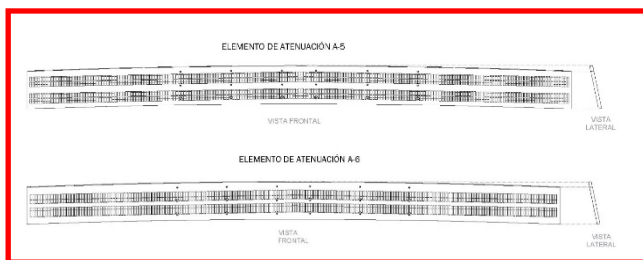
Figura 4. Elemento de atenuación con vano adicional y porosidad del 35 %.

En una fase posterior del estudio, y a petición del cliente, se analizaron nuevas medidas de mitigación tanto frontales como posteriores.



Mejorar calidad de la figura

Incrementar tamaño de los textos de la figura



**Figura 5. Elementos de atenuación estudiados en la segunda fase del estudio.**

La Tabla 1 presenta la denominación y porosidad presentada por cada elemento de atenuación, determinantes de las configuraciones del estudio y ensayo en túnel de viento de capa límite.

**Tabla 1. Resumen de configuraciones de ensayo en función del elemento de mitigación.**

| Elementos de atenuación diseñados                                                               | Porosidad                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                               | 15 %                                                                               |
| 2                                                                                               | 29 %                                                                               |
| 3                                                                                               | 38 %                                                                               |
| 4                                                                                               | 35 %                                                                               |
| 5                                                                                               | Sin mitigación                                                                     |
| A-2: Elemento anterior y posterior de mitigación tipo A-2                                       | 39 %                                                                               |
| A-3: Elemento anterior y posterior de mitigación tipo A-3                                       | 40 %                                                                               |
| A-4: Elemento anterior de mitigación tipo A-4 y posterior de mitigación tipo A-2                | 38 % para el elemento tipo A-4 anterior y 39 % para el elemento tipo A-2 posterior |
| A-5: Elemento anterior y posterior de mitigación tipo A-5. Panel con difusores                  | 12 %                                                                               |
| A-6: Elemento anterior y posterior de mitigación tipo A-6. Panel con difusores y cámara de aire | 22 %                                                                               |

En el estudio original se incluyeron diferentes configuraciones de frentes de mitigación con geometría similar pero basadas en distintas disposiciones de porosidad aerodinámica variables desde el 15 % hasta el 38 %. En este análisis, salvo en las configuraciones

A-5 y A-6, más complejas con los difusores y por lo tanto resultantes en una porosidad menor, las porosidades se han diseñado en torno al 40 %.

## 2. Clima de viento

A partir de los datos históricos de viento del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas se ha desarrollado el modelo climático y la distribución de probabilidad bi-variada de intensidad y dirección para Madrid. Las presiones pico presentadas para la envolvente arquitectónica y la cubierta se obtuvieron combinando el análisis de la interacción viento-estructura con el modelo probabilístico. A partir de los mismos se obtuvieron los valores extremos correspondientes a varios periodos de retorno.

En el análisis de los datos del túnel de viento, las velocidades de viento se ajustan a la altura de gradiente (500 m). Sobre la base del análisis de Oritia & Boreas, la velocidad media horaria del viento prevista a 500 m, corregida para una exposición abierta estándar, es de 45.5 m/s para un período de retorno de 50 años.

De esta forma, el modelo climático de viento indica que para vientos fuertes las direcciones norte y noroeste son las más importantes mientras que, para los vientos más frecuentes, las direcciones de oeste a noroeste son más predominantes.

Empleo de "," en separación de decimales.

## 3. Estudio de presiones y carga estructural sobre la envolvente arquitectónica y la cubierta retráctil

### 3.1 General

La herramienta básica utilizada en el estudio es el túnel de viento de capa límite. El túnel está diseñado con una sección de ensayo de gran longitud, que permite la incorporación de modelos extendidos de terreno a barlovento del modelo instrumentado. La modelización se

realiza con más detalle en la zona más cercana al sitio. Así, el flujo de viento se desarrolla con características semejantes a las del viento propias del sitio. La metodología empleada en este ensayo se ha utilizado ya en una gran variedad de estudios.

El ensayo se llevó a cabo simulando el flujo de capa límite atmosférico correspondiente a la ubicación del sitio. Los ensayos se han realizado en el túnel II, sección de alta velocidad, de nuestro laboratorio BLWTL, Western University, Canadá. Se trata de un túnel de circuito abierto con una sección de ensayo de 3,4 m por 2.5 m (ancho por alto) y con una longitud de la sección de ensayo de 39 m. Tal longitud de la sección de ensayo es necesaria para el desarrollo natural del perfil de la capa límite en el túnel de viento.

### 3.2 Diseño del modelo

El estudio de los efectos del viento sobre la envolvente arquitectónica y cubierta retráctil del nuevo estadio Santiago Bernabéu se ha realizado a partir de los ensayos de un modelo rígido de presiones de las zonas norte y sur a escala 1:80. En este modelo se han simulado todos los elementos que forman parte de estas zonas del estadio. El modelo representa todos los elementos relevantes desde el punto de vista aerodinámico. El escalado de elementos específicos puede diferir del puramente geométrico en beneficio de la semejanza aerodinámica y el prototipado. De esta forma, además de la propia envolvente arquitectónica y la cubierta fija, se fabrica la cubierta retráctil (formada por cojines hinchables, barras de estabilización y cerchas híbridas que se desplazarán desde las zonas norte y sur hacia el centro del estadio mediante mecanismos de traslación y elevación), gradas, subestructuras de hormigón, videomarcador y paneles acústicos. Para la simulación de la envolvente arquitectónica se fabricaron las lamas y su estructura subyacente y la cubierta fija mediante tecnologías de prototipado rápido. Para la

simulación de la cubierta retráctil se fabricaron los cojines hinchables y las cerchas mediante tecnologías de prototipado rápido. En consenso con el cliente, se decidieron instrumentar solamente los cojines hinchables, ya que se trata de los elementos que presentan mayor interés en cuanto a incidencia del viento se refiere.

Se realizaron dos modelos. Uno de los modelos es instrumentado y el otro se denomina 'dummy' (modelo con la misma geometría, pero sin instrumentación). Cada modelo tiene unas dimensiones aproximadas de 1 m x 1 m x 0,75 m (largo x ancho x alto). Dada la escala que hubo de escogerse para la correcta simulación de todos los elementos y en consecuencia las dimensiones resultantes del modelo, no fue posible en la parte interior del estadio poder alcanzar la cota del césped del campo de fútbol. La inferior cota existente en esta parte interior del estadio se consiguió simular mediante un ranurado en la base del modelo con el fin de controlar la presión base y la capa límite superficial. Ambos modelos se sustentan con unas "costillas" fabricadas en aluminio. Estos elementos sirven, además de para sostener todo el peso del modelo y otorgarle rigidez, para el ensamblaje de todos los componentes que constituyen el modelo. El modelo cuenta con las letras del logotipo de cubierta conforme al diseño proporcionado por el cliente.

A continuación se presentan fotografías del modelo de presiones completo.

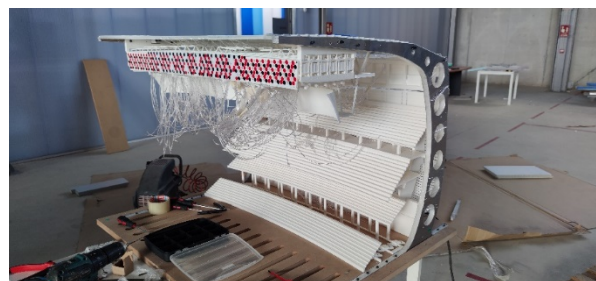


Figura 6. Modelo instrumentado.

Sería interesante explicar la utilidad del segundo modelo denominado "dummy".



**Figura 7. Detalle de una “costilla” para sustentación del modelo.**



**Figura 8. Envolverte arquitectónica (fachada).**

Así, teniendo en cuenta las características de la cubierta retráctil y del elemento de atenuación, en el presente proyecto se miden las presiones sobre las lonas hinchables de la cubierta y en el elemento de mitigación y vano adicional. El campo de presiones ha sido capturado mediante 180 puntos en las lonas, 36 puntos para la mitigación y 12 puntos en el vano adicional para la mitigación, resultando en un total de 228 puntos de medida para toda la cubierta retráctil. En cuanto a la envolvente arquitectónica y cubierta fija, tanto las lamas como la cubierta fija se instrumentaron con una resolución suficiente de puntos de medida: 190 taps en fachada y 98 taps en la cubierta fija, resultando en un total de 288 puntos de medida para toda la piel envolvente. Esta resolución es suficiente como para identificar cambios bruscos

y picos de presión locales, así como para permitir la integración de las cargas a partir de la medida simultánea de presiones.

### ***3.2 Ensayos en túnel de viento de capa límite***

El modelo de presión se gira para las diferentes configuraciones estudiadas con objeto de ensayar los 0° y los 180° de dirección de viento, coincidentes aproximadamente con las direcciones norte y sur del estadio, respectivamente. De esta forma el modelo instrumentado permite obtener las presiones para las zonas norte y sur del estadio.



**Figura 9. Fotografías del modelo de presiones en túnel de viento de capa límite.**

### 3.3 Análisis

El análisis realizado para el estudio de las presiones estáticas sobre la envolvente arquitectónica y cubierta retráctil del nuevo estadio Santiago Bernabéu se llevó a cabo como se explica a continuación.

Se realizaron mediciones detalladas de las presiones y succiones inducidas por el viento en los taps para todas las configuraciones de estudio. Las presiones para el diseño se obtienen siguiendo el análisis de Lieblein. La velocidad del viento está asociada a una altura de rugosidad de **0.3 m**, para un periodo de retorno de 50 años y a la altura de referencia de **61.6 m** (altura máxima del estadio). De esta forma, las presiones de diseño se han obtenido para una velocidad media horaria de **28.13 m/s**. Esta velocidad media horaria se obtiene mediante la conversión de la curva Durst a partir de la velocidad media diezminutal de diseño para un periodo de retorno de 50 años obtenida por el Eurocódigo, a la altura de referencia de **61.6 m** y para la altura de rugosidad de **0.3 m** correspondiente a la categoría de terreno tipo III del Eurocódigo.

A partir de las presiones registradas en cada uno de los puntos de medida del modelo (taps) y adoptando una distribución espacial adecuada a las mismas, se obtienen las fuerzas perpendiculares totales ( $F$ ) sobre cada elemento de mitigación y sobre las lonas de la cubierta retráctil. Adicionalmente se proporcionan también las fuerzas diferenciales actuantes en los puntos de medida, teniendo en cuenta el área asociada a cada par de taps diferenciales.

Para calcular con precisión la carga estructural aplicada sobre los elementos estructurales (lonas y elementos de mitigación), es necesario integrar simultáneamente las presiones superficiales para cada tap diferencial. A cada tap diferencial se le asigna un área tributaria, o un área que rodea al tap donde la presión se considera constante. De esta forma se obtiene la carga instantánea en la parte estructural analizada. Esta técnica permite

obtener la carga sobre elementos estructurales individuales cuando corresponda.

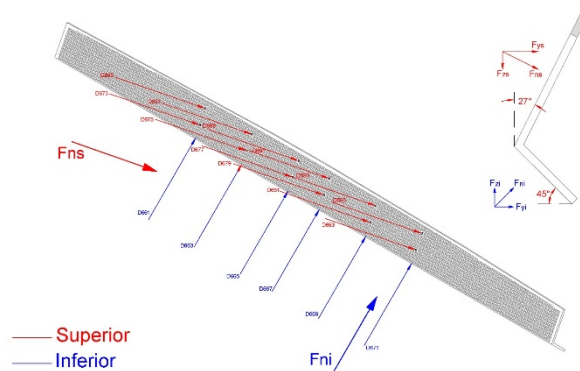


Figura 10. Ejemplo de fuerzas diferenciales y fuerza total obtenida sobre uno de los elementos de mitigación.

## 4. Estudio de presiones y carga estructural sobre la envolvente arquitectónica y la cubierta retráctil

### 4.1 Introducción

Se completaron con éxito también en nuestro laboratorio (LACIAD) una serie de ensayos a una muestra de lona que forma parte de la cubierta retráctil para la remodelación del nuevo estadio Santiago Bernabéu. Se realizan ensayos para conocer las propiedades dinámicas de la lona bajo condiciones de viento aportadas por el cliente. Se selecciona la denominada Lona 1 dentro de la cubierta retráctil porque es la más expuesta y consecuentemente la que representa los resultados de cargas mayores.

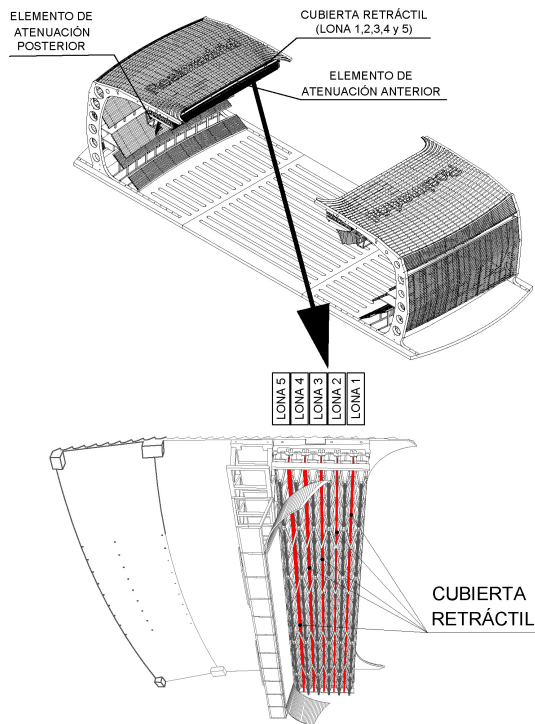


Figura 11. Ubicación de la lona Lona 1 dentro de la cubierta retráctil.

Las dimensiones estudiadas para la lona a escala real son de 3.64 m (ancho) x 72.12 m (largo). Los resultados de los ensayos empleados para los análisis son los correspondientes a la Configuración A-2, en la cual se ubica el elemento de atenuación denominado como A-2 anterior a la Lona 1 y posterior a la Lona 5.

#### 4.2 Ensayos de vibración libre

En este apartado se detalla la metodología y resultados de los ensayos de vibración libre, realizados sobre una muestra de lona, empleados para la caracterización y validación (de manera aproximada) del comportamiento dinámico de la misma, así como para la definición del amortiguamiento a emplear en las simulaciones dinámicas numéricas.

La sección de membrana inicialmente facilitada por el cliente contaba con unas dimensiones de 3.5 m x 3.5 m, 0.55 mm de espesor y una masa de 14.54 kg.



Figura 12. Fotografía de los ensayos de vibración libre en la muestra de 3.5 m x 0.875 m.

Para la ejecución de los ensayos se suspendió la misma desde su borde superior. Los ensayos consistieron en ejercer sobre la muestra un desplazamiento horizontal uniforme e inicial sobre su borde inferior igual a 1 m, para a continuación liberar dicho desplazamiento inicial y medir (en el dominio del tiempo) la oscilación horizontal del borde inferior de la muestra de lona.

La premisa fundamental de estos ensayos es excitar el modo fundamental de flexión de la muestra, para caracterizar y comprobar su frecuencia y amortiguamiento.

Si bien el largo de la muestra (0.875 m) era reducido, se consideró inicialmente como hipótesis la aplicabilidad de los resultados a muestras de mayor ancho, estimando que la excitación estudiada era de naturaleza unidimensional. No obstante, se observó que podría ser importante la consideración de la naturaleza bidimensional del problema. A fin de comprobar esta hipótesis, posteriormente se solicitó al cliente un tamaño de muestra mayor,

por lo que se repitieron los ensayos de vibración libre con una muestra de mayor longitud.

De este modo, el cliente proporcionó tres nuevas muestras de lona de 3.5 m x 3.5 m, para así constituir, junto con la lona que ya se tenía, las 4 capas de 0.55 mm de espesor. Una vez ensamblada, superaba los 50 kg de peso.



Figura 13. Fotografía de los ensayos de vibración libre en la muestra de 3.5 m x 3.5 m.

En la figura a continuación se ilustra la serie temporal del desplazamiento del borde inferior de la muestra.

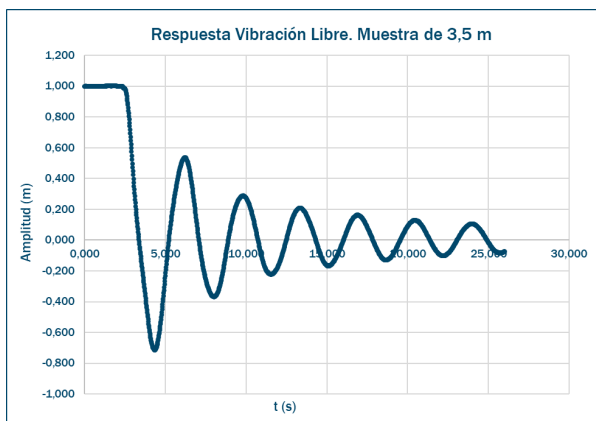


Figura 14. Serie temporal del desplazamiento experimentado por el borde inferior de la muestra durante los ensayos de la muestra de 3.5 m de longitud.

Tras la realización de los ensayos y el análisis de los resultados, la muestra de 0.875 m de longitud y la de 3.5 m de longitud presentaban una frecuencia de 0.30 Hz y de 0.28 Hz, respectivamente.

Por su parte, y a partir de las series temporales del desplazamiento del borde inferior de la muestra, obtenidas de los ensayos realizados, se halla el ratio de amortiguamiento modal (asociado al modo excitado) haciendo uso

del decaimiento de las señales. En la figura a continuación se aprecia la relación entre dicho ratio de amortiguamiento y la amplitud de la oscilación.

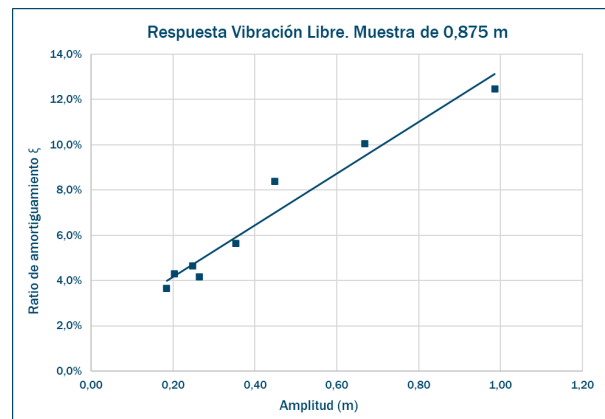


Figura 15. Ratio de amortiguamiento, para el modo excitado, obtenido de los ensayos de la muestra de 0.875 m de longitud.

Al repetirse los ensayos para la muestra de 3.5 m de longitud, se superponen y se representan adicionalmente en el gráfico a continuación los resultados para la muestra cuadrada. Se observa que el ajuste lineal para los Ensayos 1 (muestra de 0.875 m) ofrece también una muy buena aproximación lineal para los puntos representados de los Ensayos 2 (muestra de 3.5 m de longitud), especialmente para las amplitudes más bajas, que, como se verá a continuación durante las simulaciones realizadas, son las más representativas además del desplazamiento medio de los puntos del borde inferior de la lona.

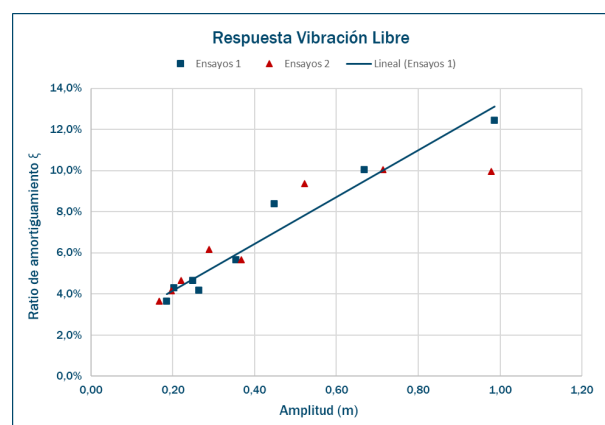


Figura 16. Comparación de puntos de respuesta obtenidos entre los Ensayos 1 y 2. Aproximación lineal del ratio de amortiguamiento, para el modo excitado, obtenido de los ensayos.

### 4.3 Modelo numérico

Para el análisis estructural de la lona se ha llevado a cabo una modelización adecuadamente simplificada de ésta, mediante el software de análisis y diseño estructural de elementos finitos SAP2000.

La geometría de la lona se definió conforme a los diseños 3D facilitados por el cliente, con un ancho de aproximadamente 3.64 m (dimensión vertical), un largo total de unos 72.12 m (dimensión horizontal predominante) y un espesor total igual a 2.2 mm (4 capas de tejido de 0.55 mm de espesor).

Dada la importancia de las no linealidades geométricas presentes en el problema, es fundamental que todos los análisis efectuados sobre la estructura que nos ocupa sean no lineales.

Se identifica el modo de flexión uniforme fundamentalmente predominante de la lona (Modo 11), cuya forma modal se muestra a continuación.

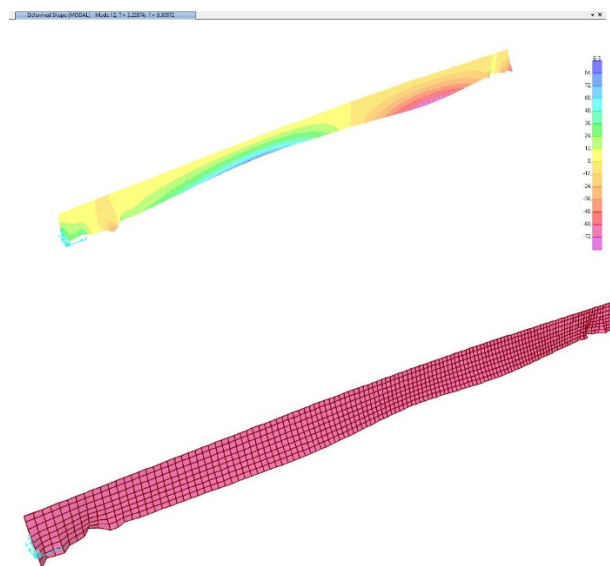


Figura 17. Campo de desplazamientos relativos y vista 3D de la deformada del Modo 11.

Los resultados de este análisis modal son coherentes con las observaciones realizadas durante los ensayos de vibración libre efectuados sobre las muestras de lona.

Esta concordancia entre los resultados del modelo analítico y las observaciones experimentales pone de manifiesto que, en efecto, la componente restauradora del movimiento para este problema depende fundamentalmente de la geometría y distribución de masas del sistema y no tanto de las propiedades elásticas del material.

### 4.4 Simulaciones dinámicas

En estas simulaciones se somete a la estructura (lona) a una acción dinámica de viento (en el dominio del tiempo) obtenida a partir de las series temporales de presión diferencial medidas en los ensayos de túnel de viento realizados.

Los resultados del túnel empleados son los correspondientes a la configuración de ensayo A-2 para la Lona 1, a petición del cliente. Por otro lado, se estudian las dos configuraciones de ensayo para el elemento de atenuación A-2, correspondientes a las direcciones de viento de 0° y 180°.

En cuanto a las velocidades de cálculo, el estudio inicialmente se lleva a cabo para la velocidad solicitada por el cliente de 7.99 m/s, para las direcciones de viento indicadas de 0° y 180°. A posteriori, e igualmente a petición del cliente, se repite el estudio para la velocidad de 2 m/s, aunque solamente para la dirección de viento más desfavorable de 180°.

Tabla 2. Casos de estudio para las simulaciones dinámicas.

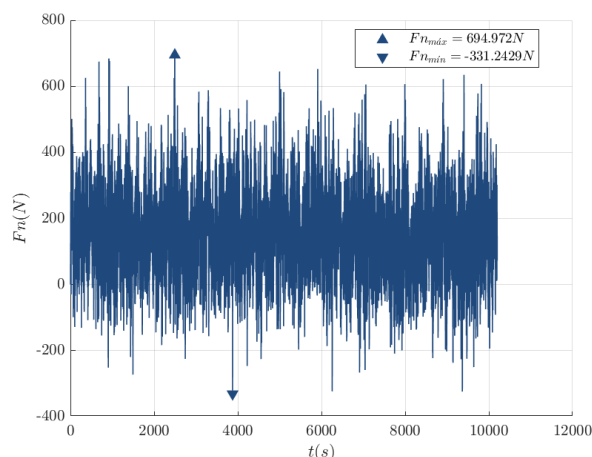
| Caso | Velocidad media diezminut al | Dirección de viento |
|------|------------------------------|---------------------|
| 1    | 7.99                         | 0°                  |
| 2    | 7.99                         | 180°                |
| 3    | 2                            | 180°                |

Las series temporales de presiones obtenidas del ensayo en túnel de viento para estas velocidades de estudio se distribuyen en el modelo numérico y asignando el ratio de

amortiguamiento obtenido de los ensayos de vibración libre.

Como primera aproximación, para la estimación de la amplitud de la oscilación horizontal del borde inferior, se ejecutó el cálculo estático, para la distribución de presiones actuantes sobre la lona en el instante en el que se alcanzaba (análisis estático) el valor máximo absoluto de la carga total normal sobre ésta.

Una vez ejecutadas las simulaciones dinámicas, se obtiene como resultado, a partir de la integración de las reacciones en el borde superior de la lona, la serie temporal de la fuerza total normal actuante sobre ésta, en el dominio del tiempo e identificando sus valores extremos. La representación de la serie temporal obtenida en uno de los casos es la siguiente:



**Figura 18. Serie temporal de la fuerza resultante del análisis dinámico para el Caso 1: velocidad media diezminutal de 7.99 m/s y dirección de viento de 0°.**

A continuación, se comparan los resultados de la fuerza normal provenientes del análisis dinámico con los obtenidos del análisis estático para todos los casos estudiados.

Comparando los resultados de valores extremos de ambos estudios (dinámico y estático), para los tres casos de estudio se obtienen resultados similares para la lona tanto para su análisis estático como para el dinámico.

Finalmente se analiza, en el dominio del tiempo y de la frecuencia, la oscilación de 5 nodos de control, para comprobar que la frecuencia fundamental de la oscilación predominante de estos nodos se encuentra en

torno a la frecuencia de los dos primeros modos globales de flexión (0.31 Hz) y que la amplitud de la oscilación asociada a dicha frecuencia es coherente con la considerada para la selección del amortiguamiento estructural considerado.

En el Caso 1, de velocidad 7.99 m/s y dirección de viento 0°, el ratio de amortiguamiento adoptado fue del 3 %, estando los desplazamientos medios de los nodos de control entre 7-9 cm. Para el Caso 2, cuya dirección de viento de 180° es la más desfavorable, los desplazamientos medios de los nodos oscilan entre los aproximadamente 18-30 cm (encontrándose los mayores desplazamientos en los nodos ubicados en los extremos), hallados para un ratio de amortiguamiento del 4.5 %.

Conforme a un estudio elaborado con anterioridad, en el que se analizaban las velocidades para condiciones de Estado Límite Último (ELU) y Estado Límite de Servicio (ELS), la probabilidad de no excedencia correspondiente a una velocidad media diezminutal de 7.99 m/s es del 92 %. Esto se puede traducir en que estos desplazamientos medios hallados podrían verse superados solamente con un 8 % de probabilidad.

En el Caso 3 de velocidad 2 m/s y dirección de viento 180° es reseñable que se obtengan desplazamientos, aunque éstos se correspondan con una velocidad de magnitud tan baja. La naturaleza de una velocidad de 2 m/s se asocia con una brisa muy ligera y es apenas perceptible. No obstante, los desplazamientos no superan para ningún nodo el centímetro de magnitud.

En cuanto a la amplificación dinámica resultante, para las fuerzas máximas, comparando con el caso estático, ésta no resulta en ningún caso determinante. Alcanza el 1 % de amplificación para el Caso 1 pero no llega al 5 % en el Caso 2 de cargas más elevadas. Para el Caso 3 de la velocidad inferior ni siquiera existe amplificación y los resultados estáticos y dinámicos son prácticamente idénticos.