

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LA REFORMA Y REHABILITACIÓN DE LA CUBIERTA DEL ESTADIO RIAZOR*

Detailed design of the remodelling and upgrade of the Riazor stadium.

Carlos García Acón^a, Andreu Estany i Sierra^b; Miguel Bañares Dorado^c; Lucía Navarro Mateos^d; Luis Castro Soto^e; Ricardo Perlado Alonso^f

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ESTEYCO S.A, Director General, cgarcia@esteyco.com

^b Arquitecto, ESTEYCO S.A, Director Dpto. Arquitectura, andreu@esteyco.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ESTEYCO S.A., Director Dpto. Estructuras, miguel.banares@esteyco.com

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ESTEYCO S.A., Dpto. Estructuras, lucia.navarro@esteyco.com

^e Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ESTEYCO S.A, Dpto. Estructuras, luis.castro@esteyco.com

^f Ingeniero Técnico de Obras Públicas., ESTEYCO S.A., Dpto. Obra Civil, ricardo.perlado@esteyco.com

RESUMEN

Esteyco resultó adjudicatario del concurso de ideas para la reforma de las cubiertas del Estadio de Riazor, junto con Arias como empresa constructora. La solución arquitectónica y constructiva propuesta fue la mejor valorada técnicamente por el Ayuntamiento. Los trabajos fueron desarrollados entre los años 2017 y 2018.

Como trabajo principal, destacan las nuevas cubiertas de los laterales, así como las nuevas estructuras que conectan las cubiertas existentes de los fondos con los nuevos elementos de acabado, que dan continuidad a la solución.

ABSTRACT

Esteyco was awarded in the competition for the remodelling and upgrade of the Riazor stadium, inside design and build contract with the construction company Arias. The architectural conceptual design during the competition, and the detailed design of the project was developed during 2017 & 2018.

The most relevant part of the project is the new stadium's roof, and the new steel structure that connects the existing structure with the new elements.

PALABRAS CLAVE: cubierta, voladizo, celosía, viento, acero, pandeo, anclajes y remodelación.

KEYWORDS: roof, cantilever, truss, wind, buckling, anchorages, and upgrade.

1. Antecedentes

El Concello de A Coruña viene promoviendo en los últimos años actuaciones con objeto de actualizar y mejorar las condiciones del Estadio de Riazor.

El Estadio Municipal de Riazor tiene cuatro cubiertas: las laterales de Tribuna y Preferencia y los fondos Maratón y Pabellón.

Las cubiertas de Tribuna y Preferencia se construyeron con motivo del Mundial de Fútbol de 1982. La última restauración acometida en ambas cubiertas fue ejecutada en septiembre de 1992 y consistió fundamentalmente en: chorreo con arena, pintado de la estructura metálica y reposición de barras perforadas.

Las gradas y cubiertas de Maratón y Pabellón se construyeron en 1998 y, hasta el 2018, no se ha realizado ninguna reparación de las mismas.

En el año 2011 se realizó una inspección de la estructura de las cubiertas, manifestándose la necesidad de acometer obras de reparación en la estructura de cubierta.

En diciembre de 2013, se redactó el proyecto básico y de ejecución para la reparación de la cubierta del Estadio de Riazor, que fue aprobado por el Ayuntamiento a través de la resolución emitida el 18 de marzo de 2014.

En marzo de 2015 se adjudicó una primera obra de "REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURA Y CUBIERTA DEL ESTADIO DE RIAZOR".

En septiembre de 2016 se acordó rescindir dicho contrato, con objeto de volver a licitar un proyecto de reparación o sustitución de la cubierta.

En febrero de 2017 se inicia un nuevo procedimiento de contratación conjunta de la elaboración del proyecto y la ejecución de las obras de reforma y conservación de la cubrición y estructura metálica de las gradas del Estadio de

Riazor. La licitación fue adjudicada a la empresa Temha, que redactó un anteproyecto [1] que sirvió de base para la licitación de los diseños constructivos y la obra de reparación de las cubiertas del Estadio Riazor, concurso convocado en agosto de 2017 y adjudicado en diciembre de 2017 a la empresa Arias Infraestructuras, con el diseño arquitectónico y estructural de Esteyco.

2. Objetivos

Por parte de la Propiedad se solicitaban las obras de reforma y conservación que debían dar respuesta a las siguientes necesidades:

- La sustitución de la cubrición completa de todos los graderíos por otra alternativa a la actual, que permita durante su vida en servicio unas mejores condiciones de inspección y mantenimiento.

- La sustitución del conjunto de las estructuras de cubierta de las gradas de Tribuna y Preferencia por otras de mayor robustez, en las que la interrelación entre elementos no sea tan crítica, sobre todo considerando su exposición a un medio agresivo (urbano-marino) como el que corresponde a su ubicación; y que, en todo caso, permitan durante su vida en servicio unas mejores condiciones de inspección y mantenimiento que las actuales.

- El refuerzo y reparación del conjunto de las estructuras de cubierta de las gradas de Pabellón y Maratón para enmendar el menoscabo producido en el tiempo por el natural uso.

3. Justificación de la solución adoptada

La solución surge de la necesidad de poder comenzar los trabajos sin haber concluido todavía la LFP con el fin de que el conjunto de las obras se pueda realizar en el plazo más breve posible, aprovechando al máximo el parón de la liga del verano de 2018.

Por otra parte, la observación de las instalaciones actuales en el interior del estadio, y en especial la localización de las casetas de comunicaciones y periodismo, demuestra la inviabilidad de acometer trabajos que afecten estas instalaciones mientras no termine la LFP, lo que implicaría no poder empezar las obras hasta finales de mayo.

El plazo tan ajustado para la realización de las obras condiciona fuertemente la tipología de los elementos estructurales para la conformación de la cubierta, teniendo que diseñar un sistema de anclaje de las celosías principales de cubierta en los apoyos que permita su ejecución con el estadio todavía en servicio.

La solución que permite la consideración de los condicionantes anteriores pasa por la implantación de unas costillas o tirantes exteriores que se anclan en los pilares de fachada. Las obras para la puesta en obra de estos elementos anclados a la fachada se pueden ejecutar desde el exterior, con el estadio todavía en funcionamiento. Posteriormente, una vez terminada la Liga, cerrado el campo, y desmontada la cubierta actual, es posible el montaje de las vigas principales en ménsulas, que se apoyarán en los pilares existentes y se conectarán con los tirantes exteriores montados previamente en la fachada.

En su estado final, estos mismos tirantes exteriores permiten la instalación del faldón de cubierta que proteja a los usuarios de las partes superiores de las gradas, así como la instalación en otras fases futuras de intervención en el estadio, de una fachada que unifique la imagen general del estadio en sus cuatro alineaciones.

A través de los tirantes de fachada y de las vigas de cubierta se dispone la red de pasarelas de servicio y mantenimiento que permiten el acceso a todas las áreas de esta cubierta, posibilitando el tendido de nuevas canalizaciones de servicios, así como la inspección y el mantenimiento de éstos y de la propia estructura de la cubierta.

Para la cubierta se ha elegido una placa de policarbonato celular de sección grecada que permite su paso para mantenimiento, en colores blanco opal y azul, que permiten el paso de la luz mejorando las condiciones de mantenimiento del césped del terreno de juego.

Estos elementos se describen con más detalle en los apartados siguientes.

4. Descripción de la solución adoptada

El alcance del Proyecto abarca fundamentalmente la sustitución de las cubiertas actuales sobre las gradas Tribuna y Preferencia, la rehabilitación de la estructura existente de cubierta sobre las gradas Pabellón y Maratón, la sustitución completa del material de cubierta de todas ellas y la creación de nuevos faldones de cubierta que unifiquen la imagen del estadio y proteja a los usuarios de las gradas superiores de las inclemencias del tiempo.

Además, se incluye la reposición de la instalación actual de megafonía y la consideración, a efectos de cargas, de la nueva iluminación proyectada por la LFP y que ejecutará el Real Club Deportivo de A Coruña.

El proyecto no contempla actuaciones que impliquen nuevas cimentaciones ni construcciones de nueva implantación.

4.1. Solución arquitectónica

La propuesta arquitectónica de la nueva cubierta pretende reforzar y poner en valor la presencia del Estadio de Riazor en la estructura

urbana de la bahía. La imagen de la cubierta como un halo de luz, actualmente es totalmente traslúcida, es una imagen ya presente en la memoria de la ciudad y que la propuesta quiere mantener e incluso enfatizar, abriendo la posibilidad a proyectos de iluminación futuros que puedan convertirla en un elemento de referencia en la línea de muchos de los nuevos estadios que se están proyectando en la actualidad. (Figura 1).



Figura 1. Recreación del nuevo estadio iluminado y su entorno. Fuente: elaboración propia.

La cubierta del estadio resplandece sobre la bahía de Riazor.

Y una referencia al lugar que ocupa el estadio junto a la bahía, el azul del mar y el blanco del oleaje, también los colores del Deportivo, es la configuración de la propia cubierta compuesta por dos superficies de policarbonato azul y blanco opal y con distinto grado de transparencia. Las líneas de luz perimetrales interior y exterior enfatizan esa sensación de elemento flotante que destaca por su dimensión sobre la trama urbana de la ciudad. La posición del estadio hace que su cubierta sea visible desde muchos puntos de esta zona de la ciudad, desde el Museo del Hombre, desde la Torre de Hércules, o desde todo el paseo marítimo que bordea las playas de Riazor.

Se propone la continuidad de la estructura de la cubierta eliminando los "saltos" existentes entre los diferentes graderíos de Pabellón y Maratón y crear una envolvente curvilínea que rodee el estadio posibilitada también por la eliminación de las estructuras de hormigón armado que sostienen los tirantes actuales (Figuras 2 y 3). Esta forma envolvente y continua es la que también soportará la franja lateral

superior traslúcida que protegerá a los espectadores de las zonas superiores de las gradas.

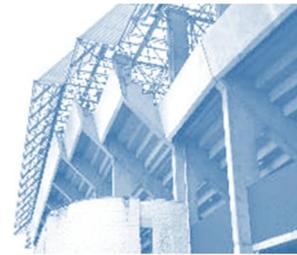


Figura 2. Vista exterior del estadio original, con envolvente discontinua. Fuente: elaboración propia.

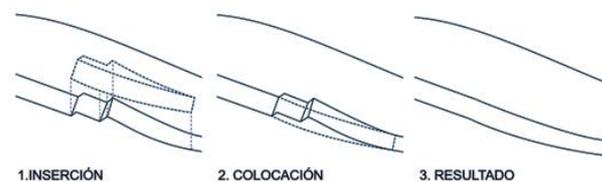


Figura 3. Recreación arquitectónica de la solución para conseguir una envolvente continua. Fuente: elaboración propia.

La homogenización del material de cubierta y de esta franja superior también favorecerá la visión deseada del Estadio como un edificio compacto y singular sobre la trama urbana de la ciudad. La cubierta del estadio será un "hito" urbano desde muchos puntos de observación a escala de ciudad y la fachada futura lo será también desde un ámbito más cercano.

El levantamiento topográfico detallado de la estructura actual de la estructura de hormigón y las celosías metálicas de cubierta imponen unas condiciones geométricas estrictas al nuevo perímetro "curvado" del estadio, y a la posición en fachada de la pasarela metálica de mantenimiento que rodea todo el estadio (Figura 4).

La solución estructural de los tirantes y su configuración estructural varía sustancialmente en cuanto a dimensión y puntos de anclaje en los

pilares, y siendo estos la guía de apoyo del faldón exterior de policarbonato de la fachada, también estos varían ligeramente en dimensión.

Especialmente en la fachada de Preferencia se ha ajustado la posición de la pasarela y de la altura de policarbonato para que se ajuste en proporción a la altura de la fachada respecto a la Av. de la Habana. Es aproximadamente 1/3 de la altura, para evitar que una dimensión mayor pudiera asimilarse a la fachada definitiva.

La función principal de la pasarela es de límite inferior del faldón de protección de las gradas y acceso a mantenimiento de la cubierta y la fachada superior. También se ha requerido como función principal de la misma que en su posición sea accesible desde el pasillo superior de las gradas (pasillo que da acceso a cabinas de control, telecomunicaciones, etc..) para así poder ser utilizada como paso de instalaciones independientemente de la zona de acceso de los espectadores. Será un pasillo continuo también para acceso y posibles instalaciones de la futura fachada.

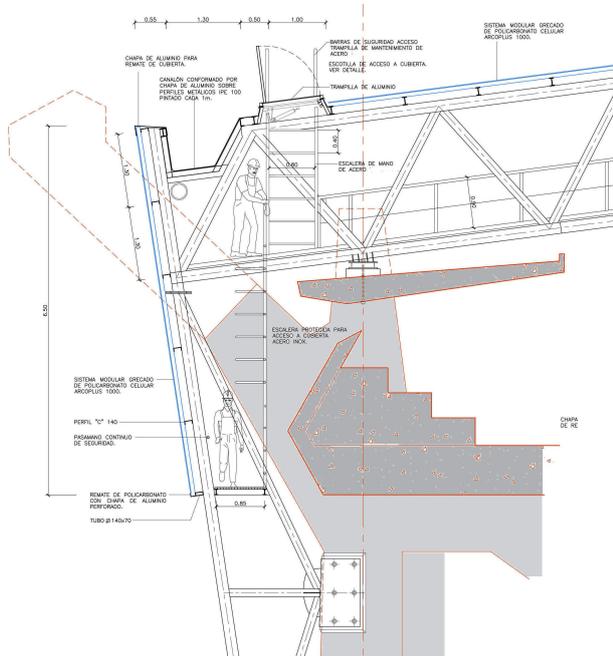


Figura 4. Sección tipo de las pasarelas de mantenimiento en el perímetro exterior de los laterales y acceso a la cubierta. Fuente: elaboración propia.

La protección de la parte superior de las gradas se circunscribe al área que hay entre el pasillo superior y la cubierta actual, y esa en la zona que se protege con la posición actual del faldón.

La altura del faldón en las fachadas es paralela a la línea de remate de cubierta, reproduciendo la curvatura y forma, especialmente importante en las gradas de Pabellón y Maratón, donde el faldón debe verse como un elemento provisional a la espera de la futura fachada, Pero debe también apreciarse como un elemento integrado en la configuración actual de la volumetría del estadio.

La altura del faldón es de aproximadamente 6,5 m excepto en la fachada Preferencia, donde por la menor altura de la fachada (11-13 m), este faldón se reduce a unos 4,20 m.

En las gradas de los fondos, la pasarela también funciona como elemento de rigidización del faldón puesto que en ciertos puntos este vuela separándose de las gradas para poder crear el nuevo perímetro "ovalado" del estadio. La estructura de soporte de la fachada de policarbonato en los fondos, se "cuelga" de la parte superior de los pilares para evitar la presencia de elementos añadidos muy variables (por la configuración geométrica muy diversa) y muy visibles desde los patios de acceso.

El frente interior del estadio sigue la configuración demandada por la LFP para la instalación de los proyectores de iluminación y otras instalaciones de megafonía y comunicaciones. También en el lado interior un pasillo recorre todo el perímetro del estadio permitiendo la continuidad y flexibilidad de las instalaciones (Figura 5). La parte inferior tiene una obertura de 90 cm para acceso a la iluminación y el resto del frente de fachada se reviste del mismo policarbonato de fachada. Una barandilla de acero galvanizado y la estructura de correas metálicas horizontales interiores son el

soporte de los paneles y la protección al personal de mantenimiento.

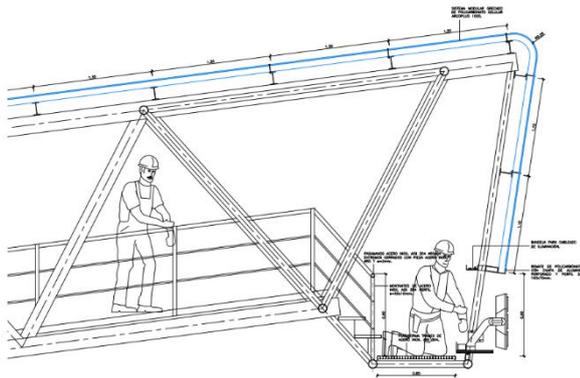


Figura 5. Sección tipo de la pasarela de mantenimiento en el perímetro interior de los laterales. Fuente: elaboración propia.

La cubierta dispone de cuatro accesos mediante trampillas estancas de marco de aluminio y policarbonato (Figura 6), a las que se accede desde la pasarela perimetral y las pasarelas de rejilla situadas en el interior de las celosías metálicas. Estas trampillas de acceso se han separado de la fachada (variante respecto al proyecto de concurso) para mejorar la seguridad de los operarios frente a caídas por fachada, dejando el canalón y el remate como un espacio de seguridad de casi 2 m de anchura.

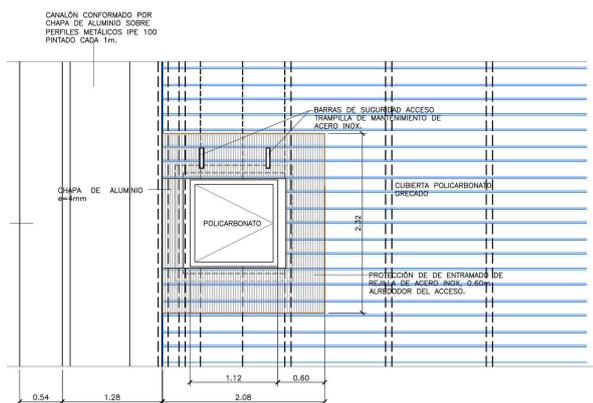


Figura 6. Vista en planta de las trampillas de acceso a la cubierta. Fuente: elaboración propia.

El canalón perimetral de chapa galvanizada prelacada está situado en el perímetro exterior de la cubierta y forma un

elemento continuo con el remate de cornisa de la fachada, también del mismo material. La forma del canalón dese adapta al peralte de la cubierta para minimizar la anchura del remate metálico (de unos 50 cm). Las escaleras de acceso de acero galvanizado, serán de seguridad para evitar caídas.

Conviene hacer mención en este apartado que, tras el informe emitido por Patrimonio [2] en cuanto que la volumetría del estadio debía salvar la planta de la torre Maratón, se ha encontrado una solución en la que se consigue esto (incluso con la reserva para la instalación de una futura fachada del estadio) mejorando la situación actual en la que los faldones de la cubierta invaden 34 cm la base de la torre en planta (Figura 7).

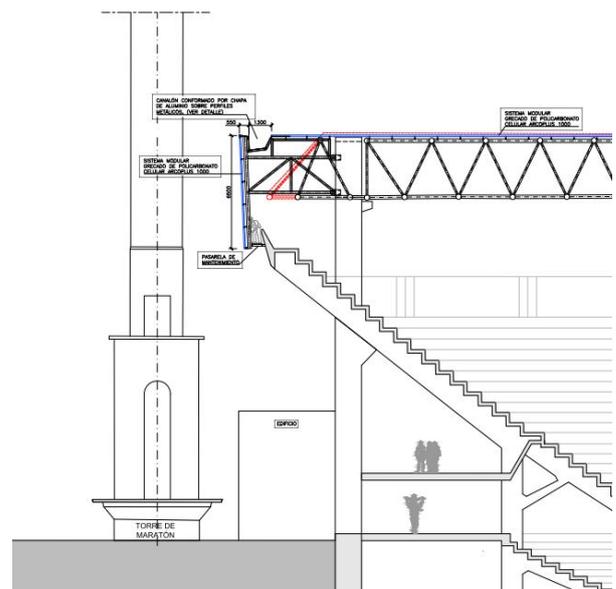


Figura 7. Sección alineada con el eje de la torre de Maratón. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la configuración de las pasarelas exteriores y los faldones que protegen a los espectadores de las localidades superiores de las gradas (Figura 8), se ha conseguido alcanzar una solución en que se hace compatible la coexistencia de todos los elementos, con un faldón de no más de 5,5 m de altura constante en los fondos del estadio y la fachada de la calle Manuel Murguía, reduciéndose en un metro de altura en la Avenida de la Habana, donde la

altura de la fachada es bastante más reducida, y faldones de mayor altura “pesarían” demasiado en el alzado de esta fachada.

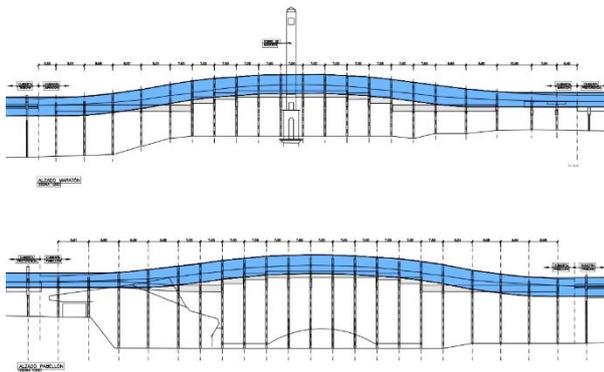


Figura 8. Vistas arquitectónicas en alzado de Maratón y Pabellón. Fuente: elaboración propia.

4.2. Solución estructural

Las nuevas cubiertas de los laterales del estadio tienen un desarrollo rectilíneo con una longitud aproximada de unos 118,3 metros cada una y su vuelo hacia el interior del estadio es de 25 metros desde la línea de apoyo sobre los pilares de las gradas ya existentes.

La estructura de las nuevas cubiertas de las gradas de Tribuna y Preferencia se resuelven mediante vigas de celosía. Todas las celosías de las estructuras principales de las cubiertas de los laterales están formadas por perfiles tubulares redondos, como requisito para la continuidad visual de las nuevas estructuras de cubierta con las ya existentes. Estos perfiles tubulares, -por condicionantes de suministro-, debían ser del tipo conformado en frío.

Las separaciones entre vigas son de aproximadamente 6.96 metros para Tribuna y 7.47 metros para el lado Preferencia, coincidentes con las posiciones de los pilares de las gradas que hacen de apoyo de la cubierta actual. En total se disponen 17 módulos en Tribuna y 16 módulos en Preferencia.

Los módulos “tipo” centrales, objeto de este documento, son los que no están situados en los extremos de cada alineación, es decir son

15 y 14 para Tribuna y Preferencia respectivamente.

En el caso de los módulos tipo, las vigas son espaciales, con sección transversal de forma trapecial, formada por dos planos aproximadamente verticales de celosías tipo Warren, unidos entre sí en su plano superior e inferior por un sistema de barras de arriostamiento trianguladas (Figuras 9 y 10). El canto de la viga medido a ejes de tubos es constante de 2,40 metros.

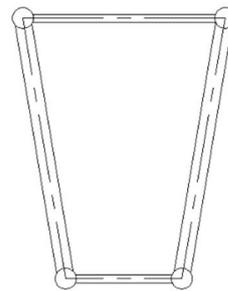


Figura 9. Sección transversal en los módulos tipo. Fuente: elaboración propia.

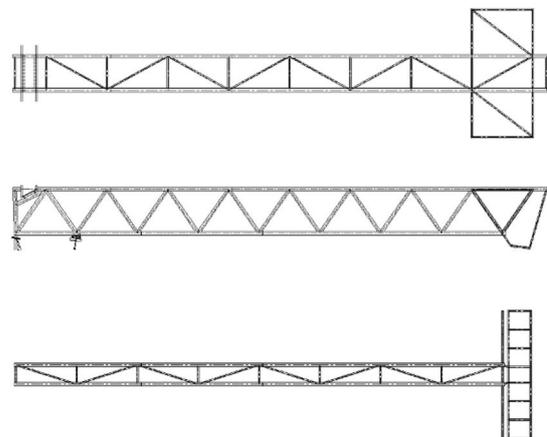


Figura 10. Vistas en planta de plano superior, alzado lateral y planta de plano inferior de los módulos tipo. Fuente: elaboración propia.

En el extremo situado hacia el interior del estadio, la celosía se modifica, disponiendo los perfiles a modo de “cesta” para alojar la pasarela de mantenimiento interior, así como las instalaciones de iluminación, megafonía y seguridad. Igualmente, dentro de cada viga se prevé la instalación de una pasarela de acceso al personal de mantenimiento. Todas las pasarelas

se harán con piso de rejillas metálicas tipo tramex.

El sistema estructural de estas vigas es en voladizo. Cada una de ellas estará apoyada en dos líneas de apoyos, que juntas aseguran el equilibrio de las deformaciones de los voladizos, funcionando simplificada como el empotramiento de una ménsula.

La primera línea de apoyo se sitúa sobre los pilares existentes. Se trata de apoyos rígidos con barras pasantes de manera que se asegure la conexión, incluso para cargas ascendentes, de la nueva estructura con la grada existente que le sirve de soporte hacia la cimentación.

La segunda línea de apoyos es la unión con los nuevos tirantes que estarán situados en el exterior de la fachada del recinto. Esta segunda línea de apoyo cierra el sistema para materializar el empotramiento de las ménsulas. Los tirantes traseros tendrán niveles de arriostramiento frente a las cargas de viento de fachada. Estos niveles de arriostramiento se sitúan a no más de 5.5 metros, resultando 2 niveles intermedios para los tirantes de Tribuna y 1 sólo nivel intermedio para el de Preferencia. Los "brazos" de arriostramiento transmiten las cargas horizontales a los pilares de la grada existente, a través de unas placas de anclaje relativamente pequeñas. A través del perfil pseudo vertical del tirante se transmiten las resultantes verticales hasta una placa de anclaje de mayor entidad, situada en la parte más baja de la estructura.

También en los tirantes exteriores se prevé apoyar una pasarela perimetral, que permite recorrer completamente la fachada del recinto.

La altura y geometría de los tirantes de fachada se han adaptado a las restricciones de gálibo y vuelo sobre las aceras colindantes, de manera que el tirante de Preferencia, de aproximadamente 8 metros, queda mucho más corto que el del lado Tribuna, de aproximadamente 13 metros.

Las inclinaciones del plano superior de la viga en celosía se ha ajustado de manera que

empate en los encuentros con las cubiertas existentes de los fondos.

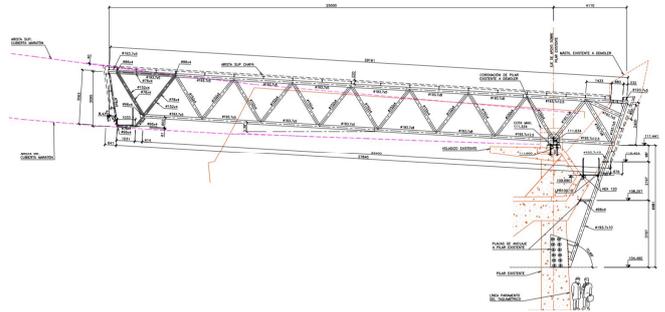


Figura 11. Vista lateral de la ménsula tipo de Preferencia. Fuente: elaboración propia.

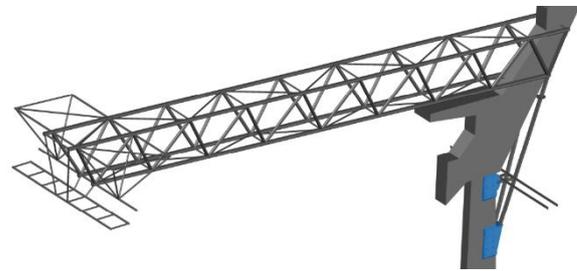


Figura 12. Vista isométrica de la ménsula tipo de Preferencia. Fuente: elaboración propia.

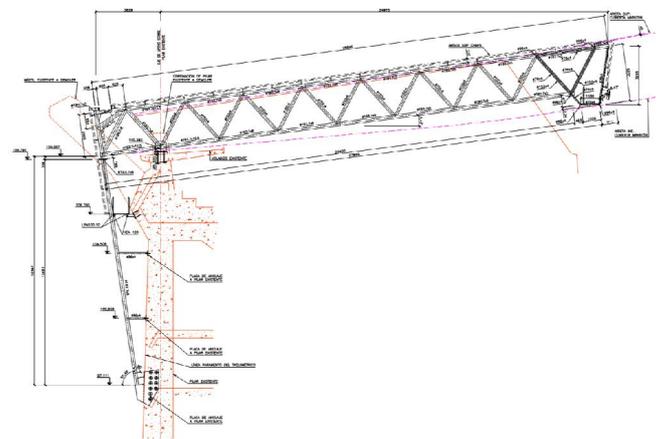


Figura 13. Vista lateral de la ménsula tipo de Tribuna. Fuente: elaboración propia.

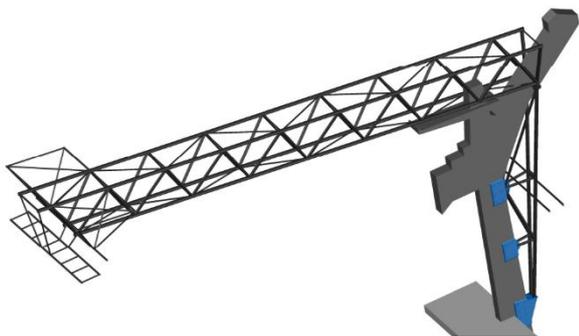


Figura 14. Vista isométrica de la ménsula tipo de Tribuna. Fuente: elaboración propia.

En el caso de los módulos laterales, se ha diseñado la estructura auxiliar que, a modo de ampliación de la cercha, completa la cubierta en cada esquina de los laterales, dando soporte a las correas adicionales que sirven de apoyo a los paneles de cubierta en estas zonas. Estas estructuras “añadidas” se resuelven mediante celosías planas, con una longitud máxima de unos 5.75 metros y un canto de unos 3.3 metros, coincidiendo el plano del cordón superior con el cordón superior de la cercha principal y el cordón inferior situado a la altura de la pasarela de mantenimiento del perímetro interior. De este modo, la estructura adicional no interrumpe el paso de dicha pasarela.

En el caso del módulo extremo de Preferencia con Maratón, debido a que la cubierta existente de Maratón “invade” parte de la alineación del lateral, unos 3,5 metros, el último módulo es mucho más estrecho que el resto de ese lateral. Debido a la falta de espacio, el módulo se resuelve con celosía plana, tanto para la cercha como para el tirante de fachada. Las cargas sobre este módulo son las correspondientes a la mitad de área tributaria y además excéntricas respecto a su plano.

En el caso de las gradas de fondos, se realiza una ampliación trasera en geometría de ménsula soportada en los pilares actuales. Consisten en estructuras tubulares que soportan la pasarela de mantenimiento en su parte inferior. Dado que se amplía la proyección de cubierta en planta, es necesario incrementar la cubierta alargando las correas existentes hasta

alcanzar el anillo formado por la pasarela y fachada de fondos.

4.2.1. Cimentación del edificio

Dado que el objeto del Proyecto es la sustitución o rehabilitación de las cubiertas existentes, pero no la implantación de nuevas estructuras, no fueron necesarias nuevas cimentaciones en el edificio ni actuaciones sobre las existentes.

No obstante, y con el fin de comprobar las condiciones de cimentación del edificio actual, en aras a poder comprobar que las tensiones en cimentación siguen estando dentro del límite de la capacidad portante del terreno, se han realizado una serie de catas para detectar el terreno de cimentación y la cota a la que sitúan las zapatas existentes, comprobando que todas ellas descienden hasta apoyarse en la capa de jabre sano.

Partiendo de estas investigaciones geotécnicas, se desarrollaron las comprobaciones de las cimentaciones para poder garantizar que las mismas seguían siendo válidas para la nueva configuración del Estadio.

4.2.2. Análisis de viento

En este tipo de estructuras la acción del viento es dominante en la cubierta. Durante el desarrollo del Proyecto se realizaron una serie de hipótesis razonablemente conservadoras, que permitieron una primera aproximación a la definición de las acciones sobre unas geometrías muy particulares, para las que las normativas no están expresamente particularizadas. Esta primera aproximación al problema llevó a algunos ajustes en las geometrías y esbelteces de las cerchas principales.

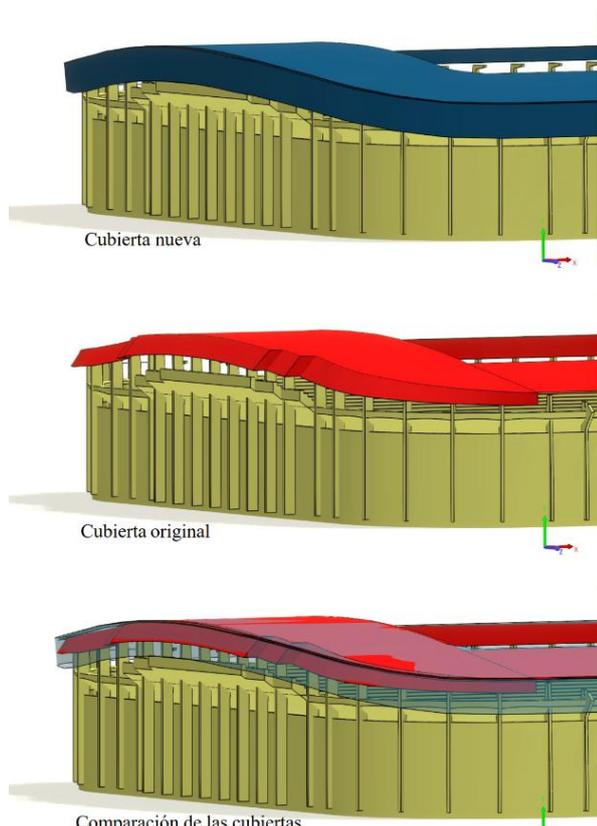


Figura 15. Vistas de la modelización de la geometría en las diferentes etapas, del análisis tipo CFD realizado por Principia. Fuente: Principia.

En paralelo se desarrolló un análisis más complejo de las acciones del viento sobre el Estadio, desarrollando un modelo tridimensional de mecánica de fluidos tipo CFD modelizando tanto la remodelación del Estadio, como su entorno. Para el desarrollo de este estudio aerodinámico Esteyco contó con la colaboración de la empresa Principia.

Los resultados obtenidos de este modelo aerodinámico confirmaron la bondad de las hipótesis previas realizadas en el Proyecto, y permitieron ajustar los valores de las acciones del viento sobre la estructura, tanto en las zonas nuevas como en las preexistentes conforme a la nueva geometría de la cubierta.

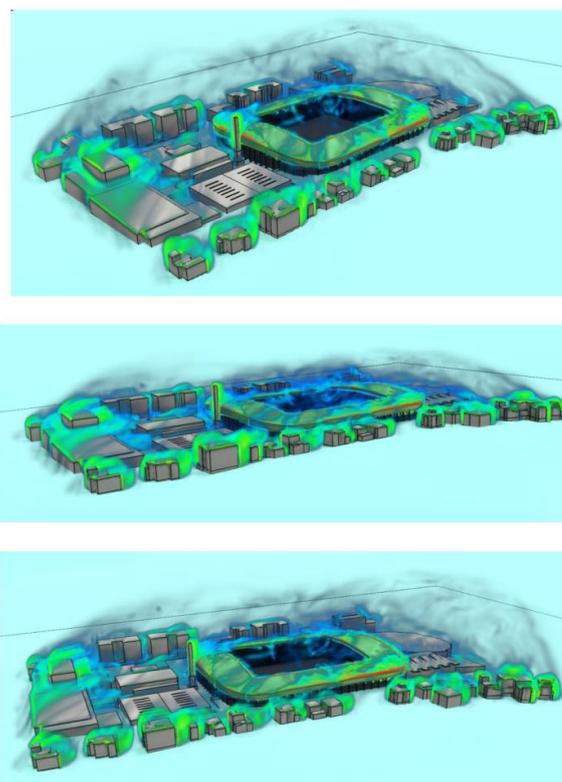


Figura 16. Vistas de la modelización aerodinámica del estadio en su fase final, del análisis tipo CFD realizado por Principia. Fuente: Principia.

4.2.3. Solución estructural para integrar las zonas de antiguos marcadores

En la cubierta existente sobre ambos fondos, la estructura tridimensional preexistente contaba con unos “cajeados” que albergaban unos antiguos marcadores. En la remodelación de la cubierta, en estas zonas se da continuidad al faldón interior, de tal modo que fue necesario diseñar unas estructuras que localmente puentesaban los huecos de los antiguos marcadores. El diseño de estas zonas locales fue especialmente complejo, debido a los condicionantes geométricos de la arquitectura deseada para la cubierta, y la capacidad de respuesta estructural de la antigua estructura existente en estas zonas concretas.

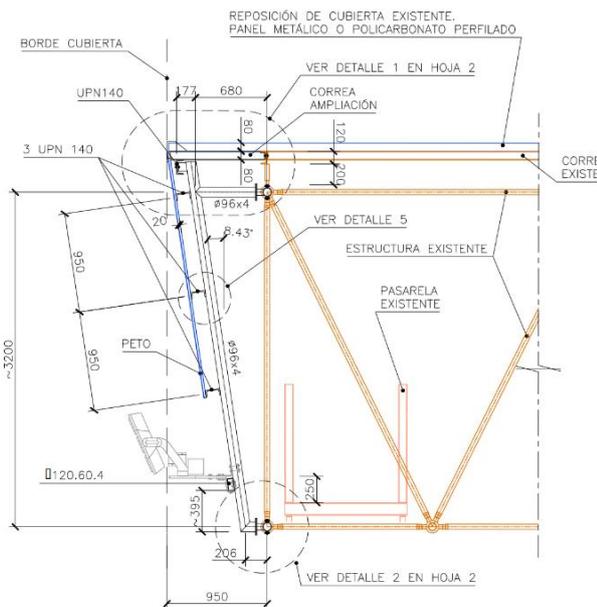


Figura 17. Vista lateral de la estructura de soporte del faldón interior en los fondos de Maratón y Pabellón, conectada a la estructura existente. Fuente: elaboración propia.

Tras un análisis de diferentes alternativas desde el punto de vista estructural y constructivo, y en colaboración con la Dirección de Obra, el Ayuntamiento y la empresa constructora se diseñaron unas celosías singulares que permitieron conseguir la geometría envolvente deseada, y una correcta transmisión de cargas a la estructura original.

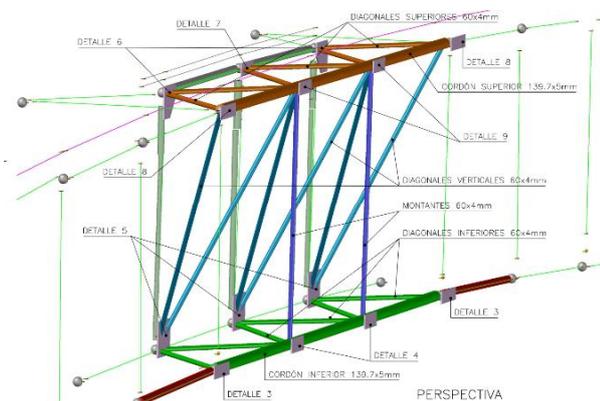


Figura 18. Vista isométrica esquemática de la estructura de soporte del faldón interior en la zona del antiguo marcador de los fondos. Fuente: elaboración propia.

Con el fin de mejorar la transmisión de acciones a la estructura original, se diseñaron unos sistemas de bridas que abrazaban los tubos existentes en las proximidades de los nudos, ejecutando previamente un relleno interior de los mismos mediante mortero, con el fin de evitar efectos de daños locales en las zonas de conexión.

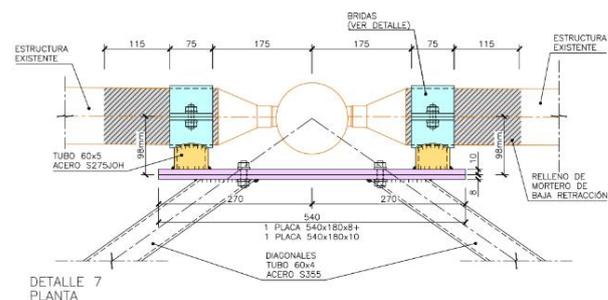


Figura 19. Detalle de la unión de la estructura existente y la nueva estructura. Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Complejidad del diseño con una estructura preexistente

Una de las mayores dificultades de diseño radica en tener que concebir una estructura nueva que debe convivir con una preexistente. Adicionalmente con el paso de los años las evoluciones de las normativas (que siempre lo son elevando las exigencias) hacen que las comprobaciones de elementos acciones frente a nuevas acciones, aunque sean prácticamente idénticas que las originales, siempre generen una complejidad adicional cuando se actúa sobre una obra existente.

En este caso particular se realizaron diversas campañas de caracterización de armaduras originales, para confirmar (o corregir) la información existente en los antiguos planos as built, y en numerosos elementos fueron necesarias modelizaciones de detalle para poder analizar el comportamiento de la estructura original frente a las nuevas acciones y normativa vigente.

4.2.5. Aspectos relevantes encontrados durante el proceso de diseño de las estructuras

A modo de resumen de lo anteriormente presentado, algunos aspectos relevantes enfrentados durante el proceso de diseño de las estructuras fueron:

- Dada la importancia de la acción del viento en este tipo de estructuras en comparación con el resto, es muy interesante desarrollar un análisis de la respuesta aerodinámica de la estructura, para poder contrastar las hipótesis realizadas y poder conseguir un diseño más eficiente de la estructura. Debe prestarse especial atención a la modelización de la estructura y de todas las condiciones de contorno reales que se puedan presentar, tanto presentes como futuras. Este tipo de análisis permite ajustar la distribución y los valores de presiones debidas al viento, en comparación con las normas disponibles, que lógicamente ofrecen un planteamiento menos particularizado y en general excesivamente conservador.

- En una realización con unos plazos de ejecución tan ajustados, los condicionantes de disponibilidad de suministro son muy relevantes. Este aspecto conlleva que el diseño deba reajustarse de manera continuada a los perfiles tubulares disponibles en el mercado, con un plazo de suministro compatible con los ritmos de la obra. Por este motivo se emplearon perfiles del tipo conformado en frío, condicionando el diseño su desempeño estructural en lo relativo a las comprobaciones de pandeo, respecto a tubos laminados en caliente.

- También por condicionantes de disponibilidad, para el rango de espesores utilizados, los perfiles tubulares eran suministrados en acero S 355. Esto permitió aligerar considerablemente la estructura de las gradas principales, en aquellos elementos gobernados por las comprobaciones en ELU. Sin embargo, en aquellos elementos

dimensionados por el ELS de Fatiga, se observó que utilizar aceros de mayor límite elástico podía llevar a priori a secciones muy ligeras, que en las verificaciones de Fatiga eran incrementadas, como consecuencia de las limitaciones de los rangos de tensiones en función de la categoría de la unión. En general, en estructuras esbeltas y sometidas a acciones cíclicas, en las que pueda llegar a ser condicionante la limitación de tensiones por fatiga, la reflexión de si es realmente competitivo utilizar aceros de mayor resistencia resulta interesante.

- Al tratarse de una actuación sobre una estructura existente, fueron necesarias hacer verificaciones de su adecuada respuesta a los cambios de solicitaciones que se inducían con los cambios en las estructuras de cubierta. Dado que se detectaron incongruencias con la documentación "as-built" disponible, fueron necesarias varias campañas de caracterización del estado real de la estructura existente.

En el caso de las gradas que sirven de apoyo a la cubierta se realizaron varias campañas de catas, que permitieron conocer las dimensiones y armaduras realmente dispuestas. Posteriormente se realizó un análisis de la estructura existente en su estado previo a las actuaciones, para conocer el estado rigidez real (nivel de fisuración de las secciones) y su capacidad de redistribución de esfuerzos. En un primer paso se analizó en estado elástico. Y en un segundo paso se realizó un segundo análisis de la respuesta de la estructura en estado fisurado, para conseguir un reparto de esfuerzos más realista, y a partir de ahí determinar el resto de las comprobaciones estructurales.

En el caso de la grada de Preferencia, con la nueva cubierta se modificaba la distribución de apoyos sobre la grada, siendo necesario localizar apoyos dónde la cubierta original no los tenía. En este caso se optó por el refuerzo mediante ménsulas cortas metálicas exteriores que complementarían la capacidad de la estructura de hormigón armado existente en la zona de apoyo.

- Para los elementos secundarios continuos situados en la fachada exterior y en el perímetro interior se diseñaron uniones rasgadas, para evitar coaccionar las deformaciones longitudinales por efectos térmicos y así evitar esfuerzos adicionales. Estas uniones se diseñaron localizadas en aquellas posiciones menos comprometidas, teniendo en cuenta la distribución de esfuerzos debidos a cargas verticales en la viga continua.

5. Conclusiones

La complejidad que conllevan las actuaciones sobre una estructura existente que es remodelada, suponen un reto de diseño que adicionalmente debe conjugarse con los condicionantes arquitectónicos y los impuestos por los plazos de actuación.

Consideramos que el diseño desarrollado, integrando arquitectura y estructura, desencadenó en una remodelación interesante, con un presupuesto de obra contenido, y unos plazos muy ajustados. El Estadio de Riazor queda acondicionado de cara a un futuro deportivo, que esperamos sea prometedor y le devuelva a la primera división cuanto antes.

6. Referencias

[1] ANTEPROYECTO PREVIO PARA LA CONTRATACIÓN CONJUNTA DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO Y LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE REFORMA DE LA CUBIERTA DEL ESTADIO DE RIAZOR. Mayo 2017. TEMHA.

[2] INFORME DA DIRECCIÓN XERAL DO PATRIMONIO CULTURAL RELATIVO AO ESTUDIO DE DETALLE PARA A ORDENACIÓN VOLUMÉTRICA DO ESTADIO DE RIAZOR. CONCELLO DA CORUÑA. Febrero 2018. Dirección xeral do Patrimonio Cultural de la Xunta de Galicia.