

Campus Iberdrola Fase 2, San Agustín de Guadalix, Madrid

Iberdrola Campus Phase 2, San Agustín de Guadalix, Madrid

Jose Antonio del Rosario Tomás^a, Alvaro Martínez Soto^b, Patricio García Hernández^c, Jose de la Peña Coronado^d

^aIngeniero de Obras Públicas. Asociado. Arup

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Ingeniero de Obras Públicas. Asociado. Arup

^cIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Asociado. Arup

^dIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director. Arup

RESUMEN

El complejo del Campus Iberdrola, situado en San Agustín de Guadalix tiene un total de 35.000 m², con ocho edificios principales cubiertos por una gran marquesina-cubierta de 30.000 m². Se ha realizado en dos fases, con una segunda fase en la que se han completado los últimos tres edificios y aproximadamente la mitad restante de la cubierta que cuenta con un gran voladizo bidireccional con un área total sin apoyos de 20x30 metros. Los edificios cuentan con amplias luces que se resuelven con hormigón postesado unidireccional y bidireccional. La cubierta se realiza con un doble entramado metálico de perfiles tubulares de gran diámetro, salvando además del gran voladizo, luces centrales de hasta 45 metros.

ABSTRACT

The Iberdrola Campus, located in San Agustín de Guadalix, has a total of 35.000 m², with eight main buildings, covered by a large canopy roof of 30.000 m². It has been built in two phases, with a second phase in which the last three buildings have been completed and also approximately have of the total canopy roof, with a cantilevered area of 20x30 meters with no supports. The buildings have long spans in which one-way and two-way concrete posttensioning systems are used. The canopy roof is materialized with a grid of rounded steel tubes of large diameter, with long spans up to 45 meters.

PALABRAS CLAVE: marquesina, cubierta, grandes-luces, viento, postesado.

KEYWORDS: canopy, roof, long-span, wind, postensioning.

1. Introducción

El concurso del campus Iberdrola se inicia en el año 2008, resultando ganador Alonso Balaguer Arquitectos Asociados con apoyo de Arup como ingeniería.

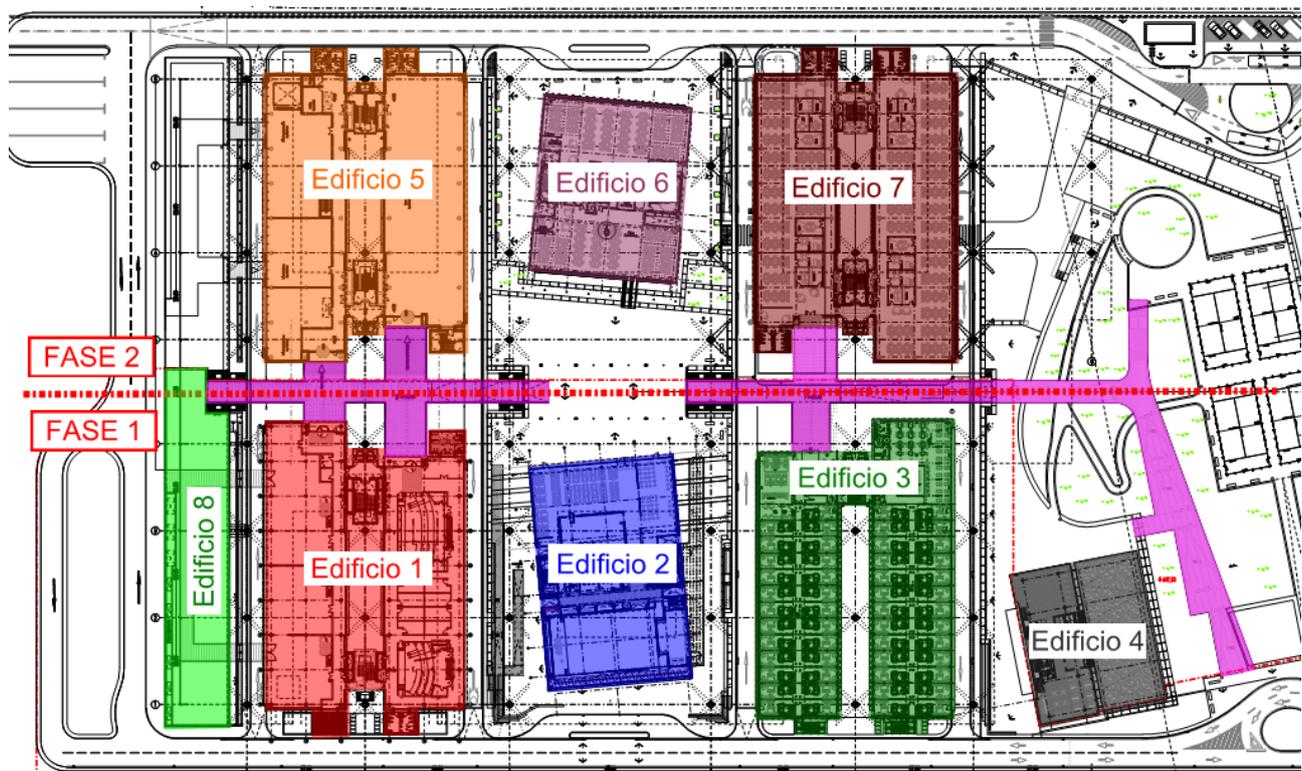
El proyecto se desarrolló a lo largo del año 2008 y 2009 principalmente, comenzándose las obras aproximadamente en el 2010.

Al contarse en el solar con unos edificios existentes en uso, la demolición de edificios y la ejecución de los nuevos se realizó en dos fases. La fase 1 incluía el cese de actividades, demolición de edificios existentes y ejecución de la nueva obra que ocupa la mitad oeste del solar. Mientras que la fase dos suponía estas mismas

actividades, pero en la mitad restante del solar, zona este (Figura 2).

Tras realizarse la demolición de edificios de la fase 1 y ejecutarse un primer paquete de

cimentación y movimiento de tierras, las obras se interrumpieron por decisión de la Propiedad en el año 2011.



En el 2014, la Propiedad decide continuar con los trabajos de ejecución de los edificios de fase 1. Aproximadamente un año después de reiniciar los trabajos, se licita la marquesina con un contrato que contemplaba la ejecución de las dos fases, si bien dejaba la fase 2 pendiente de una confirmación posterior.

Los trabajos en fase 1 se van completando iniciándose las demoliciones de la fase 2. En paralelo se realizan algunas

modificaciones en el proyecto, especialmente en el edificio 6, que son incorporadas al diseño definitivo, y que culmina con la ejecución completa de la cubierta marquesina que cubre el completo y que concluye con el desapeo de una zona volada en el lado este del sola, de 20x30 metros sin apoyos.

Esta comunicación, correspondiente a la fase 2, complementa a una realizada en el

congreso anterior de ACHE, más centrada en el trabajo realizado en fase 1 [1].

2. El complejo

El complejo del campus Iberdrola se sitúa en San Agustín de Guadalix, aproximadamente a 40 km al norte de Madrid.

Cuenta con ocho edificios de tres plantas con funciones diversas, formación, talleres, auditorio, comedor, hotel, etc.

Entre los edificios se cuenta con una serie de pasarelas que dan fluidez y permiten el movimiento entre las distintas zonas, algunas de ellas con diferencias de cota, salvadas con muros de escollera.

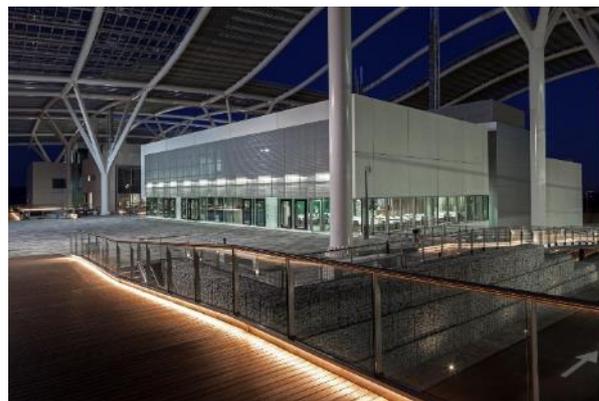
Cubriendo los edificios y las zonas comunes se realiza una cubierta marquesina de grandes luces y una altura de hasta 30 metros, que marca la imagen del complejo.

3. Fase 1

En la fase 1, recogida en detalle en la comunicación realizada para el congreso ACHE de 2017, se realizaron los edificios 1, 2, 3, 4 y 8. Estos edificios se explicaron en detalle en aquella comunicación, por lo que aquí se hace solo un breve resumen de las soluciones empleadas.

El edificio 1 es de concepción similar a la de los edificios 5 y 7 de fase 2. Se realizó con una combinación de hormigón armado y postesado para cubrir de modo eficiente las luces de hasta 16 metros. Esta tipología se comenta en mayor detalle el apartado posterior dedicado a los edificios 5 y 7.

El edificio 2 cuenta con el auditorio del complejo, donde se cuenta con un área libre de apoyos de 32x16 metros. Esta zona se salva mediante el empleo de cerchas metálicas, mientras las zonas de luces convencionales se salvan con forjados reticulares de hormigón armado.



4. Fase 2- Faseado de trabajos

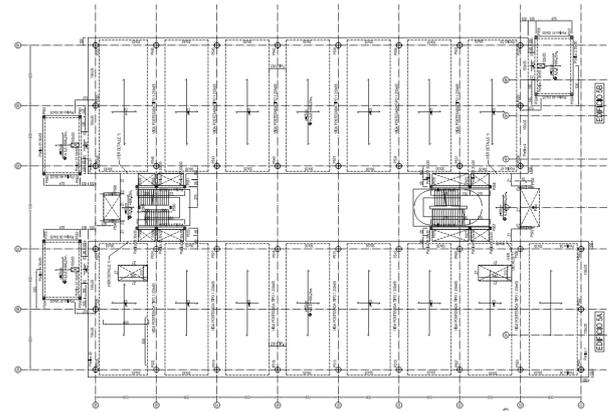
Con el objetivo de permitir el uso de los edificios existentes en el solar durante un tiempo, para de esta manera dar un margen adecuado a Iberdrola a la hora de reconfigurar sus necesidades se establecieron las fases 1 y 2 antes comentadas.

Tras vaciar los edificios de fase 1 estos se demolieron, permitiendo el uso de los edificios existentes en la zona de la fase 2, mientras se iniciaba la ejecución de los edificios de fase 1.

Con el avance de los edificios de fase 1, se inició la ejecución de la marquesina en esta misma zona, lo que requirió una gran labor de coordinación pues suponía un trabajo en altura sobre los edificios en ejecución.

Avanzada la fase 1 se demolieron los edificios de fase 2, de modo que los trabajos pudieran continuar de manera fluida.

La fase 2 avanzó simultaneando trabajos de ejecución de estos edificios, de las pasarelas de conexión entre edificios y de la zona de cubierta correspondiente de cubierta.



5. Edificio 5 y edificio 7

Como se ha comentado anteriormente, los edificios 5 y 7 de fase 2 cuentan con una tipología similar, tipología que a su vez emplea los mismos principios del edificio 1 de fase 1. Cada uno de estos edificios consta de dos módulos paralelos rectangulares, de aproximadamente 65m de largo y 16m de ancho, unidos entre sí por dos núcleos de comunicaciones y servicios.

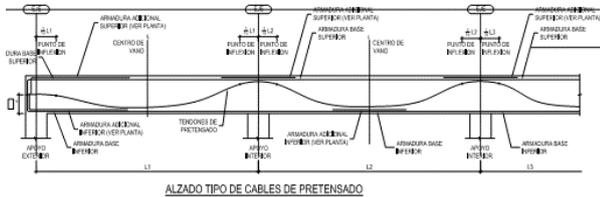
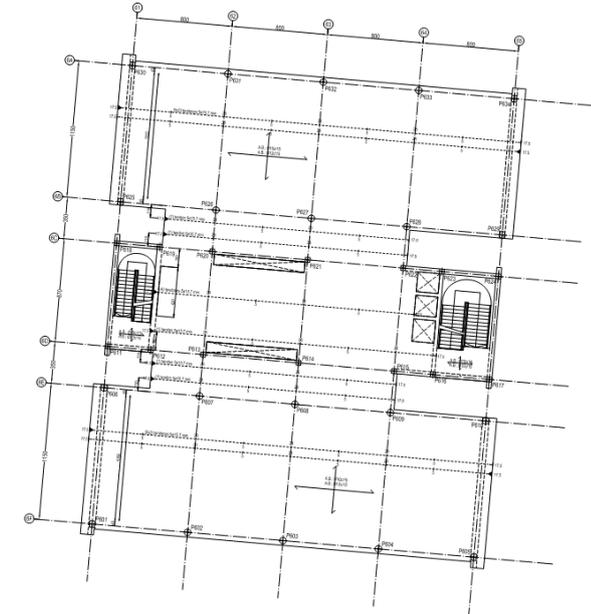
En planta primera se cuenta con unas luces de 8x8 que se resuelve con forjado reticular de hormigón armado. Mientras que en las plantas segunda y tercera se elimina el pilar central teniéndose unas luces de 16x8 metros. Mientras que la dirección con luz de 8 metros mantiene el hormigón armado, en la luz de 16 metros se disponen vigas postesada de 2.3m de ancho y 0.65m de canto, empleando entre vigas una losa armada de 250mm de canto.

La principal ventaja de esta tipología, es la de dar lugar a espacios de 80m de longitud y 16m de luz diáfanos, sin más pilares que los dispuestos en fachada, muy adecuado para su uso en oficinas.



6. Edificio 6

El edificio 6, fue modificado respecto a su concepción inicial, incrementándose sus luces, y necesitando por tanto pasar de una tipología en hormigón armado a otra en hormigón postesado, al contar con sendos vanos extremos de 11.5 metros.

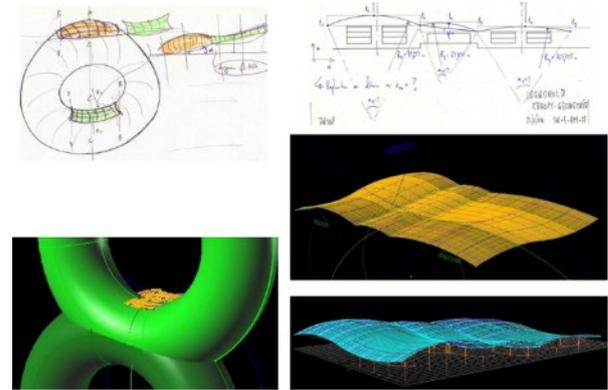


7. Cubierta Marquesina

La cubierta marquesina que cubre el complejo está constituida por una superficie de doble desarrollo de unos 30.000 m², que se extiende por encima del nivel superior de los edificios del campus, y que presenta en planta una disposición pseudo rectangular con uno de sus lados oblicuo.

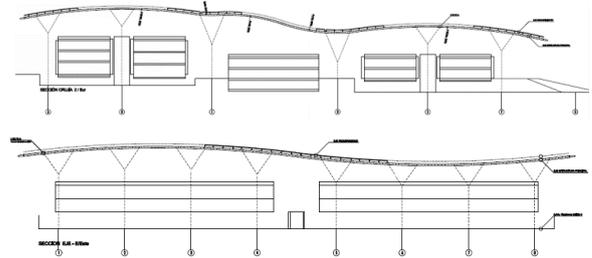
El proceso de encaje geométrico de la superficie ondulante de la cubierta, incluyó una fase de tanteo de soluciones con la idea de encontrar una superficie de apariencia sugerente

que además permitiera un proceso de fabricación y construcción razonable.



Finalmente, se decidió emplear una doble familia de generatrices perpendiculares que se disponen en las dos direcciones principales:

- En la dirección este-oeste las generatrices están formadas por tres segmentos cóncavos de arcos de circunferencia, de radios 190.20m (exteriores) y 63.40m (interior); con acuerdos convexos también de 63.40m.
- En la dirección norte-sur las generatrices están formadas por dos segmentos de arco de circunferencia de radio 380.0m, uno convexo y el otro cóncavo.



Las generatrices se materializan con tubos de gran diámetro, 750mm, con luces entre apoyos que varían según la dirección considerada:

- Este-oeste: 27 + 33 + 46 + 33 + 27 + 27 m
- Norte-sur: 20+20+20+24+20+20+20 m

Estas generatrices trabajan principalmente a flexión, y su efecto arco derivado de la forma no es demasiado relevante dada la flexibilidad de los pilares.

En función de la capacidad estructural requerida por los esfuerzos existentes en cada

tramo de las generatrices, éstas mantienen su diámetro constante, modificándose el espesor de los perfiles, variando éstos de 25 a 17 mm, para adaptarse a los esfuerzos derivados de las distintas luces. Todas las uniones entre los tramos de diferente espesor, así como las uniones de las generatrices en los nudos de encuentro entre generatrices perpendiculares se realizan mediante soldadura.



Figura 13. Generatrices de cubierta.

Perimetralmente las vigas se prolongan en vuelo, finalizando en elementos de remate.



Figura 14. Elementos de remate en generatrices.

Sobre las generatrices se disponen correas de soporte de los elementos de cubrición. Estas correas se realizan con perfiles laminados que se disponen en la dirección norte sur. Los perfiles corresponden a la serie HEB alveolados en los vanos centrales de mayor luz (15 m), e IPE en el resto de casos de 9 y 11 m de luz. El espaciamiento medio de estas correas es de 3 metros aunque con ligeras variaciones según las zonas. Si bien inicialmente las correas se concibieron como enrasadas en su cota superior con las generatrices, a propuesta del taller

metálico, se dispusieron finalmente apoyadas sobre las generatrices, lo que supuso una importante ventaja constructiva.

Los pilares de apoyo están forados por un fuste vertical de perfil tubular circular metálico, y cuentan con una parte superior formada por cuatro perfiles en cajón y de canto variable, que se disponen inclinados a modo de aristas de una pirámide invertida. El conjunto tiene una apariencia arbórea donde el tronco es el perfil vertical circular de 1000mm de diámetro, y las ramas serían los perfiles situados en las aristas del tetraedro. Estas ramas, de sección cuadrada, cuentan con una escuadría variable entre 500 y 300 mm.



Figura 15. Pilares de apoyo de la cubierta.

El extremo superior de las ramas acomete la intersección del entramado de generatrices mediante una articulación simple

materializada mediante un bulón de gran diámetro (ver *Figura 8*).

El capital de conexión entre la confluencia de las ramas y el fuste del pilar es un nudo rígido que se conforma con chapas soldadas, resolviendo geoméricamente la transición entre la sección circular y la intersección de los cuatro cajones de las ramas.

El encaje del capitel, supuso un importante esfuerzo de coordinación entre el diseño arquitectónico y la búsqueda de una solución que fuera fácilmente construible.

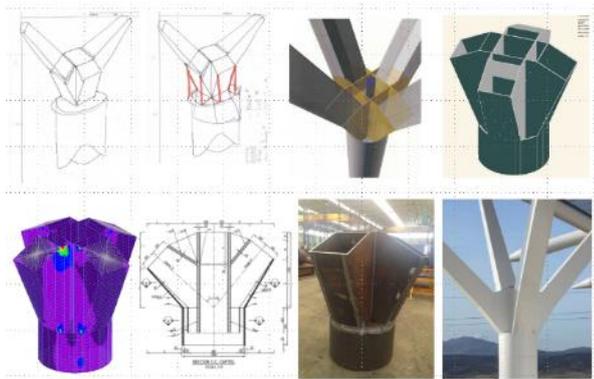


Figura 16 Desarrollo de encaje, dimensionado, detallado, fabricación y puesta en obra de los capiteles.

La cimentación de los pilares de la marquesina se realiza mediante cimentación directa con zapatas aisladas de dimensiones generales de 5.00x5.00x1.00m, si bien hay algunos casos con dimensiones algo diferentes. De ellas arranca un plinto cilíndrico 1700mm de diámetros, también de hormigón armado y que sobresale sobre la rasante prevista unos 400mm. Contiene los 20 pernos M48 (8.8) que permite el anclaje de la placa base de los pilares. En el interior del plinto se ha dejado embebido un tramo de bajante de fundición ya que la evacuación de las aguas pluviales de la cubierta está prevista por el interior de los pilares y cimentación.



Figura 17. Plinto y placa base de los pilares (parte superior), mostrando la bajante instalada durante la construcción (parte inferior).

Dada la relevancia de los efectos del viento sobre una superficie de tan extensa como la de la cubierta, se realizó un túnel de viento, que permitió precisar las cargas de viento tanto de los elementos de cubrición como de la estructura.

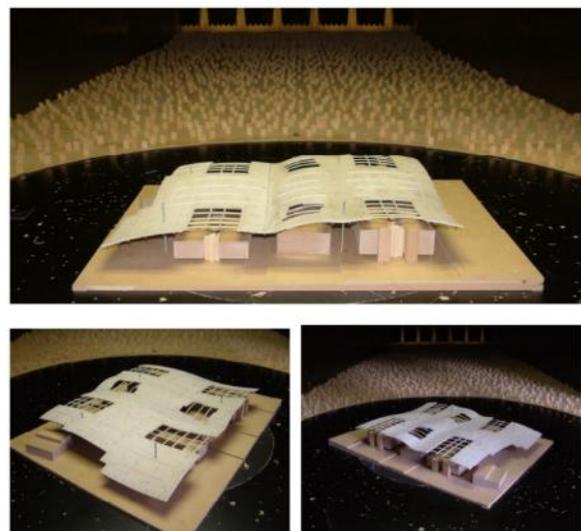


Figura 18. Maqueta para el ensay de túnel de viento.

El túnel de viento contribuyó además a la comprobación de los efectos dinámicos sobre la cubierta, para lo que se empleó también la formulación de N. J. Cook [1].

Para todas estas comprobaciones se generó un modelo de elementos finitos que permitió la comprobación de la capacidad de los elementos, así como su comportamiento en condiciones de servicio.

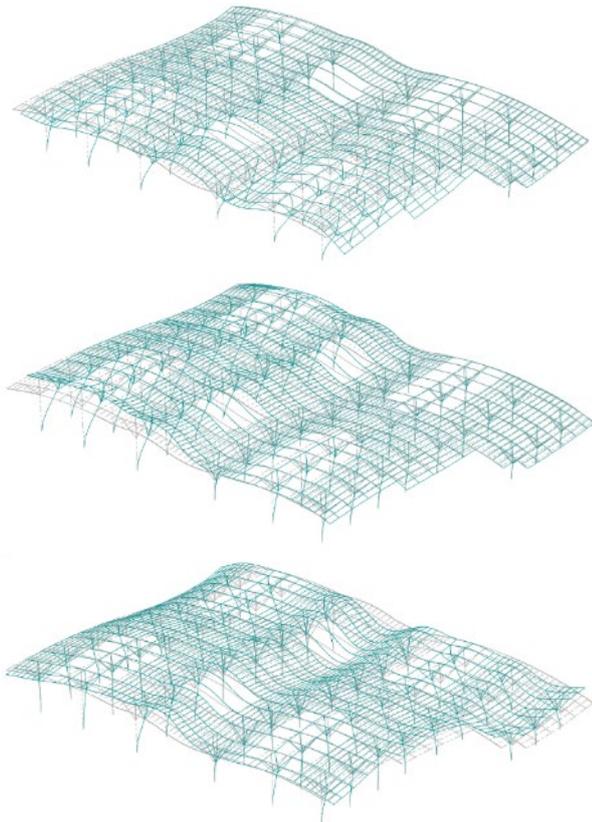


Figura 19. Modos principales de la estructura.

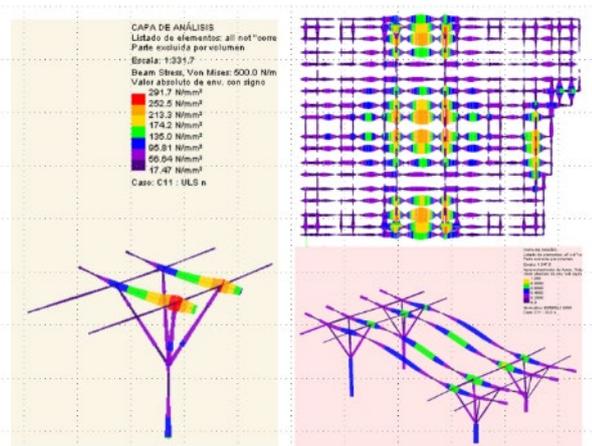


Figura 20. Visualizaciones del análisis realizado.

El trabajo en taller incluyó un cuidadoso proceso de control geométrico de elementos,

empleando procedimientos que permitirán reducir las tensiones residuales derivadas del curvado de los tubos de las generatrices.

Se realizó el premontaje de los elementos en taller para asegurar una buena ejecución.

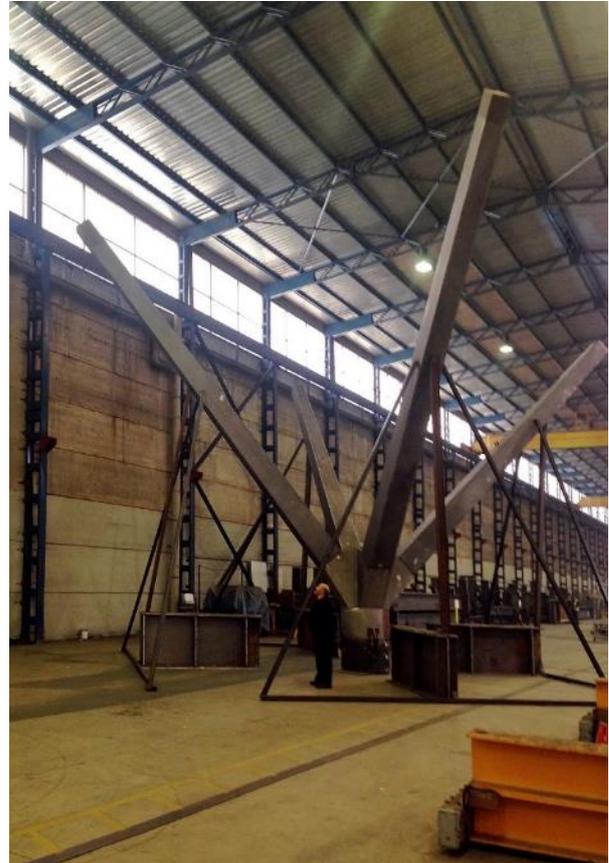


Figura 21. Premontaje de ramas de pilares en taller.

Adicionalmente se realizó el pintado y la protección de todos los elementos antes de ser llevados a obra.



Figura 22. Zona de pintado de capiteles.

Finalmente, la ejecución de cubierta terminó con el desapeo de la zona final de la marquesina que contaba con una zona en voladizo libre de pilares de 20 x30 metros.



Figura 23. Desapeo del voladizo de 20x30.

La cubierta quedó así finalizada, dando continuidad y una imagen distintiva al complejo. El orden y jerarquía de sus elementos, fustes, ramas, generatrices y correas es claramente visible, realizando la expresión estructural del proyecto.



8. Pasarelas

Con la idea de dar fluidez al diseño, el complejo interconecta los edificios mediante una serie de paralelas con distintas pendientes, realizadas con perfiles IPE de cantos variables de entre 500 y 300 mm, que salvan luces de entre 6 y 17 metros. La superficie de las pasarelas se materializa con perfiles secundarios mediante tubos cuadrados de 140mm separados cada 850mm, sobre los que apoyan viguetas de madera. Estas paralelas, generalmente, de poca altura se apoyan en tubos circulares metálicos de 273mm de diámetro.

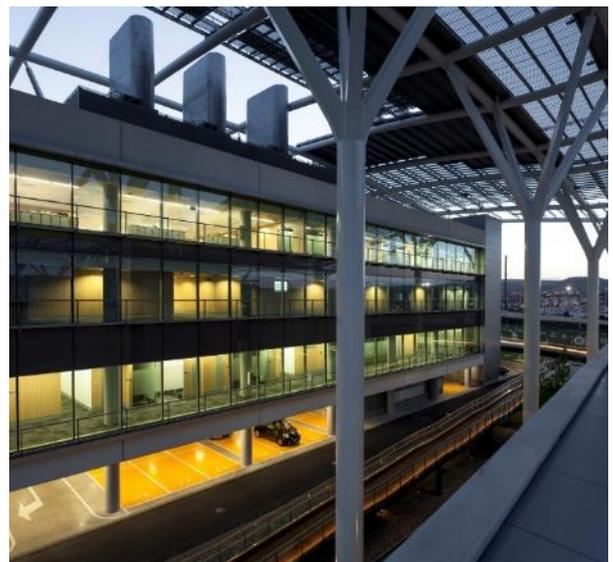


Figura 25. Pasarelas de conexión entre edificios.

8. Conclusiones

El complejo del Campus Iberdrola, en San Agustín de Guadalix, tiene un total de 35.000 m², con 8 edificios principales cubiertos por una gran marquesina-cubierta de 30.000 m².

Los edificios de esta segunda fase, de dos plantas, cuentan con zonas de importantes luces, llegando hasta los 16 metros, que requieren el uso de hormigón postesado, en tipologías de losas planas o vigas, y otras con luces de alrededor de 8 metros que se resuelven con losas planas y forjados reticulares.

La cubierta-marquesina cubre los edificios y tiene continuidad con el diseño de la Fase 1, con una superficie ondulada creada con radios de circunferencia con una altura que llega hasta los 30 metros. Las luces de la cubierta llegan hasta los 45 metros, empleándose tubos estructurales curvados de 750 mm de diámetro como estructura principal. Estos tubos se apoyan en pilares arbóreos que cuentan con cuatro ramas formadas por perfiles en cajón de sección variable que convergen en un fuste vertical realizado con tubo metálico de 1000 mm de diámetro. En esta Fase 2 se ha podido completar la totalidad de la marquesina-cubierta, poniendo en carga un importante voladizo con un área libre de apoyo de 20x30 metros que requirió un laborioso proceso de desapeo.

Agradecimientos

En primer lugar, se agradece a Iberdrola el empeño en seguir adelante con la obra una vez éste se vio interrumpida. Igualmente se agradece a Alonso Balaguer Arquitectos Asociados el haber contado con Arup durante todas las etapas del proyecto.

Adicionalmente se quiere agradecer al taller metálico Anro la eficiencia, calidad y gran disposición durante todo el proceso de fabricación y montaje de la cubierta.

Por último, indicar que un número importante de ingenieros y delineantes de Arup

han trabajado en este proyecto de forma activa, nos gustaría dejar constancia de ellos pues este proyecto es sin duda una labor de equipo: Javier Galán, Laura Álvarez, David Castro, Sung Suk Chang, Xeila González, Jan Peter Koppitz, Laura López, Francisco Luque, Estrella Morato, Pedro Negrette, Mauricio Rincón, Luis Rodríguez, Álvaro Rubio, Francisco Rueda, José Joaquín Soriano.

Referencias

- [1] Del Rosario J.A., Martínez Soto A, García Hernández P, De la Peña J. (2017) Campus Iberdrola. VII Congreso de ACHE.
- [2] CTE Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Vivienda.
- [3] Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind
- [4] Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.