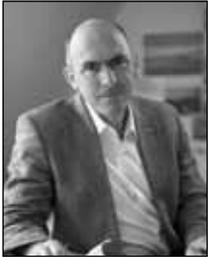


Sobre la buena colaboración entre arquitectos y ingenieros

El Pabellón de Estado del aeropuerto de Barajas



Mike Schlaich
Ingeniero civil

Participantes en el proyecto

Constructor:

Aena, Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, Madrid

Contratista principal:

Dragados, Madrid

Arquitectura:

Estudio Lamela, Madrid

Richard Rogers Partnership, Londres

Diseño de estructuras:

Schlaich Bergermann und Partner, Stuttgart

Cubierta de membranas:

B&O Hightex, Rimsting.

La colaboración entre arquitecto y ingeniero es buena si al final cuenta con una calidad holística que se manifiesta en un *Gesamtkunstwerk* donde todos los aspectos de la obra son de alta calidad y donde las contribuciones individuales de los actores están tan amalgamadas que no se pueden atribuir a una profesión o un individuo solo. Respecto a la colaboración entre arquitecto e ingeniero se habla de veracidad de la construcción cuando las dos caras de la misma moneda coinciden: 'técnica' y 'arte' o 'función' y 'emoción'.

Queremos vivir en edificios 'buenos', de calidad, porque fomentan calidad de vida. Para el arquitecto Volkwin Marg, un edificio es bueno cuando es bello, y la belleza aparece cuando la veracidad se une con la bondad de una construcción, que tiene un efecto positivo sobre la sociedad. ¿Veracidad, bondad y belleza? Hay otras 'tres cualidades' para definir el logro, aunque la más conocida es del arquitecto Vitruvio –firmas, utilitas

y venustas–. El ingeniero Jörg Schlaich utiliza los adjetivos ecológico, social y cultural cuando define una buena estructura ligera y el ingeniero David Billington habla de eficiencia, economía y elegancia para la creación de '*structural art*'. Es un fundamentalista que no confía mucho en el *Gesamtkunstwerk* como resultado de la colaboración de arquitecto e ingeniero pero me llama la atención que utilice la palabra elegancia.

Me parece que los ingenieros hablan bastante más de la elegancia que los arquitectos. No sé por qué pero admito que a mí me atrae también y que me parece un ingrediente importante de una buena obra. Para mí, la elegancia es belleza 'plus', belleza más ligereza, transparencia, reducción, purismo o movimiento. No obstante, creo que lo más importante es que elegancia aparezca sin esfuerzo –'*effortless*'–. Algo es elegante, si intuimos que ha sido muy difícil lograrlo aunque no veamos los esfuerzos que han sido necesarios para conseguirlo. Queremos vivir en edificios elegantes, con obras elegantes ¿por qué fomentan una vida elegante?

Cada uno debe juzgar por sí mismo si el Pabellón de Estado del Aeropuerto de Barajas le parece elegante, pero claramente es el resultado de una buena colaboración no solo entre un arquitecto y un ingeniero, sino de dos estudios de arquitectura en el equipo y el propio contratista en la mesa. Y además, había muchísima prisa. La suerte era que los arquitectos, el Estudio Lamela y Rogers+Partners ya habían diseñado juntos las terminales del aeropuerto. Los elementos del pabellón son: la nube de membrana que da sombra, la cubierta banda tesa de vidrio con la fachada de vidrio que aísla de los ruidos, los puristas espacios laterales de hormigón que también sirven de apoyo para la nube y que permiten el anclaje fácil de la banda tesa. Los miembros del equipo han formado una composición de elementos, que, espero, se perciba como una contribución positiva al conjunto del aeropuerto de Barajas.



Fig. 1. La nueva Terminal 4 del Aeropuerto de Madrid-Barajas

Para los que quieren saber más detalles sobre la estructura, adjuntamos una versión abreviada de un artículo sobre el proyecto que se publicó en marzo del 2004 en la revista alemana Bauingenieur.

Pabellón de Estado. La Terminal para altas autoridades del Aeropuerto de Madrid-Barajas

Resumen artículo publicado en Bauingenieur 2004

Autores: Knut Göppert, Sebastian Linden, Thomas Moschner



El Pabellón de Estado del Aeropuerto de Madrid-Barajas se unió a la Terminal T4 en el año 2005 como terminal oficial para visitas de Estado. El edificio ofrece un ambiente adecuado para recepciones de estado y asistencia a representantes oficiales del Gobierno y de la Casa Real.

La sala de recepción central, situada entre dos vigas de hormigón armado de dos plantas, destaca por una cubierta textil compuesta de dos partes. Las membranas se sostienen sobre una construcción de acero interior y forman aleros en voladizo en un sentido frontal. Una cubierta flotante de vidrio y las fachadas de vidrio templado de la parte frontal garantizan la protección climática del área central.

Gracias a la minimización de los elementos de soporte se alcanza una transparencia máxima de la construcción: Flejes de acero colgantes forman base de soporte para estructuras de vidrio y fachadas de vidrio en voladizo las cuales se ven sostenidas por una barra de vidrio colocada horizontalmente.

1. Pabellón de Estado/Contexto Terminal 4

Para satisfacer las crecientes necesidades del tráfico aéreo en el siglo XXI, se amplió el aeropuerto de Madrid-Barajas entre los años 1997 (concurso) y 2006 (inauguración) de la mano de los arquitectos Richard Rogers Partnership, Londres, y del estudio de arquitectos Estudio Lamela, Madrid, creando las nuevas terminales T4 y T4S.

El edificio está compuesto de dos vigas laterales de 14,40 m de anchura, 64,80 m de longitud y 4,80 m de altura, y un pasillo central con cubierta de 18,00 m de anchura.



Fig. 2. La nueva Terminal 4 del aeropuerto de Madrid-Barajas

Otra viga de hormigón armado paralela de tamaño similar cierra el lado este. A lo largo de la estructura de las vigas se disponen las salas multifuncionales, mientras que el pasillo toma el papel de sala de recepción. Las vigas laterales son una construcción de hormigón liso de una planta con fachadas abiertas hacia al frente y fachadas cerradas al exterior. La parte interior se abre hacia la zona de paso central por varios accesos y sus paredes de 7,20 m de altura delimitan la sala de recepción.

La sala de recepción dispone de una cubierta translúcida casi flotante que la protege de la radiación solar directa. Además, una construcción de cristal compuesta de tres fachadas independientes y una cubierta de cristal colgante ofrece protección contra el viento y la intemperie. La construcción translúcida de la cubierta y las superficies transparentes de cristal no se perciben tanto como una estructura creadora de espacio, es decir, elementos de delimitación, sino más bien como una envoltura ligera que facilita la fluidez entre el interior y el exterior.

2. Cubierta textil/construcción

La gran estructura de la cubierta consta de un tejido de membrana de dos capas que se sostiene mediante una construcción de acero situada en su interior. La existencia de una capa superior y una inferior refuerza desde lejos su imagen.

Las membranas se apoyan de forma alterna sobre vigas de acero lentiformes con una distancia de 7,20 m entre ellas. Los cables valley situados entre ambas capas garantizan la tensión necesaria de las membranas. Las vigas de acero de tubo circular atraviesan más de 25,20 m a una altura de 4,50 m. Los cordones en forma de arco de las vigas de acero están separados y estabilizados por postes de tubo circular a una distancia de 3,20 m. Gracias a la estructura curvada de los cordones y la homogénea transferencia de cargas procedente de



Fig. 3. Vista de la estructura de la membrana



Fig. 4. Vista del Pabellón de Estado desde el área de maniobras

las membranas conectadas, se puede prescindir de barras en diagonal. Las vigas están simplemente apoyadas y articuladas en sus extremos y una de las capas de membrana es suficiente para evitar vuelcos.

La construcción de la cubierta en su parte frontal sobresale como voladizo por ambos lados aprox. 11,00m. Las membranas están aquí unidas a una viga marginal de tubo circular.

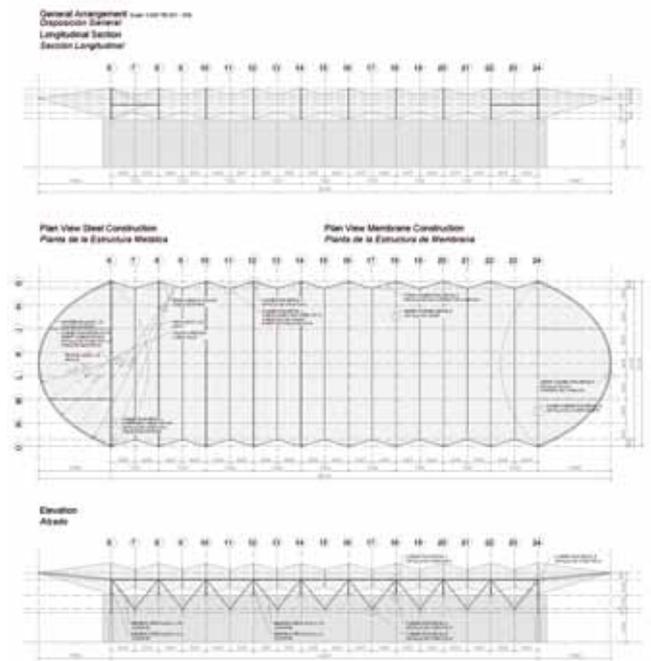


Fig. 5. Vista de la estructura de membranas



Detail F Strap Connection Visorbeam
Detalle F Conexión de Conexión

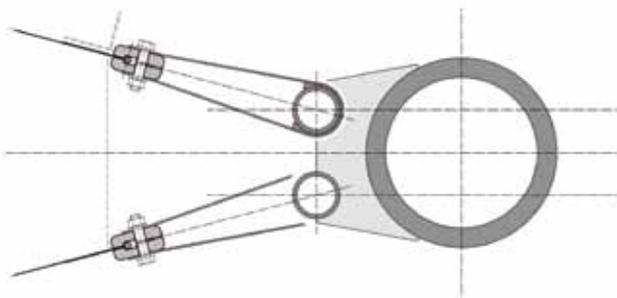


Fig. 6. Conexión en el borde de la membrana en la zona de los extremos

La parte final de este voladizo está inclinada hacia arriba aprox. 1,00 m para garantizar el desagüe a lo largo de la viga marginal. Las membranas funcionan aquí como componentes principales para el desvío de cargas de su propio peso a las vigas marginales y de cargas de nieve (membrana superior) así como de cargas suspendidas (membrana inferior). Como prevención a siniestros por caída de la membrana superior se han colocado dos cables de seguridad adicionales en el interior de las membranas que, sin embargo, no participan en la transferencia de cargas prevista.

Toda la estructura de la cubierta se apoya sin forzar sobre trípodes de acero de tubo circular en los extremos de los caballetes de acero lentiformes. Los trípodes están conectados a otros componentes en los tabiques que flanquean la sala de recepción garantizando así la rigidez de la estructura de la cubierta en sentido longitudinal y transversal.



Detail G Strap Connection
Detalle G Conexión de Conexión

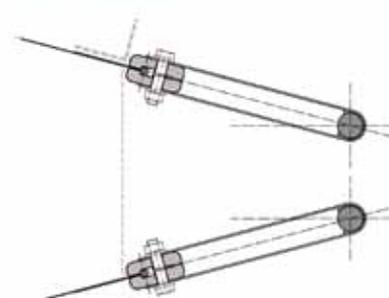


Fig. 7. Conexión en el borde de la membrana en los márgenes de ajuste

Componentes y Detalles de Conexión

La membrana superior está compuesta de tejidos de fibra de vidrio recubierta de PTFE con una resistencia a la tracción de 140 kN/m en sentido de la urdimbre; la membrana inferior está compuesta de tejidos de fibra de vidrio tejida recubierta de PTFE con una resistencia a la tracción de 100 kN/m en sentido de la urdimbre. Las conexiones a las vigas marginales así como a los pares de cables marginales se lleva a cabo mediante placas de sujeción de aluminio con bandas de acero inoxidable con una distancia de 0,50 m.

3. Cubierta de Vidrio/Construcción

El margen superior de la sala de recepción esta formado por una construcción de acero y cristal extremadamente reducida, constituida únicamente por 27 bandas de chapa de acero flotantes sobre las que se apoyan paneles de cristal. Las bandas de chapa con un corte transversal de 120x130 mm cubren más de 18m entre las paredes que flanquean la sala. Están



Fig. 8. Espacio interior y cubierta de cristal



Roof Support Perspective
Sujección de la cubierta, Perspectiva

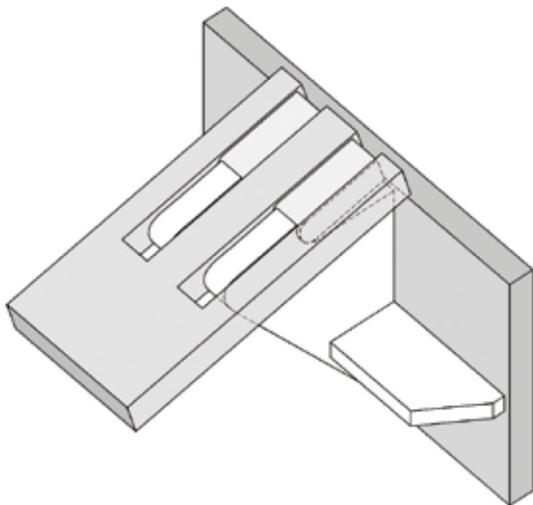


Fig. 9. Fijación de las bandas flotantes

colocadas a una distancia de 1,80 m, de manera que con un saliente de 0,3 m a ambos extremos se alcanza una longitud total de la cubierta de 47,40 m.

La fijación de la construcción a las paredes laterales se consigue mediante consolas, cuyas chapas tienen forma de garras y están provistas de hilos de teflón. Los extremos de las chapas flotantes poseen un equivalente de acero inoxidable y se cuelgan desde arriba en las garras. Las consolas están integradas en un perfil tipo U que se extiende por toda su longitud creándose así una línea suave e ininterrumpida. Al mismo tiempo, este perfil sirve para fijar el revestimiento de las paredes hecho de malla metálica de acero inoxidable.

A parte de las bandas suspendidas no existen más elementos de soporte en toda la estructura de la cubierta. La estabilidad de la estructura suspendida se consigue exclusivamente gracias a su propio peso.

4. Fachadas de Cristal/Construcción

La sala de recepción está delimitada por dos fachadas de cristal hacia el cielo y hacia el exterior; una tercera cubierta separa además el espacio interior en dos grandes áreas. Las tres fachadas son idénticas, tienen una anchura de 18 m y su margen superior sigue el contorno de la cubierta. La altura máxima de la fachada asciende a aprox. 6,20 m hasta el margen y a aprox. 5,00 m en su parte central.

Al contrario de la imponente estructura de la construcción de los marcos de las puertas que marca la imagen exterior, la superficie que se deja a las fachadas debía quedar arquitectónicamente lo más oculta posible, incluso ser casi invisible. Para conseguirlo se eligió una construcción de vidrio templado con amplios paneles de una altura de suelo a techo de 1,80 m y una barra de cristal colocada horizontalmente a una altura de 3,60 m. Los marcos de las puertas sobresalen por su parte superior en voladizo y forman así un soporte adicional para la barra de cristal. Hablando desde un punto de vista estático, se trata de vigas de un solo vano que desplazan las cargas de viento de las superficies de la fachada a los soportes.

Los paneles de cristal de las fachadas están colocados en perfiles tipo U tanto en el borde inferior como a lo largo de los bordes fijos (paredes, marcos de puertas) y únicamente apoyados en la superficie de la fachada a través de la barra horizontal de 400mm de profundidad. El voladizo libre por encima de la barra de cristal mide hasta 2,60 m.



Fig. 10. Vista de la fachada de cristal

Los paneles de las fachadas están contruidos con tres láminas de vidrio templado de 12 mm de grosor cada uno y dos láminas interiores de PVB (de 2,28 mm cada una). En el caso de la barra de cristal se trata también de un acristalamiento triple compuesto por láminas de vidrio ESG de 100mm de grosor. Las barras de cristal están provistas de entalladuras en sus extremos, lo que permite reducir la altura de construcción en las áreas de soporte de 400 mm a 360 mm. De esta manera, se crea una línea de fuga ininterrumpida de los bordes del vidrio con las cubetas situadas sobre los marcos de las puertas a una profundidad de asimismo 400 mm.

Sin embargo, el desafiante detalle de la construcción de la fachada lo representa la unión entre la barra de cristal y los paneles de la fachada. También en este caso, para evitar uniones de

metal o similares, se eligió un encolado que asimila totalmente la transferencia de fuerza entre ambas partes.

Las juntas verticales entre los paneles de las fachadas únicamente están rellenos de silicona. Además, las condiciones de utilización permiten prescindir de una unión cerrada de la fachada a la cubierta. A favor de la ligereza de la construcción, obtenemos aquí una amplia abertura de 15 cm que posibilita un moldeado libre de la cubierta.

5. Agradecimiento

El diseño y la ejecución del Pabellón de Estado tuvo lugar entre enero y septiembre de 2005. Considerando el tan corto plazo de tiempo destinado al diseño y construcción, conviene agradecer a todos los participantes la perseverancia y dedicación que se precisaron para la realización de este proyecto. **ROP**

Referencias

- GÖPPERT, Knut ; LINDEN, Sebastian ; MOSCHNER, Thomas:
Pabellón de Estado – *Das Staatsterminal am Flughafen Madrid*
Barajas. In: Bauingenieur 82 (2007), S. 103-108