

DETAIL – Revista de Arquitectura

2005 □ Arquitectos y Ingenieros

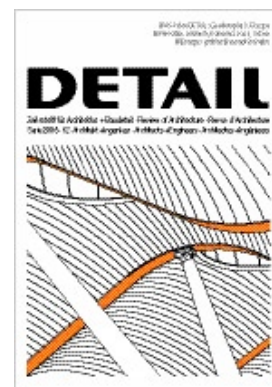
Resumen español

Traducción:

María Gómez Fernández-Layos

E-Mail: maria.gomez@t-online.de

Encontrará un avance con imágenes de todos los proyectos en:

<http://www.detail.de/Archiv/De/HoleHeft/165/ErgebnisHeft>**Página 1396****Ingenieros y arquitectos**

Jörg Schlaich

Con la llegada de la revolución industrial se comenzaron a realizar construcciones de hierro y acero con geometría y solidez metódicas. En lugar de los maestros constructores universales surgieron dos profesiones diferenciadas: el arquitecto y el ingeniero. Para determinar el nacimiento de la Ingeniería Civil, se toma como referencia el informe realizado por Giovanni Poleni para la cúpula de la Basílica de San Pedro en Roma, que data del año 1748. Sin embargo, en sentido estricto, Poleni no era más que un estático, pues se limitaba a analizar la construcción existente, como un científico descubre lo que ya existe en la naturaleza. El ingeniero que diseña una estructura, sin embargo, crea algo nuevo cada vez – apoyado en sus conocimientos y el ingenio de su fantasía. Con la fascinante *Galérie des Machines* para la Exposición Internacional de París, por ejemplo, Victor Contamin desarrolló formas nuevas que rompían con todo lo conocido hasta ese momento: los apoyos del pabellón de 115 metros de luz ponen de cabeza el pensamiento tradicional de los maestros constructores al reducir la sección transversal en el suelo, donde las fuerzas son mayores y la estructura debía ser más gruesa, como nos muestra la naturaleza. Eso quitó sustento a todos aquellos constructores sin conocimientos de cálculo de estructuras, que a lo sumo tenían un sentimiento intuitivo pero ninguna experiencia con el flujo de fuerzas: los arquitectos.

Obviamente, la relación entre ambas profesiones aún sufre las consecuencias de este defecto congénito. El arquitecto se retiró testarudo porque no quería ceder ante el ingeniero confiado en su nueva creatividad, en lugar de participar en las reflexiones de éste y dejarse inspirar por sus propuestas. Ignorando las señales del tiempo, los arquitectos se servían de formas históricas envolventes por las que los ingenieros no parecían mostrar el menor interés. El arquitecto decoraba las elegantes y afiligranadas esta-

ciones de tren y las cabeceras de los puentes del ingeniero con fachadas ostentosas y aparatosas torres, mientras éste, por su parte, hacía uso de sus conocimientos como medio de poder: “Eso se hace así para que no se venga abajo”, reduciendo su papel al de mero proyectista de estructuras, en lugar de aplicar sus conocimientos para desarrollar alternativas y llegar con el arquitecto a una solución integral.

A principios del siglo pasado, el empleo de hormigón armado favoreció la labor de los arquitectos. El material fluido permitía crear formas que planteaban problemas sin solución a los ingenieros. Mientras el lego se podía imaginar un forjado de hormigón para su vivienda, en lugar del tradicional forjado de vigas de madera, los ingenieros se enfrentaban a enormes cambios. Para calcular la estructura de un forjado de vigas de madera basta con el empleo de la ley del equilibrio, mientras que en el caso de una losa plana nos enfrentamos ante una ecuación diferencial parcial de cuarto orden, por no hablar de la compleja matemática de una superficie curvada.

En la obra *Raum, Zeit, Architektur* (1976), Siegfried Giedion se refiere al hormigón armado como material de construcción que libera a la arquitectura de sus limitaciones. Sin necesidad de colaborar con un ingeniero, el arquitecto puede diseñar formas plásticas libres. En este material, las fuerzas fluyen en todas direcciones – como el pensamiento libre y democrático del siglo XX –. “La arquitectura lleva ahora ventaja y exige a menudo del ingeniero más de lo que éste puede dar.” El hecho de que los arquitectos trabajen mejor con el hormigón parece haber supuesto un choque para los ingenieros del que aún no se han llegado a recuperar. Tras un breve intento de oposición, manifestado en las hermosas láminas flotantes de hormigón armado de Heinz Isler y los emblemáticos puentes de Robert Maillart, Christian Menn, Javier Manterola y Alfred Pauser, los ingenieros se dieron por vencidos, convirtiéndose en los esclavos obedientes de los arquitectos, que realizan to-

dos los cálculos necesarios sin reparar en que un arquitecto soberano se muestra disciplinado ante una buena construcción, prestándose a cooperar con el ingeniero en el diseño de la misma. De esta manera, forma y construcción siguieron caminos cada vez más divergentes, aunque formen parte de una misma cosa, como la música y el tacto, la danza y el ritmo.

Es ridículo el pensamiento generalizado hoy en día que hace responsable al arquitecto del diseño y la forma, y al ingeniero de la estructura y la construcción de un edificio. En todo caso, cabe distinguir los parámetros de complejos diseños multifuncionales sociales, por un lado, y los monofuncionales técnicos, por otro; pero ambas partes son igualmente responsables del aspecto formal. Si bien es cierto que el ingeniero no sabrá cómo construir solo una casa unifamiliar, al arquitecto le faltan los conocimientos necesarios para la proyección de un puente. En la práctica, ambos consultarían revistas y tomarían construcciones ya existentes, como referencia, para después variarlas y decorarlas. Eso hace imposible la existencia de un constructor universal, como en el pasado, si no queremos conformarnos con un trabajo mediocre en todos los aspectos. Dada la multitud de conocimientos necesarios hoy día, un verdadero trabajo de colaboración sólo puede prosperar cuando ambas partes estén abiertas al diálogo y dispuestas a aceptar otras propuestas. Nosotros, los ingenieros, celebramos los cambios del último cuarto del siglo pasado que han afectado a la comprensión y la relación de la arquitectura respecto a la construcción. Las construcciones high-tech aprovechan el avance tecnológico en el desarrollo de los materiales y la técnica de fabricación, agradeciendo su origen y popularidad al gusto actual por desvelar el flujo de las fuerzas. El resultado obtenido es ligero y transparente – la compresión es recogida por tubos, mientras la tracción es transmitida por barras y cables –. Este principio nos ha brindado la oportunidad a los ingenieros de realizar contribuciones originales a la arquitectura con ayuda de nuestros propios medios. Sin

embargo, no nos damos cuenta, o no queremos darnos cuenta, cuando nos dejamos inducir en exageración, empleando el mayor número posible de cabezas de horquilla, piezas de conexión y tensores de acero inoxidable como fin en sí mismos, por puro exhibicionismo; entonces, la high-tech de elite se convierte en efectismo. En los últimos años, la ola ecológica ha añadido un extra a la arquitectura high-tech, justificada por su carácter ligero y eficiente. Esta ola ecológica es aprovechada para envolver las construcciones con vidrio, creando espacios, patios interiores y atrios luminosos. Sin embargo, lo que en principio parecía sensato y eficiente pronto se convierte en presunción y despilfarro, cuando las superficies de vidrio se maximizan sin sentido y es necesario recurrir a todos los medios técnicos existentes para hacer que estas construcciones sean utilizables durante los picos de verano e invierno. En ese caso se habla de “edificios de bajo consumo energético” o “técnica inteligente”, así como de “sistemas inteligentes”, ignorando que el consumo energético necesario para la producción y explotación de los medios técnicos supera las ganancias energéticas del aprovechamiento pasivo o activo de la energía solar. Arquitectos e ingenieros maximizan las superficies de vidrio sin tener en cuenta su ubicación u orientación, haciendo necesaria una protección solar y antideslumbrante, y recurriendo a la construcción de fachadas dobles en cualquier parte, en lugar de hacerlo allí donde tiene más sentido. Empero, resulta cuanto menos sospechoso que esta arquitectura efectista sólo se encuentre en Europa y Arabia, nunca en países como la India o Etiopía; siempre presente en lugares en los que el dinero cuenta menos que el afán de representación, como en el caso de bancos, compañías aseguradoras, aeropuertos o ferias, nunca en edificios de viviendas, universidades o los polígonos industriales. Por esa razón, además de cuestionar el carácter ecológico de esta arquitectura, cabe preguntarse si no se trata de una variante antisocial, tanto en lo que concierne a los objetos a los que se orienta, como a los medios de los que se sirve. En este sentido, es preciso mostrar una mayor implicación social y conciencia ecológica, sobriedad y disciplina, más ahondamiento interior que superficialidad.

En los últimos años, los ingenieros han podido contribuir con ideas creativas a la cultura constructiva, diseñando y proyectando cubiertas para naves y estadios con grandes luces, mediante redes de cables y membranas, afiligranadas cúpulas de vidrio para patios interiores y piscinas, torres de comunicación y vigilancia, además de cumplir con sus tareas habituales, como la proyección de puentes, diques de contención y canales de agua. El ingeniero civil es responsable de toda la infraestructura técnica y consciente de la responsabilidad cultural que ello implica. Él sabe que la única com-

pensación posible para la violación de la naturaleza es la cultura y que la infraestructura sin cultura no es más que pura tecnocracia, mientras que con ella se puede convertir en civilización. Además, el ingeniero es consciente del gran trabajo que supone la construcción de puentes, sobre todo en el caso de puentes ferroviarios.

Hasta hace poco el ingeniero se enfrentaba a dolorosas limitaciones en el cálculo de estructuras y la técnica de fabricación. Gracias a los avances informáticos, desde el despiece hasta los cálculos estáticos y dinámicos, desde la fabricación CNC hasta el montaje GPS o por robot, todo ha cambiado. Es reconfortante pensar que gracias a las herramientas de alta tecnología, los métodos de cálculo simples recobran importancia bajo forma de una memoria de estructuras de doble hoja, hecha a mano durante el proyecto, tan transparente como inteligente en su descripción del flujo de las fuerzas. De esta manera, podemos volver a diseñar sin preocupaciones, con la certeza de que el “Gran Hermano” se encarga de vigilar la labor de ejecución. Eso permite crear una gran variedad de nuevas formas. Nuestros ordenadores son ignorantes, aunque aplicados: a una sierra dirigida por ordenador le resulta indiferente cortar con gran precisión multitud de vigas iguales o diferentes. Si se quiere hacer con ello una cúpula con retícula de barras, la fresadora CNC resolverá los puntos de unión más complicados, independientemente de si son iguales o distintos, todos al mismo precio. Eso hace que queden obsoletas partes importantes de la obra de Konrad Wachsmann, Buckminster Fuller, Max Mengerlinghausen y Frei Otto, que se habían ocupado de la sistematización de estructuras de mallas espaciales. Sus obras se ven beneficiadas por la disciplina de la regla y la uniformidad de sus componentes, como la casa europea del ladrillo o la japonesa del tatami, tanto en el proceso de fabricación como en el aspecto arquitectónico. Cabe preguntarse si no existe el peligro de que la ilimitada libertad que nos ofrecen las técnicas modernas de producción pueda derivar algún día en la arbitrariedad de las formas y llevar, por ende, al caos visual. Si el ordenador permite que cualquier construcción resulte posible en el futuro, desde el punto de vista estructural y de producción, crecerá el afán de llegar cada vez más lejos, a fin de crear conceptos que llamen la atención en los concursos – una idea extremadamente desagradable para un ingeniero, especialmente si se proyecta de fuera hacia dentro y no al contrario: primero se concibe una estructura lo más llamativa posible, buscando sólo más tarde un uso para la misma –. Eso hace que surjan cada vez formas más inverosímiles y esculturas más salvajes, sin relación entre forma, función y flujo de fuerzas. Por otra parte, los ingenieros no podemos oponernos a los avances para los que con

tanto empeño hemos trabajado o contra la automatización que nos facilita las tareas más difíciles de nuestra profesión. Después de lo dicho, cabe esperar que ingenieros y arquitectos puedan plasmar en sus diseños el fruto de sus experiencias: que la autodisciplina y un entorno liberal potencian la responsabilidad y creatividad del hombre, más que la defensa contra las fuerzas exteriores. Por ello, es preciso que nos rebelamos contra el afán de normalización y el estúpido argumento de “eso se hace así”.

Página 1430

Puente sobre el valle Traversinertobel Ursula Baus

La construcción de puentes en Suiza ofrece una obra maestra tras otra desde hace años. Los excelentes puentes suizos no convienen sólo por su soberanía constructiva, sino también por su fuerza formal y escultural. Los puentes de hormigón de Robert Maillart se convierten en lugares de peregrinación para ingenieros y arquitectos, mientras Christian Menn garantiza la continuidad de estas ambiciosas construcciones, para las que desde hace algunos años también trabaja de forma individual y versátil Jürg Conzett. Conzett no se deja encasillar en un determinado material o tipo de construcción, motivado por un insaciable afán de experimentación. No se trata de buscar lo nuevo como fin en sí mismo, sino de encontrar una solución constructiva y formalmente optimizada para cada lugar con los medios disponibles. El estudio de las obras de nuestros antepasados forma parte de su trabajo. Los conocimientos históricos requieren una actitud de apertura a la pluralidad: Jürg Conzett construye una vez una armadura de madera jabalconada para un viaducto, otra vez una malla espacial atriantada de acero para un puente de peatones, un puente levadizo o uno con arco de piedra. En el Traversinertobel, un valle lateral de Via Mala, se encuentra su obra más reciente: un puente colgante con un sendero escalonado de madera. En el lado este del valle – a la derecha del río Rin – un antiguo sendero conduce de Zillis a Thusis, al norte, pasando por Reischen, Sant Albin y Carschenna. Los senderistas llegan desde Reischen a Punta Suransuns, donde un puente tensado de 40 m – que también fue construido por el estudio Conzett, Bronzini & Gartmann – cruza el río desde 1999. Si se sigue el sendero señalizado, pronto se llega al punto donde el valle de Traversinertobel se abre al este frente a Rongellen, el pueblo que queda a la derecha. Ascendiendo 50 m, se llega hasta el lugar donde desde 1996 se encontraba una pasarela de madera apuntalada, también concebida por Jürg Conzett, que fue completamente destruida el día 16 de marzo de 1999 debido a un desprendimiento de rocas. Gracias al trabajo de la asociación Kulturraum Viamala fue posible reunir los

fondos necesarios para la financiación y construcción de un nuevo puente unos 70 m más abajo.

Como escalera colgante con pendiente variable, la pasarela con una luz de 56 m salva una diferencia de altura de 22 m. La estructura portante consta de una doble celosía de cables pretensados en planos verticales con una separación de 1,9 m. Los dos cables principales transmiten las fuerzas verticales y horizontales a través de pilares de hormigón armado y puntales en las cimentaciones. Los cables de las celosías se hallan fijados en los cables principales con ayuda de sujetacables y unidos a las vigas transversales del sendero por medio de tensores de horquilla. Sobre éstas se encuentran montadas diez vigas paralelas de madera laminada que forman el cordón inferior de la celosía, soportando las cargas de compresión. Gracias a su rigidez, éstas sirven además para repartir las cargas puntuales y forman, junto con las vigas transversales y las diagonales, un arriostamiento resistente al viento. Su posición fuera del sendero impide la vista hacia abajo de los senderistas, aumentando así su sentimiento de seguridad. Sobre las dos vigas interiores reposan perfiles de madera laminada de alerce que siguen la línea de la escalera, en los que se han fijado directamente las pisas. En cada viga transversal se apoyan postes soldados de pletinas de acero, entre los que los tabloncillos de la barandilla se tensan mediante dos barras de acero hasta conseguir la curva del sendero. Para minimizar los gastos de mantenimiento se han utilizado materiales de alta durabilidad: madera de alerce y duramen de pino, así como acero galvanizado.

Para proteger la construcción de la intemperie se han evitado en lo posible las superficies horizontales, minimizando y garantizando la ventilación de los puntos de contacto entre las diferentes piezas constructivas. La obra sólo resultaba accesible por el sendero, lo que jugó un papel importante tanto en el diseño como en la materialidad de la construcción. Un funicular temporal en el eje del puente, destinado al transporte del material, facilitó el desarrollo de las obras.

Secciones
Escala 1:20
Detalle
Escala 1:10

- 1 Cable helicoidal galvanizado Ø 36 mm
- 2 Cable helicoidal galvanizado Ø 10 mm
- 3 Viga transversal HEA 120 mm
- 4 Viga de madera laminada de alerce 220 x 140 mm
- 5 Zanca de madera laminada de alerce 80 mm
- 6 Pisa de madera de pino 60-100 x 50 mm
- 7 Pasamanos de madera de pino cepillada 30 x 80 mm
- 8 Tablón de barandilla madera de pino 30 x 80 mm
- 9 Poste de barandilla chapa de acero soldada
- 10 Arriostamiento contra viento acero redondo Ø 12/16 mm
- 11 Sujetacables de acero galvanizado
- 12 Pieza de fijación para horquilla acero galvanizado por proyección
- 13 Tensor de horquilla de acero galvanizado por proyección
- 14 Placa de asiento acero 50 mm
- 15 Placa de unión acero 10 mm

Página 1434 Casa en Zurich

La construcción de la casa plurifamiliar de nueva planta en una antigua zona de man-

siones se destaca por su radicalidad y reducción de formas y materiales, con la presentación del espacio como concepto arquitectónico. Los arquitectos se enfrentaron al desafío de lograr un concepto interior abierto y fluido, y establecer una mayor conexión con el entorno verde. La realización constructiva tiene lugar mediante una composición compleja y tridimensional de losas de hormigón planas pretensadas, muros portantes con apoyo puntual y losas de terrazas en voladizo, que ponen a prueba las posibilidades técnicas y tecnológicas del hormigón pretensado: paredes masivas de hormigón visto sin tratar articulan las viviendas en espacios abiertos, desde los que se disfruta de vistas dentro y fuera del edificio. El pavimento del suelo monolítico, que se extiende a los elementos en voladizo de las terrazas exteriores, es de terrazo. La colaboración de los elementos portantes interiores en todas las plantas asegura la estabilidad de la estructura, tematizando la desmaterialización de la envolvente del edificio gracias al empleo de un acristalamiento casi total y sin apoyos, que presenta un vivo contraste frente al masivo y pesado hormigón.

El diseño de esta casa plurifamiliar es el resultado de una estrecha colaboración entre arquitectos e ingenieros. En el proyecto arquitectónico, la estructura del edificio ha jugado un papel primordial. Ya en la fase de estudio de proyecto, el ingeniero logró realzar y acentuar el concepto del arquitecto con el empleo de medios técnicos modernos, como una novedosa mezcla de hormigón, la técnica de encofrado y el pretensado del material. Especialmente, la posición de los muros, los voladizos de los forjados y la formación de la planta del sótano con un garaje sin pilares fueron desarrollados y op-

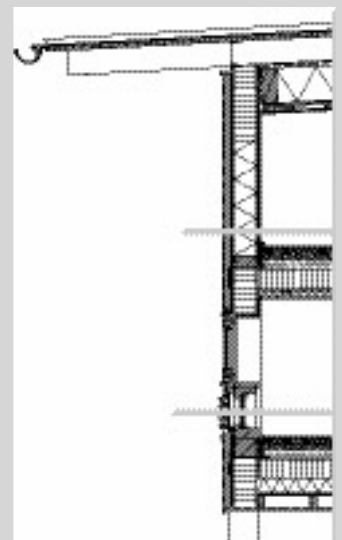
¡Novedad!



Vivienda y densidad

La creciente diversidad de estilos de vida convierte la busca de plantas flexibles y adaptables en una de las principales tareas de la construcción de viviendas. El aumento de la demanda de viviendas en los centros de aglomeración hace que la construcción de viviendas en densidad sea una tarea más interesante y exigente que nunca para arquitectos y proyectistas.

65,- €
+ gastos de envío
y de embalaje



"Vivienda y densidad"
Christian Schittich (ed.)
176 páginas con numerosos
planos e ilustraciones. 2005
Formato 23 x 29,7 cm
ISBN 978-3-7643-7530-0
María Gómez Fernández-Layos

Pedidos por fax o teléfono: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG
(Instituto de Documentación Internacional de Arquitectura SL), Sonnenstr. 17, 80331 Munich, Alemania
Tel.: +49 89 / 38 16 20-22, Fax: +49 89 / 39 86 70 **Realice sus pedidos también bajo www.detail.de**

timizados conjuntamente. Gracias a una moderna técnica de pretensado fue posible la formación de bordes de forjado libres, asegurando las lunas contra los efectos de fluencia del material. Como ocurre en la construcción de puentes, en este caso también fue necesario realizar los elementos de hormigón armado y hormigón pretensado con extremo cuidado. El trabajo interdisciplinario de arquitectos e ingenieros se manifiesta igualmente en la elección del pavimento de terrazo para suelo y escalera interior. Este proyecto supuso todo un desafío, despertando gran interés ya durante los trabajos de estructura. Tras la terminación de las obras siguen quedando a la vista todas las superficies.

Sección vertical fachada sur
Sección horizontal peto
Escala 1:20

- 1 Lucernario, accionamiento mecánico
Vidrio aislante en marco de alero-aluminio
U = 1,1 W/m²K
Vidrio templado 8 + cámara intermedia 12 + vidrio laminado de seguridad 12
- 2 Panel de aluminio aislante
- 3 Grava 16/32 50-90 mm
Lámina de impermeabilización bicapa 2 mm
Aislamiento placa de poliuretano 160 mm
Barrera de vapor 1,5 mm
Hormigón armado 210-250 mm
- 4 Unión de armadura con aislamiento 80 mm
- 5 Muro exterior de hormigón armado 400 mm con aislamiento en el núcleo 120 mm
- 6 Vidrio aislante en marco de madera y metal
U = 1,7 W/m²K
Vidrio flotado 12 + cámara intermedia 16 + vidrio laminado de seguridad 14 mm
- 7 Canalón chapa de acero, pintado de color negro fi 50/130/111/2 mm
- 8 Terrazo lijado 100-120 mm
Junta perimetral de silicona 10 mm
Capa de separación lámina de polietileno 1 mm
Aislamiento ruido de impacto 10 mm
Impermeabilización lámina bituminosa 1 mm
Hormigón armado 310-340 mm
- 9 Antepecho vidrio laminado de seguridad 2 x 10 mm, empotrado en perfil de acero fi 90/80/100/8 mm
Borde elevado de hormigón con pendiente a paleta hacia fuera y goterón
- 10 Chapa con ranura guía 20 mm
- 11 Chapa con abertura de ventilación Ø 30 mm en ángulo de acero
Conducto de aire para difusor de suelo
- 12 Terrazo 30 mm
Hormigón con suelo radiante 90 mm
Lámina de polietileno 1 mm
Aislamiento lana mineral 40 mm
Hormigón armado 300 mm

Página 1438
Fábrica en Niederstetten

El nuevo edificio de una empresa fabricante de machos de roscar de alta precisión parece un brillante estuche de plata sobre el paisaje de suaves colinas de Niederstetten. Para la modulación del terreno, el arquitecto recurrió a un motivo que marca el entorno: los muretes de piedra que los vinicultores emplean para proteger sus campos del viento. Esta imagen ha sido transformada en una escultura de césped, formada por la

tierra de excavación del edificio. La fábrica con tres grandes naves de producción se integra en la estructura, claramente legible desde el exterior gracias a los volúmenes cúbicos más elevados. En la planta alta en voladizo se encuentran los espacios de oficina con una vista panorámica sobre el valle. Bajo esta planta, un corredor acristalado hacia la pendiente hace de eje de distribución que se extiende hacia las naves, permitiendo que los empleados puedan disfrutar del paisaje desde cualquier punto. La estructura de altura de espacio de las naves reposa sobre cuatro núcleos de hormigón armado. Un sistema aditivo de vigas primarias, cerchas de madera y cables de tracción forma la estructura transparente. La renuncia a techos falsos permite dejar a las vista todas las instalaciones en el plano de las cerchas aligeradas. Las claraboyas garantizan una iluminación uniforme y natural. Una ejecución completamente lógica, reducida a lo esencial y adaptada a los materiales empleados confiere un aspecto elegante y discreto al edificio industrial. También en la climatización se han aprovechado sinergias, minimizando los esfuerzos técnicos: en invierno se aprovechan las pérdidas de calor de las máquinas para calentar las naves, mientras que en verano la ventilación natural se combina con ventilación mecánica y recuperación de frío.

El trabajo de colaboración llevado a cabo entre arquitectos e ingenieros comenzó en la fase de anteproyecto, estudiando la situación y el concepto del edificio, así como la ejecución, predimensionamiento y los detalles de manera paralela en numerosas reuniones. De acuerdo con el concepto del edificio, se determinaron la orientación y disposición de los ejes portantes y puntos de carga. Los materiales debían responder tanto a los usos como a un empleo estructural eficiente. Las tres naves de producción, que forman el núcleo del nuevo edificio de fabricación, debían ser transparentes, libres de apoyos y contar, en la medida de lo posible, con una iluminación natural, uniforme y sin deslumbramientos. La reducción a lo esencial llevó a crear un sistema integrador de todos los elementos necesarios. Esbeltas cerchas tripartitas de madera laminada salvan la luz de la nave de 28 m y transmiten las cargas a través de pilares a los núcleos de construcción masiva con paredes de hormigón in situ y forjados de losas prefabricadas. El cordón superior a compresión y el cordón inferior a tracción han sido fijados en el centro de una cercha principal mediante dos perfiles de acero atornillados en los laterales. Una chapa grecada, que hace de viga continua, forma la superficie de cubierta portante. La administración y las plataformas técnicas han sido construidas mediante paneles prefabricados de entramado de madera y esbeltas pilares de acero. El arriostamiento horizontal tiene lugar a través de diafragmas rígidos en cubierta y for-

jados. Los muros de hormigón armado de los cuatro núcleos masivos garantizan la estabilidad vertical de todo el edificio.

Sección vertical
Escala 1:20

- 1 Lámina de impermeabilización PVC
Aislamiento térmico fibra mineral 100 mm
Barrera de vapor lámina de polietileno
Chapa grecada de acero, parcialmente perforada 45/150 mm
Cuña de borde de cubierta máx. 160/120 mm
 - 2 Cordón superior, cordón inferior madera laminada 120/120 mm
 - 3 Perfil doble de acero fi 2x 65 mm
 - 4 Cercha de madera laminada 120/1280 mm, fijada con pletina de acero 325/700 mm
 - 5 Correa perimetral de madera laminada 140/160 mm
 - 6 Revestimiento tablero de virutas orientadas de madera OSB 15 mm
 - 7 Madera aserrada 30/50 mm
 - 8 Barra de tracción Ø 20 mm
 - 9 Pilar de madera laminada 120/160 mm
 - 10 Placa de cartón-yeso 12,5 mm
Barrera de vapor lámina de polietileno
Aislamiento térmico lana mineral 100 mm
Montante y travesaño de madera aserrada 60/120 mm
Tablero de virutas orientadas de madera OSB 18 mm
Lámina de impermeabilización de seguridad
Fijación mediante pletina de acero
ϕ 150/120 mm
Subconstrucción perfil de aluminio T 120/80 mm, L 2x 60/60 mm
Lamas de chapa de aluminio Z, remachadas 3 mm
 - 11 Lamas de ventilación de aluminio
 - 12 Lámina de impermeabilización PVC
Aislamiento térmico de fibra mineral 100 mm
Barrera de vapor lámina bituminosa
Forjado nervado de hormigón armado 300 mm
- 1 Lamas de chapa de aluminio Z, remachadas 3 mm
Subconstrucción perfil de acero L 55/55 mm
 - 2 Lámina de impermeabilización PVC
Aislamiento de pendiente lana mineral 80-160 mm
Barrera de vapor
Tablero de virutas orientadas de madera OSB 25 mm
Viga 80/160 mm
Perfil de acero HEA 240 con madera de relleno 60/120 mm y madera de apoyo 68/80 mm
Rastrelado 30/60 mm
Placa de cartón-yeso de protección contra incendios 12,5 mm
Rail de aluminio 60/60 mm
Capa fonoabsorbente de fibra mineral 20 mm
Placa de cartón-yeso cubierta de fieltro 12,5 mm
 - 3 Viga perimetral de madera laminada 100/200 mm, 100/400 mm
 - 4 Acristalamiento fijo vidrio de protección solar
Vidrio laminado de seguridad 2x 4 mm + cámara intermedia 22 mm + vidrio templado 6 mm, U = 1,1 W/m²K
 - 5 Linóleo 3 mm
Suelo radiante 77 mm
Capa de separación
Aislamiento ruido de impacto lana mineral 40 mm
Obturación provisional lámina bituminosa 5 mm
Tablero de virutas orientadas de madera OSB 30 mm
Viga 220/80 mm
Perfil de acero HEA 300 con madera de relleno 60/120 mm y madera de apoyo 100/46 mm
Barrera de vapor lámina de polietileno
Aislamiento térmico lana mineral 140 mm
Placa de cartón-yeso 25 mm
Tablero de virutas orientadas de madera

- OSB 13 mm
- 6 Pilar tubo de acero □ 200/80 mm
- 7 Puertas con acristalamiento aislante
 Vidrio templado 6 mm + cámara intermedia 16 mm + vidrio compuesto de seguridad 2 x 4 mm, U = 1,3 W/m²K
- 8 Hormigón armado con refuerzo de fibras y suelo radiante 200 mm
 Estera de protección lámina de polietileno bicapa
 Aislamiento perimetral resistente a la presión 100 mm
- 9 Cercha de madera laminada 160/1250 mm, madera laminada 160/1090 mm
- 10 Barra de tracción de acero Ø 20 mm
- 11 Cordones superior e inferior de madera laminada 120/120 mm, e = 2 m
- 12 Cercha de madera laminada 120/1280 mm
- 13 Perfil doble de acero fi 65/65 mm
- 14 Pilar de madera laminada 120/160 mm

bierta: la estructura en espina de pez ofrece una protección óptima contra los rayos solares de baja incidencia, con elementos de menor longitud que en el caso de vigas simples. Las vigas primarias y las vigas transversales, que sirven de apoyo para el acristalamiento, forman un conjunto rígido. El sistema del techo se extiende también a la fachada. Mientras que las vigas primarias se doblan hacia abajo formando los montantes de la fachada, las secundarias giran 90° para formar los travesaños horizontales. Los materiales seleccionados según criterios ecológicos – sobre todo hormigón, madera y vidrio – se han empleado sin tratamiento posterior, a fin de agilizar el desarrollo de la obra y resaltar las cualidades ópticas y táctiles de los mismos.

La geometría de la estructura portante y la disposición en planta de ambos volúmenes surgió en un proceso de intercambio de varias semanas entre arquitecto, ingeniero de estructuras y el estudio responsable de la climatización. El arquitecto desempeñó el papel de comunicador entre los especialistas. Así, se alcanzó una protección solar óptima para las fachadas del atrio, la unión de las vigas de madera laminada en el centro facilitó su fabricación y la disposición desfasada de los volúmenes llevó a una minimización del número de escaleras de evacuación necesarias. Todos los participantes en el proyecto contribuyeron, de igual manera, a la creación de una estructura peculiar y versátil.

- 1 Construcción de cubierta:
 Capa de grava 50 mm
 Aislamiento térmico con recubrimiento de fieltro 75 mm
 Impermeabilización de asfalto 25 mm
 Mortero de pendiente armado mín. 75 mm
 Aislamiento térmico de alta densidad entre jácenas invertidas
 Barrera de vapor
 Forjado de hormigón in situ con cara inferior prefabricada
- 2 Antepecho elemento de hormigón armado prefabricado
- 3 Lamas de protección solar madera de Iroko 70 x 22 mm
- 4 Panel sándwich de aluminio con aislamiento térmico interior 25 mm
- 5 Elemento de fachada madera contrachapada con aislante 18 + 25 + 18 mm
- 6 Compuerta de ventilación madera contrachapada
- 7 Listón de sujeción de aluminio para lamas de madera
- 8 Elemento de fachada de madera contrachapada 18 + 25 mm
- 9 Radiador
- 10 Panel sándwich de aluminio con aislamiento térmico 75 mm detrás de vidrio templado 6 mm esmaltado
- 11 Vidrio laminado de seguridad 6 + 10 mm, recubrimiento exterior low-e
- 12 Elemento portante de acristalamiento tubo de acero □ 80/80/6 mm
- 13 Viga primaria de madera microlaminada 850 x 69 mm
- 14 Placa de anclaje de acero □ 10 mm
- 15 Pletina de acero con ranura □ 10 mm
- 16 Cable de seguridad de acero Ø 8 mm
- 17 Chapa de remate de cumbre 5 mm

- 18 Zuncho de borde tubo de acero □ 160/160/8 mm
 - 19 Elemento de unión chapa de acero soldada
 - 20 Compuerta de ventilación
- 1 Vidrio laminado de seguridad 6 + 10 mm, recubrimiento exterior low-e
 - 2 Elemento portante de acristalamiento tubo de acero □ 80/80/6 mm
 - 3 Viga primaria de madera microlaminada 850 x 69 mm
 - 4 Pletina de acero con ranura □ 10 mm
 - 5 Perno de acero Ø 60 mm
 - 6 Placa de anclaje de acero □ 10 mm
 - 7 Travesaño de madera microlaminada 850 x 69 mm
 - 8 Montante de fachada madera microlaminada 1150 x 69 mm
 - 9 Placa de anclaje de acero 10 mm sobre capa de nivelación de mortero
 - 10 Solado
 - 11 Anclaje puntual
 - 12 Travesaño perfil de acero □ 320/200/8 mm

Página 1444 Callcenter en Galway

El edificio de oficinas para 360 empleados de una empresa de software se encuentra en un polígono industrial a las afueras de Galway, en la costa oeste de Irlanda. Los dos volúmenes alargados de 13 m de anchura albergan los espacios de trabajo con orientación este-oeste, que aprovechan toda la profundidad. Estos volúmenes se hallan desfasados, comunicados entre sí por puentes. En el centro se encuentra el elemento central del edificio: un atrio acristalado, sin calefacción, que también envuelve dichos puentes de unión. La estructura abierta de las oficinas facilita una ventilación transversal natural desde la fachada hacia el atrio. La ventilación y el acondicionamiento tienen lugar en estrechos elementos verticales de la fachada, entre las ventanas que contienen radiadores, compuertas de ventilación de accionamiento manual y ventiladores con recuperación de calor especiales. Estos llevan el aire de impulsión reacondicionado cerca del techo hasta el fondo del espacio. El atrio es ventilado mediante convección natural, a través de compuertas de control centralizado en las zonas superior e inferior. En el caso de los habituales vientos, el aire del atrio es evacuado, accionando la ventilación transversal de las oficinas. En estado de calma, el atrio sirve de reserva de aire para la ventilación por ventanas. Los forjados de hormigón sin revestir de las oficinas hacen de masa de inercia térmica para compensar picos de temperatura en verano y almacenar por la noche el calor desprendido durante el día, en invierno. Acristalamientos de gran formato permiten una iluminación natural, sólo completada por lámparas de iluminación indirecta controladas mediante sensores de luz natural. Unas pocas lamas de madera verticales en las fachadas exteriores ofrecen suficiente protección contra el sol y los deslumbramientos, sin reducir la iluminación natural o las vistas exteriores. En el atrio, la protección solar de las fachadas interiores tiene lugar mediante las altas y esbeltas vigas de madera laminada de la construcción de cu-

Página 1449 Estación Lehrter Bahnhof en Berlín

El día 28 de mayo de 2006 se inaugurará, tras once años de construcción, la estación de ferrocarril más grande de Europa para trenes de larga distancia, regionales y de cercanías. El diseño de la estación Lehrter Bahnhof quiere mostrar el cruce de dos vías de ferrocarril – parcialmente subterráneas – a escala urbana, conformando un nuevo tipo de edificio. Generosas naves acristaladas, bañadas por la luz natural que llega a los andenes subterráneos a través de amplias aperturas, pretenden crear una atmósfera radicalmente distinta al resto de las estaciones. Las caras inferiores de los dos últimos forjados han sido diseñadas por el estudio gmp como bóvedas de arista, a fin de crear espacios de alta calidad. Ya han concluido las obras de la nave de andenes de orientación este-oeste, que se encuentra cubierta por una estructura acristalada afiligranada con una longitud de 321 m. Una vez terminado el conjunto, ésta atravesará dos estrechos volúmenes de 46 metros de altura que, con su situación y orientación, dibujan el trazado de los andenes subterráneos en dirección norte-sur. Entre estos dos “pórticos”, con una superficie de oficinas de 70000 m², se encuentra la nave central de la estación de 45 m de ancho y 159 m metros de largo. Gracias a sus generosos vacíos, tres plantas de tiendas y restaurantes entre los dos niveles de andenes, la estación se convertirá también en centro comercial y de negocios del futuro barrio en torno a la estación. La nave con orientación norte-sur se halla cubierta por una bóveda de cañón afiligranada y acristalada. El punto de intersección de las dos líneas de ferrocarril de larga distancia queda resaltado por el crucero de las dos naves acristaladas.

La construcción de retículas espaciales arriostradas mediante cables y redes de cables, desarrollada por nuestro estudio, ya había sido aplicada en varias ocasiones. Es-

tas retículas permiten realizar superficies de formas libres y extraordinaria transparencia, ya que están directamente acristaladas, es decir, la estructura portante y el soporte del acristalamiento son idénticos. Además, este tipo de construcción resulta relativamente económico pues todos los elementos tienen igual longitud. Frente a las tradicionales naves de estaciones ferroviarias, esta estación permite cubrir las seis vías con una sola cubierta. En lugar de los altos arcos parabólicos utilizados para los trenes a vapor, nosotros optamos por arcos carpanel, estabilizados mediante una estructura de cables tensados. Entre arco y arco, a una distancia de 13 metros de separación, se extienden retículas espaciales transparentes, que sustituyen las habituales correas. Aunque la idea urbanística de los dos pórticos sobre el cruce de las dos naves acristaladas limitaba la altura de la cubierta, se pudo llegar a una solución satisfactoria para arquitectos e ingenieros. El concepto de puesta en obra y los cálculos de montaje para las cubiertas acristaladas, así como para las dos fachadas pretensadas de la cubierta norte-sur, aún por construir, también forman parte de nuestro encargo.

Sección
Nave de andén este-oeste
Escala 1:50

- 1 Compuerta de evacuación de humos
- 2 Raíles para góndola de limpieza de cubierta tubo de acero Ø 100 mm
- 3 Acristalamiento de protección solar vidrio laminado de seguridad:
Vidrio termoendurecido 2x 10-6 mm, grosor de vidrio variable según cálculo
1,52 mm con lámina de PVB
Debido al estrechamiento radial de la estructura reticulada en dirección longitudinal y transversal, resultan formatos no rectangulares entre 1,70 m x 1,70 m y 1,50 m x 1,40 m
- 4 Junta de silicona
- 5 Vidrio laminado de seguridad con células fotovoltaicas:
Vidrio termoendurecido 10-8 mm, grosor variable según cálculo
Células fotovoltaicas en resina colada 2 mm
Vidrio termoendurecido 10-8 mm, grosor variable según cálculo
- 6 Fijación contra succión en esquinas de luna disco de fundición de aluminio Ø 140 mm lijado
Apoyo de acristalamiento:
Perfil de silicona lineal 60 mm de altura variable, para conseguir una superficie exterior enrasada con diferentes grosores de acristalamiento
- 7 Barra longitudinal perfil de acero T 175/60/30 mm
- 8 Estructura reticulada de cables de acero 2x Ø 12 mm
- 9 Fijación de raíles electrificados para aparato interior de limpieza
Pletina de acero 12/50 mm
- 10 Cercha principal perfil de acero I 450 mm soldado, altura 450-900 mm
- 11 Cables diagonales dobles 2x Ø 22 mm
- 12 Cable diagonal central Ø 30 mm
- 13 Tirante inferior cable de acero Ø 44 mm
- 14 Barra de compresión tubo de acero Ø 101 mm con chapa de rigidización
- 15 Sujetacables pieza de fundición de acero
- 16 Tirante inferior cercha principal pieza de nudo de fundición de acero
- 17 Barra de compresión tubo de acero Ø 114 mm con chapa de rigidización

- 17 Tirante superior cable de acero Ø 58 mm
- 18 Barra de compresión tubo de acero Ø 127 mm con chapa de rigidización
- 19 Paranieves tubo de aluminio Ø 50 mm
- 20 Perfil vierteaguas en luna practicable para entrada de aire
- 21 Luna practicable para entrada de aire sin marco
- 22 Viga perimetral inferior tubo de acero 450/450/50 mm con pletinas soldadas
- 23 Apoyo móvil de rodillos
Elemento de fundición de acero con rodillo de articulación integrado
Árbol sujeto mediante dos caballetes de apoyo
- 24 Puente ferroviario de hormigón armado
- 25 Raíles para góndola de limpieza de alero

Página 1456
Terminal del Aeropuerto Madrid-Barajas

Gracias a la ampliación del Aeropuerto Madrid-Barajas, con dos nuevas pistas de despegue y aterrizaje, así como un nuevo terminal con un edificio satélite en el campo de vuelo, el aeropuerto podrá atender a hasta 35 millones de pasajeros al año. Eso lo convierte en un importante nudo de tráfico aéreo para toda Europa y puerta de entrada para los vuelos de Sudamérica. Junto al nuevo terminal y el edificio satélite, el proyecto abarca los correspondientes aparcamientos, un sistema mecanizado para el tratamiento de equipajes y un transporte automatizado de pasajeros que conectará el edificio terminal y el satélite, así como las estaciones de tren y metro. El complejo dispone de una superficie útil de más de un millón de metros cuadrados. Sus gigantescas dimensiones llevaron a optar por una estructura extensible y repetitiva para el terminal, con módulos de gran formato sobre una trama de 18 x 9 metros. El nuevo de aspecto lineal, con una clara sucesión de espacios, sigue una construcción de tipo modular y está marcado por series de estrechos y ondulados elementos de cubierta, que se extienden sobre el edificio terminal y el satélite. Grandes lucernarios en la cubierta hacen llegar la luz del día a la zona de salidas, en la planta alta. Cañones de luz dividen los forjados en zonas paralelas, delimitando las áreas de llegada, facturación, control de pasaportes y seguridad, así como embarque y salida. De esta manera, la luz natural también alcanza los niveles inferiores y el ritmo de los espectaculares vacíos de altura del edificio, que se hallan atravesados por puentes, dota de orden al complejo. La cubierta del edificio con orientación norte-sur ofrece protección solar a las fachadas acristaladas con amplios voladizos. Los elementos de protección adicionales en los lados longitudinales del edificio se hallan suspendidos del alero, haciendo que las fachadas pierdan aún más protagonismo. La cubierta se encuentra revestida por chapa de aluminio en el exterior y listones de bambú en el interior, formando una suave superficie continua, cuyo ritmo marca las zonas de pasajeros en el interior. La estructura se compone de tres sistemas distintos: la construcción masiva de hormigón armado de las plantas inferior-

res, la estructura de hormigón armado de las tres plantas altas con pilares, vigas pretensadas y losas de forjado, así como la estructura de acero de la cubierta. Una estructura de cables pretensados para el acristalamiento de las fachadas longitudinales mantiene fija la cubierta sobre la estructura de hormigón armado, contribuyendo a la estabilidad del conjunto. La reducción de materiales y la clara realización de los detalles destacan el carácter directo de la arquitectura.

La construcción de la cubierta y la fachada de este aeropuerto son buenos ejemplos del trabajo de colaboración integrador llevado a cabo por arquitectos e ingenieros. Las enormes dimensiones del edificio, que cuenta con una longitud de más de un kilómetro, hicieron preciso un diseño de estructura modular que acentuara el concepto lineal de manera elegante. El perfil de las alas desplegadas sigue la curva de las solicitaciones de la cubierta, con una mayor sección en las zonas expuestas a una mayor carga. Las vigas principales, dispuestas a una distancia de 9 metros, constan de vigas de acero curvadas con una altura de 1500 mm en el centro de la nave; esta altura se reduce a 1100 mm por encima de los cañones de luz y a 750 mm sobre los apoyos exteriores. Entre las vigas principales se extienden vigas secundarias curvadas a una distancia de unos 3,5 metros, que portan las correas y la cubierta. La construcción elementada de pórticos de acero fue elegida para facilitar la producción y puesta en obra, y se corresponde con la repetitiva forma del edificio. Los pares de pilares cónicos en V, situados cada 18 metros en el eje longitudinal del edificio, son los puntos principales de apoyo de la cubierta. El borde exterior de ésta reposa sobre pilares inclinados a una distancia de 18 metros, que constan de dos perfiles huecos ovalados que en la parte superior se bifurcan en Y. El claro diseño del edificio queda completado por fachadas de vidrio sin elementos verticales destacables. Una serie de celosías de cables, tensadas entre las vigas principales de cubierta y la losa del suelo, forman los únicos elementos verticales de la estructura. Cada celosía de cables ha sido pretensada con una carga de 45 toneladas, para evitar que las barras de acero ejerzan presión sobre la fachada bajo los efectos del viento. El acristalamiento es fijado por travesaños de 9 metros de longitud, dispuestos entre las celosías de cables.

Isometría
Secciones de detalle
Escala 1:20

- 1 Chapa de aluminio 0,9 mm
- 2 Canalón chapa de aluminio 3 mm
- 3 Perfil de acero 520/260 mm
- 4 Viga principal de acero soldado Alas 500/30 mm Alma 690-1440/15 mm
- 5 Perfil de acero fi 100 mm

- 6 Tubo de acero \square 60/4 mm
- 7 Viga secundaria perfil de acero IPE 500
- 8 Tubo de acero \square 60/40/2 mm
- 9 Perfil omega de acero galvanizado 12/20/20/1 mm
- 10 Listones de bambú 100/5 mm
- 11 Elemento de cubierta chapa de aluminio,
fijado con clip 65/400/0,9 mm
Lana mineral 175 mm
Tablero derivado de madera 16 mm
Barrera de vapor
Perfil omega de acero galvanizado 1,5 mm
con lana mineral intermedia 30 mm
Chapa grecada de aluminio, perforada y rellena
con lana mineral 35/200/1,2 mm
- 12 Chapa de aluminio plegada 1,4 mm
- 13 Acristalamiento de protección solar vidrio templado 12 + cámara intermedia 12 + vidrio laminado de seguridad 12 mm
- 14 Perfil de acero IPE 200
- 15 Tubo de acero \varnothing 200/8 mm

Sección Escala 1:100

Secciones de detalle Escala 1:20

- 1 Viga principal perfil de acero
Alas 500/30 mm
- 2 Perfil de acero inoxidable
- 3 Chapa de acero 45 mm
- 4 Cabeza de horquilla acero inoxidable
- 5 Cable de acero inoxidable \varnothing 38 mm
- 6 Perfil de aluminio anodizado
- 7 Cable de acero inoxidable \varnothing 33 mm
- 8 Acristalamiento de protección solar vidrio templado 12 + cámara intermedia 12 + vidrio laminado de seguridad 12 mm
- 9 Manguito de cruzamiento acero inoxidable pulido
- 10 Arandela de fijación chapa de acero inoxidable pulido
- 11 Barra de compresión pieza fundida de acero inoxidable y pulido
- 12 Relleno de espuma de poliuretano
- 13 Perfil de acero soldado de tubo de acero \varnothing 76 mm + pletina de acero
- 14 Perfil de EPDM
- 15 Perno de acero inoxidable \varnothing 80 mm
- 16 Remate de perfil de aluminio anodizado,
color natural
- 17 Cubierta de canal de ventilación
- 18 Pavimento de piedra natural 30 mm