

II CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

Realizaciones: Edificación



Algunos ejemplos del empleo del Pretensado en Edificación

Juan M. Calvo Rodríguez

Lucía López de Asiain

Eva Payá García

Pondio Ingenieros

El pretensado, una técnica tan habitual en la ingeniería civil, sigue siendo un gran desconocido dentro del campo de la edificación.

Resulta curioso que en un país como España, donde la técnica del hormigón pretensado ha sido ampliamente desarrollada en todas sus vertientes, sobre todo en la construcción de puentes (pretensado, postesado, atirantado, pretensado extradorsal exterior, ...), aún podamos contar las veces que esta tecnología ha sido aplicada en edificación.

Sin embargo, el gran desarrollo arquitectónico del país en los últimos años, hace pensar que la tendencia natural es a una clara implantación del pretensado como un instrumento más al servicio de la arquitectura.

La técnica del pretensado, dentro del ámbito de la edificación, presenta una serie de ventajas claramente apreciables:

1. Las mayores exigencias funcionales y estéticas de los grandes edificios, marcan la tendencia hacia el máximo aprovechamiento del espacio, y a buscar una gran versatilidad en el empleo del mismo. Esto pasa por buscar grandes espacios diáfanos, donde el empleo del pretensado presenta una clara ventaja frente a la construcción tradicional.
2. El empleo del pretensado en los forjados permite reducir considerablemente su canto, consiguiendo elementos estructurales muy esbeltos, y eliminando las tan polémicas vigas descolgadas.
3. La compresión que el pretensado introduce en el hormigón, reduce considerablemente los problemas de fisuración del forjado, así como la pérdida de rigidez que eso conlleva. De esta forma pueden alcanzarse luces mucho mayores sin perjudicar la adecuada funcionalidad y vida útil del edificio.
4. Por otra parte, las fuerzas de desvío que introduce el pretensado pueden compensar parcialmente las flechas resultantes bajo la acción de las cargas permanentes. Esto reduce considerablemente la limitación que las deformaciones introducen en las dimensiones de los elementos estructurales del edificio, tanto en lo referente a las luces entre apoyos como al espesor de los distintos forjados.

Si bien cualquiera puede pensar que esta es una visión parcial del tema, que si todo fueran ventajas no existirían reticencias a su introducción como técnica habitual de construcción, No cabe duda que existe un determinado campo donde esta técnica resulta claramente rentable y competitiva: un rango de luces elevado, exigencias estructurales complejas, cargas importantes, ...

Hasta hace unos años, la edificación en general se movía en un ámbito donde el pretensado era sustituido ventajosamente por forjados unidireccionales, losas de hormigón armado o, todo lo más, reticulares. Quizá por ello, la técnica del postesado buscó su expansión en el ámbito de la obra civil, y sobre todo de los puentes.

Sin embargo, el diseño arquitectónico ha evolucionado a pasos agigantados en las últimas décadas, proliferando la construcción de grandes edificios y de espacios emblemáticos.

Las nuevas exigencias impuestas por la arquitectura al diseño estructural, marcan una clara tendencia hacia el empleo de otras tecnologías. Entre ellas, se presenta el pretensado como la más clara, mostrándose ahora además como una técnica largamente contrastada y experimentada, y cuyas virtudes han sido sobradamente probadas.

Quizá la lentitud con que este proceso parece estar desarrollándose, pueda achacarse a ciertos tópicos que en el ámbito de la edificación siempre se han asociado al postesado:

- Dificultad de ejecución. Aspecto que hoy en día, y con el amplio desarrollo que esta técnica presenta, sólo puede atribuirse a un desconocimiento del tema con la inseguridad que esto siempre conlleva.
- Alto coste de ejecución. Es cierto que esta técnica resultaba poco rentable dentro de la edificación tradicional, sin embargo, es hoy la técnica claramente más competitiva cuando nos movemos en los diseños arquitectónicos más vanguardistas.

A continuación se muestran tres ejemplos donde el pretensado ha resuelto satisfactoriamente tres problemáticas estructurales claramente diferentes:

- Palacio de Congresos de Barcelona.
- Sede social de Endesa.
- Aeropuerto de Tenerife Norte – Los Rodeos.

PALACIO DE CONGRESOS DE CATALUÑA

Arquitectos: C. Ferrater, J.M. Cartañá, A. Peñín

Constructora: Ferrovial-Agromán

Propiedad: Barcelona Projects, S.A.

El Palacio de Congresos ha sido Premio Nacional de arquitectura 2001. Entre los muchos valores arquitectónicos del edificio, destaca, por encima del resto, el magistral empleo del

hormigón blanco. A la brillantez del diseño del edificio, se une el cuidado exquisito que la empresa constructora empleó en la puesta en obra del mismo.



El resultado final de todos los elementos de hormigón blanco se debe al cuidadoso tratamiento de los encofrados, la disposición y coincidencia de los paneles, el sellado de latiguillos con discos de acero inoxidable y la decisión de no utilizar juntas de dilatación en los muros.



Hecha esta inevitable mención a un aspecto realmente destacado del edificio, retomamos el objeto de este artículo.

Un edificio multidisciplinar de estas características, tiene la necesidad de disponer espacios de dimensiones muy variados exentos de pilares. El empleo de losas macizas de hormigón permite salvar el rango de variación de luces de este edificio, comprendidas entre los 5 y los 26 metros con cantos estrictos y sistemas de construcción homogénea para toda la obra. La luz de 26 metros corresponde a la necesidad de disponer un espacio diáfano de 80x26 metros, correspondientes al techo del comedor y suelo del salón de actos.

La zona se resolvió con una losa maciza de 65 cm de canto (relación canto/luz de 1/40), de hormigón pretensado. Las unidades de pretensado utilizadas son de 19T15 dispuestas cada 50 cm.

El canto estricto utilizado ha sido posible gracias a un hormigón poco habitual en edificación (HP45) y al empleo de unidades realmente potentes de pretensado.

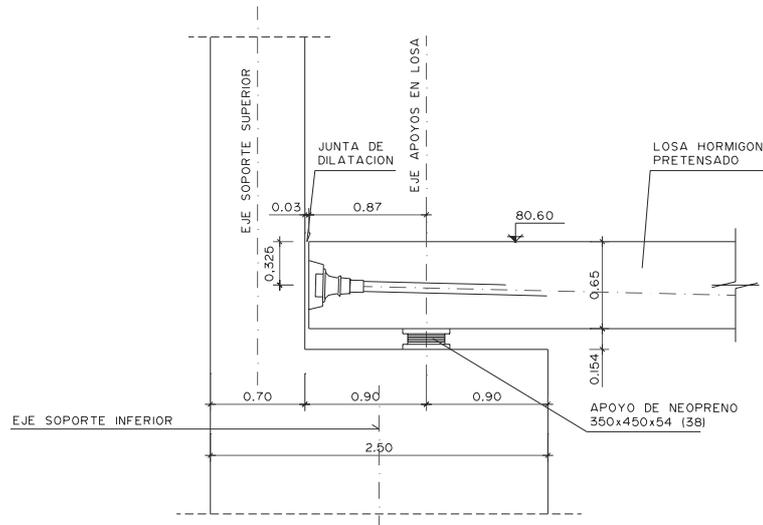


Anclajes de pretensado en extremo de losa

Una cuestión importante a la hora de resolver una zona del edificio de estas dimensiones, es la situación de las juntas de dilatación.

En el sentido de los 26 m de luz nos pareció adecuado separar el edificio del resto, aprovechando que ese punto está enmarcado por la tabiquería del salón de actos.

En la otra dimensión, no se emplearon juntas en una longitud de 90 metros. Entendimos que partir el salón de actos con juntas de dilatación podía inducir más problemas (insonorización, etc...), que las ventajas que podían aportar dichas juntas.



Detalle de apoyo de forjado en pilares

Otro elemento arquitectónico destacado es la marquesina de la entrada principal. La marquesina es rectangular en planta con lados de 8x11.00 metros. Está apoyada en dos caras contiguas.

El canto utilizado fue de 40 cm, con un canto aparente en el frontal de 16 cm. Se emplearon cables de 7T15 colocados en la dirección de 8 metros. En el interior de la fachada se dispuso un contrapeso en el que anclar los cables. Estructuralmente no resulta difícil resolver este tipo de elementos, pero resulta realmente complicado acertar con la contraflecha con la que dotar el voladizo.



Vista de la marquesina pretensada

EDIFICIO NUEVA SEDE SOCIAL DE ENDESA

Arquitectos: KPF, Rafael de la Hoz, Prointec UTE

Constructora: San José

Propiedad: ENDESA – Project Manager: Gerens Hill

El edificio de la nueva sede social de Endesa está situado en el Campo de las Naciones de Madrid. Todo el edificio está resuelto con losas macizas de espesor 35 cm, en los rangos de luces de 8,10 x 8,10 m.

Existen, sin embargo, tres zonas del edificio en las que ha sido preciso el empleo de hormigón pretensado:

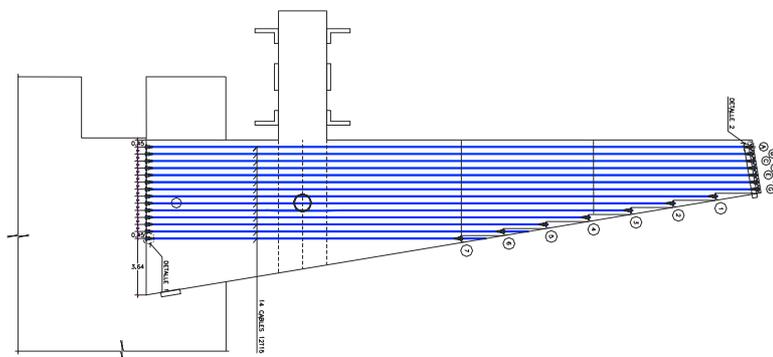
a) Cubierta del salón de actos

El salón de actos se encuentra situado bajo la entrada principal del edificio.

Se trata de un espacio con una luz media de 15 m en la que, por problemas de gálibo, sólo era posible utilizar una losa de 50 cm de canto. Su carácter unidireccional y las cargas que debe soportar, nos aconsejaron utilizar cables de 4T15 dispuestos por bandas, 8 cables en la banda de soportes y 6 cables en la banda central.

b) Pasarelas del atrio

El edificio tiene un gran atrio central que separa los dos cuerpos principales. Éstos se encuentran unidos por una pasarela de 36 metros de longitud total, con 2 vanos de 28 y 8 metros. El ancho en planta es variable de 4 a 10 metros. Existen 4 pasarelas coincidentes con los forjados del edificio.



Planta de colocación de cables

Para resolver esta singularidad, se recurrió al empleo de una losa de hormigón pretensado de 55 cm de espesor, con un recrecido de 25 cm en la pila central, ligeramente acartelado.

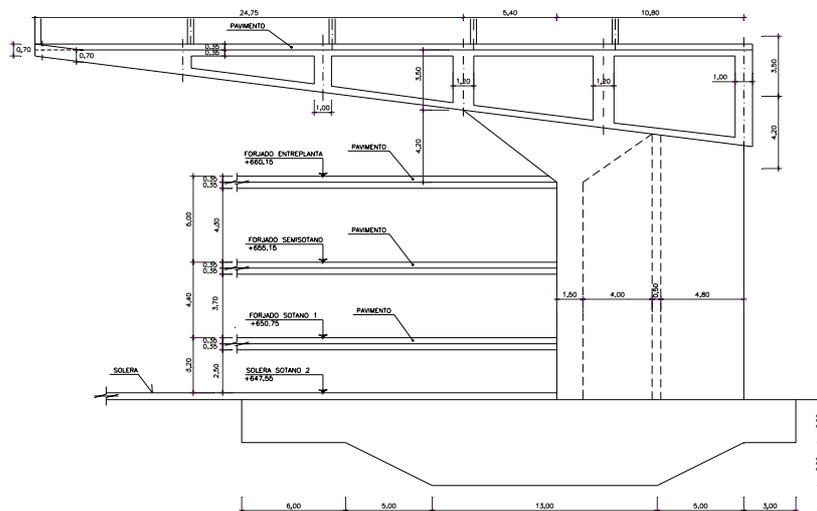


Pasarelas del atrio

Las unidades de pretensado utilizadas fueron 14 cables de 12T15 equiespaciados 0,45 metros.

c) Voladizo

Se trata del elemento más singular de todo el edificio, que destaca por su complejidad del resto. La longitud del voladizo es de 40 metros, con ancho en planta variable de 8 a 16 metros. Se plantea como un conjunto de 4 plantas considerando el forjado de cubierta. Los forjados superiores son de hormigón armado de 35 cm de espesor, con luces de 8 x 8 m². Como elemento de apoyo existe una pila única de 10.80 m de canto por 3.40 m de ancho.

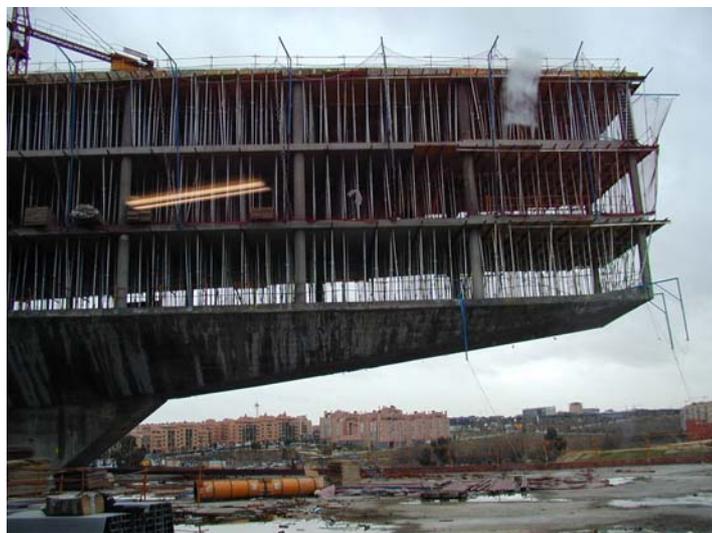


Alzado general del voladizo

La pila tiene forma de “U” con un ancho de la cabeza de compresión de 1.50 m y un espesor de las paredes laterales de 0.50 metros. Se ha situado un tabique central de 0,50 metros de espesor.

Todos los elementos soporte de este voladizo, zapatas, pila y voladizo, son de hormigón pretensado y se han proyectado con un hormigón de 45 Mpa de resistencia característica.

El elemento estructural que constituye el voladizo, está formado por una sección bicelular de hormigón. Esta sección tiene un alma central de 2.40 m de ancho (que le confiere toda la capacidad resistente a flexión y cortante) y las almas laterales inclinadas (que le confieren su rigidez a torsión).



El voladizo durante la construcción

La unión del voladizo con la pila se realiza con una sección maciza en la que se materializa el equilibrio global del nudo.

La zapata que sirve de cimentación a todo el conjunto tiene unas dimensiones en planta de 32 x 8.0 metros y un canto variable de 2.50 a 5.0 metros. Esta zapata se sitúa claramente excéntrica con respecto a la pila con el fin de centrar lo más posible las cargas que ésta le transmite. Su pretensado lo componen 16 cables de 31T15 dispuestos homogéneamente en todo el ancho.

El pretensado de la pila está formado por 4 parejas de cables de 31T15 situados verticalmente en las paredes laterales.

El pretensado del voladizo lo forman un total de 21 cables de 31T15, divididos en cinco familias de cables con longitudes diferentes. Estos cables parten todos del extremo posterior del voladizo, y se van anclando en los mamparos intermedios dispuestos bajo la

línea de apoyo de los pilares de los forjados superiores (cada 8.10 m). Estos mamparos son zonas rigidizadas de la sección transversal, con un espesor de 0.50 m.



Colocación de los cables de pretensado

AEROPUERTO DE TENERIFE NORTE. LOS RODEOS

Arquitectos: N-3

Constructora: Ferrovial-Agromán

Propiedad: AENA

El nuevo edificio terminal de Tenerife Norte – Los Rodeos es un edificio ejemplo del empleo del pretensado con elementos específicamente creados para su uso en edificación.

Los sistemas y unidades de pretensado empleados en los dos edificios expuestos anteriormente son más comunes en la obra civil.

En esta ocasión se empleó un sistema de pretensado adherente con vaina plana de 4 torones. El empleo de la vaina plana está especialmente diseñado para alojarse en los cantos estrictos de los forjados de edificación (entorno a los 30 - 50 cm).

Todo el edificio está resuelto con elementos de hormigón armado, excepto una zona de aparcamiento destinado al tráfico de autobuses con luces de 10x13 metros donde las condiciones de proyecto exigían una sobrecarga de uso de 20 KN/m².



Detalle de anclaje pasivo antes de su colocación

Los sistemas tradicionales no permitían resolver esta zona de forjado de unos 3600 m², por lo que se propuso a la propiedad el empleo de losas de hormigón pretensado.

Dado el marcado carácter bidireccional del forjado se adoptó una disposición de cables ortogonal. Los cables se colocaron en bandas, con mayor concentración en la banda de soportes. El canto del forjado fue de 40 cm (relación canto/luz 1/33).



Planta de cables