

Pasarelas

Javier Manterola Armisén

Miguel A. Gil Ginés

Miguel A. Astiz Suárez

Antonio Martínez Cutillas

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

RESUMEN

Presentamos cuatro pasarelas diseñadas entre los años 1992 y 1997. Una de ellas está construida, la pasarela del Malecón de Murcia, otra está a punto de construirse, la situada sobre el 2º Cinturón de Ronda de Zaragoza y dos más que no se van a construir, pero que de alguna manera tienen cierta importancia para nosotros. Nos referimos a la pasarela sobre el Llobregat, situada en nuestra propuesta de las estructuras del Baix Llobregat y otra, también en la ciudad de Murcia.

La pasarela es una estructura poco comprometida. Está poco solicitada, 500 kg/m^2 no es demasiado y además es poco exigente respecto a sus condiciones de deformación, lo cual es más importante. Esto permite que sea un campo de experimentación resistente y formal muy interesante de cultivar.

Las tipologías que hemos utilizado son nuevas, mejor dicho, más o menos nuevas, constituyen un desarrollo de planteamientos estructurales clásicos como son las estructuras rectas o en arco o colgadas, de las cuales se utiliza el concepto resistente en sí y no las manifestaciones formales que normalmente adoptan.

ABSTRACT

The article describes four footbridges designed between 1992 and 1997: the first has already been constructed in Murcia, the second is about to be built over the second circular road in Zaragoza. The others, one over the River Llobregat and the other again in Murcia, will not be built, but their design is not without interest.

The footbridge is a fairly simple structure; 500 kg/m^2 is a normal requirement, and deformation is not a problem, so it offers an interesting field of experiment in resistance and form. The types presented here are fairly recent developments of classical structures –level, arch or suspension bridges– of which the resistance rather than their formal characteristics.

INTRODUCCIÓN

Las pasarelas constituyen un campo de experimentación formal y resistente muy amplio. Es una estructura poco comprometida desde un punto de vista resistente, ya que las solicitaciones pequeñas y su rigidez no tiene otra cota que la de mantener las vibraciones dentro de los valores aceptables para el peatón. Por esta razón, empezamos a ver y veremos mucho más, configuraciones formales que varían desde auténti-

cos hallazgos, llenos de contenido y sentido resistente y formal, hasta planteamientos formales cuyo contenido no consiste sino en sorprendernos.

El primer punto de vista nos permite avanzar en el conocimiento de lo construido, tanto tiempo limitado en sus manifestaciones por la precariedad de los medios y de la tecnología. Ahora esto es posible. Determinadas configuraciones resistentes frecuentes, clásicas, buenas, parecen las únicas que deben ser, porque asimilan lo habitual a lo riguroso, más aún, a

lo que es. Y esto no es así. En estos tiempos terminales existe un amplio campo de experimentación que nos permite extender lo construido, sentir el equilibrio y la resistencia de una manera más amplia que debemos investigar. Pero junto a esta manera de estar se encuentra la búsqueda del efecto, la sorpresa, sin importar si lo diseñado va a servir para dar nueva luz sobre lo construido o va a intentarlo por lo menos, o si por el contrario, no tiene otra intención que gustar. Es suficiente entonces que alguien lo calcule para que sea posible.

Estos dos mundos coexisten y se mezclan más veces de las debidas. En muchas ocasiones se deja la búsqueda, deslumbrado por un hallazgo ligero. En otras ocasiones se es más riguroso y los cantos de sirena de lo atractivo no detienen una búsqueda más penetrante, aquella que descubre otras maneras de manifestarse lo resistente. Y esto, como siempre, acaba siendo un problema moral sobre cuya salvaguarda, el ser consciente de esta disyuntiva, no es una garantía.

PASARELA DEL MALECÓN, MURCIA 1995-1997

Dirección: Juan Antonio Blanco - Ayuntamiento de Murcia
Construcción: Agroman

En el año 1992 realizamos una propuesta para el concurso del puente de la Cuesta de San Vicente en Madrid consistente en un tablero curvo, para cuatro carriles, de 120 m de luz, $R=100$ m, metálico, de 1,0 m de canto y sección trapecial excéntrica, que se colgaba de uno de sus bordes desde un mástil troncocónico excéntrico, Fig. 1. Este puente no ganó el concurso y pasó a formar parte de la multitud de propuestas que no llegan a ser.

En 1993, Juan Antonio Blanco, ingeniero del Ayuntamiento de Murcia, que conocía nuestro trabajo de la Cuesta de San Vicente, nos anima a realizarlo en una pasarela nueva que era necesario construir en Murcia sobre el río Segura y que venía muy bien, dada la existencia de una isla natural en el centro del río, Fig. 2.

Descripción

La pasarela tiene 59 metros de luz, 5,3 m de anchura y un radio en



Figura 1.

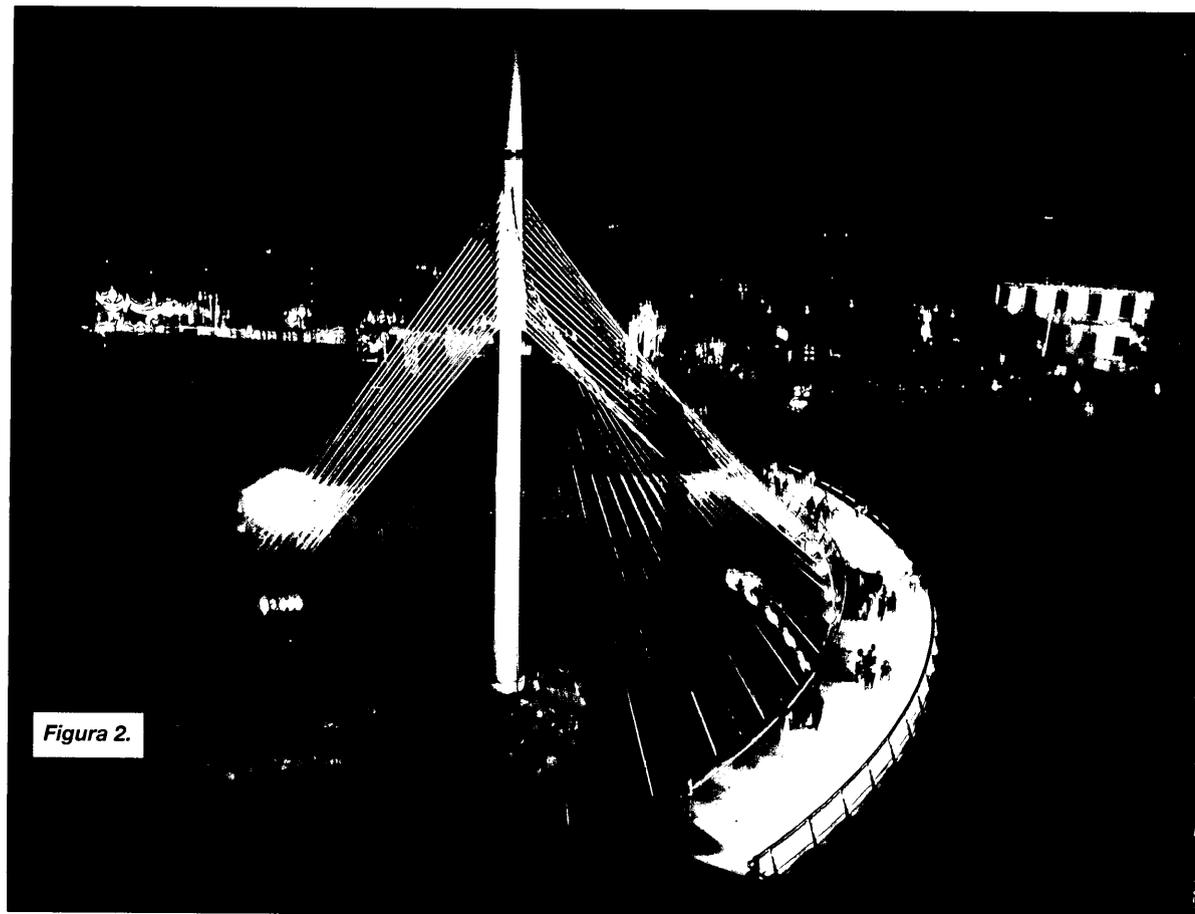


Figura 2.

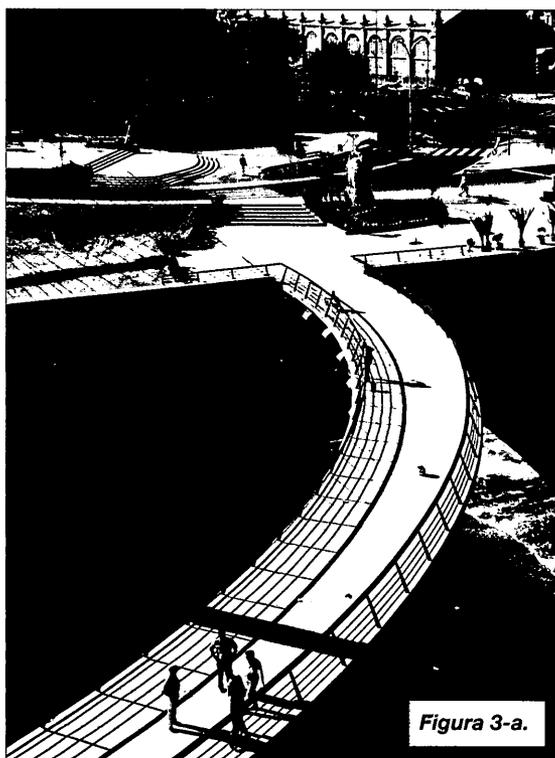


Figura 3-a.

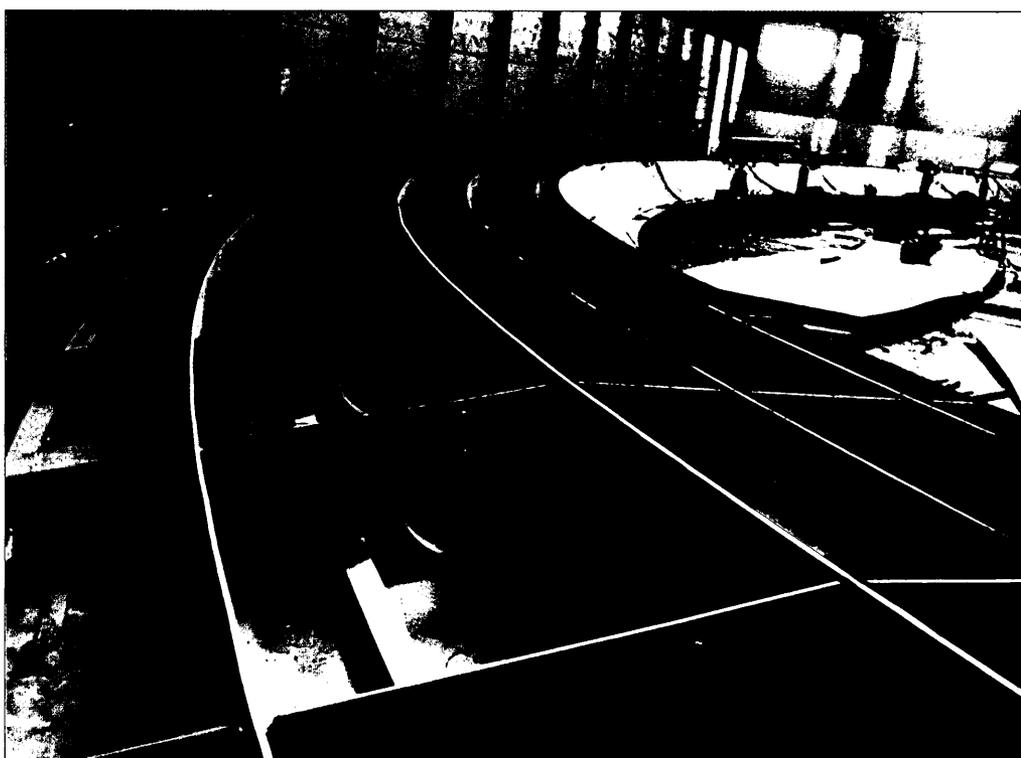
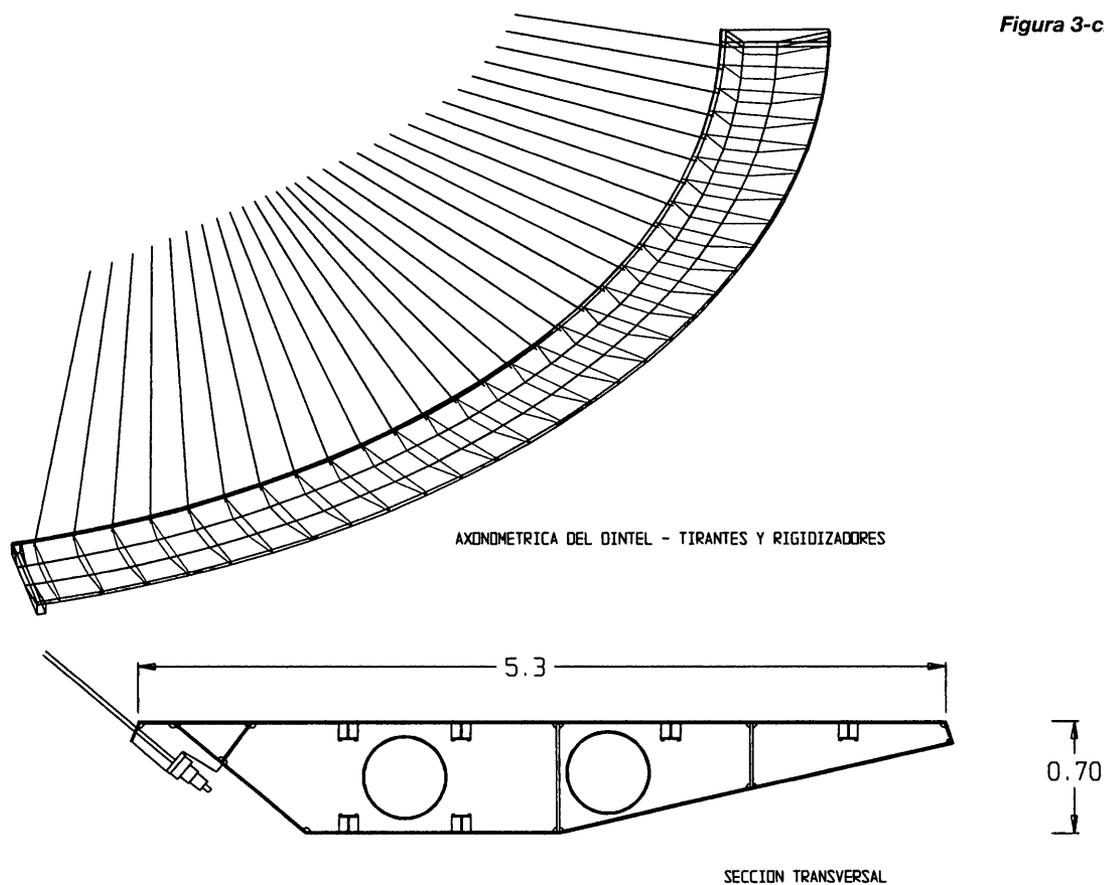


Figura 3-b.

Figura 3-c.



planta de 45 m. El dintel tiene una sección trapecial metálica con un canto de 0,7 m. Las chapas que lo constituyen son de 12 mm y 15 mm y tienen un diafragma transversal por tirante, es decir cada 2 m, Fig. 3.

La torre de atirantamiento está situada en el lado convexo de la pasarela, a una distancia del punto más próximo del dintel de 19,5 m y tiene una altura total de 29,5 m, de los cuales, 24,5 m corresponden a la altura útil del mástil y 5,0 m correspon-

den a un capuchón superior de terminación. Es totalmente metálica y de forma troncocónica, Fig. 4. Su diámetro inferior es de 1,2 m y el diámetro superior, en la zona útil, de 0,82 m. El espesor de la chapa es de 15 mm que cambia a 20 mm en la parte superior, lugar donde se realiza el anclaje de los tirantes. La rigidización transversal de la torre en la parte superior, que evita la ovalización de la misma como consecuencia de la carga de los tirantes, se realiza por medio de una serie de diafragmas transversales, dos por tirante y situados en el interior de la pila, Fig. 5.

Se disponen 30 tirantes delanteros, uno cada dos metros y 15 parejas de tirantes traseros que completan un atirantamiento espacial del conjunto. Son cables cerrados, galvanizados y pintados con cargas muy pequeñas. Aparte de los tirantes traseros anclados a un contrapeso fijo, los tirantes delanteros, correspondientes a los estribos, también se anclan a puntos fijos, lo que determina una configuración en la cual no existen tirantes que cuelgan por un lado y que anclan por el otro lado de la torre, como

Figura 4.

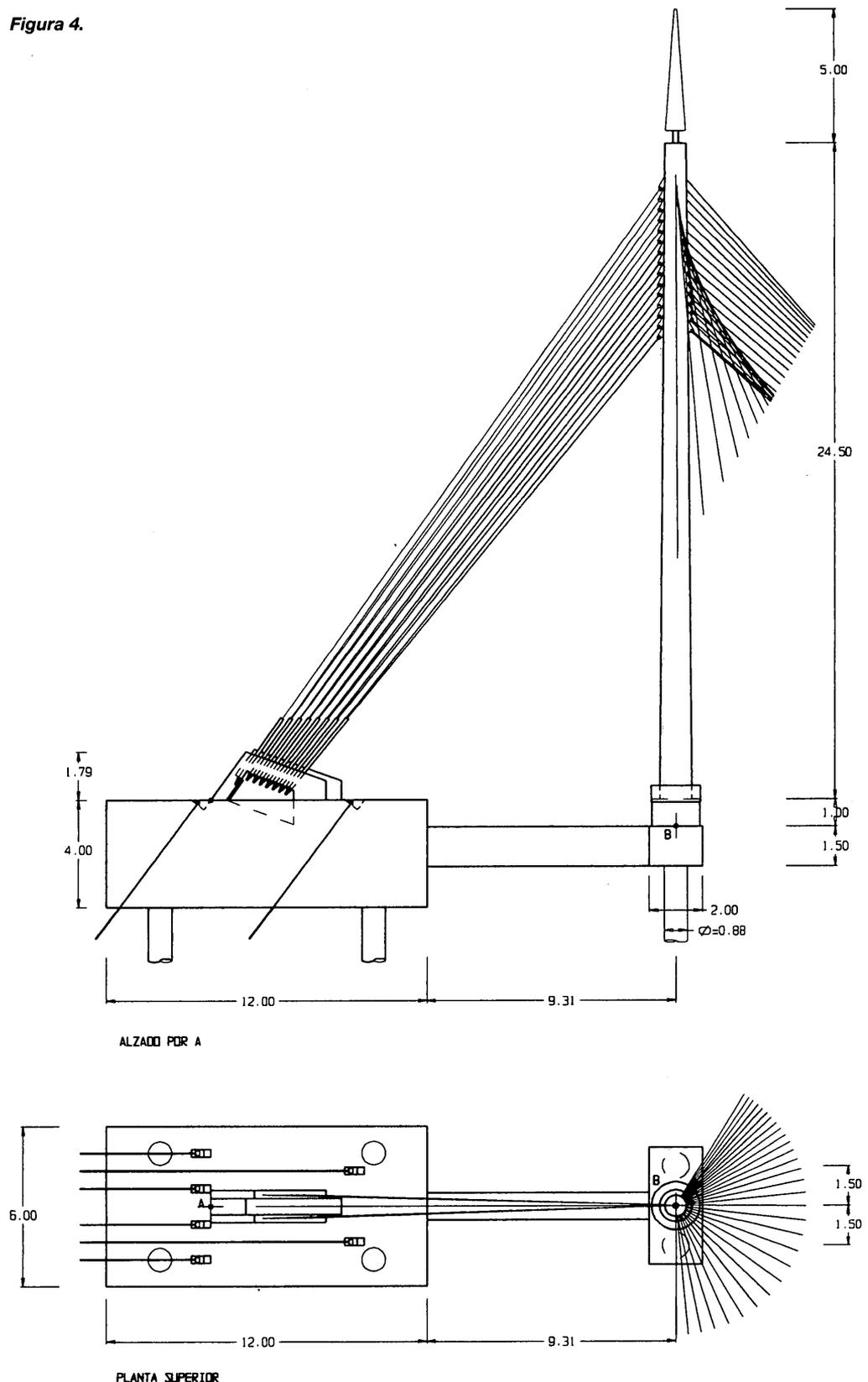
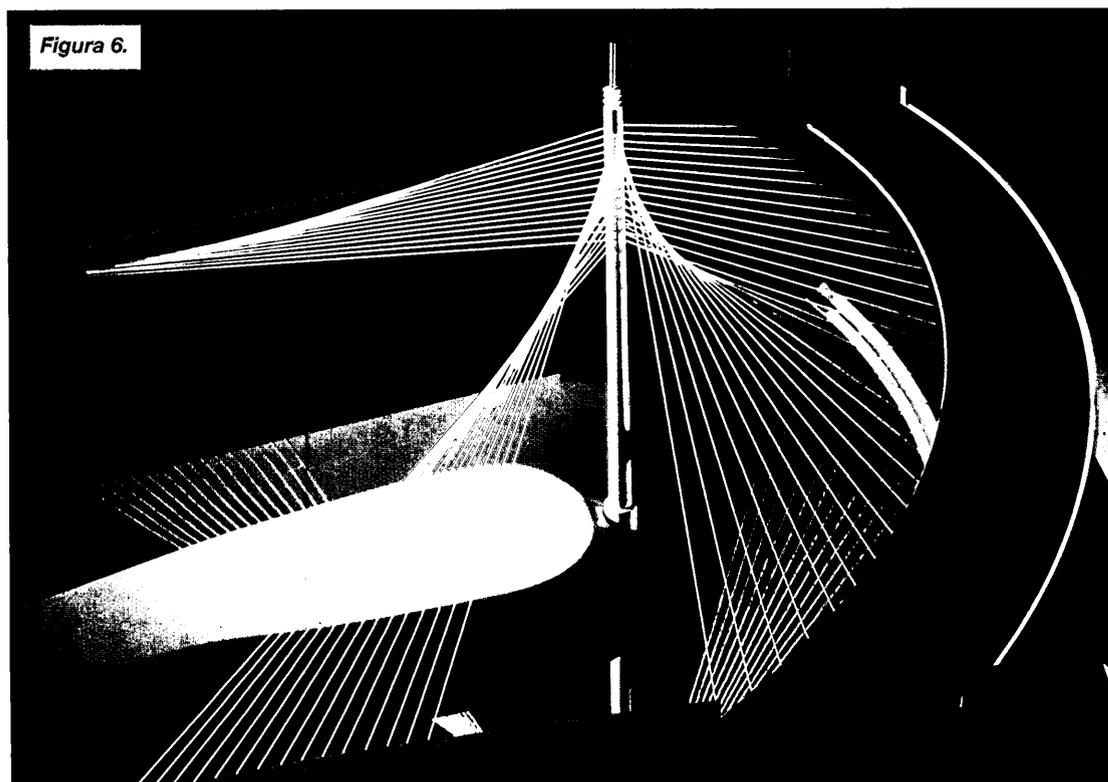


Figura 5.



Figura 6.



ocurre en los puentes atirantados clásicos. Aquí, habida la forma en planta del tablero, los cables que anclan están en los tres lados, atrás y en los bordes laterales, aunque, ciertamente, los correspondientes al estribo de la margen derecha son más importantes que los de la margen izquierda por la gran asimetría de la situación de la torre respecto al dintel. De esta manera se controlan perfectamente las acciones sobre la pila.

En los estudios iniciales de esta pasarela, se pensó en anclar los tirantes traseros en los bordes del río, canalizado en esa zona, en lugar de realizarlo en la parte trasera de la isla, Fig. 6. Esta disposición que producía una configuración espacial del sistema de atirantamiento muy espectacular, no la realizamos, pues el refuerzo necesario a realizar en los muros de la canalización del río eran mucho más caros y complicados.

La cimentación de la pasarela se compone de dos partes. La primera, la situada en la isla del río, está pilotada. Dos pilotes verticales de 800 mm de diámetro como soporte de la torre vertical y 4 pilotes verticales del mismo diámetro situados en el estribo contrapeso trasero. Este estribo se ancla con 6 tirantes inclinados al suelo, Dywidag \varnothing 36, tirantes de doble protección, que complementan la seguridad del cimiento ante la carga horizontal de los ti-

Figura 7.



rantes. La cimentación del estribo y de la pila están unidos por una viga de 1x1,5 m, Fig. 7.

En los estribos, la sollicitación del dintel, es la de una carga axil, dirigida según el eje de la pasarela, una carga vertical muy pequeña y un gran momento torsor. La excentricidad producida por esta acción sobre la carga vertical es tal que obliga a anclar verticalmente el estribo. Estos son unos macizos de hormigón de 10 m x 5 m x 3,5 m situados detrás de la canalización del río. Se cimentan sobre cuatro pilotes verticales de 800 mm de diámetro. Los tirantes extremos de la pasarela se anclan a puntos fijos visitables y situados en el interior del macizo.

Respuesta resistente

Esta pasarela asocia la curvatura en planta del dintel a la excentricidad del atirantamiento, produciendo una estructura espacial. La primera característica significativa de esta disposición es que no equilibra, a través del dintel, todas las componentes horizontales que producen los tirantes. Y esto se debe a que en su disposición espacial no se establece un cir-

cuito que cierre el efecto de las cargas horizontales. Deben, por tanto, ser ancladas y sostenidas por la cimentación de las pilas y los estribos.

La segunda característica significativa la constituye el tipo de acción que introducen los tirantes en el dintel. Junto a la componente vertical se produce una componente horizontal en la dirección de la torre. Esta última componente solicita al arco horizontal, que es el dintel, con un valor desigual, ya que la torre, en este caso, se encuentra en una posición muy excéntrica respecto al centro del dintel. En la Fig. 8 se ve la distribución no uniforme de los axiles en el dintel y la ley de momentos flectores de eje vertical que es la más importante de todos.

La componente vertical produce una acción torsora extraordinariamente importante en el dintel debido a la excentricidad de su aplicación respecto al centro de esfuerzos cortantes y esto se produce tanto para el peso propio como para la sobrecarga. Esta sollicitación torsora viene reducida por la curva en planta del dintel y del sistema de atirantamiento, lo que se aprecia en la ley de momentos torsores del dintel con

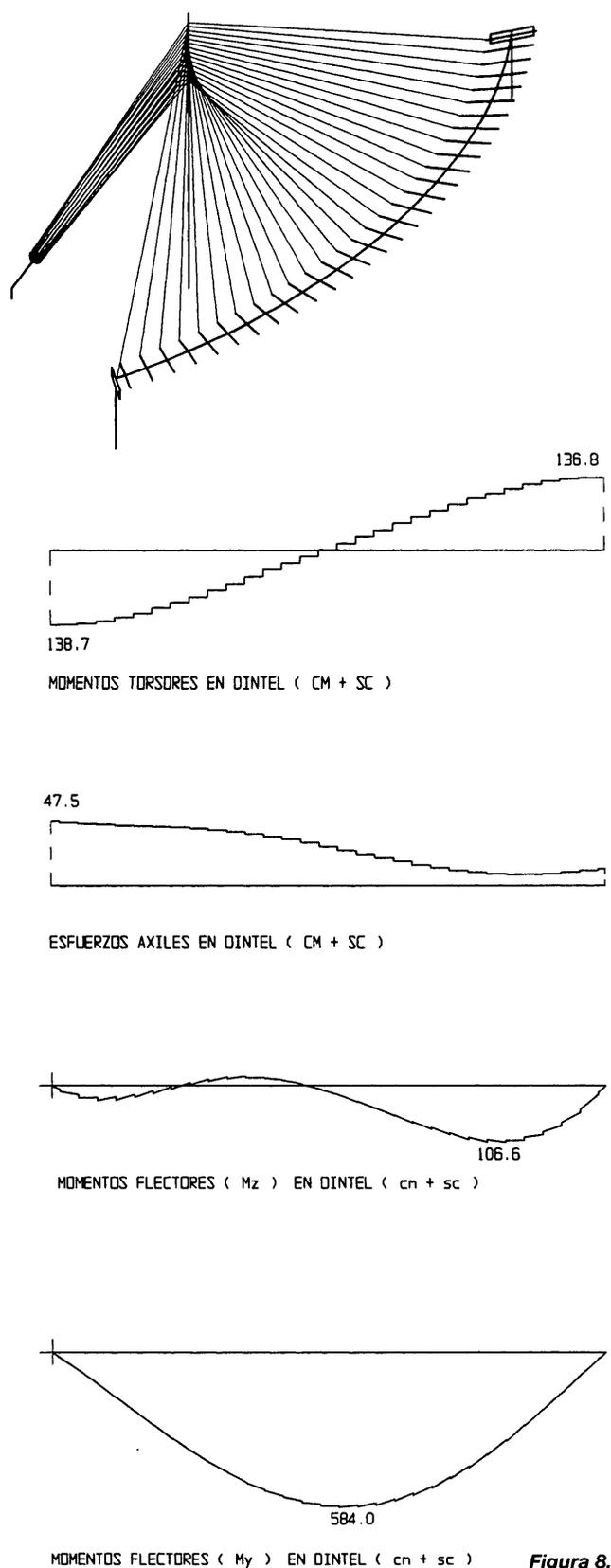


Figura 8.

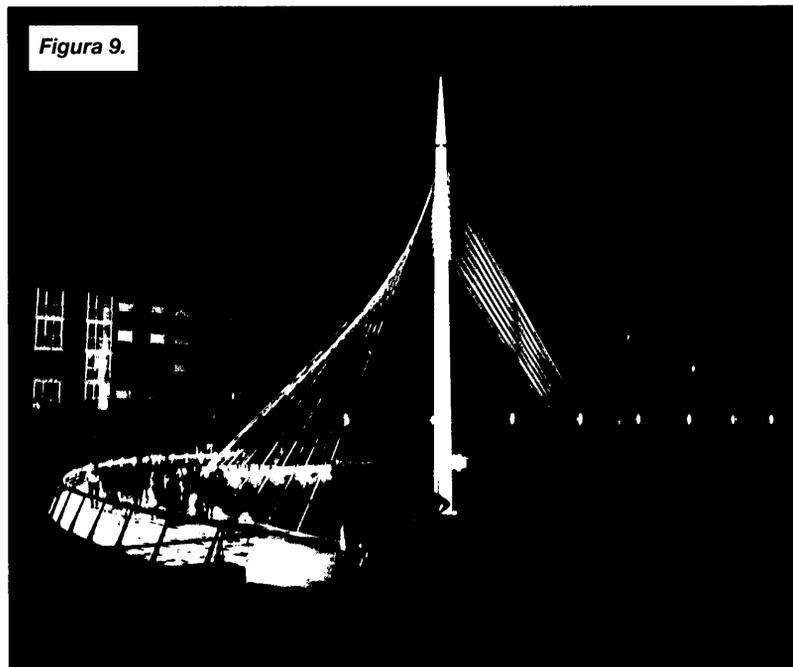


Figura 9.

un crecimiento menor que lineal, Fig.8. El efecto reductor en la curvatura en planta es tanto mayor cuanto más estrecha es la pasarela y menor en su radio de curvatura.

La fuerte torsión a que está sometido el dintel y su acoplamiento con la flexión en todo dintel curvo pone de manifiesto la necesidad de hacer todo el dintel metálico. Y esto no sólo por el mucho menor peso propio que una solución de hormigón o mixta, sino también porque la solución metálica mantiene la rigidez a torsión cuando crece la sollicitación, lo que no le pasa a la solución de hormigón o mixta, cuya rigidez a torsión se reduce mucho con la fisuración del hormigón.

Construcción

La pasarela se construyó en la orilla. El dintel se colocó con grúas en tres partes, disponiendo dos apoyos provisionales en el río. La puesta en carga de los tirantes permitió la eliminación de los apoyos provisionales.

Iluminación

La iluminación nocturna permite acentuar las características formales de la pasarela, la cual se destaca en el espacio al desaparecer, por la oscuridad de la noche, el entorno donde está instalada. La convierte en un objeto, como si estuviese erigida sobre un pedestal. En una pasarela de este tipo, la iluminación de los tirantes produce un bello efecto si se completa con una iluminación de los peatones desde la barandilla, que se lo que se ha hecho aquí, Fig. 9.

PASARELA SOBRE LA RONDA DE LA HISPANIDAD - ZARAGOZA*

Dirección: Ángel Morancho -
Demarcación de Carreteras de Aragón
Sers - Consultores de Ingeniería
y Arquitectura

Esta pasarela se va a construir sobre la Ronda de la Hispanidad que constituye una parte significativa de segundo Cinturón de la ciudad de Zaragoza.

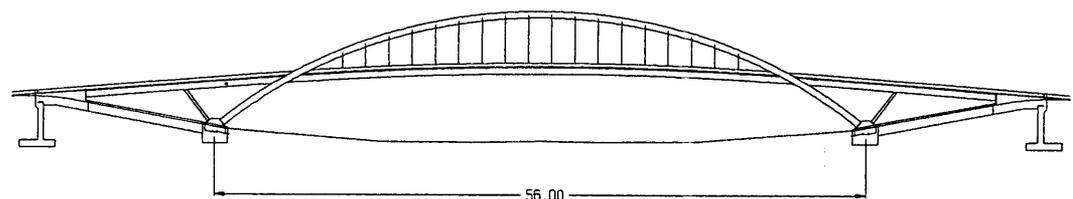
Para esta pasarela hemos proyectado una estructura en arco con tablero intermedio. La longitud de la pasarela en estructura tiene 86 m y tiene tres vanos de 15,6+54,8+15,6 m. Fig. 10

El dintel, de 3,00 m de anchura útil, está constituido por un tubo central de 560 mm de diámetro y espesor de 10 mm, salvo en una zona que aumenta a 20 mm, y dos tubos laterales de 300 mm de diámetro. Entre los tubos se disponen diafragmas metálicos cada 2 m que sostienen el tablero propiamente dicho constituido por una chapa de 10 mm rigidizada por 6 perfiles formados por 1/2 IPE-120. Fig. 11

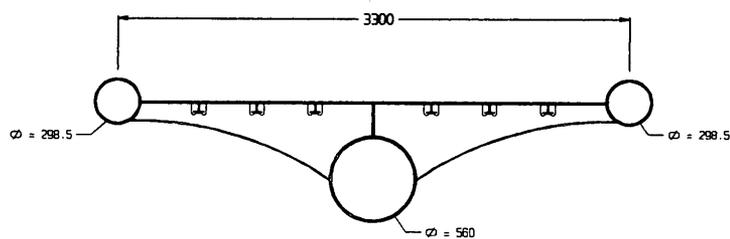
Los arcos no son verticales. Están inclinados hacia afuera con una



Figura 10.



ALZADO LONGITUDINAL



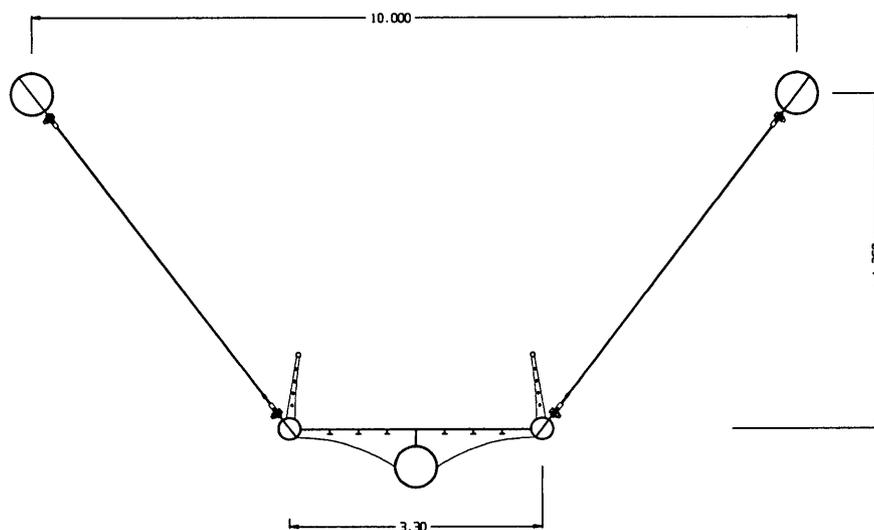
SECCION TRANSVERSAL DEL DINTEL

Figura 11.

* NOTA.- Esta pasarela, inédita en el momento de su diseño, ya está construida en Inglaterra, pero no por nosotros. Ha aparecido una fotografía suya en una publicación de propaganda de iluminación artificial, recientemente publicada (entre la redacción de este artículo y la corrección de las pruebas de imprenta). Y esta coincidencia no es la primera vez que nos ocurre, ya nos pasó con un puente construido en Francia, prácticamente igual a otro proyectado por nosotros pocos años antes. Esta circunstancia no dejaría de ser una curiosidad, por lo insólito de la coincidencia, si no fuese porque tiene su sentido.

Como ya hemos dicho, una pasarela es un campo de experimentación resistente y formal apta para producirse en una estructura poco comprometida. Y dentro de ese campo de experimentación, con el "leiv

motiv" del arco, éste se puede disponer de múltiples maneras, con una variación formal que no tiene otro sentido que la búsqueda de nuevas configuraciones agradables. Los arcos pueden ser verticales o inclinados y éstos, hacia adentro o hacia fuera. Se pueden disponer a un solo lado del tablero o a los dos, o en el eje. Se pueden disponer sobre el tablero, debajo de él o en su situación intermedia. Pueden ser planos o alabeados, etc, etc. En esta situación coincidir, cuando el objeto del diseño no es sino una variación formal, no es tan raro, máxime cuando existen bastantes diseñadores, principalmente arquitectos, dispuestos a investigar en los resultados formales de configuraciones estructurales posibles, o hechas posible, por una tecnología muy desarrollada.



SECCION TRANSVERSAL

una tracción a lo largo del dintel y un par vertical que se recoge en un estribo extremo y la cimentación vertical del arco. De esta manera esta tipología estructural solo solicita verticalmente al suelo. Fig. 14

Cálculo

El cálculo de la pasarela se efectúa con un modelo espacial de barras. Cada arco se discretiza mediante una alineación de barras, lo mismo que el dintel. Cada péndola está representada por una barra y su unión con el tablero se realiza con una barra cuya rigidez de eje vertical es muy grande para reproducir el efecto en su plano del tablero. El modelo en su totalidad tiene 160 nudos y 205 ba-

Figura 12.

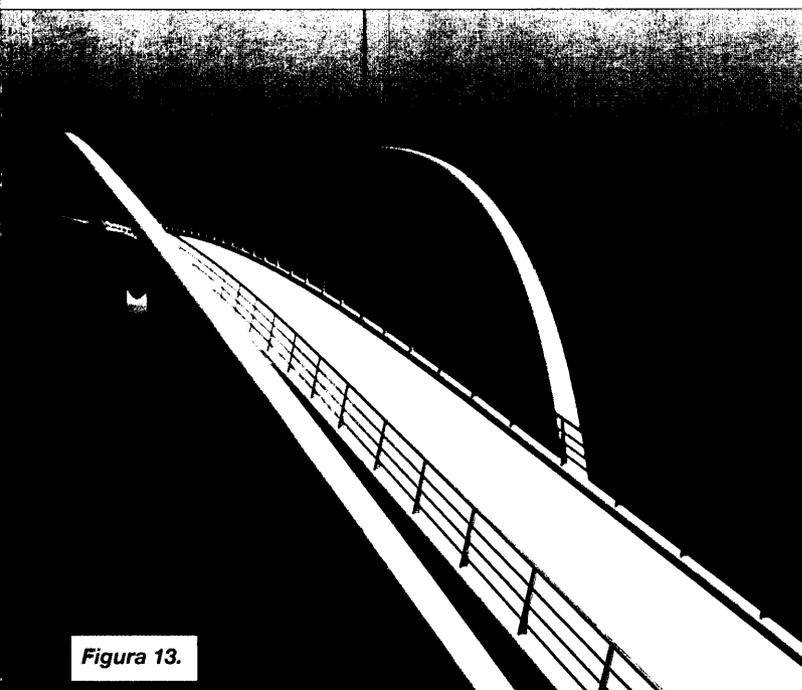


Figura 13.

inclinación que supone una abertura máxima en clave de 10 m y se mantienen unidos en arranques. La pasarela presenta así una configuración mucho más dinámica que la que se obtendría con los arcos verticales, además de no presentar problemas especiales de flexión transversal ni de pandeo. Fig. 12 y Fig. 13

El empuje horizontal de los arcos se recoge en una célula triangular extrema, móvil en sentido horizontal, pero que convierte la componente horizontal de los empujes del arco en

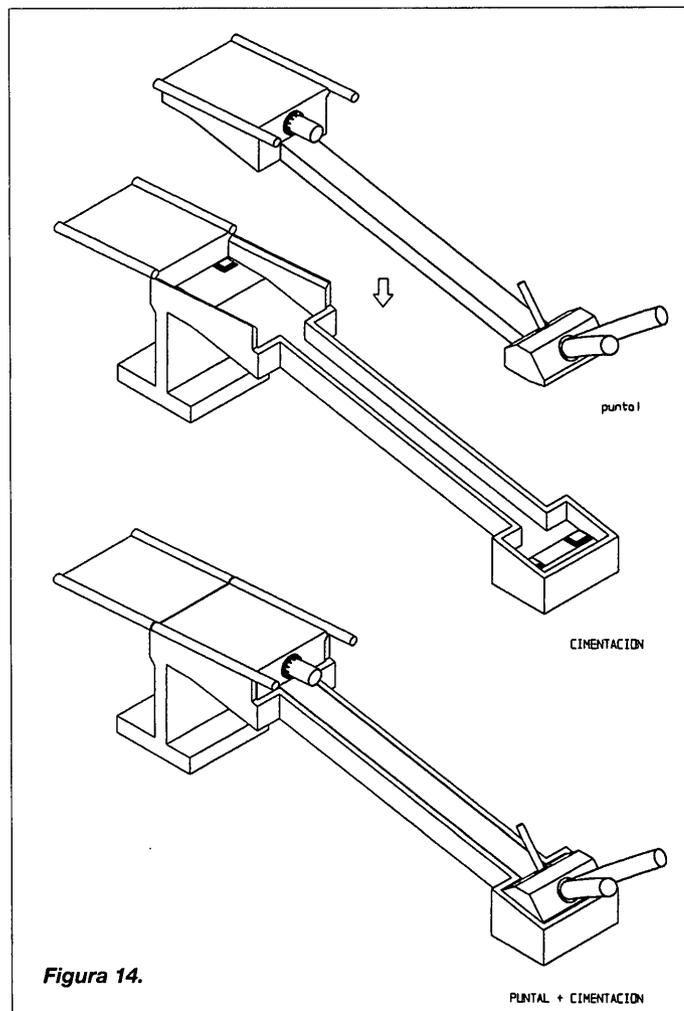


Figura 14.

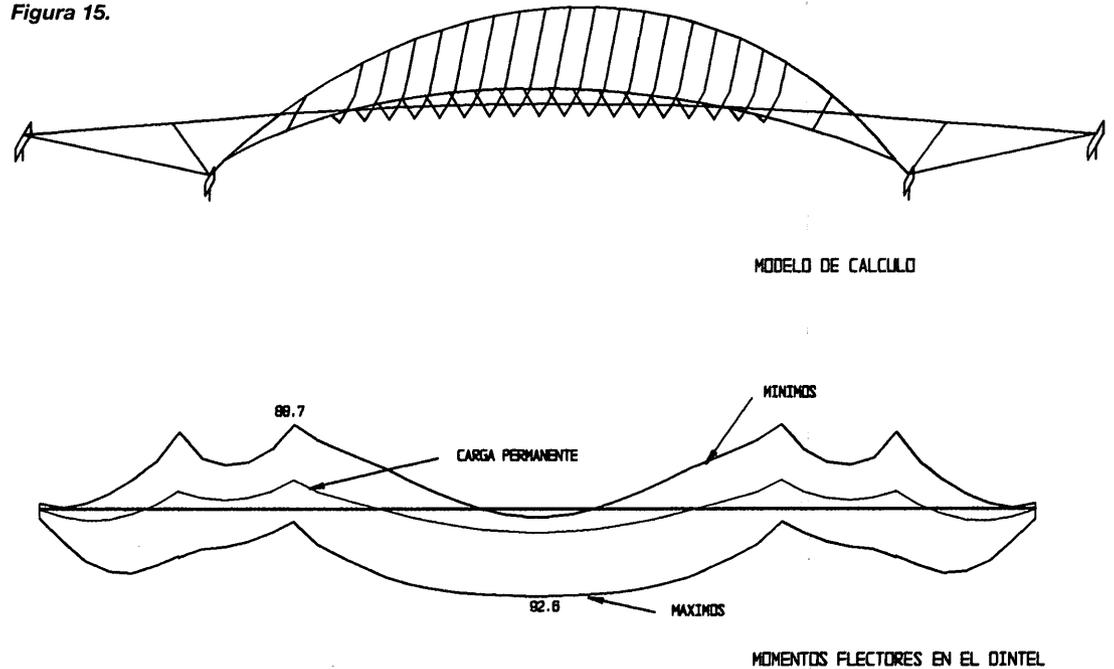
rras y se puede ver en la figura 15.

Las características de las barras de tablero se obtienen como una sección en doble T donde la cabeza inferior es un tubo y la superior es el tablero y los dos tubos laterales. Ambas cabezas están conectadas por un alma vertical.

Las cargas que se aplican al modelo son las establecidas en la Instrucción sobre acciones en puentes de carretera. Se consideran 32 hipótesis de carga: peso propio, carga muerta, temperatura, asentos, pandeo del arco, viento y 18 de sobrecarga uniforme. Estas hipótesis se cambiaron para obtener los esfuerzos más desfavorables en cada sección. En la figura 15 se muestra la envolvente de momentos longitudinales del dintel en servicio, donde se puede apreciar la eficacia del arco, ya que el momento en el vano es casi constante.

A continuación se determina el estado tensional de todos los elementos de la estructura. Para la obtención de tensiones en el dintel se calcula las características de la sección reducida por arrastre de cortante y pandeo local de la chapa. La máxima tensión de Von Mises en estado límite último es de 321 Mpa y se produce en el arranque del arco.

Figura 15.



Se realiza un cálculo no lineal geométrico para comprobar si los desplazamientos de los arcos tienen influencia en la respuesta de la estructura. Se comprueba que el desplazamiento transversal del arco más solicitado varía muy poco entre el cálculo lineal y no lineal.

Finalmente se comprueban las pilas y se calculan las cimentaciones, así como el puntal que lleva el empuje del arco al dintel en el estribo. La transmisión de carga se hace por medio de conectadores embebidos en el hormigón en los tubos superiores y pernos a tracción en el anclaje del tubo inferior.

Para comprobar el comportamiento de la costilla que rigidiza transversalmente la chapa del dintel, se hace un estudio local de la unión con el tubo por medio de un modelo de elementos finitos tipo lámina. Se le aplican las cargas exteriores y las de tracción del dintel. En la figura 16 se representa la distribución de tensiones de Von Mises obtenida para dicha carga. Como se puede comprobar, el nivel de tensiones en la costilla es bajo. Fig. 17 y 18

Figura 16.



Se le aplican las cargas exteriores y las de tracción del dintel. En la figura 16 se representa la distribución de tensiones de Von Mises obtenida para dicha carga. Como se puede comprobar, el nivel de tensiones en la costilla es bajo. Fig. 17 y 18

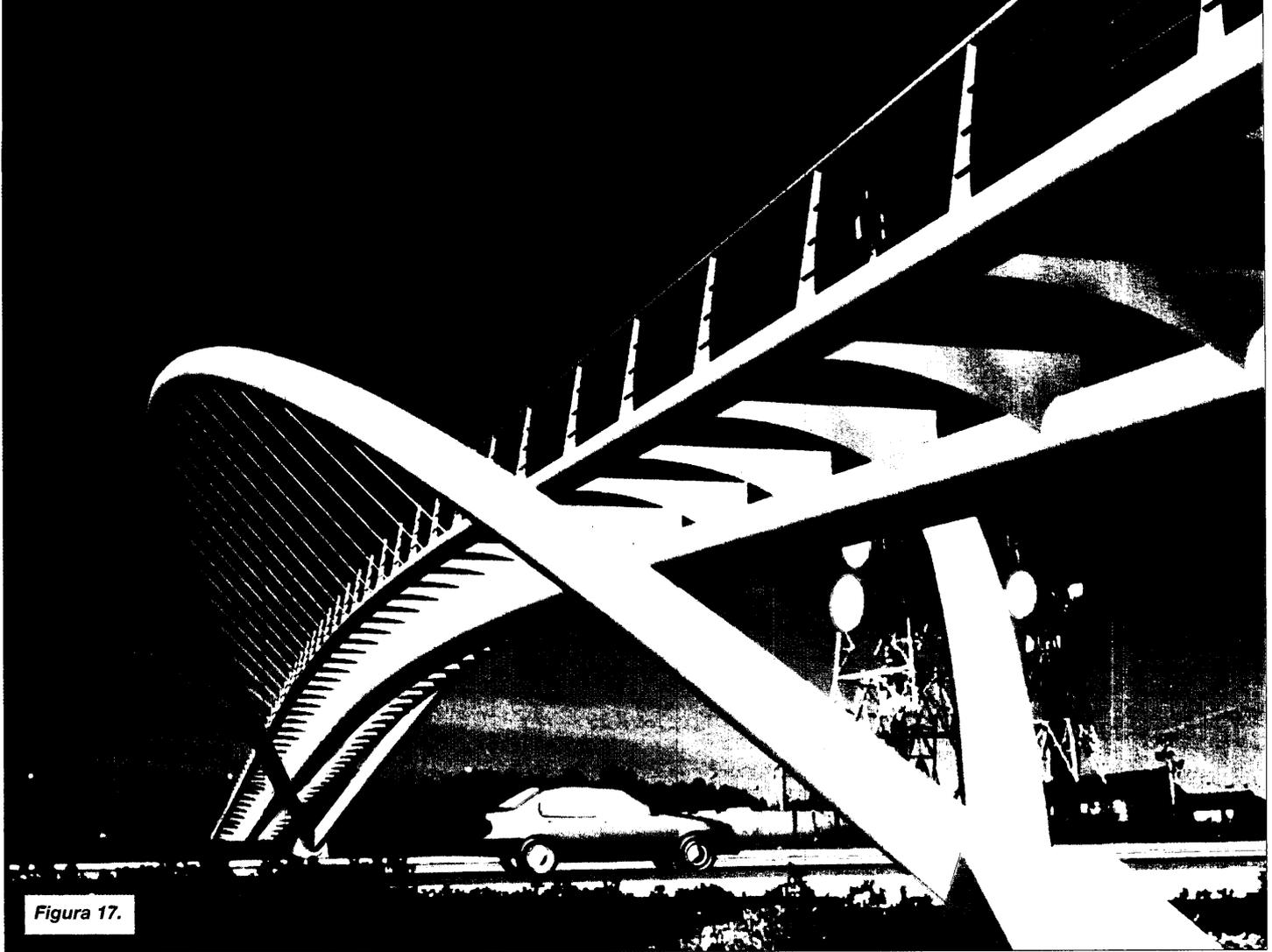


Figura 17.

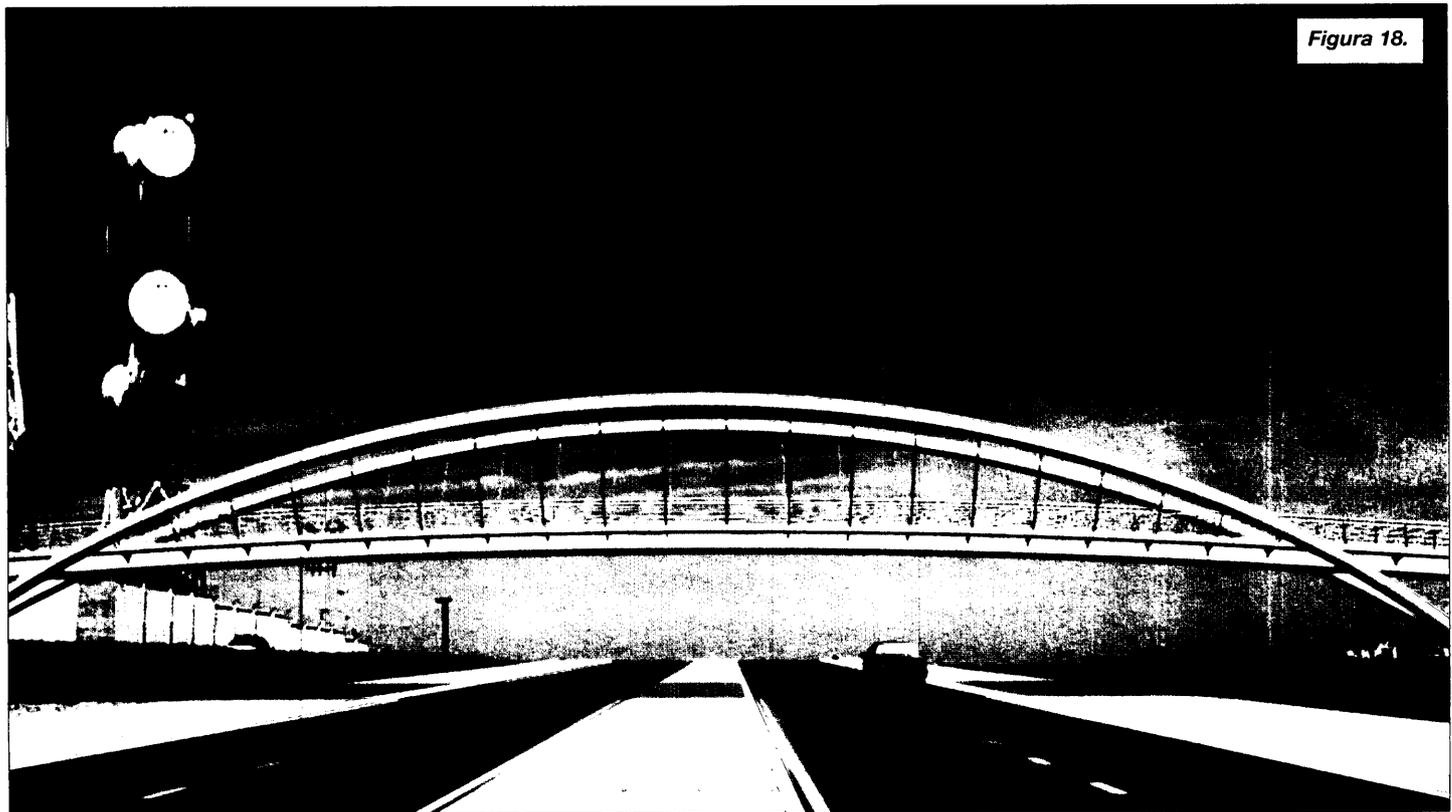


Figura 18.

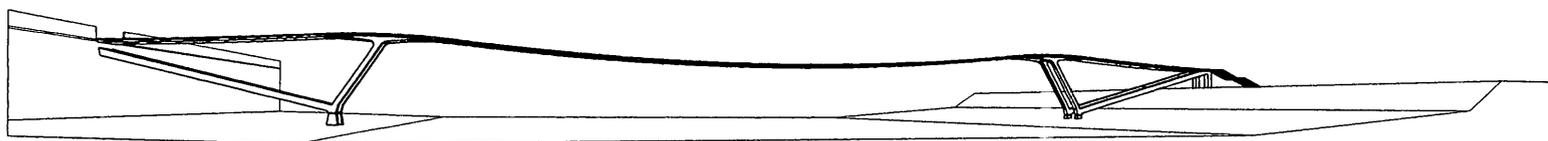


Figura 19.

PASARELA EN BANDA TESA - BAIX LLOBREGAT

PASARELA COLGADA SOBRE EL RÍO LLOBREGAT (1992-1993)

Las bandas tensadas aparecen por primera vez en el puente de la Barra Maldonado, en Uruguay, con proyecto de Viera. En esta tipología se integra en un solo elemento la viga de rigidez y el cable de cuelgue de un puente colgado. Este puente, construido, tiene 90 m de luz y en él están todas las pautas que después se han seguido con esta tipología.

La idea se recoge en Alemania por U. Finsterwalder con la que materializa una serie de pasarelas de tamaño diverso y en cuya obra cristaliza el diseño y comportamiento de este tipo de estructuras. Finsterwalder propone también realizar el

Puente del Bósforo, utilizando una banda tesa de 500 m de luz que no se construyó.

Otro desarrollo importante en el diseño de bandas tesas lo realiza el ingeniero checo J. Strarsky que tanto en USA como en su tierra, República Checa, realiza una serie de obras admirables en esta tipología.

Entre nosotros la única obra construida en banda tensada, es la pasarela sobre el río Duero en Almazan, realizada por J.A. Torroja y J.M. Villar.

La pasarela que propusimos para cruzar el Llobregat, entre nuestra propuesta de puentes para la Obra del Baix-Llobregat, que no se ha construido, es una pasarela en banda tensada de las siguientes características, Fig.19.

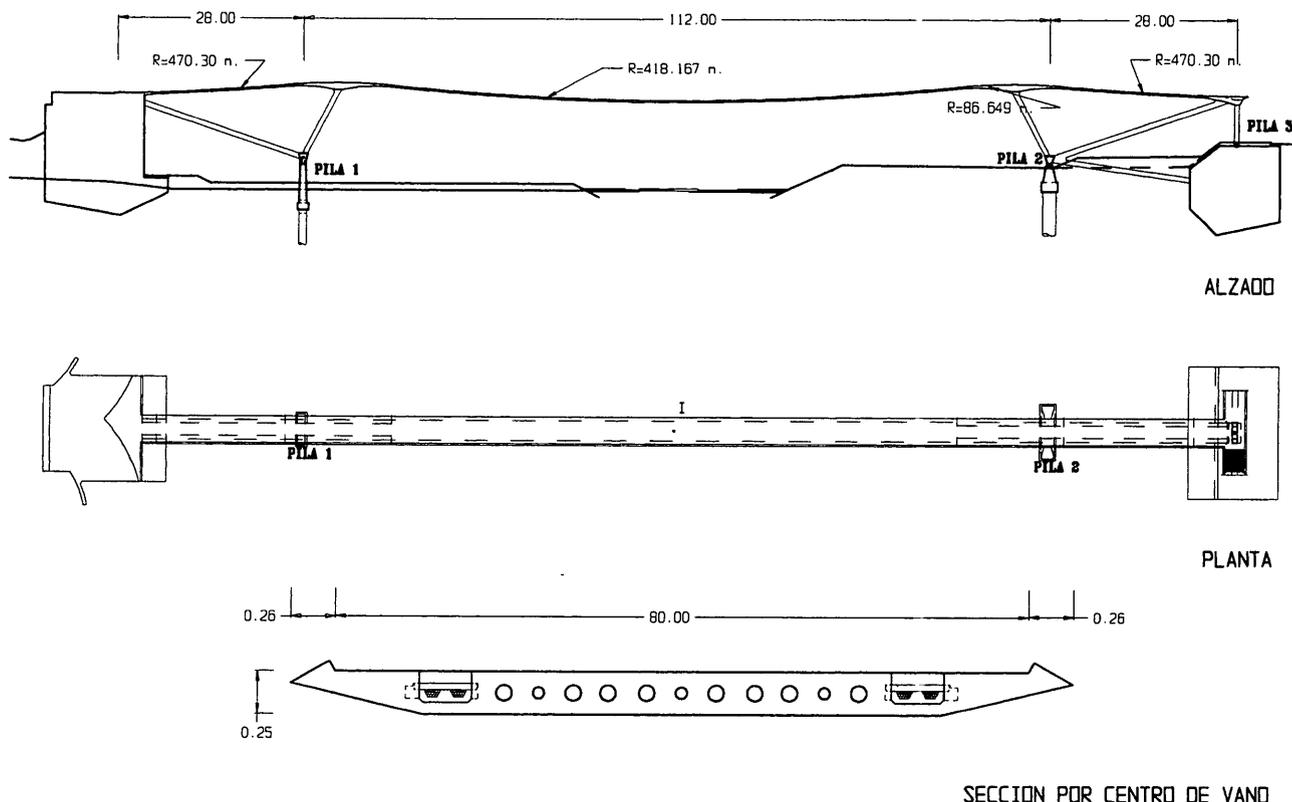


Figura 20.

SECCION POR CENTRO DE VANO

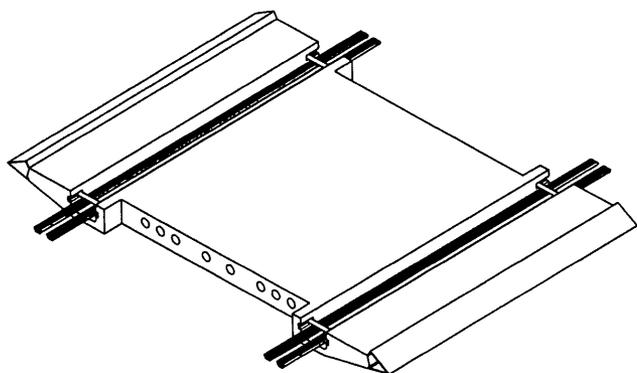


Figura 21.

La pasarela es una estructura continua de tres vanos de 28 m+112 m+28 m. La anchura útil de la pasarela es de 4,00 m y el canto total 0,25 m, lo que representa una relación canto/luz, habitual en este tipo de obras, de 1/450. La curvatura vertical del dintel es circular, con un radio de 418,1 m, lo que produce una relación flecha/luz, para carga permanente, en la parte con curvatura central, de $f/l=1/40$, también normal en este tipo de obras. Fig. 20

Los cables de cuelgue están constituidos por doce unidades de 15 \varnothing 0,6" que ordenados en dos parejas, se anclan en los estribos contrapesos finales.

El dintel está formado por 46 dovelas prefabricadas de 2,64 m de longitud que establecen la conexión entre las células triangulares que constituyen el soporte de la pasarela. Son de hormigón macizo con bordes afilados.

Entre dovelas, y en su parte central, se establece una junta de 40 cm de separación que se arma y se hormigona una vez que todas las dovelas se han colgado de sólo dos parejas de cables de 15 \varnothing 0,6". Después de hormigonadas las juntas se ponen en carga las otras 8 unidades centrales que comprimen todo el hormigón de la pasarela. Fig. 21

Junto con estos cables principales se disponen 3 unidades de 7 \varnothing 0,6" que se añaden en los vanos de compensación y sobre las "sillas" de apoyo. La carga horizontal que hay que disponer en los vanos de compensación son mayores que las del vano central para trasladar la carga a cimientos por la pata inclinada de las células triangulares de apoyo.

Un punto especialmente significativo de la pasarela es la conexión de la banda con las pilas, es decir, un elemento extraordinariamente flexible y muy deformable, como es la banda, con otro rígido como es la pila. Se establece una transición, en la cual, la rigidez del dintel pasa suavemente desde la de la banda, 0,25 m de canto a una zona más rígida en la pila, 1,0 m de canto, a lo largo de un radio de curvatura de 86,5 m en nuestro caso.

Esta transición sustituye a las auténticas "sillas", elementos curvos y despegados de la banda, con curvatura capaz de ser

resistida por la inercia del dintel, sobre la que se apoya la banda tesa, que se acopla y desacopla, en mayor o menor longitud a la silla, según sea la cuantía de la carga que la solicita.

La pila inclinada produce exclusivamente carga vertical en la cimentación, contrarrestándose su componente horizontal en el tornapuntas inclinado en la margen derecha del río.

El comportamiento estructural de una banda tensada es muy interesante ya que reúne características del puente colgante y del puente atirantado. En efecto, al igual que el puente colgante, se trata de una estructura muy flexible que resiste las cargas exteriores por su forma, que es el antifunicular de las cargas permanentes. En este caso el tablero cumple simultáneamente el papel del cable portante y el de la viga de rigidez del puente colgante; sólo faltan las péndolas, innecesarias en esta solución. Ante cargas puntuales, o distribuidas no simétricas, la banda se deforma más de lo que lo haría un puente de tablero recto ya que la rigidez de este sistema procede no solamente de la rigidez del tablero, sino también de la rigidez llamada geométrica, debida a los cambios de forma. La banda muestra por lo tanto un comportamiento en el que los efectos de segundo orden son apreciables. Estos efectos se pueden tener en cuenta a través de la matriz de rigidez geométrica o, mejor, mediante un cálculo no lineal completo.

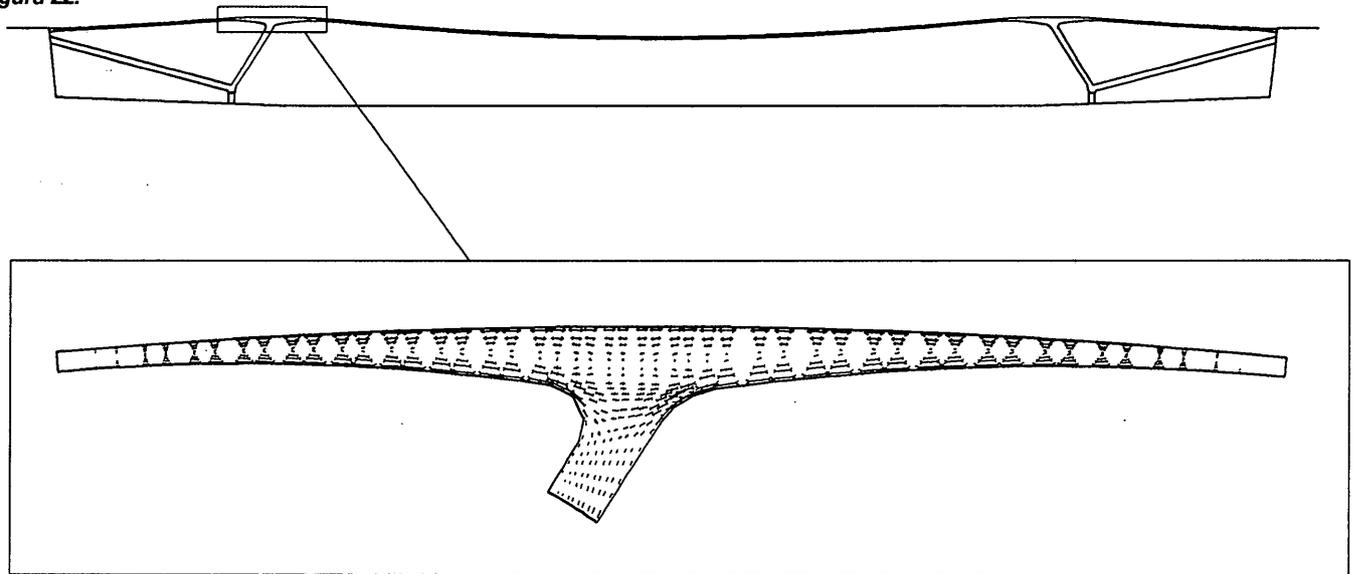
La similitud respecto al puente atirantado es menos evidente. Por una parte se trata de un puente en el que el proceso de construcción es decisivo en la definición de la distribución de esfuerzos y de flechas en situación de servicio. Por ello es necesario realizar el análisis del proceso de montaje en orden inverso igual que en un puente atirantado. Sin embargo, y a diferencia del puente atirantado, todas las fases del proceso se deben analizar en régimen no lineal geométrico. Por otra parte, dado que el tablero está fuertemente pretensado y con pretensado centrado, el fenómeno de fluencia tiene importancia y además ésta se incrementa a causa de los desplazamientos que produce en la banda.

Como demostración del grado de falta de linealidad de todo el proceso basta con observar la evolución de la flecha del vano central durante las distintas fases de construcción:

- ▼ Hormigonado de elementos in-situ (estribos, pilas, puntales, sillas). Pretensado de sillas y tendido y tesado de cables de cuelgue (flecha: 0,56 m).
- ▼ Colocación de dovelas prefabricadas en vano central y vanos laterales (flecha: 3,10 m).
- ▼ Hormigonado de juntas entre dovelas (flecha: 3,49 m).
- ▼ Pretensado del tablero (flecha: 2,94 m).
- ▼ Descimbrado y colocación de barandillas (flecha: 3,00 m).

La flecha del puente recién terminado (3,00 m) se convierte en 2,16 m a tiempo infinito debido a la fluencia y a la retracción. Como consecuencia de esta disminución de flecha, el axil global de tracción en la banda aumenta en un 50%. Este

Figura 22.



aumento se traduce en un aumento de la tensión de los cables y en gran medida en una disminución de las tensiones de compresión del hormigón.

Se ha adoptado el criterio de mantener el hormigón comprimido en el estado de carga permanente y de limitar las tensiones de tracción en el estado pésimo (puente cargado a tiempo infinito y con temperatura negativa) a la mitad de la resistencia a tracción mínima del hormigón según el Código Modelo CEB-FIP. El tratar de mantener el hormigón comprimido en toda circunstancia hubiese sido prohibitivo desde el punto de vista económico.

Uno de los puntos más novedosos de este proyecto es el diseño de las sillas. En efecto se les ha dado un canto variable para conseguir una transición suave de rigideces que permita evitar la solución tradicional consistente en un apoyo variable de la banda sobre una silla de perfil curvo.

El estudio de estas sillas ha requerido la realización de múltiples cálculos por el método de los elementos finitos como el que se muestra en la figura 22 correspondiente a la situación de reacción máxima en proceso constructivo sin incluir el pretensado. En esta situación, la silla trabaja exclusivamente a flexión. Cuando se colocan las dovelas, se hormigonan las juntas y se pretensa el tablero, se consigue la continuidad de la banda, por lo que la silla pasa a un estado de compresión compuesta, que no pierde en ninguna de las hipótesis de cálculo.

Otro de los puntos a verificar en una pasarela tan flexible como ésta es el de las aceleraciones al paso de los peatones. Dado que la normativa española no incluye ninguna limitación por esta razón, se ha utilizado la metodología propuesta en las normas británicas para demostrar la idoneidad de la banda tensada.

PASARELAS NUEVAS EN EL PUENTE VIEJO - MURCIA

El viejo puente de Murcia, el muy hermoso puente de Murcia, obra de Toribio Martínez de la Vega y de Jaime Bort, autor, este último, de la famosa fachada barroca de la Catedral de Murcia, empezó a construirse en 1719 y se terminó en 1740. A este formidable puente barroco, le pasó lo que a tantos otros puentes españoles, que se quedó estrecho para el paso de carruajes y personas, lo que hizo necesaria su ampliación con voladizos metálicos realizados en el siglo pasado. Hay fotografías con estos añadidos en 1880.

Resultaba imprescindible realizar esta operación cuando se deseaba separar el tráfico de personas y vehículos, en un puente muy angosto. Pero esta operación lleva asociada la destrucción de, en este caso, unas formidables impostas y parapetos de bellísimo trazado barroco. Además se hizo una destrucción poco cuidadosa, lo que, de paso, descompuso toda la proporción y volumetría del puente al aumentar su anchura tan artificialmente. En tiempos recientes, siempre que se ha podido se ha devuelto a los puentes, en que esta operación se ha realizado, a su situación inicial, deshaciendo la ampliación. Normalmente esto viene asociado a la construcción de puentes nuevos que resuelvan el problema del tráfico. El puente viejo pasa entonces a servir exclusivamente de paso de peatones. Fig. 23

En algunas ocasiones esto es fácil, la configuración de la ciudad y la ordenación de sus calles permite realizar el puente nuevo a una distancia suficiente para no ahogar el viejo, apriionándolo con su presencia. Otras veces, esto no es posible, la ordenación urbana ha venido tan estrechamente configurada por la presencia del puente que el desvío del tráfico por

otras calles resulta muy difícil. En Murcia ocurre este problema, tan intensamente, que el desembarco del puente en la margen derecha está aprisionada por dos edificios, uno de ellos contiene el retablo de la Virgen de los Peligros de 1742. Por la margen izquierda existe un gran espacio para disponer lo que sea necesario.

En estas circunstancias, la solución del problema, la reconstrucción del puente a su estado original solo puede hacerse de dos maneras. La primera, que es la mejor, consiste en eliminar el tráfico de vehículos del puente convirtiéndolo en un paso peatonal. Esto supone una reordenación del tráfico de toda esa zona de la ciudad con la posible construcción de otros puentes, alejados del puente viejo, si fuese necesario.

La segunda solución consiste en partir el puente en dos y ensancharlo, alojando, en su nueva anchura, tráfico y peatones. Esta operación es muy complicada y costosa, sobre todo, en este caso, que por la relación entre el eje de la calle y el del puente, el ensanchamiento es necesario hacerlo por

los dos lados. Ante este hecho, cabe hacerse la pregunta, si con el cambio de las proporciones del puente destruimos proporciones volumétricas, siempre importante en una obra barroca. No parece eso fundamental en este caso, dado que únicamente el diseño volumétrico se encuentra en los dos frentes del puente, estando unidos por las bóvedas, que son cilíndricas. Alargar 6 m estas bóvedas no iría contra la esencia del puente y resolvería el problema, bien es cierto, en una operación costosa y complicada. Esta segunda solución no llega a satisfacer del todo, pues, aún con las condiciones particulares que presenta este puente, no deja de vulnerarse una obra hermosa.

Si la primera solución propuesta no entra dentro de los planteamientos de las autoridades municipales en el momento actual, la tercera solución consiste en disponer una o dos pasarelas nuevas a los lados del puente que permitan eliminar los ensanchamientos metálicos, Fig. 23

En estas condiciones, se han propuesto al Ayuntamiento dos pasarelas cuyas características principales son:



Figura 23.

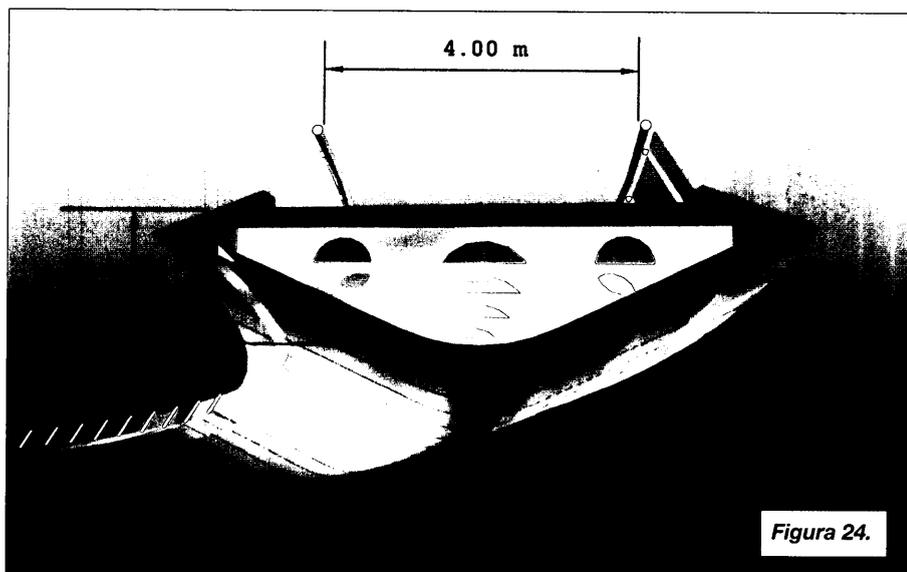


Figura 24.

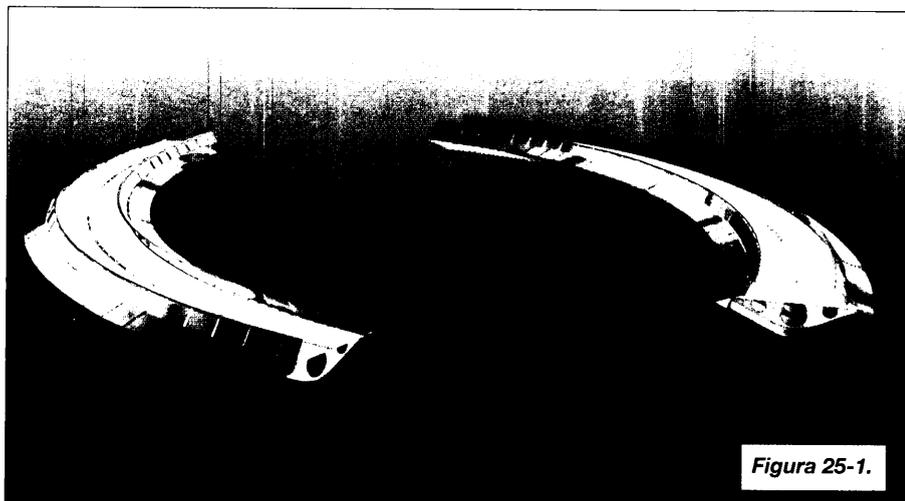


Figura 25-1.

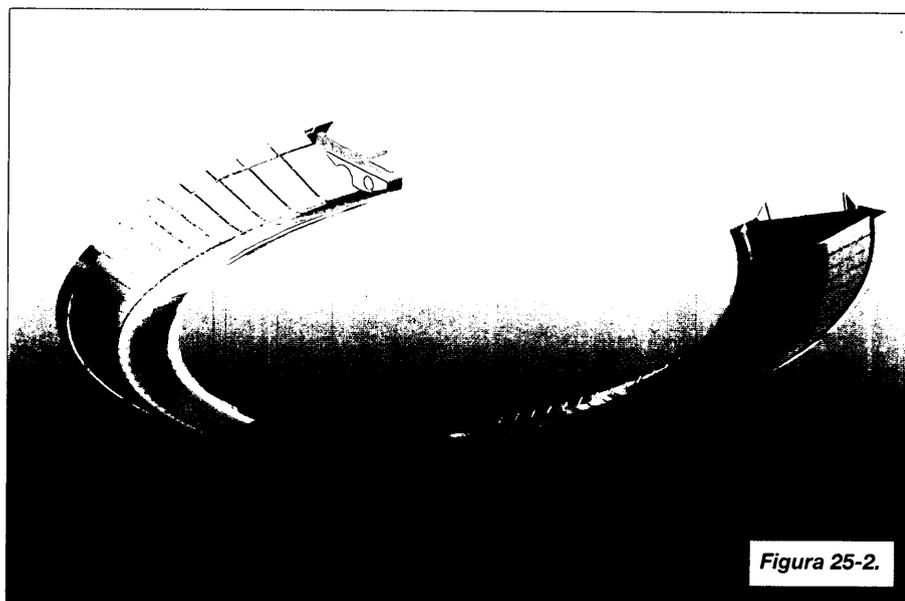


Figura 25-2.

En primer lugar, el trazado en planta de las mismas es curvo, con la finalidad de salir y llegar a los extremos del puente de la misma forma que en la actualidad. Además la curva en planta permite que las pasarelas se separen del puente viejo, dejándole respirar un poco sin aprisionarlo demasiado. Esta solución que ha funcionado muy bien en otros casos, como en el puente del Pilar en Zaragoza, aquí no consiguen despegarse suficientemente del puente viejo por la poca anchura del río en esta zona, 50 m. Las pasarelas quedan demasiado encima del puente viejo, interfiriendo su perspectiva cuando se pasea por las orillas del río. Además hemos propuesto una anchura para las nuevas pasarelas que convendría reducir. Fig. 24.

Y aquí se presenta una contradicción que a veces se presenta a los que nos dedicamos a estos menesteres. La solución en sí de las pasarelas nos gusta, pero la solución del problema no. En este caso, siempre es mejor la decisión que ha tomado el Ayuntamiento de no hacerlas y mantener la situación actual. Supongo que en su mente está el hacer desaparecer el tráfico del puente actual, peatonalizando esa zona y resolver el problema del tráfico de otra manera. Es sin duda la mejor solución ante la cual, con gusto, como en algunos otros casos, preferimos no hacer un obra que en sí nos gusta mucho.

Habida cuenta que pensamos que hacer las pasarelas nuevas no es la solución definitiva del problema del puente viejo, otra pregunta sería, qué es mejor, dejar el puente en la situación actual o eliminar el borde metálico, reconstruir el borde antiguo, dejando al puente en su situación primitiva y realizar las pasarelas nuevas. Yo creo que es mejor esta última solución, manteniéndose a la espera de que cuando las circunstancias cambien y los problemas de tráfico puedan resolverse adecuadamente, trasladar estas pasarelas a otro emplazamiento que sin duda será necesario en una ciudad que está atravesada por un río.

La pasarela está formada por dos dinteles curvos de 50 m de luz, metálicos y de sección triangular redondeada, Fig.24 Son metálicos de 1,8 m de canto. La curvatura en planta y el juego que se produce entre los dos, configuran una idea que creemos es interesante y que podría ser utilizada en otro lado. Fig. 25. ●