

NUEVO PUENTE DE VENTAS EN MADRID

Javier Manterola Armisén.
Miguel A. Gil Ginés.
Miguel A. Astiz Suárez.
Antonio Martínez Cutillas.
Rafael Gómez del Río.
Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

RESUMEN

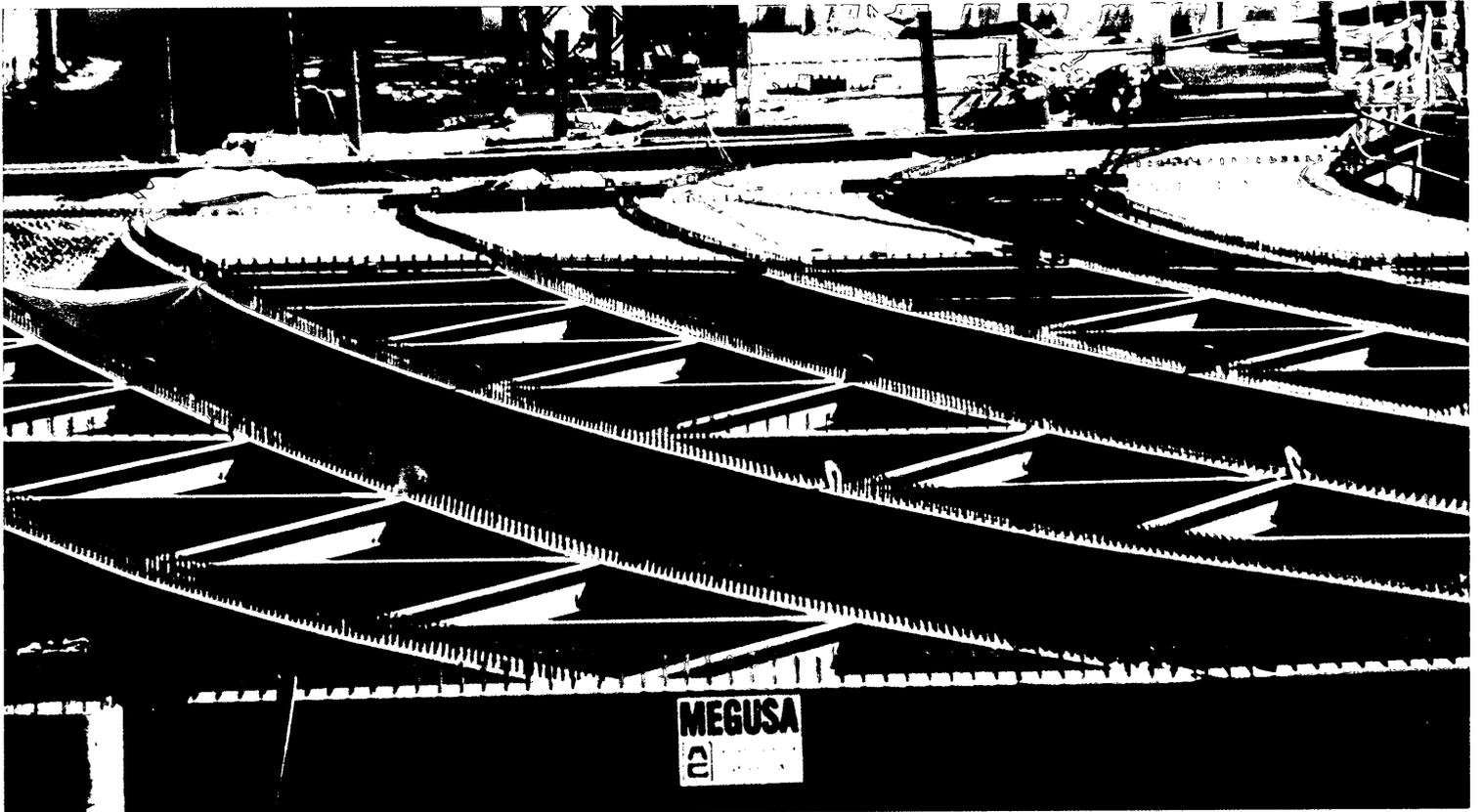
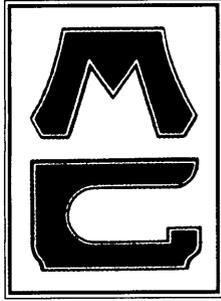
La circunvalación por el tercer cinturón de Madrid –M-30– en su cruce con la calle Alcalá se estaba haciendo cada vez más difícil, dado que las vías de servicio del cinturón se debían unir al tronco por falta de anchura en los dos vanos de 20 m de luz del puente existente, suficiente para los años 50, época en que se construyó, pero absolutamente insuficiente para la época actual. De la misma manera, los enlaces entre las dos vías se desarrollaban con gran dificultad por la escasa anchura del puente existente. Con 260.000 vehículos de I.M.D. en la M-30 y 96.000 en la calle Alcalá, demoler el puente antiguo y construir uno nuevo de más luz y anchura sin interrumpir el tráfico en ninguna de las dos vías y esto con una duración de un año, convierte este problema en un reto formidable. El éxito de la empresa se debe a varios factores: 1. Un perfecto planteamiento del desarrollo de la funcionalidad de la obra, una vez terminada, que a su vez resolviese el tráfico durante la construcción. Aparecen los dos puentes curvos exteriores. 2. Una perfecta previsión del desarrollo del tráfico en las diferentes fases por las que pasa la construcción y una adecuada señalización que advierta a los usuarios. 3. Un planteamiento estructural –dinteles mixtos, biapoyados,– que minimicen las exigencias de apoyo en una zona donde se produce la más grande acumulación de servicios que cabe imaginar. Junto al problema funcional, se pretendía ordenar urbanísticamente una zona absolutamente degradada. Se intenta formar una plaza, creando bordes transversales a la M-30 que acoten un espacio desmesurado y que protejan al peatón de la contaminación acústica que produce la M-30. Se plantea un espacio bien iluminado, se ajardinan los bordes y se humaniza un entorno excesivo.

ABSTRACT

The third ring-road of Madrid –the M-30– was proving more and more inadequate for the amount of traffic at the crossing of Calle Alcalá. The two side lanes had to merge with the main roadway because the two 20-metre spans of the bridge, built in 1950s, were inadequate for present-day traffic, and the bridge itself was not wide enough to allow easy connection between the two roads. With some 260,000 vehicles a day on the M 30 and 96,000 on Calle Alcalá, the task of demolishing the old bridge and building a longer and wider one without interrupting the traffic during the whole year of the construction work was no light matter. The success of the project can be attributed to several factors: 1. A perfect approach to the finality of the work, which included the question of maintaining the traffic during the constuction work. The two exterior curved bridges are built. 2. A perfect prediction of the traffic at the various stages of the construction and suitable indicators to inform drivers of the temporary measures. 3. Structural planning –mixed beams, end supports– to reduce to a minimum the need for structural elements in a zone of such great accumulation of services. In addition to the functional question, an attempt was made to improve the zone that was very deteriorated. A plaza was formed, with borders planted along the M-30 to protect pedestrians from the noise of heavy traffic, and together with good lighting, the urban conditions are much improved.

Se admiten
comentarios a este
artículo, que deberán
ser remitidos a la
Redacción de la ROP
antes del 30 de
diciembre de 1998.

Recibido en ROP:
octubre de 1998



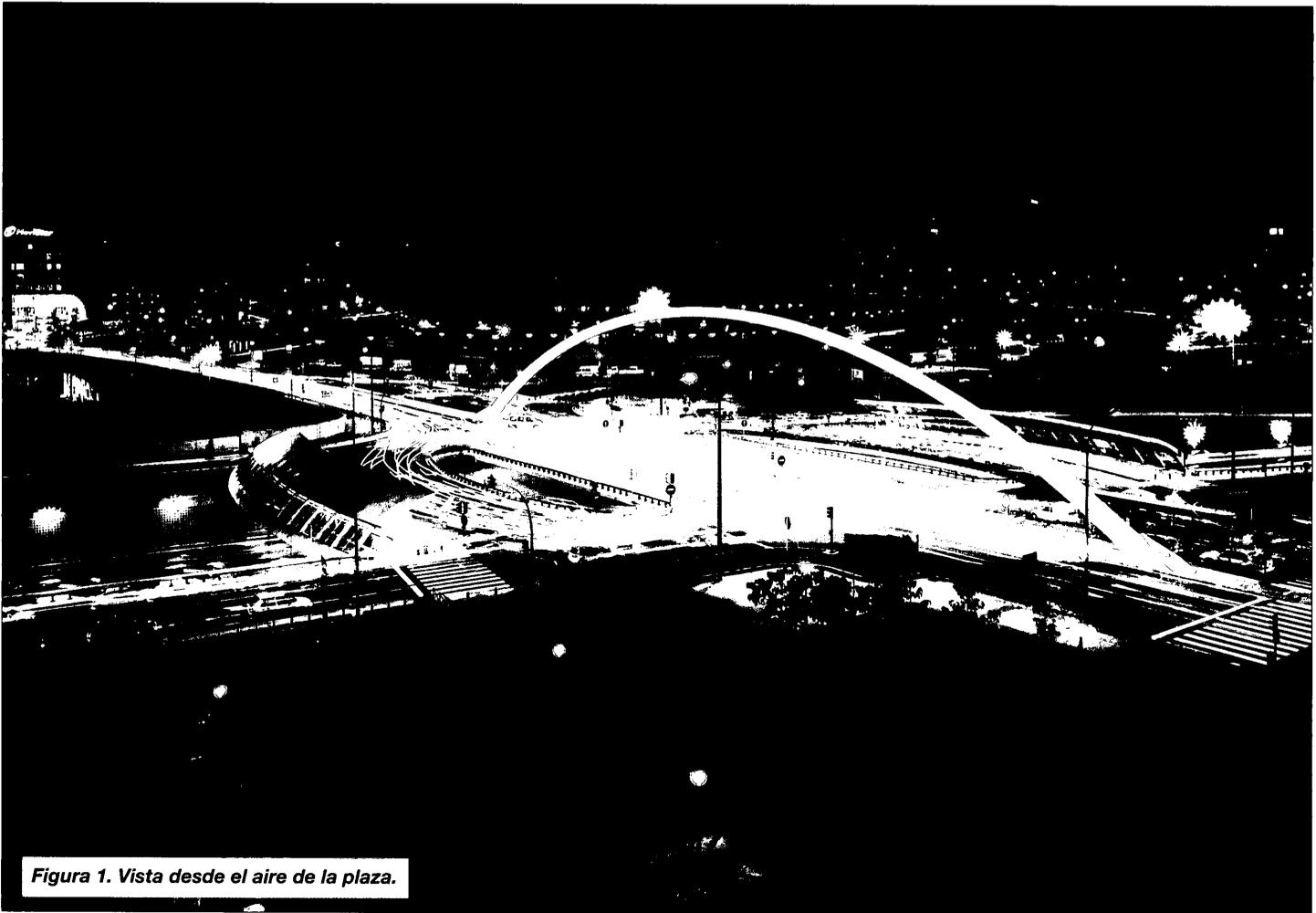


Figura 1. Vista desde el aire de la plaza.

1. ANTECEDENTES

El Exmo. Ayuntamiento de Madrid y el Ministerio de Fomento se encuentran que en la M-30 y en su enlace con la calle Alcalá se producen tres problemas que se van agravando con el tiempo.

▼ 1. El tráfico de la M-30 sufre un estrechamiento bajo el puente de Ventas existente, que obliga a canalizar las vías de servicio hacia el tronco y hacia las rampas de acceso a la calle de Alcalá. La falta de continuidad de las vías de servicio son causa de frecuentes retenciones. Con 260.000 vehículos de I.M.D., la M-30 debe ser ensanchada y el tráfico del tronco y las vías de servicio separadas en toda su longitud.

▼ 2. El tráfico a lo largo de la calle Alcalá y sobre todo, sus enlaces con la M-30 se realizan de una manera muy precaria, con giros a la izquierda, como consecuencia de la pequeña anchura del puente. El I.M.D. de esta vía es de 96.000 vehículos.

▼ 3. El paso de peatones, muy intenso en la zona, se realiza a través de dos pasarelas independientes del puente, muy volcadas sobre la M-30, para cuyo acceso es necesario atravesar pasadizos cubiertos, muy angostos y ocultos. Eran, por tanto, peligrosas, inseguras y extraordinariamente ruidosas, lo que aconsejaba trasladarlas a la superficie del puente.

Para resolver estos problemas el Exmo. Ayuntamiento y el Ministerio de Fomento proponen un nuevo esquema funcional y convocan un concurso de proyecto-construcción que es adjudicado a Dragados, con proyecto de Carlos Fernández Casado, S.L. oficina de proyectos. La dirección del proyecto y de la obra corre a cargo de los ingenieros del Ayuntamiento, Fernando Catalá y Francisco Rodríguez Bernardo.

2. SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución que propusimos se apoya en dos principios fundamentales.



TRELLEBORG

Productos de Caucho para la Ingeniería Civil

Arroyos
Juntas de dilatación
Defensas

Infraestructuras y Elastómeros, S.A.
División Expandite
Avda. General Perón 8, 3º A
E 28020 MADRID

Tel.: 91.572.32.02/07
Fax: 91.572.32.65

Infraestructuras y Elastómeros, S.A.
Fábrica
C/ San Vicente, 25
E 01440 IZARRA-ÁLAVA

Tel.: 945.43.70.90
Fax: 945.43.70.50



Figura 2. Marquesinas desde dentro.

▼ 1. Dar solución al problema funcional propuesto por la Administración.

▼ 2. Crear un espacio urbano digno, que la edificación de los bordes empezaba a intentar y que el puente tenía que ayudar a conseguir, Fig. 1.

Constituye, por tanto, la actuación urbana más radical, ayudar a crear ciudad aunando la solución de problemas funcionales con la creación de nuevos espacios urbanos, tarea ésta nada fácil cuando se trata de una superficie de actuación tan enorme.

Si desde el punto de vista de las intenciones la finalidad estaba clara, desde el punto de vista de la materialización de estas intenciones, la cosa ya no era tan fácil. En primer lugar porque se actúa en uno de los nudos más importantes del tráfico de Madrid, lo que va a destacar como primera condición a cumplir, la de realizar la obra con la mayor rapidez posible y otra segunda, hacerlo perturbando lo mínimo el desarrollo del tráfico durante la construcción. Estas dos condiciones establecen, como en pocos otros casos, la interdependencia entre el proyecto y la construcción. El cómo

se construye deberá estar en la esencia de cómo debe ser el proyecto.

En cuanto a lo que se refiere a la configuración de un espacio urbano, las intenciones del proyecto se apoyan en dos actuaciones bien determinadas.

La primera consiste en intentar conseguir un borde transversal al enlace, en acotar un espacio que tiende a diluirse en la potencia longitudinal de la M-30. Y este cierre se realiza con la instalación de arbolado en las esquinas libres, junto a la calle de Alcalá y con la cubrición del paso de peatones que discurre a los bordes del puente. La curvatura en planta del enlace vial también ayuda a centrar y concretar la actuación.

Este cierre no tiene, ni puede tener, la potencia que caracteriza las plazas, pero enmarca un espacio que se diluye y esto tanto de día como de noche. Además la cubrición del paso de peatones no solo sirve para acotar visualmente el espacio, también, como en las plazas, protege el paso de los peatones a lo largo de tan gran longitud y la hace en la triple necesidad, de proteger contra el sol en verano, contra la lluvia y el frío en invierno y sobre todo contra la agresión más importante, el ruido de la M-30, Fig. 2.



Figura 3. Vista de la plaza desde la calle de Alcalá.

El puente cubierto, tan presente en la Edad Media, en el Renacimiento y en el Barroco, no se recupera ni se puede recuperar en este caso, ya que las dimensiones con que tratamos son gigantescas, pero ayuda a entender que el tratamiento de bordes que hemos adoptado, difiere del caso del puente lineal. En éste, está presente la linealidad del paso, el fluir del tráfico longitudinal. La estructura se manifiesta en el borde como corresponde a un contacto con el vacío, la estructura de todo puente actual adintelado se debe afilar de alguna manera en el borde. La imposta, no solo es remate y ayuda de terminaciones, es también empuje lineal, énfasis de la longitudinalidad del puente. Aquí pasa lo contrario, mirado en planta, el puente es mucho más ancho que largo, unos 90 m contra 60

m, y la intención va en la dirección de cerrar un espacio en lugar de acentuar la longitudinalidad del puente. Fig. 3.

Arboles y cubrición crean la frontera a la longitudinalidad de la M-30, acentúan lo transversal. Pero nuestra actuación no acaba aquí en este punto. Realizamos una segunda actuación. Disponemos un arco central, transversal también a la M-30, que como el caso de la marquesina realiza un doble papel, Fig. 4. En primer lugar es una luminaria que ilumina parte del espacio de la plaza que las cuatro torres instaladas en los bordes y la iluminación de las marquesinas no alcanza. Por otro lado, es un elemento urbano, tan importante, tan a escala con la zona, que llega a convertirse en el hito de referencia para quien circula por la M-30 y la calle Alcalá. Une, de otra manera, los dos

bordes de la calle Alcalá, cortada por la M-30. Acentúa el eje transversal. Es objeto para iluminar y es monumento urbano y esta mezcla está bien.

3. ORDEN DE ACTUACIÓN

La gran dificultad de realización de esta obra, establece la necesidad de plantearse cómo debe realizarse, casi antes de saber como se va a configurar estructuralmente. Esto es imposible, pues el cómo va a ser y el cómo se va a hacer son las dos caras de una misma moneda, pero tan importante es el peso del cómo se va a hacer que conviene tratarlo inicialmente.

El proceso a seguir fue el siguiente:

▼ 3.1.- Derribar las rampas existentes de conexión entre la M-30 y la calle Alcalá y construir otras nuevas, más separadas que las actuales, para dar cabida a los nuevos carriles de tráfico de la M-30. Además, las nuevas rampas, se dimensionan de acuerdo a las exigencias de acceso y almacenamiento de los vehículos que acceden o salen de la ca-

lle Alcalá. Durante esta fase se interrumpen los enlaces entre la M-30 y la calle Alcalá.

En un principio se pensó que era posible mantener el enlace M-30-Alcalá durante las obras y se pergeño un procedimiento de evolución constructiva de las rampas, por demoliciones y ampliaciones sucesivas, que permitía circular a la vez que se construía. Sin embargo, un mejor criterio se impuso y se decidió derribarlas y construir las de una sola vez. La ejecución fue entonces más rápida, sin causar a los usuarios de las mismas más problemas que la de hacerles cambiar un poco sus usos y costumbres circulatorias.

▼ 3.2.- Construcción de los muros de soporte de los puentes circulares laterales para, a continuación, construir los tableros. Esta operación, fundamental, permitía eliminar el tráfico por el puente viejo y pasarlo a los nuevos puentes curvos, con lo que se restablecía el tráfico a lo largo de la calle Alcalá y el enlace parcial con la M-30.

▼ 3.3.- Se liberaba así el puente viejo, el cual ya se podía derribar para construir los muros de sustentación del puente nuevo. Finalmente se procedía a la ejecución del nuevo puente central.

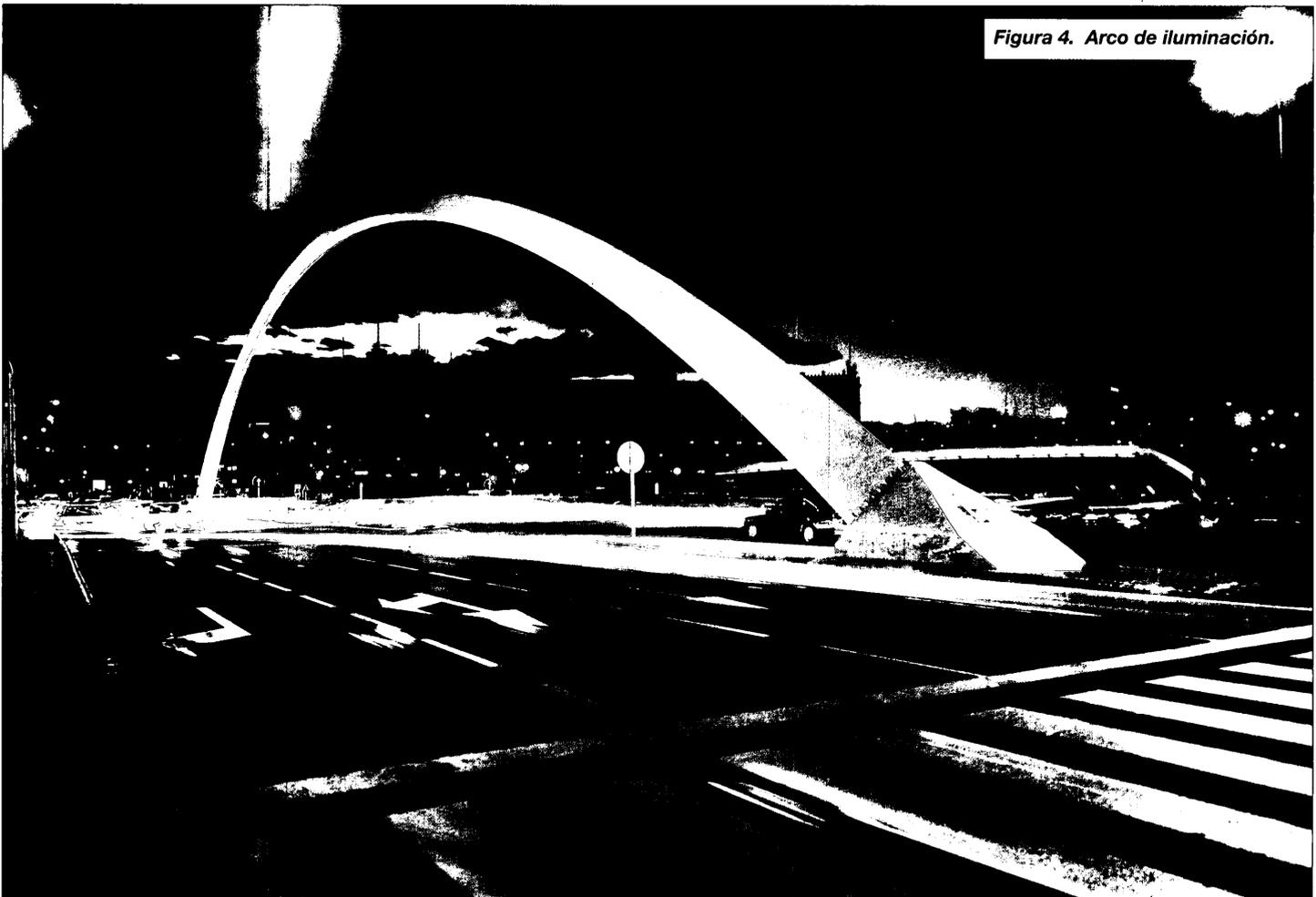


Figura 4. Arco de iluminación.

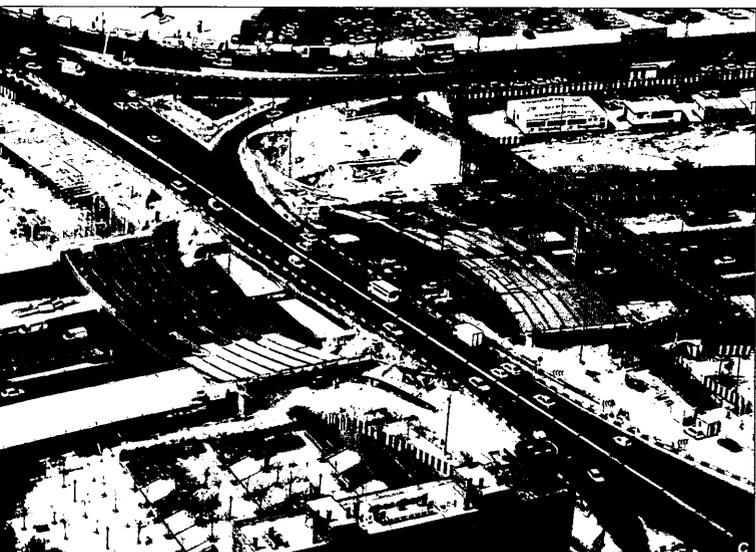
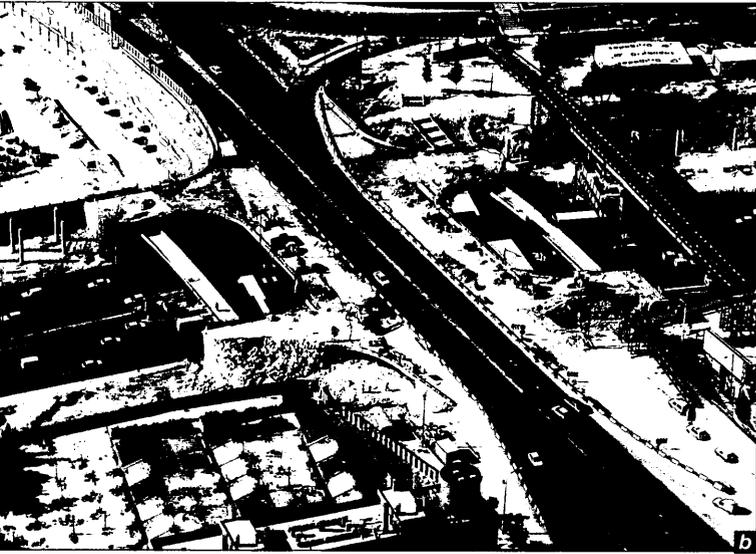
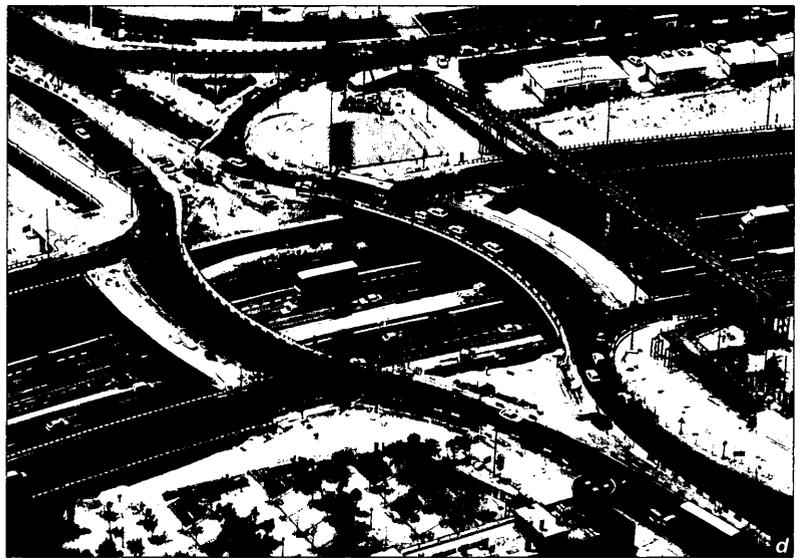
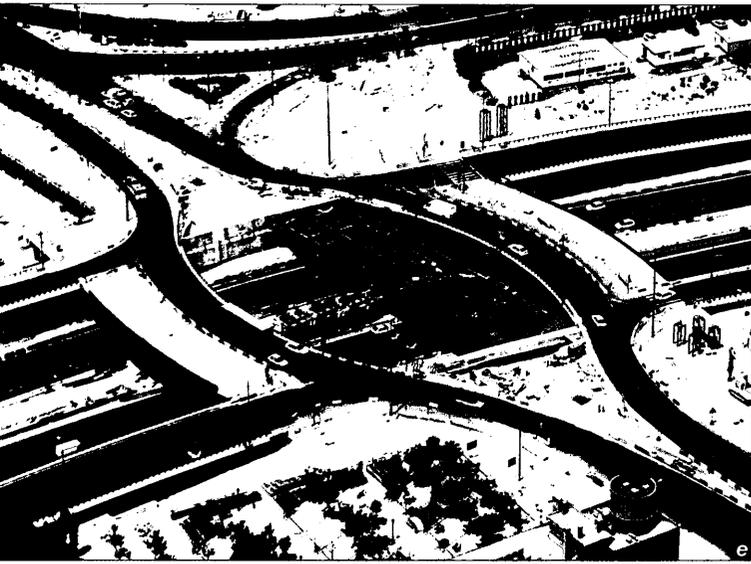


Figura 5. Proceso constructivo:

- Foto a. Situación inicial del puente de Ventas. Los problemas que presenta son: La M-30 es insuficiente para alojar los carriles del tronco y de las vías de servicio. Se necesita ensanchar. I.M.D. de la M-30 más de 260.000 vehículos. Los movimientos en la calle de Alcalá son incompletos, insuficientes y con giros a la izquierda. I.M.D. de la calle Alcalá 96.000 vehículos. Las rampas de acceso a la calle Alcalá desde la M-30 son insuficientes, principalmente en lo que se refiere a la acumulación de vehículos entre semáforos que llega a invadir la M-30. Inaceptable paso de peatones, peligroso por los túneles que utilizan y excesivamente ruidoso por el ruido de la M-30.
- Foto b. Se dispone una pasarela de peatones en la zona Norte, mas ancha que las actuales e iluminada por la noche. Se eliminan las rampas de acceso y se realiza el cimbrado del puente para evitar la caída de cascotes durante la demolición. Se inicia la demolición de los bordes del puente para permitir el alojamiento de las vigas interiores de las zonas curvas. Se empiezan a construir los pilares de la rampa Sur-Oeste y los muros pantalla de soporte de los tramos curvos del puente. Se demuelen las construcciones de la esquina Sur-Oeste que permitirán el ensanche de la calle Alcalá. El tráfico en la M-30 y en la calle de Alcalá se desarrolla con normalidad. No existe enlace entre ambas.
- Foto c. Colocación de las vigas curvas de 60 m de luz. Desde el taller se llevan en dos mitades que se montan apoyándolas en la mediana de la M-30. Se sueldan en el centro y se empiezan a colocar las chapas metálicas de encofrado del hormigón del dintel. Las rampas Sur-Este y Sur-Oeste están construidas y las rampas Norte-Oeste y Noreste se encuentran en fase de armado y hormigonado. Se realiza el encofrado de la esquina Sur-Oeste para el ensanche de la calle Alcalá. El tráfico de la M-30 se elimina cinco horas, por la noche los días que se colocan las vigas.
- Foto d. Se cambia el tráfico de la calle de Alcalá a las nuevas vías curvas, se restablece el tráfico por las nuevas rampas y se demuele el puente antiguo. Se construye la parte central de las dos vigas de apoyo del puente. Estas vigas se apoyan en las pantallas ejecutadas previamente. La estructura de la esquina Sur-Oeste está terminada.
- Foto e. Se coloca el tablero central sobre la M-30, siguiendo el mismo procedimiento de las rampas curvas con un apoyo provisional sobre la mediana de la M-30. Se elimina la pasarela provisional para peatones ya que pasan a utilizar la acera norte realizando el cruce a nivel. Se empiezan a colocar los muros de cerramiento de la rampa Sur-Oeste.
- Foto f. Terminación del tablero central. Se comienzan a colocar las costillas de soporte de la cubrición del paso de peatones en la zona Sur y se completa la cubrición de la misma en la zona Norte. Se terminan los muros de cerramiento a los largo del puente. Se empieza a cimentar el arco de iluminación y colocar los apoyos provisionales. El arco vino dividido en tres partes. Comienza la pavimentación y ajardinamiento de la zona.
- Foto g. Terminación de las obras.



Este es, a grandes rasgos, el proceso constructivo que se siguió. Y se ha realizado en 14 meses. Fig. 5.

4. PLANTEAMIENTO RESISTENTE Y CONSTRUCTIVO

Si las molestias que cualquier obra urbana produce en el tráfico existente determina que la velocidad de ejecución es la primera variable fundamental a tener en cuenta en el planteamiento de cómo debe hacerse un puente como éste, el segundo punto significativo lo constituye cómo apoyarse, donde colocar los apoyos. Y esta última condición es especialmente importante en una obra de este tipo, pues la ubicación de los soportes no debe respetar exclusivamente las condiciones funcionales de paso, como en cualquier puente, sino que deben respetar los servicios existentes en el subsuelo. Y esto que también pasa en cualquier obra, toma carácter significativo en pocos casos. El subsuelo de la M-30, en esta zona, es la más grande acumulación de servicios que cabe imaginar. En dirección transversal a la M-30 y bajo la calle Alcalá se encuentra el túnel del Metro, las galerías que contienen la traída de aguas del Canal de Isabel II, la galería de Telefónica y esto sólo en lo que se refiere a los servicios mayores. En dirección longitudinal a la M-30 y en sus dos bordes se encuentran las galerías de teléfono, de televisión, cables, etc. Por otro lado el alcantarillado, los drenajes, además de numerosos servicios, unos en activo y otros fuera de servicio. La imposibilidad de tocar cualquiera de ellos, convirtió la cimentación en un encaje precioso de los pilotes entre un innumerable número de obstáculos.

Tan graves han sido los problemas en esta dirección, que ha sido necesario realizar estas filigranas más allá de donde las condiciones funcionales permitían cimentar. Los 59 m de luz del puente no son los estrictos para ubicar la M-30 ensanchada, con sus vías de servicio adecuadamente dispuestas. Los 59 m son el resultado de que allí había algún sitio donde se podía colocar algún apoyo. El trabajo realizado en los nuevos muros de sustentación del puente, como veremos, indican la complejidad de esta operación, siendo así que la ubicación final había que cambiarla durante la ejecución, pues siempre aparecía un nuevo obstáculo que sólo se veía al excavar.

En la mediana central no ha habido que investigar, pues preferimos evitar un soporte, que de estar se hubiese convertido en el más importante de la obra a ejecutar, realizado en la zona más difícil de todas, por estar sumergida entre el tráfico de la M-30. Además no sabíamos que podríamos encontrar allí.

La rapidez de ejecución y la flexibilidad de apoyo nos aconsejó utilizar una estructura formada por 14 vigas cajón mixtas, que se podían montar rápidamente sin necesidad de cortar la M-30 más que cuatro horas por la noche en días sucesivos.



GRUAS AGUILAR, S. A.
PEQUEÑO Y GRAN TONELAJE SERVICIO PERMANENTE



COLABORANDO EN LAS PRINCIPALES OBRAS DE MADRID:

NUEVO PUENTE DE VENTAS, LÍNEA 7 DE METRO ESTACIÓN CEA BERMÚDEZ,
AMPLIACIÓN MERCA-CARNE, LÍNEA 9 DE METRO ESTACIÓN VICÁLVARO,
TÚNEL PLAZA DE ORIENTE, REMODELACIÓN CUBIERTA MUSEO DEL PRADO,
CENTRO COMERCIAL "CAMPO DE LAS NACIONES", LÍNEA 4 DE METRO,
AMPLIACIÓN LÍNEA 8 DE METRO ESTACIÓN MAR DE CRISTAL, INSONORIZACIÓN M-40.



CENTRAL:

CAMINO SAN MARTÍN, 23
28500 ARGANDA DEL REY

TELÉFONOS: 91.871.03.13
91.871.39.95
91.870.14.99
FAX: 91.871.18.16

DELEGACIÓN:

CTRA. TORREJÓN-LOECHES Km. 5
28830 SAN FERNANDO DE HENARES

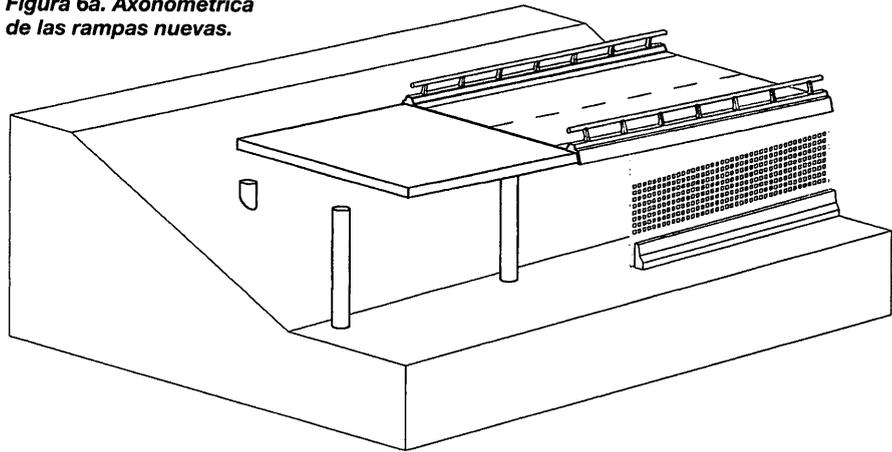
TELÉFONOS: 91.675.08.56
91.675.03.11
FAX: 91.675.03.99

4.1.- DEMOLICIÓN DE PASARELAS DE PEATONES EXISTENTES

La primera operación que era necesario realizar para ejecutar la obra fue eliminar las dos pasarelas de peatones existentes, pórticos pretensados de 2 vanos de 21 m de luz. Pero antes de proceder a esta demolición, fue necesario realizar una gran pasarela metálica provisional, formada por elementos metálicos y dotada de medidas de seguridad para los peatones, con barandillas de 1,5 m de altura e iluminación.

Para la demolición de las pasarelas, en primera lugar, se procedió al bloqueo de la articulación inferior de la pila central, empotrándola en el cemento, lo

Figura 6a. Axonométrica de las rampas nuevas.



AXONOMETRICA DE RAMPA Y MURO DE RECUBRIMIENTO

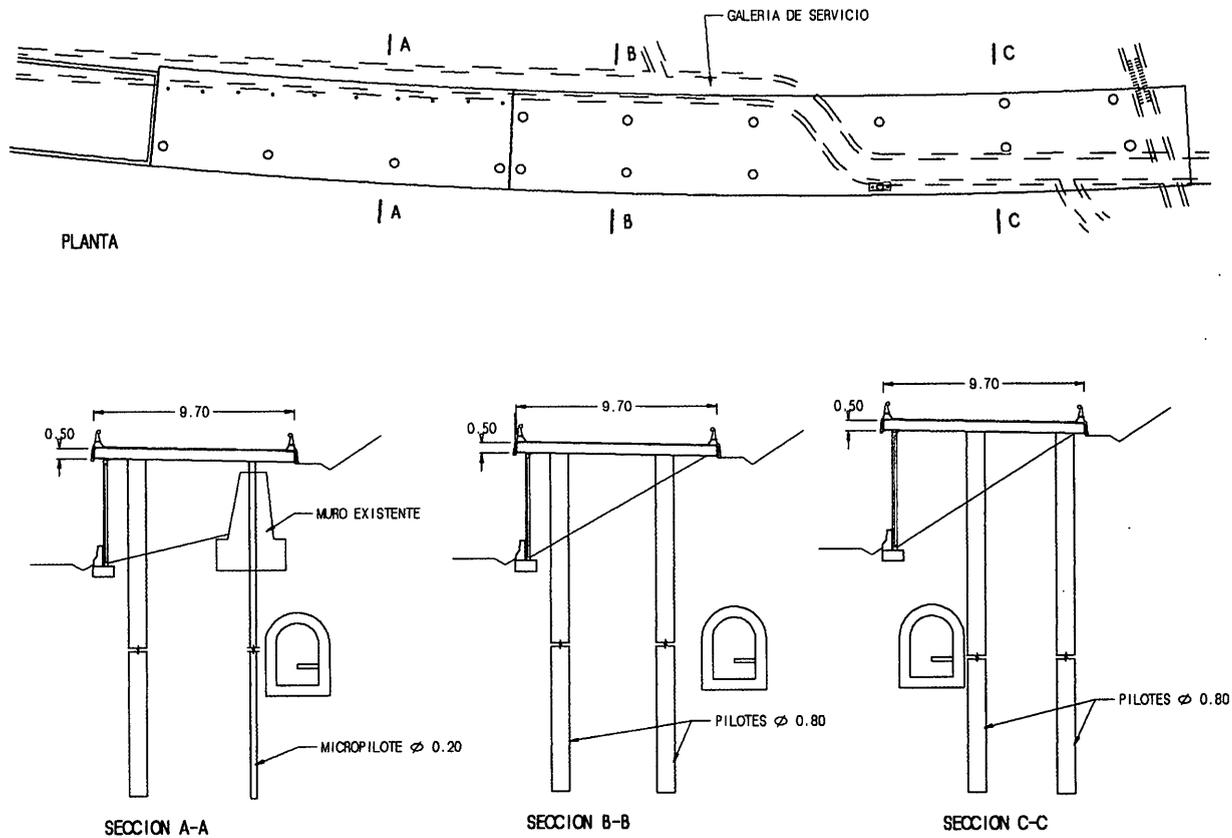
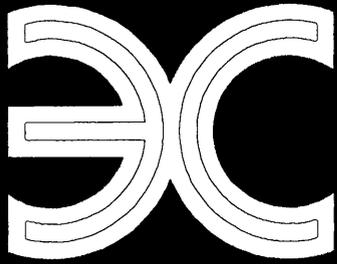


Figura 6b. Incidencia de los servicios en la disposición de soportes de las rampas.

RAMPA NORESTE



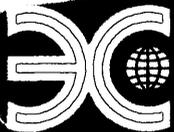
EUROCONSULT S.A.
INGENIEROS CONSULTORES Y CONTROL DE CALIDAD



EUROCONSULT
realizado la Asistencia
Técnica y Control de
Calidad de la Obra
del Puente de Ventas.



Nuevo Puente de Ventas



EUROCONSULT N.T.S. S.A.

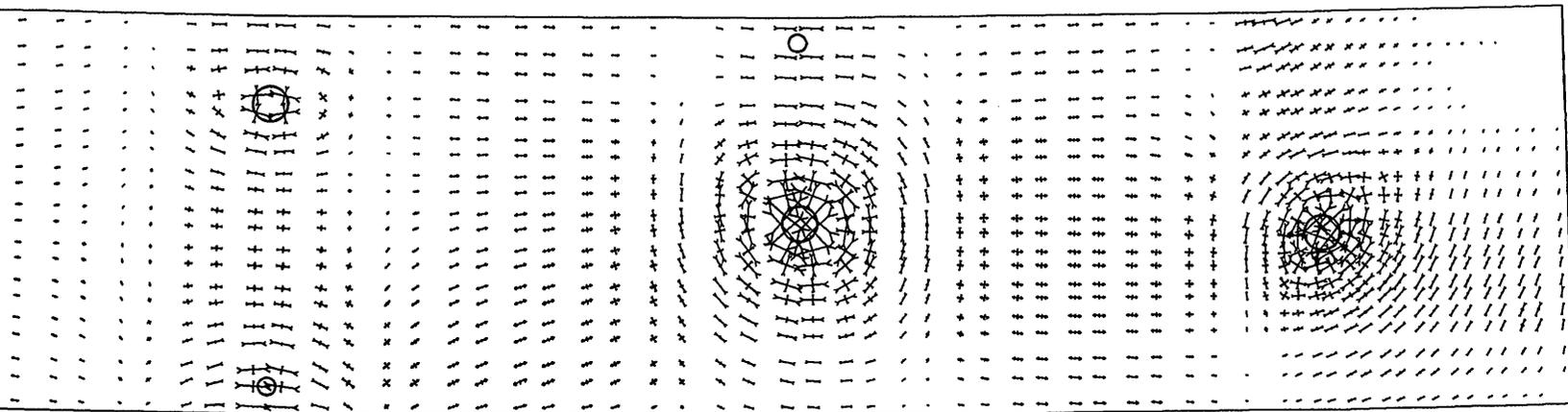


EUROCONSULT GEOTECNIA S.A.

EUROCONSULT GEOTECNIA
Y EUROCONSULT N.T.S. Han
colaborado en la Asistencia
Técnica.



Edificio Euroconsult
Parque Empresarial Sur
28700 S.S. Reyes MADRID
Tlf: 91 659 78 00 Fax: 91 659 78 10



DISTRIBUCION DE MOMENTOS FLECTORES PRINCIPALES

Figura 7. Distribución de momentos flectores principales en una zona de la rampa Noreste.

RAMPA NORESTE (PARCIAL)

que se realizó con 12 barras de acero de 40 mm de diámetro, a los cuales se refirió el hormigón de la pila por medio de perfiles soldados a través de 12 perforaciones horizontales. Seguidamente se colocaron apeos metálicos provisionales cimentados por medio de 4 micropilotes. Se realizó el corte de la unión de la pila con la viga hasta descubrir, sin cortarlos, los cables de pretensado. Se colocaron unas chapas de seguridad, fijadas mediante resina epoxi y tornillos en la cara superior de la viga con el fin de evitar roturas bruscas del dintel en el momento en que se cortarían los cables de pretensado. Se completó el corte de la totalidad de la sección con equipo de hilo de diamante durante la jornada nocturna. La viga así cortada se retira sobre camión plataforma. La operación se repite para la otra viga.

4.2. RAMPAS DE ACCESO

Después de realizar una señalización conveniente para desviar el tráfico, se procedió a demoler las rampas existentes. Para ello, en primer lugar se realizó un corte longitudinal y central mediante una máquina cortadora. A continuación se dieron unos cortes transversales en la losa (a media madera) sobre cabeceros, de esta manera se obtuvieron porciones de 6x6 m. Se realizaron cuatro taladros en cada una de las losas resultantes, para posteriormente introducir las eslingas de la grúa por los taladros, por donde se izó la losa con grúa y se depositó en la zona de acopios.

La retirada de cabeceros y pilas se realizó después de hacer un corte con la pinza demoledora en la base de la pila y corte con soplete de las armaduras pasantes. El troceado final para montaje en el camión se realizó también con pinza demoledora.

Las nuevas rampas de conexión son estructuras de hormigón armado, losas macizas de 50 cm de espesor, apoyadas sobre pares de pilas-pilote de hormigón armado, de 80 cm de diámetro. La anchura de las rampas es diferente dos a dos. Las que constituyen los carriles de acceso desde la M-30 a la calle Alcalá tienen 3 carriles y una anchura máxima de 12 m. Las de salida de la calle Alcalá hacia la M-30 tienen dos carriles y una anchura total de 9,7 m. Las luces son variables entre 10,0 m y 14,0 m, así como su ubicación. Es tal la cantidad de servicios situados en la parte inferior que la colocación de las pilas debía seguir un proceso absolutamente disperso y variable. La elección de la estructura para el tablero, losa maciza, resultaba idónea por su flexibilidad para resistir acoplándose a cualquier situación de apoyos. Los apoyos se colocaban donde se podía y la losa se armaba en consecuencia, Fig. 6.

4.2.1. Cálculo

Todo el cálculo de las rampas se realizó por elementos finitos tipo losa, única herramienta capaz de obtener con precisión los esfuerzos en una estructura tan irregularmente apoyada. El armado de la losa se realiza automáticamente en cada punto en que ésta se discretiza, combinando los momentos M_x , M_y y M_{xy} para obtener la armadura más desfavorable en dos direcciones determinadas. Un programa realizado al efecto proporciona esta armadura. Fig. 7.

4.3. ESTRIBOS NUEVOS

Como ya se ha indicado la configuración de los estribos ha estado totalmente condicionada por la presencia de galerías y túneles en el subsuelo, muros en la superficie y por las fases

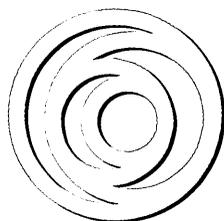


PUENTE DE VENTAS

Soluciones Constructivas con Acero

Una vez más
EL ACERO
posibilita un sistema
constructivo eficaz
y de rápida ejecución.

ACERALIA TRANSFORMADOS
ha participado con sus **chapas de acero perfiladas** en la ejecución
de la losa mixta de acero y hormigón del PUENTE DE VENTAS.



ACERALIA

Transformados • Unidad de Construcción

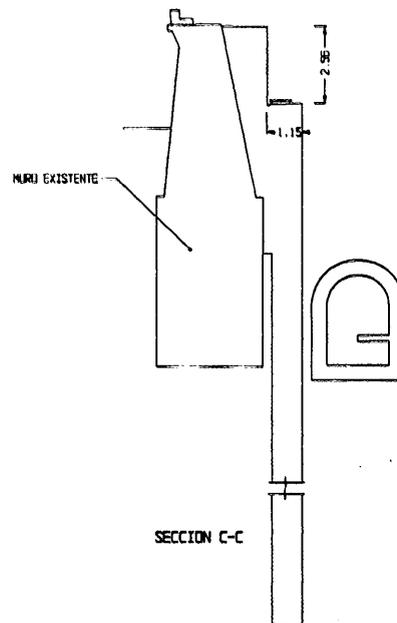
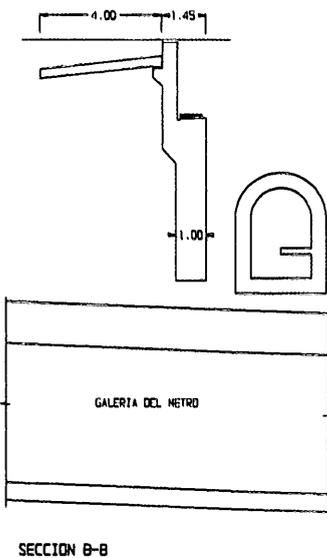
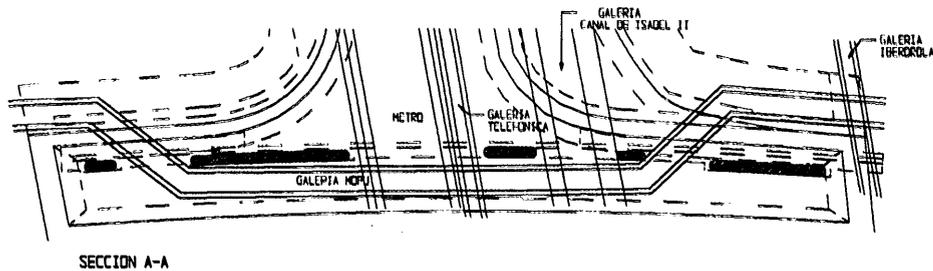
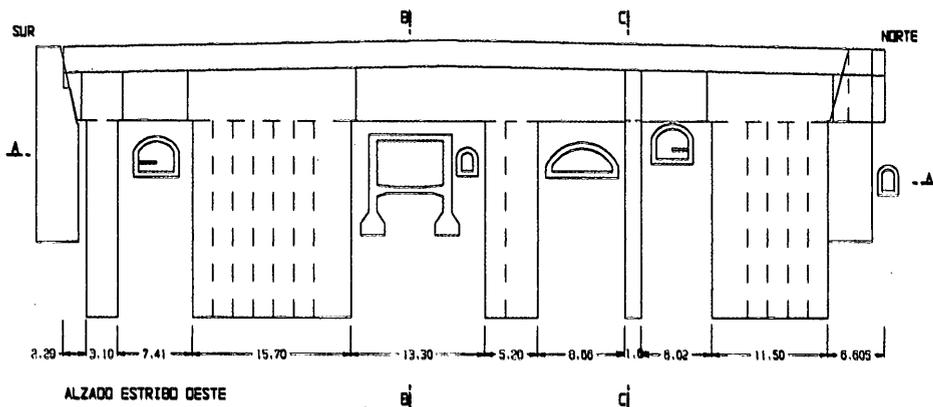


Figura 8. Puente principal. Estribo lado Oeste.

PUENTE PRINCIPAL .- ESTRIBO LADO OESTE

de construcción de toda la obra. Todo esto ha motivado la existencia de diferentes esquemas estructurales, y en consecuencia, distintas metodologías de cálculo tanto en el Estribo Oeste como en el Estribo Este que se detallan a continuación.

4.3.1. Estribo Oeste

El Estribo Oeste está formado por un conjunto de pantallas discontinuas interrumpidas por la galería del MOPU, el túnel del Metro, así como las galerías de Telefónica, del Canal de Isabel II e Iberdrola. Estas pantallas construidas por bataches independientes transversalmente, de 3.10 m y 2.10 m de longitud, espesor de 1 m, y una profundidad de 20.0 m se unen en su parte superior por un muro continuo de 8.0 m de altura y del mismo espesor. Este muro forma unas gran viga cabezal que recibe las cargas de los apoyos de las vigas y las transmite al conjunto discontinuo de pantallas y al mismo tiempo reparte las acciones originadas por el empuje de las tierras. Las luces existentes en el muro cabezal en su apoyo con las pantallas son 7.41 m, 13.30 m, 8.66 m y 6.02 m.

El estudio de este tipo de estructuras es siempre complejo pues además de las acciones del tablero se añaden las debidas a la interacción con el suelo que dependen de la deformabilidad de la propia estructura. A estas dificultades hay que añadir las derivadas de la presencia de los nuevos muros con los ya existentes en los extremos del estribo que le confieren características diferentes.

Para el estudio de este estribo se utilizaron dos modelos que permitieron, por un lado, estudiar la estabilidad de las pantallas y

LA GARANTIA DE SU CALIDAD

CIMENTACIONES

INGENIERIA Y TRATAMIENTO DEL TERRENO

INSTRUMENTACIÓN DE OBRAS

TECNOLOGIA MEDIO AMBIENTAL



CIMENTACIÓN DEL NUEVO PUENTE DE VENTAS

- PANELES DE 1.0m DE ESPESOR
- PILONES DE Ø 1.0m
- MICROPILOTES Ø 0.25m



GEOCISA
GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A.

EONet
SISTEMA DE LA CALIDAD
CERTIFICADO



Los Llanos de Jerez, 10 y 12 28820 Coslada (Madrid) Tel.: 91 660 30 00 Fax: 91 671 64 60

por otro establecer los criterios de armado de las mismas de forma conjunta con el gran muro cabezal. Fig. 8.

4.3.1.1. Estabilidad de las pantallas

Para el estudio de la estabilidad de las pantallas se realizó un estudio seccional de los diferentes tipos de pantallas según la carga vertical actuante del tablero y la parte correspondiente del empuje de tierras sobre el muro cabezal. Este modelo permitió considerar la actuación del empuje activo o pasivo según los movimientos de la pantalla de una forma iterativa hasta alcanzar un estado de esfuerzos en equilibrio y de movimientos y deformaciones compatibles. De esta manera se estudió la profundidad precisa de las pantallas así como su armado. Este modelo mostró de forma clara la necesidad de apoyar las pantallas sobre el conjunto de las vigas del tablero dada la magnitud de los empujes horizontales. Estos apoyos se materializan en la parte inferior de las vigas con apoyos de neopreno verticales. Pueden permanecer separados de la pantalla debido a las deformaciones del tablero; pero ante los posibles movimientos de las pantallas podrían apoyarse sobre ellas controlando de esta forma los desplazamientos y esfuerzos sobre la misma.

Para el estudio de la interacción con los muros existentes en los extremos se estudiaron dos situaciones. La primera suponía que la posible línea de deslizamiento se producía por debajo de la cimentación del muro existente y, consecuentemente, se movilizaría todo el empuje activo sobre las pantallas de forma equivalente a la no existencia del muro. La otra situación considerada suponía que la línea de deslizamiento se producía por encima de la cimentación del muro existente. En esta zona el empuje de tierras sería resistido por dicho muro sin transmitir empujes a las pantallas; pero la deformabilidad de las pantallas por la acción del empuje al reposo por debajo del mismo interaccionaría con un elemento rígido. Esta segunda situación es más favorable desde el punto de vista de la estabilidad; pero

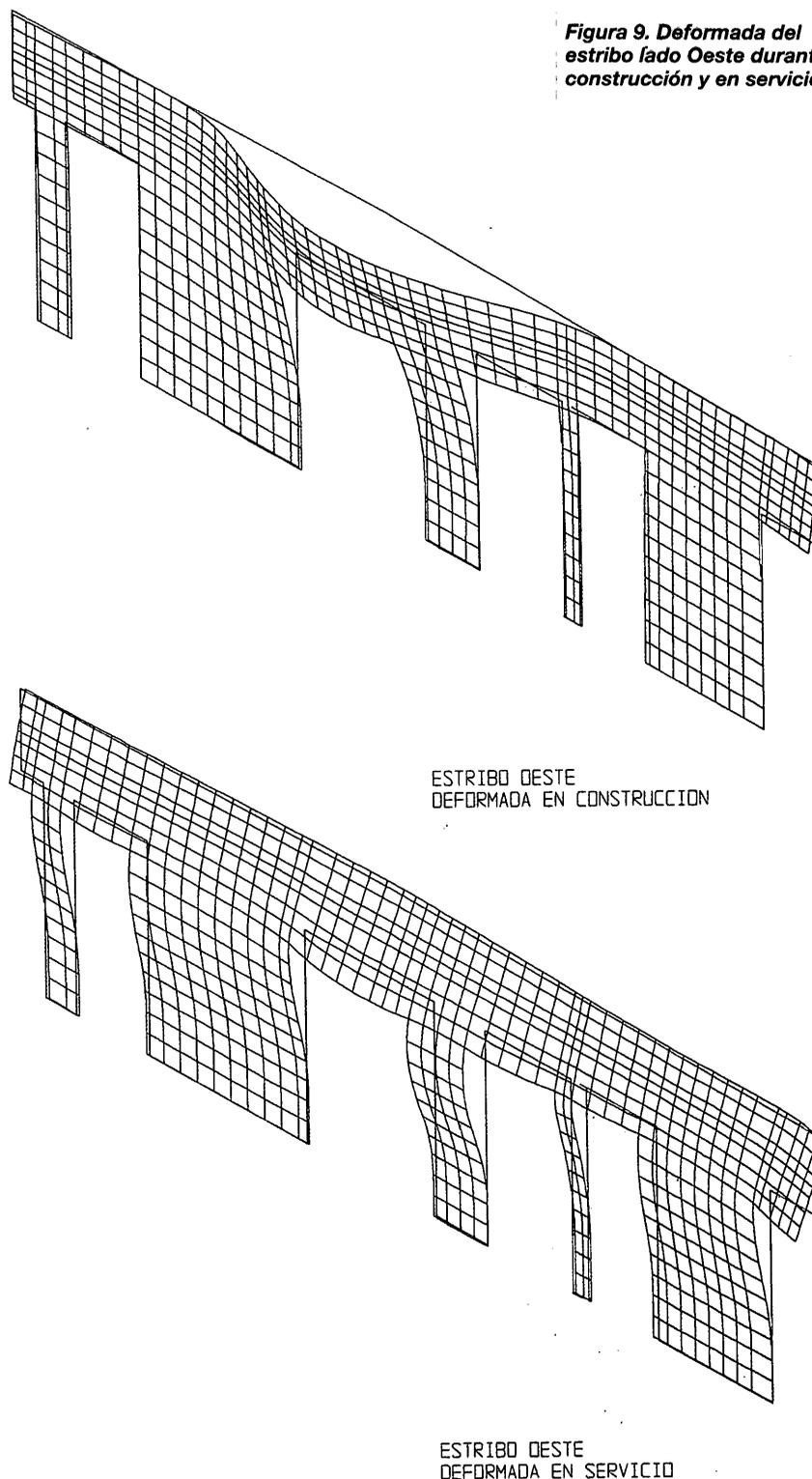
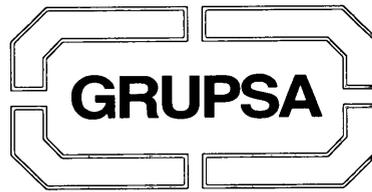
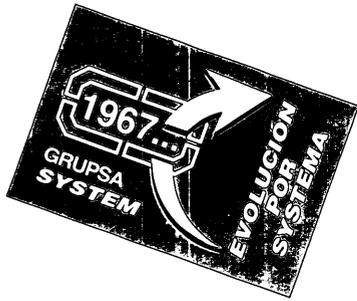


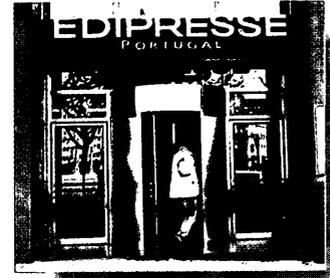
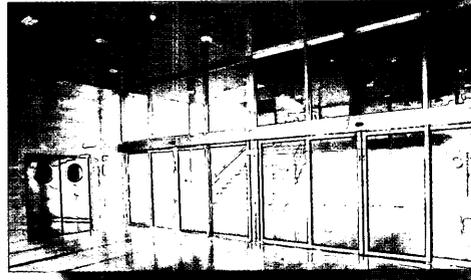
Figura 9. Deformada del estribo lado Oeste durante la construcción y en servicio.

da lugar a un esquema de armado diferente en la parte superior del muro. Fig. 9.



EVOLUCION POR SISTEMA

Tel. : 91 814 05 02. Fax : 91 814 05 12.



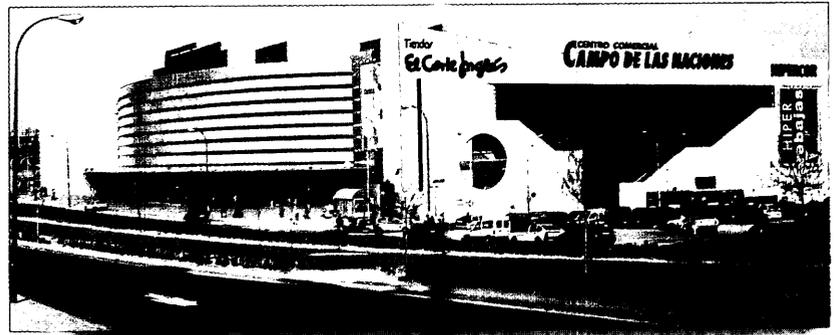
● **PUERTAS AUTOMÁTICAS**
 AUTOMATIC DOORS
 PORTES AUTOMATIQUES
 PORTAS AUTOMÁTICAS
 BATIENTES
 CORREDERAS
 CORREDERAS CURVAS
 GIRATORIAS
 ANTIPANICO INTEGRAL

● **PUERTAS MANUALES**
 MANUAL DOORS
 PORTES MANUELLES
 PORTAS MANUAIS
 PIVOTANTES
 CORREDERAS
 GIRATORIAS
 QUIROFANOS

● **PUERTAS MULTIFACHADA**
 MULTI-FACADE DOORS
 PORTES MULTIFAÇADE
 PORTAS MULTI-FACHADA

● **CABINAS DE ASEO**
 TOILET BOOTHS
 CABINET DE TOILETTES
 CABINAS SANITÁRIAS

● **ALTA METALISTERÍA**
 HIGH CLASS METALWORK
 TRAVAIL DES MÉTAUX DE HAUTE QUALITÉ
 TRABALHOS EM METAL DE ALTA QUALIDADE



MADRID BARCELONA SEVILLA LISBOA



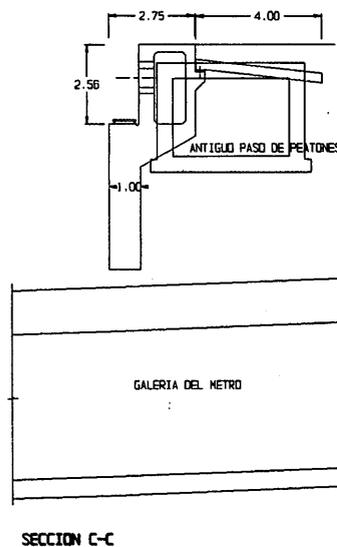
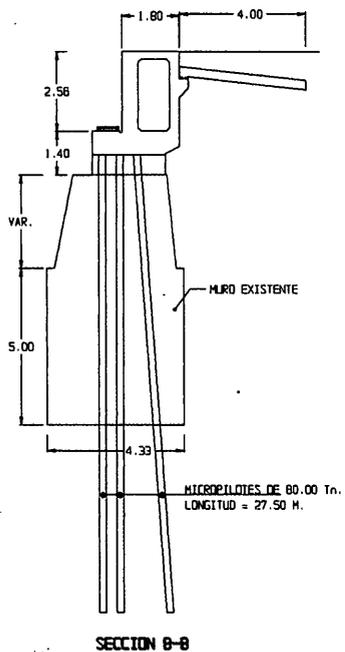
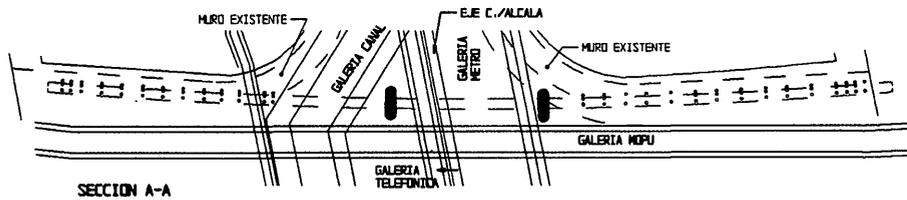
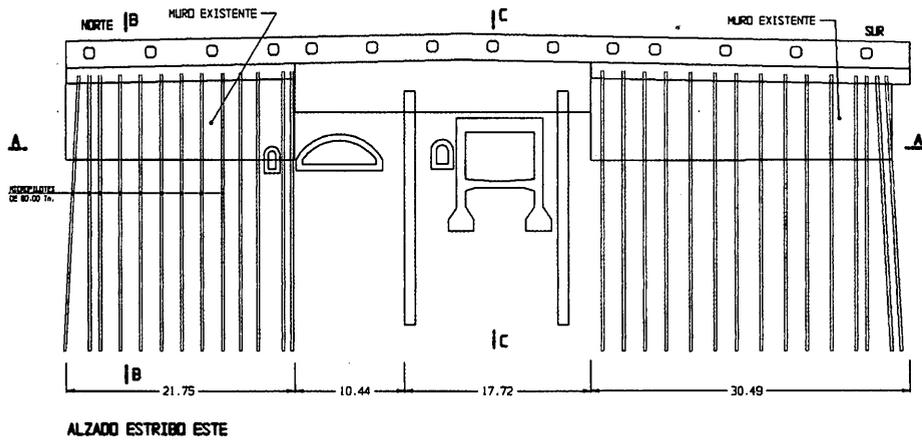


Figura 10. Estribo lado Este.

PUENTE PRINCIPAL .- ESTRIBO LADO ESTE

4.3.1.2. Estudio de la flexión del conjunto muro-pantallas

Si bien con el modelo anterior fue posible estudiar correctamente la longitud de empotramiento de las pantallas para transmitir adecuadamente las tensiones al terreno y garantizar la estabilidad frente a acciones horizontales no permitía analizar el comportamiento a flexión de los muros cabezales que, como consecuencia de las luces a salvar entre las pantallas, deja de tener un comportamiento bidimensional.

Los muros cabezales actúan como viga de gran canto al transmitir las acciones del tablero a las pantallas y al mismo tiempo están sometidos a flexiones de eje vertical debidas al empuje de tierras, apoyadas en puntos discretos que son los apoyos en las vigas. Para este estudio conjunto se realizó un modelo de elementos finitos con láminas planas. Los puntos de apoyo con las vigas se modelizaron como apoyos flexibles con la rigidez longitudinal de las vigas. Para la modelización del terreno se consideró un modelo de Winkler reproduciendo el comportamiento resistente con un módulo de balasto variable con la profundidad correspondiente a un comportamiento de suelo granular. Los diferentes coeficientes de variación se obtuvieron de acuerdo a la consistencia del terreno determinada en los sondeos.

Con este modelo se pudo dimensionar los muros cabezales teniendo en cuenta tanto la situación final de servicio con las pantallas sujetas en cabeza como la de

LOS PRIMEROS POR NATURALEZA.

En **Ferrovial** sabemos que la naturaleza es lo primero. Por eso hemos sido **la primera empresa del sector** en crear un sistema de gestión medioambiental adaptado a la norma internacional más extendida del mundo: La **norma ISO 14.001**. Y para estar seguros de que lo estamos haciendo bien, lo hemos sometido a la certificación de **AENOR**. Por eso somos los primeros en cumplir con los más rigurosos requisitos medioambientales. Porque sabemos que el medio ambiente representa una apuesta de futuro para todos nosotros. Porque trabajamos siempre con espíritu constructivo. Como empresa y como personas, en **Ferrovial** cuidamos la naturaleza. Por sistema.



ferrovial



**AENOR CERTIFICA QUE FERROVIAL CUMPLE LA
NORMA ISO 14.001 DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL**

construcción en la que las pantallas laterales correspondientes a las losas 1 y 3 estarían sujetas y la pantalla central se encontraría sujeta por estas últimas, ya que las vigas de la losa 2 no estarían montadas. Aunque se estudió esta situación, para independizar la construcción de los estribos del montaje de las vigas, no se pasó por esta situación ya que se decidió finalmente trasdosar el muro una vez montadas las vigas centrales.

4.3.2. Estribo Este

La disposición estructural del Estribo Este difiere completamente de la del Oeste. La coincidencia en la mayor parte de su longitud con un muro de gravedad existente permitió independizar las funciones de transmisión de cargas verticales del tablero de las de contención de tierras en la zona coincidente con el muro. Así las acciones verticales se transmiten por medio de micropilotes de acero que atraviesan el muro con una longitud de 27.50 m y la contención de tierras están confiada a este muro. En la zona central, sin embargo, las cargas tuvieron que ser puenteadas entre las 2 pantallas dispuestas transversalmente y los muros laterales ante la imposibilidad de disponer ninguna pantalla por la presencia del túnel del Metro y las galerías del Canal de Isabel II y de Telefónica.

La necesidad de disponer una galería para el acceso a los cajones del tablero permitió diseñar una viga cabezal en sección cajón muy eficaz. Se dispusieron 3 micropilotes en el sentido longitudinal del tablero de tal forma que se minimizaron las torsiones sobre la viga cabezal ante la no coincidencia del punto de aplicación de las cargas con el centro de esfuerzos cortante de la viga.

Para el estudio de este estribo se realizó un modelo de barras espacial representando la viga cabezal por una barra en su centro de esfuerzos cortantes y los micropilotes y pantallas por elementos barra.

La reacción del terreno en las pantallas se tuvo en cuenta con un modelo de Winkler con un módulo de balasto variable con la profundidad.

En este modelo se obtuvo de forma completa la flexión longitudinal y transversal así como las torsiones de los muros cabezales, la flexión de las pantallas así como las acciones sobre todos y cada uno de los micropilotes. Fig. 10.

4.4. TABLERO

4.4.1. Desmontaje del antiguo Puente de Ventas

El antiguo Puente de Ventas tenía una longitud total de 41,40 m, una anchura de 37,27 m y estaba formado por dos luces iguales de 20,7 m. El apoyo central estaba formado por 12 pilares cilíndricos de 1,2 m de diámetro y se situaba en la mediana de la M-30.

El tablero estaba formado por una losa nervada, con secciones en doble T ó cajón según la zona, y con una junta transversal situada a 6,75 m de la línea del apoyo central y en el lado Este. Esta junta, a media madera, servía para flexibilizar el puente frente a los asientos y determinaba dos tipos de vigas, una larga que iba desde el estribo Oeste hasta la junta a media madera en el lado Este, después de pasar sobre la pila. Y otra corta, que va desde la junta al estribo Este. En las proximidades de los estribos y en la zona central de las losas existían unas vigas riostras.

Es una estructura típica de hormigón armado de las que se construían con frecuencia en España en los años 40 y 50.

En el proceso de desmontaje del antiguo Puente de Ventas las operaciones que se realizaron para la retirada de las vigas cortas, fue diferente que en el caso de las vigas largas. El desmontaje de las vigas cortas, las cuales tenían una sección transversal en T, consistió en practicar cortes longitudinales para destacar vigas longitudinales individuales de sección en doble T.

En cada viga resultante se realizaron las siguientes operaciones:

- ▼ Corte de riostra central con equipo de taladros.
- ▼ Corte de riostra en las proximidades del estribo con equipo de taladros.
- ▼ Corte de junta metálica en apoyo a media madera entre losas y en unión con estribo.
- ▼ Emplazamiento de la grúa y cogida de las vigas con cadenas en jornada nocturna.
- ▼ Corte con pinza demoledora del anclaje de la viga al estribo.
- ▼ Retirada de viga con grúa y colocación sobre dolly, para ser llevado a zona de vertedero, previa demolición.

Para la realización de estos trabajos se montó debajo de la estructura a demoler, una cimbra de protección móvil, formada por una estructura porticada, con el fin de proteger a las personas que estaban efectuando las labores de demolición y al tráfico de la M-30, de las eventuales caídas de pequeños escombros y agua, que se pudieran producir.

En el caso de las vigas largas cuya sección transversal era tipo cajón, el proceso de desmontaje de estas vigas consistió en las operaciones siguientes:

- ▼ Cortes longitudinales en la carta superior de la viga.
- ▼ Apertura en las vigas de "bocas de hombre", con objeto de poder introducir maquinaria de corte en el interior de cada viga cajón.
- ▼ Corte longitudinal en la parte inferior de la viga. De esta manera se obtiene vigas en doble T. En cada viga resultante se realizan las operaciones descritas en el caso correspondiente a la retirada de vigas cortas.

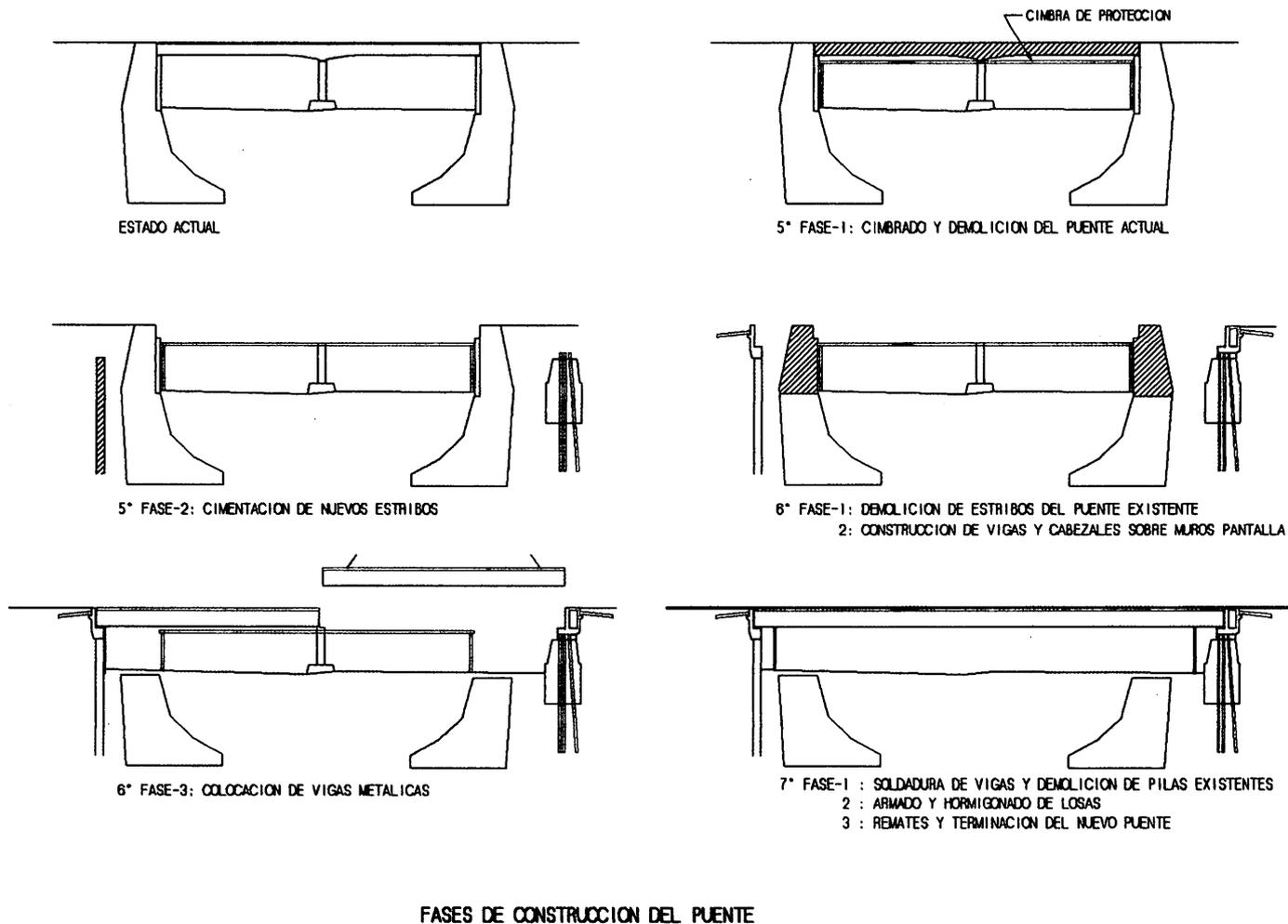


Figura 11. Esquema de demolición del puente principal y de construcción del nuevo puente principal.

La retirada se realizó en horario nocturno previo desvío del tráfico en la M-30. Fig. 11.

4.4.2. Tablero nuevo

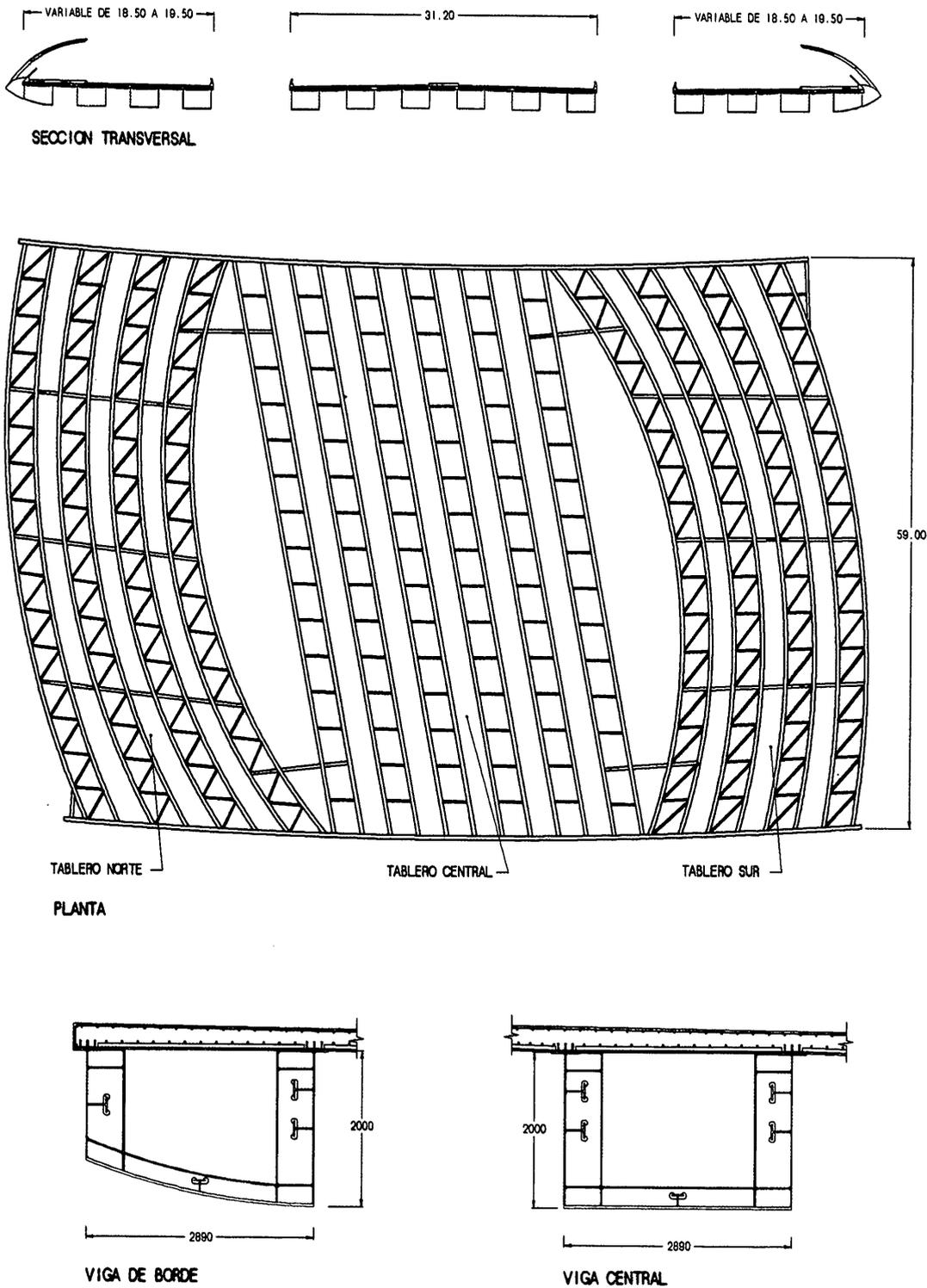
El tablero total se compone de dos tableros laterales, Norte y Sur, y un tablero central. Los primeros tienen una anchura que varía en 18,5 m y 19,5 m y un radio en planta, variable según las vigas, entre 61,6 m y 98,3 m. Están soportados por cuatro vigas cajón, una de borde y tres centrales de 2,00 m de canto y 2,88 m de anchura. Sobre ella se dispone una losa de hormigón de 20 cm de espesor soportada durante la construcción por una chapa grecada.

El tramo central tiene una anchura de 31,2 m y está soportado por seis vigas oblicuas similares a las de los tramos curvos.

En los tableros curvos se disponen cinco vigas riostras completas que cosen entre sí las cuatro vigas longitudinales, las cuales se disponen, dos en los bordes y tres intermedias. Su finalidad es ayudar al reparto transversal de cargas de un tablero tan curvo como estos, así como para ajustar las reacciones en apoyo. Cada viga cajón tiene un rigidizador transversal cada 3,6 m. En el tramo central no existen vigas riostras. El espesor de las chapas varía, en función de su localización en las vigas, entre 10 mm y 35 mm.

La construcción del tablero seguía los siguientes pasos. Cada viga venía del taller dividida en dos parte y se montaban apoyándolas en los estribos y un apoyo central, que era el del puente demolido para las vigas centrales y apoyos provisionales para los tableros curvos de borde. Después de realizar la soldadura de las secciones en el centro de la luz, se procedía a colocar las chapas plegadas entre las cabezas de las vigas, la armadura de la losa y el hormigón de la misma. Finalmente se eliminaban los apoyos provisionales. Fig. 12 y Fig. 13.

Figura 12.
Tablero mixto.



PUENTE DE VENTAS .- TABLERO

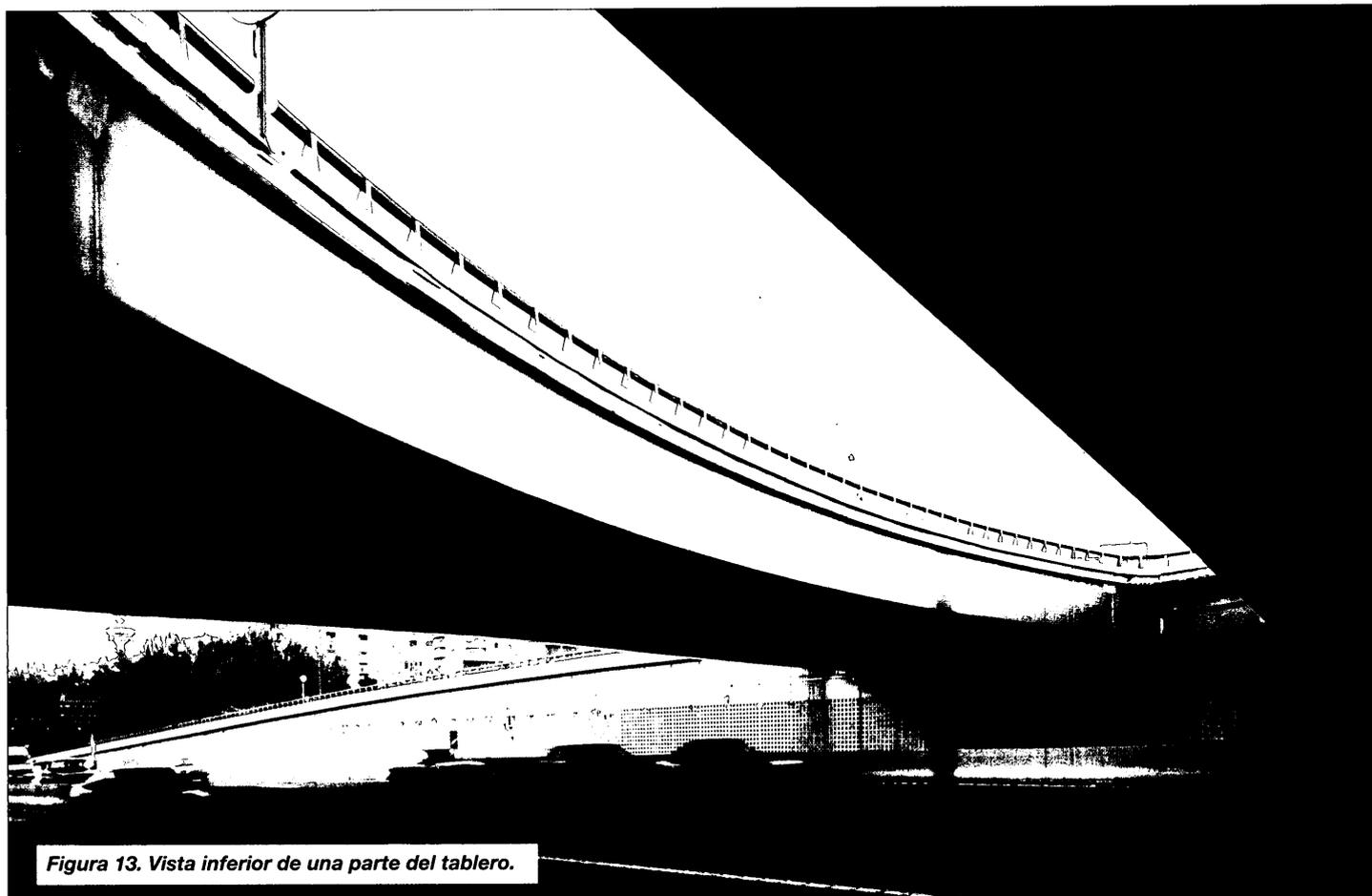


Figura 13. Vista inferior de una parte del tablero.

4.4.3. Cálculo

El tablero del puente se ha calculado por un emparrillado plano. Se han reproducido las catorce vigas mediante dieciséis barras cada una. De esta forma se tiene una barra entre cada dos rigidizadores transversales. Transversalmente se han puesto barras que reproducen la losa de hormigón y, en las zonas curvas, las vigas riostras intermedias. En los extremos del puente se han puesto barras transversales para modelizar la viga riostra de los estribos. El modelo tiene 238 nudos y 423 barras, como se puede ver en la figura.

A cada barra se le han dado las propiedades de la parte del puente que reproduce. Las barras longitudinales, el cajón de acero y la losa de hormigón, y las transversales, la losa de hormigón y las vigas riostras. Pero las secciones mixtas se han considerado tres características diferentes: acero solo, sección mixta a tiempo cero y sección mixta a tiempo infinito. Hay que señalar que para ajustar la cantidad de material a las necesidades resistentes, se cambia de espesor de chapa entre rigidizadores transversales, lo que daba lugar a una gran cantidad de secciones diferentes.

Las cargas que se han aplicado al modelo son las establecidas en la Instrucción sobre acciones en puentes de ca-

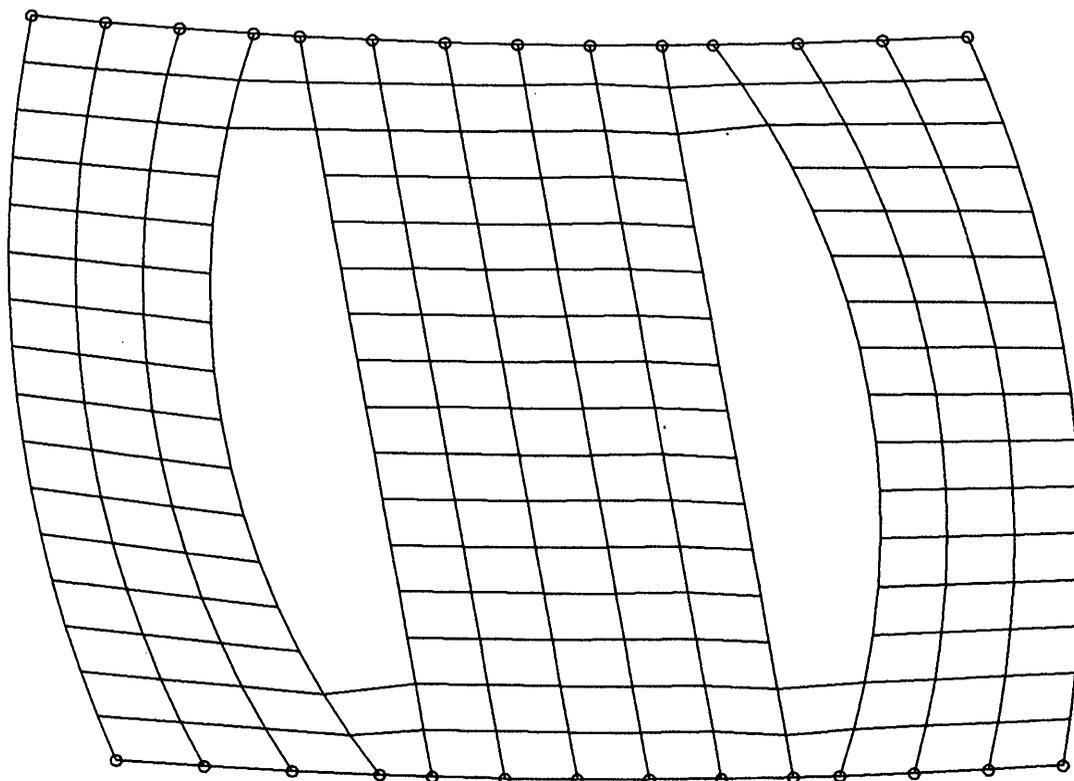
rrera. Las hipótesis de carga que se han considerado han sido peso propio, carga muerta, retracción del hormigón, gradiente térmico, veintiocho sobrecargas uniformes y ochenta y cuatro posiciones de carro. Con todas ellas se han obtenido los esfuerzos más desfavorables en todas las barras en estado límite último y de servicio para los tiempos cero e infinito. En la figura se representa la envolvente de cortantes, torsores y flectores de una de las vigas curvas más solicitadas.

Se determina a continuación el nivel de tensiones de servicio de todos los nudos de la estructura teniendo en cuenta la evolución del montaje del puente. Las cargas de peso propio actúan sobre la sección de acero solo y el resto de las solicitaciones sobre la sección mixta.

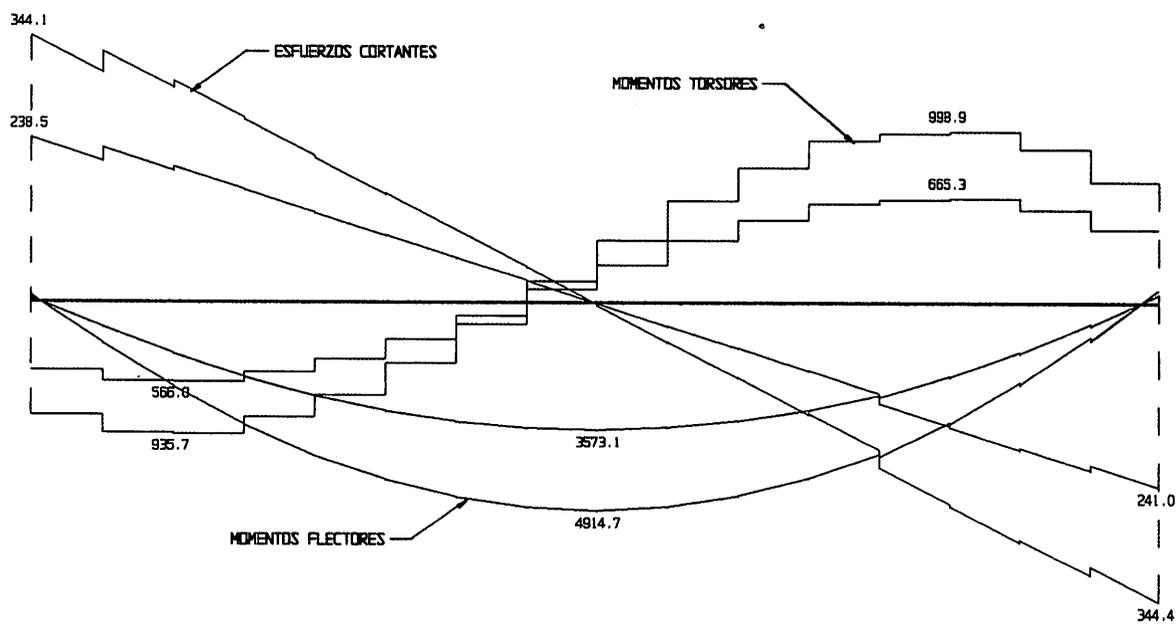
El siguiente paso es obtener la seguridad frente a rotura de todas las secciones. Para ello se calculan los momentos y cortante de rotura de todos los nudos y se obtiene la interacción de momento, cortante y torsor de acuerdo con lo establecido en la RPX-95.

Se completa el cálculo del puente con la determinación de la conexión hormigón-acero y la rigidización longitudinal y transversal de la sección metálica, así como la armadura de la losa de hormigón. Fig. 14.

Figura 14.
Modelo de cálculo y esfuerzos principales en una viga tipo.



MODELO DE BARRAS DEL TABLERO -EMPARRILLADO PLANO



ESFUERZOS PRINCIPALES EN UNA VIGA TIPO

4.4.3.1. Estudio por elementos finitos de las vigas curvas

Aunque las comprobaciones de la seguridad de la estructura, que hemos referido, eran los normales para una estructura de este tipo, sin embargo, la importancia del puente y la novedad de las Recomendaciones mencionadas hizo aconsejable un estudio en paralelo por el método de los elementos finitos que permitiera determinar el nivel de seguridad alcanzado y la razón de ser de algunas reglas contenidas en las RPX-95. En particular existía un interés especial en determinar las condiciones de rigidez a exigir a los marcos transversales.

Se ha estudiado una viga curva por ser el caso más desfavorable, ya que en ella se generan momentos torsores importantes y los marcos transversales no sólo sirven como rigidizadores para evitar la abolladura, sino que también mantienen la sección transversal indeformable evitando la distorsión.

El modelo de elementos finitos, Fig. 15, reproduce mediante elementos planos de 8 nodos con comportamiento de lámina, las chapas principales del cajón metálico, la losa de hormigón y los diafragmas transversales. Los rigidizadores longitudinales (en almas y chapa inferior) y los marcos transversales se reproducen mediante elementos tipo viga rigidamente unidos al cajón, Fig. 16. El análisis se ha llevado a cabo en dos fases: la primera elástica y lineal y la segunda en plasticidad y teniendo en cuenta efectos de segundo orden.

El objeto de la fase elástica es comprobar las repercusiones que tiene el dimensionamiento de los marcos transversales en la distribución de tensiones longitudinales en el cajón. En efecto, las Recomendaciones RPX-95 imponen unas condiciones mínimas de rigidez que consisten básicamente en exigir que la rigidez del marco frente a la distorsión sea mayor de 1500 veces la rigidez del cajón comprendido entre dos marcos.

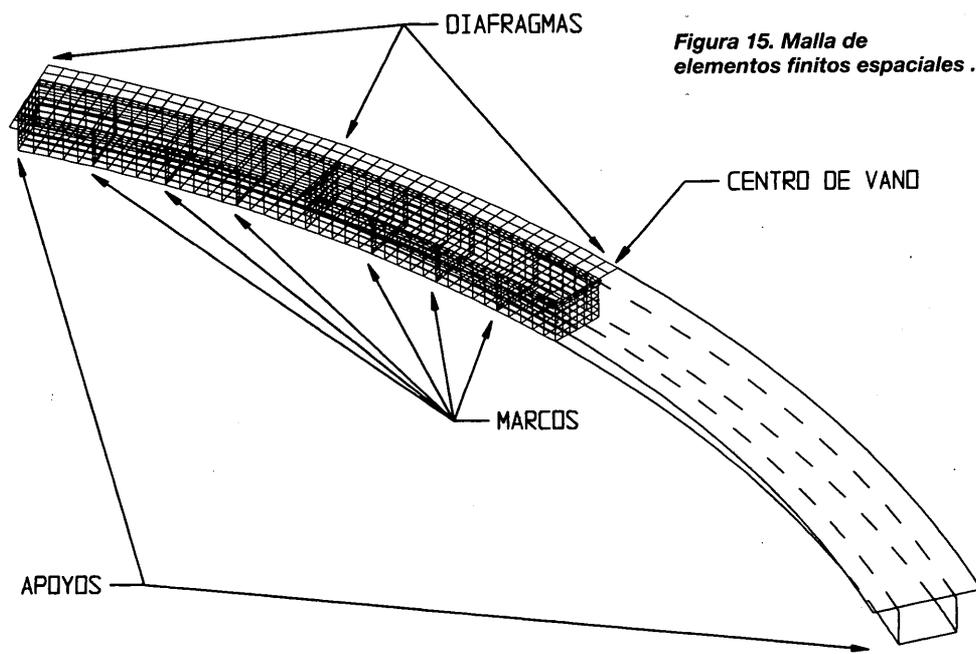


Figura 15. Malla de elementos finitos espaciales.

Esta es una condición de rigidez relativa que no tiene en cuenta la propia rigidez del cajón (un cajón muy rígido no debería necesitar marcos ni diafragmas intermedios), lo cual no parece lógico. En efecto, la figura 17 muestra la distribución de tensiones longitudinales en la chapa inferior del cajón para distintos niveles de rigidización: dos de los casos corresponden a marcos rígidos (500 y 5000 veces la rigidez del cajón) y los otros

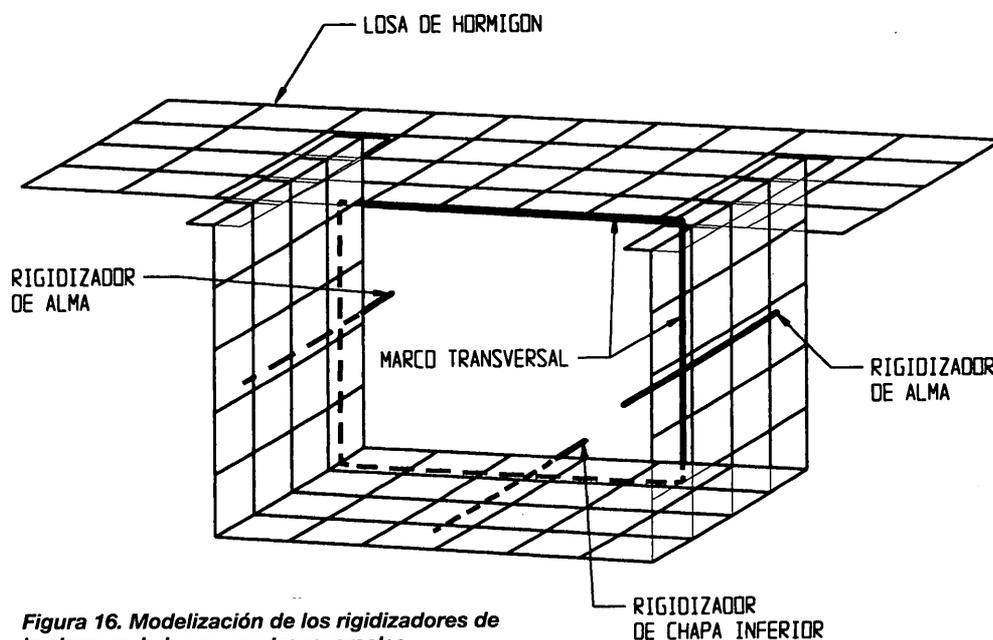


Figura 16. Modelización de los rigidizadores de la chapa y de los muros transversales.

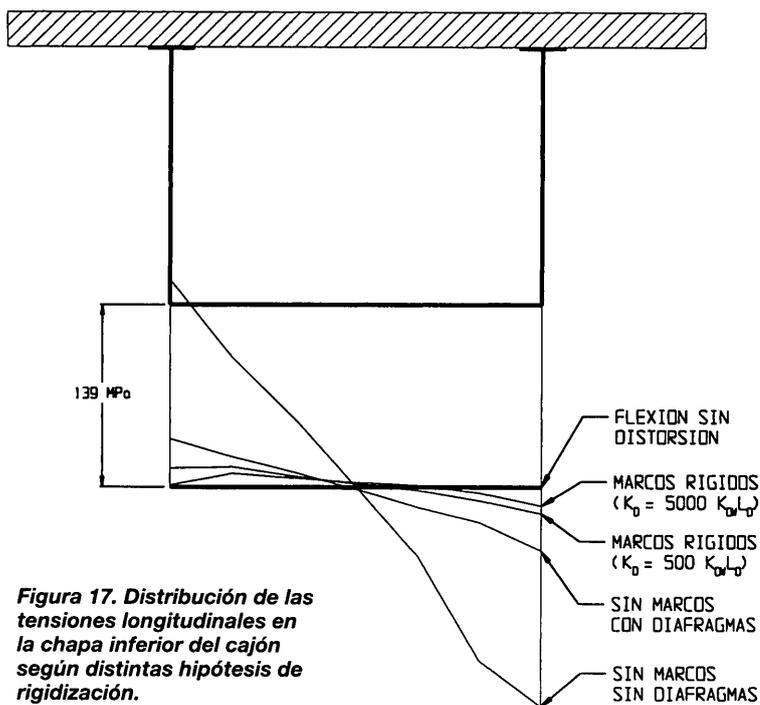


Figura 17. Distribución de las tensiones longitudinales en la chapa inferior del cajón según distintas hipótesis de rigidización.

corresponden a eliminar los marcos y/o los diafragmas (los hay en apoyos y a cuartos de luz). En esta figura se aprecia que el rango de rigideces aceptables de los marcos transversales es muy superior al que definen las RPX-95, o al menos se debería evaluar esta rigidez de una forma global, teniendo en cuenta también la rigidez de los diafragmas intermedios. Este tipo de estudios permite además determinar con precisión la anchura eficaz de la losa que colabora con el rigidizador en el trabajo

de flexión; en este caso resultó ser 28 veces el espesor de la chapa del cajón, muy superior por lo tanto a las 10 veces que recomienda la RPX-95. En este punto también resulta ser una norma conservadora aunque es difícil generalizar el resultado obtenido.

El estudio no lineal persigue alcanzar el estado límite último llegando al agotamiento, ya sea por plastificación del material o por pandeo local o por los dos motivos simultáneamente. Dado que todas las normas recomiendan comprobaciones de tensiones y de abolladura a nivel local, es natural que el estado de agotamiento global de la estructura se produzca para una carga superior a la exigida. En el caso de las vigas del puente de Ventas este estado de agotamiento se alcanza para el 188% de la carga nominal cuando debiera producirse para un valor comprendido entre el 135% (peso propio) y el 150% (sobrecarga). Este resultado demuestra fehacientemente que los modelos de elementos finitos del puente completo permiten determinar los coeficientes de seguridad reales y por ellos pueden conducir a conseguir un ahorro importante de material. En el caso de este puente se ha determinado que una reducción del 20% en los espesores de todas las chapas del cajón metálico conduciría a un coeficiente

de seguridad global de 1,60; no hay que olvidar sin embargo los otros fenómenos que podrían acompañar a esta reducción como son las vibraciones y la fatiga.

El estado límite último se produce fundamentalmente por plastificación de la chapa inferior del cajón; como se aprecia en la figura 18, dicha plastificación se produce simultáneamente en toda la luz, debido a la variación de espesores definida en el proyecto.

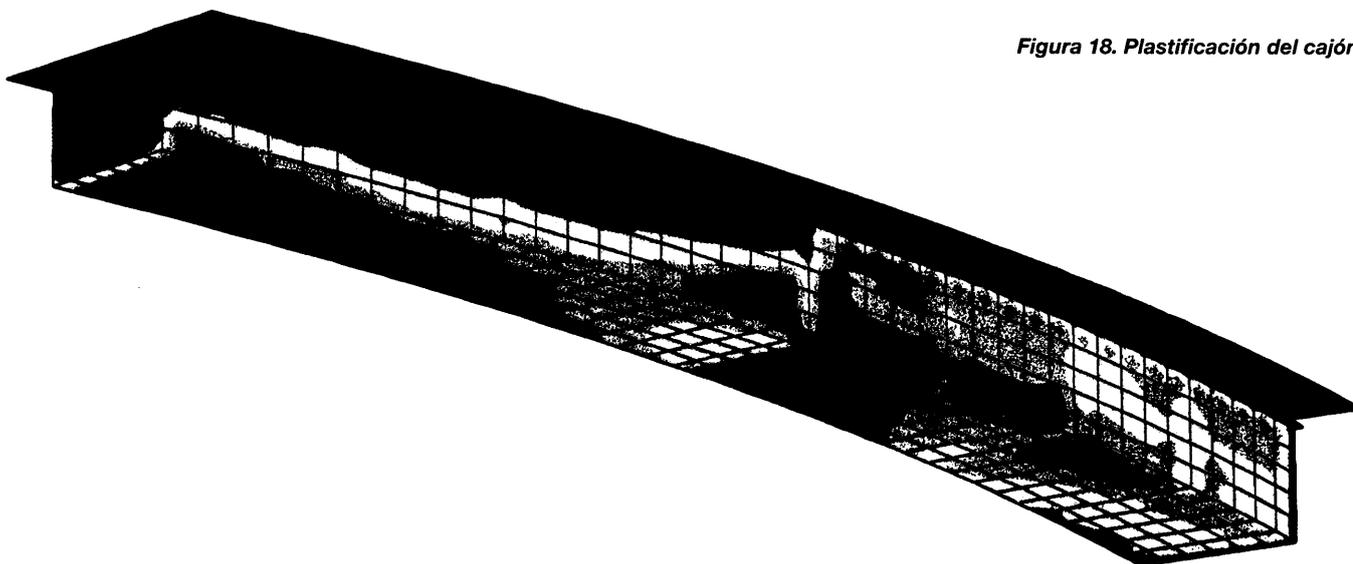
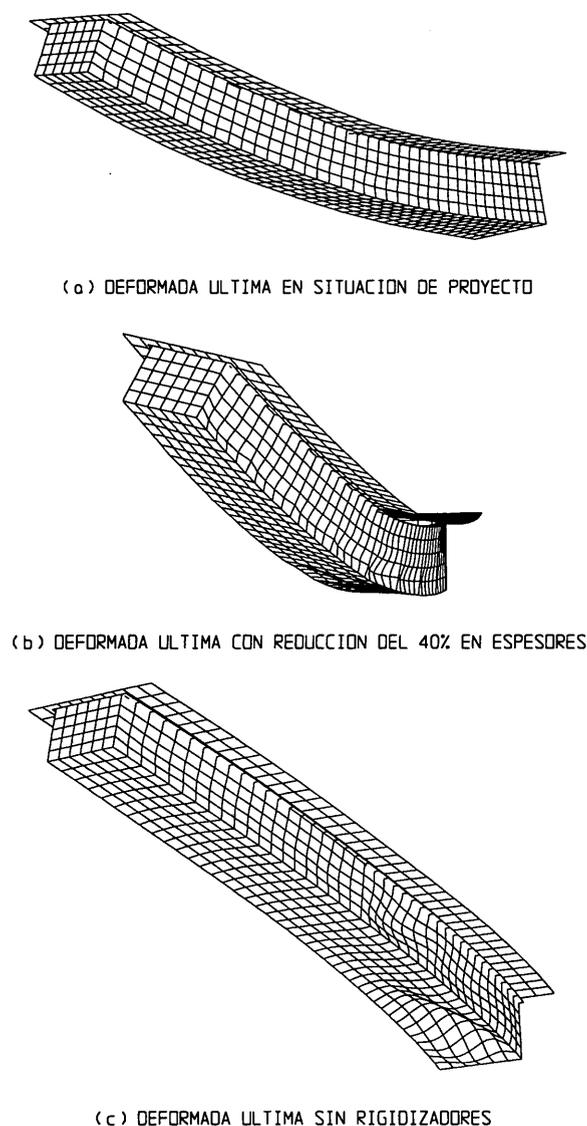


Figura 18. Plastificación del cajón.



La importancia de los fenómenos de abolladura se aprecia en la figura 19, en la que se ha representado la deformada de medio vano de la viga en el estado límite último y en tres hipótesis:

- ▼ dimensiones de proyecto: no hay fenómenos de abolladura apreciables.
- ▼ espesores de chapa reducidos en un 40%: los paneles definidos por los rigidizadores transversales y longitudinales, resultan excesivamente grandes y aparecen fenómenos de abolladura local, tanto en almas como en la chapa inferior.
- ▼ eliminación del sistema de rigidizadores: en este caso se aprecian los fenómenos de abolladura, que pasa a ser generalizada, tanto en almas como en chapa inferior y ello es debido a la torsión.

Figura 19. Abolladura de las chapas en función del tipo de rigidización.

La presentación de estos resultados demuestra el potencial del método de los elementos finitos como herramienta de cálculo global del puente.

4.5. ARCO DE ILUMINACIÓN

El arco de iluminación es una estructura de acero con una luz total de 100,00 m y una flecha de 15,50 m.

Está formado por una sección cajón de dimensiones variables compuesta por un triángulo equilátero cuyos lados varían desde 1,0 m en clave hasta 1,60 m en arranques. Los espesores de las chapas varían desde 12 mm en la zona de arranques, 15 mm en la zona de clave y 10 mm en las zonas intermedias. La rigidización transversal está formada por 19 diafragmas igualmente espaciados de 10 mm de espesor con un orificio circular concéntrico con el centro de gravedad cuyo diámetro varía desde 300 hasta 570 mm y 2 rigidizadores longitudinales por chapa de 100 x 100 mm que la divide en tres partes iguales. Fig. 20.

En su parte inferior se disponen unas chapas continuas para la sujeción de la luminaria que crea una línea continua de luz.

La transición entre la estructura y la cimentación se realiza con un plinto piramidal de sección triangular.

La cimentación de lado Oeste es directa sobre un Paso inferior existente relleno de hormigón y la del lado Este la carga se transmite a la estructura existente bajo la calle Alcalá.

Estructuralmente las acciones principales son las debidas al viento, trabajando el arco como una gran viga balcón. Un aspecto importante de su comprobación fue el estudio de su pandeo tanto en su plano como fuera de él, calculando el coeficiente de seguridad ante la mayoración de la sobrecarga de viento y la carga permanente independientemente o bien simultáneamente con un estudio no lineal geométrico. Fig. 21.

4.6. PRUEBA DE CARGA

Para la comprobación de la respuesta estructural de los tableros se realizó la preceptiva prueba de carga, tanto estática como dinámica con un registro continuo de desplazamientos y aceleraciones por medio de un carrete de hilo tenso continuo. Los resultados obtenidos se ajustaron perfectamente a los previstos por el modelo estructural. De forma simultánea y, como parte de un Proyecto Fin de Carrera de la Universidad Politécnica, se realizaron medidas continuas de desplazamientos mediante técnicas de Posicionamiento Global con satélites (GPS) con el fin de investigar las enormes posibilidades que se esperan en el campo de instrumentación continua de estructuras. Los resultados preliminares que se han obtenido han sido muy satisfactorios. ●



Figura 20. Arco de iluminación de día.



Figura 21. Vista nocturna del puente.

FICHA TÉCNICA

Dirección de proyecto y obra:

Excmo. Ayuntamiento de Madrid.
Fernando Catalá,
Francisco Rodríguez Bernardo.

Proyecto:

Carlos Fernández Casado, S.L.
Oficina de Proyectos.
Javier Manterola, Juan Casero,
Miguel A. Gil, Miguel A. Astiz,
Antonio Martínez Cutillas,
José Montero, Amando López
Padilla, Gregorio Carmona.

Construcción:

Dragados:
Ings. Rafael Gómez del Río,
Miguel Martín, Paola Barquín,
Antonio García Plata,
Antonio García Ferrer.

Estructura Metálica:

Megusa.
Miguel Silvestre.