

Foto 1

pavimentos de hormigón en vías urbanas

RAFAEL FERNANDEZ SANCHEZ,
Ing. de Caminos

ALVARO GARCIA MESEGUER,
Dr. Ing. de Caminos

514-61

sinopsis

En este artículo se describen las obras de la calle de Pedro IV, en Barcelona, y la travesía de Manresa, en cuya construcción ha colaborado el Servicio de Pavimentos Rígidos del I.E.T.c.c., destacando las ventajas e inconvenientes que presenta este tipo de solución.

Consideraciones generales

Con ocasión de dos obras urbanas en pavimento de hormigón, ejecutadas en los últimos tres años con la colaboración del SEPAR, se ha tenido la oportunidad de constatar de cerca las ventajas e inconvenientes que presenta este tipo de solución.

Las ventajas que, en una vía urbana, resaltan más son:

Gastos de conservación casi nulos durante años.

Mayor claridad y, por tanto, ahorro en iluminación artificial.

Mejor adherencia, especialmente con lluvia, que evita gran cantidad de accidentes por frenazos bruscos.

Prácticamente insensible a los hidrocarburos y grasas, extremo importante por la gran cantidad de superficie destinada a aparcamientos.

Dado que en las vías de fuerte tráfico de las ciudades importantes se utiliza cada vez más el hormigón como capa de base y luego se recubre con algunos centímetros de aglomerado asfáltico, ¿por qué no ejecutar el hormigón de forma que quede como capa de rodadura? ¿Por qué no aplicar a las vías urbanas la técnica que se usa en autopistas y aeropuertos?

Ha sido tradicional invocar el inconveniente de las canalizaciones subterráneas, ya que cuando es necesario acudir a ellas se producen destrozos en el firme que son casi irreparables, salvo que se hagan mediante cortes con disco de diamante. Pero, sin embargo, en todas las autovías urbanas y grandes avenidas se están agrupando hoy día las diversas canalizaciones en galerías de servicios; o en el caso de nuevos barrios, se proyectan las aceras lo suficientemente anchas para llevar por ellas todas estas canalizaciones.

En cuanto al inconveniente de los cruces, se trata de un problema localizado relativamente fácil de resolver.

En los tres últimos años, el servicio de pavimentos rígidos del I.E.T. ha colaborado en la construcción de dos vías urbanas de hormigón, que se van a describir en este artículo. La obra de la calle Pedro IV, en Barcelona, se describe de forma más sucinta, dado que ya se han publicado algunos artículos sobre su construcción («Cemento-Hormigón», abril 1966; «Ingenieurs des villes», marzo 1968). La travesía de Manresa, de reciente construcción, se describe de forma más detallada (foto 1).

Obra de Pedro IV - 1.ª y 2.ª fase

Constructor de la 1.ª fase: **Fomento de Obras y Construcciones.**

Constructor de la 2.ª fase: **Construcciones Sulleva.**

Dirección Técnica: **Servicio de Pavimentación del Ayuntamiento de Barcelona.**

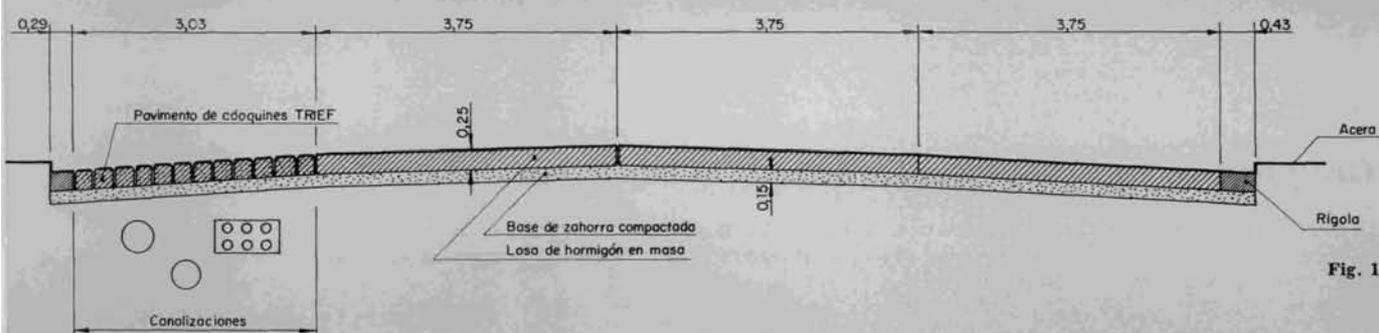
Introducción

La calle de Pedro IV, en Barcelona, se encuentra en la parte norte de la ciudad, con un trazado paralelo a la costa, y atravesando la zona industrial. En 1965 se construyó la 1.ª fase de dicha calle, que recogía todo el tráfico hacia Francia. En vista del buen comportamiento obtenido, en octubre de 1968 se realizó la 2.ª fase.

Características técnicas de la obra

La longitud total de la obra es de 2.500 m, con una anchura de hormigón de 11,25 m, dividida en tres bandas de 3,75 m cada una (fig. 1).

SECCIÓN TRANSVERSAL - CALLE PEDRO IV EN BARCELONA



La distancia entre juntas de contracción es de 6 m. El firme se compone de una losa de hormigón en masa de 25 cm de espesor, que se apoya en una base granular de 15 cm de espesor, compactada al 90 % de la densidad Proctor modificada.

Con el fin de dejar una zona para conducciones y canalizaciones de los distintos servicios y con vistas a que futuras reparaciones no afectasen a las losas de hormigón, se dejó una banda de 3,03 m de ancho, que se pavimentó con adoquines Trief. Dicha banda se destinó a aparcamiento lateral (foto 2).

Descripción general de la obra

El abastecimiento de hormigón se hizo, en la 1.ª fase, con camiones de vuelco lateral, como correspondía a la forma de alimentación de la extendidora.

El tren de hormigonado ABG, durante la 1.ª fase, se componía, además de la extendidora, de terminadora transversal y cuchillo vibrante. En la 2.ª fase, y debido a que el transporte del hormigón se efectuó con camiones-hormigonera, se compuso de extendidora de pala Vögele, terminadora transversal, cuchillo vibrante y terminadora diagonal; estas últimas de la casa ABG.

No existen juntas de dilatación, siendo todas de contracción y juntas de fin de día. Los pasadores están formados por barras de \varnothing 25 cada 40 centímetros, sobre un bastidor electrosoldado (fotos 3 y 4).

En las juntas longitudinales hay barras de anclaje de \varnothing 10,5 cada 50 centímetros.

En la 1.ª fase no se utilizó producto de curado, realizándose éste mediante arpilleras con riego directo.

En la 2.ª fase se emplearon los productos filmógenos Anti-sol-E, de SIKA, y FEB-CURE, de IBERFEB.

El serrado de la mayoría de las juntas se realizó a las 36 horas. La profundidad de serrado fue de 55 mm, y el sellado de juntas se realizó con Tiokol en la 1.ª fase, mientras que en la 2.ª se utilizó perfil extruido de Neopreno.

Problemas de construcción

Los principales problemas a que da lugar la construcción de un pavimento rígido en una vía urbana consisten normalmente en el tráfico, que no se puede cortar, que puede dar lugar a retraso en los camiones de hormigón, etc.

Normalmente la planta de hormigón se encuentra lejos, lo que suele traer como consecuencia un desfase en el ritmo de camiones y, por consiguiente, paradas en la marcha del tren.

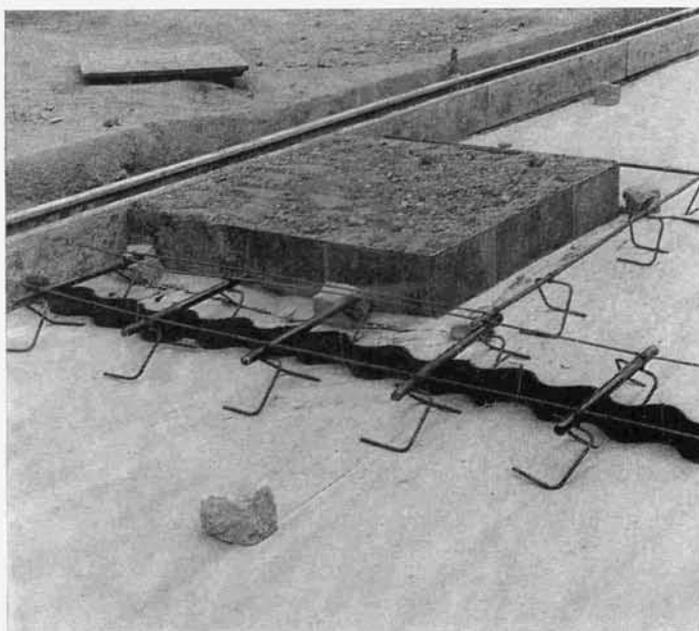


Foto 3



Foto 4

Otro problema frecuente es la necesidad de abrir al tráfico hormigones de poca edad, lo cual obligó en ciertos tramos a usar aceleradores de fraguado para poder dar paso a diversas industrias o en algunos cruces.

Travesía de Manresa

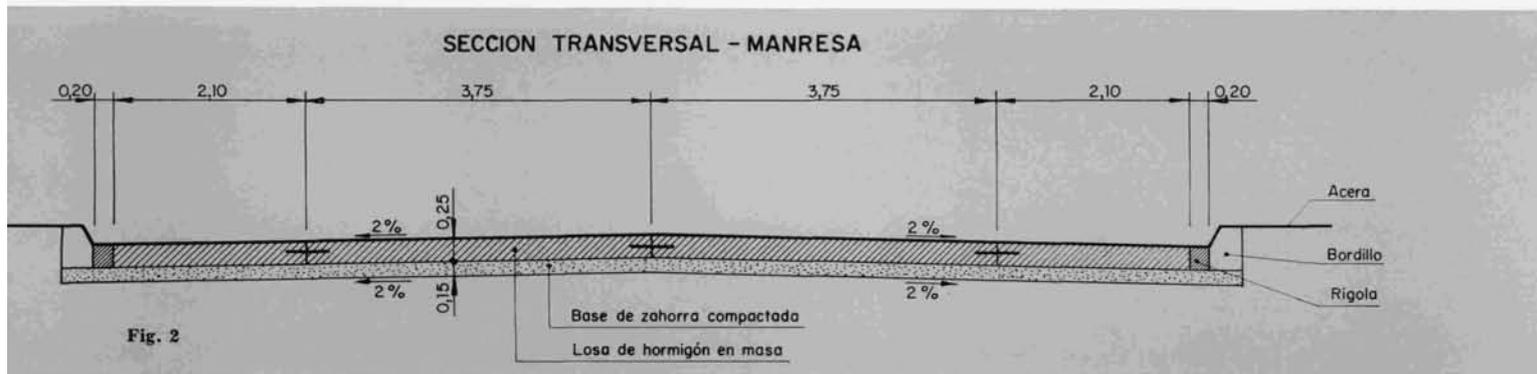
Constructor: **Construcciones Carlos Tarruella.**

Dirección Técnica: **Isidoro Muñoz**, ingeniero de la Jefatura Provincial de Carreteras de Barcelona.

Proyecto: **Jefatura Regional de Proyectos.**

Introducción

Se puede considerar a Manresa como el centro geográfico de la provincia de Barcelona. La travesía de Manresa recoge el tráfico de la nacional 141, Manresa-Vich-Gerona, y la comarcal 1.410, Manresa-Solsona-Seo de Urgel. Es decir, recoge el tráfico de toda la cuenca del Llobregat —lugar en el que abundan núcleos industriales—, siendo su tráfico más importante el de camiones. Según datos de 1964, la IMD era de 8.800 vehículos, de los que el 25 % eran de tráfico pesado.



Su firme anterior estaba formado por adoquines graníticos recebados con arena y tierra. Dadas las características de composición del tráfico, se eligió el firme de hormigón como el más adecuado y rentable.

Trazado y secciones

La sección transversal tiene una anchura de 12 m, dividida en dos bandas de 3,75 m, dos bandas de 2,10 m y dos rigolas de 20 cm de anchura (fig. 2). La longitud fue de 2.400 metros.

El firme se compone de una losa de hormigón en masa de 25 cm de espesor, sobre una base granular de 15 cm. Entre ambas capas va una lámina de polietileno cuya misión es eliminar la absorción de agua por la base y disminuir el coeficiente de rozamiento.

Se dispusieron juntas de dilatación en curvas de radio inferior a 40 m. Las juntas de contracción van cada 6 m y están provistas de un material de reserva inferior (fibrocemento ondulado) y pasadores de $\varnothing 25$ de acero ordinario de 50 cm de longitud espaciados a 40 cm (foto 5). La

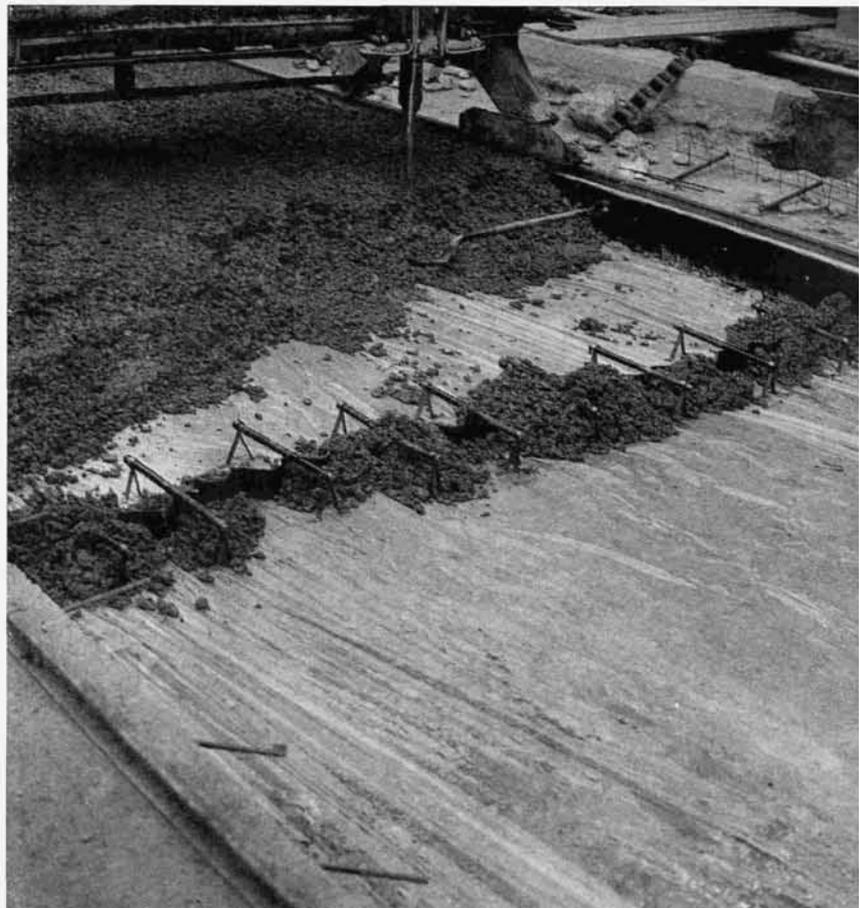


Foto 5

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

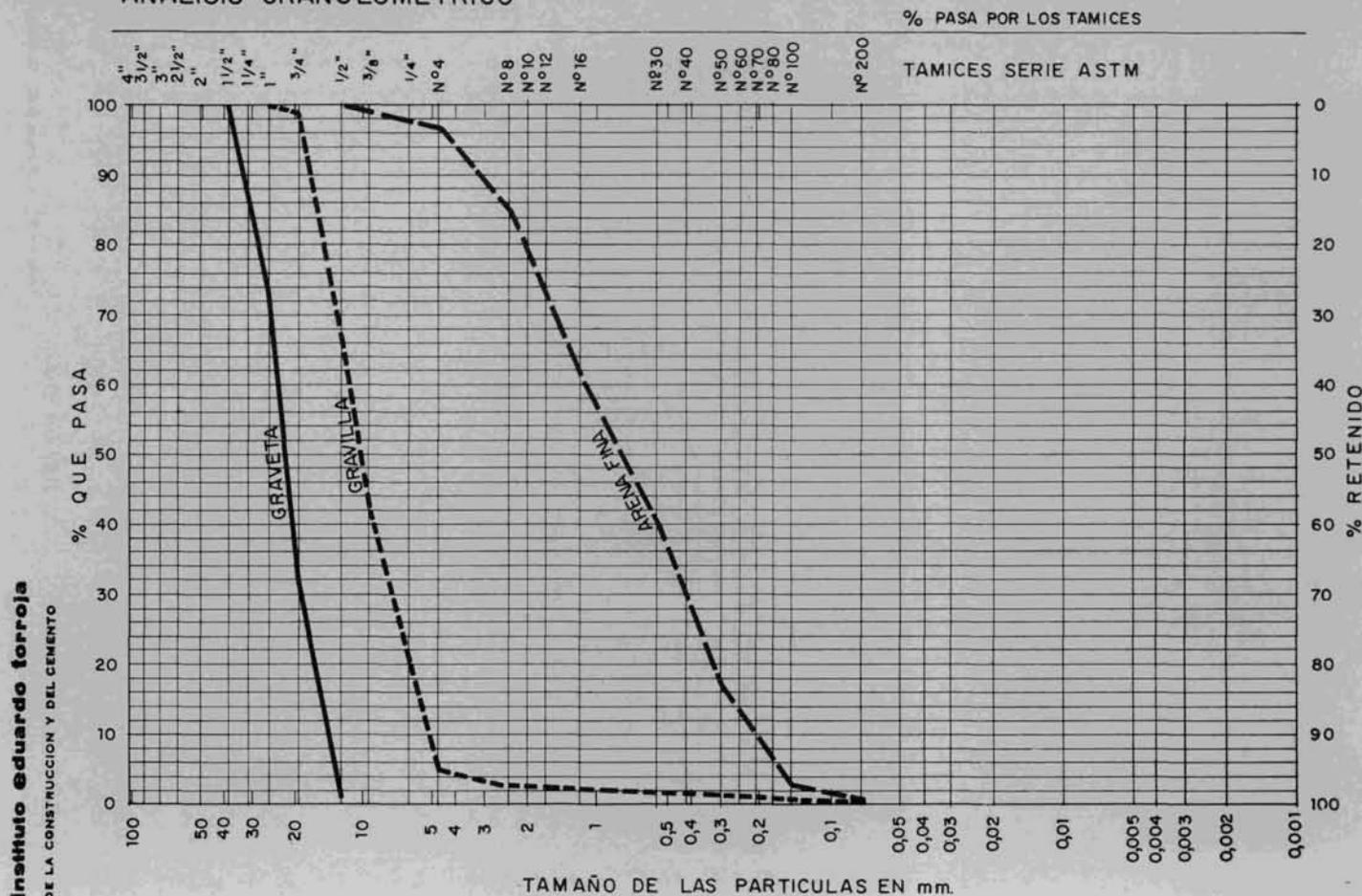


Fig. 3

junta longitudinal va provista de anclajes $\varnothing 12$ de alta adherencia colocados cada 75 cm. Todas las juntas se obturaron con neopreno y el serrado de juntas se ejecutó con disco de diamante.

Material y dosificación

El Pliego General de Condiciones de la obra exigía una arena natural silícea, árido de machaqueo y las resistencias a los 28 días que marca el Pliego de Pavimentos Rígidos, es decir, 40 kp/cm² a flexotracción y 340 kp/cm² a compresión sobre los medios prismas procedentes del ensayo a flexotracción.

Con los áridos aprobados por la Administración se realizó en el Instituto Eduardo Torroja un estudio de laboratorio con objeto de establecer la dosificación óptima para alcanzar dichas resistencias, así como una buena colocación del material con el tren de hormigonado.

Las curvas granulométricas de los áridos utilizados pueden verse en la figura 3.

Se estableció una dosificación adaptada al huso de la Instrucción Alemana de pavimentos rígidos, resultando la siguiente (fig. 4):

Arena (50 %)	950 kg/m ³
Gravilla (15 %)	300 »
Grava (35 %)	700 »
Cemento P-350	330 »
Agua	145 litros

La relación agua/cemento fue de 0,42.

ANALISIS GRANULOMETRICO

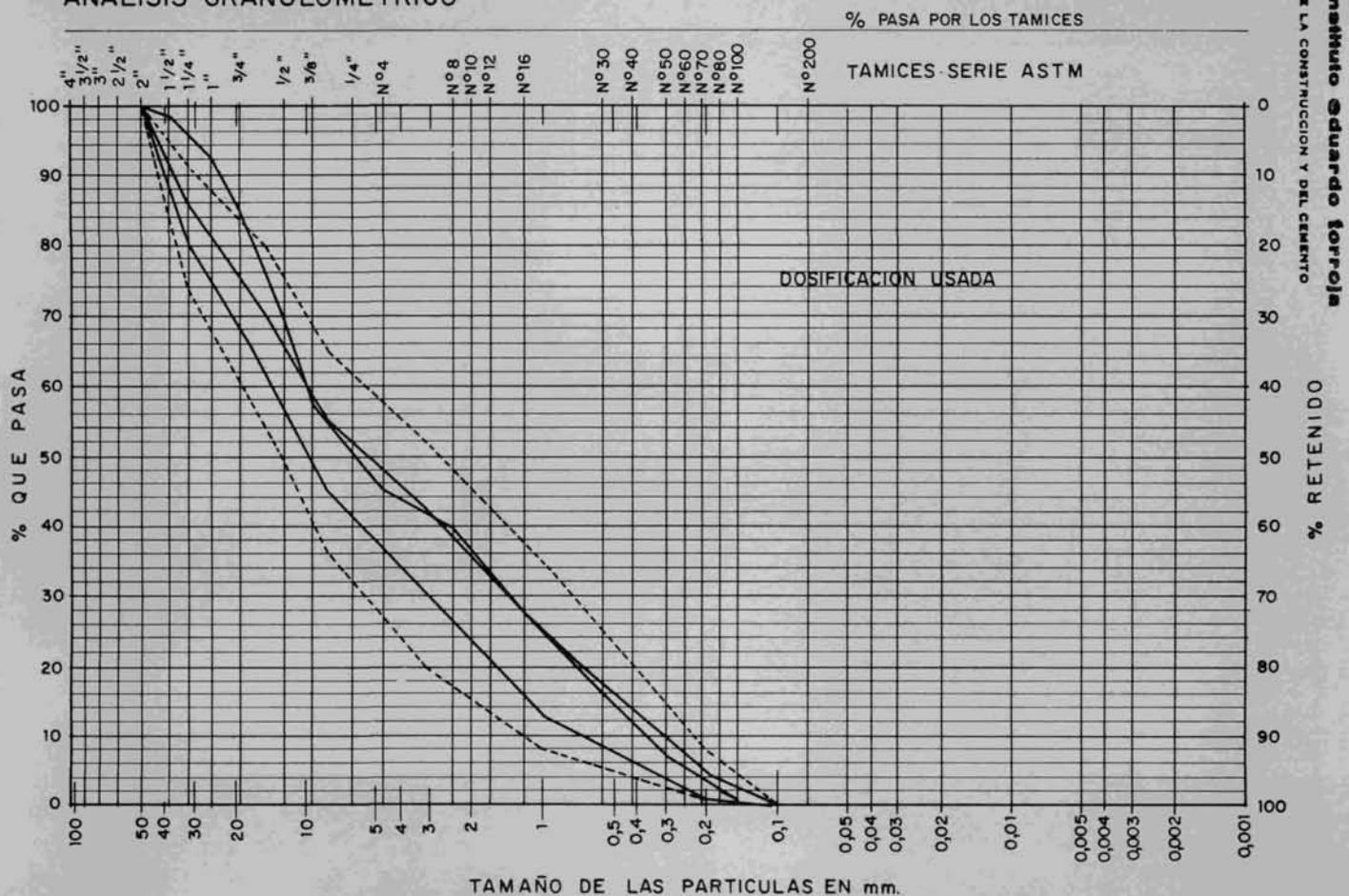


Fig. 4

Las probetas que se confeccionaron con esta dosificación dieron los siguientes resultados:

Edad (días)	Resistencia a flexotracción (kp/cm ²)	Resistencia a compresión de las medias probetas (kp/cm ²)	
3	62	275,56	280,89
	59,8	265,78	244,44
	70,6	312,89	316,44
7	79,8	320,89	354,67
	76,8	369,78	341,43
	75,2	371,56	334,22

Los demás resultados de los ensayos fueron:

Tiempo de compactación en segundos (Vebe) 10
 Aire ocluido 2 %
 Asiento en el cono 0

Resistencia media a tracción (ensayo brasileño) 32,3 kp/cm²
 Finura Blaine del cemento 3.257 g/cm²

Antes de la mitad de la obra hubo que cambiar el tipo de arena, por dificultades de suministro, siendo la nueva dosificación:

Arena	42 %
Gravilla	25 %
Grava	33 %

Las cantidades de cemento y agua se mantuvieron.

Las resistencias bajaron algo con esta segunda dosificación, aunque se mantuvieron por encima de las resistencias exigidas en el pliego para 28 días (ver los gráficos de resistencias a partir de los 35 días de obra).

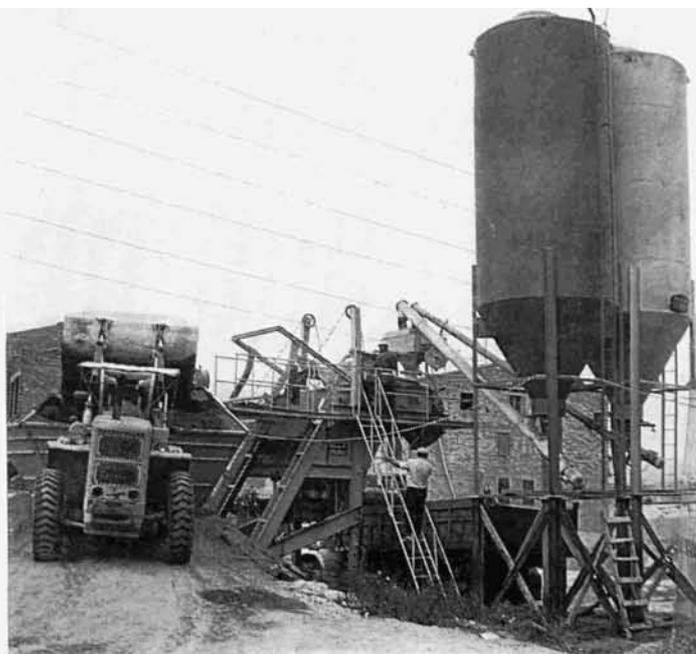


Foto 6

Descripción general de la ejecución

El hormigón se fabricaba en una central Baryval Stetter de funcionamiento semiautomático (foto 6) provista con hormigonera de eje vertical y con una capacidad de producción de 30 m³/hora, situada en un extremo de las obras y a una distancia de un kilómetro de dicho punto. La máxima distancia de transporte representaba unos 3,5 km; por ello se pudo abastecer el hormigón mediante cuatro camiones de vuelco trasero (foto 7) y en el caso de máxima distancia entre tajo y planta eran seis camiones, también de vuelco trasero.

Las piezas de encofrado de 25 cm de altura se colocaban sobre cama de mortero para conseguir un buen apoyo de éstos y que no flectasen al paso del tren de hormigonado. Por falta de tiempo para preparar piezas de encofrado menores a los 3 m de longitud, hubo que realizar una curva de 30 m de radio, a mano, ya que las máquinas se salían de los carriles.

Sobre la base, se colocaba una lámina de polietileno de toda la anchura de la banda. En tramos de pendiente acentuada en las que era de temer un juego excesivo de la losa, se suprimió ésta; en su lugar se regaba la base antes de hormigonar para impedir la pérdida del agua del hormigón.

El tajo de colocación del material de reserva de juntas y pasadores no se podía adelantar, ya que los camiones, al ser de vuelco trasero, entraban en marcha atrás (foto 8) por la semibanda a hormigonar. Con el fin de abreviar la colocación de pasadores, se sustituyeron los caballetes tradicionales —que se pusieron en los primeros 500 m— por unos soportes individuales de calamina, con lo que su colocación era inmediata (foto 5). Esta solución no parece mala, siempre que se asegure la buena sujeción de los soportes al suelo y la horizontalidad de



Foto 7

Foto 8





Foto 9



Foto 10

los pasadores. Lo primero no se consiguió en todos los casos, ya que en un tramo cuya pendiente era del 8 % se pudo comprobar, al levantar una junta fisurada, que los pasadores se habían movido, debido al empuje del hormigón al verterlo y al paso de la vibradora; en este tramo apareció el mayor número de fisuras.

El tren de hormigonado, perteneciente al SEPAR, que se usó para las dos bandas centrales, se compuso de las siguientes máquinas:

- una extendedora de pala, marca Vögele (foto 9);
- una compactadora-terminadora transversal, marca ABG (foto 10);
- una terminadora diagonal, marca ABG (foto 10);
- un cuchillo vibrante, para juntas en fresco, marca ABG;
- dos serradoras, marcas ABG y CONCUR, respectivamente.

El hormigón se colocó bastante bien; algunos camiones tenían el defecto de volcar el hormigón en un montón demasiado alto, que luego costaba trabajo extender con la máquina, pero sin mayores problemas. La mejor cualidad de la obra, en general, fue la homogeneidad del hormigón, en cuanto a consistencia.

El acabado final se realizaba a mano, mediante un cepillo de PVC con varillas de 3 mm de diámetro y longitudes de 12 y 10 cm, alternativamente. La profundidad de estría, según los ensayos realizados del círculo de arena, ha sido de 1,08 mm, lo que quizá sea un poco excesivo para este tipo de carretera urbana, en el que no se van a desarrollar velocidades muy altas (foto 11).

Después del acabado superficial se esparcía, mediante un aparato manual, el producto de curado y se cubría el hormigón con un tren de tejadillos de 100 m de longitud.

En un principio se ejecutaba una junta vibrada en fresco de cada seis; en vista de que aparecieron varias fisuras, el espaciamiento se redujo a una junta vibrada cada cinco losas. Sin embargo, aparecieron de nuevo algunas fisuras antes de serrar y entonces se decidió la siguiente distribución, que dio excelentes resultados: junta vibrada, junta serrada con material de reserva inferior, junta serrada sin material de reserva (que se serraba la primera de todas y a una profundidad de 6 a 7 cm), junta serrada con material de reserva y junta vibrada. Las juntas vibradas se obturaban con tiras de fibrocemento (foto 12); dichas

juntas llevaban asimismo, y en un principio, dos barras de anclaje por cada pasador. Posteriormente, como hubo juntas vibradas que no abrieron y, por tanto, no cumplieron su misión, se pasó a sólo una barra de anclaje por pasador (foto 13). Otra variante que se introdujo fue la de realizar la junta de fin del día con el esviaje de la terminadora diagonal, para facilitar el comienzo y fin del tajo (foto 14).

Las bandas laterales de 2,10 m de anchura se ejecutaron a mano, una vez realizadas las bandas centrales y las rigolas. La compactación y nivelación se realizó mediante regla vibrante que deslizaba sobre la rigola y la banda central (fotos 15 y 16).

Ninguna anomalía que destacar en el desencofrado, que se llevó a cabo a las 24 horas y con el consiguiente cuidado de no dañar la arista de la losa. Únicamente cabe resaltar el inconveniente que representaban las barras de anclaje en el desencofrado (foto 17). Las juntas de contracción se realizaron serrando sobre el hormigón endurecido mediante disco de diamante. El rendimiento de los discos ha sido bastante aceptable. Cada disco ha cortado del orden de los 900 m. l. por término medio.

La obturación de las juntas se realizó con neopreno, y para ello se hizo un cajeadado de 7 mm de anchura y 25 mm de profundidad mediante dos discos de diamante de 2,5 mm provistos de un separador central. No se biselaron los bordes de las juntas, introduciéndose sin dificultad el neopreno impregnado de un lubricante adhesivo.

En las pocas juntas que se fisuraron prematuramente pudo comprobarse que la causa más común de la fisuración es, en la mayoría de las veces, la defectuosa colocación de los pasadores (foto 18).

Controles finales

Se llevaron a cabo controles de espesor y resistencia mediante extracción de probetas testigo (fotos 19 y 20) y, finalmente, se controló la planeidad mediante regla rodante de 3 m (foto 21).

Resistencias obtenidas

Las resistencias medias obtenidas a lo largo de la obra han sido las siguientes:

Resistencia a tracción pura (ensayo brasileño)	21,5 kp/cm ² a 7 días
Resistencia a flexotracción sobre prismas	53,8 kp/cm ² a 7 días
Resistencia a compresión sobre cilindros	231,4 kp/cm ² a 7 días

En los gráficos de las figuras 5 y 6 puede verse la variación de las resistencias a lo largo de la obra.



Foto 11



Foto 12

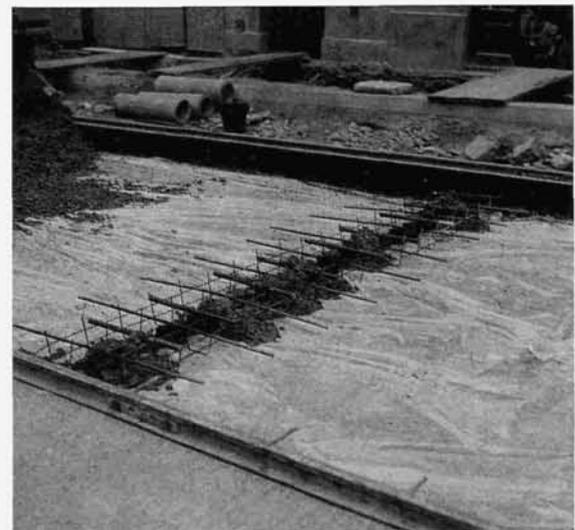


Foto 13

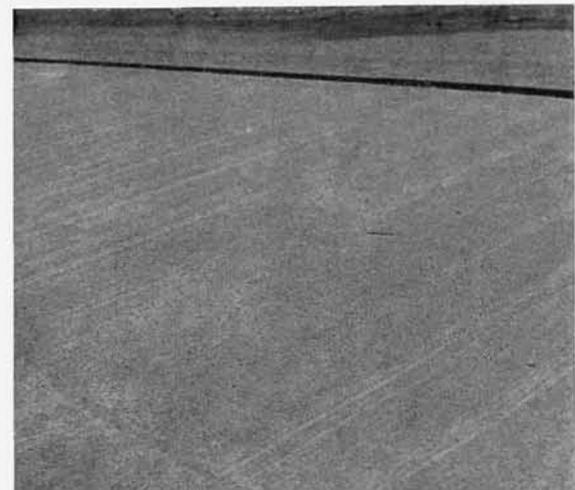


Foto 14



Foto 15

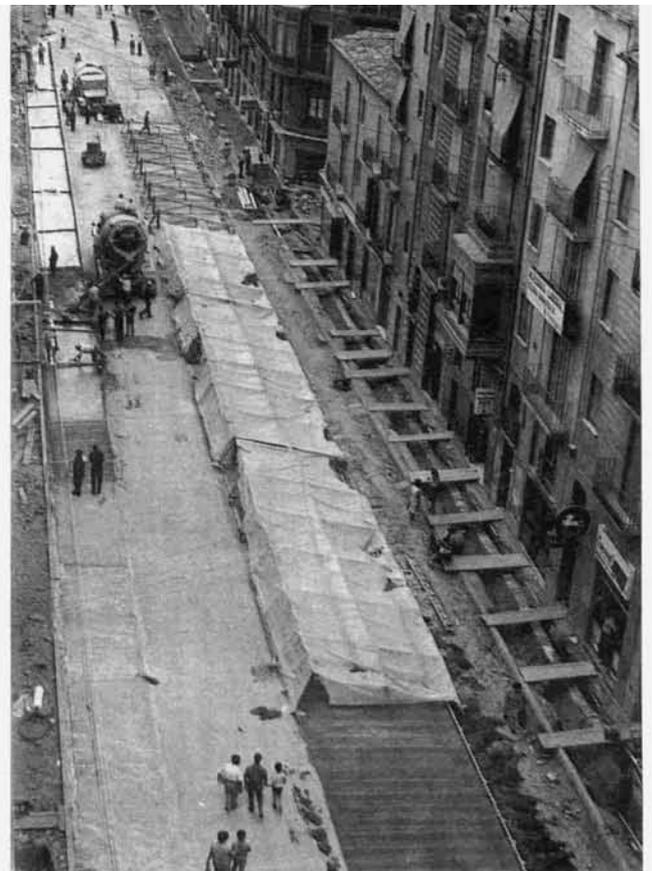


Foto 16

Mano de obra empleada

Junto con los maquinistas del SEPAR, la mano de obra necesaria que dispuso la empresa constructora fue la siguiente:

- Central de hormigonado:** 2 maquinistas y 2 peones.
- Transporte:** 6 conductores.
- Encofrado y desencofrado:** 1 capataz; 12 peones.
- Tren de hormigonado:** 4 maquinistas (SEPAR); 12 peones.
- Serrado y obturación de juntas:** 1 maquinista (SEPAR); 3 peones.

Foto 17



Foto 18

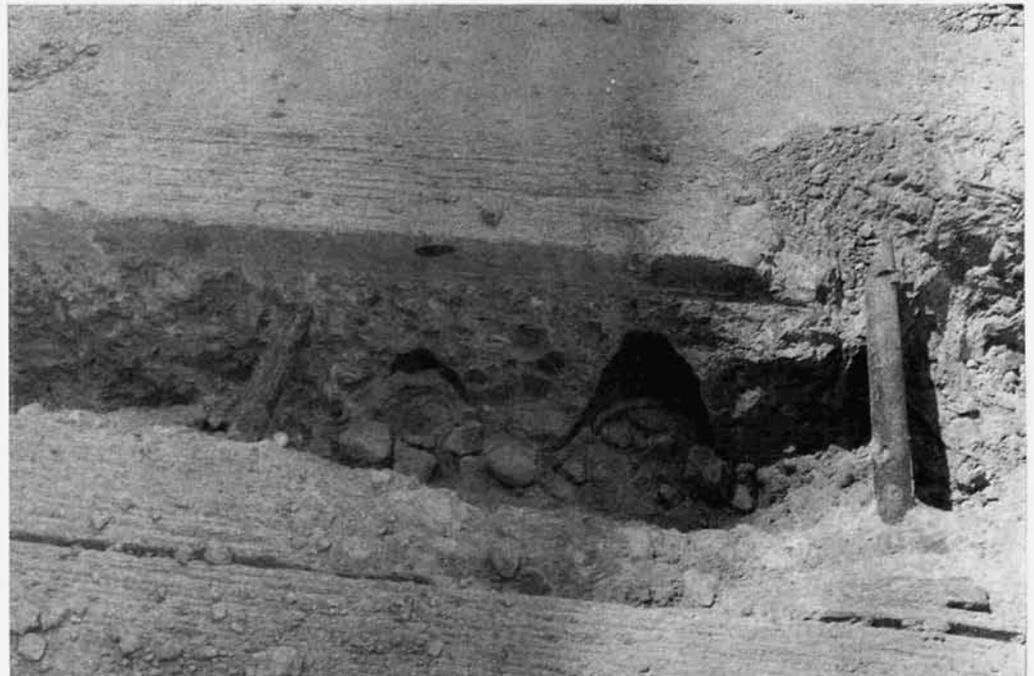




Foto 19



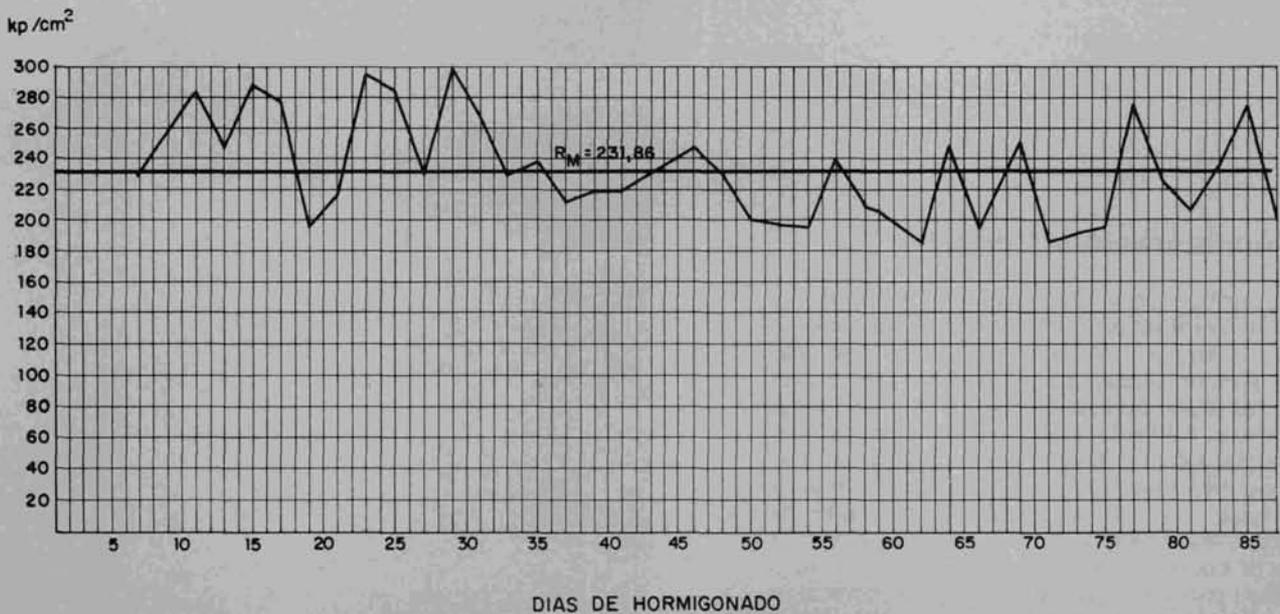
Foto 20



Foto 21

Fig. 5

RESISTENCIAS A COMPRESION A LOS 7 DIAS EN PROBETA CILINDRICA



Instituto Eduardo Torroja
 DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO

RESISTENCIAS A FLEXOTRACCION A LOS 7 DIAS

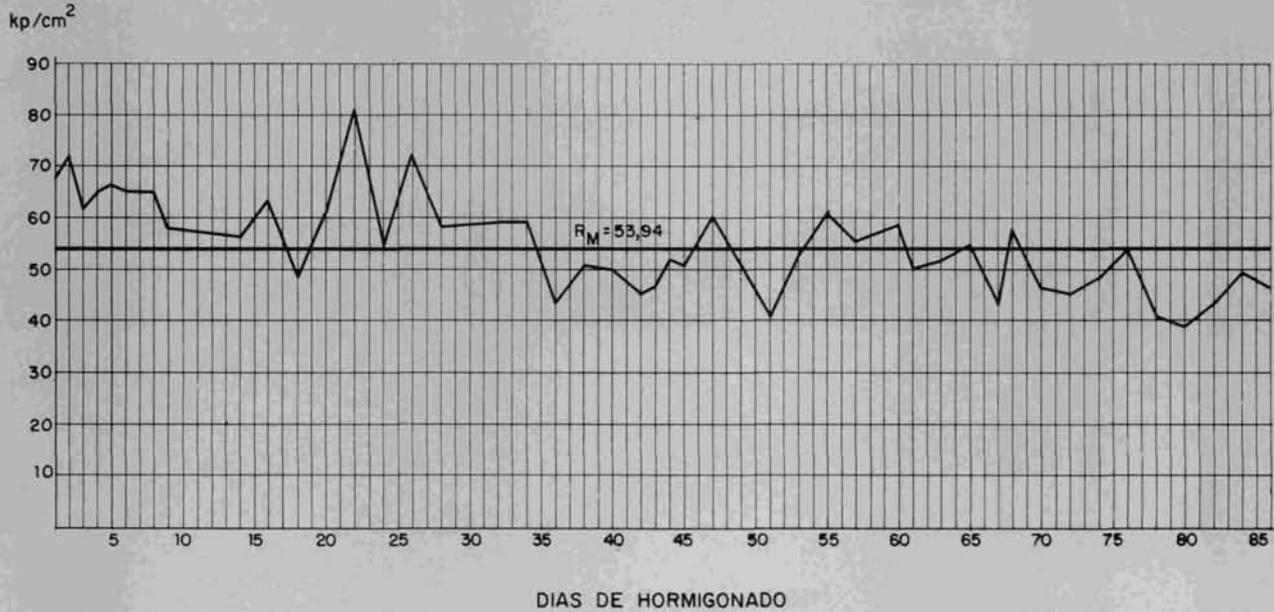


Fig. 6

Fotos: DAVID TORRA PELLICER

Consideraciones finales

En ambas obras, Pedro IV, en Barcelona, y la travesía de Manresa, las molestias causadas al tráfico han sido menores que las que se temían. Dadas las resistencias obtenidas en Manresa, podían abrirse los tramos al tráfico con 7 días de edad. En general, el público aceptaba las molestias, pues comprendía que, a cambio, iban a tener un pavimento de gran calidad. Del primer tramo de la calle de Pedro VI, con cinco años en servicio y perfecta conservación, puede deducirse el magnífico papel que los pavimentos de hormigón pueden jugar en las vías urbanas (foto 22).



Foto 22

Revêtements en béton pour les chaussées urbaines

Rafael Fernández Sánchez, ingénieur des Ponts et Chaussées
Alvaro García Meseguer, Dr. ingénieur des Ponts et Chaussées

Dans cet article les auteurs font une description des travaux effectués dans la rue Pedro IV à Barcelone et dans la traverse de Manresa, travaux auxquels a collaboré le Service des Revêtements rigides de l'I.E.T.c.c., et soulignent en particulier les avantages et les inconvénients que présente ce type de solution.

Concrete pavements in urban zones

Rafael Fernández Sánchez, civil engineer
Alvaro García Meseguer, Dr. civil engineer

This article describes the work done in paving the street Pedro IV, en Barcelona, and the Travesia de Manresa. The project was carried out with the collaboration of the Department of Stiff Pavements, of the Instituto Eduardo Torroja. The advantages and shortcomings connected with this type of pavement are discussed.

Betonbelag für Stadtstrassen

Rafael Fernández Sánchez, Bauingenieur
Dr. Alvaro García Meseguer, Bauingenieur

In diesem Artikel werden die Arbeiten der Pedro IV. Strasse in Barcelona und der Durchgangsstrasse von Manresa beschrieben, bei deren Bau die Abteilung für steifen Strassenbelag des I.E.T.c.c. beteiligt war. Es werden die Vor- und Nachteile dieser Lösung hervorgehoben.