

**AUTOVIA DE ANDALUCIA TRAMO:
OCAÑA - LA GUARDIA**



"Técnicas y métodos empleados en su construcción"

Por D.: Juan Jiménez Ogallar
Ingeniero de Caminos
Director de la Obra
DEMARCAION DE CARRETERAS DEL
ESTADO EN CASTILLA-LA MANCHA

y José Manuel Lozano Martín
Ingeniero de Caminos
INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO
Y SUS APLICACIONES
(IECA)

1. Introducción y objeto

EL pasado 27 de Julio se inauguró, en la Autovía de Andalucía, el tramo: Ocaña-La Guardia, de una longitud total de 23 kilómetros.

El objeto de este artículo es describir los aspectos generales de la obra, el firme, la explanada y algunas características de diseño, así como proporcionar datos e información técnica de la base de hormigón magro y del pavimento de hormigón empleados, detallándose los aspectos constructivos más singulares.

2. Descripción general y algunas características de diseño

Este tramo de la Autovía de Andalucía está comprendido entre los puntos kilométricos 59,0 al 82,0. La obra, a efectos constructivos y de organización de tajos, se divide en 4 tramos. El tramo I, que va del p.k. 59,0 al 64,0 y que constituye una Variante completa del trazado actual desdoblado de la N-IV, el tramo II que se extiende hasta el p.k. 70,0 aproximadamente, y en el que simplemente se duplica la calzada existente, el tramo III de unos 3 kms. aproximadamente, de los que 2,5 kms. son una variante completa al trazado actual, conocida como Variante de Dos Barrios, y el tramo IV que comprende el resto de la obra hasta el p.k. 82,0 y en el que se duplica la calzada existente.

En cuanto a las mediciones de las unidades de obra, caben destacar como principales las siguientes: (*)

La pendiente máxima de la autovía es del 5,5%, coincidiendo en un tramo con peralte también del

(*)

Tierras

Excavación en tierra	1.124.597 m ³
Excavación en roca	729.961 m ³
Terraplén	1.228.430 m ³

Estructuras

Superficies de tableros en puentes	6.697 m ²
Cimientos	1.272 m ³
Hormigón para armar	
Alzados	2.278 m ³
Acero corrugado AEH-500	443.162 kg
Vigas prefabricadas de hormigón pretensado ..	2.096 m

Firme

Hormigón en pavimento (HP-45)	71.233 m ³
Acero en pasadores	191.459 kg
Hormigón magro de base	34.787 m ³
Suelo seleccionado	256.309 m ³
Aglomerado asfáltico	53.547 t
Ligante bituminoso en riegos	995 t
Betún asfáltico en mezclas	2.386 t

Señalización y Balizamiento

Marca vial	190.264 m
Barrera de seguridad semirrigida	16.207 m

El objeto de este artículo es describir los aspectos generales de la obra, el firme, la explanada y algunas características de diseño, así como proporcionar datos e información técnica de la base de hormigón magro y del pavimento de hormigón empleados, detallándose los aspectos constructivos más singulares.

5,5% en una curva de radio 500 m.

Se han construido un total de 1 estructura, 1 pasarela y 3 pasos de ganado.

3. El firme y su explanada

La estructura del firme está constituida por:

- Una explanada E3.
- 15 cm de Hormigón magro.
- 25 cm de Hormigón Vibrado HP-45.

La sección tipo que se construye consta de una calzada de 7 m de ancho para dos carriles de circulación, un arcén exterior de 2,5 m y uno interior de 1 m y una mediana de 8 m (incluyendo los arcenes interiores), en la que se ha dispuesto una pista de frenado, a base de una gravilla 8/10, que evi-

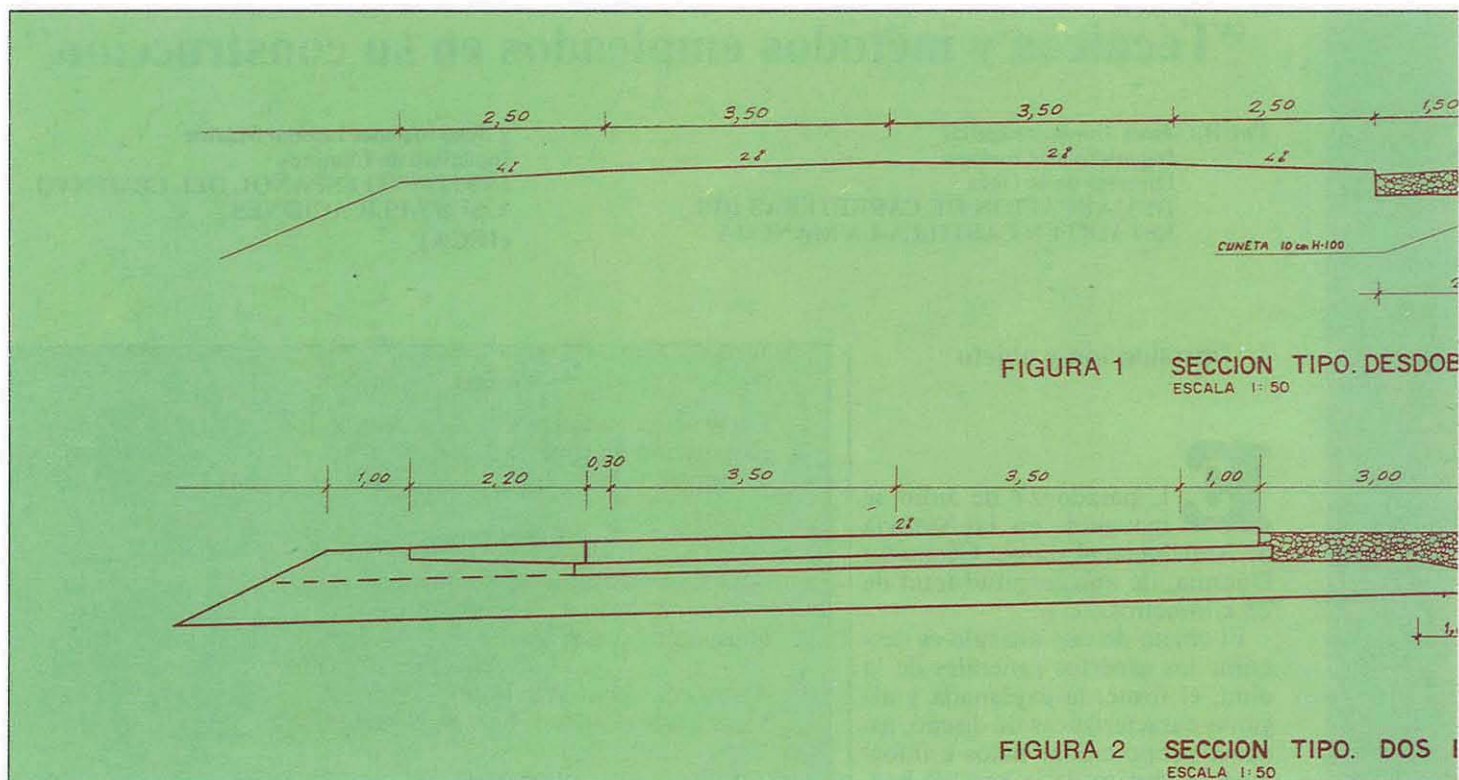


FIGURA 1 SECCION TIPO. DESDOE
ESCALA 1: 50

FIGURA 2 SECCION TIPO. DOS
ESCALA 1: 50

ta la colocación de la barrera de seguridad metálica (Figuras 1 y 2).

Este ancho total se ejecutó en dos fases: en la 1.^a fase, se construyó un pavimento de hormigón de 8,3 m de ancho que comprendía la calzada, el arcén interior y parte del arcén exterior, y en la 2.^a fase, se realizó el arcén exterior.

Los suelos por los que discurre la traza pertenecen al Pontiense, piso superior o más antiguo del Mioceno (período Terciario de la Era Cenozoica). Están constituidos por rocas detríticas, especialmente, areniscas feldespáticas y lutitas, incluyendo notables cantidades de conglomerados. En general, son series terrígenas discordantes, las cuales se aprecian a simple vista en el tramo I en trinchera, en la que la discordancia manifiesta de terrenos es la característica más notoria.

Consecuentemente, ha habido que hacer una selección cuidada, de los suelos aptos y no aptos, para la formación de terraplenes, con traslado a vertedero de los no adecuados.

En general, eran suelos plásticos que se movían en el entorno de los tolerables para el núcleo del terraplén.

Naturalmente, no eran adecuados ni cumplían con las especificaciones mínimas para suelo de coronación, del que se obtenga

una explanada tipo E3. Se hicieron más de 600 ensayos de suelos distintos en el entorno de la traza y no se encontró ninguno de ellos apto, dentro de la zona de las obras, pero sí se halló una zavorra natural excelente, con CBR > 40, a 20 km de distancia de la obra. Con todo ello se estudiaron las dos alternativas posibles:

- 1.^a Estabilizar con cal los suelos de la traza.
- 2.^a Utilizar la zavorra natural, transportándola desde una distancia media de 20 km.

Finalmente, se desechó la 1.^a alternativa, dado que la discontinuidad de los suelos era notoria, con

“ Los suelos por los que discurre la traza, en general, son series terrígenas discordantes, las cuales se aprecian a simple vista en el tramo I en trinchera, en la que la discordancia manifiesta de terrenos es la característica más notoria. ”

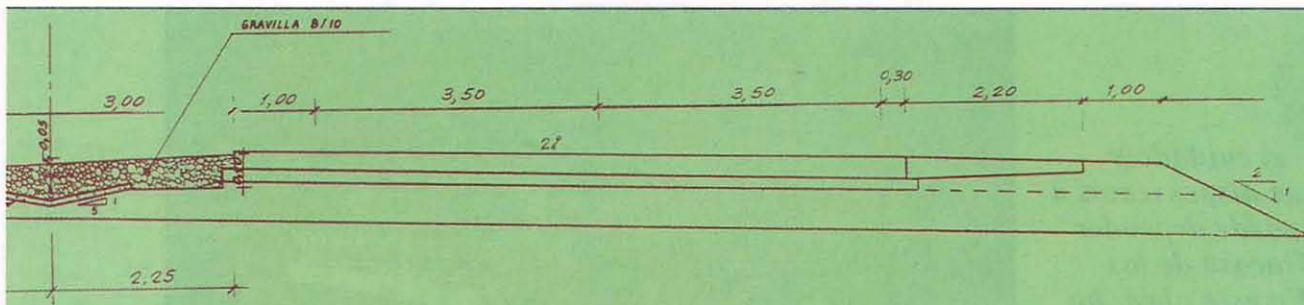
lo cual se hubiera tenido que estar cambiando los porcentajes de cal en el tratamiento, y la heterogeneidad del mismo lo hacía inaceptable para la obtención de una explanada homogénea y con un CBR > 20 en todos los casos. Además, el coste económico era similar al de la 2.^a alternativa, más uniforme y de mejor calidad.

El acabado de la superficie de la explanada como cimienta del firme, se ha realizado con una máquina “Trimer” Caterpillar 225 F, que garantiza una geometría de mayor calidad que la conseguida con una motoniveladora. El paso de esta máquina “Trimer”, producía una descompactación superficial, por lo que era necesario una recompactación.

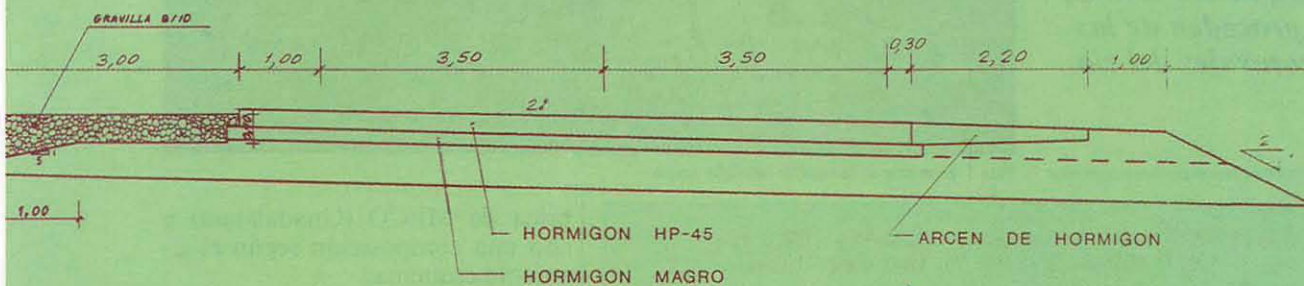
Así mismo, el movimiento de giro de los camiones, bañera que transportaban el hormigón de base producía alteraciones y descompactaciones superficiales que afectaban a la uniformidad del acabado, por lo que se dispuso permanentemente de la presencia de un rodillo compactador de neumáticos en la zona de vertido del hormigón para subsanar estos problemas.

4. Base de hormigón magro

Este tipo de bases se están em-



AMIENTO DE CALZADA Y ZONAS DE PENDIENTE $> 3 < 4,5\%$



RIOS.Y ZONAS DE PENDIENTE $< 3\%$

pleando últimamente con frecuencia en España en la construcción de autovías. Ello es debido a que presenta algunas ventajas si se las compara con las soluciones de grava-cemento:

- Menor erosionabilidad de la superficie.

- Más fáciles de compactar por vibración sobre explanadas de menor capacidad portante en donde las gravas-cemento podrían requerir una subbase.

- Posibilidad de garantizar más fácilmente los espesores y la regularidad superficial.

- Más insensibles a las heladas, en los casos de ejecución en meses fríos.

- Empleo de la misma planta y equipos de extensión que para el hormigón de pavimento.

Estas ventajas permiten normalmente compensar el coste suplementario de dosificación de cemento.

En esta obra en concreto, la ventaja fue aún mayor, ya que tanto la central de fabricación como el equipo de extendido se estrenaban en la misma, sirviendo la ejecución de esta base para su puesta a punto y entrenamiento previo del personal.

La dosificación empleada ha sido:

El agua total incluye el agua de absorción de los áridos.

- árido silíceo de machaqueo	25/40	19%
- árido silíceo de machaqueo	15/25	18%
- árido silíceo de machaqueo	5/12	15%
- arena de río	0/5	21%
- arena silícea de machaqueo	0/5	27%
		100%

- cemento tipo V/35	160 kg/m ³
- agua total	121 l/m ³
- plastificante Lubricon (Bettor)	0,4% s/cemento
- aireante Bettair (Bettor)	0,13% s/cemento
- relación agua/cemento = 0,75	

“En esta obra en concreto, la ventaja fue aún mayor, ya que tanto la central de fabricación como el equipo de extendido se estrenaban en la misma, sirviendo la ejecución de esta base para su puesta a punto y entrenamiento previo del personal.”

En cuanto a su puesta en obra, se han tenido en cuenta una serie de precauciones importantes:

- Regado previo de la superficie, para evitar que el agua del hormigón magro sea absorbida.

- Prestar atención al tráfico de obra, para que dentro de lo posible no destruya la planeidad de la explanada.

- Asegurar que la superficie del hormigón a la salida de la máquina sea lisa, para evitar cualquier rozamiento posterior con el hormigón de rodadura.

Sobre esta base, se aplicó un producto de curado a base de parafinas, no realizándose ningún tipo de juntas (Foto 1).

En la Figura 3 se representa gráficamente los resultado de re-

“**D**el cuidado y atención que dispensemos a los áridos puede depender el éxito o fracaso de los trabajos. En esta obra, ha sido una preocupación continua el cuidar la uniformidad de los áridos, los cuales proceden de las graveras naturales del río Tajo.”



Foto 1 Extendido de la base de hormigón magro

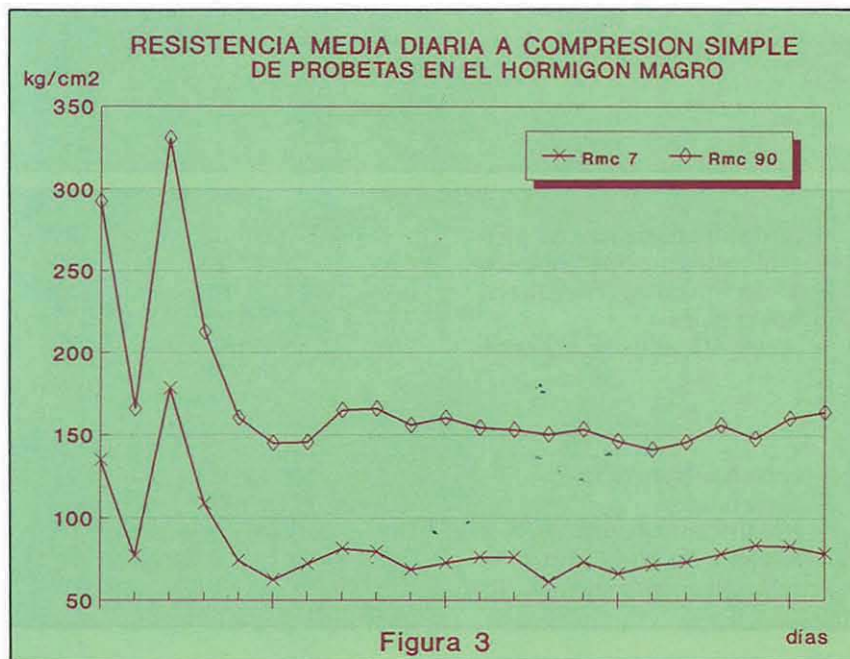


Figura 3

sistencia media diaria obtenidos a compresión simple en las probetas de hormigón magro a 7 y 90 días. En las Figuras 4, 5 y 6 se representa, así mismo, en forma de histograma de frecuencias, las resistencias a compresión simple a 7, 28 y 90 días respectivamente.

Con todo ello, en el Cuadro 1, se resumen estas características resistentes y los coeficientes de paso correspondientes.

5. Pavimento de hormigón

5.1 Características de los materiales y dosificación

El cemento empleado fue el tipo V/35 (RC-88) procedente de la fá-

brica de MECO (Guadalajara) y con una composición según el siguiente esquema:

- Clinker 60-64%
- Cenizas volantes 36-40%

En la Figura 7 se representa gráficamente la curva de endurecimiento.

Para satisfacer las necesidades de agua de la planta se han perforado dos pozos "in situ", y al ser insuficiente el caudal extraíble, se ha construido una balsa reguladora, que almacena hasta 2,400 m³. El agua es potable.

El porcentaje de los áridos en la composición del hormigón es superior al 70%, lo que indica la gran influencia de los mismos en la calidad del producto. Del cuidado y atención que dispensemos a los áridos puede depender el éxito o el fracaso de los trabajos. En

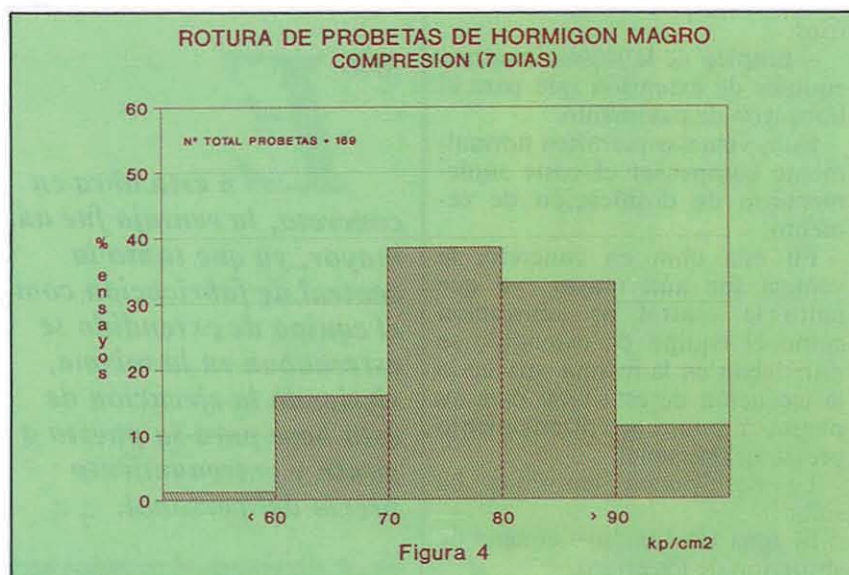
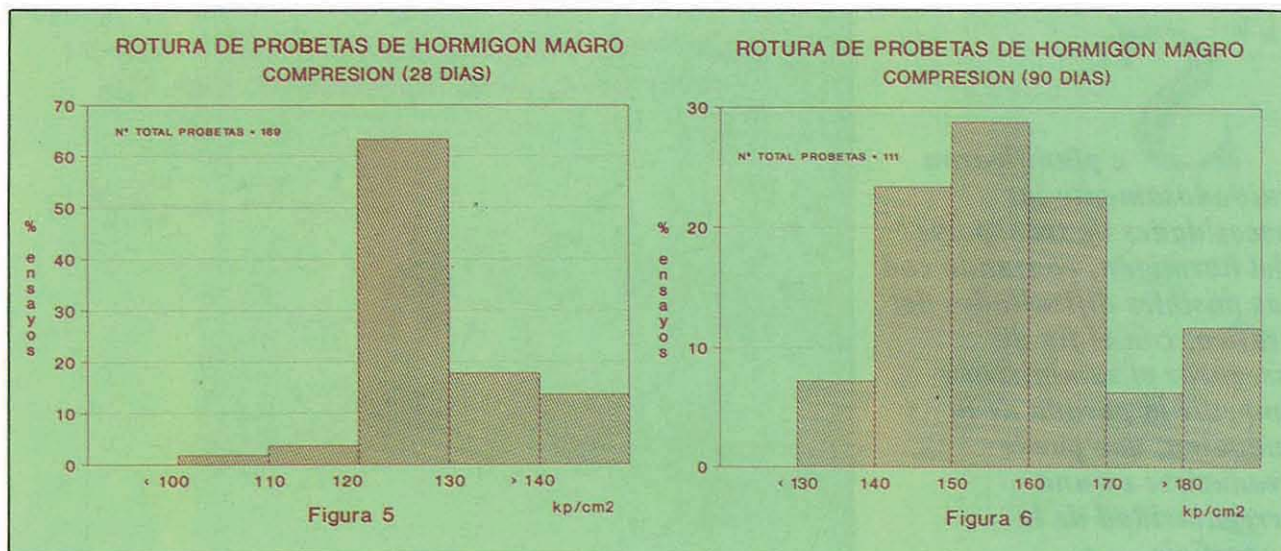


Figura 4



esta obra, ha sido una preocupación continua el cuidar la uniformidad de los áridos, los cuales proceden de las graveras naturales del río Tajo. El árido grueso es silíceo de machaqueo con un desgaste medido por el ensayo de Los Angeles inferior a 23, y la arena empleada en el pavimento es natural y lavada.

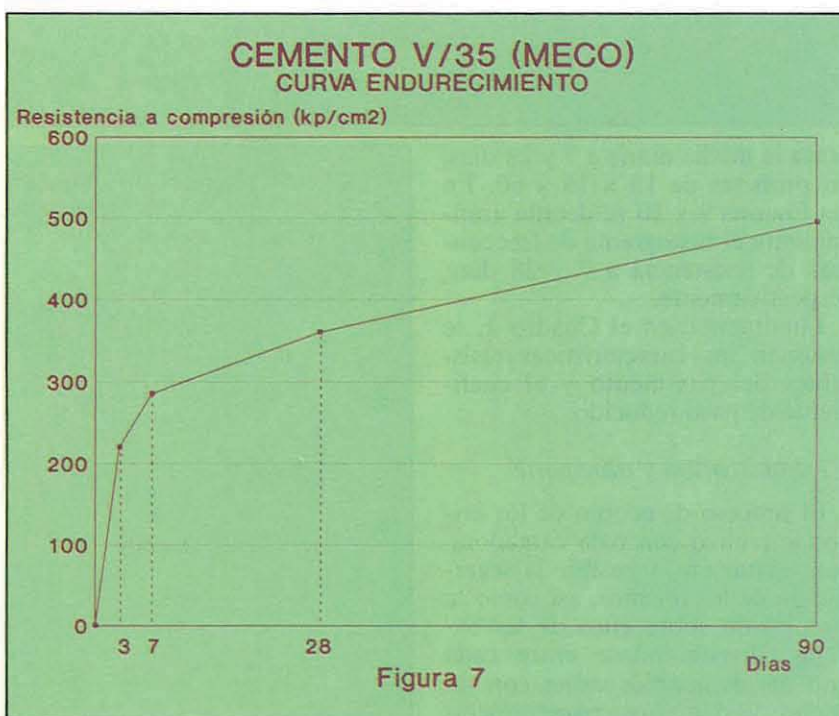
Una vez que se aceptó la calidad de los mismos, se exigió que las cribas fueran renovadas al inicio, a fin de garantizar la uniformidad de la granulometría.

Con todo ello, la dosificación empleada para el hormigón de rodadura HP-45, ha sido:

**CUADRO 1
BASE DE HORMIGON MAGRO**

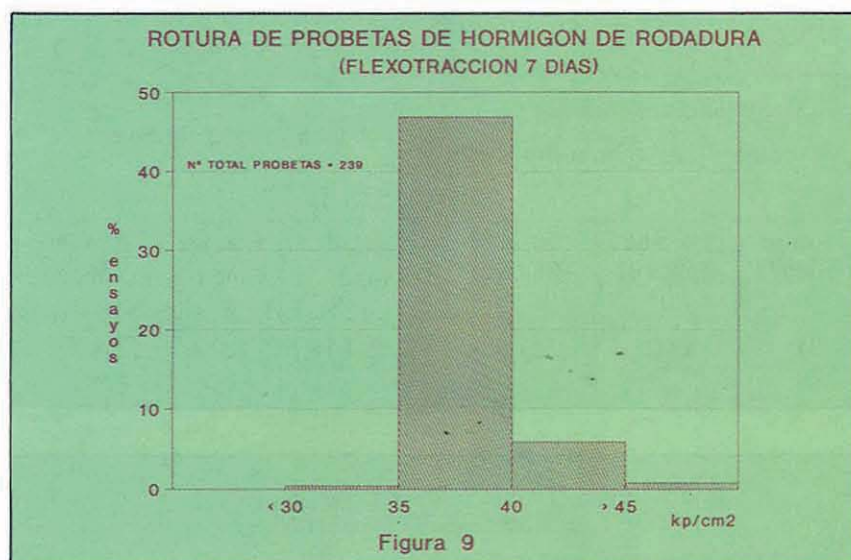
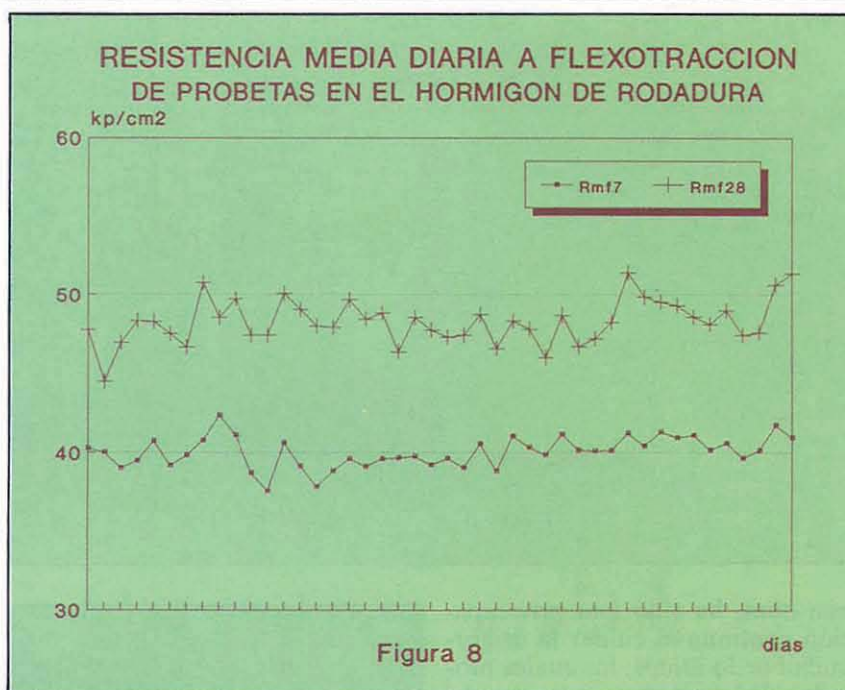
Resistencia media a compresión simple (kp/cm ²)			Coeficiente de paso		
7 días (Rmc7)	28 días (Rmc28)	90 días (Rmc90)	$\frac{Rmc90}{Rmc7}$	$\frac{Rmc90}{Rmc28}$	$\frac{Rmc28}{Rmc7}$
82	140	173	2,11	1,23	1,7

	kg/m ³	%
Arido 20/40	539	28
Arido 12/20	360	19
Arido 5/12	333	17
Arena 0/5	700	36
		100
Cemento tipo V/35	340	
Agua total	170	
Plastificación Lubricon (Bettor)		
0,4% s/cemento		
Aireante Bettair (Bettor)		
0,13% s/cemento		
Relación agua/cemento = 0,5		
Aire ocluido = 4,1%		



“**S**e planificaron cuidadosamente las necesidades de transporte del hormigón, contando con las posibles dificultades del tráfico, con el fin de asegurar el suministro e impedir la parada de la máquina, que puede traducirse en una irregularidad de la superficie.”

En cuanto a los resultados de resistencia a flexotracción obtenidos, en la Figura n.º 8, se repre-



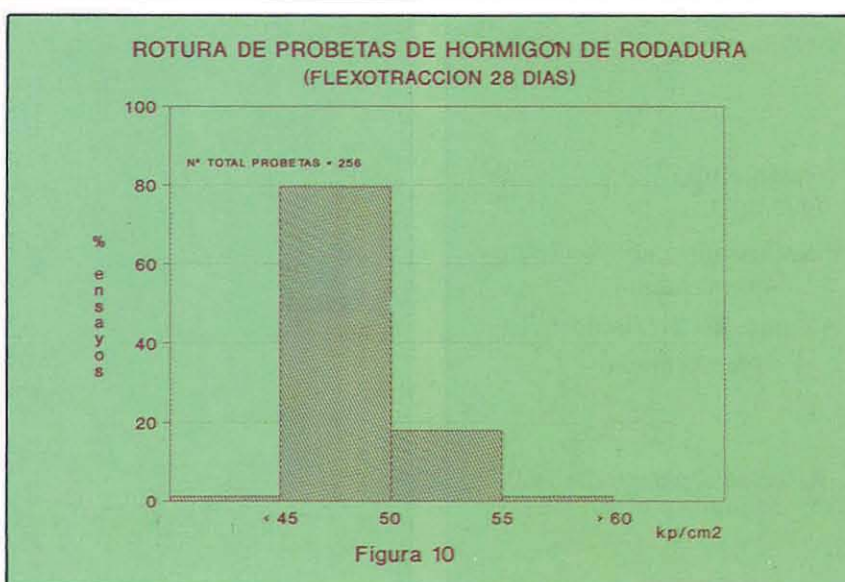
CUADRO 2 PAVIMENTO DE HORMIGON		
Resistencia media a flexotracción (kp/cm2)		Coefficiente de paso
7 días (Rmf7)	28 días (Rmf28)	$\frac{Rmf28}{Rmf7}$
40	48	1,2

senta la media diaria a 7 y 28 días, en probetas de 15 x 15 x 60. En las Figuras 9 y 10 se detalla gráficamente el histograma de frecuencias de resistencia a 7 y 28 días, respectivamente.

Finalmente, en el Cuadro 2, se resumen las características resistentes del pavimento y el coeficiente de paso reducido.

5.2 Fabricación y transporte

El proceso de acopio de los áridos se realizó con pala cargadora, para evitar en lo posible la segregación de los mismos, así como la circulación sobre ellos de las báñeras, disponiéndose entre cada uno de los acopios calles con un ancho de 5 metros, para impedir



posibles contaminaciones. Se realizaba diariamente un preacopio de todos los áridos (inicialmente sólo la arena), para la obtención de un hormigón lo más homogéneo posible y en evitación de las dispersiones de humedad, sobre todo en la arena (Foto 2).



Foto 2 Central de fabricación. Preacopio de todos los áridos

El abastecimiento a las tolvas de la central de fabricación se realizó con pala cargadora y a través de unas cintas transportadoras, las cuales se detienen automáticamente cuando se alcanza un cierto nivel en la tolva receptora, lo que impide que pasen áridos de una tolva a otra (Foto 3).

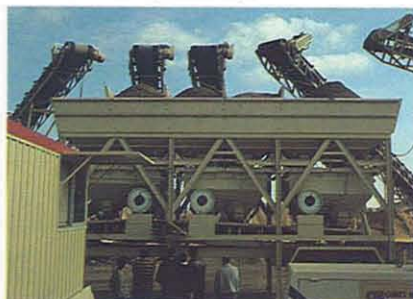


Foto 3 Central de fabricación. Tolvas de áridos

La central de fabricación era del tipo Intrame-Ross con dos amasadoras de $6,5 \text{ m}^3$ cada una y con una producción media de $180 \text{ m}^3/\text{h}$. En las inmediaciones de la misma, se situó un termohigrómetro registrador que fue en todo momento de gran ayuda para las decisiones de hormigonado a temperaturas extremas (Foto 4).



Foto 4 Termohigrómetro registrador

Para controlar con mayor eficacia y asegurar una uniformidad del hormigón a la salida de la central, se cambiaron los dos wati-

CUADRO 3 SEPARACION ENTRE PIQUETES (m.)

TRAMOS	BASE	PAVIMENTO
En recta	20	10
Con acuerdos verticales	10	5
Con peralte	10	5

metros originales de la misma, por otros más sensibles. Así mismo, se dispuso de un seguimiento constante de la consistencia mediante la bola Kelly. Para el transporte se emplearon un total de 7 camiones.

5.3 Puesta en obra

Previamente al extendido de hormigón, se coloca sobre la base una lámina de plástico a todo lo ancho de la misma, con el objeto de impedir la adherencia del pavimento.



Foto 5 Preextendido del hormigón de pavimento con la ayuda de una retroexcavadora de cazo ancho

El hormigón, una vez realizado el vertido, se pre-extendía delante de la máquina con una retroexcavadora de cazo ancho (2 m), para evitar en lo posible que aquella trabajara como un "bulldozer" (Foto 5). Se planificaron cuidadosamente las necesidades de transporte del hormigón, contando con las posibles dificultades del tráfico, con el fin de asegurar el suministro e impedir la parada de la máquina, que puede traducirse en una irregularidad de la superficie.

En todo momento se comprobaba que el camino de rodadura de las orugas estaba adecuadamente liso. Como cable guía de los paladores, se dispuso un hilo metálico tensado convenientemente y situado sobre piquetes que iban separados a la distancia indicada en el Cuadro 3 según los casos.

El ancho total de hormigonado es de 8,30 m, e incluye el arcén interior y 0,30 m de sobreancho colocándose unas barras de atado en la zona del arcén exterior, para su construcción posterior.

Para paliar en lo posible la caída del hormigón en el borde exterior del pavimento de 27 cm de espesor se empleó una pequeña cantidad de arena de machaqueo (17 kg/m^3) con muy buenos resultados.

La máquina de encofrados deslizantes es una Caterpillar, modelo SF-350, equipada con dispositivo de inserción automática de pasadores y su velocidad media de avance ha sido de 1,5 m/minuto.

Sobre el hormigón fresco y previamente a las operaciones de textura y curado se numeraban las losas, lo cual resulta muy ventajoso a la hora de su localización en

“P ara paliar en lo posible la caída del hormigón en el borde exterior del pavimento de 27 cm de espesor se empleó una pequeña cantidad de arena de machaqueo (17 kg/m^3) con muy buenos resultados.”

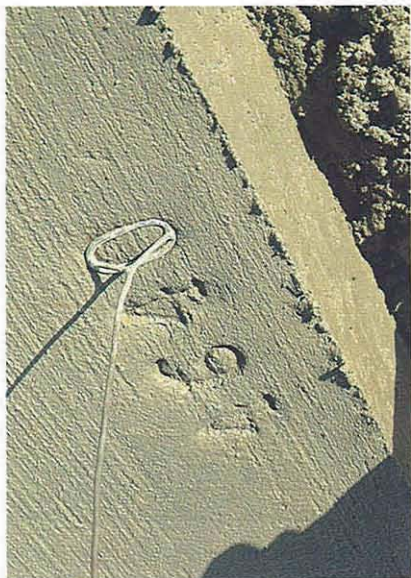


Foto 6 Marcado en fresco de la numeración de las losas

algún momento concreto (Foto 6).

5.4 Textura superficial

Posteriormente al fratasado longitudinal con la regla "autofloat", que de por sí ya produce una microtextura, se procede al acabado superficial del pavimento, empleándose una arpillera con varias capas de tela de saco que se mantiene permanentemente húmeda y apoyando sobre la superficie del pavimento en un ancho aproximado de 30 cm.

La macrotextura es longitudinal en la mayor parte de la obra y se realiza con la ayuda de un peine de púas plásticas cilíndricas de 2 mm de diámetro y separadas 2 cm entre sí (Foto 7), que montado sobre una escéntrica produce una sinusoidal en el pavimento de aproximadamente 150 cm de longitud de onda y 10 cm de amplitud. El



Foto 7 Peine de púas plásticas para la generación de la macrotextura

círculo de arena medio ha estado comprendido entre 0,8 y 1,2 mm.

En un tramo de ensayo de 7 km, y con el objeto de comprobar la mejora del drenaje superficial, se ha realizado una textura trans-

“Posteriormente al aserrado, se procede a la limpieza cuidadosa de la junta, con agua a presión, con el fin de eliminar la lechada producida en el proceso de corte, aplicándose de nuevo el producto de curado sobre la misma. ”

versal con el mismo peine, normal al eje de la calzada en un caso y desviada 1:6 en otro. De las pruebas realizadas en el mismo se pudo concluir lo siguiente:



Foto 8 Textura y curado del pavimento de hormigón

a) Las púas metálicas no son admisibles porque producen arrollamientos superficiales.

b) La sonoridad de la rodadura es función de la profundidad de la huella.

c) No es más ruidosa la textura transversal que la longitudinal, si el estriado tiene la profundidad adecuada, a igualdad de resistencia al deslizamiento.

5.5 Curado

Para el curado de la superficie

del pavimento se ha empleado, como ya es habitual, un producto a base de resinas y con pigmento blanco, con una dotación de 250 g/m² (Foto 8).

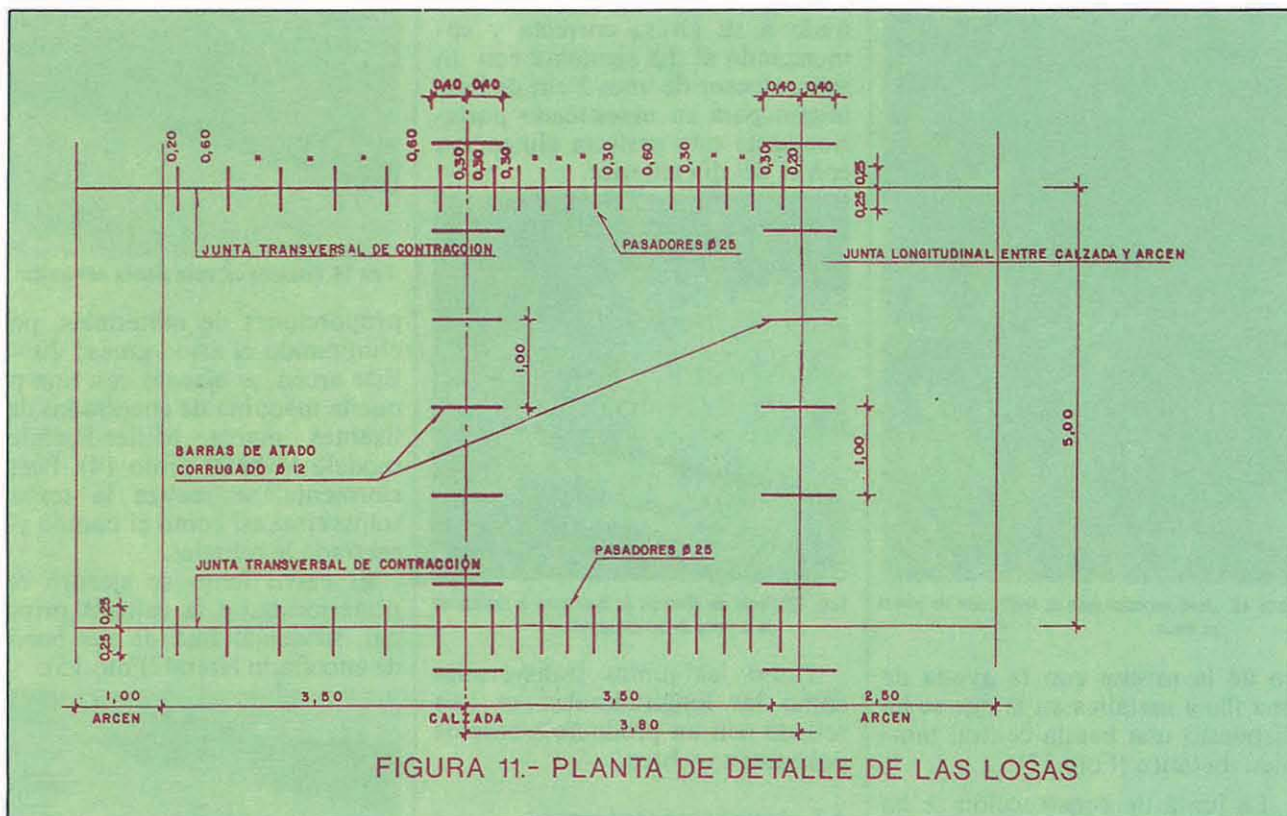
5.6 Juntas

La disposición de juntas, pasadores y barras de unión, viene reflejada en la Figura n.º 11.

Las juntas transversales se realizaron por aserrado del pavimento, empleándose para este fin 3 máquinas de corte marca Longyear de 35 CV de potencia (existiendo otra más de reserva), equipadas con discos de 30 cm de diámetro y disponiéndose en los bordes del pavimento de unos apoyos metálicos que permiten el corte completo de esta junta en una sola operación (Foto 9). El tiempo de comienzo del aserrado ha sido de 6 horas en época calurosa (tempera-

tura ambiente máxima de 40.º C y humedad relativa del aire del 30%); en estos casos se ha procedido al aserrado de cada 20 m del pavimento (1 junta de cada 4), para relajar la tensión del hormigón y a continuación aserrar las juntas intermedias. En tiempo frío el aserrado comenzaba a las 30 horas del hormigonado.

Posteriormente al aserrado, se procede a la limpieza cuidadosa de la junta, con agua a presión, con el fin de eliminar la lechada producida en el proceso de corte,



aplicándose de nuevo el producto de curado sobre la misma.

En estas juntas, y según se detalla en la Figura 11, se disponen un total de 18 pasadores de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud, los cuales poseen una envoltura plástica que cubre totalmente su superficie (Foto 10).

Las juntas longitudinales son de tres tipos. La situada en el pavimento se realiza por aserrado del mismo mediante dos máquinas



Foto 10 Pasadores con envoltura plástica cubriendo la totalidad de su superficie

ataguiadas, la primera de las cuales produce un recorte de 3 mm y la segunda el cajeo definitivo de 7 mm (Foto 11). El tiempo de corte ha estado comprendido en todos los casos entre las 24 y las 48 horas, realizándose todos los procesos de limpieza y curado, ya explicados para la junta transversal.

La junta longitudinal entre pavimento y arcén, así como entre el pavimento y el carril lento se realiza mediante el marcado en fres-



Foto 9 Aserrado de la junta transversal



Foto 11 Aserrado de la junta longitudinal



Foto 12 Llana especial para la realización de juntas en fresco

co de la misma con la ayuda de una llana metálica en la que se ha dispuesto una banda central también metálica (Foto 12).

La junta de construcción se ha realizado lo mejor posible, para reducir al mínimo las necesidades de fresado de la misma. Para ello se ha empleado un perfil rectangular de aluminio de 3 m de longitud (Foto 13), acotando el enco-

frado a su altura correcta y comenzando al día siguiente con un sobreespesor de unos 2 cm de hormigón para su maestreado posterior hasta una perfecta alineación con el del día anterior.



Foto 13 Regla de aluminio de 3 m para la realización de la junta de construcción

Tanto las juntas transversales como las longitudinales, se han sellado con un producto a base de poliuretano y brea.

5.7 Arcenes y carril lento

El arcén interior, como ya se ha comentado, se realiza conjuntamente con el pavimento.

El arcén exterior es de hormigón y se han empleado las mismas



Foto 14 Extendido del arcén exterior de hormigón

proporciones de materiales, pero eliminando el árido grueso 20/40. Este arcén, se ejecutó con una pequeña máquina de encofrados deslizantes marca Miller-Formless modelo M-8100 (Foto 14). Posteriormente, se realiza la textura transversal así como el curado y el aserrado habituales.

El carril lento se ejecutó con posterioridad a la calzada principal, sirviendo uno de sus bordes de encofrado lateral (Foto 15).



Foto 15 Extendido del carril lento de hormigón



Foto 16 Vista general de la variante