

ferior plano, sostenido por nervios transversales superiores.

La cubierta del andén está sostenida por consolas, a 3 m de distancia, debidamente empotradas en los pisos correspondientes.

La figura 2.^a representa el tipo corriente de los depósitos de máquinas.

La cubierta, de 10 m de luz por 28,50 m de longitud, está formada por un forjado parabólico de 2,20 metros de flecha, cuya rigidez se ha obtenido con nervios de 16×30 cm a distancias de 3,35 y 3,77 m, arriostrados por tirantes horizontales de 16×16 cm.



Fig. 3.^a. Muelle de mercancías de la estación de Fez.

Los humos se evacúan por dos chimeneas de cemento fundido, que resiste a los sulfuros del carbón.

Los pilares laterales que sostienen la cubierta son de 35×40 y 35×70 cm a 7,55 m, en los tramos extremos, y 6,70 m en los centrales.

Habiéndose observado que era innecesario el pe-

ralte de la parte central de la cubierta, en los demás depósitos de máquinas de la línea se han construido las cubiertas en un solo cilindro, con linternas de $3 \times 6,70$ m en el eje de la bóveda, para dar luz y facilitar la evacuación de humos.

Por último, en los muelles de mercancías también se ha empleado el H. A. para sus cubiertas, reduciendo sus tramos en número y longitud con arreglo al tráfico de las estaciones.

En la estación de Fez (fig. 3.^a), el muelle propiamente dicho está constituido por dos tramos de 6,35 metros de luz, pues el tercer tramo se destina a cubrir y a encerrar de noche los vagones a carga o descarga, cierre que se efectúa por medio de cortinas metálicas. Las bóvedas son siempre parabólicas, con 1,36 m de flecha y forjados de 6 a 8 cm de grueso, sobre nervios de 10×20 cm.

En la fachada del patio de carros se ha dispuesto un voladizo de 3,50 m, sostenido por ménsulas y farallones oblicuos.

En los apartaderos de escaso tráfico, el muelle sólo está formado por un tramo de bóveda y dos voladizos, que pueden prolongarse a medida de las necesidades.

Se ha obtenido la impermeabilidad de las cubiertas con enlucidos de mortero hidráulico, pintados con tres capas de cal grasa, mezclada con aceite de linaza. Hasta ahora, su eficacia es completa.

A pesar de los calores excesivos que dificultan estas construcciones y de la mano de obra deficiente, el coste de estas cubiertas resulta inferior al de las metálicas. El hormigón semifrío empleado tampoco ha ofrecido el menor inconveniente.

Así es que, con arreglo a tipos análogos, se piensan construir todos los edificios de la sección española entre Tánger y Alcázar, de que en su día daremos cuenta en la REVISTA, así como de los puentes de H. A., tan pronto como efectuemos en ellos las pruebas.

J. EUGENIO RIBERA

Profesor de la Escuela de C., y P.

Ensayos de firmes especiales para carreteras ⁽¹⁾

III

En Barcelona y su provincia existe en determinadas calles y carreteras tráfico intensísimo de carros con llantas estrechas. El problema de los afirmados aptos para resistir las enormes cargas que han de soportar en esas condiciones, de muy difícil solución desde el punto de vista económico, se ha resuelto con tipos de afirmados muy semejantes a los empleados en otras provincias, y tratándose del problema, por antonomasia, de las carreteras españolas, creemos que será interesante agrupar los resultados de los ensayos para tráfico pesado de carros, hechos en varias localidades y que tienen capital importancia en nuestro país, en un próximo artículo, limitándonos en el presente a describir los ensayos que se han hecho en la provincia de Barcelona en

carreteras de mucho tránsito por las que circulan vehículos automóviles en elevada proporción.

Gran número de carreteras y caminos de estas características de tráfico se hallaban a cargo de la extinguida Mancomunidad de Cataluña, organismo que se preocupó mucho de la conservación y consignó en sus presupuestos adecuados recursos. Disponiendo, por otra parte, de personal inteligente y entusiasta, no es de extrañar que se hicieran multitud de ensayos, que fundadamente hay que esperar continúen al pasar las carreteras y caminos a depender de las Diputaciones provinciales.

La primera mejora consistió en alquitranar superficialmente, y se obtuvieron excelentes resultados, tanto desde el punto de vista de la supresión del polvo como desde el de duración de los recargos, pues impedida la desagregación de la superficie, el cuerpo se mantiene en buenas condiciones mayor tiempo. Como dijimos al tratar de los alquitranados superficiales en Vizcaya y Guipúzcoa, esta solución

(1) Véase la REVISTA, números 2 437 y 2 439, páginas 413 y 470.

permite espaciar mucho los recargos, por lo que, en definitiva, resulta más económica la conservación.

Con tráfico intenso de automóviles, el alquitranado superficial dura relativamente poco, y aunque la duración parece ser mayor que en las Provincias Vascongadas, probablemente a consecuencia de ser el clima menos lluvioso, hubo que pensar en tener estudiados firmes de más elevadas características, para prever el rápido desarrollo de la circulación automóvil.

Con el fin de obtener buenos firmes a precio relativamente moderado, se eligieron para los ensayos algunas variedades de tarmacadam, y con excelente orientación se pensó desde luego en utilizar alquitranes refinados. Los ensayos se hicieron en su mayor parte en la carretera de Cornellá a Fogás de Tordera, en los kilómetros 5, 6 y 8.

Careciendo de antecedentes en España, era difícil acertar desde el primer momento con las proporciones convenientes de árido y aglomerante apropiadas para el clima de Barcelona, por lo que los tramos de ensayo se hicieron cortos, siendo, en cambio, relativamente grande su número. Casi desde el principio se vió que los tramos excesivamente ricos en aglomerante daban lugar a reblandecimientos y, lo que resultó más grave, a ondulaciones. Las huellas marcadas por los carros desaparecen por el mismo tránsito, pero la aparición de ondulaciones es anuncio de desintegración rápida. Se estudia actualmente el fenómeno curioso de que el alquitrán en las ondulaciones parece descomponerse.

Un tramo de ensayo en la carretera de la Bonanova, que se hizo con pequeña cantidad de aglomerante, presenta aspecto parecido a un afirmado de hormigón de cemento portland, y hasta el presente se encuentra en perfecto estado. Existe, pues, una gradación de variedades de tarmacadam, entre las que se ha podido elegir para más amplias experimentaciones la que a continuación describimos, utilizando los datos suministrados por los competentes ingenieros Sres. Turell y Lagarde, que han tenido, además, la precaución de estudiar una descomposición de precios detalladísima y que, por tanto, será de gran utilidad para cuantos se propongan ejecutar afirmados de esta naturaleza.

Espesores.—El tarmacadam se hace en tres capas. La inferior, de 4,50 cm de grueso, empleando piedra partida de tamaños comprendidos entre 3,50 y 4 cm. La intermedia, de 2,5 cm de grueso, empleando piedra menuda de 2 a 2,5 cm, y la superior, de 1 cm de grueso, con detrito de piedra, de 0,5 a 1 cm.

Preparación de las mezclas.—Acopiados cuantos materiales son necesarios para la confección del tarmacadam en la parcela donde está situada la máquina calentadora, secadora y mezcladora a un tiempo, que para dicho objeto adquirió la Mancomunidad, procédese primero a confeccionar el aglomerante, que aunque para dicha máquina puede ser de muchas clases, incluso asfalto, y se hayan empleado diversas clases de alquitranes y alquitranes sintéticos proporcionados por las Casas destiladoras de Barcelona, para el tipo de revestimiento adoptado y que en la actualidad se ejecuta, está formado por una mezcla de brea y aceite de antraceno, en una proporción del 70 por 100 de la primera y 30 por 100 del segundo, proporciones que pueden variar, según la sequedad de la brea suministrada, hasta el 65 y 35 por 100, respectivamente.

Se empieza por pesar, en las proporciones que se fijan de antemano dentro de los límites citados, las cantidades necesarias para confeccionar una tonelada, aproximadamente, de mezcla de brea y aceite de antraceno, que es la que se calcula se consume en un día de trabajo. Dichos materiales, unidos, se calientan hasta las temperaturas de 100° centígrados en una caldera apropiada, hasta su fusión y completa mezcla, para lo cual se ayuda desde el exterior removiendo el contenido. Una vez bien mezclado el aglomerante, que no es más que un alquitrán sintético de determinadas características, entra en funcionamiento la máquina citada, mediante cuyos mecanismos y dispositivos recoge y eleva la piedra o gravilla, la vierte en un cilindro-caldera rotativo, donde se calienta al mismo tiempo que pierde el polvo y agua de sus poros; a continuación, la misma máquina eleva el material a un depósito situado sobre una romana, para la determinación de la dosificación en peso (se hacen pesadas uniformes de 230 kg), y en seguida vierte a un mezclador, donde se añade la cantidad de aglomerante que corresponde según la dosificación prevista para el material de cada capa, material que es elevado hasta el punto de manipulación, desde la caldera donde se ha mezclado y calentado, por medio de una bomba accionada por la misma máquina.

Las dosificaciones de aglomerante admitidas en la actualidad, dados los materiales de que se dispone y con arreglo a la enseñanzas que respecto al clima y al tránsito han proporcionado los trozos en conservación durante los dos años transcurridos desde que se comenzaron los ensayos, son las siguientes: el 3,50 por 100 del peso de la piedra para la primera capa; el 4 por 100 para la segunda, y el 8 por 100 para la tercera, suponiendo el peso de las dos primeras de 1 600 kg por metro cúbico y de 1 500 kg para el detrito que constituye la tercera.

Extensión y consolidación.—Hecha la mezcla en la forma expuesta, se descarga sobre camiones, por la simple acción de unas compuertas, y es transportada al punto de empleo, donde se descarga en varios montones, desde los que, por medio de carretillas de mano, se lleva a los puntos donde debe extenderse en caliente, repartiéndola lo más uniformemente posible por medio de rastrillos de madera apropiados en toda la mitad de la carretera, reservando la otra mitad para el tránsito, y una vez extendida se consolida mediante una apisonadora de gasolina, de 4,50 toneladas de peso, y un solo cilindro de un metro de ancho de llanta.

Extendida y consolidada la primera capa en esta forma en un tramo determinado, se procede a la confección y extensión de la segunda, de idéntica manera, y por último a la de detrito, que, una vez bien cilindrada, se cubre de polvo de machacadora y producto del barrido como medida de protección provisional, pudiendo recibir el tránsito al día siguiente. Antes de extender la primera capa, es preciso barrer bien el firme antiguo, incluso repicándolo para dejar bien aparentes las juntas de las piedras, a fin de facilitar la unión del recubrimiento con su base, debiendo estar ésta completamente seca. Esto obliga a suspender los trabajos en épocas lluviosas.

Presupuesto.—La piedra de que se dispone para estos trabajos, de naturaleza granítica, procede de una contrata de acopios hecha con anterioridad y

está depositada en grueso a lo largo de la carretera. El precio que para la misma regía en la contrata era de 15,18 ptas. m³. Como la machacadora está emplazada en una parcela a la cual es preciso transportar la piedra en grueso y desde la que hay de nuevo que transportarla a la parcela donde está la máquina mezcladora, una vez machacada, es necesario someterla a una serie de remociones, cargas y descargas, cuyo importe medio se calcula en 2 ptas. por metro cúbico.

La Administración posee una machacadora automóvil para llevar a cabo el machaqueo de toda la piedra. Para calcular el costo de dicha operación, se determina en la forma siguiente el

Gasto diario de la brigada de machaqueo

	Pesetas
Un maquinista, con jornal de 16 pesetas.	16
Nueve jornales de peón, a 7 pesetas.	63
Un sereno, a 10 pesetas.	10
Un auxiliar, a 5 pesetas.	5
Gasolina y grasas.	40
SUMA.	134
Útiles, herramientas e imprevistos, 10 por 100.	13,40
TOTAL.	147,40

Aunque la machacadora en trabajo corriente es capaz de un rendimiento para la piedra que se emplea de 25 a 30 m³ diarios, teniendo en cuenta la doble operación de machaqueo que es preciso realizar para disponer de la gran cantidad de gravilla necesaria para la formación de la segunda capa, solamente se supone capaz de machacar 20 m³ diarios, con lo que resulta para costo de dicha operación por metro cúbico la cantidad de 7,40 ptas.

El detrito de la última capa procede del cribado del polvo resultante del machaqueo, y aunque su adquisición y producción va involucrado en el precio del resto de la piedra, en cambio hay que contar el costo del cribado, que se evalúa en 4 ptas. por metro cúbico.

De todo lo dicho resulta:

Precio del metro cúbico de gravas y gravilla para la primera y segunda capa

	Pesetas
Adquisición.	15,18
Remoción, cargas, transportes y descargas.	2
Machaqueo.	7,40
TOTAL del metro cúbico de piedra machacada.	24,58

Precio del metro cúbico de detrito para la tercera capa

	Pesetas
Cribado.	4
Transporte, remoción, carga y descarga.	2
TOTAL del metro cúbico de detrito.	6

El volumen de la piedra necesaria para formar el metro cuadrado de recubrimiento en cada capa se calcula, en el supuesto de que sufra una merma por consolidación del 25 por 100 en la grava y gravilla y del 50 por 100 en el detrito; según eso, se tendrá:

Volúmenes de material árido para cada capa

Primera capa	Volumen por m ³
4,50 cm de espesor de piedra machacada y consolidada, que representan 6 cm sin consolidar.	0,060 m ³
Segunda capa	
2,50 cm de espesor de piedra machacada y consolidada, que representan 3,40 cm sin consolidar.	0,034 m ³
Tercera capa	
1 cm de espesor de detrito de machacadora consolidado, que representa 2 cm sin consolidar.	0,020 m ³

De ello resulta:

Precio de la piedra y detrito por metro cuadrado para cada capa

Primera capa: 0,060 m ³ , a 24,58 pesetas.	1,47
Segunda capa: 0,034 m ³ , a 24,58 pesetas.	0,84
Tercera capa: 0,020 m ³ , a 6 pesetas.	0,12
TOTAL del costo de la piedra por metro cuadrado de recubrimiento.	2,43

Aglomerante.—Para hallar la cantidad de aglomerante necesario para la confección de un metro cuadrado de recubrimiento, puede calcularse el peso de la piedra para cada capa.

Peso de la piedra

	Kgs
Primera capa: 0,060 1600.	= 96,00
Segunda capa: 0,034 1600.	= 54,40
Tercera capa: 0,020 1500.	= 30,00

y según las dosificaciones que se han expuesto, la cantidad de aglomerante para cada capa será:

Aglomerante para cada capa

	Kgs
Primera capa: El 3,50 por 100 del peso.	= 3,36
Segunda capa: El 4,00 por 100 del peso.	= 2,18
Tercera capa: El 8,00 por 100 del peso.	= 2,40
TOTAL del aglomerante por metro cuadrado de recubrimiento.	7,94

El aglomerante, según se ha dicho anteriormente, está formado por 0,70 de breá y 0,30 de aceite de antraceno por unidad; por tanto, resulta que por metro cuadrado de recubrimiento son necesarios 5,56 kg de breá y 2,38 kg de aceite de antraceno. Ahora bien: los precios de estos elementos son los siguientes:

Precio de la breá

	Pesetas
Adquisición en Badalona, tonelada.	175
Transporte por carretera, 10 km, a 1,25 pesetas tonelada-kilómetro.	12,50
Carga, descarga y tiempo perdido.	1,50
TOTAL, tonelada breá al pie de la máquina de tarmacadam.	189

Precio del aceite de antraceno

Adquisición en Badalona, tonelada.....	200
Transporte por carretera, 10 km, a 1,25 pesetas tonelada-kilómetro.....	12,50
Carga, descarga y tiempo perdido.....	1,50

TOTAL, tonelada aceite al pie de la máquina de tarmacadam **214**

De donde se deduce:

Costo del aglomerante por metro cuadrado

	Pesetas
5,56 kg de brea, a 0,189 pesetas kilogramo.....	1,05
2,38 kg de aceite, a 0,214 pesetas kilogramo.....	0,51

TOTAL, costo del aglomerante por metro cuadrado **1,56**

Gasto diario de la instalación de tarmacadam

	Pesetas
Un maquinista	16
Un pesador	12
Tres manipuladores de alquitrán, a 8 pesetas	24
Cuatro manipuladores de piedra, a 8 pesetas	32
	129
Un auxiliar, a 7 pesetas.....	7
Un sereno, a 10 pesetas	10
Dos conductores de camiones, a 14 pesetas.	28
Gasolina para el motor (50 litros) y grasas.	50
Carbón y otros combustibles	20
	120
Gasolina (50 litros) y grasas para los camiones.....	50
	249
Imprevistos, 10 por 100	24,90
<i>TOTAL, gasto diario instalación tarmacadam..</i>	273,90

Gasto diario de la brigada de extensión y consolidación

	Pesetas
Un capataz	10
Diez operarios, a 7 pesetas.....	70
Conductor del rodillo.....	16
Gasolina y grasas para el rodillo	20
	116
Imprevistos y pequeñas herramientas, 10 por 100. . .	11,60
<i>TOTAL, gasto diario de la brigada de extensión y consolidación.....</i>	127,60

Resumen

Gasto diario de la instalación de tarmacadam....	273,90
Gasto diario de la brigada de extensión y consolidación	127,60
<i>TOTAL, del gasto diario de la mano de obra....</i>	401,50

Ahora bien; supeditando los trabajos, como es lógico, a la máquina de tarmacadam, resulta que con ésta se pueden confeccionar unas cien pesadas de material aglomerado, a razón de 230 kg por pesada, correspondiendo aproximadamente a 53,50 de piedra para la primera capa, 30 de gravilla para la segunda y 16,50 de detrito para la tercera, con un peso total de 23 000 kg, con el cual volumen se puede recubrir, con los espesores admitidos, una superficie de unos 130 m²; por tanto, el gasto de ejecución o mano de obra es:

$$\frac{401,50}{130} = 3,08 \text{ pesetas}$$

Y el precio del metro cuadrado de recubrimiento será:

	Pesetas
Adquisición, machaqueo y transporte de piedra y detrito.....	2,43
Adquisición y transporte del aglomerante.....	1,56
Mano de obra de confección y extensión.....	3,08
SUMA.....	7,07

5 por 100 de amortización de la maquinaria, en ocho años.....	0,35
5 por 100 por interrupciones, pequeños bacheos, etc.	0,35

TOTAL, del precio del metro cuadrado de recubrimiento..... **7,77**

Algunas de las partidas anteriores están calculadas con ligero exceso, mientras que el rendimiento de la máquina se ha evaluado por defecto, previendo la contingencia de averías en sus mecanismos o interrupción del trabajo por causas fortuitas; de modo que el metro cuadrado puede obtenerse a un precio algo inferior.

Aún pudiera rebajarse algo si el afirmado se hiciese sólo en dos capas, pues el papel de la capa intermedia no parece decisivo y la ejecución de dicha capa obliga a remachacar la piedra para obtener grava menuda.

Sería interesante hacer una aplicación importante de tarmacadam de una sola capa con piedra de 4 a 6 cm, embadurnando la piedra con alquitrán y dejándola secar algún tiempo antes de emplearla, procediendo después a un alquitranado superficial, sobre el que se extendiese arena o esquirlas de piedra.

Los ensayos efectuados en la provincia de Barcelona son en alto grado instructivos, y los precios a que resultan los afirmados, muy aceptables.

Manuel AGUILAR
Profesor de la Escuela de C., C. y P.