

LA PAVIMENTACIÓN DE BILBAO

Algunas notas sobre adoquinados modernos. — Resultados obtenidos con el hormigón asfáltico. — Alquitranados y tratamientos superficiales.

En la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 15 de enero del año próximo pasado, dábamos detalles de la forma como habíamos acometido en Bilbao la construcción de hormigones asfálticos. Hoy vamos a dar cuenta de los resultados obtenidos, no sólo con este pavimento especial, sino también con los adoquinados y tratamientos superficiales.

Adoquinados

Es esencial, en primer término, la calidad de piedra, su uniformidad de composición y su resistencia al desgaste.

En el contrato primitivo, que me encontré hecho al hacerme cargo de la Dirección de este servicio, nada se decía con relación a las características de la piedra: se limitaba a indicar su procedencia y admitía el adoquín arenisco del país: en esta forma se hicieron los 12 000 primeros metros cuadrados. Su resultado ha dejado mucho que desear; la piedra del país tiene un coeficiente de desgaste de 220 mm³ por cm², y más que nada, es de naturaleza muy poco uniforme, habiendo adoquines que presentaban lascas que desaparecían, iniciando muy pronto el pequeño bache.

En cuanto pude, al terminar el contrato primitivo, deseché el adoquín del país, exigiéndose el granítico con una resistencia mínima de desgaste por rozamiento de 80 mm³ por cm².

Para la uniformidad de la clase se exige que, unida a la propuesta, se presente un certificado del Laboratorio de la Escuela de Caminos en el que se indiquen las características de desgaste de la piedra ofrecida, estipulando no se admitirá más que una tolerancia del 10 por 100 sobre ellas en toda la piedra que se suministre. Creo esto muy esencial.

He introducido en las calles de mal subsuelo el cimiento de hormigón armado. He de hacer resaltar la importancia excepcional de este punto. El cimiento en los adoquinados modernos debe ser de duración prácticamente indefinida y debe resistir a las enormes cargas del tráfico de hoy. Pretender esto con una capa de hormigón sencillo, lógicamente, es absurdo: con ella, si se quiere, impermeabilizamos el subsuelo y repartimos sobre él las sobrecargas; pero *es el subsuelo el que tiene que resistir*; si él falla, el hormigón de firme, sujeto a flexión, prácticamente falla en el acto, y se tienen los hundimientos que tan corrientes son en las calles de tráfico intenso.

El añadir un emparrillado (nosotros construimos el nuestro con varillas de 6 mm de diámetro en cuadros de 10 cm de lado) hace que el hormigón del cimiento se convierta en un *forjado*, recabando para sí toda la resistencia y evitando en absoluto su rotura en el 99 por 100 de los casos. El sacrificio económico es pequeño; en Bilbao, el emparrillado que antes indicamos se hace por 4 pesetas el m², y bajo este aspecto hemos de hacer notar que, no ya el duplicar el cimiento de 15 cm de espesor, sino sólo el aumentarlo en 5 cm, o sea poner cimiento de 20 cm,

nos representa idéntico gasto; y no voy a comparar, lo dejo al criterio del lector, la efectividad de resistencia de un cimiento de hormigón sencillo de 20 cm de espesor con el de precio equivalente de 15 cm, armado con mallas de 10 cm de lado de alambre de 6 mm de diámetro.

Racionalmente, son absurdos los cimientos de grandes espesores, siendo preferible, técnica y económicamente, armar en la forma indicada el cimiento del máximo espesor de 15 cm.

Sobre el cimiento se coloca el adoquín, interponiendo entre ambos, *para salvar las diferencias de tizón*, una mezcla, en seco, de 250 kg de cemento por metro cúbico de arena. Hay en este punto un gravísimo error en la mayor parte de los pliegos, y es que exigen un mínimo espesor para esta capa, cuando lo que se debe dar es el *máximo*. Me explicaré. Si se pudiese obtener piedra que fuera de tizón exactamente igual y con el lecho de asiento completamente plano, se asentaría la piedra directamente sobre el hormigón, suprimiendo en absoluto el lecho de mortero: si ponemos éste es porque los tizones no son iguales, ni las caras de asiento planas, y, naturalmente, si no interponemos el lecho de mortero entre el cimiento y el adoquín, las diferencias de tizón y las irregularidades de la cara de asiento se acusarán en la superficie exterior del pavimento; el lecho de mortero, no solamente no es conveniente, sino que es perjudicial, es un punto débil, pero es un pie forzado que tenemos que admitir; debemos, por tanto, en los pliegos de condiciones, marcar su máximo espesor admisible, dependiente, claro está, de la tolerancia que admitamos en el tizón; este máximo nosotros lo fijamos en 25 mm y no creemos que en ningún caso deba pasarse de él.

Asentado el adoquín y maceado con todo cuidado, es necesario regar superficialmente lo suficiente para que el agua, penetrando por las juntas, *hidrate el mortero del lecho* de asiento y éste, después, al fraguar, constituya un cuerpo tan resistente como el cimiento de hormigón.

Las juntas se rellenan con una lechada formada por partes iguales de arena y cemento; la lechada debe extenderse en dos capas: la primera, bien flúida, para que penetre por las juntas e incluso por los intersticios del lecho de asiento, y la segunda, más gruesa, que llegará a cubrir perfectamente la junta.

En la calle de la Estación y Puente de Isabel II, donde tenemos un tráfico de 6 000 vehículos de ocho de la mañana a ocho de la noche, se ha empleado para rellenar las juntas brea asfáltica en lugar de cemento; el resultado de este procedimiento es bueno, siempre que se emplee brea de excelente calidad y que el rejuntableo se haga con el adoquín completamente seco. Tiene la ventaja de que, por lo que a las juntas se refiere, puede abrirse la calle al tránsito a las veinticuatro horas de ejecutado el adoquinado: forma un pavimento menos sonoro y de menos polvo; no obstante, es, a mi juicio, menos resistente que la junta de cemento.

Resumiendo, un buen adoquinado exige:

1.º Piedra que dé un buen coeficiente de desgaste por rozamiento y, especialmente, que sea de naturaleza bien uniforme.

2.º Un cimiento resistente; a este fin, cuando el subsuelo no es de excelente calidad, debe emplearse cimiento de hormigón armado, que da una resistencia sobrada aun fallando el firme. Por antieconómicos, y absurdos, por tanto, ingenierilmente, deben rechazarse los cimientos de hormigón sencillo de grandes espesores: si el cimiento debe resistir, hay que armarlo, y si sólo se pretende con él igualar y repartir las presiones, impermeabilizando el subsuelo con el de 15 cm es bastante.

3.º El lecho de mortero debe ser del menor espesor posible; este lecho debe hidratarse, a fin de que forme un cuerpo resistente, regando para ello la superficie del adoquinado lo suficiente antes de lechar las juntas.

4.º Pueden emplearse las juntas de brea, a condición de ejecutarlas con excelentes materiales y en tiempo completamente seco; por la rapidez con que este rejuntado permite abrir la calle al tráfico, presenta indudables ventajas para calles de tráfico intenso, máxime cuando se dispone de cimiento ya fraguado y en el caso de reparaciones.

5.º La lechada nunca debe prepararse en artesas ni transportarse a distancia; debe ejecutarse con máquina de cualquier sistema, pero que nos asegure una producción de naturaleza uniforme, teniendo gran cuidado de evitar se separen la arena y el cemento. Como datos económicos para el cálculo de presupuestos diremos que, por metro cuadrado de lechadado de pavimento con piedra labrada en buenas condiciones, se puede calcular como consumo de cemento 20 kg.

Un buen adoquinador con su peón, que prepara el lecho de mortero, puede ejecutar alrededor de 15 m² en jornada de ocho horas.

El costo del lechadado depende de la maquinaria que se emplee; pero con una lechadora mecánica pueden ejecutarse alrededor de unos 40 m² a la hora, necesitándose para la operación un mecánico encargado de la máquina, dos obreros para la carga de materiales y dos para extender con rasquetas de goma la lechada sobre el pavimento.

Aprovechamiento de materiales antiguos

La mayor parte de las poblaciones tienen muchísimos miles de metros cuadrados de adoquinados antiguos, con piedras de excelente calidad, pero de gran tamaño, adoquinados que están asentados y rejuntados con arena. Es evidente que estos materiales tienen un valor que no conviene perder; por creerlo lo más conveniente, desde el punto de vista económico, nosotros procedemos a su relabra al pie mismo de obra; el costo del metro cuadrado relabrado es de nueve pesetas, mientras que el material, aun el del país, cuesta 18 pesetas; hay que tener en cuenta, además, otra economía: la que representa el transporte de dicho material desde la obra al sitio en que había de almacenarse, costo que es de 1,25 pesetas el metro cuadrado; por tanto, relabrando el material antiguo tenemos una economía de 10 pesetas por metro sobre el costo del material del país; en esta forma estamos haciendo la calle de la Ribera, importante entrada de Bilbao, con un total de

12 000 m². Para los presupuestos hay que tener en cuenta que al material antiguo, al relabrarse, se reduce en superficie al 50 por 100, es decir, que los 12 000 m² de adoquín viejo sólo nos producen 6 000 metros cuadrados de relabrado.

Las lastras procedentes de la relabra del material pueden machacarse y utilizarse la piedra partida en el hormigón del firme de la calle.

Es otra economía importante muy digna de tenerse en cuenta.

Hormigones asfálticos

En el presente año hemos pavimentado por este procedimiento las calles siguientes:

CALLES	Superficie	Precio del metro
	Metros cuadrados	cuadrado Pesetas
Heros,	4 170	17,69
Espartero	2 301	15,65
Bertendona	1 047	13,71
Ercilla	2 097	12,88
Cosme Echevarrieta.....	646	14,31
TOTAL	10 261	

La calle de los Heros fué la primera que ejecutamos, uniendo a las dificultades que lleva consigo todo ensayo las que nos trajo el tiempo, que no pudo ser peor, pues la obra se desarrolló en pleno invierno y con lluvia puede decirse que casi constante; todas las calles se ejecutaron con hormigón asfáltico y de una sola capa de 10 cm de espesor; no hemos de repetir la descripción del procedimiento de ejecución que con todo detalle dábamos en el número de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 15 de enero del año próximo pasado; de él sólo hemos modificado el procedimiento de apisonado; decíamos en el artículo citado que el único apisonado lo llevábamos a cabo con un rodillo de mano de una tonelada de peso; en esta forma ejecuté las dos primeras calles, Heros y Espartero; aunque las muestras obtenidas eran excelentes, noté en estas calles un defecto: para terminar el pavimento se extiende sobre el hormigón asfáltico una capa de brea y sobre ella una de guijo fino; esta capa de guijo quedaba sin apisonar, dejando que el tráfico la fuese incrustando en la de brea; en parte ocurría según teníamos previsto, pero en parte también importante el guijo desaparecía, dejando sobre el pavimento demasiada brea, que los días de calor se reblandecía, haciendo que, aunque ligeramente, el tráfico de carros de llanta estrecha y caballerías marcasen su huella en algunos puntos; para evitar esto necesitaba que *todo el guijo superficial se incrustase completamente en la brea*, formando una superficie de rodadura donde no hubiese exceso de ésta; para conseguirlo, antes de dejar el trabajo, por la mañana y por la tarde, se procede ahora a la extensión de la capa superficial de brea cuando el pavimento asfáltico está aún caliente (a unos 50° ó 60°); inmediatamente se cubre esta brea con el guijo y, acto seguido, se procede al apisonado del conjunto con el cilindro de vapor de 16 toneladas; el resultado obtenido ha sido por completo satisfactorio: la capa de rodadura es de una resistencia mucho mayor y está por completo exenta de brea que se reblandezca con el calor y, al mismo tiempo, se obtiene una mejor unión

entre los diversos elementos del pavimento y, evidentemente, un apisonado mucho más perfecto del conjunto.

Todas las calles están en perfecto estado; es más: el aspecto es mejor cuanto más tiempo llevan construidas, pues la superficie se alisa por completo, quedando el pavimento con el mismo aspecto que si fuese asfalto comprimido. Aunque la experiencia de un año no es mucha, podemos lógicamente suponer, vistos los resultados obtenidos, que el pavimento responde en absoluto a las esperanzas que en él teníamos puestas.

Con relación al resultado económico, se puede ver, en los precios que al principio damos, que se ha llegado hasta el de 12,88 pesetas por metro cuadrado, cifra verdaderamente muy satisfactoria; influye, claro está, en el precio el que la superficie a pavimentar sea pequeña, pues los gastos de instalación y puestas en marcha del conjunto de la maquinaria son de consideración e iguales en todos los casos, y claro está que al repartirlos en un reducido número de metros gravan bastante el costo unitario; así se ve que las calles de Bertendona y, especialmente, Cosme Echevarrieta, resultan, por su pequeña superficie, con un precio por metro cuadrado algo recargado sobre la de Ercilla.

Los resultados obtenidos en un número de metros cuadrados de relativa consideración nos afirman en absoluto en la certidumbre de obtener buenos pavimentos a costo reducido para calles de segunda categoría por la aplicación de este método, que, claro está, podrá proporcionar firmes excelentes para carreteras de tráfico intenso, pues la calle de los Heros tiene un tráfico de trescientos vehículos de ocho de la mañana a ocho de la noche, en un ancho de 9 m. y la de Ercilla llega a alcanzar la cifra de cuatrocientos cincuenta en el mismo tiempo. Es necesario únicamente que un estudio serio preceda a todo proyecto, estudio que ha de alcanzar, no sólo a la elección de los materiales, que han de ser de la más excelente calidad, sino también a la dosificación de los diferentes agregados, para obtener una máxima compacidad por un mínimo de huecos.

Alquitranados y tratamientos superficiales

No hemos de dejar de indicar la conveniencia o, mejor dicho, la necesidad de hacer uno de estos métodos para calles de tráfico ligero, en las cuales no sólo han de dar resultado aceptable, sino que lo dan excelente, suprimiendo el polvo y el barro y dando un pavimento de aspecto limpio y agradable. La piedra que se emplee para el firme ha de ser de excelente calidad, pudiéndose hacer el recargo inmediatamente antes de proceder al alquitranado o bien con cierta anticipación, dejando que el tráfico consolide por completo el firme antes de proceder al extendido del alquitrán.

El primer método puede aplicarse en tiempo seco y cuando no hay inconveniente en cerrar la parte alquitranada completamente al tráfico durante el período de unos seis a ocho días después de extendido éste; en este caso debe extenderse la capa de piedra apisonándola y recibéndola muy ligeramente; hecho esto, debe procederse a lavar y limpiar con todo cuidado la superficie, extendiéndose después una primera de alquitrán; se deja la calle completa-

mente cerrada durante veinticuatro horas y, pasado este plazo, se procede a la extensión de una segunda capa, cubriéndose después la superficie con arena y debiéndose conservar después el pavimento cerrado al tráfico de vehículos durante seis u ocho días. Este método, empleado en las condiciones antes citadas, nos ha dado excelentes resultados. Donde el pavimento debe abrirse al tráfico inmediatamente, debe extenderse y recebarse la piedra como en el caso de un firme corriente, dejando que el tráfico haga la labor de consolidación durante un período de dos o tres meses; antes de procederse al alquitranado debe limpiarse por completo el pavimento, lavándolo con agua a presión, rascándolo con escobas de alambre, utilizando, en fin, cuantos medios se consideren más convenientes para limpiar por completo la superficie, dejando la piedra al descubierto; en una limpieza esmeradísima está el éxito de la operación, pues alquitrán que se extienda sobre una capa de tierra o polvo será levantado por el tráfico en el acto; *es la superficie de la piedra del firme la que debemos impregnar de alquitrán, y, para ello, la superficie de la piedra deberá estar en absoluto libre de cuerpos extraños.* Extendida la capa de alquitrán se deja secar unas horas, cubriéndola después con una capa de arena y pudiéndose abrir al tráfico inmediatamente.

La extensión de una capa de ofita de 10 cm de espesor y el alquitranado superficial nos resulta a 4,50 pesetas el metro cuadrado, pagando a 22 pesetas el metro cúbico de piedra y a 200 pesetas la tonelada de alquitrán.

La extensión de la capa de alquitrán sobre firmes que ya habían sido alquitranados anteriormente nos resultan a 0,25 pesetas el metro cuadrado. Este tratamiento debe efectuarse anualmente si se quiere conservar la calle en buen estado, y antes de proceder al extendido del alquitrán, se debe, con una anticipación de un mes por lo mínimo, proceder al bacheo general de la calle y a su limpieza cuidadosa antes del extendido del alquitrán; hemos de insistir sobre este punto *esencial*: la limpieza debe efectuarse a conciencia, llegándose incluso a *rascar* la capa superficial donde fuese necesario; todo cuanto dinero se gaste en esta operación va bien empleado, pues en ella está la clave del éxito.

Conclusión

Para resolver el problema de la pavimentación de cualquier población de cierta importancia, problema que, en general, se presenta en conjunto y que resulta agobiante por la cuantía de su presupuesto, es necesario proceder a un estudio racional, utilizando pavimentos de las diferentes clases, según la característica *tráfico* de la calle a la cual tratemos de aplicarlo; gastar en cada calle lo necesario, sin regatear en la *bondad del procedimiento aplicado unas pesetas*, pero no gastar tampoco ni un céntimo más de lo que sea preciso, dotando a la calle de un pavimento apropiado según la naturaleza de su tráfico.

Desde este punto de vista es interesantísimo, esencial, el empleo de pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales, que nos dan excelentes pavimentos económicos para calles de segunda y tercera categoría, debiendo irse en absoluto a la supresión de los firmes ordinarios dentro de las calles urbanizadas,

pudiéndose alcanzar este ideal por una racional clasificación de calles, según su tráfico, y aplicación a cada una de ellas el tipo de pavimento necesario y suficiente.

Claro está que esto que decimos con relación a las calles puede extenderse a las carreteras, bien enten-

dido que nosotros consideramos calles de segunda categoría en tráfico a aquellas que nos dan un tráfico hasta de 10 vehículos en las doce horas por metro de ancho, tráfico que sólo en raros casos se ha de ver superado en la mayoría de las carreteras.

José Luis ESCARIO
Ingeniero de Caminos,
Director de Pavimentación y Saneamiento
del Excmo. Ayuntamiento de Bilbao

TOLEDO

Hace doce años, siendo alumno de la Escuela de Caminos el ingeniero Tomás García-Diego de la Huerga, pronunció en la clase de Arquitectura una conferencia titulada «*TOLEDO: jornadas sentimentales*», y ahora ha tenido el delicado gusto de hacer una primorosa edición íntima, que sólo consta de 50 ejemplares numerados, en viejo papel hilo de tina, firmados por el autor y no destinados a la venta.

El libro ha sido ornamentado por el artista Luis Quintanilla, inspirándose en motivos de ediciones venecianas de los postreros años del siglo xv. El dibujo de la cubierta es una interpretación libre del grabado de Hoefnagel, que representa a Toledo en la obra *Civitates orbis Terrarum*, de George Braun (Coloniæ Agrippæ, Gramineus, 1572, fol.).

El ejemplar núm. 1 y la dedicatoria se consagran al profesor de Arquitectura y director de la Escuela de Caminos Vicente Machimbarrena, que desde estas columnas envía su cordial agradecimiento.

La epístola-prólogo se dirige a los compañeros de promoción, que gozaron con el profesor las primicias de la Conferencia en la intimidad de la clase de Arquitectura. La modestia del autor no quiere que salga a un ámbito mayor; pero no contaba con la indiscreción del afortunado poseedor del ejemplar número 1, que sin permiso, por temor a la negativa, se lanza a publicar la epístola-prólogo, que será leída con deleite por los ingenieros de Caminos de todas las promociones.

Dice así:

EPÍSTOLA - PRÓLOGO

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN EN LA ESCUELA DE CAMINOS

Aun hay sol en las bardas.
Cervantes: *Don Quijote*, 2.ª parte, cap. III.

¡Juventud, divino tesoro,
ya te vas para no volver!
Rubén Darío: *Canción de Otoño en Primavera*.

Durante cinco años, una treintena larga de individuos, en esa edad maravillosa comprendida entre la adolescencia y la plena juventud, hemos formado una entidad llena de gozo y de gracia, la *promoción*.

Y a esa entidad dirigía yo en la Primavera de 1912 —*Una tarde fresquita de mayo*, como dice el viejo cantar infantil—una romántica Conferencia, que hoy quiero enviaros, compañeros míos, encerrada en este pequeño libro, como un incienso antiguo para quemar en honor de aquellos días luminosos en que juntábamos las alegrías de todos para formar la alegría de la *promoción*, y ocultábamos las tristezas individua-

les—que la desbordada juventud recién nacida nos enviaba—por miedo a empañar el claro cristal de la vida común.

Pasa por nuestras vidas el tiempo, socavándolas lenta, silenciosamente. Las aguas, en fingido remanso, se llevan hoy una ilusión, mañana un recuerdo. Sombra de una sombra será dentro de poco esta emoción con que—aún—siento volver a pasar vuestras imágenes por mi corazón, que esto y no otra cosa es *recordar*, palabra de sugestiva etimología.

Quisiera yo que este libro, yendo a vosotros con el gesto cordial de una mano tendida, retrasara algún tiempo ese instante—fatal—en que entregados por completo a vuestra vida actual y cambiante, para siempre de espaldas al grato pero lejano pasado, olvidéis los tiempos de nuestra existencia unánime. Y con esa esperanza os le envío; se instalará en los plúteos de vuestras bibliotecas y desde allí vigilará vuestras vidas como un pequeño amigo silencioso, pero no insensible. Y, no lo olvidéis, en sus páginas va—o quiere ir—la llamita que enciende el recuerdo.

Cuando yo tenía veintidós años y escribía, trémulo y enardecido, las páginas de esta Conferencia, creía haber aprisionado en la malla sutil del idioma un poco del espíritu imperecedero de la amada ciudad de Toledo. Aún recuerdo la emoción suavísima sentida por mí al transmitir en la blanca cuartilla la impresión de un primaveral perfume de flores de acacia aspirado junto al manso murmullo del viejo río, lleno de perenne poesía.

Maravillosas horas toledanas de aquel mayo triunfal. Yo acababa de vencer a la muerte, y bajo la Luna de unas noches azules y profundas deambulaba por los moriscos barrios, para llevaros el sonido de las guzlas que mi imaginación—a través de Maurice Barrès, que llegaba poco antes a Toledo en alas de un ángel del Greco—estaba dispuesta a soñar.

Mi impresión frente a Toledo—ahora lo comprendo—era puramente venatoria. Para ofrecéroslo a vosotros, compañeros míos, yo cazaba impaciente, con mis sentidos nuevos, casi intactos, impresiones de arte, y recuerdo que si había dos pájaros a la vista y uno era gótico, salía mi dardo más alegremente hacia él, como si una secreta afinidad magnética le atrajese. Y ahora, ¿qué pienso de todo esto?...

Ahora pienso que en Arte ven mejor los ojos cansados, cuando su cansancio proviene del mucho mirar—Así, donde unos físicamente perfectos—los míos en-