

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

**Redactor-Presidente...** Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo  
**Redactores.....** Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.  
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.  
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.  
**Colaboradores.....** Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

## LOS PAVIMENTOS DE LAS CALLES DE MADRID

No me propongo, al escribir este artículo, presentar como un modelo los pavimentos de las calles de Madrid; pero al lado de lo malo hay algo bueno, y siempre conviene darlo á conocer para que pueda servir de enseñanza á los que á este género de obras se dedican.

Creo necesario estudiar independientemente la construcción y la conservación y consignar los precios á que resulta cada unidad de obra; pero advirtiendo por anticipado que, salvo raras excepciones, resultan éstos extraordinariamente elevados por varias causas.

### Construcción.

Los pavimentos que en este momento se colocan ó que, cuando menos, se conservan en las calles de esta corte, son los asfaltados, los entarugados, los empedrados de adoquines (prismas y pedruscos), cuñas y morrillo, y los afirmados Mac-Adam.

**Asfaltados.**—No hace mucho la mayoría de las gentes, al oír hablar del asfalto, no encontraba más que inconvenientes en su aplicación, porque se decía que se habían ensayado en varias poblaciones con mal éxito. Los que tal afirmaban (y es sensible que todavía haya quien lo afirme), confundían lastimosamente los asfaltos naturales con los artificiales, que se les asemejan muchísimo. Una respetable Compañía, la de asfaltos de Maestu, ha venido á hacer patente aquel error.

En Madrid se han colocado en las calles del Arenal, Carlos III, Príncipe, Plaza de Isabel II y Carrera de San Jerónimo, y lo cierto es que después de pasar la temporada peligrosa del verano y de no haber sido atendidos con los riegos necesarios durante aquella estación, han entrado en el otoño en buenas condiciones, pudiendo asegurarse que es hoy el mejor pavimento que poseemos.

La manera de construirlos es la siguiente: Sobre una base ó cimientó de hormigón hidráulico de cemento Portland, con un espesor de 20 centímetros, se pone otra capa de mortero del mismo cemento de unos dos centímetros de espesor, suficiente para igualar la superficie.

Encima de esta base se extiende una capa de cuatro centímetros de espesor, formada de asfalto y betún natural con gravilla menuda. Esta capa constituye la superficie de rodadura.

En las calles en que existía entarugado al hacer la transformación, se ha conservado el cimientó de éstos recreciéndolo con hormigón hasta obtener la altura conveniente.

La piedra partida necesaria para el hormigón es pedernal vivo perfectamente limpio, de un tamaño de cinco centímetros, debiendo haber recibido golpe para que produzca aristas de trabazón.

La arena para el mortero y hormigón es de río, muy bien zarandeada ó cribada, en particular la que ha de usarse en el mortero.

La Compañía los construye por el precio de 22 pesetas metro cuadrado, en cuya cantidad quedan incluidos todos los gastos.

Si se trata de la sustitución de un entarugado, como lo ha hecho en las calles y plazas antes citadas, 18 pesetas, y si lo que se sustituye es un empedrado, 21 pesetas.

**Entarugados.**—Tan malo ha sido el resultado obtenido por esta clase de pavimentos, que no sólo no se construyen actualmente, sino que han desaparecido de las calles del Arenal, Príncipe, Carlos III, plaza de Isabel II y Carrera de San Jerónimo, y sólo se conservan en las de Sevilla, Peligros y Barquillo. Por esta razón me ocupo de ellos.

¿Qué causas han podido motivar este mal resultado? Puede ser que el sistema no sea bueno en sí, pero mucho habrá contribuido á un rápido deterioro la mala elección de las maderas, su imperfecta inyección y las muchas alternativas de sequedad y humedad á que han estado y están expuestos con la poca limpieza y los frecuentes y mal aplica los riegos.

La multitud de nudos que tiene la madera producen al saltar otras tantas oquedades que ayudan no sólo á la destrucción del tarugo que las contiene, sino también de los que le rodean, haciendo de todo punto imposible la vialidad.

Por otra parte la madera se pudre fácilmente y el desgaste se hace con rapidez.

La ejecución se llevó á cabo por un contratista que se sujetó á las siguientes reglas: Se construía una base de hormigón hidráulico con cemento de Portland, de 20 centímetros, sobre la que se extendía una capa de mortero del mismo cemento y de 5 centímetros, colocando encima de ésta los tarugos, preparados previamente en una composición de alquitrán, poniéndolos por hiladas al tope en sentido normal al eje de la calle y dejando entre dos hiladas un espacio de 8 á 10 centímetros. Estos 8 ó 10 centímetros se llenaban en su parte inferior con unas tabletas, y con una composición alquitranada y la superior lo mismo que en todos los puntos en que era necesario tapar juntas, con mortero de cemento. Tan sólo y á lo largo de los encintados se dejaba un vacío de 3 á 4 centímetros para permitir la dilatación de las maderas por efecto de la humedad.

Las dimensiones de los tarugos eran 22 centímetros de largo, 8 de ancho y 15 de altura.

La piedra partida para el hormigón era pedernal vivo machacado al tamaño de 4 centímetros, debiendo estar bien limpia y haber sufrido golpe.

La arena de río zarandeada ó cribada.

La madera para los adoquines, pino del país sin sangrar, exceptuándose la llamada albar, y llevar al menos un año de cortada.

El precio que pagó por metro cuadrado el Municipio al contratista, fué de 25 pesetas 28 céntimos.

Posteriormente, se ha hecho en la calle del Barquillo un ensayo de este pavimento, por administración, con el mismo resultado, y un gasto por metro cuadrado de 24,50 pesetas.

**Empedrados de prismas.**—Este pavimento y el de pedrusco, ambos de granito de la sierra de Guadarrama, constituyen la in-

mensa mayoría de los empleados en Madrid, particularmente en el interior. Su resultado puede calificarse de mediano; pero seguramente se obtendría mejor si se variaran los procedimientos que en su ejecución se emplean.

El subsuelo de Madrid es bastante resistente; pero no tanto para que colocado directamente el adoquín sobre una capa de arena pueda permanecer inalterable á los enormes pesos que sobre él gravitan y al gran tráfico de las vías; razón por la cual sería muy conveniente (esta es mi opinión) el que para consolidar más el cimiento, entraran antes de echar la capa de arena los cilindros de vapor que el Ayuntamiento posee, y de que me ocuparé con extensión en otro artículo. Díganlo si no las calles de Trajineros y Argensola, construidas de este modo por el eminente y malogrado Ingeniero D. Vicente Rodríguez Intilini.

Estas obras se ejecutan por Administración, y para construir las se empieza por abrir la caja con una profundidad tal que puedan colocarse en ella una capa de arena de 15 centímetros y los adoquines.

Sobre esta base se extiende una tongada de arena de río de 8 centímetros de espesor. La arena que se emplea bien limpia y lavada. Se apisona estando húmeda y se vuelve á echar otra tongada del mismo material, hasta que las dos formen una capa de 15 centímetros, sobre la que se colocan directamente los adoquines, al tope y en la forma usual en esta clase de pavimentos.

Para rellenar las juntas se arroja otra capa de arena, que al apisonarla se va introduciendo por las juntas. Los pisones que se usan no bajan del peso de 30 kilogramos.

Si se observa que algún adoquín queda algo hundido, se quita y se sustituye por otro ó se refuerza el cimiento.

Cuando ya se consideran los adoquines bien colocados, se barre y riega hasta que no quepa más arena en las juntas y el agua no pueda penetrar por ellas; y, por último, se extiende una capa de arena de 2 centímetros sobre toda la superficie del empedrado y se abre la calle al tránsito.

Las dimensiones de los prismas son: largo, 26 centímetros; ancho, 12 centímetros; alto, 25 centímetros.

Los suministra un contratista al precio de 75 pesetas 100.

La arena cuesta 4,75 pesetas metro cúbico. Puede calcularse que, todos los gastos incluidos, vienen á costarle al Ayuntamiento el metro cuadrado 21,25 pesetas.

*Empedrados de pedruscos.*—Todo lo dicho para los prismas es perfectamente aplicable á esta clase de material, pues sólo se diferencian de aquellos en las dimensiones y en la labra, que en éstos no es tan regular, por lo cual se les conoce con el nombre de *adoquines irregulares*.

La construcción es también exactamente igual.

Sus dimensiones son: 16 centímetros, largo; 10 centímetros, ancho; y 20 centímetros, alto.

Los suministra el mismo contratista al precio de 40 pesetas el 100.

El pavimento hecho vendrá á costar por metro cuadrado, con todos los gastos, 15,50 pesetas.

*Empedrados de cuñas.*—Este empedrado que bajo el punto de vista económico es el mejor, y que para coches y peatones no puede ser peor, es hoy insustituible en las calles que tienen mucho tráfico y más del 6,5 por 100.

Las cuñas son de pedernal vivo procedentes de las canteras de Vallecas y Vicalvaro, de una dureza tal que bien puede calificarse de indestructible.

No son recomendables más que en el caso antes citado y para puntos en que exista mucho movimiento de vehículos de gran peso. Podría mejorarse este pavimento del mismo modo que queda dicho para los adoquinados.

Se construyen lo mismo que los anteriores.

Las dimensiones de las cuñas son: alto, 18 centímetros; 12 ancho de la cabeza superior, y 8 en la base.

Se obtienen por contrata al precio de 7 pesetas metro cuadrado.

En total, resulta aproximadamente el metro cuadrado de pavimento, á 8,70 pesetas.

*Empedrados de morrillo.*—Hace muchos años que no se construye con este material, y en las pocas calles en que existe, sólo se atiende á su conservación, pero con la idea de hacerlo desaparecer.

No es recomendable en una capital bajo ningún aspecto.

*Afirmados Mac-Adam.*—Se construyen en Madrid con tal cuidado, que bien puede decirse que son un verdadero modelo. Podría citar alguna calle construida hace diez años, que con un movimiento regular, superior seguramente al de la mayoría de las carreteras, no ha presentado en este tiempo sola rodada, y se ha desgastado tan por igual, que ha sido necesario hacerle un recargo general con un espesor casi el mismo que se le dió al construirla. Este hecho indica no sólo el esmero de su construcción y conservación, sino también la bondad de los materiales y los excelentes medios de que aquí podemos disponer.

No he de decir sobre este punto y en este momento ni una palabra más, me ocuparé de ello con algún detenimiento en el artículo que he anunciado anteriormente; pero describiré con todo detalle su construcción y conservación.

Abierta la caja dándole ya, por lo regular, algún bombeo, se hace entrar el cilindro de vapor que la apisona bastante bien con unas cuantas pasadas. Se echa en seguida una capa de escombros procedentes de derribos, y á los que se conoce con el nombre de *calizo*. Si en estas condiciones entrara de nuevo la máquina, se reducirían estos escombros á polvo, sin haber conseguido ningún efecto útil, por esta razón se riega en abundancia, pero no tanto que pueda producirse barro, y entonces es cuando pasa de nuevo la máquina; otra vez vuelve á regarse, y después de haber dejado que el suelo se oree, se hace pasar de nuevo el cilindro, quedando construido el cimiento con dureza tal, que podría pasar impunemente cualquier carro sin alterar la superficie.

Preparada así la base, se arroja la primera capa de firme constituida por piedra silícea de la llamada *morrillo*, con un espesor medio de 15 centímetros. Vuelve de nuevo á regarse en abundancia, y vuelve el cilindro á pasar varias veces hasta que se presenta tersa la superficie y la piedra ha hecho clavo. Encima de esta capa se coloca otra de pedernal vivo de Vicalvaro, con espesor de 8 centímetros, y se ejecutan las mismas operaciones dichas para el canto rodado, y, por último, se echa una capa de 4 centímetros de arena de *miga* (arena silícea y algo de arcilla), volviendo á regar de nuevo en gran cantidad, y en el momento en que está oreada, es decir, en el momento en que sólo ésta seca la superficie, se hace entrar de nuevo la máquina, que da varias pasadas y deja la calle en condiciones de abrirla al tránsito público. Sería, no obstante, conveniente no dejar libre el paso en unos días, pero esto es imposible por tratarse de las calles de una capital.

En los casos en que por cualquier circunstancia no se puede pisar con las máquinas, se usan pisones de unos 8 kilogramos de peso, que dan bastantes buen resultado.

La piedra partida conviene que tenga un tamaño algo mayor del necesario, porque las máquinas siempre trituran algo el material, quedando así en obra con el tamaño que marcan los pliegos de condiciones.

Este pavimento es el más barato cuando se trata de urbanizar una calle, por esto se usa en todas las del Ensanche; pero cuando el movimiento llega á ser grande, resulta su conservación tan costosa que conviene sustituirle por otro. Esto es precisamente lo que aquí va practicándose.

Estas obras se ejecutan por Administración, y los precios unitarios son los siguientes:

Pedernal, 17,50 pesetas metro cúbico.

Morrillo, 15,00, idem id. id.

Arena de miga, 2,00 idem id. id.

Pueden calcularse los gastos todos por metro cuadrado en 5,50 pesetas.

Los precios de la piedra han descendido en este momento en

el interior, como resultado de una nueva contrata, á 13,20 pesetas el pedernal y á 11,25 pesetas el morrillo.

Por no hacer interminable este artículo no me ocupo de las aceras, encintados y cunetas, y paso á explicar por el mismo orden la conservación de los pavimentos.

#### Conservación.

*Asfaltados.*—Es tan poco el tiempo que llevan implantados, que nada ha tenido que hacerse en ellos, á no ser en los casos de apertura de zanjas, muy frecuentes en esta capital, en que se reconstruye el pavimento sin que se note la unión entre el nuevo y el primitivo; sin embargo, se comprende que desgastándose por igual, como parece natural, se impondrá la reposición de toda la capa asfáltica el día en que ésta no tenga el espesor suficiente. Ahora bien; el desgaste es tan lento, que en un trozo colocado hace más de dos años en la calle del Arenal para que sirviera de ensayo, no excedió la pérdida de espesor de dos milímetros.

La Compañía constructora viene obligada á atender á su conservación durante un espacio de diez años, dos que se refieren á la construcción y ocho á la conservación propiamente dicha.

Durante este tiempo el contratista está obligado á mantener el pavimento en buen estado y á cerrar cuantas zanjas haya necesidad de practicar, sujetándose á reconstruir el pavimento en la misma forma descrita para su ejecución y con arreglo á los precios que especificaré en seguida.

Para la buena conservación y facilidad del tránsito, en tiempo húmedo se echa una capa de gravilla menuda perfectamente limpia y de un tamaño de cinco milímetros.

La Compañía percibe 14 pesetas por reconstruir el asfaltado en el caso de apertura de zanjas y una peseta por año y metro cuadrado en concepto de conservación.

*Entarugados.*—Siempre que se ve que un tarugo ó grupo de tarugos no está en las debidas condiciones, se repone, y en los casos de calas en la vía pública se reconstruye sujetándose á lo dicho anteriormente al tratar de este pavimento.

El Ayuntamiento atiende á su conservación, costándole 24 pesetas el 100 de tarugos, 22 pesetas la barrica de cemento de 180 kilogramos y 52,82 pesetas la tonelada de alquitrán.

El metro cuadrado resultará aproximadamente 22 pesetas.

*Empedrado de prismas.*—Generalmente, cuando un empedrado de esta clase no está en las debidas condiciones, se reconstruye todo él, pero hay casos en que sólo se recompone parte, siguiéndose en ambos las reglas de su construcción. Las calas tienen que taparse dos veces porque al poco tiempo de tapadas queda la superficie muy desigual, á pesar de apisonarse la tierra por tongadas de 10 centímetros y de elevarse algo los adoquines con respecto á los que les rodean.

Un contratista tiene la obligación de hacer estos bacheos generales y parciales. Si el bacheo no llega á medir una superficie de 300 metros se le recibe la obra (en el caso de que esté en condiciones) á los quince días de ejecutada, y si excede de aquella cantidad, se procede á recibirla provisionalmente á los quince días y definitivamente á los seis meses, corriendo entretanto, á cargo del contratista la conservación.

El Ayuntamiento abona 2,42 pesetas en el caso de tapado de calas y 1,68 pesetas en el caso general.

*Empedrados de pedruscos.*—Las operaciones que se hacen con este material son exactamente iguales á las del anterior; su conservación es la misma, y el Ayuntamiento paga por ella las mismas cantidades.

*Empedrados de cuñas.*—Todo lo dicho para los adoquinados se aplica á estos empedrados, diferenciándose tan sólo en las cantidades que se abonan al contratista por su conservación.

El metro cuadrado de bacheo se paga á 1,64 pesetas y el tapado de calas á 2,24 pesetas.

*Afirmados Mac-Adam.*—Los pavimentos de esta naturaleza tienen sus peones camineros, que se cuidan de barrerlos, quitarles el barro, etc. Alguna vez es necesario bachear, cuando el

afirmado está muy desgastado; pero jamás es preciso tapar rodadas, debido sin duda á la buena construcción y conservación. Un punto hay, sin embargo, que requiere algún cuidado, y en el que es seguro hay que bachear cuando la calle está bastante trabajada, y es, el mordiente de unión de la cuneta de granito y el firme. Sin duda el no poder comprimir esta parte el cilindro de vapor y al propio tiempo la difícil unión del afirmado y los adoquines, llega á producir este resultado.

Cada caminero tiene un azadón, una rastrilla, una escoba y una espuerta ó carretilla. Hay, además, en los almacenes rastras para quitar la nieve y el barro cuando está muy fluido (si está *encerado* se recoge con el azadón). Los productos de la limpieza los reúne el caminero en *peces* que transportan los carros encargados de estos servicios.

Todos los años se reciben las calles, y esta operación se ejecuta así que se ve que empiezan á descarnarse, y durante el estío se tiene cuidado de regarlos de cuando en cuando para evitar la desagregación del material; pero he de consignar aquí que durante el verano de 1898, por carecer de *manguitos* para cargar las cubas de agua, nos vimos privados de este gran auxilio, sin que por ello sufrieran grave alteración la mayor parte de los afirmados del ensanche, que es á los que en todo esto me vengo refiriendo.

Cuando es preciso recargar una calle por completo se empieza por picarla perfectamente para establecer la unión del material que se echa y del que existía, siguiendo las operaciones de manera análoga á la explicada en la construcción.

Muchas consideraciones podría hacer sobre los pavimentos descritos, sobre las innovaciones que creo darían un buen resultado y sobre ensayos de materiales en uso en otras capitales; pero esto me llevaría por completo fuera de los límites que me he trazado.

MARIANO DE CASTRO GUERRERO.

## SANEAMIENTO DE POBLACIONES

Figuran en primer lugar entre todos los medios que se han aplicado para sanear la *urbe*, los sistemas llamados aisladores, que comprenden los recipientes fijos ó móviles, de fábrica ó metálicos, y los desinfectantes, que no son más que perfeccionamientos, hasta cierto punto, de los antiguos sistemas de pozos ciegos, pozos negros, sumideros, etc., cuyos grandes inconvenientes son bien conocidos.

Algo se disminuyen éstos con el aislamiento que producen la fábrica ó el metal, pero son sin embargo, muy grandes; peligro de infección por el depósito prolongado de materias eminentemente putrescibles en la casa, del aire de las habitaciones á pesar de que se coloquen cierrres hidráulicos en todos los orificios de salida y de la atmósfera por los tubos de ventilación, y peligro de contaminación del suelo por las grietas de las fábricas ó las uniones de las planchas metálicas.

Para su limpieza y el transporte de los productos impuros, por poco importante que sea la población, se exige un material enorme, con un coste de conservación y explotación tan crecidos que es una carga insostenible para los Municipios.

Estas operaciones exigen un trabajo peli-roso y repugnante, y una circulación por las calles de una materia inmundada que va siempre, á pesar de las precauciones que se tomen, á pesar de que usen desinfectantes, inflacionando la atmósfera.

Si el cuidado de la limpieza y extracción corre á cargo de los propietarios, entonces se provoca una verdadera guerra al agua de las casas, porque cuanto más se use, tanto más aumenta el volumen que hay que sacar, y disminuye el valor de las materias como abono.