

Pavimentos modernos de ladrillo vitrificado¹

I. Un poco de historia

La época y el lugar en que por primera vez se construyeron pavimentos de ladrillo están perdidos en las tinieblas históricas de las civilizaciones anteriores a la Era cristiana.

Nabopolasar, rey de Babilonia, dispuso ya la pavimentación de algunas calles de esta gran ciudad con ladrillos de arcilla cocida rejuntados con asfalto. Su hijo Nabucodonosor, que reinó desde el año 607 hasta el 561, antes de Jesucristo, también ordenó construir pavimentos de aquel tipo, y también con éxito, si se admite la autenticidad de la inscripción que tiene un ladrillo recientemente extraído de las ruinas de aquella capital, y cuya traducción libre² es la siguiente:

"Nabucodonosor, rey de Babilonia, que glorificó a Esagla y a Ezida, hijo de Nabopolasar, rey de Babilonia. Las calles de Babilonia, la calle sagrada de Nabu y de Marduk, mis dioses, la que Nabopolasar, rey de Babilonia y padre mío, pavimentó espléndidamente con ladrillo cocido y betún; yo, sabio humilde, que temo a sus dioses, coloqué encima el betún y ladrillo cocidos, poderosa estructura de polvo brillante, hecha resistente interiormente con betún y ladrillos cocidos, como un camino de primera categoría. Nabu y Marduk, cuando recorráis estas calles en fiesta, concededme con vuestra palabra vida larga y dichosa. Delante de vosotros caminaré sobre ellos. Goce yo la vida eterna."

Se ignora si la divina Providencia concedió o no a Nabucodonosor la vida eterna que deseaba alcanzar; lo que sí se sabe, sin género alguno de duda, es que los ladrillos de las calles sagradas de Nabu y Marduk le sobrevivieron en este mundo. El rey caldeo de Babilonia murió joven, entre los cuarenta y los cincuenta años, cuando los pavimentos de ladrillo contruidos por su padre y por él estaban aún en la infancia.

Han transcurrido siglos desde que en Babilonia se pavimentaron algunas calles con ladrillos moldeados por esclavos y cocidos por el sol hasta hace unos cuantos años, alrededor de sesenta, en que se inició la fabricación de ladrillos vitrificados, preparados con el exclusivo objeto de utilizarlos en pavimentos de calles y de carreteras. Durante aquellos siglos fué casi nulo el progreso en la industria de tal elemento constructivo.

Parece probable que los romanos emplearan ladrillos para pavimentar calles y calzadas cuando la piedra disponible fuera escasa o de mala calidad, como lo hacían en la construcción de edificios y de toda clase de obras. Hasta el momento presente no se tiene noticia de pavimento alguno de ladrillo establecido en la época romana.

El país clásico de los pavimentos de ladrillo hasta el último tercio del siglo pasado fué Holanda, donde la falta absoluta de rocas obligó a emplear el ladrillo en toda clase de construcciones. Sobre este particular

puede leerse lo que sigue en el número del 11 de febrero de 1922 de la publicación *The Literary Digest*: "Al retirarse los romanos y triunfar los bárbaros, el arte de fabricar ladrillos se perdió, como sucedió con tantas otras. En el delta del Rhin, Holanda dió nueva vida al arte de moldear la arcilla y de petrificarla por la cocción, construyendo con ladrillos casas, muros, caminos, etc. Tan duros son los ladrillos cocidos holandeses, que su nombre vulgar y corriente es *klinker*, siendo centenarios muchos de ellos.

En Holanda existen carreteras pavimentadas con ladrillos que se construyeron hace más de doscientos años sobre terrenos arenosos, en los cuales era imposible transporte alguno. Gran número de carreteras de este tipo, construidas en la época de Napoleón, prestan servicio actualmente."

La red de carreteras nacionales de Holanda tenía hace un par de años 2 200 km de longitud, de los cuales más de 1 200 estaban pavimentados con ladrillo. Gran parte de la red provincial estaba enladrillada, y en la municipal lo estaban bastantes kilómetros. En Amsterdam el 52 por 100 de la superficie de las calles tiene pavimento de ladrillo, y en La Haya, el 43 por 100.

En los Estados Unidos de América, el año 1865 no existían pavimentos de ladrillo; se construyó el primero el año 1871, en Charleston W., Va., y ha durado treinta y ocho años en estado satisfactorio, a pesar del cambio tan radical que ha experimentado la circulación, tanto en calidad como en cuantía.

Desde entonces la construcción de pavimentos de ladrillo vitrificado se desarrolló extraordinariamente en aquel país, y en prueba de ello bastará consignar los hechos siguientes:

a) Durante el año 1931 los suministros de las sesenta fábricas allí existentes alcanzaron la cifra global de 183 millones de ladrillos, habiendo llegado a los 350 millones en los años anteriores a la crisis económica actual.

b) Al empezar el año 1929 existían en la mencionada nación 7 267 km de carreteras pavimentadas con ladrillos vitrificados.

En Inglaterra, hace unos sesenta años, se empleaban ladrillos en la construcción de aceras, algunas de las cuales aún existen; también se fabricaron bloques de arcilla cocida con las dimensiones necesarias para utilizarlos como bordillo, que prestan servicio actualmente. Hace treinta y ocho años se construyeron con ladrillos las calzadas de Moseley, Birmingham, las que pueden verse hoy día, y que son, indudablemente, los primeros que se colocaron en aquella nación en las zonas reservadas a la circulación de vehículos. Hará veinticinco o treinta años que se pavimentaron con ladrillos patios, almacenes, caminos particulares y numerosos accesos de calles a edificios, cruzando las aceras para ingreso en aquéllos de vehículos de todas clases, sin que hasta la fecha hayan sido sustituidos.

En septiembre de 1922 se inició en Inglaterra el primer estudio experimental de pavimentos de ladrillo en calles y carreteras. Se eligió para realizarle una calle de Birmingham con tráfico importante de carácter mixto; esto es, de tracción mecánica y animal. Se emplearon ladrillos azules tornasolados, regala-

¹ Una fábrica española de estos ladrillos los denomina *Adoquines artificiales de arcilla vitrificada*, y para abreviar, *Adoquines Av.*

² Del inglés.

dos por The Midland Brick Association, colocados de canto, y cuyas dimensiones eran $24 \times 11,5 \times 8$ centímetros.

Otros siete estudios experimentales se hicieron después en carreteras de los alrededores de Birmingham y en otras de Gales, Lancashire, Yorkshire y Escocia con ladrillos de color rojo oscuro, procedentes de fábricas locales.

Sobre el resultado de los pavimentos de ladrillo construídos en Birmingham el año 1922 redactó un informe, en 1926, Mr. J. E. Swindlehurst, ingeniero civil; es de todo punto imposible reproducir en este lugar aquel documento completo, y menos con las fotografías que le acompañan; es preciso limitarse a consignar sus conclusiones, confirmadas y ratificadas en 1928 por A. W. Cross, ingeniero consultor; son las siguientes:

- 1.^a Poseen gran impermeabilidad.
- 2.^a No son resbaladizos.
- 3.^a Son seguros para las caballerías.
- 4.^a Exigen un esfuerzo de tracción pequeño.
- 5.^a Admiten rasantes muy inclinadas, hasta del 10 por 100.
- 6.^a No son sonoros.
- 7.^a Tienen aspecto agradable.
- 8.^a Se limpian con facilidad.
- 9.^a Producen muy poco polvo y barro.
10. Las reparaciones son muy sencillas.
11. Resisten perfectamente el tráfico pesado.
12. El coste de construcción es inferior al de los adoquinados y entarugados; el de conservación es muy pequeño.

En Polonia se estableció el año 1883 la primera fábrica de ladrillos para pavimentos de carreteras y de calles, fábrica que trabaja actualmente. El Gobierno polaco, en vista de que una experiencia de más de veinte años había demostrado el resultado satisfactorio de los pavimentos de ladrillo vitrificado, acordó el establecimiento de fábricas de este material, y en los años 1903 a 1913 construyó tres. Las características de los ladrillos producidos no fueron las que han de tener los destinados a pavimentos; no obstante lo cual, los construídos con ellos hasta 1914, cuya superficie total media 700 000 km², resistieron perfectamente el tráfico de la guerra europea de 1914-18 y el de la sostenida con Rusia en 1919-21, a consecuencia de las cuales quedaron destruídas e inutilizadas las mencionadas fábricas, siendo muy pocas las que se reconstruyeron después de que aquéllas terminaron.

En mayo de 1928 el ministro de Obras públicas de Polonia dispuso que varios ingenieros estudiaran en la Europa occidental la fabricación de ladrillos para pavimentos, determinación que marca el momento a partir del cual se inicia en esta nación una transformación radical en aquella industria, caracterizada por el perfeccionamiento de las instalaciones entonces existentes y por la construcción de fábricas completamente nuevas, con toda clase de adelantos.

En las demás naciones, tanto europeas como americanas, apenas se ha hecho algo en construcción de pavimentos de ladrillo vitrificado, según se deduce de los trabajos presentados en el VI Congreso de la Asociación Permanente de los Congresos Internacionales de Carreteras, celebrado en Wáshington a principios de octubre de 1930.

II. Elementos constitutivos del pavimento

A. *Explanación*.—Hasta hace muy pocos años era casi nula la atención que se dedicaba a la preparación del terreno sobre el que había de establecerse el pavimento; en relación con este particular ha cambiado radicalmente el punto de vista, y hoy día se exige que la explanación se consolide mecánicamente y que se perfile con la mayor perfección posible, construyéndose, además, todas las obras necesarias para asegurar su completo saneamiento y prohibiendo que en las calles se sitúe servicio alguno urbano subterráneo, entre los bordillos.

B. *Cimiento*.—En los primeros pavimentos de ladrillo vitrificado que se construyeron, tuvieron preferencia los cimientos de arena, escoria, grava o gravilla, utilizándose para tal fin también firmes antiguos de piedra partida y de hormigón asfáltico, aceptados hoy día cuando la circulación es poco numerosa y poco pesada.

Si se trata de calles o carreteras con tránsito frecuente y pesado, el cimiento universalmente aceptado es un macizo de hormigón en masa o de hormigón armado; éste en circunstancias muy especiales.

Sobre si el primero ha de ser rico o pobre en cemento, no existe opinión unánime; los principales partidarios de los hormigones pobres son los ingenieros municipales, quienes fundan su parecer en que sobre éstos ejercen menos influencia que sobre los ricos las variaciones de la temperatura y de la humedad atmosféricas, consecuencia de lo cual es que tendrán menos importancia en aquéllos las contracciones y dilataciones correspondientes; además, como en el hormigón pobre la resistencia a la tracción es menor que en el rico, las grietas que se produzcan en el primero serán más finas y más numerosas que las del segundo, lo cual lleva consigo mayor resistencia a las cargas y la invariabilidad de la forma de la superficie de rodadura. Por regla general, en pavimentos de calles se da preferencia a los hormigones pobres, y en los de carreteras, a los ricos; la razón es que el saneamiento de las primeras es más perfecto que el de las segundas.

En los cimientos de hormigón construídos estos últimos años para pavimentos de ladrillo vitrificado se han establecido juntas de dilatación y de contracción transversales, así como de construcción, cuando el ancho de la calle o de la carretera lo exige.

Por lo que se refiere al espesor del cimiento, es ya práctica corriente su reducción a magnitud menor que la aconsejada para los de pavimentos de hormigón.

La modificación más importante introducida en las características de estos cimientos es la relativa a la superficie exterior: se exige hoy día en la mayoría de los Pliegos de Condiciones facultativas que sea perfectamente paralela a la de rodadura, con desigualdades, en sentido longitudinal, inferiores a 2 mm por metro, circunstancia absolutamente necesaria para que la segunda sea lisa y conserve este estado indefinidamente.

C. *Cama*.—Cuando la superficie exterior del cimiento se dejaba rugosa, la cama tenía un doble objeto: matar las irregularidades de aquélla y proporcionar buen asiento a los ladrillos; si se constituía con arena, necesitaba un espesor de 5 a 8 cm, cuya

magnitud era suficiente para determinar en la misma ciertos movimientos, productores, a su vez, de deformaciones en la superficie de rodadura. Como actualmente se exige que sea perfectamente paralela a ésta la superior del hormigón, con tolerancia muy pequeña, es suficiente un espesor de 2 cm para la *cama* de arena.

En algunos pavimentos se ha constituido este elemento con escoria granulada, sola o mezclada con gravilla, y desde hace muy poco tiempo se emplea el mortero de arena y alquitrán, con dosificación de 93×7 ; ésta es la que exige el Pliego de Condiciones facultativas del Estado de Illinois (E.E. U.U.), aplicable a los proyectos redactados en 1931. En el Estado de New York se utiliza para *cama* un mortero de arena y betún asfáltico. Estos morteros tienen la ventaja de que son impermeables y de que pueden formar *punte* en las grietas del hormigón, *cerrándolas* herméticamente. Un ingeniero norteamericano, Mr. R. M. Douglas, especialista en pavimentos de ladrillo vitrificado, dice lo que sigue en un artículo que, con el título "Proyecto y construcción de pavimentos de ladrillo", ha publicado en enero de 1932 la revista *Dependable Highways*: "Como son satisfactorios los resultados que se obtienen con *camas* de arena, no creo que las ventajas de las de morteros bituminosos compensen su diferencia de coste con relación a las primeras."

D. *Ladrillos*.—Hasta hace pocos años los ladrillos se colocaban de canto, con su dimensión media, que nunca era inferior a 10 cm, en sentido vertical. Los experimentos realizados durante la primera mitad del año 1926 por el Servicio de Carreteras Nacionales (Board of Public Roads), de los Estados Unidos, en la pista circular de Arlington¹, demostraron la posibilidad de colocar los ladrillos de plano, con espesores o alturas de 65 y de 50 mm. Las conclusiones de aquellos experimentos fueron las siguientes:

1.ª Los ladrillos vitrificados, de 65 mm de altura, de buena calidad, sobre cimiento de hormigón, resisten perfectamente las acciones destructoras del tráfico intenso y pesado.

2.ª Los mismos ladrillos, con altura de 50 mm, pueden utilizarse en pavimentos con circulación moderada, tanto por el número de vehículos como por las cargas transportadas.

3.ª Con *cama* de arena se rompen muchos menos ladrillos que con *cama* de mortero de cemento.

4.ª El espesor de la *cama* de arena ha de ser, a lo sumo, 20 mm, porque si es mayor la superficie de rodadura se deforma.

5.ª Cuanto mayor sea el grueso de las juntas adquiere más importancia el redondeo de las aristas de los ladrillos.

6.ª El empleo de grandes cantidades de betún asfáltico en el rejuntado aumenta inútilmente el coste de la operación, desmerece el buen aspecto del pavimento y hace molesto el tránsito.

7.ª Puede utilizarse para cimiento cualquier tipo de pavimento antiguo en buen estado de conservación.

8.ª La altura del ladrillo no ejerce influencia alguna sobre las características que ha de tener el cimiento.

¹ Véase el número 7 del volumen 7 de la revista *Public Roads*, Washington.

La colocación de los ladrillos de plano contribuye a la suavidad de la superficie de rodadura, disminuye su número por unidad superficial, así como el de juntas, y, por lo tanto, el volumen de éstas, todo lo cual tiene influencia beneficiosa en el coste del pavimento.

En la mayoría de los pliegos modernos de condiciones facultativas se exige que los ladrillos tengan dos tacos salientes en una de las caras de junta transversal, con objeto de que el grueso de éstas sea constante y con el de facilitar el relleno de las mismas. Se prescribe, además, que las caras de junta longitudinal tengan un ligero bombeo en sentido horizontal.

Por lo que se refiere a desigualdades en la superficie de rodadura, la tolerancia máxima admitida es un milímetro por metro.

E. *Rejuntado*.—Tres son los materiales que se emplean para esta operación: la arena, el mortero de cemento portland y sustancias bituminosas, puras o mezcladas con arena.

Se da preferencia al primero cuando la circulación es moderada, tanto en número de vehículos como en peso; se adopta el segundo en las zonas anejas a vías de tranvía, en regueras, "playas" para parada de automóviles y en cuantos pavimentos han de tener circulación importante de vehículos con llantas metálicas, y se reserva el tercero para todos los demás casos. Entre las sustancias bituminosas, es el betún asfáltico la más generalizada, con características especiales, que se especifican en los Pliegos de Condiciones, y cuya eficacia en el rejuntado de los pavimentos de ladrillo vitrificado está plenamente consolidada hoy día. Desde hace algunos años se hacen ensayos y experimentos en gran escala con emulsiones y morteros de alquitrán y de asfalto; ha transcurrido aún muy poco tiempo desde que se iniciaron y no es posible, por lo tanto, establecer conclusiones con carácter definitivo.

Se ha tratado, además, de encontrar un procedimiento por virtud del cual no quede película alguna de asfalto adherida a los ladrillos después de ultimado el rejuntado; el único que hasta la fecha ha tenido éxito consiste en untar la cara vista de aquéllos con agua de cal, glicerina o silicato sódico; en tiempo frío o fresco es suficiente un riego con agua caliente antes de empezar el rejuntado.

F. *Observación general*.—Los procedimientos de ejecución continúan siendo los clásicos, sin modificaciones de importancia; sus detalles están en los libros y revistas que se ocupan de pavimentos de calles y de carreteras.

III. Monografías muy breves

Terminarán estas notas con algunas noticias relativas a varios pavimentos de ladrillo vitrificado construidos recientemente, excepto el primero, que por ser ya algo *anciano* y por prestar actualmente el mismo servicio que desde su *nacimiento*, es digno de ser conocido.

1. Autódromo de Indianápolis (E.E. U.U.)

La pista se pavimentó en un principio con hormigón asfáltico, el cual quedó completamente destruido al terminar la primera carrera. El año 1909 se sustituyó con un pavimento de ladrillo vitrificado, el mismo que existe hoy día y que ha *aguantado*, hasta la fecha, veinte carreras, una por año, presenciadas por

miles de espectadores. El recorrido en cada una de ellas es 800 km, con velocidad de 100 a 150 km/h. Al terminar la del año actual (1932), el vicepresidente del Comité organizador (Indianápolis Motor Speedway Corporation) dijo lo que sigue: "Nuestro pavimento de ladrillo continúa resistiendo perfectamente, con un gasto de conservación insignificante."

2. *Puente sobre el río Maumee, en Napoleón (Ohio, EE. UU.)*¹

Este puente forma parte de la carretera nacional número 24, y le constituyen siete arcos elípticos de hormigón armado, de 29 m de luz cada uno y 4,40 metros de flecha, con tímpanos llenos. El ancho total entre pretilos es 14 m, de los cuales 11 son para la circulación rodada y tres para las dos aceras; la longitud total del puente es 230 m. El pavimento de la zona central es de ladrillo vitrificado, con rejuntado de betún asfáltico, tipo adoptado por el departamento de Obras públicas del Estado de Ohio para los puentes de importancia.

Con objeto de que el descrito en líneas generales constituya una referencia para los aviadores, se ha dibujado en el pavimento, con ladrillos de tono muy claro, la palabra "Napoleón" y una flecha que apunta al Norte, rejuntados con mortero de cemento portland. Las letras tienen 9 m de altura y 1,30 de ancho; la longitud de toda la palabra es 104 m.

Subastada la construcción de las obras en 7 de diciembre de 1929, se inauguraron el 7 de mayo de 1930.

El puente ha costado algo más de 317 000 dólares, y los accesos cerca de 19 000.

3. *Supercarretera de Akron a Canton (Ohio, Estados Unidos)*²

A fines del año 1931 se terminó esta supercarretera, la más larga de la red del Estado, limitada por las ciudades de Canton y Akron, que distan 35,4 km, y que son dos centros industriales importantísimos de la poblada región NE. de aquel Estado.

El pavimento, con 12,2 m de ancho, es de ladrillo vitrificado, con cimientado de hormigón de cemento portland y construido con las normas más modernas; también fué objeto de un estudio muy detenido el trazado, tanto en planta como en perfil y sección transversal, elementos que tienen las características que corresponden a toda carretera de un tráfico tan intenso como el que ha de existir entre Canton y Akron, no superado, seguramente, en ninguna otra del Estado de Ohio.

La primera sección se construyó en 1929, y la segunda, comenzada en abril de 1931, se terminó en septiembre siguiente; su longitud es 19,4 km, y ha costado cerca de un millón de dólares (algo más de cuatro por metro cuadrado).

El cimientado es un macizo de hormigón de cemento portland, con tres juntas longitudinales, y las transversales necesarias todas de dilatación o contracción,

según proceda, excepto la central de las primeras, que tiene el carácter de "constructiva"; el espesor del cimientado es 20 cm.

La cama se constituyó con una mezcla de arena y escoria granulada, consolidada y perfilada perfectamente.

Los ladrillos son del tipo *fibra vertical con tacos*, rejuntados con betún asfáltico¹.

4. *Pavimentos de ladrillo vitrificado sobre los de hormigón en mal estado*²

En el Estado de Illinois (EE. UU.) se presentó a los ingenieros del servicio de carreteras un problema interesante y de gran importancia, derivado de la destrucción parcial, pero extensa, de varios kilómetros de pavimentos de hormigón, construidos antes del año 1921, con los consiguientes gastos de conservación y de reparación. Después de estudios comparativos muy minuciosos, se adoptó para tal problema la solución siguiente:

Utilizar el pavimento de hormigón deteriorado como cimientado de otro de ladrillo vitrificado, perfilando la superficie de aquél con un enlucido de mortero de cemento portland, con espesor variable, el necesario para que la nueva superficie fuera perfectamente paralela a la de rodadura. Para *cama* se propuso un mortero bituminoso y para rejuntar el asfalto. El tramo de pavimento de hormigón, reparado en la forma expuesta, tiene 101 km de longitud y 6 m de ancho.

5. *Puente Wáshington, sobre el barranco Brandywine, en Wilmington (Del., EE. UU.)*³

Está constituido por cinco arcos de hormigón armado; su longitud total es 220 m, con zona para la circulación rodada de 12 m de ancha, en la que hay dos vías para tranvías y un tráfico urbano e interurbano muy importante, tanto por el número de vehículos como por las cargas transportadas.

Por dos veces se pavimentó este puente con materiales bituminosos, las dos con resultado desastroso, por lo cual se acordó recientemente sustituir aquel tipo de pavimento por otro de ladrillo vitrificado con *cama* de mortero de alquitrán y rejuntado de asfalto.

6. *Viaducto de Jorge Wáshington, en Pittsburgh (Pennsylvania, EE. UU.)*⁴

Es el mayor que existe en los Estados Unidos y también el más moderno. Le constituyen cinco arcos de hormigón armado; en central tiene luz de 126,50 metros y altura de 60 m sobre las vías del ferrocarril de Pennsylvania. La distancia entre paramentos exteriores de estribos es 460 m, y el ancho de la zona de circulación rodada, 13 m, suficiente para cuatro filas de vehículos, con capacidad de 8 000 vehículos por hora que marchen con velocidad de 32 km/h. El pavimento de este puente será de ladrillo vitrificado.

B. OLIVER Y ROMAN
Ingeniero de Caminos

¹ *Dependable Highways*, núm. 125, pág. 2.

² En los Estados Unidos se da el nombre de supercarretera a toda vía de comunicación interurbana con circulación media diaria de 5 000 o más vehículos. El ancho del firme, el tipo de pavimento, la magnitud de la faja de terreno a expropiar, el número de zonas de circulación, características de trazado y de perfil, etc., se determinan para cada caso particular en vista del tráfico actual y del probable en un plazo más o menos lejano.

¹ *Roads and Streets*, vol. 71, pág. 447.

² *Proceedings National Paving Brick Association*, Wáshington, 1932.

³ *Proceedings National Paving Brick Association*, Wáshington, 1932.

⁴ *Dependable Highways*, núm. 125, páginas 4-5.