

# Pavimentación de Santiago

## Pavimentos bituminosos

### Generalidades

**A**CTUALMENTE se discute en el Congreso una ley de pavimentación de Santiago que comienza por establecer en su artículo primero que se usará el adoquín sobre concreto en todas sus calles.

Estimamos que la naturaleza de los pavimentos a usarse en cada caso, deben determinarlas las oficinas técnicas que ejecuten esas obras, por tratarse de uno de los problemas más difíciles de resolver. Esto es natural si se piensa en el sinnúmero de condiciones que debe llenar un pavimento según el lugar de su empleo, su costo y los materiales de que se disponga.

Habrán casos en que primen las condiciones económicas, pero también, muchas veces, predominarán las cualidades del tipo de pavimento que se necesite.

En calles centrales, de lujo, de gran movimiento comercial con muchas oficinas, escuelas, teatros, etc. se preferirá un pavimento de construcción rápida, que no cause una interrupción del tránsito por muchos días, de gran duración, cuyas reparaciones se puedan ejecutar con facilidad y rapidez, que sea elástico, silencioso, suave, cómodo y estético,

aunque sea más caro que otros. Usar aquí un pavimento rígido, muy sonoro, cuya construcción demora más de 30 días, de reparaciones difíciles, que necesitan aislarse, como el adoquín, sería cometer un grave error.

En calles apartadas, de poco tráfico, prevalecerán las condiciones económicas; no habrá necesidad de un pavimento tan caro como el adoquín, pues se podrá usar un pavimento bituminoso, que pueda aprovechar el pavimento viejo como base con la economía consiguiente. No sería justo hacer pagar a los vecinos un pavimento tan costoso.

Finalmente, siendo tan limitada la producción de adoquines, si se quisiera ejecutar toda la pavimentación de Santiago con este material, sería imposible terminarla. Antes de llegar a la mitad pasarían veinte años, que es la vida de un buen adoquinado, y habría necesidad de empezar la reconstrucción de los construídos hasta esa época.

Existe en Santiago la idea muy arraigada que su clima no se presta para los pavimentos asfálticos, como si se tratara de un clima excepcionalmente malo. Se dice que en ninguna ciudad existen mayores diferencias de temperaturas y que a ésto se debe el *iluso-*

rio fracaso de los pavimentos asfálticos; esta es una afirmación antojadiza que no tiene ningún fundamento. Más adelante demostraremos que estas apreciaciones son equivocadas.

A nuestro juicio, estas creencias nacen del desconocimiento que hay sobre estos modernos pavimentos y de prejuicios que no tienen ningún justificativo. Los pavimentos asfálticos han experimentado un progreso enorme durante los últimos veinte años. Hoy se ejecutan estos pavimentos con absoluta seguridad de su éxito en climas que varían de 40° C. bajo cero a los tropicales. Todo es cuestión de una acertada elección de los ingredientes; sus cualidades, su dosificación y de una construcción cuidadosa.

Antes de entrar en materia haremos un resumen de los distintos pavimentos bituminosos y describiremos con algunos detalles, el pavimento llamado Warrenite-Bitulithic, que consideramos el más apropiado para Santiago por sus cualidades y por su precio.

## I.—Pavimentos bituminosos

Los pavimentos betuminosos se dividen prácticamente en dos categorías.

I. Los formados de materiales inertes (piedra, arena, etc.) artificialmente aglomerados con *bitumen comercial o asfalto*, salvo el asfalto roca.

II. Aquellos cuyo elemento constitutivo principal es el *asfalto roca*.

### PAVIMENTOS TIPO I.

La aglomeración de los elementos inertes con el bitumen se hace por el *método de penetración* y por el *de mezcla*.

Al método de penetración pertenece sólo el llamado *macadam por penetración*, que usa asfaltos cuya penetración, a 25° C. varía entre 80 y 150 según el tráfico y el clima.

## Método de Mezcla

Estos pavimentos están constituidos por agregados cuidadosamente dosificados envueltos en caliente en un betumen comercial adicionado generalmente de un polvo impalpable, en estado coloidal, llamado «filler». Según los agregados, estos pavimentos se dividen en dos grandes clases: *concretos y morteros bituminosos o asfálticos*.

### Concretos bituminosos

Se distinguen tres clases:

*Concretos A.*—Se componen de elementos petreos de una sola categoría, tal como salen de una trituradora, que deben pasar por zarandas de 3 cm. y quedar retenidos en una de 6 mm. El betumen comercial debe tener un coeficiente de penetración entre 70 y 120 según tráfico y clima (Amiesite-Mathews)

*Concretos B.*—Son los constituidos por agregados gruesos y finos aglomerados con betumen de una penetración de 60 a 80. Se diferencian de los A en que contienen agregados dosificados en forma de reducir el porcentaje de sus huecos a un mínimo. Fueron inventados en 1901 por Mr. Fred. J. Warren. Su representante más conocido es el *Bitulithic*.

*Concretos C.*—Son constituidos por elementos pequeños y finos. Se distinguen de los anteriores en que las dimensiones de las piedras son menores. por lo cual, las partículas mayores no se entaban entre sí, sino que quedan ahogadas en la pasta que forman los elementos finos con el asfalto. La graduación de los elementos debe hacerse con mucho cuidado y el aglomerante debe ser más duro que el de los anteriores; su penetración varía entre 50 y 70. Los elementos del agregado están compren-

didos entre 6 y 13 mm. (1). El más conocido de estos concretos es el «Topeka».

#### *Morteros bituminosos (Sheet Asphalt)*

Estos pavimentos se componen de una mezcla de betumen comercial, de arena cuidadosamente graduada y de filler. Cuando es para una calle de tráfico intenso y pesado, se coloca sobre una capa intermedia de un concreto alféltico (binder). El betumen debe tener una penetración variable de 30 a 60 según el tráfico y el clima. El más conocido de estos pavimentos es el «Asfalto Trinidad».

Los pavimentos A son porosos, necesitan que se les cubra de un sello para impermeabilizarlos y darles una superficie de rodado suave; han tenido poca aceptación.

Los concretos B son muy superiores. Su gran resistencia reside en el agregado grueso y en su perfecta dosificación, por esto se debe escoger un tipo de roca dura, que resista los fuertes golpes del tráfico.

Los concretos C y los morteros son más influenciados que los precedentes por las pequeñas deformaciones del subsuelo; de ahí la necesidad de interponer entre la base y el pavimento, el binder. En cambio, son más homogéneos y menos sujetos a fisurarse con los choques.

#### PAVIMENTOS TIPO II

Se asignan a estos tipos los *Asfalto Roca*, pues el elemento constitutivo principal de ellos es la roca calcárea impregnada de bitumen.

Es quizás el tipo de pavimento bituminoso más antiguo. En Francia se le usa desde el año 1854, de rocas extraídas de la mina de Val de Travers.

(1) Los elementos finos se componen de arena y polvo impalpable.

La roca se extrae en trozos pequeños que se clasifican según su contenido en bitumen puro. En seguida se pulverizan y se tamizan en cedazos de 2,5 mm. a de 200 mallas por cm<sup>2</sup>. El asfalto no debe contener menos de 6% ni más de 13% en peso de bitumen puro.

Las minas más conocidas se encuentran en los siguientes países: Francia, Suiza, Alsacia, Sicilia, Alemania y Estados Unidos (California, Kentucky, Oklahoma, Utah).

### II.—Pavimento Warrenite Bitulithic

*Historia.*—Los inventores de este pavimento pertenecen a una familia de comerciantes, industriales y hombres de ciencia que han trabajado en cuestiones de asfaltos desde 1847. El señor H. M. Warren y sus cuatro hermanos son los que más progresos han aportado al ramo de pavimentos en E. U. Fueron dueños de refinerías de alquitrán de hulla y de asfalto por más de 50 años, siendo los primeros en aplicar estos productos a la mayoría de sus actuales usos (techos y pavimentos). Durante muchos años fueron los únicos importadores de Asfalto Trinidad en E. U. Uno de ellos fué catedrático de Química Orgánica en el Massachussets Institute of Technology llevando a cabo investigaciones originales en hidrocarburos.

Los hermanos Warren fueron los fundadores de la Barber Asphalt Paving Company que durante mucho tiempo fué la más importante de E. U. y de la Warren Scharf Asphalt Paving Company, también de gran importancia.

En 1900 se disolvió la segunda de estas compañías y los siete hijos del Sr. H. M. Warren fundaron la *Warren Brothers Company* para explotar los pavimentos patentados bajo la denominación *Bitulithic*, siendo hoy día la más grande de las empresas pavimentadoras del mundo. A este enorme desarrollo

ha contribuído no solamente la buena calidad de sus pavimentos sino la lealtad y el interés con que han colaborado todos sus empleados, estimulados por el tratamiento justo y correcto que han recibido y por la participación que todos tienen en las utilidades de la Compañía; todos son accionistas de ella.

Los pavimentos, como casi todos los productos de uso general, han llegado a producirse en forma comercial después de muchos años de experimentarlos y de mejorarlos. La Warren Brothers Company, desde que se constituyó en 1900, ha dedicado gran parte de sus utilidades a la investigación científica de pavimentos y a perfeccionarlos mediante experimentos prácticos y de laboratorio. El resultado de estos estudios es la producción del pavimento Warrenite-Bitulithic, que es sin duda alguna el mejor de su clase.

Esta Compañía ha extendido sus actividades a los 48 Estados de E. U. y a las 9 provincias del Canadá. También ha ejecutado pavimentaciones de importancia en México, Chile, Argentina, Australia, Haway y Japón.

Ningún argumento más gráfico se puede dar, sobre la importancia de esta Compañía y la bondad de sus pavimentos, que el cuadro siguiente que indica año a año el número de ciudades que lo han adoptado y los metros cuadrados que se han pavimentados en Estados Unidos.

SUPERFICIE DE PAVIMENTO WARRENITE-BITULITHIC EN E. U.

Años	Ciudades	Superficies
1901 .....	7	13 789
1902 .....	33	333 049
1903 .....	40	765 471
1904 .....	45	870 881
1905 .....	42	870 549
1906 .....	57	1 260 767
1907 .....	66	1 608 649
1908 .....	62	1 401 498

1909 .....	79	1 732 181
1910 .....	102	2 547 523
1911 .....	112	3 502 156
1912 .....	140	4 038 382
1913 .....	171	4 247 773
1914 .....	149	3 515 332
1915 .....	154	3 758 159
1916 .....	177	4 614 524
1917 .....	192	4 363 229
1918 .....	165	4 012 619
1919 .....	187	6 242 689
1920 .....	214	9 413 065
1921 .....	201	6 309 817
1922 .....	196	5 958 598
1923 .....	234	8 240 773
1924 .....	238	6 875 366
1925 .....	226	6 217 620
1926 (½ año)....	182	7 835 471

En total 100 549 930 metros cuadrados.

Entre los caminos más famosos pavimentados con Bitulithic se pueden citar los siguientes, en distintas partes del mundo:

Columbia River Highway de Oregon, reputado el más hermoso del mundo;

Lincoln Highway (varias secciones) de Nueva York a San Francisco;

Columbia Road, Cuba de Habana a Camp. Columbia;

Cannes, camino a Niza, Francia;

El Prado en Marsella, Francia;

Avenue du Bois de Boulogne de París;

Sevilla a Alcalá de Guadara, España;

Caminos de East Barnet Valley y varios otros en Inglaterra.

La superficie de calzadas construídas con Warrenite-Bitulithic sería suficiente para pavimentar un camino de 18.500 km. por 18 pies de ancho.

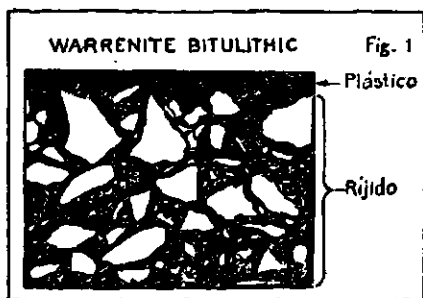
En América del Sur la Warren Brothers Company ha pavimentado la ciudad de Antofagasta, Chile, en 1915; el Camino Plano de Valparaíso a Viña del Mar, Chile, en 1922; en Argentina tiene en ejecución pavimentos por valor de más de 10 millones de nacionales, en Avella-

neda (Buenos Aires), en Santa Fe y en Córdoba (de clima muy parecido a Santiago).

Junto con inventar el pavimento, se necesitó fabricar las maquinarias necesarias para construirlo; el desarrollo de éstas ha ido al paso de la producción de los pavimentos. La Warren Brothers Company dispone de Maestranzas en Cambridge para la fabricación de todas sus maquinarias y herramientas.

Sin temor a ser contradicho, puede afirmarse que la Warren Brothers Company en sus 25 años de estudios e investigaciones, ha hecho más que cualquiera otra entidad de su género, por descubrir las leyes que rigen la construcción de pavimentos adecuados al enorme tráfico moderno. Fué la primera en fundar en E. U. un gran laboratorio para ensayos y pruebas de pavimentos y sus componentes, contratando los servicios de los mejores técnicos del ramo.

*Descripción.*—El pavimento Warrenite-Bitulithic es formado por la unión íntima de dos capas de concretos bituminosos; el inferior, es un concreto hecho con agregados gruesos de un tamaño máximo de 32 mm. hasta 6 mm. como mínimo que pueden ser de piedra triturada o grava, de arena y de polvo



de piedra, si es necesario; se mezclan en tal proporción que reduzcan el volumen de sus huecos a un 12 o 15%. El concreto de la superficie es de agregados finos, destinado a cubrir el inferior.

El cemento bituminoso del concreto

grueso debe ser adecuado al tráfico y al clima; su dosificación está en relación con el volumen de los huecos del agregado, debiendo ser el necesario para llenarlos y envolver cada una de las partículas del agregado, a fin de ligarlas entre sí. El del concreto fino puede ser más blando y en mayor proporción.

Los agregados de las dos mezclas se revuelven por separado en plantas especiales; después de alcanzar ciertas temperaturas (135—177°C.) se les agrega el betumen (121°—177°C.) para formar el concreto. Aun calientes — a más de 121°C—se colocan en la calzada, extendiendo primero el concreto grueso y cubriéndolo enseguida con el fino; por fin se comprimen juntos con un rodillo adecuado hasta que se enfrían.

Debido a la acción de amasadura del rodillo, las partículas mayores del agregado toman un movimiento oscilatorio acunándose hacia adelante y hacia abajo unas con otras hasta que toman sus posiciones definitivas. El mortero del concreto inferior, con la compresión, llena perfectamente los huecos y sube hasta la capa superior contribuyendo a una perfecta unión de las dos capas. Resulta así una masa integral, dura y muy resistente en su parte inferior, maleable y plástica en su superficie.

El concreto fino de la superficie, debido a su poco espesor, 10 mm., puede contener un porcentaje mayor de betumen con las siguientes ventajas:

Proteje el pavimento contra la acción de desgaste por raspadura;

Lo deja impermeable;

Proporciona una superficie plástica, que amortigua los golpes;

Da flexibilidad y resistencia al pavimento;

No produce fatiga con el tráfico, como los pavimentos ríjidos;

Proporciona una gran resistencia a la superficie del pavimento, que es donde más la necesita.

Es de suma importancia que las dos

capas que constituyen el pavimento, queden perfectamente unidas, formando una sola; de esto depende el éxito o el fracaso del pavimento. Por esto es muy difícil calcular hasta qué grado puede rodillarse el concreto grueso inferior sin perturbar la unión de las dos capas. Es probable que en cada obra hayan muchas partes en que se ha rodillado el concreto inferior sin ningún mal resultado; pero esa es una mala práctica, ya que tiene el peligro de enfriar la capa inferior y cuando se coloque la superior y se rodille, esté ya rígida, sin la maleabilidad necesaria para que su agregado grueso se incruste en el concreto fino, produciendo la unión perfecta de las dos capas. Sin embargo a veces se usa un rodillo a mano, liviano, que se pasa una sola vez sobre el concreto grueso para emparejar las piedras salientes y facilitar la colocación de la capa superior.

Al fijar las proporciones de los ingredientes debe procurarse que el concreto grueso resulte lo más sólido posible y el superior lo más plástico. Para que se adhiera mejor el concreto fino, es bueno hacerlo con un bitumen más blando, más que el usado en los pavimentos Sheet Asphalt. No hay temor que se corra o forme ondulaciones, pues según las especificaciones, no deben emplearse más de 30 a 50 libras por yarda, resultando una capa de menos de  $\frac{1}{2}$  pulgada después de rodillada. Si aparecen algunas ondulaciones, se deben seguramente, a que se ha colocado una capa demasiado gruesa o a algún defecto del concreto inferior.

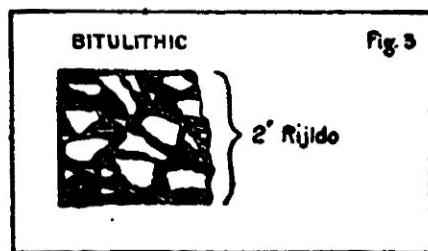
Resumiendo la descripción del Warrenite-Bitulithic y comparándolo con los concretos asfálticos, cuyo mejor representante es el Bitulithic, y con los morteros asfálticos tenemos:

El *Sheet Asphalt* (Asfalto Trinidad) se compone de dos capas separadas y de igual espesor. Cada capa es uniforme en su composición y en sus características (en todo su espesor). La inferior (binder)

es completamente rígida y la superior plástica. Entre ambas queda una junta, una sección débil dentro del pavimento, que sólo une ambas capas por la fuerza de la adherencia del asfalto que envuelve las partículas salientes del binder.



El *Bitulithic* o concreto bituminoso, se compone de una sola capa uniforme en su composición y en sus características, en todo su espesor. Es tan rígido en la superficie como en su parte inferior.



El *Warrenite-Bitulithic* es un pavimento que cuando está completo, no es uniforme ni en su composición ni en sus características físicas: las dos capas que lo constituyen no están separadas sino unidas formando una masa integral en la que del concreto grueso de la capa inferior, se pasa gradualmente a través de la zona de unión, al concreto fino de la capa superior. Lo mismo pasa con las características físicas; de la rigidez y gran resistencia del concreto inferior se pasa imperceptiblemente a la plasticidad y maleabilidad de la capa superior. Fig. 3.

Este pavimento no es propiamente un concreto bituminoso revestido de una capa selladora de mortero, sino que se compone realmente de dos productos

radicalmente distintos en composición, en construcción, en características físicas y cualidades de desgaste, que no posee ningún pavimento conocido.

Se comprende que en esta forma se obtenga un pavimento ideal, bien compacto, libre de huecos, de una gran densidad; es la reconstrucción artificial de la misma roca. Su superficie, en cambio, es plástica, produce un rodado suave y muy cómodo.

Son estas cualidades las que constituyen la mayor diferencia entre el Warrenite-Bitulithic y todos los demás pavimentos bituminosos. Mientras en éstos el pavimento se compone de una mezcla de arena o arena y piedra con asfalto, dependiendo su estabilidad sólo de la fuerza del asfalto que liga las partículas del agregado, el Warrenite-Bitulithic está constituido por una agrupación científica de partículas de piedra y arena que por sí sola es estable y capaz de soportar el peso del tráfico. El asfalto sólo le sirve para mantener sus elementos en su lugar y hacer impermeable el pavimento. Como el asfalto se reblandece con el calor, los pavimentos que lo contienen en exceso quedan considerablemente debilitados en verano y expuestos a desplazamientos, ondulaciones, etc. lo que no pasa con el Warrenite-Bitulithic.

El primitivo Bitulithic constituye el verdadero concreto bituminoso; todos los demás que llevan este nombre, sin excepción, son meras imitaciones. Aunque muchos pueden ostentar algunas de sus buenas cualidades, ninguno las tiene todas; el hecho que traten de imitarlo es el mejor reconocimiento de sus méritos.

*Ventajas del Warrenite-Bitulithic.*—La gran experiencia adquirida por los E. U. y Canadá en la construcción de los distintos tipos de carreteras es de mucho valor para cualquier país que desee emprender obras de pavimentación no

sólo por la gran extensión de sus caminos sino por sus *condiciones climáticas* tan variadas, que comprenden desde 40 grados bajo cero en Canadá septentrional, al clima tropical de Florida, Texas y otros Estados del Sur. El Warrenite-Bitulithic ha soportado con éxito esas condiciones climáticas tan variadas y las distintas clases de tránsito.

La Compañía tiene como norma no aceptar sino lo mejor en materiales y en mano de obra, convencida de que la reputación de sus pavimentos está basada en los buenos resultados de todos sus contratos.

Cuando alguna corporación Municipal o Fiscal decide construir un pavimento, la Compañía manda un técnico para estudiar todas las condiciones que puedan afectar el pavimento, tales como los climáticos, temperaturas máximas y mínimas, lluvias, naturaleza del subsuelo, carácter del tráfico existente, probable aumento del mismo, etc. Examina, además, los materiales de construcción de la región y manda muestras al laboratorio para su ensaye y análisis. Con esos datos se prepara la fórmula del pavimento que conviene construir.

Más tarde, junto con empezar la construcción, se instala un laboratorio en la misma planta a cargo de un técnico, que vigila los trabajos y hace cumplir las indicaciones del laboratorio central en lo que se refiere a la mezcla, calidad de los materiales, colocación del pavimento, etc. Para eso, prueba diariamente los materiales y la mezcla, vigila la preparación, las temperaturas del asfalto y de las mezclas y, en general, todo lo que se relaciona con la fabricación y colocación del pavimento.

Procediendo siempre con ese cuidado es como se ha llegado a prestigiar y a perfeccionar este pavimento, que sin exagerar, se puede considerar como el mejor de su clase. En efecto, tiene las siguientes cualidades:

a) Es higiénico, pues el polvo y el barro no se acumulan en él;

b) No se agrieta, evitando la secreción de basuras y detritus en su superficie;

c) Posee un color oscuro, cómodo, que no refleja la luz;

d) Siendo plástico, se adapta al tráfico de caballerías, sin formar arrugas ni ondulaciones;

e) No produce ruido con el tráfico; es el pavimento más silencioso;

f) Sus reparaciones son fáciles de ejecutar y económicas;

g) Opone poca resistencia a la tracción;

h) Se ejecuta con gran rapidez; no implica la interrupción del tráfico durante semanas, como la mayoría de los demás y se puede usar inmediatamente después de colocado;

i) Es muy durable; existen muchos pavimentos Bitulithic construídos hacen más de 20 años en perfecto estado;

j) No es un pavimento nuevo, desconocido, que no ha sido probado. En su ejecución están incorporados materiales, métodos y los resultados de más de medio siglo de investigaciones por tres generaciones de hombres hábiles y expertos en la materia;

k) Se construye sobre una gran variedad de tipos de bases, con evidentes ventajas, que analizaremos brevemente:

1. *Sobre hormigón de cemento Portland, nuevo.*—La mayor cantidad de Warrenite-Bitulithic se ha colocado sobre esta base, con muy buenos resultados. Como es un pavimento flexible, que amortigua los golpes del tráfico, contribuye a subsanar los numerosos defectos que presenta el hormigón por su rigidez y por las alteraciones que ejercen en él los cambios de temperatura. En efecto las grietas producidas por las dilataciones del calor quedan cubiertas por el pavimento y no tienen efecto sobre su duración, en realidad el Warrenite-Bitulithic tapa los defectos del hormigón.

2. *Sobre concreto bituminoso o «Black Base»*—Desde 1914 hasta 1925 se han pavimentado más de 14 millones de yardas cuadradas sobre esta base. Generalmente el Warrenite-Bitulithic se construye de 2" de espesor. Tratándose de una base flexible, como ésta, se puede reducir su espesor a 1½". En efecto, como se amolda perfectamente al subsuelo, los golpes del tráfico se transmiten a él por intermedio de esa base flexible, que las absorbe y amortigua, como un colchón colocado entre el pavimento y el subsuelo.

Con una base rígida como la de hormigón, es imposible disminuir el espesor del pavimento debido a que las grietas inevitables se extienden al pavimento y podrían atravesarlo con un espesor inferior a 2". Además, una base rígida actúa como un yunque respecto a las cargas que recibe el pavimento, el que con sólo 1½" correría el peligro de destruirse, pues hasta las piedras que lo constituyen podrían romperse. La experiencia ha demostrado que con 2" no existe ese peligro.

Reproducimos a continuación las conclusiones propuestas por Mr. Hugh W. Skidmore y aprobadas en el «American Good Roads Congress» de Chicago en Enero 16—20 de 1922, sobre las ventajas de la «Black Base»:

a) Siendo más resistente contra golpes, necesita menor espesor que una rígida;

b) Siempre permanece en contacto con el subsuelo, transmitiendo los efectos del tráfico uniformemente, evitando la necesidad de confiar en la resistencia del pavimento mismo para soportar la acción del tráfico;

c) Cuando se emplea con un pavimento bituminoso, forma un solo cuerpo con él, trabajando como una sola pieza;

d) No se agrieta como las bases rígidas;

e) Evita la acción perjudicial del agua proveniente del subsuelo, prolongando la vida del pavimento;



f) Suprime el tiempo que requiere el hormigón de cemento Portland, permitiendo una construcción sumamente rápida;

g) Como emplea los mismos materiales que el hormigón, proporciona una gran economía;

h) Bajo condiciones semejantes, es mucho más barato que una base rígida;

i) Los gastos de conservación son menores que los de una base rígida;

j) Puede repararse fácilmente con un costo mínimo, aplicando el método de *remiendo superficial* (sin romper el pavimento) salvo raras excepciones.

### 3. Sobre piedra triturada comprimida.

—Esta base se ha usado extensamente; hasta la fecha se han pavimentado más de 25 millones de yardas cuadradas de Warrenite-Bitulithic sobre esta base. Generalmente se usa piedra de  $1\frac{1}{4}$ " a 3" que después de rodillada perfectamente debe tener 6" de espesor. Sobre la capa rodillada se coloca polvo de piedra o arena en cantidad suficiente para llenar los huecos y se rodilla nuevamente.

4. Sobre pavimentos viejos.—Cuando una calzada vieja ha sobrevivido a su utilidad, esto es, cuando su conservación anual se hace excesivamente cara, debe repavimentarse obteniéndose así una buena economía. También se puede colocar una nueva superficie de Warrenite-Bitulithic sobre el mismo pavi-

económica y elimina la incomodidad que ocasiona la conservación de un pavimento en ese período.

Se prestan especialmente para bases del Warrenite-Bitulithic, los siguientes pavimentos viejos:

a) Hormigón de cemento Portland;

b) Macadams de piedra triturada o de grava;

c) Adoquinados de piedra;

d) Empedrados de piedra redonda, tan abundantes en Santiago;

e) Pavimentos de ladrillos;

f) Bases de pavimentos viejos que ya han pasado de su período económico.

Antes de colocar el pavimento se debe regularizar la superficie, hasta darle el perfil adecuado, rellenando las huellas y depresiones con un binder bituminoso.

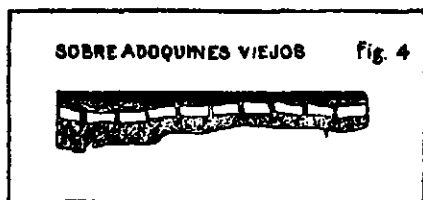
### III.—Hormigón versus tipos bituminosos

En EE. UU. sobre todo en California, los pavimentos de hormigón de cemento Portland han dado resultados desastrosos. Para evitar su pérdida total ha sido necesario cubrirlos poco a poco con un material protector.

Generalmente todos están de acuerdo en que las grietas incipientes aun invisibles, se producen durante la construcción misma del hormigón; estos pavimentos nacen, pues, deteriorados—«el principio del fin».

Los pavimentos de hormigón son incapaces de resistir los golpes originados por el tráfico. Su superficie áspera, desgasta rápidamente las llantas de automóviles, como si fuera de esmeril. Con las llantas metálicas, al contrario, es el pavimento el que se desgasta.

El hormigón es muy sensible a los cambios de temperatura y cuando no puede dilatarse libremente, se levanta formando bóvedas, dejando el pavimento expuesto a romperse con el tráfico.



mento usado como base, mediante gastos a veces inferiores a los gastos de conservación durante el período en que el pavimento viejo empieza a irse hasta que se va. Esta operación resulta

Cuando se necesita romperlo, presenta grandes dificultades, siendo casi imposible su restablecimiento en forma conveniente.

Como es rígido, no se adapta a las condiciones variables del subsuelo y, cuando se producen pequeños hundimientos, queda sin apoyo y se rompe con el tráfico pesado.

Se han tratado de subsanar los inconvenientes que presenta un pavimento de hormigón recurriendo a los medios más variados.

En California se ha empleado mucho la cubierta «Oil Screening Tops» que consiste en pintar el hormigón con asfalto caliente y cubrirlo después con arena o polvo de piedra. Se ha conseguido proteger la superficie contra el desgaste por raspadura, pero como no se pega bien, no resiste el tráfico.

También se ha probado colocarle una segunda capa de hormigón, sin obtener buen resultado, pues no adhiere a la primera y, como es rígida, no resiste los golpes del tráfico.

Ultimamente se ha tratado de silicar la superficie, bañándola desde el término de su endurecimiento con una mezcla de 4 partes de agua y 1 de silicato de soda, durante unos siete días.

El procedimiento actual—el más usado y el más práctico—consiste en revestir el hormigón con un concreto bituminoso de 2" que cubre también las bermas. Pero como este concreto tiene una superficie áspera y es poroso, no resiste la acción de raspadura y se impregna de agua, originando el desprendimiento de las piedras de su agregado.

El Warrenite-Bitulithic no tiene esos inconvenientes y constituye el mejor medio de proteger los pavimentos de hormigón.

Si se consideran las grandes sumas de dinero que importan el mantenimiento de las calzadas de hormigón, se llega a la conclusión que es mucho más económico construir estos pavimentos desde un

principio usando el hormigón como base de un concreto bituminoso, si se desea emplear el cemento Portland en ellos.

Es bien sensible que muchos de nuestros colegas, entusiasmados con la posibilidad de emplear materiales nacionales en nuestros caminos y cegados con la propaganda interesada de los fabricantes de cemento Portland (1) sean ardorosos partidarios de este tipo de pavimento. No toman en cuenta la naturaleza de los vehículos que los usarán, distintos de los que trafican por los caminos de los inventores de este pavimento, ni piensan en que mientras predominen los vehículos de llantas metálicas tenderán que fracasar.

Hace apenas un año visitamos una calle pavimentada con hormigón en Buenos Aires (Avellaneda). Últimamente hemos recibido carta del ingeniero Mr. Bradbury en que nos anuncia que el pavimento está *comido* hasta los 8 cm. en las juntas longitudinales, al lado de las cunetas y que hay partes en que está roto en todo su espesor, de 15 cm. Al lado de los rieles de los tranvías está destruído en un ancho de 40 cm. Esta calle no tiene sino 14 meses de uso y ha sido reparada repetidas veces. Nos agrega que el mismo mal resultado han dado todas las calles en que ha habido un mediano tráfico de vehículos de llantas metálicas.

---

(1) Nos referimos a los experimentos de Bates de Mr. Clifford Older, ingeniero jefe del Illinois State Highway Department, tan pregonados por algunos de nuestros colegas. Pues bien, el reputado ingeniero Mr. Prevost Hubbar, Jefe del Departamento de Pruebas del Bureau of Public Roads estudió esas experiencias y demostró la parcialidad del Sr. Older en favor del hormigón en un discurso ante el Congreso de la American Road Builders Association de Chicago. Demostró que se eligió el menos resistente de los concretos bituminosos, el Topeka que se ejecutó mal, con malos materiales o que a pesar de todo dió mejor resultado que el establecido por el señor Older. Hoy día el señor Older trabaja con los fabricantes de pavimentos de hormigón.

Tanto en el Congreso mundial de Carreteras celebrado en Septiembre de 1926 en Milán, como en el de 1923 celebrado en Sevilla, se ha dejado constancia de la diferencia de apreciación entre los ingenieros yankees y los europeos, respecto a los pavimentos de hormigón. Mientras los primeros se manifiestan muy satisfechos, los últimos sienten desconfianza por los resultados, debido a que en sus países predominan los vehículos de llantas metálicas. Una de las conclusiones del Congreso de Milán establece a este respecto:

«En lo que concierne a los caminos de hormigón que son recorridos aun por vehículos de llantas metálicas en gran proporción, no se ha llegado hasta hoy a una solución satisfactoria».

Abrigamos la seguridad que si se exigiera a los contratistas de caminos en Chile una garantía de cinco años, para pavimentos de hormigón, sin excluir de esos caminos los vehículos de llantas metálicas, no habría nadie que se atreviera a tomar tal compromiso.

#### IV.—Pavimentos de Santiago

*Asfalto Trinidad.*—En Santiago sólo se han construido dos tipos de pavimentos bituminosos; Asfalto Trinidad y Asfalto roca.

La Municipalidad pavimentó con Asfalto Trinidad, entre los años 1904 y 1907, las siguientes calles:

Delicias Sur, de Prat a Estación Alameda;

Diez y Ocho;

Ejército;

Ahumada;

Estado;

San Antonio, de Delicias a Agustinas;

Moneda, de Ahumada a Claras;

Agustinas, de Morandé a Claras;

Huérfanos, de Ahumada a Estado;

Compañía, de Ahumada a San Antonio;

Plaza de Armas.

La Dirección Fiscal de Pavimentos controló hasta 1910 la pavimentación con Asfalto Trinidad, de las calles siguientes:

Moneda, de Teatinos a Ahumada;

Agustinas, de García Reyes a Morandé;

Huérfanos, de Morandé a Ahumada;

Compañía, de Morandé a Ahumada;

Santo Domingo, de Bandera a 21 de Mayo;

Catedral, de Morandé a Puente.

De estos pavimentos sólo se han renovado unos pocos. El de Delicias se reconstruyó de adoquín sobre concreto en 1915, o sea, después de 10 años. La renovación de este pavimento se hizo en forma tan desgraciada que ni siquiera se aprovechó la base de hormigón, que estaba en perfectas condiciones para recibir una nueva cubierta.

No se han hecho otras renovaciones de importancia y estos pavimentos *se conservan relativamente bien, después de más de 20 años* de buenos servicios. Generalmente se encuentran en mal estado las calles con líneas de tranvías (Agustinas, Huérfanos, Compañía y Catedral desde Morandé al Oriente) debido al sistema tan deficiente de ejecutar la colocación de los rieles y a que se han omitido los adoquines guardarrieles.

En varias partes se ha ondulado el asfalto con el tráfico intenso y pesado durante los calores del verano; es un defecto inherente a este tipo de pavimento que pudo atenuarse mucho con una conservación cuidadosa, con una mejor construcción y con la adecuada elección y dosificación de sus ingredientes. Los defectos de construcción no son de extrañar si se piensa en que en esa época (hacen más de 20 años) aun se conocía muy poco de la técnica de estos pavimentos.

*Asfalto roca.*—Durante los años 1912 a 1914 se han ejecutado alrededor de 80 000 metros cuadrados de este pavi-

mento. Después de 12 a 14 años se encuentran aun en buenas condiciones, a pesar de su defectuoso modo de conservarlo y repararlo. Como el Trinidad, donde más ha fallado ha sido en la zona ocupada por las líneas de tranvías.

Es un pavimento que, salvo raras excepciones, no se ha ondulado; habría sido muy sencillo corregir estos defectos al iniciarse, en las pocas partes en que se ha presentado, dejándolo en muy buenas condiciones.

*Adoquín sobre concreto.*—Los mejores de estos pavimentos se han ejecutado a partir del año 1911. Veamos algunos de sus resultados en los 15 años que han transcurrido.

Matucana: construido en 1913 está en malas condiciones. *Duración 13 años.*

Exposición, hasta Blanco; construido en 1912, debe reconstruirse después de 15 años.

Av. Mapocho Sur: debe repavimentarse después de 15 años de vida.

Delicias Norte, de Chacabuco a San Miguel; construido en 1913, está próximo a su fin después de 13 años.

Vicuña Mackenna; construido en 1913, también debe renovarse, 13 años.

Independencia: construido en 1915, debe renovarse, 11 años.

San Pablo: construido en 1913, en mal estado.

Recoleta: construido entre 1911 y 1913, se está reconstruyendo, 14 años.

Podríamos seguir con ejemplos parecidos; los expuestos basta para afirmar que *un buen pavimento de adoquín sobre concreto no dura más de 15 años en Santiago*; es decir, *menos que un pavimento bituminoso de clase mediocre, como el Asfalto Trinidad, mal construido y peor conservado.*

### V.—Warrenite-Bitulithic comparado económicamente con el adoquín.

La comparación de dos o más pavi-

mentos bajo el punto de vista económico, se hace fácilmente determinando para cada uno sus *costos anuales*.

Se sabe que el costo anual de un pavimento es igual al interés del costo inicial (construcción), más el gasto de conservación anual y más una anualidad suficiente para amortizar durante la vida del pavimento, la suma necesaria para su reconstrucción.

Designando por:

C, el costo anual—por metro cuadrado;

A, el costo inicial;

r, el % de interés;

I, el gasto de conservación anual;

x, la anualidad,

se tiene:

$$C = Ar + I + x$$

*Warrenite-Bitulithic.*—Se puede estimar en \$ 32.50 el metro cuadrado de este pavimento; en \$ 0.20 su conservación (—tratándose de una gran superficie este valor puede reducirse a la mitad—) y la duración en 20 años. Transcurrido este tiempo, la extracción del viejo y la reconstrucción del nuevo, aprovechando la base, costará \$ 19. Tomando 7% como interés, se tiene:

$$C = 32,50 \times 0,07 + 0,20 + 2 \times 0,217 = \$ 2,909$$

*Adoquín sobre concreto.*—Aunque ninguno de estos pavimentos ha durado en Santiago más de 15 años, en vista de los nuevos métodos de construcción, le asignaremos también 20 años. La conservación anual la estimamos en solo \$ 0,05. La extracción del pavimento viejo vale \$ 3 y la ejecución del nuevo \$ 27 en total \$ 30. El costo inicial es de \$ 35. Luego, se tiene:

$$C = 35 \times 0,07 + 0,05 + 2 \times 0,343 = \$ 3,186$$

Se ve que el costo anual del Warrenite-Bitulithic es \$ 0,277 más bajo que el del

adoquín sobre concreto, ejecutado en las mejores condiciones.

## VI.—Conclusiones

A la inferioridad de duración de los pavimentos de adoquines respecto a los bituminosos, deben agregarse los inconvenientes que presenta como pavimento de una ciudad de la importancia de Santiago.

En efecto, el adoquín constituye un pavimento incómodo para el tráfico, pues es áspero, rígido y con los vehículos de llantas metálicas, que por muchos años más predominarán en esta ciudad, origina un ruido molesto y se desgasta rápidamente. Su construcción y reparaciones son muy demorosas—30 días—y difíciles, necesitando aislarse del tráfico, con los perjuicios consiguientes para vecinos y transeúntes.

El adoquín es inaceptable para calles de lujo, centrales en que hay comercio, teatros, oficinas o instituciones de trabajo intelectual.

En calles exteriores, con muy poco tráfico, resulta un pavimento excesivamente caro; *es mucho más económico un concreto bituminoso que pueda aprovechar el pavimento viejo como base.* El Warrenite-Bitulithic se ha usado extensamente en esa forma en ciudades de la importancia de Boston, Cambridge, New Bedford, Kearny, Rochester, Utica, Toledo (Ohio), Birmingham (Alabama), Phoenix (Arizona), Los Angeles, Bridgeport (Connecticut), S. Louis, etc.

Los pavimentos bituminosos son más económicos que el adoquín y presentan numerosas ventajas para los *dueños de automóviles*, por sus menores gastos de explotación, su mayor vida económica, menores gastos de conservación y mayor comodidad de rodado. En efecto, a partir de los 10 a 12 años, el pavimento de adoquines se hace tan áspero y molesto que perjudica seriamente los vehículos.

En general, los pavimentos bituminosos,

especialmente el Warrenite-Bitulithic, tienen las siguientes ventajas—además de las económicas—sobre los pavimentos de adoquines:

Más cómodos, por su rodado suave, elástico e insonoro;

Más higiénicos, de aseo más fácil y económico;

De menor resistencia a la tracción;

De ejecución inmensamente más rápida, pueden ejecutarse aun sin interrumpir la circulación de vehículos;

Mayor facilidad, rapidez y economía de cualquier reparación; diez minutos después de ejecutada puede traficarse;

Mejor aspecto;

Mayor duración, sobre todo en calles como las de Santiago, en que predominan los vehículos de llantas metálicas.

Posibilidad de colocarse sobre pavimentos viejos, con grandes economías.

Finalmente, si se desea pavimentar todo Santiago, deben aceptarse forzosamente otros tipos de pavimentos, pues *con solo adoquines no se terminaría nunca.*

Esto es fácil demostrarlo:

La superficie por pavimentar en Santiago es de cinco millones de metros cuadrados. La duración de un buen adoquinado es de 20 años. Suponiendo que se llegara al ideal de terminar toda la pavimentación en los 20 años, para empezar el año siguiente la reconstrucción del ejecutado el primer año, se deberían pavimentar 250,000 m<sup>2</sup>. cada año. Esto exige una producción anual de 8 millones 500 mil adoquines.

No hay canteras ni obreros especialistas en adoquines para tanta producción. Luego, es imposible terminar de pavimentar Santiago con adoquines.

Pero aun suponiendo que fuera posible ejecutar este trabajo en 20 años, su costo sería muy superior al actual.

En efecto, el adoquinado es una obra en que predomina el factor obrero y todos sabemos como sube año a año el jornal, sobre todo cuando se trata de

obreros especialistas, que saben que son indispensables.

En cambio, la fabricación de pavimentos bituminosos ha progresado tanto, que anualmente, sólo en EE. UU. se construyen más de cien millones de metros cuadrados. Existen plantas que producen más de 3 000 m<sup>2</sup>. de pavimentos en 8 horas. Se comprende entonces, que será relativamente fácil terminar la pavimentación de todo Santiago en 4 o 5 años.

A nuestro juicio, se debería consultar un plazo máximo de cinco años para la pavimentación total de Santiago. Se asignaría a los pavimentos de adoquín— en calles convenientemente elegidas— la cuota que normalmente puedan producir dentro de ese plazo. El saldo se ejecutaría con los pavimentos asfálticos que dieran las garantías del caso. Sólo así se podrá sacar a esta ciudad, en breve plazo, de su situación realmente vergonzosa, en cuanto a pavimentación.



CAMINO DE ILLAPEL A MINCHA  
PERIODO DE CONSTRUCCION



CAMINO DE VIÑA DEL MAR A CONCON