PAVIMENTACION DE ASFALTO COMPRIMIDO

(Continuacion)

Con las bases tomadas en el cuadro anterior, se ve que el pavimento mas ventajoso el que tiene los mas altos puntos, es el de asfalto, cuya superioridad es considerable sobre el de madera que es el que le sigue.

Evidentemente, los resultados anotados en esos cuadros no pueden tomarse como absolutos; pero indican un excelente procedimiento para hacer un estudio comparativo.

6. *Preparacion del polvo asfáltico natural.* — En las rocas asfálticas naturales, cada partícula de la roca calcárea se encuentra rodeada por una microscópica envoltura de sustancia betuminosa; de manera que la roca asfáltica viene a ser algo así como el aglomerado u hormigon constituido por todas esas partículas ligadas entre sí por el aglutinante betuminoso que las envuelve.

En las minas de Seyssel se estrae la roca asfáltica con pólvora de mina, i en trozos de 10 a 20 kilógramos se la somete a la accion de dos cilíndricos de fundicion, armados de dientes de acero, que la desagregan, desgarrándola i no conprimiéndola, en fragmentos de 300 a 400 gramos.

El aparato emplea 10 a 12 caballos de fuerzas i puede desmenuzar 10 a 12 toneladas de roca por hora.

En seguida los fragmentos pasan a un triturador Carr, aparato que con 22 a 25 caballos de fuerza, 1,30m. de diámetro i 500 vueltas por minuto, puede pulverizar 5 toneladas por hora.

Por fin el polvo se pasa por un tamiz con mallas de 3 milímitros.

7. Cuando la roca asfáltica estraida de la mina se espone al sol, se resblandese i se agrieta, terminando por convertirse en polvo. Así los trozos que caian de los carros de trasporte de las minas de Seyssel, se pulverizaban en el verano i, comprimidos despues por el tráfico, volvian a formar una masa compacta, constituyendo una verdadera calzada.

Este hecho sujirió la idea de la aplicacion del asfalto natural comprimido en la pavimentacion. Los ensayos en frio no dieron resultados satisfactorios en Paris, hasta que en 1855 se recurrió al calor como medio de aglutinacion.

Sin embargo, se puede obtener esa consolidacion en frio.

En una conferencia dada en 1880 en el Conservatorio de Artes i Oficios de Paris, M. Malo comprimió el polvo asfáltico frio delante de su auditorio, haciéndole notar que los bloques obtenidos así eran aun mas duros que los comprimidos en calientes i que esa diferencia se acentuaba mas con el tiempo. «Es una esperiencia, añadia, que he repetido veinte veces, siempre con el mismo resultado. I se esplica perfectamente. ¿Qué se necesita para que las moléculas del polvo se vuelvan a soldar i formen un monolito resistente?

«Que durante un tiempo mui pequeño, un segundo talvez, el betun de impregnacion se liquidifique i que en ese momento preciso tenga lugar la compresion. Ahora bien, con la presion considerable i rápida que se ha ejercido sobre esa pequeña cantidad de polvo, el calor producido por la compresion resblandeció bruscamente el betun en el instante mismo en que la compresion se ejerce, de manera que el estrechamiento de las moléculas, la licuefaccion del betun i la formacion del monalito tienen lugar simultáneamente.

«Se ve la ventaja considerable que esta teoría, absolutamente confirmada por la esperiencia, asegura a la práctica del asfalto comprimido: supresion de los gastos de calefaccion; supresion de los riesgos de carbonizacion accidental del betun de impregnacion i por consecuencia los de desecacion de la materia; en fin, se evitan las temperaturas desiguales en una misma masa de polvo, inconvenientes casi inevitables si la calefaccion no es confiada a obreros mui cuidadosos i mui hábiles.

«Desgraciadamente, ese procedimiento exije una compresion considerable, que se obtiene fácilmente para pequeñas muestras, pero que es difícil de realizar en la práctica.

«En un ensayo de compresion en frio, ejecutado con un éxito completo en 1870 en la Avenida de Antin, en Paris, empleé el rodillo a vapor de 30 toneladas; pero con precauciones e instalaciones mui complicadas que no podrian admitirse en los trabajos corrientes.

«Los medios de ejecucion del asfalto comprimido en frio quedan, pues, por encontrarse. Se encontrarán no lo dudo, i la supresion de la calefaccion será una garantía mas del éxito de un sistema que persistiré en mirar como la calzada definitiva de las grandes ciudades, si en estos tiempos de insaciable progreso industrial pudiese llamarse definitiva a alguna cosa.»

8. *Variedades de asfalto natural.*—El polvo obtenido por la trituracion de la roca asfáltica, puede ser mas o ménos rico en aglutinante. Si en él entra el betun en fuertes proporciones, puede ser inadecuada para las ciudades en épocas de calor.

Creemos que probablemente esta causa intervenga tambien en el no mui buen resultado obtenido en Buenos Aires con asfalto artificial, ciudad en la que personalmente hemos podido observar los zurcos, ya profundos, que se han abierto, principalmente a lo largo de los rieles de tranvías, por la tendencia universal de los cocheros de seguir tales líneas, produciendo así mucho mayor fatiga en esa estrecha zona del asfalto resblandecido por el sol. En algunas de las calles de la misma ciudad hemos observado ademas, i en dias no mui calorosos, que quedaban lijeramente marcadas las herraduras de los caballos i aun la planta de los peatones. En estos casos los riesgos abundantes i frecuentes son indispensables.

Si, por el contrario, la roca asfáltica es magra, es decir, si el polvo es pobre en betun, la calzada se agrieta con facilidad, principalmente con las bajas temperaturas.

Hai, pues, conveniencia en estudiar el oríjen, cualidades i composicion del asfalto, si se quiere emplear el mas apropiado para las condiciones de una localidad determinada.

Los yacimientos de roca asfáltica son abundantes. Los mas utilizados en Europa para la pavimentacion son los de *Lobsann* (Bajo Rhin) con 11,9 % de betun asfáltico; los de *Val de Travers* (Suiza) con 10,1 %; los de *Ragusa* (Sicilia) con 8,85 % i los de *Seyssel* (Francia) con 8 %.

Los análisis efectuados en el laboratorio de la Escuela de puentes i calzadas de Paris han dado los resultados siguientes:

ELEMENTOS	ASFALTO DE					
	Val de Travers	Seyssel	Lobsann	Sicilia	Maestu	Forens
Agua i materias volátiles a 100 grados	0.5	1.9	3.4	0.8	0.4	0.3
Betun	10.1	8.0	11.9	8.9	8.8	2.2
Carbonato de cal	88.0	89.6	69.0	87.5	9.2	97.0
Arena silícea	—	—	3.0	0.6	57.4	—
Alúmina i peróxido de hierro	0.2	0.1	5.7	0.9	4.4	0.1
Azufre	—	—	5.0	—	--	—
Carbonato de magnesio	0.3	0.1	0.3	1.0	8.1	0.2
Materias insolubles en los ácidos	0.5	0.1	—	—	11.4	0.1
Pérdida i productos no dosificados	0.4	0.2	1.7	0.4	0.4	0.1

Las minas de Seyssel están situadas en el valle del Ródano, entre Seyssel i Bellegarde, mui cerca de la estacion de Pyrimont, en el ferrocarril de Paris a Jinebra.

Esos yacimientos están en esplotacion desde 1797, dan un producto mui estimado i de composicion sensiblemente constante.

El yacimiento de Val de Travers, está situado en el valle del Reuss, canton de Neufchatel, cerca de la frontera francesa. Su riqueza en betun es de 10 a 12 %.

Las minas de Ragusa dan un producto mui irregular en el grano i en la impregnacion, su riqueza en betun es mui variable i puede llegar hasta 16 %.

9.—Hemos dicho que en 1855 se encontró definitivamente el procedimiento para la

aplicacion del polvo asfáltico como revestimiento de las calzadas de Paris. Sin embargo, los inviernos rigorosos de 1864 a 1865 i los de 1879 a 1880 impidieron ejecutar las reparaciones oportunamente, de manera que al terminar ese último invierno la destruccion habia tomado las proporciones de un verdadero desastre.

Desde entónces, se resolvió emplear como fundacion el hormigon de cemento, en vez del de cal; continuar la fundacion debajo de la vereda, un poco mas allá del límite de las cunetas i adoptar otras precauciones que constituyen los medios de ejecucion actualmente empleados i que se detallarán mas adelante.

En tales condiciones, el asfalto comprimido se ha ido estendiendo ventajosamente en las calles de Francia.

La primera esperiencia hecha con este pavimento en Lóndres remonta a 1869 i tuvo lugar cerca del Banco de Inglaterra. Despues ha ido estendiéndose en grandes proporciones.

El primer lugar en Europa, en materia de pavimentacion de asfalto comprimido, lo ocupa la Alemania.

El cuadro siguiente manifiesta el desarrollo de la pavimentacion en cuatro ciudades de ese imperio:

CIUDADES	SUPERFICIES EN METROS CUADRADOS							
	ASFALTO		MADERA		PIEDRA		MACADAM	
	1893	1902	1893	1902	1893	1902	1893	1902
Berlin	963 185	2 008 192	64 655	80 472	1 122 026	3 955 402	.....	274 151
Hamburgo....	11 798	151 438	14 869	17 722	2 358 501	3 054 014	188 024	123 519
Colonia.....	9 950	107 056	7 100	8 582	1 109 100	1 638 899	593 600	774 140
Munich.....	5 374	100 946	6 789	28 022	685 727	1 186 075	1 821 656	2 306 389
Sumas...	990 640	2 367 622	93 413	134 798	8 275 354	9 834 390	2 603 280	3 478 199
Aumentoen %	139		44		19		34	

10. *Asfalto artificial de la Trinidad.*—Para la fabricacion del asfalto artificial se aprovechan varios yacimientos naturales de *betun* asfáltico, siendo el mas importante de estos yacimientos el que se encuentra en la isla de la Trinidad, una de las Antillas británicas, cuya esplotacion fué concedida por el gobierno inglés mediante el pago de francos 8.20 por tonelada.

Segun M Vaillant (1), ese yacimiento se presenta bajo la forma de un depósito cir-

(1) Pavages des villes des États-Unis, Rapport de Mission, A. T. P. B. 1903. En este número i en el de Diciembre de 1904 hemos tomado abundantes datos para la confeccion del presente estudio.

cular de unas 46 hectáreas de superficie i de mas de 40 metros de profundidad en su centro, estimándose su contenido en mas de 9 millones de toneladas. El betun bruto que de allí proviene se le somete a una refinacion para obtener un producto homojéneo en el que solo las materias ténues del asfalto queden en suspension. Al principio de la operacion, el agua i los aceites lijeros se evaporan, en seguida algunas materias orgánicas flotan, las sustancias terrosas i sólidas se precipitan i el azufre se elimina en forma de hidrójeno sulfurado.

Así resulta el asfalto refinado que se presenta bajo el aspecto de una sustancia negra, quebradiza a la temperatura ordinaria i que en ese estado es impropia para la pavimentacion, pues se desagregaria rápidamente. Su composicion media es:

Betun	56,29
Materias orgánicas no betuminosas	8,05
» inorgánicas	35,66
	100,00

Para que ese betun sea apropiado a la pavimentacion es necesario enriquecerlo en materias viscosas, añadiéndole, por ejemplo, 18 a 20% de resíduo de la destilacion del petróleo preparado en condiciones especiales El aceite obtenido de esos resíduos es calentado i mezclado con el asfalto refinado que tambien debe estar a una alta temperatura (entre 150 i 175 grados); la calefaccion se continúa durante 8 a 10 horas para lograr una mezcla íntima, que se mantiene caliente i en contínua ajitacion hasta que se agrega la arena, que asimismo es previamente calentada, en cilindros de palastro, a la temperatura de 120 a 150 grados.

Esta arena es el elemento resistente del asfalto i se la elije silícea, pura, angulosa, fina, pero de diversos grados de pequeñez, para reducir los huecos, i su cantidad depende de la calidad mas o ménos grasa del asfalto que convenga para un clima determinado.

El señor Vaillant cita que la ciudad de Nueva York exije que esa arena «sea de granos duros, moderadamente angulosos, que no contenga mas de 1% de arcilla, que pase completamente en un tamiz de 16 mallas por centímetro cuadrado, que el 20% pase por otro de 1 024 agujeros por centímetro cuadrado i que a lo ménos el 7% pase a traves de un tamiz de 1 600 agujeros por centímetro cuadrado.»

Para la buena conservacion, es indispensable evitar la oxidacion del aglutinante, lo que exije que el asfalto sea absolutamente impermeable al agua, resultado que se asegura agregando a la arena polvo inorgánico, jeneralmente calcáreo, en proporcion variable segun los huecos de la arena.

La ciudad de Nueva York prescribe que ese polvo sea calcáreo, de granito o de cuarzo, que pase totalmente por un tamiz de 400 mallas i por lo ménos que el 66% atraviese otro de 6,400 malla por centímetro cuadrado.

La misma ciudad fija las siguientes proporciones en peso para el asfalto de pavimento:

Betun preparado de la Trinidad	12 a 15	%
Arena	83 a 70	»
Polvo inorgánico	5 a 15	»
	100	100

Pero, como se ha dicho, esa composicion debe subordinarse a las condiciones peculiares a cada localidad, lo que exijiría muchas esperiencias i un personal mui conocedor del material. Por esto, jeneralmente las ciudades prefieren dejar esos estudios a las compañías especialistas, estableciendo serias garantias i largos plazos.

11. *Resultados obtenidos con el asfalto artificial.*—El asfalto artificial, aplicado a la pavimentacion, ha dado espléndidos resultados en Estados Unidos, en donde su empleo se ha estendido de una manera prodijiosa.

En 1869 el profesor belga De Smedt concibió la idea del asfalto artificial; en 1870 se aplicó por primera vez en la ciudad de Newark; en 1880 habia en Estados Unidos 251 000 metros cuadrados; 6 800 000 metros cuadrados en 1890; 17 millones en 1895 i mas de 30 millones en 1900.

El total de pavimento de asfalto ese año representaba un gasto de mas de 500 millones de francos.

En los últimos años el aumento de los principales pavimentos en cinco de las mas importantes ciudades americanas ha sido:

CIUDADES	LONJITUD DE CALZADAS EN KILÓMETROS													
	ASFALTO		ADOQUIN		LADRILLOS		MADERA		EMPEDRADO		DIVERSOS		TOTALES	
	1890	1900	1890	1900	1890	1900	1890	1900	1890	1900	1890	1900	1890	1900
Buffalo	170,6	349,6	226,4	168,1	0,1	12,1	–	–	5.3	5,0	–	–	402,4	534.8
Chicago	14,9	165,3	37,2	50,0	0,0	78,6	660,2	1205,8	365,3	622,8	0,0	6,1	1077,6	2128,6
Nueva York	43,8	357,1	575,0	629,4	0,0	6,1	0,0	0,1	43,6	157.8	470,7	382.9	1133,1	1533,4
Filadelfia	69,8	464,6	192,4	576,8	31,9	205,7	–	–	142,9	334,6	789,3	173,2	1226,3	1754,9
Washington	83,3	202,4	37,8	44,6	0,0	0,8	0,5	0,0	12,9	55,3	80,0	37,4	214,5	340,5
Sumas	382,4	1539,0	1068,8	1468,9	32,0	303,3	660,7	1205,9	570,0	1175,5	1340,0	599,6	4053,9	6292,2
Tanto por ciento del total	9,4	24,5	26,4	23,3	0,8	4,8	16,3	19,2	14,1	18,7	33,1	9,5	–	–

El buen resultado obtenido en las numerosísimas ciudades de Estados Unidos que han empleado el asfalto artificial, ha contribuido a estander su aplicacion, no solo a los paises vecinos, sino a Inglaterra.

En Paris tambien se han hecho dos ensayos con asfalto artificial que resultaron un fracaso. El producto que se empleó dió al análisis:

Cimento asfáltico (100 partes de asfalto depurado de la Trinidad i 20 partes de aceite de petróleo)	15	a	18
Polvo calcáreo	15	a	17
Arena mui fina	70	a	65
	100		100

El trabajo fué dirijido por injenieros americanos que ya habian aplicado el sistema en Estados Unidos, i los ensayos se hicieron a su costo. Sobre una fundacion de hormigon de 15 centímetros «se estendió i comprimió en frio el polvo en dos capas: la primera que debia tener despues de la compresion 12 milímetros, i la segunda 50 milímetros de espesor.»

Como hemos dicho, el fracaso fué completo. «Nos ha parecido, sin embargo, útil mencionar estas esperiencias cuyos resultados son tan diferentes de los obtenidos en el pais de oríjen. ¿Se debe el fracaso a la época de ejecucion de los trabajos, que tuvieron lugar en invierno, con tiempo húmedo, a la composicion del polvo artificial, que no era exactamente conforme al empleado en Estados Unidos; o mas bien a la circulacion exesiva de la calle Rivoli?» (Lefebvre, *Voie Publique*).

Las tres causas apuntadas: compresion en frio, construccion en tiempo húmedo i composicion del polvo, son de la mas grande importancia para el éxito de la operacion. Sin embargo, los injenieros americanos conocian mejor que nadie la influencia que ejercen tales circunstancias. ¿Qué motivo los obligó a aceptarlo? Esto es lo que no nos ha sido posible conocer i seria realmente del mas alto interes saberlo.

En la misma obra del señor Lefebvre, encontramos un fracaso análogo, esta vez con asfalto natural, que tuvo lugar en Paris, en la calle Neuve des-Petits-Champs. La destruccion fué completa en pocos meses. La calzada debió ser rehecha enteramente i al cabo de un año era irreprochable. Se reconoció que la destruccion se habia producido porque el polvo habia sido estendido i comprimido sobre un subsuelo húmedo.

En *Lóndres*, el asfalto Trinidad cubria el 1.° de Enero de 1901 mas de 24 000 metros cuadrados i, segun M. Tobie Claes, los servicios técnicos de la ciudad estaban de acuerdo en reconocer como bueno dicho pavimento, pero inferior al asfalto natural.

Segun contrato, el precio de ejecucion es de fr. 19.50 por metro cuadrado, comprendiendo los dos primeros años de garantía, i de fr. 0.48 por metro cuadrado anual, para la conservacion durante los 15 años siguientes:

Estos contratos a largo plazo, como lo observa mui bien M. Claes, permiten desinteresarse casi por completo de la calidad de la materia prima; puesto que la carga i responsabilidad, que puede orijinar, la asumen enteramente i de un modo efectivo los contratistas.

«Allí donde no se estuviera cubierto por un contrato semejante, agrega el mencionado injeniero, i donde el período de garantía fuese relativamente corto, evidentemente que no podria suceder así; i entónces talvez habria lugar a hacer notar que desde el punto de vista técnico *a priori*, la idea de unir dos sustancias de durezas tan desiguales como la arena i el Trinidad puro, para formar una mezcla que deba resistir a la circulacion

peca contra el principio de no componer jamas la superficie de rodadura de un pavimento sino con materiales de lo mas homojénios i de la mas igual resistencia posible. Miéntras que la dureza del asfalto Trinidad puro, puede ser avaluado en 3, la de la arena es de 7; i debe resultar que al cabo de poco tiempo, los granos de arena emerjen de la superficie jeneral, se van aislando poco a poco i concluyen por ser arrancados de sus alvéolos, formándose así pequeños agujeros cuyas paredes, constituídas por asfalto puro, no tienen ninguna resistencia por sí mismas. Bien pronto nuevos granos quedarán al desnudo i serán arrancados, i el deterioro jeneral progresará rápidamente.»

12. *Fundacion.*— La pavimentacion en asfalto comprimido, como cualquier otro buen pavimento de piedra o madera, exije una sólida fundacion.

El perfil trasversal de esa fundacion depende naturalmente del de la calzada por ser ámbos idénticos.

El bombeo tiene su principal razon de ser en la necesidad de facilitar el escurrimiento de las aguas lluvias, persiguiéndose un rápido desecamiento de la calzada. De aquí que el bombeo será mas necesario i mas pronunciado en las calzadas que, como el macudam, sean mas sensibles a los efectos del agua, que le ofrezcan mayor fuerza de absorcion o mayores dificultades de escurrimiento.

Por otra parte, el bombeo tiene sus inconvenientes: uno de ellos, i no pequeño, es el de ser la causa de que todo el tráfico, tienda a concentrarse en el centro, por la incomodidad que presentan las zonas laterales con acentuada pendiente trasversal.

De manera, pues, que hai interes en reducir al mínimo indispensable el bombeo.

El pavimento en asfalto comprimido, por ser impermeable i presentar una superficie lisa al escurrimiento de las aguas, posee tambien la ventaja de hacer posible el obtener una calzada casi plana, con lo que se logra un desgaste mas uniforme.

Así, se adopta para el pavimento en asfalto comprimido un bombeo de 1/80 a 1/100 del ancho de la calzada, lo que equivale a una pendiente trasversal de 0,02, al paso que esa flecha seria doble para el macadam.

Para ejecutar la fundacion, se sigue el procedimiento ordinario: se empieza por escavar i comprimir la caja de la carretera segun el perfil adoptado; viene en seguida la ejecucion del lecho de hormigon cuyo espesor depende de la resistencia del terreno, pero que ordinariamente es de 15 a 20 centímetros. En razon de la escasísima resistencia que tiene por sí misma la capa de asfalto, jeneralmente se exije que ese lecho de hormigon se haga de una sola vez en todo su espesor, comprobando cuidadosamente, por medio de piezas curvas o cerchas apropiadas, que su superficie quede rigurosamente paralela a la que tendrá la calzada. Con tal objeto se disponen convenientemente reglones de madera a lo largo de las cunetas, i aun otros intermedios si el ancho de la calzada lo impone, de manera que haciendo deslizar las cerchas sobre esos reglones pueda correjirse la fundacion hasta obtener que su superficie quede en contacto con las cerchas en todos sus puntos.

A veces es necesario proveer la fundacion de tubos de drenaje; pues se ha observado que por efecto de la humedad que pueda reunirse en la fundacion el asfalto se desagrega rápidamente.

En *Paris*, la composicion del hormigon hoi adoptada, despues de diversos ensayos, es

de 200 quilógramos de cemento Portland, por un metro cúbico de una mezcla compuesta de 1 de arena por 2 de guijarros. Terminada la ejecucion, para protejer el fraguado se estiende sobre el hormigon una lijera capa de arena.

En *Lóndres* se exije que el hormigon sea compuesto de una parte del mejor cemento Portland i de seis de piedras, libres de materias estrañas.

En *Berlin* las proporciones son: 170 quilógramos de cemento por 1 metro cúbico de una mezcla compuesta de 1 de arena por 2 de grava o piedra. Ademas, en Alemania se refuerza la fundacion en las líneas de tranvías, de modo que el asiento de la fundacion quede a 15 centímetros por debajo de los rieles. La zona así reforzada termina a unos 70 centímetros mas allá de los rieles. Fuera de esa zona, el espesor normal es de 20 centímetros. Cuando una calle que se va a asfaltar encuentra otra adoquinada, se remueven los adoquines vecinos para poder continuar la cama de fundacion del asfalto, con su mismo espesor, un metro mas allá de la interseccion de los dos pavimentos.

En *Estados Unidos* el hormigon de la fundacion se compone, por lo comun, de 1 de cemento natural por 2 de arena i 5 de piedras que pasen por un anillo de 5 centímetros, pero cuya menor dimension no sea inferior a 1 centímetro. Con el cemento Portland americano esas proporciones son ordinariamente: 1 de cemento, 3 de arena i 6 de piedras con dimensiones límites de 6 i de 2,5 centímetros.

En Norte América se emplea ademas una *capa intermediaria* bastante áspera i que, segun M. Vaillant, tiene por objeto ligar el asfalto del pavimento a la fundacion i evitar que la superficie se ondule. Su composicion és de 150 litros de cemento asfáltico (mezcla de 25 a 40 kilógramos de resíduo de petróleo por 100 de asfalto refinado) por 1 metro cúbico de piedrecilla dura i mui limpia, cuyas dimensiones estén comprendidas entre 15 i 30 milímetros. La mezcla se hace en la Usina calentando previa i separadamente la piedrecilla i el asfalto. Se la aplica caliente.

Tambien en Estados Unidos se han empleado los antiguos adoquinados como fundacion del asfalto.

13. *Ejecucion del revestimiento en asfalto.* — Antes de proceder a la ejecucion de la capa intermediaria de piedrecilla con asfalto, i a la del revestimiento con polvo asfáltico, es indispensable esperar que la fundacion, no solo haya fraguado por completo, sino que esté absolutamente seca, lo que requiere, con buen tiempo, al rededor de una semana.

No se debe, pues, hacer tales trabajos con tiempo húmedo: el asfalto caliente al ser puesto en contacto con la fundacion húmeda produciria una rápida evaporacion que impediria toda adherencia i ocasionaria la desagregacion de la masa.

Como se ha dicho ántes, el polvo asfáltico se emplea caliente, a una temperatura de 120 a 130 grados, calefaccion que en Paris se ejecuta en la Usina en tostadores cilíndricos que jiran lentamente i que con una carga de 3 500 kilógramos de polvo asfáltico emplean al rededor de una hora i cuarto. Dichos cilindros son de palastro, cerrados en sus dos estremos por fondos circulares, con aberturas en su centro por donde se les carga i se escapan los vapores durante la calefaccion.

El polvo en seguida es conducido al punto de aplicacion en carros de palastro construidos especialmente o de madera forrados en palastro, i de doble pared para dis-

minuir la pérdida de calor durante el trasporte. Con este mismo objeto se les cubre con tela impermeable. Como el polvo asfáltico es mal conductor del calor, con tales precauciones puede ser trasportado con caballos hasta 15 kilómetros de distancia sin perder mas de 2 o 3 grados en el camino.

Los carros empleados en Paris tienen una capacidad para 1 600 a 1 800 kilógramos de polvo, suficiente para obtener 15 a 16 metros cuadrados de calzada con 5 centímetros de espesor.

En carretillas se toma el polvo del carro i sobre la fundacion bien seca i limpia se le vierte suavemente empezando por las orillas i se la estiende con rastrillos, de manera a darle un espesor uniforme superior en un 40 a 50% al espesor definitivo que debe tener despues de comprimido.

Este espesor definitivo es jeneralmente de 5 centímetros. En algunas ciudades ha subido a 6 centímetros i en otras de Estados Unidos es solo de 37 milímetros.

Para que el espesor sea uniforme, ha debido tenerse cuidado de marcarlo ántes a lo largo de las piedras que limitan las veredas. La compresion se empieza por esas orillas con pisones rectangulares de unos 20×6 centímetros i lijeramente convexos, constituyéndose asi dos bandas en las cuales vienen a apoyarse las cerchas que permitirán igualar el espesor en todo el ancho.

Se continúa vertiendo el polvo asfáltico en el resto de la calzada, estendiéndolo, uniformándolo i comprimiéndolo con pisones circulares de unos 12 kilógramos de peso. En un principio la compresion es mui lijera i se van acentuando poco a poco los golpes de pison, recubriéndose en $\frac{2}{3}$ i avanzando en una línea casi perpendicular al eje de la calzada, volviendo en seguida hácia atras, siempre acentuando cada vez mas los golpes la compresion es completa a la tercera pasada.

Terminada la compresion, se emplea todavia polvo mui fino para rellenar las pequeñas desigualdades i se procede a *alisar* la superficie con un alisador especial que se compone de una plancha de hierro de unos $300 \times 120 \times 40$ mm, lijeramente convexa, provista de un mango. Dicho instrumento pesa al rededor de 17 kilógramos i se le calienta a unos 200 grados.

Cuando el asfalto empieza a enfriarse se le repasa con un cilindro de media tonelada movido a brazo.

Por fin se polvorea la calzada con arena fina i ántes de entregarla a la circulacion es necesario que el enfriamiento sea completo hasta el fondo de la costra, lo que requiere uno a dos dias segun la temperatura, no debiéndose apresurar ese enfriamiento con riegos.

14. En Alemania, despues del apisoneado provisional, se emplea frecuentemente un rodillo frio, de unos 0,80 m de diámetro, cuya superficie se frota con creta para evitar la adherencia del polvo asfáltico. en seguida se recurre a otro rodillo hueco, mucho mayor, que lleva fuego en su interior manteniéndose así la superficie de compresion a una alta temperatura. Por fin viene la compresion definitiva.

En Estados Unidos, se emplea el apisonado para las cunetas i demas partes en que los rodillos no podrian producir todo su efecto. La compresion de las partes regulares de la calzada se obtiene haciendo pasar primero un rodillo a mano de 200 a 500 kilógra-

mos; se continúa despues con otro a vapor de 2,5 a 5 i aun de 10 toneladas, que deben producir una compresion final de 30 kilógramos por centímetro cuadrado como mínimo. El cilindrado se hace en todas direcciones i debe orijinar una compresion uniforme de la masa. Los rodillos lijeros tienen su superficie aceitada automáticamente i ántes del cilindrado final se polvorea el asfalto con una tenue capa de cemento hidráulico.

La compresion, que debe ser ejecutada a fondo, dura a lo ménos 6 horas por mil metros cuadrados de pavimento, procediéndose rápidamente para que sea completa ántes del enfriamiento del polvo, sobre el cual el rodillo no debe dejar huella alguna de sus últimas pasadas.

La capa intermediaria se la ejecuta como el revestimiento de polvo asfáltico. Con las mismas precauciones se calienta, se trasporta i se estiende el material sobre la fundacion bien seca i limpia, dándole un espesor de unos 35 mm; se la comprime con un cilindro de 5 toneladas de modo que se obtenga una capa de 25 mm, bien uniforme i regular. A veces el espesor definitivo de la capa intermediaria ha sido de 37,5 milímetros.

15. En la ejecucion de la serie de operaciones necesarias para ejecutar el revestimiento de polvo asfáltico comprimido, i que hemos indicado rápidamente, se debe emplear mucha vijilancia i prolijidad.

Todos los útiles que intervienen con el polvo asfáltico caliente, como rastrillos, pisones, etc., son calentados tambien en hornillas portátiles i a una temperatura conveniente para impedir la adherencia del polvo. Con este mismo objeto se les frota a veces con un trapo humedecido en aceite.

El polvo debe ser puro, absolutamente exento de cuerpos estraños que concluirian por desprenderse dejando huecos que facilitarian la deterioracion.

Atencion especial merecen tambien las junturas. Se procura evitarlas en cuanto sea posible, en vista de que por una causa cualquiera puede producirse una contraccion del asfalto en esas junturas, dando paso así a las infiltraciones que son el mas temible enemigo del asfalto comprimido. Serian particularmente delicadas las junturas lonjitudinales, en las que puede concentrarse continuamente la rodadura de los vehículos.

Por esas consideraciones, se trata siempre de ejecutar la mayor superficie posible de revestimiento sin solucion de continuidad. Cuando deba forzosamente interrumpirse el trabajo segun una línea trasversal, la compresion suele detenerse a unos 20 centímetros del borde del polvo ya estendido, dejando así como proteccion una especie de caballete de asfalto sin comprimir en todo el largo de la juntura. Al recomenzar el trabajo, ese polvo suelto es reemplazado por otro caliente con el que se recubre tambien una estrecha banda de la orilla del pavimento ya ejecutado para resblandecerlo i asegurar mejor la soldadura de los dos trozos.

La compresion de una zona se empieza siempre por los bordes en que el asfalto tendrá contacto con otro material, es decir, se comenzará por las cunetas, por las partes contíguas al antiguo pavimento, a lo largo de los rieles de tranvías, de las tapas de cloacas, etc. En todos esos puntos el apisonamiento deberá ser particularmente esmerado, en atension a que allí los rodillos pueden no producir todo su efecto.

Es de toda necesidad que al verterse el polvo asfáltico sobre la fundacion, se pro-

ceda con suavidad i que se le estienda uniformemente, dejándolo igualmente suelto en todos sus puntos, a fin de que todas sus partes cedan tambien uniformemente a la compresion, único medio de evitar las irregularidades en la superficie definitiva. Esta parte de la operacion, es mas delicada de lo que aparece a primera vista i es menester encomendarla a un obrero intelijente, quien con su rastrillo debe remover oportunamente el polvo evitando los inconvenientes señalados.

Una cuadrilla compuesta de 16 hombres puede asfaltar en 12 horas 350 m. cuadrados, distribuyéndose los obreros así: 1 cabo, 1 para llenar las carretillas, 1 para el acarreo 1 para el rastrillo, 2 apisonadores para las cunetas, 8 ídem para la calzada, 2 alisadores. Todos los obreros que trabajan sobre el polvo asfáltico están calzados con zapatillas.

16. Reparaciones.—Apénas se note el mas pequeño deterioro, conviene proceder inmediatamente a repararlo, de otro modo la desagregacion crece rápidamente, haciéndose mayores los gastos i las molestias impuestas al público. El retardo en ejecutar las pequeñas reparaciones puede ser causa de que se deteriore tambien la fundacion, lo que exijiría para repararla mucho mas tiempo de suspension del tráfico.

Para ejecutar una reparacion, se hará en torno de la degradacion, i a cierta distancia de sus bordes, un rectángulo.

Con un hacha de mano, bien afilada, se corta netamente el asfalto siguiendo los lados de dicha figura, sin deteriorar el resto del pavimento; se limpian los bordes i la fundacion que queda descubierta; se vierte el polvo asfáltico caliente, recubriendo esos bordes para resblandecerlos, i se comprime como se ha dicho.

Conviene que se ejecute la reparacion de modo que, bien comprimido, el parche quede lijeramente levantado sobre la superficie jeneral de la calzada, en vista de que el tráfico continúa comprimiéndolo durante el primer tiempo.

En las reparaciones, lo mismo que en la ejecucion jeneral, segun se ha dicho, es una buena precaucion mui usada el embadurnar primero el borde de la juntura con *betun* asfáltico para asegurar mejor la soldadura i la impermeabilidad.

Las reparaciones deben ser hechas con el mismo cuidado i precauciones ya indicadas para la construccion del revestimiento. En primer lugar, debe pues, evitarse la humedad. Los inconvenientes de la humedad son tales i tan comprobados, que muchos contratistas de los mas espertos, cuando las deterioraciones tienen lugar en el invierno prefieren repararlas solo provisionalmente, rellenando el rectángulo con *betun* asfáltico, colocado en dos capas, que es reemplazado en la primavera por polvo asfáltico. I recurren a esa reparacion provisional a pesar de que, por ser quebradizo el betum asfáltico, a menudo tienen que rehacerla varias veces durante la misma estacion.

17. Conservacion —Para conseguir una fácil conservacion del pavimento, lo mas escencial es que, mediante un severo i minucioso pliego de condiciones i una vijilancia constante, se haya obtenido su construccion en las mejores condiciones posibles.

Ya hemos indicado la importancia de algunos detalles de construccion i los inconvenientes de que el polvo asfáltico sea demasiado rico o mui pobre en aglutinante. Si se aceptan tales defectos en las cualidades del material empleado, la buena conservacion se hará imposible i bien pronto no quedará otro remedio que rehacer por completo la calzada en debida forma.

La superficie del pavimento debe ser entregada completamente lisa, sin prominencias ni baches, de modo que bañándola con agua su desecacion se manifieste uniformemente sin dejar pequeñas lagunas.

Fuera del desgaste jeneral producido por el tráfico, desgaste que en un pavimento bien construido es bastante uniforme, las deterioraciones son debidas principalmente a la infiltracion de la humedad en la masa del asfalto. La mas insignificante grieta dará paso a las infiltraciones. Desde el momento en que haya humedad entre las fundacion i el revestimiento, la desagregacion avanzará rápidamente i la destruccion completa será segura mui pronto si las reparaciones no se ejecutan sin pérdida de tiempo.

Por ésto tambien, los baches o pequeñas lagunas, o la retencion prolongada de la humedad sobre la superficie, son una séria amenaza para la buena conservacion. Ese peligro es mayor para las cunetas, en donde van a reunirse, i detenerse a veces, las aguas i los orines de los caballos.

De todos modos es necesario evitar la humedad: para que ella no pueda subir del sub-suelo, se ha adoptado la fundacion con cemento hidráulico, habiendo dado malos resultados los de cal; para que no venga lateralmente, se suele bañar con alquitran o con betun asfáltico, ántes de empezar la construccion del revestimiento, los ángulos formados por la fundacion con las veredas o con los otros pavimentos, como asimismo las junturas con los rieles, tapas de cloacas, etc., líneas de union que dan paso a la humedad sin esas precauciones.

Las cunetas mismas, en donde, como hemos dicho, se estaciona mas humedad, se las recubre a veces con una capa de *betun* asfáltico caliente, hasta un ancho de 50 centímetros, colocado en el momento de la compresion. Otras veces se las adoquina con empleo de cemento hidráulico.

El agua que corre por la canaleta de los rieles de los tranvías eléctricos es tambien un sério inconveniente, puesto que por las junturas de esos mismos rieles se desliza hasta la fundacion. En Alemania se adopta un dispositivo especial para que el agua que cae en el riel sea conducida directamente a la cloaca.

En otras partes se disponen drenes que captan el agua que pueda reunirse en la superficie de la fundacion i la alejan o la sumerjen en el subsuelo.

Las cañerias de gas debajo del asfaltado, con los escapes que puedan producir, es otra causa de desagregacion.

La conservacion del asfalto comprimido en la vecindad de los rieles de tranvías ha presentado tambien las mayores dificultades, principalmente en las líneas eléctricas, cuyos vehículos por ser mas pesados producen trepidaciones que desagregan rápidamente el asfalto.

La dificultad de remediar estos inconvenientes, dice M. Tobie-Claes, es tan grande, que los injenieros de Hamburgo la declaran insoluble. Se han ensayado numerosos dispositivos. No ha dado resultado el solo empleo de una fila de adoquines o lozas a lo largo de los rieles. En Munich, con ayuda de cuñas i tablas provisionales de madera, se limita la fundacion de hormigon de cemento segun un plano vertical que dista unos 7 centímetros del riel; en la especie de zanja asi formada, cuyo fondo queda a 4 centímetros debajo de la patina del riel, se vierte un betun, compuesto de una parte de asfalto i dos de al-

quitran de hulla, hasta constituir una capa de 6 centímetros; despues, con esta misma mezcla i con piedrecilla calcárea, se forma un hormigon con el que se rellena la zanja, llegándose así a la superficie de la fundacion. Encima viene una capa de betun asfáltico de 1 centímetro de espesor que se estiende desde el riel, por uno i otro lado, hasta 10 centímetros mas allá de las paredes de la zanja rellenada. Por fin, se llega al nivel de la calzada con el mismo betun asfáltico estendido en contacto con el riel i en un ancho de solo 4 centímetros. Mas allá viene el asfalto comprimido.

Ademas, a la orilla de los rieles hai mucho mayor tráfico i en consecuencia una circunstancia mas que viene a empeorar las condiciones. Desde este punto de vista una fila de adoquines de piedra a lo largo de los rieles, con mortero hidráulico, remedia el inconveniente de ese mayor desgaste local.

17. Por otra parte, el asfalto, como cualquier calzada, reclama que el tráfico se haga en condiciones racionales, es decir, que exista una reglamentacion racional i efectiva del tráfico.

Así, por ejemplo, dejando de mano la suspension de los vehículos i otras exijencias conocidas, desde el solo punto de vista de la calzada no se hace indispensable disminuir simplemente el máximo de la carga, ni a veces es beneficioso poner tales trabas al comercio; pero sí es preciso subordinar discretamente la cuantía de la carga a la superficie de pavimento que efectivamente ha de soportarla; en otros términos, es necesario relacionar esas cargas con el número, ancho i diámetro de las ruedas.

El destrozo ocasionado por las llantas estrechas es reconocido por todo el mundo i el hecho siguiente lo pone de relieve: una compañía de trasportes urbanos de Nueva York solicitó la autorizacion para hacer un trasporte escepcional que pesaba 26 toneladas. La autorizacion le fué concedida, siempre que la compañía reparase a su costa los perjuicios que ocasionare a la vía: con tales condiciones, la referida empresa de trasportes se apresuró a hacer construir un vehículo especial, teniendo buen cuidado de dar a las llantas 20 centímetros de ancho.

Ademas de favorecer la conservacion del pavimento, otra ventaja de las llantas anchas es la disminucion que con ellas se obtiene en el esfuerzo de traccion.

Es obvio tambien que el pavimento debe ser conservado constantemente limpio, no solo para evitar fermentaciones de los detritos húmedos, que son antihijiénicos i perjudiciales al asfalto mismo, sino para hacer menos resbaladiza la calzada.

Apropósito de lo resbaladizo del asfaltado, haremos notar que en Europa se ha observado que los caballos modifican su modo ordinario de marcha para adaptarlo al nuevo pavimento, acostumbrándose a él, de modo que poco a poco van disminuyendo las caidas. Así en 1885 se observaron en Berlin 4 403 caidas de caballos en una superficie de 333 000 metros cuadrados de pavimento de asfalto, mientras que en 1887 hubo solo 2 456 caidas, aun cuando la superficie de asfaltado fué aumentada a 405 500 metros cuadrados.

Pero para que esa adaptacion sea hacedera, es menester que el caballo pueda ejecutar libremente sus movimientos, lo que es imposible con nuestro deplorable sistema de carretones i sus cargas absurdas, i principalmente con esos detestables i ridículos hábitos de conducir, mediante los que hasta el mas mínimo cambio de direccion es obtenido brus-

camente a empellones i caballazos. Si tales hábitos no se modifican, no habria por qué estrañarse de que aquí el asfalto dé lugar a un número mucho mayor de caidas que en otras partes.