

ANALES

DEL

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

CONSTRUCCION

DE CALZADAS DE ASFALTO COMPRIMIDO

Dentro de poco deben iniciarse aquí en Santiago los trabajos de pavimentacion de las calles con asfalto comprimido. He creído, pues, que es oportuno dar a conocer la manera como se ejecutan estos trabajos en Paris, ya que se van a hacer por primera vez en Chile.

Indicaremos primero como se ejecuta la cama de concreto de fundacion i despues nos ocuparemos de la calzada misma de asfalto comprimido.

I.--Ejecucion de la cama de concreto

Una vez preparada la caja de la calzada, se colocan (fig. 1) una série de estacas *e, e', e''* etc., que se nivelan perfectamente i se recortan a la altura que debe tener la cara superior del concreto (1), ménos el espesor de un liston de madera de que hablaremos mas adelante. En seguida se empareja el suelo, pisoneándolo i dejando salientes todas las estacas de 15 o 20 cm., es decir de una cantidad igual al espesor del concreto.

Sobre un entablado movable se vá confeccionando el concreto, cuya composicion es de 1 parte de arena por 2 de cascajo i 150 kgs. de cemento por m³ de concreto, de la manera siguiente: encima del entablado se coloca un cajon sin fondo de $\frac{1}{3}$ de m³; se traza interiormente a los $\frac{2}{3}$ de su altura una raya horizontal; se echa cascajo hasta esta raya; se llena el cajon con arena; i se agrega en seguida un saquito de cemento de 50 kgs. Se quita el cajon, dos hombres hacen la mezcla en seco por medio de palas, i despues otro operario va echando agua con regadera poco a poco, hasta que el concreto quede bien amasado. La piedra partida de 5 cm. la traen en carretillas que tienen su fondo formado de listones de madera, separados de 1,5 cm., i la riegan con agua antes de emplearla.

(1) Se determina esta altura tomando en cuenta que el perfil transversal de la calzada debe ser parabólica i que la flecha es dada por la fórmula:

$$F=0,012 \frac{L^2}{L-1}$$

en la cual *L* es el ancho de la calzada.

Lo primero que se hace es hechar una hilera de concreto de unos 40 cm. de ancho en una parte de la seccion MN (fig. 1) i en la parte del frente de la seccion $M'N'$, hasta que se pierdan las estacas e i e' ; encima del concreto i apoyándose en las estacas se colocan unos listones de madera que se aplastan con piedras, i que dan la forma del bombeo de la calzada.

En seguida rellenan de concreto la parte comprendida entre las secciones MN i $M'N'$ i, apoyándose en esos listones que forman el bombeo, pasan una regla de madera AB para emparejar el concreto, el cual lo alisan, por fin, con la pala.

Del mismo modo se continúa la operacion para adelante.

Esperan unos ocho dias para que el concreto fragüe bien, i solo entónces empiezan a colocar el asfalto.

II.— *Construccion de la calzada de asfalto comprimido*

Las operaciones que forman el conjunto de la aplicacion del asfalto a las calzadas son:

- La chancadura i pulverizacion de la roca;
- El calentamiento del polvo;
- El transporte del polvo caliente al pié de la obra;
- La operacion de estender el polvo;
- El pisonaje;
- El cilindrado.

Vamos a pasar en revista estas diversas operaciones.

Chancadura i pulverizacion.— La roca asfáltica es estraída de las minas en bloques del tamaño de los bolones brutos ordinarios. Estos bloques son pulverizados en chancadoras mecánicas de gran potencia, compuestos de un primer par de laminadores con dientes que comienzan por partir la roca i dejarla del tamaño de un huevo. Al salir del laminador de dientes, la roca cae en un pulverizador.

El aparato que conviene para este jénero de trabajo es la chancadora Carr de 1,30 m. de diámetro, marchando a 600 vueltas por minuto, i que puede pulverizar en tiempo fresco, hasta 6 toneladas de asfalto por hora. Exije, para hacer este trabajo, una fuerza de 40 a 50 caballos.

Este aparato da polvo relativamente fino, que debe sin embargo hacerse pasar por un tamiz. La malla de la tela metálica debe tener á lo más 2 á $2\frac{1}{2}$ m/m. de hueco.

El polvo recojido bajo el tamiz por un elevador, es llevado á los calentadores.

Calentamiento.— La roca pulverizada, recojida bajo el tamiz, está ya en estado de ser calentado.

El calentamiento puede hacerse ya sea sobre el decripitorio, que ha caído en desuso, o en aparatos rotativos, que son los que se emplean actualmente. Este aparato es por el estilo de un tostador de café, en el cual el cilindro móvil tiene unos 2 metros de diámetro por 2 de largo; su doble envoltura fija lleva una chimenea de palastro dispuesta de manera que el aire caliente enviado por el hogar no llegue a ella sino después de haber lamido toda la superficie exterior de este cilindro. El hogar, colocado bajo el cilindro, es

móvil; en este sentido, que puede deslizarse sobre un sistema de rieles, y retirarse lateralmente de manera que deje libre la parte inferior del cilindro. Debemos agregar que el cilindro móvil está montado sobre un árbol central cuyas estremidades se mueven en descansos que se apoyan sobre la envoltura fija, la cual es llevada por cuatro pies robustos, que son independientes del hogar.

Hé aquí la manera ahora como se hace la operacion del calentamiento.

Se introduce el polvo en el cilindro por una tolva colocada al frente de un hueco central que forma un vacío anular al rededor del eje, el polvo cae en el cilindro que, animado de un movimiento muy lento i provisto de láminas interiores fijadas segun las generatrices, toma este polvo, lo remonta un poco mas arriba que el nivel de su diámetro horizontal, y despues lo deja caer en forma de lluvia en el aire caliente que llena el cilindro. De esta manera el polvo es calentado, primero por su contacto con la pared metálica, i en seguida por el aire caliente en el cual se efectúa la caída.

Como el movimiento del cilindro es perfectamente regular, el polvo no queda sobre las láminas sino un cierto tiempo determinado i, cuando la operacion está terminada, sale del aparato a una temperatura uniforme.

Sucede sin embargo algunas veces que pequeñas cantidades de polvo se quedan en el ángulo formado por las láminas i la pared interior del cilindro. Calentadas por quedarse en ese mismo lugar, estas partículas se queman i forman una especie de coque cuya presencia en medio del asfalto es dañosa, por cuanto interrumpe la homogeneidad. Se ha hecho desaparecer este inconveniente agregando un martillo que, accionado por el cilindro, golpea en el medio del mismo cilindro i hace salir el polvo de los rincones i que era susceptible de quemarse.

Los aparatos rotativos, empleados para los trabajos de Paris, calientan a 130° o 140°, unos 1,200 kgs. de polvo por hora.

Cuando se juzga que el polvo está suficientemente calentado, se quita el hogar, haciéndolo deslizar en rieles. Se coloca en su lugar el carreton que debe transportar el polvo caliente al pié de la obra; en seguida se pára el movimiento del cilindro, de manera que una puerta que hai en su periferia se encuentre colocada justamente encima del carreton. Se abre esta puerta, i todo el polvo cae en el vehículo. Cuando éste ha partido, se cierra la puerta, se vuelve a colocar el hogar en su lugar, se recarga el cilindro i una nueva operacion de calentamiento comienza.

Transporte del polvo caliente.—El asfalto es mal conductor del calor. Esta propiedad ha simplificado considerablemente las dificultades de su preparacion, en este sentido que permite calentar el polvo en los cilindros i transportarlo caliente hasta el lugar de su empleo, sin que pierda una parte apreciable de su temperatura.

En efecto, el polvo cargado en los carretones con doble pared metálica i cubierto con una tela impermeable puede ser conducido a 8 o 10 kilómetros del establecimiento en que ha sido calentado, sin dejar en el camino mas de tres o cuatro grados de su temperatura.

Los carretones que transportan el polvo caliente llegan al lugar en que se va a aplicar tan cerca como sea posible del punto en que va a ser empleado, i de ahí se vacia por medio de palas en las carretillas que se dan vuelta para echarlo en el suelo.

Operacion de estender el polvo i pisonaje — La operacion de estender el polvo caliente exige de parte del obrero que la ejecuta gran habilidad i seguridad de mano. Este obrero es jeneralmente el cabo de la cuadrilla. Su rol es, en efecto, de lo mas importante: debe por medio de un simple rastrillo, igualar la capa de polvo exactamente al espesor necesario para obtener, despues de la compresion, el espesor definitivo prescrito. Debe ademas, mantener en cada parte de la capa un peso específico uniforme. El operario debe, pues, remover con los dientes de su rastrillo, el polvo de asfalto de tal manera que el peso de la unidad de superficie de esta capa uniforme sea en todas partes el mismo.

Para esplicar esta necesidad, señalaremos, por ejemplo, el hecho de que en todas las partes en que la carretilla ha vaciado su contenido, el polvo, comprimido por el choque de su propia caída, formaria infaliblemente una prominencia si el obrero con su rastrillo no igualara en todas partes la densidad.

Antes de estender el polvo, el asiento de la calzada debe haber sido preparado con todo cuidado i perfectamente barrido.

Hemos dicho que hoi día no se coloca asfalto comprimido sino sobre concreto de cemento mui resistente, de 15 a 20 c/m de espesor. (En Inglaterra i Alemania han llevado este espesor hasta 22 i aun 25 c/m). El sub-suelo sobre el cual viene el concreto, debe haber sido pisoneado i cilindrado de manera que sea incompresible.

Antes de colocar el polvo caliente, el concreto debe estar bien seco i fraguado, es importante no colocar este polvo sobre concreto aun húmedo; pues, si se olvida esta precaucion, el calor del polvo vaporiza el agua del concreto mojado, este vapor para escaparse busca un camino a traves de la costra asfáltica, i la divide en una infinidad de pequeñas fisuras, que le quitan lo compacto a la masa. Una calzada construida en estas condiciones está fuera de servicio al cabo de algunos meses. Hai que esperar unos cinco o seis días, a lo ménos, para que haya fraguado bien el concreto.

Las aplicaciones del asfalto comprimido dan mejor resultado cuando el trabajo se ejecuta en tiempo seco.

Suponemos, pues, que tomamos la cama de concreto bien seco; los obreros la cubren de una capa de polvo caliente de 6 a 7 c/m de espesor, si la costra definitiva va a tener 4 o 5 c/m; en seguida se procede al pisonaje.

Pisonaje. — Se comienza por comprimir las orillas, es decir los puntos en que el polvo está en contacto, sea con los bordes de las veredas, sea con una obra de asfalto anteriormente comprimido; si se debe continuar un trabajo comenzado el día ántes, e interrumpido por la noche, se limpia con cuidado el corte de la costra asfáltica ya enfriada; i se la recubre con polvo caliente, en seguida se quita este polvo i se le reemplaza, por el que debe venir definitivamente. Este, comprimido vigorosamente, se solda fácilmente con la obra hecha el día anterior; las juntas así hechas apenas se notan.

El pisonaje de las orillas se hace con piones de fierro rectangulares, de 20 c/m de largo por 5 c/m de ancho (fig. 1); la superficie de compresion es reducida para que la compresion sea mas enérgica. Una vez que se han hecho las juntas, se procede al pisonaje de la masa. Se sirven para esto de piones de fundicion de forma circular, que tienen de 15 a 20 c/m de diámetro (fig. 2). Los piones de una i otra forma son calentados

préviamente, a fin de que no se enfrie el polvo por comprimir, en un pequeño calentador como el de la (fig. 3) (1).

Cuando la costra asfáltica está reducida por el pisonaje a su espesor definitivo, i que ha tomado el grado de compresion que se queria, se la recubre, por medio de un tamiz, de polvo mui fino, que llena todas las desigualdades dejadas por el pisonaje i se alisa toda la superficie con un trozo de fierro plano, que tiene la forma de la (fig. 4), i que está calentado al rojo naciente.

Especialmente en la orilla de la calzada, es decir en la parte en que corren las aguas, en un ancho de unos 30 c/m., echan asfalto mastic molido, espolvoreado como arena, i despues con este mismo aparato (fig. 4) calentado, derriten este asfalto i dejan esa parte completamente alisada i como barnizada.

Cilindrado.—Se completa la compresion haciendo pasar sobre la costra asfáltica todavía caliente, dos rodillos de fundicion uno de 200 k. i el otro de 1,500 k.

Este cilindrado no es siempre necesario, i, en muchos casos se ha suprimido. Talvez el pisonaje basta.

En la figura 5 tenemos un esquema del rodillo o cilindro que ví funcionar en Paris en los trabajos de renovacion del pavimento de la calle Scribe. Era movido por dos hombres solamente. El rodillo es de fierro de fundicion i lleva un compartimiento que se puede ecargar.

ELEAZAR LEZAETA

Ingeniero civil

Santiago, 30 de Noviembre de 1904.

ALGUNOS DATOS COMPLEMENTARIOS

Principales minas de asfalto.—En Francia existe la mina *Seysse* en el departamento de Ain, cerca del deslinde con Italia. Se estiende en las dos márgenes del Ródano, i la capa tiene un espesor de m. 2,50 a m. 3,00 alcanzando en un punto hasta m. 8,00 de espesor. Pertenece a la Compañía de Asfaltos de Paris.

Otra mina es la de *Val-de-Travers* en Suiza, en el canton de Neuchâtel, esplotada por una compañía inglesa.

(1) Proceden de la manera siguiente al pisonaje del asfalto: echan una faja de un metro en todo el ancho de la calle, i una cuadrilla de unos doce hombres con pisones calientes lo van comprimiendo. Los operarios trabajan con zapatillas.

En Sicilia se encuentra la mina de *Ragusa*, que alcanza a una potencia de 30 metros. Esta sola mina podria abastecer al mundo entero. Es explotada por cuatro compañías diferentes.

Estas tres minas son actualmente las mas importantes que existen. Fuera de ellas hai otras de menor importancia, como estension i como calidad del material en Francia, Alemania, Italia i España.

Densidad del asfalto.—Peso medio del metro cúbico de asfalto (calcárea betuminosa), en masa compacta..... 2,235 Kgs.

Peso del m³ de asfalto en trozos de 8 cm..... 1,400 »

Peso del m³ de asfalto en polvo, que haya pasado por un tamiz de mallas de 2½ m/m..... 1,400 »

Peso del m³ de asfalto comprimido..... 2,300 »

Composicion del concreto de fundacion de asfalto comprimido.—La composicion del concreto de fundacion del asfalto comprimido, en uso en los trabajos de Paris, es la siguiente: el concreto se compone de una parte de arena, dos partes de cascajo i cantidad variable de cemento. Se emplearon 200 kgs. de cemento por m³ de concreto, pero se ha bajado a 150 i aun a 120 kgs.

Para los trabajos de asfalto comprimido se exige el empleo del cemento, que es impermeable, proscribiendo el uso de la cal.

El concreto se confecciona de la manera siguiente: se toma un cajon sin fondo de ½ a ¼ de m³; se traza interiormente una raya horizontal a los ⅔ de su altura; se echa cascajo hasta esta raya; se llena el cajon con arena; i se agrega en seguida la cantidad de cemento determinada. (Por ejemplo, si el cajon es de ¼ de m³ i se ha consultado la cantidad de 120 kgs. de cemento por m³ de concreto, se agregarán 30 kgs. de cemento). Se quita el cajon, se hace la mezcla en seco por medio de palas, despues se echa el agua necesaria poco a poco, con regaderas, i cuando todo esté bien amasado, ya estará el concreto en buenas condiciones para emplearlo.

Fórmula para determinar el bombeo de las calzadas de asfalto de Paris.—Mr. Allard, ingeniero en jefe de puentes i calzadas, director del servicio de la via pública de Paris, ha propuesto la siguiente fórmula para calcular la flecha del perfil parabólico de las calzadas de asfalto comprimido:

$$F = 0.012 \frac{L^2}{L-1}$$

en la cual *L* es el ancho de la calzada.

He aquí el cuadro de las flechas i bombeos que resultan de la aplicacion de esta fórmula:

ANCHO DE LAS CALLES	Ancho L de la calzada asfaltada	Flecha F dada por la fórmula	Bombeo o sea relacion $\frac{F}{L}$ entre la flecha i el ancho
	m.	m.	
Calle de 10 m.	6,60	0,094	1/70
12	7,20	0,100	1/72
15	9,00	0,122	1/74
20	12,00	0,157	1/76
Bulevares i avenidas.	14,00	0,181	1/83
	16,00	0,205	1/83

Duracion de las calzadas de asfalto comprimido.— En una calle en que el asfalto natural duraria 15 años, se puede admitir que el asfalto falsificado, preparado con cuidado, resistirá 5 o 6 años i el falsificado de mala calidad 2 a 3 años.

Costo comparativo, en Paris, de la calzada de asfalto comprimido i de madera

El asfalto de 0,05 m. de espesor, colocado sobre concreto de cemento de 0,15 m. de espesor, adoptado en Paris por las calles de circulacion ordinaria) se paga el m ² a	19,50 fr.
La conservacion de esta calzada, por m. ² i por año, despues de veinte meses de conservacion gratuita, cuesta a la ciudad	2,00 »
En las calles de gran tráfico, el asfalto puesto con 0,06 m. de espesor, sobre 0,20 de concreto, se paga el m ² a	23,00 »
El precio de conservacion es el mismo que para las otras calles, o sea por m ²	2,00 »
El pavimento de madera de pino de 0,15 m. de espesor, colocado sobre concreto de cemento, cuesta el m ²	23,00 »
Su conservacion es pagada con una garantía gratuita de seis meses, el m ² ...	2,60 »

ELEAZAR LEZAETA A.



fig. 1

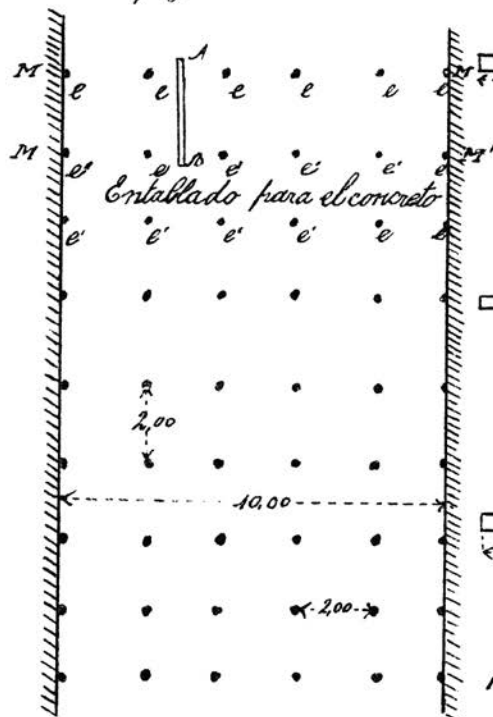


fig 2.

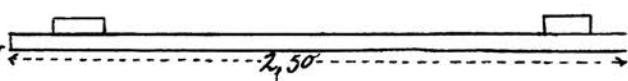


fig 3

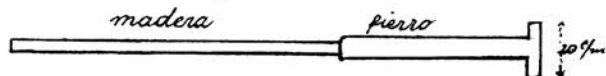


fig 4

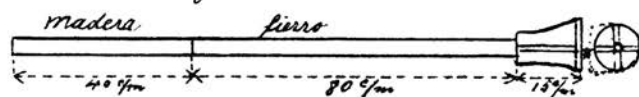


fig 5

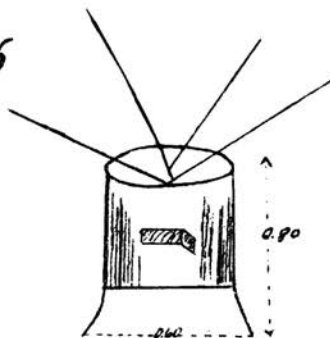


fig. 7

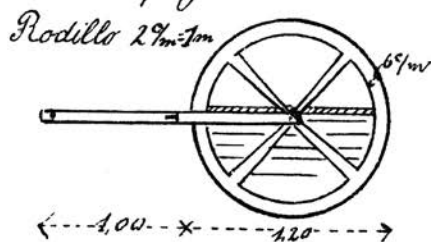


fig 6

