

Los pavimentos de bajo costo en los caminos de la Argentina

por el Ing. A. C. LOPEZ AIRAGHI
del C. A. I.

Es lamentable que en nuestro país haya todavía personas que crean necesario recurrir a técnicos extranjeros cuando se trata de iniciar nuevas obras de ingeniería.

Hace muchos años, no sé dónde, leí la siguiente frase que quedó grabada en mi memoria: "Es un mal de nuestro país dudar de nuestras fuerzas; es pecado juzgarnos incondicionalmente inferiores al extranjero; es servilismo inclinar nuestros valores ante la fama de otros; es forjar nuestra impotencia futura".

O es que todavía creen que por atavismo de raza, por la naturaleza indolente que se nos achaca, somos incapaces de llevar adelante gigantes obras de ingeniería, que a través de los años resistan con su valer la obra demoledora del tiempo.

Halagador para nosotros es poder observar que todas las obras construídas por ingenieros argentinos: las de hidráulica, las de irrigación, las de dragado, los puertos, puentes y ferrocarriles, resistiendo los embates del tiempo, cumplen irreprochablemente la misión que les fué asignada, dando un rotundo mentís a los que todavía creen que sólo los privilegiados cerebros extranjeros son capaces de llevarlas a cabo.

Hoy surge una nueva obra de la ingeniería argentina, retardada en su labor inicial, con ritmo lento para la impaciencia general, pero que día a día tomando mayor incremento se coloca entre las primeras actividades del país. Me refiero al problema vial, que a sólo 4 años de la promulgación de la Ley de Vialidad se encuentra en pleno período de ejecución.

Eso se ha conseguido única y exclusivamente mediante la preparación de programas bien estudiados, eficaces directivas, y con la colaboración entusiasta de un selecto número de ingenieros argentinos. Corresponde ahora hacer efectivas esas colaboraciones de acuerdo a la capacidad y especialidad demostrada por cada uno de ellos en el nivel que les corresponde,

obteniéndose así una mejora siempre creciente en la técnica puesta al servicio de un campo práctico de no difícil adaptación.

Para muchas personas a quienes sus actividades los tienen reclusos en la Capital Federal



FIG. 1. — Ruta 14. Camino de Buenos Aires a las Cataratas del Iguazú. Capillita antigua en Federación, Provincia de Entre Ríos.



FIG. 2. — Ruta 272. Camino a Paso Schults por Río Mayo. Territorio del Chubut.



FIG. 3. — Ruta 7. Camino Internacional a Chile. Entrada al Paramillo de las Vacas. Provincia de Mendoza.

sólo existen los caminos a Mar del Plata, Rosario y Córdoba. A ellas debemos demostrarles que el trabajo que se efectúa en materia vial abarca la superficie total de la Nación: El se realiza en las selvas del Chaco y Misiones abriendo nuevas rutas al interés general, llega hasta los confines más remotos de la Patagonia dominando sus paisajes de belleza salvaje; y en nuestra dilatada Pampa, en los arenales de La Rioja, en las serranías andinas, traza rutas interminables, aproximando a los ojos ávidos del viajero regiones hasta ayer desconocidas para él, incitándole a recorrer caminos que antes lo hubieran hecho cavilar.

Ya no es la carretera una vía secundaria con respecto al ferrocarril, sinó que lo sustituye en zonas urbanas, compite con él en distancias medias y lo complementa en el tráfico a gran distancia.

La importancia de ello es grande, máxime si se tiene en cuenta nuestra condición de nación joven y las dificultades que debe sobrellevar.

La transformación en el transporte de personas y materiales trajo consigo infinidad de problemas desconocidos hasta hace poco, al extremo que muchos caminos resultaron incómodos, de poca seguridad, e insuficientes para el tráfico. Esto ha sido solucionado mediante un plan racional a realizar en etapas sucesivas, en las que — teniendo en cuenta la velocidad siempre

creciente de los automóviles y el incremento del tráfico — se realizará el perfeccionamiento de nuestras carreteras. A su vez estas últimas con sus mejoras, incrementarán el número de vehículos que circulen por ellas. Esto representará uno de los factores que contribuirá al progreso de la Nación y a su desenvolvimiento industrial.

El estudio de los caminos, en especial de los pavimentos, se ha perfeccionado y acentuado en estos últimos años, en los que atendiendo a las limitaciones económicas se ha debido hacer frente a nuestras distintas gamas de suelos, tratándose al mismo tiempo de que el costo de transporte sea mínimo; éste depende esencialmente del costo de explotación de los vehículos y está ligado en forma directa al tipo y costo de las calzadas.

Vemos pues que el costo de estas últimas es factor principal en la economía de los transportes; para que éste sea mínimo se ha seguido siempre el axioma de que sea el tráfico que justifique al camino.

“The Asphalt Institute” de EE. UU. de Norte América ha realizado estudios tratando de buscar relaciones entre el tipo de pavimento y el número de vehículos que lo justificaría, llegando a establecer que:

De 0-100 vehículos por día:

Calzadas de tierra natural, niveladas y drenadas.

De 100-300 vehículos por día:

Materiales seleccionados para afirmados, tales como mezcla de arena y arcilla, etc.

De 300-500 vehículos por día:

Los mejores materiales seleccionados y gravas, algunas veces con tratamiento superficial.

De 500-1500 vehículos por día:

Tratamientos superficiales sobre los materiales arriba mencionados y mezclas en el camino.

De más de 1500 vehículos por día:

Hormigón, hormigón asfáltico, macadam asfáltico a penetración.

Vemos pues, que dentro de las limitaciones correspondientes a una escala ajena a nosotros, la mayoría de los caminos de nuestro país los podemos incluir en los cuatro primeros grupos, esto hace que el problema del pavimento de bajo

costo y tierras mejoradas adquiriera un interés fundamental.

Los métodos con los que se estudia la calzada en la actualidad difieren notablemente de los que existían 5 años atrás, ellos tienden a obtener superficies duras, antideslizantes e impermeables, con una menor inversión de los fondos disponibles mediante una intensificación de la técnica empleada.

Factores previos a toda mejora o tratamiento son: drenaje excelente desde un extremo al otro del camino; uniformidad del material de la calzada de manera que, teniendo siempre la misma característica, evite la formación de baches.

En la elección del tipo de calzada rol preponderante juegan los materiales locales: estos, para ser empleados provechosamente, deben ser sometidos a cuidadosos ensayos de laboratorios, en los que seleccionándolos y mezclándolos en debida proporción permite así utilizar los que antes se desechaban.

¿Cómo lo obtenemos? En base a una técnica más esmerada, a un control riguroso durante la ejecución, y a una selección meticulosa de los materiales locales, agregándole un material granular si son suelos "inesqueléticos" o un material fino si están formados por grava o arena. Con ello transformamos suelos inestables en revestimientos estabilizados los que poseen: fricción, suministrada por el agregado pétreo — pedregullo, grava, arena —, que constituyendo de un 50 a 80% del total resisten al impacto y desgaste; cohesión, mediante la cual las partículas gruesas no se separan por acción de las cargas, el limo actuando como relleno y las arcillas suministrando diminutos poros que originan delgadas partículas de agua de alta tensión superficial, dan lugar a ella.

Analicemos separadamente los términos: estabilidad, fricción y cohesión.

ESTABILIDAD: La aplicación de una carga sobre un suelo, produce un hundimiento en el



FIGURA 4. — Vista de la cantera Los Nogales, Prov. de Buenos Aires. Una de las de mayor producción en Sud América.

No solamente ésto, sino que diferentes mezclas, con igual poder portante, tendrán distinto costo, todo estriba en buscar el mínimo de ellos: En la revista "Camino", N° 18, el ingeniero E. Humet da al contratista las normas mediante las cuales puede, satisfaciendo las exigencias de la especificación, obtener revestimientos estabilizados con un costo mínimo.

punto de aplicación y levantamiento en las zonas contiguas. Definiremos entonces la estabilidad como la mayor o menor resistencia al escurrimiento lateral bajo la acción de las cargas.

FRICCIÓN: Es la resistencia al resbalamiento o deslizamiento de una partícula sobre otra, siendo directamente proporcional a la presión ex-

terna ejercida sobre el suelo. Aumenta con la compactación. Las arenas en los suelos y el agregado pétreo en los tratamientos bituminosos son los materiales que dan lugar a ella.

COHESION: Es la adherencia o resistencia que ofrecen las partículas del suelo a separarse, es decir, la tensión superficial que existe entre ellas. Depende del grado de compactación y humedad. Es ajena a la presión externa. Se obtiene por medio de arcillas coloidales en suelos estabilizados, suplementada por humedad; por humedad, retenida o sostenida mediante agregados de $Cl Na$ o $Cl_2 Ca$; por películas de agua en suelos arenosos; por recebado de cerniduras calcáreas en el macadam; y por betunes en las mezclas con asfalto (road mix).

En lo que respecta al tamaño y proporción de los agregados se determinan por ensayos granulométricos. Las condiciones ligantes de la mezcla, o sea su cohesión, por medio de los ensayos de límite líquido y límite plástico cuya diferencia nos da el índice de plasticidad, es decir un número indicativo de la plasticidad del suelo. Su

Podemos indicar la cohesión en las distintas zonas, mediante los siguientes índices:

Zonas húmedas IP menor de 3: buena cohesión
 Zonas medias IP de 4 a 8: buena cohesión
 Zonas secas IP de 4 a 15: buena cohesión
 mayor de 15: inadecuada cohesión.

Dentro de los rangos fijados, conviene elegir el menor de los índices de plasticidad para revestimientos a cubrirse con tratamientos bituminosos en regiones de abundantes lluvias, y los más altos para revestimientos que sirvan de superficie de rodamiento en regiones secas.

La importancia que reviste la exacta determinación del índice de plasticidad puede verse en la citada publicación del ingeniero E. Humet; el procedimiento para su obtención está claramente explicado en las publicaciones técnicas de la D. N. de V.

Explicado así superficialmente el principio que rige los suelos estabilizados, vemos que en lo referente al cumplimiento de especificaciones



FIG. 5. — Aspecto superficial de un suelo clasificado como A_7 .



FIG. 6. — El mismo, una vez terminado el revestimiento estabilizado.

determinación se hace sobre la fracción que pasa el tamiz N° 40 (abertura 0,42 mm.). Cuanto más alto es el mismo, mayor es la plasticidad que posee, es decir, mayor será la cantidad de arena que pueda mezclarse con el suelo sin que pierda sus condiciones de plasticidad.

de granulometría y plasticidad, y en la elección de materiales para obtener mezclas correctas y económicas, no ofrece dificultades. Pero dentro de su misma sencillez encontramos como se vuelve complejo, cuando para cada Provincia, para cada Territorio, es necesario estudiar algo

nuevo para una mejor adaptación de los materiales locales. Es entonces cuando se requiere la ayuda del Laboratorio, en el que al especialista en suelos le corresponde discernir sobre la composición y propiedades de los mismos, mediante análisis mecánicos que indicarán su granulometría, y por medio de las llamadas "constantes físicas" que darán una clasificación en relación con su comportamiento.

Según el predominio y relación de esas constantes, se han dividido los suelos — adoptando la sistemática de Terzaghi y Hogentogler — en ocho grupos, cuyas características para cada uno las podemos resumir así: A₁ y A₂ suelos excelentes como superficies de rodamiento, mayor estabilidad en el 1 que en el 2; A₃ bueno como soporte, arenoso; A₄ y A₅ suelos limosos, con y sin elasticidad; A₆ y A₇ suelos arcillosos, con y sin elasticidad, en el 7 predominan los coloides; A₈ suelos provenientes de descomposición de materias orgánicas, malísimo como soporte.

Es pues, en base a estas determinaciones previas que se estudia el mejor comportamiento de los suelos como superficies de soporte, en los que, mediante la inclusión de los materiales necesarios para su estabilización, se obtienen revestimientos de alto poder portante que satisfaciendo las exigencias de granulometría y plasticidad reúnen la condición de ser los más económicos.

Muchas veces, sobre las bases citadas anteriormente, se proyectan revestimientos bituminosos: es al químico a quien corresponde entonces determinar en los productos asfálticos la presencia de sustancias nocivas, la evaluación del agua, la viscosidad, ductilidad, volatilidad, solubilidad en S₂ C, etc.

Cabe preguntarnos qué factores predominan en la elección de esos tratamientos. Como se indicó anteriormente, el tráfico y las condiciones locales serán los que justificarán el tipo de calzada a adoptar. En base a dichos factores se fija la cantidad de dinero a invertir, y en base a tal cantidad se proyecta el tratamiento requerido.

Una escala ascendente de los tratamientos bituminosos utilizados en el país, de acuerdo a su importancia, podría ser la siguiente:

1) Paliativo de polvo.

Consiste en riegos con aceites livianos de ba-

ja viscosidad, sobre superficies libres de polvo y material suelto, secas en toda su extensión. Este material se aplica en frío, a razón de 2 a 4 l/m² de acuerdo al poder absorbente de la superficie.

2) Aceitado de suelos.

Consiste en riegos sucesivos, en distintas etapas, con road oil o cut back (MC1) sobre superficies compactadas, libres de material suelto y con humedad adecuada. Se aplica en frío o ligeramente calentado, en una cantidad total de 4 a 7 l/m² según la naturaleza de las superficies.

3) Tratamiento secativo, "Blotter".

Previa preparación de la base se efectúa un riego de imprimación de 1,5 a 2 l/m² con un producto bituminoso de endurecimiento lento (SC2), calentado a unos 60° C., seguido de otro riego de 1,2 a 1,5 l/m² del mismo material, el que de inmediato se recubre con un agregado granular a razón de 30 a 40 Kg/m².

4) Tratamiento bituminoso superficial.

De acuerdo a los métodos de trabajo lo podemos dividir en:

a) Tratamiento superficial común.

b) Tratamiento superficial tipo "sandwich".

Dentro de estos dos tipos generales haremos subdivisiones según el material empleado: cut back, cemento asfáltico, alquitrán, o emulsión.

a₁) Previa preparación de la base se efectúa un riego de imprimación de 1,5 l/m² — con road oil, cut back MC1, alquitrán — a la temperatura que indique la especificación; cuando este material haya penetrado totalmente y la superficie esté en condiciones se efectúa un riego de 1,5 l/m² de material bituminoso de sellado — cut back RC1, cemento asfáltico, alquitrán refinado, emulsión asfáltica de rotura rápida — calentado a la temperatura que corresponde, el que se recubre de inmediato con una delgada capa de agregado granular a razón de 15 a 25 Kg/m².

a₂) Igual al apartado a₁), con la diferencia de que el riego bituminoso de sellado se efectúa después de la distribución del agregado granular.

b₁) Sobre una base preparada se efectúa un riego de imprimación a razón de 1,5 l/m² de — cut back MC1, alquitrán, road oil — a una



FIG. 7. — Distribución de agregado pétreo sobre una superficie previamente imprimada: al fondo la misma.



FIG. 8. — Aspecto de la calzada una vez ejecutado el tratamiento bituminoso superficial.

temperatura que permita un riego uniforme; cuando la superficie esté sólidamente ligada se efectúa un riego bituminoso de $0,75 \text{ l/m}^2$ de — cut back RC1, alquitrán refinado — a la temperatura de 50°C . como máximo, inmediatamente se distribuye de 16 a 20 Kg/m^2 de agregado pétreo, seguido de un riego de $0,75 \text{ l/m}^2$ del mismo material anterior, aplicándose después 4 Kg/m^2 de grancilla.

b₂) (Con emulsión) Preparada la base se efectúa un riego aproximadamente con 1 l/m^2 de agua; diez horas después un riego de $1,25 \text{ l/m}^2$ de emulsión lenta, seguido de una distribución de 18 a 24 Kg/m^2 de agregado pétreo, efectuándose inmediatamente un segundo riego de emulsión de $1,75 \text{ l/m}^2$, procediéndose luego igual al apartado b₁).

5) Tratamiento bituminoso superficial "Armor coat" (Empleado en el país generalmente sobre bases de tosea).

Consiste en aplicar, sobre una base de tosea preparada convenientemente, un riego de imprimación de $1,5 \text{ l/m}^2$ de road oil liviano calentado a temperaturas comprendidas entre 60 y 80°C . Cuando la superficie haya ligado uniformemente se efectúa un riego de sellado de $0,6 \text{ l/m}^2$ de un aceite pesado calentado a temperaturas comprendidas entre 150 y 200°C . De inmediato se

distribuye 35 Kg/m^2 de agregado grueso. Previo alisado y cilindrado se aplica un segundo riego a razón de $1,7 \text{ l/m}^2$ en la misma forma del anterior, seguido de una distribución de 11 a 14 Kg/m^2 de agregado fino.

6) Recubrimiento bituminoso: penetración invertida.

Sobre una base perfilada, compactada, libre de polvo y material suelto, se efectúa un riego de imprimación — con road oil, alquitrán, cut back MC1 — calentado a la temperatura que corresponda a razón de $1,7 \text{ l/m}^2$. Cuando esta imprimación haya penetrado y ligado perfectamente la superficie, se efectúa un riego bituminoso con cemento asfáltico a razón de 2 l/m^2 , calentado entre 160 y 190°C ., seguido inmediatamente de una distribución de 25 Kg/m^2 de agregado grueso. Cuando esta superficie esté en condiciones se procede a efectuar un primer riego de sellado con RC1, aplicándose sobre el mismo unos 10 Kg/m^2 de agregado fino, procediéndose entonces a efectuar un segundo riego de RC1. En estos dos riegos de sellado, se emplea una cantidad total de $1,3$ a $1,6 \text{ l/m}^2$.

Estos revestimientos, hechos con mezclas en el camino, tienen todos espesores menores de $2,5 \text{ cm}$., que corresponde al límite de separación con los revestimientos de mayor espesor llamados comúnmente carpetas asfálticas; estas las podremos dividir en:



FIGURA 9. — Tratamiento superficial. Florida, EE. UU. de Norte América. Fotografía de la Dirección Nacional de Vialidad.

1) Base bituminosa. Mezcla en sitio (*).

Se trata de una mezcla hecha en sitio, formada por un suelo local — con preponderancia de limo y arena muy fina — y un asfalto diluido (SC2) o road oil. Generalmente como carpeta de desgaste se ejecuta un tratamiento superficial.

2) Carpeta de 5 cm. de espesor con piedra y cut back.

a) Mezcla en calzada.

Consiste en una mezcla hecha en la calzada de agregados gruesos y finos ligados con un material bituminoso, que se extiende sobre una base previamente preparada con riego imprimador.

b) Mezcla en usina.

La mezcla constituida por agregados gruesos y finos con un material líquido, hecha en usina, se extiende sobre una base previamente preparada. Esta mezcla en planta fija posee la ventaja de permitir pesar y calentar los materiales antes de ser mezclados.

(*) No se trata en realidad de un tratamiento sobre una base preparada, sino de un revestimiento estabilizado con un material bituminoso; se incluye entre las carpetas a los efectos de una mejor clasificación de las mismas.

En ambos casos a) y b), como carpeta de desgaste se efectúa un sellado que consiste en un tratamiento superficial.

De la extensa gama de estos mejoramientos, aplicados todos en algunos de nuestros caminos, puede deducirse la importancia creciente que día a día adquieren estos tipos de calzadas, que llegarán a constituir en un futuro cercano la mayor parte de los caminos mejorados de la Red Vial.

Debo agregar que los caminos de bajo costo, al poderlos construir en mayor extensión que si se tratara de calzadas de hormigón o macadam, permitirán sacar del aislamiento espiritual a los pueblos de las más apartadas regiones; al acercar centros de industrias, comercio y producción, formarán las arterias vitales del país; y acortando distancias, uniendo corazones, constituirán la mejor ruta para el vehículo de la paz, garantía de unión y amistad entre los países más extremos del continente.

BIBLIOGRAFIA :

Ingeniero E. Humet: "Suelos estabilizados", revista "Camino", N° 18 — Publicaciones técnicas de la Dirección Nacional de Vialidad.