CARRETERAS

ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS

AÑO XXXIII - N°126 ENERO-MARZO - DE 1988





INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO

Promueve y difunde el uso del Cemento Portland

- ASESORAMIENTO TECNICO A — Reparticiones públicas, Entidades profesionales, Arquitectos, Ingenieros, Empresas Constructoras.
- LABORATORIOS — Ensayos de morteros y hormigones, mezclas de suelo-cemento, elementos premoldeados y estudios relacionados con la especialidad. Dosificaciones.
- PUBLICACIONES — Revistas, Boletines, Folletos, Informaciones Técnicas.
- BIBLIOTECA — Técnico-especializada, de carácter público, en su Sede Central.

1940 — 1987

SEDE CENTRAL
Calle San Martín **1137**
1004 — Bs. As.

DEPTO. DE INVESTIGACIONES
Capitán Bermúdez **3958**
1638 — Vicente López

10 SECCIONALES
En todo el país

PROMOVER EL CONSUMO DE CEMENTO PORTLAND

ES CRECER CONSTRUYENDO EL PAIS

3M

... EN LA SEGURIDAD!

No todas las zonas en construcción son iguales

El 85 por ciento de los accidentes fatales nocturnos en las zonas en construcción involucran objetos fijos como obstáculos, lo cual indica una mala percepción de las distancias por parte del conductor. Las fatalidades además no involucran conductores solamente.
Un 16 por ciento de dichos accidentes involucran peatones tales como los trabajadores de la zona en construcción.
La construcción de carreteras aumenta cada vez más y con ello aumentan también los accidentes.

LOS CONDUCTORES NECESITAN CANALES CLAROS DE NAVEGACION

Para guiar a los conductores en forma segura a través de un laberinto de zonas en construcción, usted necesita marcar claramente las reducciones de anchura, las transiciones, los cambios de carril, los cruces de un carril a otro y las curvas.

Estudios realizados muestran que una línea larga continua proporciona la mejor referencia visual para ubicar al vehículo en forma lateral en el carril.

Las marcas y láminas de 3M para el pavimento están diseñadas para prevenir desviaciones y el manejo sobre carriles adyacentes, ayudándole a proporcionar un camino seguro y claro a través de la zona en construcción.

SEÑALES

El color naranja ha sido seleccionado para todas las señales de precaución en las zonas en construcción y mantenimiento.

Este color llamativo que cae entre el amarillo de precaución y el rojo de peligro, identifica instantáneamente los peligros potenciales de las zonas en construcción,y ayuda de esta manera a reducir el número de accidentes.

...UD. TIENE UNA NECESIDAD...

3M ARGENTINA LA SOLUCION...

¡...Lo esperamos...!

LIC. GERMAN LABORDE

PROD. REFLECTIVOS Y DECORATIVOS

665-0661/65

LOS ARBOLES 842 - HURLINGHAM

la Construcción

SOCIEDAD ANONIMA COMPAÑIA ARGENTINA DE SEGUROS

Paseo Colón 823 — Buenos Aires

Tel. 362-5388-8463-9625

361-2708-2438-9759

La ruta de máxima seguridad.

AL SERVICIO DE TODAS LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS DEL PAIS



CARRETERAS

AÑO XXXIII - Nº 126
ENERO - MARZO DE 1988
Impresa en la República Argentina

Correo Argentino Central (B) | Franqueo Pagado Concesión Nº 5942 | Interés General Concesión Nº 5426

Revista técnica trimestral editada por la ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS (sin valor comercial) — Adherida a la Asociación de la Prensa Técnica Argentina — Registro de la Propiedad Intelectual N° 74.474 — Concesión Postal del Correo Argentino Nº 5.942 — (Franqueo Pagado) Interés general, concesión Nº 5.426 — Dirección, Redacción y Administración: Paseo Colón 823, p. 7° (1063) Buenos Aires, Argentina — Teléfono: 362-0898.
DIRECTOR: Ing. MARCELO J. ALVAREZ — SECRETARIO DE REDACCION: Sr. JOSE B. LUINI.
REDACTOR: Sr. MARCELO C. ALVAREZ.

EDITORIAL

LA CIUDAD SITIADA

A la espera de tiempos mejores, quizá sea más oportuno en este momento ofrecer algunas claves para la interpretación del título de este editorial. La primera clave se integra con un punto de partida que define objetivos y un consiguiente desarrollo cronológico: en 1940 Vialidad Nacional inició la construcción de la Avenida General Paz con el propósito de resolver la circulación perimetral de la ciudad de Buenos Aires de manera rápida y segura. Algo más tarde proyectó un sistema radial de autopistas de enlace cruzando el conurbano hasta la Capital Federal. El conocimiento y la realización suponían —con cierta lógica— que estas obras resolverían el conflictivo tema del tránsito de las ciudades aledañas, por lo demás inquebrantablemente caótico, y consecuentemente encauzaría la circulación de los vehículos en constante y heterogéneo aumento hacia y desde la gran ciudad. Los proyectos y la adquisición de terrenos para la construcción de los Accesos Norte, Oeste, Sudoeste y Sudeste, en una oportunidad que parecía cercana, tuvieron principio de ejecución y algunos trabajos se iniciaron en diferentes sectores de esas obras durante la década del cuarenta. La autopista La Plata - Buenos Aires, concebida inicialmente por la provincia de Buenos Aires, pasó a formar parte de esa generosa y valorada planificación.

Una segunda clave profundiza el balance desde el presente: al cabo de casi cincuenta años sólo se ha logrado terminar el Acceso Norte, quedando el resto de la red en las antípodas de la modernidad, inconclusa o sin fecha de iniciación... La autopista General Ricchieri, como acceso al Aeropuerto Internacional de Ezeiza, se incorporó al sistema por ese señalado y modesto destino. En consecuencia, muchos de los espacios adquiridos para el propósito inicial, convocado por una creatividad viva que apuntaba al futuro, fueron invadidos por viviendas precarias hasta el punto de tornar impensable el cumplimiento de la idea y proyecto originales.

Se explica así el enunciado: la ciudad de Buenos Aires ha quedado presa dentro de una extraordinaria malla de caminos que forman una consistente y firme red paralizante que afecta seriamente la entrada y salida de insumos indispensables y el diario movimiento de personas que viven apartadas pero conservan en la ciudad el lugar cotidiano de sus actividades laborales, profesionales, comerciales y sociales.

Este dramático cuadro se va agudizando conjuntamente con la paralización definitiva de los planes viales primitivos, convirtiendo la solución que reclama la ciudad sitiada en otra de las utopías del crecimiento. La imagen que adelante cualquier evento crítico se limita al propio Acceso Norte con su capacidad normal superada en horarios pico y en fines de semana por un tránsito que colma y arremete contra los frecuentes cuellos de botella y con sus flancos convertidos en peligrosas ferias al paso.

La desoladora experiencia de arribar o partir de Buenos Aires es un tópico en estado puro de la compleja y desveladora situación de la red vial argentina, y la imagen de ciudad sitiada reafirma con otra fuerza sensorial las voces de los reclamos con que las entidades del sector convocan al rescate de los fondos viales legítimos antes que el presente sólo sirva para la construcción del pasado.

SUMARIO

	Pág.
EDITORIAL: LA CIUDAD SITIADA	3
ENTREGA DE DISTINCIONES	4
UTILIZACION DEL HORMIGON COMPACTADO CON RODILLO EN EL BACHEO DE LA RUTA NACIONAL 205. Por los Ings. Mario E. Aubert y Carlos A. Rodó Serrano	7
PREMIO "AGR. LUIS DE CARLI"	13
EL EMPLEO DE LAS ESCORIAS SIDERURGICAS EN LAS MEZCLAS ASFALTICAS (2ª Parte). Por el Dr. Santiago H. Saumench y los Ings. Carlos A. Francesio y Juan C. Marciano	14
AUTORIDADES QUE DIRIGEN LA VIALIDAD ARGENTINA	22
LA ELIMINACION DE LOS PASOS A NIVEL URBANOS. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA. Por el Ing. Juan P. Martínez	24
INFORMACIONES DE VIALIDAD NACIONAL	28
SIMPOSIO SOBRE PAVIMENTOS ASFALTICOS	30
VARIOS	34 y 35
PROTECCION ANTICORROSIVA DE TENSORES PARA PUENTES ATIRANTADOS. PROPUESTAS. Por el Ing. Roberto A. Maglie	36
MODULO RESILIENTE DE SUELOS Y MATERIALES NO TRATADOS. SU APLICACION AL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS. Por los Ings. Silvia Angelone, Fernando Martínez y Jorge R. Tosticarelli	44
REPARACION, CORRECCION DE RASANTE Y MANTENIMIENTO DEL PUENTE GENERAL MANUEL BELGRANO. Por el Ing. Juan A. Ruiz	52
VIALIDAD AMERICANA. ACTUALIDAD INFORMATIVA	55

NUESTRA PORTADA

En la fotografía de la portada se aprecia el avance de los trabajos de la Autopista 9 de Julio, a cargo de Covimet S.A., hacia su empalme con la Autopista 25 de Mayo. La habilitación del tramo sur de la obra, que unirá el nuevo Puente Pueyrredón con la Av. San Juan, está prevista para fines del presente año.

ENTREGA DE DISTINCIONES

En el almuerzo que con motivo de las fiestas de fin de año la Asociación Argentina de Carreteras llevó a cabo el 16 de diciembre último, además de la entrega del premio "Ing. Roberto Gorostiaga" al Ing. Roberto A. Maglie como lo informáramos en el número anterior, se distinguió a los conductores del programa "Construcciones", los periodistas Alberto A. Zuviría y Jorge H. Romano, con un pergamino ofrecido por nuestra entidad por su constante actuación en defensa de la red vial argentina. En la oportunidad nuestro presidente, el Ing. José M. Raggio, expresó lo siguiente:

En esta reunión habitual de fin de año contamos con la presencia de socios y amigos que han querido hacerse presentes y contamos además con la presencia del señor administrador general de la Dirección Nacional de Vialidad, Ing. Saúl P. Martínez, y del subadministrador general, Ing. Cándido Loncharich Franich, así como la del flamante administrador general de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, Ing. Roberto A. Cuello, a quien consideramos un compañero más ya que es miembro de nuestro Consejo Directivo.

Otro año que termina, y será el último en que tenga la oportunidad de dirigiros la palabra como presidente, pues mi segundo mandato vence en abril próximo, y no obstante algunos generosos pedidos personales que he recibido no aceptaré otra reelección, si bien por estatuto cabría una reelección más.

En la vida existen períodos marcados inexorablemente por el tiempo que transcurre y hay que aceptar las leyes de la naturaleza adelantándose a cumplirlas antes que ellas actúen por propia gravitación. En buen romance, hay que irse antes que lo echen.

Quiero con tal motivo agradecer en esta reunión de amigos la confianza que se me ha dispensado acatando complacientemente disposiciones y actitudes que he asumido a lo largo de estos cuatro años, actuando quizá un poco arbitrariamente sin el previo consenso de mis pares en la función que ejercía.

Desde ya cuenten con mi colaboración para todo lo que pueda contribuir a hacer.

Con tal motivo es propicio recapitular, no para explicitar lo hecho pues ello solamente ustedes que lo han vivido lo podrán apreciar y dar su veredicto, sino para enunciar lo que mi experiencia encuentra aconsejable encarar en los próximos períodos y que es una confesión paladina de objetivos no logrados. Tómese ello también como una exposición de ansiados fines a consideración de la futura conducción de la Asociación.



El Ing. José M. Raggio durante su discurso. Sentados, los Ings. Roberto Gorostiaga, Filiberto Bibiloni y el Dr. Jorge O. Agnusdei.

Veamos un poco los diversos sectores que abarca nuestra acción.

Seminarios y reuniones técnicas. Se han efectuado de 3 a 4 al año pero la concurrencia ha sido en general poco numerosa después de la efectuada en Corrientes el 14 y 15 de agosto de 1984 con 160 asistentes y el efectuado en Neuquén el 21 y 22 de mayo de 1985 con 100 asistentes. Es necesario intensificar nuestro poder de convocatoria que no se ha logrado. Cabe destacar la gran importancia, magnitud y calidad técnica del simposio realizado recientemente por la Comisión Permanente del Asfalto, nuestra distinguida asociada.

Revista Carreteras. Se ha mantenido el nivel técnico y calidad de la misma pero su encarecimiento material así como la merma de avisos comerciales por razones de plaza aconseja intensificar la gestión de éstos tendiendo ha aumentar su producido para atemperar aquellos factores distorsivos. Merece destacarse la importancia y calidad del número 125, dedicado a nuestro 35º aniversario y al Día del Camino.

Presencia relevante de la Asociación. La repercusión periodística hace conocer nuestra existencia y difun-

dir nuestra prédica, de lo cual ha sido ejemplo el angustiante trance que estamos viviendo con motivo del proyectado Fondo de Infraestructura Pública.

Publicaciones técnicas. La edición esporádica de impresos, estudios, trabajos especializados, concurren al mismo fin anterior y a contribuir para difundir la técnica especializada.

Societarias. Como lo he manifestado en reiteradas oportunidades, es imprescindible tratar de enriquecer nuestro acervo societario dándole cada vez más representatividad a la Asociación al agrupar en forma creciente profesionales, entidades, empresas, etc., que respalden y aumenten el tono de su voz. Veamos algunos casos:

Municipalidades. Recientemente se ha logrado la incorporación de la de Buenos Aires, además de las de Córdoba, Rosario y Marcos Juárez. Hay otras en trámite, pero el campo de acción es muy amplio y es un vehículo muy eficaz para llegar a todos los rincones de la República, propósito este que es de fundamental importancia.

Entidades del agro. Se han incorporado la Sociedad Rural Argentina, la Sociedad Rural de Córdoba, etc., pero es necesario incorporar a otras numerosas similares como ser Confederaciones Rurales Argentinas, Federación Agraria Argentina, Federación Argentina de Cooperativas Agrarias, Coninagro, etc., etc.

Fábricas de automotores. Solamente figuran en nuestros registros la Ford Motor Argentina S.A. y la Mercedes Benz Argentina S.A.; faltaría incorporar a Sevel Argentina S.A., Renault Argentina S.A., Fiat Vehículos Industriales S.A., Saab-Scania Argentina S.A. y Volkswagen Argentina S.A. Si bien es cierto que es socia ADEFA que las agrupa a todas.

Fábricas de neumáticos. Tan solo contamos con el apoyo de Neumáticos Goodyear S.A., siendo que hay varias otras importantes fábricas cuya incorporación debemos lograr al estar íntimamente ligadas con la órbita vial, aunque también en este caso es socia la Cámara que las agrupa.

Entidades transportistas. Además de la FADEEAC y la FATAP, se han incorporado la Cámara Empresaria del Transporte de Cargas de Córdoba y la Cámara de Empresarios del Autotransporte de Cargas —CEAC—, habiendo pendientes numerosas otras a gestionar.



El Sr. Alberto A. Zubiría, uno de los periodistas, al recibir la distinción.

Direcciones Provinciales de Vialidad. Dada su particular conexión con nuestra esfera de acción, será conveniente gestionar su paso a la categoría de Socios Protectores, siguiendo el rumbo concretado con algunas de ellas.

He enumerado las principales organizaciones que deben merecer nuestra atención, pero a no dudarlo el campo de actividad para intensificar es muy amplio y todo lo que se haga en tal sentido ayudaría además a equilibrar nuestro presupuesto, ya que la situación actual de plaza impide aumentar las cuotas en la medida de lo necesario.

Actividad internacional. Estamos en muy estrechas y amistosas relaciones con la International Road Federation y esporádicos contactos con hermanas entidades de otros países, los que conviene activar para acrecentar nuestra jerarquía internacional.

También se deberá continuar con la defensa de los fondos viales en la medida necesaria para poder reactivar e incrementar el desarrollo de nuestra red caminera, defendiendo además la autarquía de los entes viales.

Con motivo del proyecto de creación del Fondo de Infraestructura Pública se ha efectuado una intensísima campaña de esclarecimiento y debate, para lo cual hemos contado con un gran apoyo de diversas entidades asociadas.

Hemos llevado a cabo la presentación de un stand en la 1ª Bienal Internacional de Ingeniería, Arquitectura, Hidráulica y Vialidad, "Constructiva '87", llevada a cabo entre los días 12 al 22 de noviembre último en el predio ferial de Palermo, que ha merecido una mención especial por los organizadores de la muestra. A su financiamiento han contribuido las empresas Armco Argentina S.A., Comesi S.A., Covimet S.A., EACA S.A., Sideco Americana S.A., Pentamar S.A., Perales Aguiar S.A., Supercemento S.A. y 3M Argentina S.A., que hoy están representadas en esta reunión. A todas

ellas nuestro agradecimiento más profundo.

He hecho esta reseña en apretada síntesis tan solo con el propósito de dar un panorama muy general de lo mucho que aún resta hacer y que deseo fervientemente que las próximas autoridades lo lleven a cabo con mayor éxito que el logrado hasta la fecha.

Ahora pasemos a concretar un acto de justicia con dos relevantes periodistas que han demostrado con su tesonera acción en defensa de la red caminera argentina una estrecha comunidad de ideales con los que sustenta nuestra Asociación. Me refiero a los señores Alberto Antonio Zubiría y Jorge Héctor Romano, periodistas y conductores del brillante programa sobre construcciones que se ha transmitido por LS 86 TV Canal 2. Han actuado permanentemente con gran conocimiento del problema vial y por tal motivo merecen nuestro más profundo reconocimiento. Con tal objeto procederé a entregarles pergaminos testimoniales de tal sentimiento, sencillos en su forma pero que conllevan un profundo espíritu de gratitud.



El Ing. Roberto Maglie recibe el premio de manos del Ing. Roberto Gorostiaga.

Por último cabe proceder a la entrega al ingeniero Roberto A. Maglie del premio "Ing. Roberto Gorostiaga" instituido este año en memoria del que fuera nuestro distinguido presidente. Procederá a hacerlo su hijo, nuestro muy conocido y apreciado el ingeniero Roberto Gorostiaga.

CONSULBAIRES

Ingenieros Consultores S. A.

Servicios profesionales para proyectos de:

- TRANSPORTES
- ENERGIA
- INGENIERIA SANITARIA
- INGENIERIA HIDRAULICA

- Inspección de obras; supervisión de la construcción.
- Asistencia para la obtención de financiación para proyectos de inversiones públicas.
- Preparación de planes y programas de obras.
- Estudios de diagnóstico, prefactibilidad técnico-económica.
- Anteproyectos y proyectos ejecutivos.

Maipú 554 - Buenos Aires
Teléfonos : 392-2377/7357/5048/1925

Cables: BAICONSULT
Télex: 24398 Baico Ar.

UTILIZACION DEL HORMIGON COMPACTADO CON RODILLO EN EL BACHEO DE LA RUTA NACIONAL 205

Por los Ings. MARIO E. AUBERT y CARLOS A. RODO SERRANO
del Instituto del Cemento Portland Argentino

1. ANTECEDENTES

En números anteriores de esta Revista (1) (2) se ha tratado sobre las características generales de este nuevo material para la construcción de pavimentos, con especial referencia a los tramos experimentales construidos en la RN 3, en las cercanías de Puerto Madryn y en el acceso a la planta de la empresa Cemento San Martín S.A. en Paraná.

Además de estos tramos experimentales se han llevado a cabo otros en diferentes zonas del país, como el de la RP 4 (camino de cintura); el de la RN 12 en Campana; los dos tramos de una calzada lateral de la RN 9 en las proximidades de la citada localidad, todos ellos en la provincia de Buenos Aires; el de la Av. Oscar Orías en la ciudad de Jujuy, de los que da cuenta la bibliografía disponible (3) (4), a los que se agregan los tramos Enlace RN 38 - RP 380, Famaillá, provincia de Tucumán; carril Rodríguez Peña, alt. Pte. Manso, provincia de Mendoza, y la autopista de acceso a la ciudad de Montevideo, R. O. del Uruguay, recientemente ejecutados.

En todas esas experiencias el Hormigón Compactado con Rodillo se ha aplicado a la construcción de calzadas completas y constituye la capa resistente del pavimento, en algunos casos recubierta con una carpeta asfáltica y en otros como superficie de rodamiento y, como tal, directamente sujeta a la acción del tránsito.

En la obra que en esta oportunidad vamos a describir se trata, en cambio, de la aplicación del Hormigón Compactado con Rodillo en una obra de bacheo de un pavimento de hormigón, como operación previa a su recubrimiento.

Tal es el caso de la RN 205 en el tramo Cañuelas-Lobos, donde la DNV proyectó la repavimentación y ensanche del antiguo pavimento de hormigón existente que por más de 40 años prestó servicio satisfactorio al tránsito intenso y pesado que circula por esa ruta.

El ensanche se materializa mediante la construcción de dos franjas laterales de homigón convencional adosadas al pavimento existente, para llevar el ancho de calzada a 7,30 m, construyéndose sobre ellas y dicho pavimento una base y carpeta de concreto asfáltico.

Para realizar las tareas de bacheo se hace necesario efectuar la reparación del pavimento de hormigón existente en una superficie que, aunque originariamente se estimó en 3.000 m², se amplió después de iniciada la obra en 9.000 m², a ejecutar con hormigón convencional.

Gran parte de las fallas del pavimento a recubrir se explican por estar

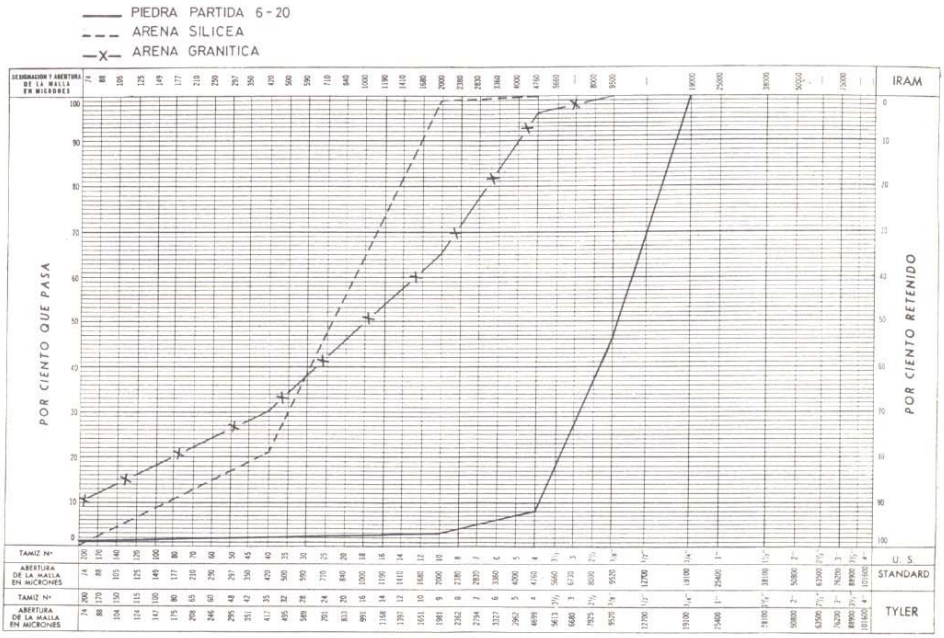


Fig.1 - Curvas granulométricas de los agregados.

asentado sobre suelos plásticos, sin ningún tipo de mejoramiento, salvo la interposición entre pavimento y subrasante de una delgada capa de arena, según pudo observarse durante la demolición de las losas, insuficiente para prevenir el fenómeno del bombeo.

Además los suelos de la subrasante en muchos sitios evidencian un alto contenido de humedad, debido a la proximidad de la capa freática, que hace necesaria la ejecución de un adecuado saneamiento y la consiguiente sustitución de suelos.

Sobre la subrasante saneada y compactada se construye una subbase de suelo-cemento de 15 cm de espesor, para servir de apoyo a la obra de bacheo prevista ejecutar, como dijimos, con hormigón convencional.

Poco después de iniciados los trabajos la Inspección de la DNV, contando con la buena disposición de la empresa contratista, consideró la conveniencia de recurrir al empleo del Hormigón Compactado a Rodillo para ejecutar el bacheo en los 9.000 m² de ampliación de obra, a los cuales se han sumado últimamente 8.000 m², totalizando a la fecha 17.000 m² de bacheo en Hormigón Compactado con Rodillo.

El espesor adoptado para la capa del Hormigón Compactado a Rodillo a ejecutar en los baches es de 20 cm, asentando dicha capa sobre la subbase de suelo-cemento proyectada, de 15 cm de espesor, construida sobre la subrasante debidamente compactada y saneada en los lugares en que lo requiera.

2. ESTUDIO DE MATERIALES DOSIFICACION

A raíz de esta inquietud se inició el estudio de los materiales disponibles en obra a fin de establecer la dosificación más conveniente para la mezcla a emplear. Para dicho estudio se consideraron los mismos materiales pétreos acopiados para ejecutar la obra contratada, no habiéndose previsto el empleo de ningún otro que no figurase en dichos acopios.

HORMIGON COMPACTADO CON RODILLO

BACHEO RN 205

CUADRO I

Mezcla	Humedad (%)	P.U.V.S. (kg/m3)	Resist.T x C (7 días) (kg/cm2)
P.P.6-20 : 50%	4,5	2184	14,3
A.G. : 28%	5	2211	24,0
A.S. : 10%	5,5	2250	35,1
C.P. : 12%	6	2310	36,2
	6,5	2303	30,1
P.P.6-20 : 60%	3,5	2243	34,1
A.S. : 28%	4	2323	35,1
C.P. : 12%	4,5	2347	41,6
	5	2345	15,0
P.P.6-20 : 52%	4,0	2208	19,9
A.G. : 36%	4,5	2229	22,2
C.P. : 12%	5,0	2256	30,1
	5,5	2272	34,1
	6,0	2266	25,8
P.P.6-20 : 50%	3,5	2284	16,1
A.G. : 19%	4	2289	21,9
A.S. : 19%	4,5	2300	27,2
C.P. : 12%	5	2327	35,5
	5,5	2303	35,5
P.P.6-20 : 45% A.G. : 28% A.S. : 15% C.P. : 12%	5,5	2312	33

Para llevar a cabo esos estudios la Inspección de Obra contó con la colaboración del Instituto del Cemento Portland Argentino, en cuyo laboratorio se llevaron a cabo ensayos para establecer una fórmula de mezcla apropiada.

Los agregados disponibles en los acopios son: piedra partida granítica comercial con tamaño de granos comprendido entre 6 y 20 mm; arena silícea y arena granítica de trituración, esta última con tamaños entre 0 y 6 milímetros.

En la figura 1 se muestran las curvas granulométricas de los agregados mencionados. Como puede apreciarse, la arena granítica acusa un porcentaje de finos (material que pasa el tamiz IRAM 74 μ, N° 200) del orden del 10%, porcentaje que sobrepasa notablemente los límites que habitualmente fijan las especificaciones para agregado fino para pavimentos de hormigón. Sin embargo ese agregado se utilizó sin modificación alguna con buenos resulta-

dos para la mezcla del Hormigón Compactado a Rodillo. Por supuesto, se trata de finos no plásticos.

Con los materiales mencionados y considerando un contenido de cemento portland del 12%, referido al peso de la mezcla total, se ensayaron cuatro posibles fórmulas de dosificación, que figuran en el cuadro I.

Las curvas granulométricas correspondientes a cada fórmula de mezcla, incluyendo el cemento portland, se muestran en la figura 2.

El criterio fundamental a que responden esas fórmulas es que la curva granulométrica correspondiente a la mezcla de todos los componentes, incluido el cemento portland, se halle comprendida dentro del uso señalado en la figura 2.

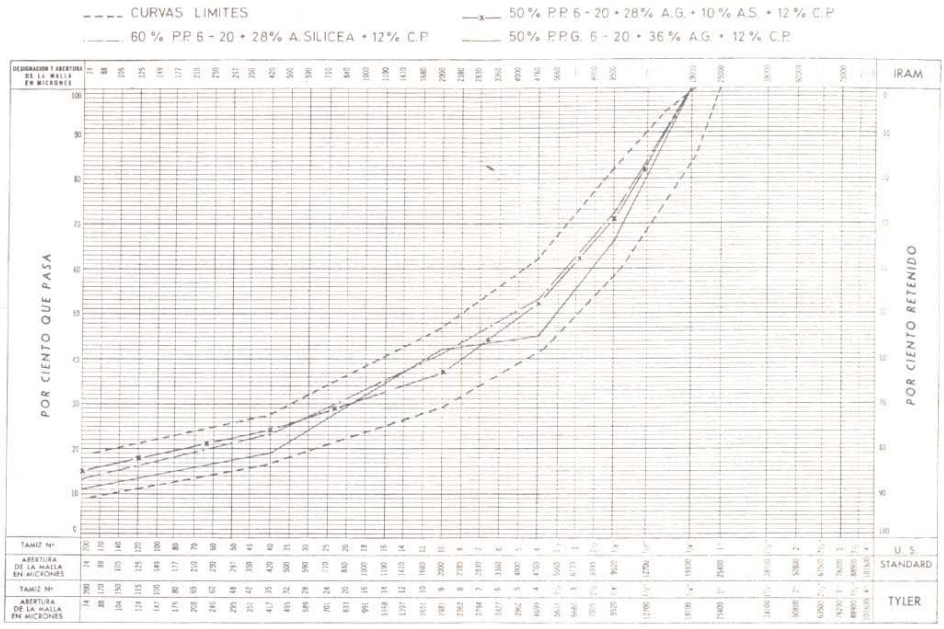


Fig.2 - Curvas granulométricas de las mezclas estudiadas.

Como puede verse, las cuatro curvas están íntegramente comprendidas dentro de los límites y, en general, no acusan cambios bruscos de pendiente. En particular el contenido total de finos de las mezclas, en el que está incluido el cemento portland, varía entre 11 y 15%, porcentajes por debajo del límite máximo admitido. El empleo de agregados con finos no plásticos, hasta determinados porcentajes, es admisible en las mezclas del Hormigón Compactado a Rodillo, lo que hace posible utilizar en su elaboración agregados que no serían aptos para el hormigón convencional, tornándolo no solo en este aspecto sino en otros en una solución más económica.

En el cuadro antes mencionado figuran también para cada mezcla las humedades y pesos unitarios secos obtenidos en el ensayo de Proctor modificado (AASTHO T-180) y las resistencias a tracción por compresión diametral correspondientes a cada contenido de humedad. Se observa, en general, que las máximas resistencias corresponden a la humedad y densidad óptimas.

De las cuatro fórmulas que figuran en el referido cuadro, se adoptó en obra para la elaboración de la mezcla la que figura en tercer lugar, es decir:

Piedra partida granít. 6-20 mm	52 %
Arena granítica	36 „
Cemento portland	12 „
TOTAL	100 %

3. ELABORACION DE LA MEZCLA

Definida la fórmula de dosificación, la elaboración de la mezcla se efectúa utilizando una planta de suelo-cemento de mezclado continuo con dosificación en volumen, la misma que se dis-

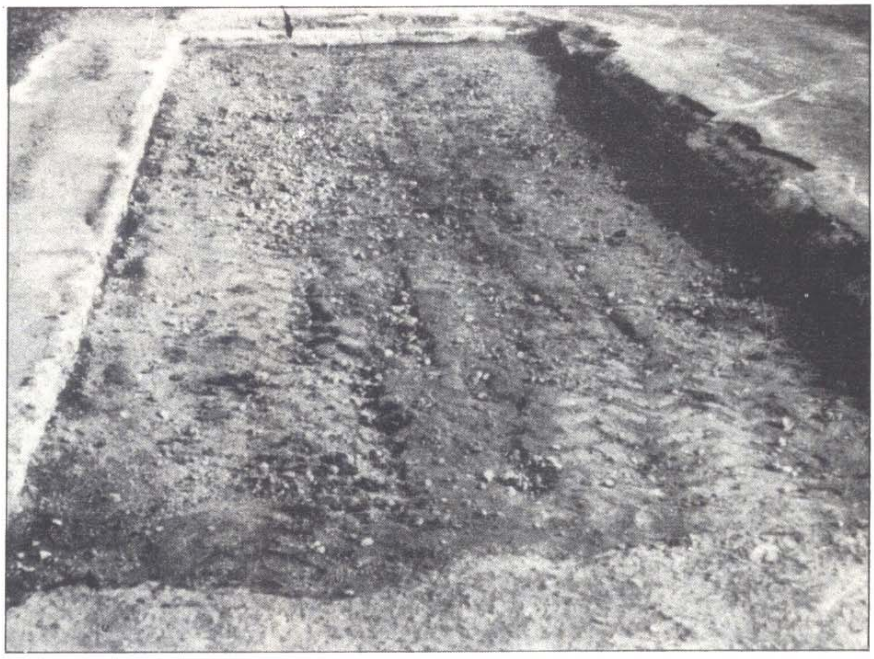


Figura 3. Vista de un bache preparado para hormigonar.

pone para la elaboración de la mezcla de suelo-cemento prevista inicialmente.

Esto fue posible dado que ese tipo de planta se adapta a la fabricación del Hormigón Compactado a Rodillo, dado que salvo en el contenido de cemento su elaboración es similar a las gravas-cemento.

A este respecto es importante acotar que en todos los tramos experimentales realizados hasta este momento con Hormigón Compactado a Rodillo en el país se utilizaron para su ejecución los mismos equipos disponibles en las obras donde tuvieron lugar las experiencias, no habiendo sido necesario recurrir a ningún equipo especial, como tampoco a mano de obra especializada.

Durante la elaboración de la mezcla se extraen muestras para verificar el contenido de humedad y efectuar el ensayo de Proctor modificado (Norma VN-E. 5-67) a fin de establecer las condiciones de la mezcla a la salida de la planta.

El transporte de la mezcla se hace en camiones volcadores comunes.



Figura 4. Descarga del HCR sobre el bache.

4. DISTRIBUCION Y COMPACTACION

Una vez preparado el lugar del bache mediante compactación de la subrasante, previo saneamiento de ésta, sustitución de suelos si fuera necesario, y la construcción de una subbase de suelo-cemento de 15 cm de espesor, se descarga la mezcla del Hormigón Compactado a Rodillo sobre el lugar así preparado en la cantidad necesaria para obtener un espesor compactado de 20 cm (figuras 3 y 4) más un sobreespesor a fin de asegurar que después de la compactación quede

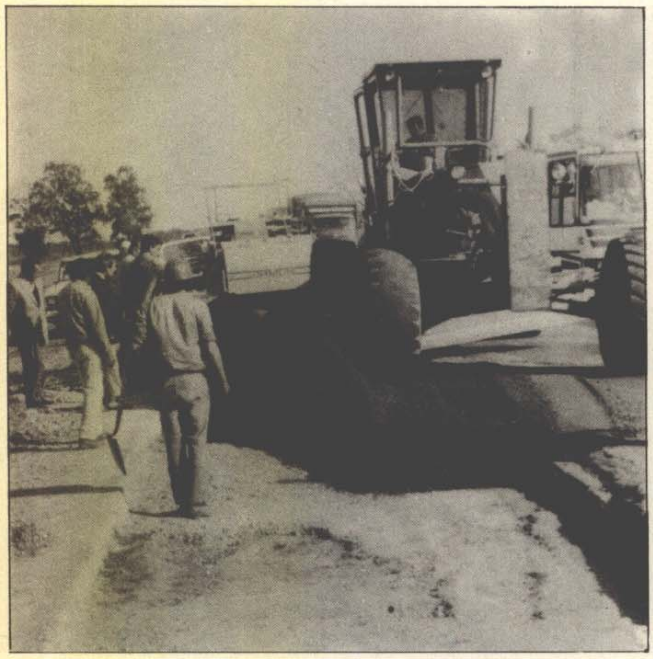


Figura 5. Distribución de la mezcla con motoniveladora.



Figura 6. Aspecto de la mezcla ya distribuida.

una superficie plana y con el espesor especificado.

La distribución del material se realiza con motoniveladora (figs. 5 y 6).

Finalizada la distribución, se da comienzo a la compactación de la mezcla con rodillo liso sin vibrar, dándose un mínimo de dos pasadas (figura 7).

Luego prosigue la compactación con rodillo vibrante, dándose un número muy reducido de pasadas para obtener una densidad promedio del 97% de la densidad óptima del ensayo de Proctor modificado, ensayo que debe tener en cuenta el retardo de la compactación.

Finalizada la compactación, se perfila la superficie del bache mediante el uso de una motoniveladora y luego se pasa rodillo neumático a efectos de sellar la superficie.

Ejecutadas estas operaciones, se satura con agua la superficie del Hormigón Compactado a Rodillo e inmediatamente se procede a regar el material asfáltico de curado (figura 8).

Dado que es necesario librar al tránsito (figura 9) las zonas reparadas en forma casi inmediata, especialmente donde el bacheo compromete todo el ancho de calzada, se distribuye sobre la superficie regada con asfalto, arena granítica en cantidad suficiente para impedir que dicho material de curado sea levantado por los vehículos.

Esta característica del Hormigón Compactado a Rodillo, de permitir el rápido librado al tránsito, juntamente con su facilidad de ejecución con equipos y mano de obra comunes, es de enorme importancia en la ejecución de esta obra donde, como dijimos al principio, circula un tránsito muy frecuente, constituido en gran parte por camiones pesados y constituye uno de los motivos que indujo a la Inspección de Obra de la DNV a adoptar esta solución e introducir la consiguiente modificación de obra, como así también a la Empresa Contratista a aceptar con entusiasmo esta iniciativa, además de las importantes ventajas técnicas y económicas que esa decisión implicó no solo desde el punto de vista empresario sino también del Comitente (la DNV).



Figura 7. Se inicia la compactación con rodillo liso.

Debe pues, en consecuencia, utilizarse esta alternativa para continuar comprobando, en distintos lugares del país, las ventajas que ofrece este material como medio para solucionar los



Figura 8. Aspecto final del bacheo con el material de curado distribuido.

problemas de bacheo, no solamente en rutas nacionales sino también en pavimentos urbanos.

REFERENCIAS

(1) Ings. Juan A. Galizzi, Jorge E. Ferraria, Jorge Huberman y Bill A. Chiocarello, "Construcción de un Tramo Experimental de Pavimento de Hormigón Compactado con Rodillo (HCR)". Revista Carreteras Oct.-Dic. 1986.

(2) Ings. Juan A. Galizzi, Luis Antonio Cantero y Aníbal Horacio Giménez, "Construcción del Acceso a Planta Paraná de Cemento San Martín S.A. con pavimento de Hormigón Compactado con Rodillo de uso vial, HCRV". Revista Carreteras N° 124.

(3) Ings. Juan A. Galizzi, Mario E. Aubert y Carlos A. Rodó Serrano, "Hormigón Compactado con Rodillo de Uso Vial. Experiencia argentina". 8ª Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, octubre 1987.

(4) Ings. Milan E. Klaric, Roberto R. Señaris y Carlos A. P. Fava, "Experiencias sobre hormigones secos compactados por rodillo para la construcción de pavimentos". 8ª Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, octubre 1987.

(5) Ing. Juan A. Galizzi, "Hormigón compactado con rodillo. Estudio y aplicaciones en carreteras". Publicación de la Universidad Nacional de Córdoba y el Instituto del Cemento Portland Argentino.

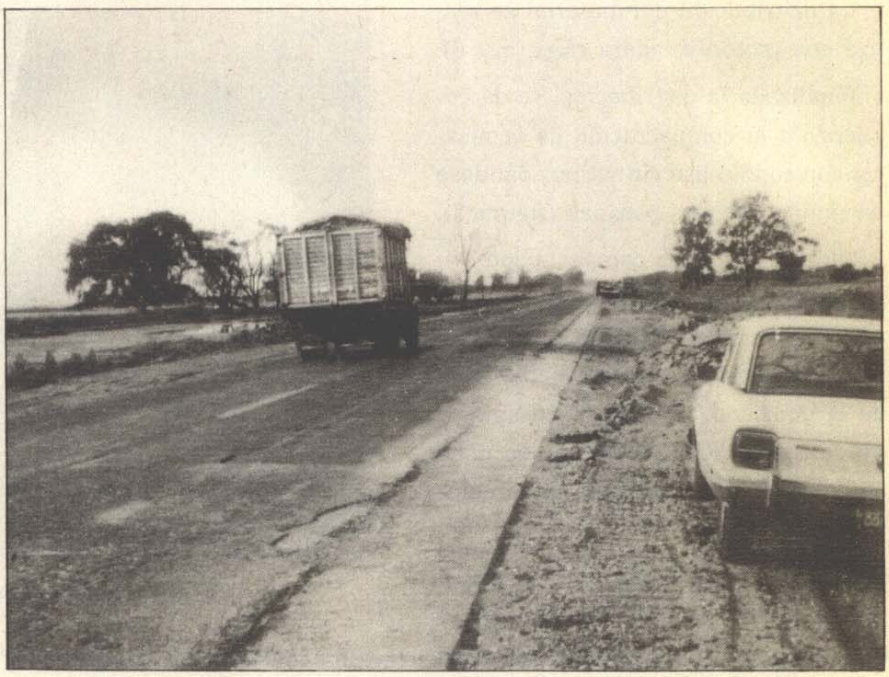


Figura 9. Vista de un bache terminado y librado al tránsito.

Ing. Tosticarelli y Asoc. S.A.

Estudios y Servicios de Ingeniería

- **TECNOLOGIA DE AVANZADA EN MATERIALES Y PAVIMENTOS**
- **ANALISIS DE PROBLEMAS ESPECIFICOS DE OBRA Y DE PROYECTO**
- **COMPUTACION APLICADA A TECNOLOGIA VIAL**
- **ESTUDIOS ESPECIALES Y CONTROL DE CALIDAD**
- **LABORATORIO ESPECIALIZADO. - ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**
- **ENSAYOS DE CARGA EN ESTRUCTURAS Y PUENTES**

Riobamba 230
(2000) Rosario

Teléfonos: 820531/7950
Télex: 41984 PBTH AR

ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS

Premio "Agr. LUIS DE CARLI"

EL 29 DE JULIO ULTIMO LA ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS EN LA REUNION CELEBRADA POR SU CONSEJO DIRECTIVO HA DISPUESTO ABRIR UN CONCURSO DE TRABAJOS TECNICOS EN LA MEMORIA DE QUIEN FUERA SU PRIMER PRESIDENTE, AGR. LUIS DE CARLI, RESOLVIENDO LO SIGUIENTE:

1°) **Instituir el Premio "Agr. Luis De Carli" para el concurso abierto que nuestra Asociación realizará en el año 1987/88.**

2°) **El trabajo, objeto de este premio, será seleccionado entre los que se presenten a la Asociación Argentina de Carreteras, Paseo Colón 823, 7° Piso, antes del 15 de octubre de 1988 y el que versará sobre el tema que se detalla al pie.**

3°) **Establecer un primer premio de A 2.000 para el mejor trabajo presentado, ajustable con el índice de costo de vida a partir del 30 de octubre de 1987 hasta el 15 de octubre de 1988.**

4°) **El jurado que estudiará los trabajos y otorgará el premio estará integrado por un representante del Consejo Directivo de la Asociación Argentina de Carreteras, un representante del Consejo Vial Federal y un docente especialista en la materia, perteneciente a una universidad nacional.**

5°) **El jurado podrá declarar desierto el premio instituido.**

6°) **El premio será entregado en el mes de diciembre de 1988 durante la última reunión del C. D. del año.**

7°) **El trabajo a presentar deberá ser inédito y de una extensión no mayor de 25 carillas, incluidos cuadros, gráficos y fotografías, en tamaño carta, escrito a máquina a doble espacio, en original y tres copias. Estarán precedidos por un resumen de no más de 300 palabras.**

8°) **Podrán participar de este concurso todos los profesionales del país.**

TEMARIO

RED DE CAMINOS RURALES Y VECINALES EN LA REPUBLICA ARGENTINA

Entre los temas a considerar se sugieren los siguientes, **sin que éstos sean limitativos ni excluyentes** de otras ideas originales no comprendidos por aquéllos:

a) Relevamiento gráfico y evaluación del total de kilómetros.

b) Criterio de prioridades: De desarrollo; De uso actual; De rendimietno económico.

c) Justificación económica de su desarrollo general.

d) Financiación. Estudio de diversas modalidades.

e) Estudio, proyecto y construcción. Prioridades.

f) Valoración de antecedentes nacionales y sus resultados.

g) Situación actual e iniciativas provinciales.

h) Aporte de experiencias extranjeras.

i) Aspectos jurídicos.

EL EMPLEO DE LAS ESCORIAS SIDERURGICAS EN LAS MEZCLAS ASFALTICAS

(2da. Parte)

Por el Dr. SANTIAGO H. SAUMENCH y los Ings. CARLOS A. FRANCESIO y JUAN A. MARCIANO

Otros minerales observados son: clinoenstatita (silicato de Mg), diópsido (silicato de Ca y Mg), fayalita (silicato de Fe). Espinelas (óxidos de Mg, Al, Fe) aparecen teñidas por óxidos de hierro.

2. 2. Ensayos físicos y mecánicos de los agregados

Conjuntamente con la identificación y conocimiento de la naturaleza de las escorias, los ensayos físicos y mecánicos de los agregados permitirán establecer un criterio de aptitud para el empleo de los mismos en mezclas asfálticas.

El cuadro siguiente permite apreciar los valores correspondientes a las escorias de alto horno y de acería. Estas últimas son provenientes de L.D. y Siemens Martin mezcladas.

Una clasificación visual estimativa de acuerdo a su estado de porosidad y a su estado macizo dio:

— De alto horno: poroso = 23,9 %, macizo = 76,1 %.
— De acerías (mezcladas) = poroso: 29,5 %, macizo = 70,5 %.

Ensayos	Escoria de A°H°	Escoria de Acería (1)
Estado físico del agregado (% de material deficiente)	7,1	10,8
Desgaste "Los Angeles"-gradación (% de pérdida)	"B" 34,1	"A" 19,8
Peso especif. sat. a sup. seca (Kg/dm^3)	2,473	3,398
Absorción (%)	2,29	1,30
Durabilidad en SO_4Na_2 - 5 ciclos (% de pérdida)	0,42	0,29
Cubicidad Indice)	0,78	0,80

(1) Mezcla de escorias de acería L.D. y Siemens Martin (50 y 50 %)

3. PROPIEDADES PARA USO DE ESCORIAS EN MEZCLAS ASFALTICAS. CRITERIOS DE APTITUD

Las propiedades de las escorias que se emplearán en capas de mezclas asfálticas deberán responder a las exigencias que están determinadas por las propiedades de dichas capas, entre éstas las siguientes:

— **Micro y macrorugosidad.** La buena cristalización de los minerales componentes de las escorias y su dureza satisfacen la profundidad de la macrotextura superficial de la capa de rodamiento asfáltica y consecuentemente ello conviene a la rugosidad. Una buena textura superficial será también obtenida por una regularidad y constancia granulométrica de los agregados, buen dosaje de asfalto, espesor adecuado de la capa, buena compactación.

La rugosidad se evalúa además en función de ciertas características del agregado como ser: resistencia al pulimento, dureza de los minerales, desgaste, angularidad y forma de los agregados, durabilidad, resistencia a la alterabilidad.

— **Resistencia al pulimiento.** Aún no se han instrumentado en nuestro país ensayos al respecto. La bibliografía cuenta que los índices de pulimento pueden establecerse en obras en servicio efectuando fotografías especiales en puntos de control por donde se suceden diversas pasadas de rueda.

En las fotografías se comparan los ángulos de pendientes de los minerales del agregado, a medida que el tránsito los desgasta de acuerdo al número de pasadas de rueda, lo cual indicará un índice de pulimento. (Bibliografía 2)

Se debe tener en cuenta que la dureza Mohs media de los minerales de la escoria oscila entre 5,5 y 6,5, debiéndoselo comparar con la apatita (5), ortosa (6) y cuarzo (7).

— **Resistencia a la degradación.** Las observaciones de láminas delgadas de escoria al microscopio permite apreciar el agrietamiento de la masa. Mediante un método sencillo hemos sometido a la escoria a un deterioro de mojado y secado, examinando y comparando fisuras y grietas, resultando éstas insignificantes.

— **El desgaste.** No siendo la escoria un material convencional puesto que depende de la marcha de los hornos siderúrgicos y de los complejos sistemas de producción de arabio y de aceros, no es posible establecer exigencias "apriori" y los límites de aceptabilidad respecto al parámetro desgaste dependerá de lo que especifique especialmente para posibilitar su empleo. Los valores de ensayos muestran que las escorias tienen un desgaste de bueno a muy bueno respecto a las exigencias viales.

Para constatar en detalle la resistencia al desgaste se pueden hacer fotografías de puntos estratégicos bien referidos, a los cuales se los somete a tránsito cíclico programado. Estas técnicas aún no se han instrumentando en el país. (Bibl. 2)

— **Granulometría, angularidad y forma.** Estas características de los agregados son parámetros que están intimamente vinculados con las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas. El aspecto que presentan las partículas de escoria es de formas poliédricas con aristas y vértices afilados, lo cual confiere una excelente trabazón y alta fricción interna al conjunto compactado de agregado grueso, binder, arena, filler, asfalto.

— **Durabilidad.** La resistencia y estabilidad de los agregados de escorias dependen de la resistencia de los minerales componentes frente a los agentes atmosféricos. Los ensayos de deterioro con sulfato de sodio muestran una buena resistencia y una durabilidad aceptable de los agregados de escorias.

— **Alterabilidad.** El examen de láminas delgadas de escoria muestra aislados signos de minerales alterados, lo cual determina que existe una tendencia a ser estables frente a fenómenos de intemperización.

4. MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ESCORIAS SIDERURGICAS

4. 1. **Generalidades - Dosificaciones**

Para evaluar las distintas características de estas mezclas, se ha tomado como mezcla patrón una conformada por granito - arena silícea - filler (cal aérea hidratada) y corresponde a una dosificación de carpeta.

La dosificación de áridos es la siguiente:

48 % granito 6-20.
38 % granito 0-6.
12 % arena silícea (Río Paraná)
2 % filler (Cal aérea hiidratada)

La granulometría de la mezcla es la que se expresa a continuación:

Tamiz	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 40	Nº 100	Nº 200
Resultante	100	85	71	55	44	26	10,6	6,7
Huso (*)	100	70-90			40-55			4-10

(*) Especificación de la D.N.V. para carpeta, se la puede ver graficada en la figura 3.

En las mezclas a evaluar se reemplazaron las dos fracciones de granito por escoria de alto horno y acería (L.D.), manteniendo la granulometría individual de cada fracción.

Por otro lado se hizo la corrección de los porcentajes en que interviene cada fracción en la mezcla, debido a los distintos pesos específicos Bulk (dosificación en volumen).

La corrección para la escoria de alto horno fue insignificante al tener un peso específico parecido al del granito, no así la de acería L.D. que difiere aproximadamente en un 15 %.

Este tema tiene importancia cuando se fijan los porcentajes de ligante, ya que la constancia de la relación volumétrica debe mantenerse, luego para la escoria de alto horno el porcentaje en peso será mayor y para las escorias de acería resulta un porcentaje menor, al estar afectado a un agregado más pesado.

Sobre el peso específico Bulk debemos comentar que la escoria de alto horno tenía casi dos décadas atrás un valor de 2,23. El actual llega a 2,40, lo cual implicaría mejores condiciones actuales de enfriamiento.

Las determinaciones del peso específico Bulk de las escorias gruesas porosas (6-20) son imprecisas debido a la determinación del peso saturado a superficie seca (el agua no queda retenida en el poro).

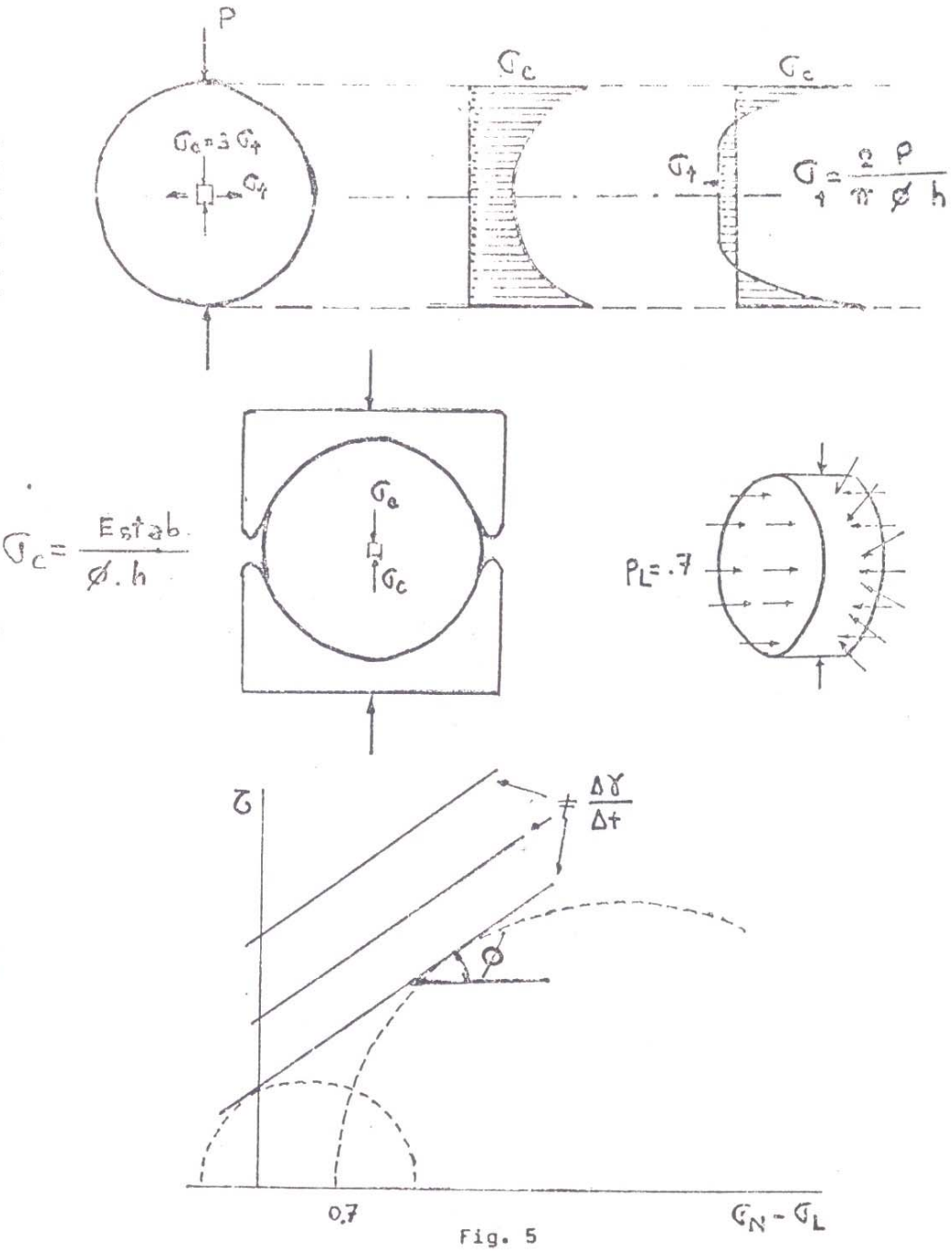


Fig. 5

Esta imprecisión se transmite también a la determinación del asfalto absorbido por el agregado.

Finalmente, con las tres mezclas se efectuaron los ensayos Marshall correspondientes.

El número de golpes adoptado fue de 50 por cara. Se eligió esta cantidad de golpes para poder correlacionar las mezclas en caliente con las mezclas en frío, ya que una menor energía permite un cotejo más real debido a la menor densificación lograble con estas mezclas.

En la tabla siguiente se observan las distintas variables de las ezclas estudiadas.

En las mezclas con escoria L.D. se observaron dispersiones en los valores de densidad y estabilidad.

El porcentaje óptimo de C.A. fue determinado según el criterio del Instituto del Asfalto.

4. 2. **Fatiga y módulos**

El estudio de estas variables no se pudo realizar por no tener completos los equipos.

4. 3. **Filler siderúrgico**

Buscando el posible aprovechamiento de los productos siderúrgicos, a las mezclas con escorias (alto horno y acería L.D.) se les incorporó como fi-

TABLA N° 2

Mezcla	% CA	Dens. Kg/dm³	Vacíos %	V.A.M. %	Estab. Kg	Fluen. cm	R Es. Fl Kg/cm
granito a. silicea filler	5,0	2,390	3,2	15,2	1030	0,40	2575
escoria A°H° a. silicea filler	6,0	2,306	4,0	17,8	1604	0,37	4335
escoria L.D. a. silicea filler	4,5	2,894	3,4	16,4	1472	0,33	4461

ller escoria granulada molida (pasa tamiz N° 200 = 95 %). Para evaluar la aptitud de este filler se efectuó el ensayo de estabilidad remanente, aunque el más apropiado sería compresión-inmersión.

ESTABILIDAD REMANENTE

Mezcla	cal	escoria gran. molida
escoria de A°H° arena silicea	92 %	83 %
escoria L.D. arena silicea	100 %	100 %

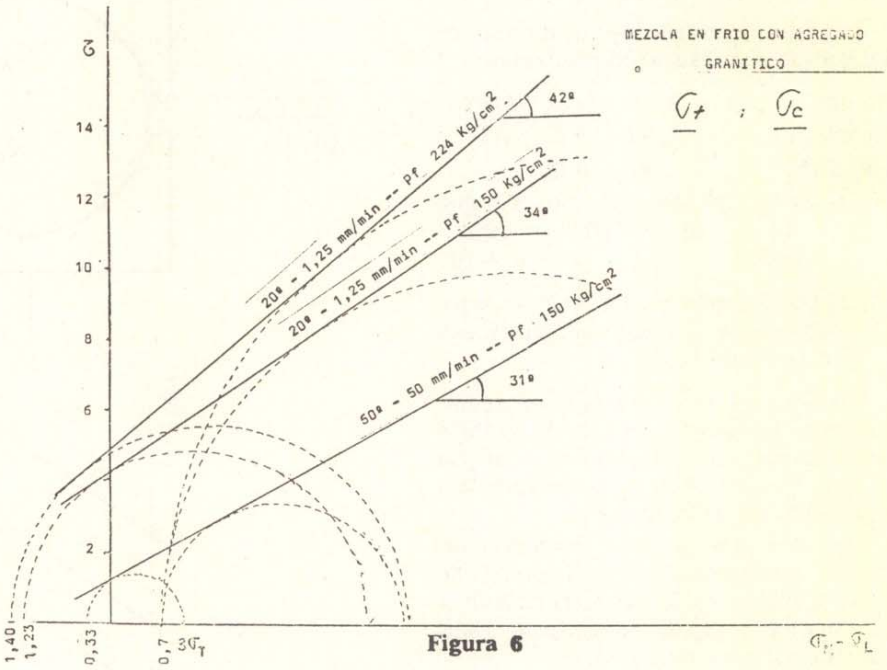


Figura 6

TABLA N° 3

Mezcla	% Ca	Dens. Kg/dm³	Vacíos %	V.A.M. %	Estab. Kg	Fluen. cm	R E/F Kg/cm	E. Rem. %
escoria A°H° ar. silicea cal	6,0	2,306	4,0	17,8,	1604	0,37	4335	92
escoria A°H° escor. gran. cal	5,9	2,34	3,8	17,6	1445	0,35	4129	84

Nota: R E/F significa relación Estabilidad-Fluencia.

4. 4. Escoria granulada como árido

Para la mezcla escoria de alto horno-arena silicea-filler (cal) se reemplazó la arena silicea por escoria granulada.

Los valores del ensayo Marshall y estabilidad remanente se expresan en la tabla número 3.

Debemos recordar que la escoria granulada es un material fácilmente degradable (granulométricamente), por lo tanto debemos tener en cuenta: a) La degradación granulométrica producida en el secador debido a los estallidos ocurridos en la escoria por los gases sulfurosos ocluidos, b) La degradación producida por el manipuleo, la compactación de obra y el tránsito.

4. 5. Estabilidad volumétrica de las escorias de acería

Todas las escorias de acería en mayor o menor grado poseen ortosilicato de calcio en su fase β. Esta suele ser expansiva hasta un 10-12 %, según la literatura internacional y la experiencia nacional hay varios métodos sugeridos para neutralizarla. Otra causa de expansión puede hallarse en contenidos de OCa sin hidratar, en el seno de las partículas.

Para poner en evidencia este cambio de volumen se confeccionaron probetas con una mezcla para base con escorias de distinto estacionamiento. Una serie incluyó escoria de acería (Mezcla de L.D. y Siemens Martin) acopiadas a la intemperie en Setiembre de 1984 y otra serie con escoria acopiada en Abril de 1986. Las dos series de probetas quedaron sumergidas en agua a temperatura ambiente durante 3 meses. En las probetas de la primera serie no hubo manifestación de cambio de volumen, pero si en el 60 % de la segunda serie, en la que se apreciaban estallidos.

Posteriormente se moldearon probetas con mezcla tipo carpeta con escoria L.D. acopiada en Setiembre de 1986; estas permanecieron 4 días en agua a 60° y también se produjo cambio de volumen, que se aprecia por el levantamiento que se produce sobre la superficie de la probeta.

5. MEZCLAS EN FRIO CON ESCORIAS SIDERURGICAS

Con la misma granulometría con que se había trabajado en los concretos en caliente y utilizando los mismos agregados y proporciones, se elaboraron mezclas densas en frío.

Se partió para la dosificación de los contenidos de cemento asfáltico óptimos en el estudio previo (en caliente), pasando a emulsión catiónica con un 61 % de residuo asfáltico.

El porcentaje de asfalto óptimo referido a 100 % de agregados es 5,3 % que equivale a 9,0 % de RLC.

Para el moldeo de las distintas probetas se ha seguido la técnica ya descripta en el trabajo presentado en Paraná en la 23ª Reunión del Asfalto (Paraná, 1985), (4), que comprende una doble compactación dinámico-

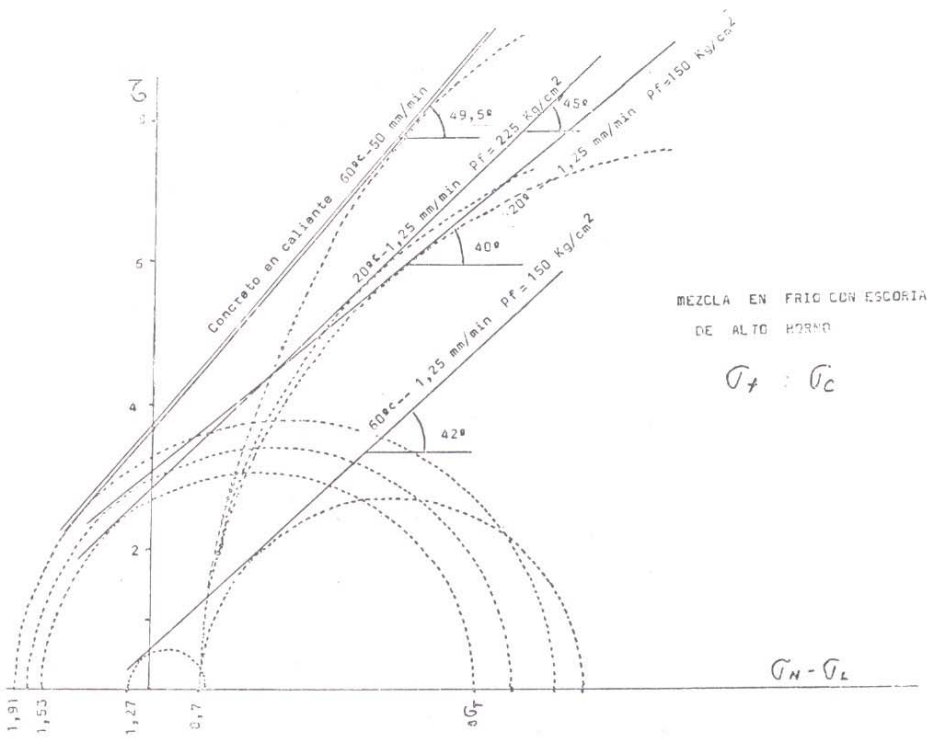


Figura 7

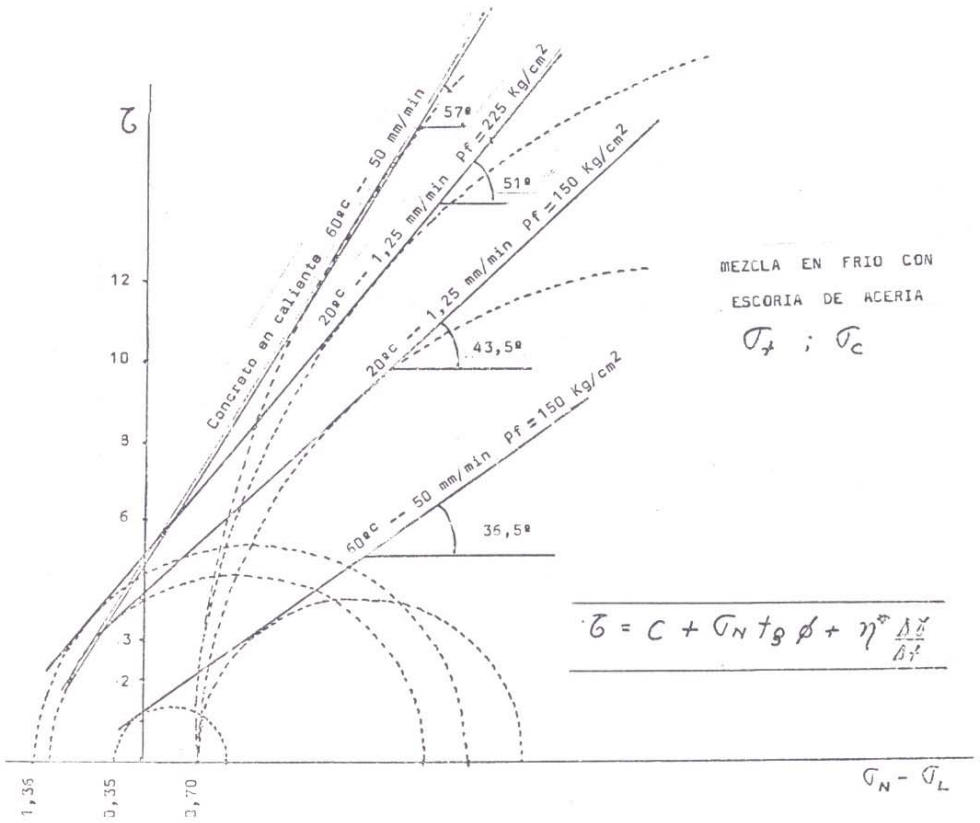


Figura 8

estática. Para analizar la distinta compactabilidad de las mezclas con cada agregado, se ha registrado la energía del proceso de moldeo de la probeta o sea la carga creciente aplicada en función de los desplazamientos del doble pistón (acortamiento).

En la figura 4 se han graficado estas funciones para presiones finales de 150 y 224 Kg/cm², en donde se hace coincidir en abcisas la altura final de las probetas para posibilitar el cotejo.

En la figura 4 se han indicado los porcentajes de vacíos para una presión final igual a 224 Kg/cm², y allí se aprecia la mayor compactabilidad de la mezcla con granito, ya que ha posibilitado llegar a 8 % de vacíos contra 12 % de ambas escorias.

También se aprecia que para menores densidades iniciales (mayores alturas) se comienzan a registrar cargas con las mezclas con escorias, lo que debe atribuirse a la superior rugosidad que se refleja en una menor compactabilidad, que a su vez queda evidenciado en el hecho que para una energía próxima ∫ P.dh, al moldear se tiene con el granito 4 % menos de vacíos.

La mayor altura de la probeta con agregado granítico se origina en la mayor masa que se colocó en ese caso (en vez de "h" se puede colocar los pesos unitarios de cada probeta, con granito: 2,24, con escoria de A°H°: 2,14, con escoria L.D.: 2,62).

Con el objeto de evaluar la calidad de las distintas mezclas elaboradas se ha previsto trazar las respectivas rectas intrínsecas (envolventes de Mohr) que permiten distinguir los dos parámetros fundamentales que definen la resistencia al corte: la cohesión desdoblada en inicial y en viscosa, y la fricción interna que se define por la pendiente de la envolvente.

Para el trazado de los círculos de Mohr en lugar del ensayo triaxial se ha recurrido a una metodología simplificada en base a dos ensayos de simple ejecución: 1° Compresión diametral, que corresponde a un ensayo de solicitación biaxial y donde por lo general la probeta falla por tracción en el plano diametral vertical. 2° En ensayo Marshall que se lo asimila a una compresión confinada a través de las mordazas del equipo, que equivale a una presión lateral de 0,7 Kg/cm² (10 psi) (Valerga, Juncos), (5). Figura 5.

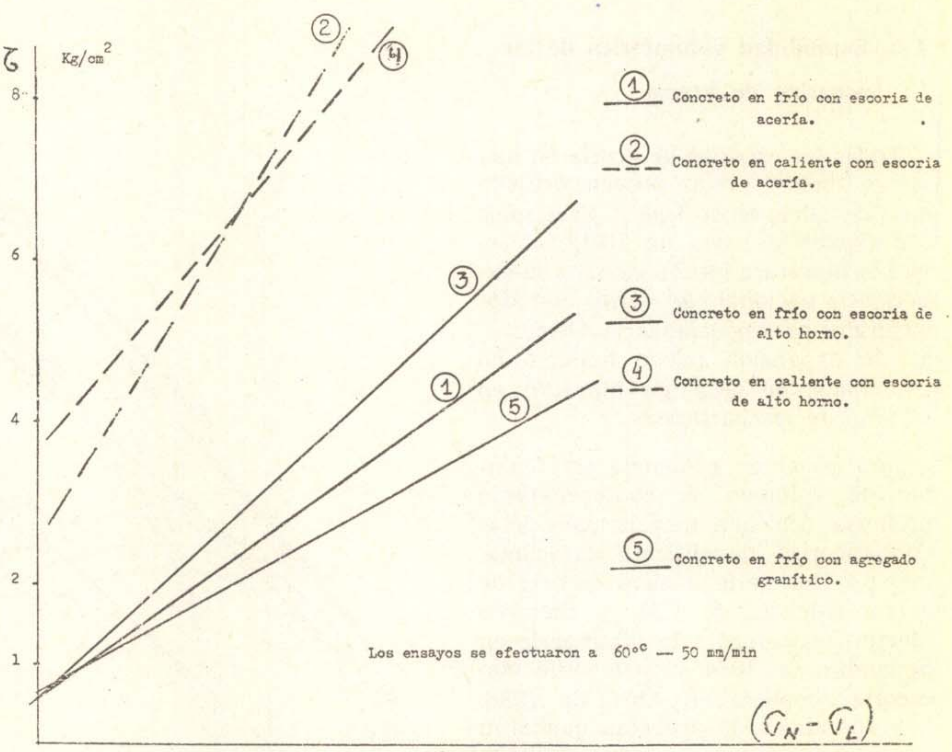


Figura 9

E N S A Y O S	Granito	Esc. A°H°	Esc. L.D.	Dos
% H. Absorb. (s y s.s)	0,3	2,3	1,3	
% H. Agregados	3,8	4,9	4,0	
% RLC Adop. S/E.M.	9,0	9,5	7,4	
P.E.A.S Pf = 150 Kg/cm²	2,24	2,16	2,62	
P.E.S.S Pf = 224 Kg/cm²	2,265	2,20	2,68	
Estabilidad y fluencia Marshall Edad = 2 dias	275 Kg 2,5 mm	390 Kg 3,0 mm	292 Kg 2,5 mm	
Estab. y fluen. Marshall Rte. 20°C Edad = 2 dias		392 Kg 3,7 mm	140 Kg (x) 2,2 mm	(x) un dia curado a temp. ambiente
Estab. y fluen. Marshall 2 dias + 1 d 60°C		516 Kg 3,5 mm	415 Kg (x) 3,2 mm	(x) un dia curado a temp. ambiente
Estabilidad M. St. y Rte. 7 dias	438 448			
Estabilidad M. St. y Rte. 4 dias		270 3,2 260 3,5		Escor. granul molida x filler
σ_t (compres. diametr.) / σ_c (estab Marsh. Pl=0,7	Kg/cm²			
20°C 1,25 mm/min	1,2-10,6	1,7- 1,6	1,16- 13,1	
60°C 50 mm/min	0,33- 4,1	0,27- 6,1	0,35- 4,7	
20°C 1,25 mm/min	1,4 - 146	1,53-16,7	1,36- 19,1	Pf = 224 kg/cm²
Concreto en caliente 60°C 50 mm/min		1,91 - 2,4	1,16- 26,1	

Figura 10

MEZCLAS EN FRIO CON DISTINTOS AGREGADOS

	Granito	Escoria A° H°	Escoria Acería
Res. Asf. %	5,5	5,8	4,5
P.E.A.S Kg/dm^3	2,243	2,141	2,619
D.M.T. Kg/dm^3	2,462	2,500	3,049
Vacios %	8,9	14,4	14,1

Pf = 150 Kg/cm^2

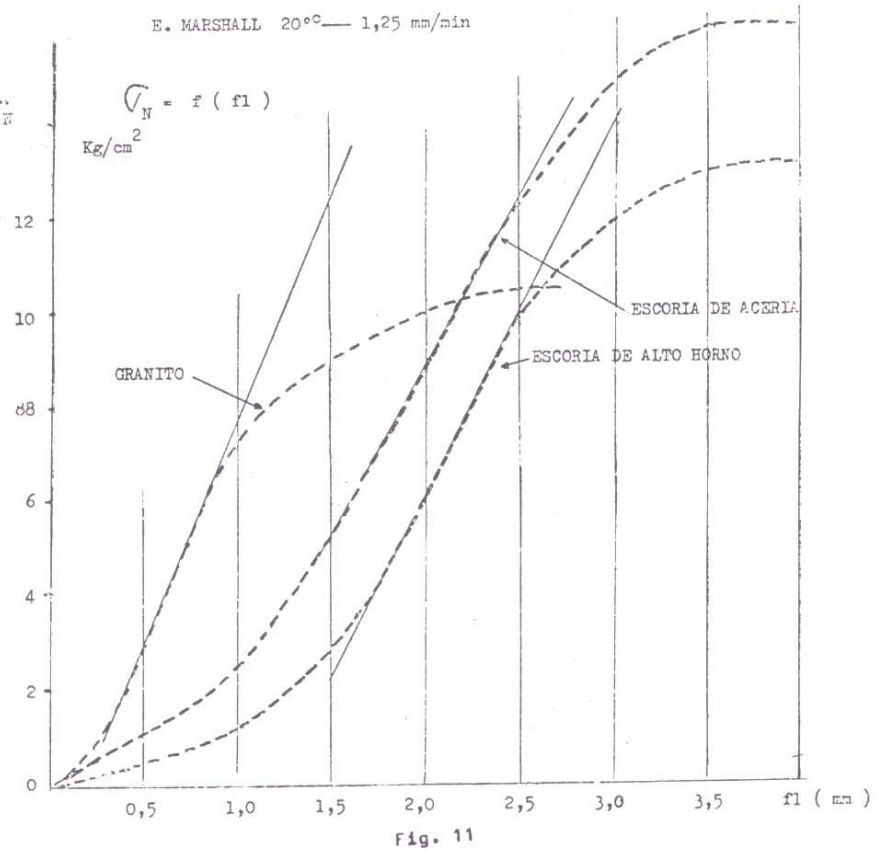


Fig. 11

En base a esa doble información se pueden trazar sendos círculos de Mohr y la recta tangente a ambos se la asimila a la correspondiente recta intrínseca. Se ensayaron probetas compactadas a distintas presiones finales (150 y 225 Kg/cm^2) y a distintas temperaturas y velocidades de aplicación de carga; lo que permite apreciar la incidencia de tales variables para las mezclas elaboradas cn cada agregado, figuras 5, 6 y 7. A su vez para las mismas condiciones permite comprobar la respuesta de las mezclas elaboradas en caliente con los mismos agregados y granulometrías, con igual porcentaje de cemento asfáltico que el residuo de la emulsión catiónica superesabtle.

La figura 9 nos muestra las respectivas rectas intrínsecas de los concretos en caliente y en frío con amambas escorias ensayados a 60°C y 50 mm/min, con la superior resistencia al corte de las primeras, que es un reflejo del superior aporte estructural ya indicado por las mayores densidades que equivalen a 5-6 % menos de vacíos.

Ello se traduce a su vez en una inferior resistencia a la fatiga por tracción en esas condiciones, que obliga a considerarlos en una escala inferior de calidad con relación a los concretos homólogos en caliente.

La posibilidad admitida que luego en servicio la mezcla en frío incremente su densidad bajo la acción del tránsito acortaría la diferencia con el concreto en caliente, con un incremento de su aporte estructural y su resistencia a fatiga.

En el cuadro 4 se han ordenado los valores obtenidos con los ensayos Marshall y compresión diametral para las distintas mezclas con las dos escorias y el agregado granítico para las disitintas temperaturas, velocidades de aplicación de la carga y otras variables muchas de las cuales sirvieron de base para el trazado de las envolventes de Mohr.

En general no se aprecian superiores estabilidades Marshall ni resistencias a la tracción con las mezclas en frío con ambas escorias respecto al agregado granítico, pero importa reiterar que para el moldeo dinámico-estático aplicado, aquellas presentan menor compactabilidad que resulta en un superior porcenaje de vacíos.

Ello se ratifica al graficar la relación carga-deformación diametral en el ensayo Marshall realizado a 20°C y 1,25 mm/min (figura 11) donde con las mezclas con escorias se tiene un crecimiento inicial suave de la carga y recién entre 1 mm a 1,5 mm de acortamiento cambia la pendiente con un punto de inflexión, como consecuencia de un mayor cerramiento inicial de la estructura granular a partir del cual se identifica con la mezcla con agregado granítico en la relación carga-deformación hacia la carga máxima de rotura (estabilidad) que en este caso es muy superior con las escorias de alto horno y acería, con respecto al agregado granítico.

CONCLUSIONES

1. Dentro de los ensayos para definir la calidad como agregado para mezclas asfálticas de las escorias de alto horno y acería, ambas presentan características que en general las habilitan en principio para ese uso, aún a nivel de carpeta de rodamiento.

2. Tratándose de agregados artificiales interesa averiguar la constancia de sus propiedades en el tiempo; ello importa si se considera que la escoria de alto horno en estudios realizados hace 18 años presentaba un peso específico aparente de 2,23 y en la actualidad llega a 2,40 Kg/dm^3, lo que fundamentalmente debe buscarse en un enfriamiento más uniforme de las capas de colada que ha posibilitado el desprendimiento de los gases y con ello una menor porosidad, que llega a 2,5 %, en tanto que en la del convertidor L.D. es de sólo 1,5 %.

Esa menor porosidad representa un menor consumo de asfalto por absorción del agregado.

3. En las envolventes de Mohr se tiene un superior ángulo de fricción interna en las mezclas con ambas escorias, el que resulta máximo en el concreto asfáltico en caliente donde se obtiene el mayor grado de compactación; ello se deriva de la superior "aspereza" en especial de la escoria de alto horno; que a su vez representa una menor trabajabilidad y compactabilidad, que debe regularse con la fracción de agregado natural fino.

4. La inestabilidad volumétrica de la escoria de acería debido a la presencia de bisilicato de calcio al pasar de la fase cristalina β a la γ con una expansión del 10-12 %, limita su aplicación en las mezclas asfálticas en tanto no se defina un tratamiento o curado que permita desactivar esa reacción. La presencia de OCa también es causa de inestabilidad de las escorias.

En tal sentido las probetas elaboradas con escorias L.D. que tenían un estacionamiento mayor a 12 meses no mostraron signos de expansión al contrario de las que contenían escoria más fresca.

En tanto no se neutralice esa expansión potencial, las escorias de acería no podrán utilizarse en toda mezcla que posea un agente ligante cementante o viscoelástico, pues se afecta la integridad de la estructura.

En el caso de las mezclas finas con arena de escoria de acería ese efecto perdería vigencia, atribuible a que al reducirse el tamaño de las partículas que lo contiene, el bisilicato de calcio queda expuesto o se desprende, pasando directamente al estado γ por la acción directa del agua y aire en el acopio. Situación similar se presenta con el OCa.

5. Cuando se analizan los porcentajes de asfalto (o emulsión) para cada mezcla no debe olvidarse el distinto peso específico de los agregados, ya que en el caso de la escoria del convertidor L.D. al ser su peso específico aparente un 15 % superior al del granito, para igual relación en volumen entre ligante y agregado corresponde un 15 % menos en peso del agregado.

6. Experiencias de obras viales con estas mezclas darán la verdadera pauta de su real aplicabilidad, los que servirán además para determinar exigencias a aplicar (Los Angeles, cubicidad, estado físico del agregado etc.) por ser agregados no convencionales. Por ejemplo las escorias no cumplen con estado físico del agregado (7,1 % para las de alto horno y 10,8 % para las de acería), pero esos valores surgen de la porosidad de las mismas.

7. En el aspecto tecnico-económico importa definir la zona de influencia de estos agregados en relación a las convencionales de cantera, las que junto al precio en origen están definidas por el costo de tranporte.

Además para obras de cierta importancia, el comitente debe asegurarse la provisión mínima atendiendo a la limitada producción en los hornos de S.O.M.I.S.A.

FiInalmente nos resta agradecer la colaboración recibida por parte del Dr. Jorge Colombo, el Técnico Oscar F. M. Llano y los señores Gino Pruscino y Braulio Muni.

BIBLIOGRAFIA

1. "Caracteristiques et emplois des laitiers de hauts fourneaux", Javelle Irsid, Ponteville P. Association technique de la sidérurgie française. Paris, Mars 1966.

2. "Utilisation de la photographie de mairé pour mesurer l'usure des granulats dans les couches superficielles de chaussées", G. Blot. Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur N° 30, Dec. 1984. Paris, France.

3. "La elaboración del arrabio y acero. Las escorias siderúrgicas, su generación, composición y propiedades. Niveles de producción", Ings. Gerardo Waelkens y Claudio Del Carmine. Primeras Jornadas Técnicas de Escorias Siderúrgicas. Tomo 1. Buenos Aires, setiembre 1985.

4. "Calidad de mezclas en frío con emulsión catiónica", Ings. Carlos Francesio y Horacio Vallejos. Comisión Permanente del Asfalto - 23" Reunión. Paraná, 1985.

5. "Determinación cuantitativa de las características friccionales y de cohesividad de mezclas asfálticas", Ing. Inocencio Juncos. Comisión Permanente del Asfalto - 11ª Reunión, 1960.

6. "Escoria de acería. Estado actual de estudios sobre su utilización", Ings. Tosticarelli, Angelone y Andreoni. Primeras Jornadas Técnicas de Escorias Siderúrgicas. Tomo 2. Buenos Aires, setiembre 1985.

7. "Le laitier d'aciérie L.D.", Ing. Brunelot. Laitier de haut fourneaux N° 54.

LA ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS OFRECE UN PROGRAMA DE DIFUSION SOBRE TECNICAS DE MANTENIMIENTO DE CAMINOS Y EQUIPOS VIALES

Este programa está dirigido especialmente para difundir entre el personal dedicado a las tareas de mantenimiento de caminos y equipos viales y se compone de 24 video-cassettes de los cuales 17 se refieren a caminos y los 7 restantes a equipos, de acuerdo con la siguiente lista:

Video-Cinta nº		Duración en minutos
	01 – Serie sobre Mantenimiento de caminos.	
	Introducción	
1.	Problemas comunes del mantenimiento y sus causas.	21
2.	Control del tránsito durante el mantenimiento.	24
	Mantenimiento de Pavimentos Asfálticos	
3.	Reparación de baches en pavimentos de concreto asfáltico.	13
4.	Reparación de baches en pavimentos de tratamiento superficial.	14
5.	Reparación de grietas en pavimento asfáltico.	12
6.	Reparación de depresiones, ahuellamientos y corrugaciones.	14
7.	Reparación de la base y la subbase.	16
8.	Tratamientos superficiales simples y múltiples.	15
	Mantenimiento de Caminos de Tierra y Grava	
9.	Parchado de caminos no pavimentados.	12
10.	Alisamiento y conformación de caminos de tierra y grava.	21
11.	Reposición de la grava.	18
	Mantenimiento de Bermas	
12.	Reperfilado de bermas de tierra y grava.	16
13.	Relleno de bermas de tierra y grava.	19
	Mantenimiento de instalaciones de desagüe	
14.	Limpieza mecánica de cunetas sin revestimiento.	19
15.	Limpieza de cunetas revestidas, alcantarillas y sumideros.	16
	Mantenimiento de Puentes	
16.	Limpieza y despeje de puentes.	14
17.	Reparación de tableros de puentes de hormigón.	18
	02 – Serie sobre Mantenimiento y Funcionamiento de Equipos	
18.	Mantenimiento diario de motoniveladoras por el operador.	20
19.	Mantenimiento diario de cargadoras frontales por el operador.	18
20.	Mantenimiento diario de tractores de carriles por el operador.	19
21.	Mantenimiento diario de compactadoras por el operador.	20
22.	Mantenimiento diario de distribuidores de asfalto por el operador.	15
23.	Mantenimiento diario de camiones volcadores por el operador.	18
24.	Mantenimiento diario de vehículos livianos por el conductor.	16

Este trabajo ha sido desarrollado por la Federación Internacional de Caminos (IRF) con la ayuda financiera del Reino de Arabia Saudita. La Asociación Argentina de Carreteras realizó esta traducción al idioma castellano por convenio con la Dirección Nacional de Vialidad. Los video-cassettes detallados más arriba se ofrecen en venta individual o conjuntamente. Cada video-cassette en colores tiene una duración de 12 a 21 minutos. Formato VHS. sistema PAL. Para conocer el contenido de ellos y reservar su pedido puede requerir más datos por carta o telefónicamente a nuestras oficinas de Paseo Colón 823, 7º piso, teléfono 362-0898 en el horario de 12 a 18.30.

AUTORIDADES QUE DIRIGEN LA VIALIDAD ARGENTINA

DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD



Ing. Saúl P. Martínez

Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad



Ing. Cándido Loncharich Franich

Subadministrador General de la Dirección Nacional de Vialidad

DIRECCIONES PROVINCIALES DE VIALIDAD



Ing. Roberto A. Cuello

Administrador General de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires



Ing. Carlos A. R. Garcilazo

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Entre Ríos



Ing. Agr. Alejandro C. Manzoni

Administrador General de la Dirección Provincial de Vialidad de Catamarca



Sr. Dorys C. Gómez

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Formosa



Ing. Carlos A. Berrini

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Córdoba



Ing. Carlos M. Cabral

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Jujuy



Ing. Pedro A. Favarón

Administrador General de la Dirección Provincial de Vialidad del Chaco



Ing. Raúl F. Alvarez

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de La Pampa



Ing. Juan D. Pío

Presidente de la Administración de Vialidad Provincial de Chubut



Ing. Marciano J. Gasco

Director Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Mendoza



Ing. José M. Pettico

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Misiones



Sr. Juan C. Ostanelli

Ministro de Bienestar Social a cargo de la Presidencia de la Dirección Provincial de Vialidad de San Luis



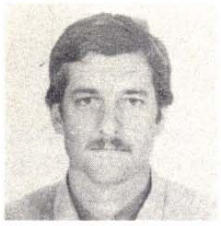
Ing. Italo O. Vannicola

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Neuquén



Ing. Rodolfo O. Langhi

Administrador General de la Dirección Provincial de Vialidad de Santa Fe



Ing. Horacio M. P. Ferrández

Presidente de la Comisión Interventora de la Dirección de Vialidad de Río Negro



Ing. Agr. Hugo A. Cramaro

Presidente del Consejo Provincial de Vialidad de Santiago del Estero



Ing. Miguel Y. Carmona

Director General de la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan



Ing. Sergio Scopel

Administrador de la Dirección Provincial de Vialidad de Tucumán

No se publican las fotografías de los siguientes presidentes por no haberlas recibido al cierre de esta edición, no obstante nuestros reiterados pedidos.

Ing. Manuel B. Valdez

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Corrientes

Ing. Mahamad R. Chain

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de La Rioja

Ing. Enrique Yazlle

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Salta

Sr. Joaquín Ibarra

Presidente de la Dirección Provincial de Vialidad de Santa Cruz

LA ELIMINACION DE LOS PASOS A NIVEL URBANOS

ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Por el Ing. JUAN PABLO MARTINEZ *

En este artículo se pasa revista a la problemática de la sustitución de los pasos a nivel en áreas urbanas por pasos viales a desnivel, y se informa de la política que al respecto orienta actualmente Ferrocarriles Argentinos

INTRODUCCION

No es necesario reiterar aquí la gravedad del problema que supone la existencia de las líneas férreas a nivel en el área urbana de Buenos Aires, con su directa consecuencia en la perturbación al tránsito vial y en la elevada siniestralidad, tanto a vehículos como a peatones.

En el aspecto de la seguridad, las someras cifras que se indican en el cuadro Nº 1 hablan por sí solas:

CUADRO Nº 1

	1983	1984	1985	1986
Accidentes en cruces a nivel de la R. M. de Buenos Aires	527	508	400	598
— Vehículos	192	214	151	179
— Peatones	335	294	249	419
Víctimas	482	517	412	552
— Muertos	300	302	230	324
— Heridos	182	215	182	228

No siendo posible por razones económicas y técnicas ni la eliminación de las vías férreas, ni su generalizada reconstrucción a desnivel, la solución ha de buscarse en la gradual eliminación de los pasos a nivel sustituyéndolos por pasos viales a distinto nivel, comenzando por los casos más urgentes.

¿A quién corresponde soportar el costo de las obras?

Históricamente correspondió a los ferrocarriles la responsabilidad de dar una satisfactoria protección a los pasos a nivel. El enorme número de cruces existentes (llegaron a ser más de 16.000) determinó que se aceptara un grado de protección disímil según la importancia de ambas circulaciones en conflicto, pero era responsabilidad ferroviaria disponer la mínima protección técnicamente aceptable (Barreras, Cruz de San Andrés, etc.).

En cuanto a las obras a desnivel, necesarias en algunos casos críticos, quedaron también por cuenta de los ferrocarriles, que disponían de recursos a tal fin. Incluso las empresas ferroviarias realizaron a principios de siglo algunas costosas obras de reubicación de sus líneas en alto o bajo nivel.

Prendió así en la comunidad la idea de que las obras necesarias para reducir o suprimir la interferencia vial-ferroviaria [1] corresponde soportarlas exclusivamente a los ferrocarriles.

Luego de la nacionalización ferroviaria resultó evidente que el ferrocarril no contaba con recursos para encarar ese tipo de obras. El problema fue agravándose a medida que se desarrollaba la red vial y crecía el parque automotor.

Desde el ámbito vial municipal se reclamó, o bien que el ferrocarril realizara las obras necesarias, o alternativamente que se eliminaran las vías férreas de la ciudad.

Desde el ámbito ferroviario se argumentó que con excepción de contadísimos casos, en nuestro país el ferrocarril era preexistente a la red vial y a la urbanización; que si existía conflicto de circulaciones ello se debía exclusivamente al posterior desarrollo del tránsito automotor; y que por lo tanto no correspondía al ferrocarril asumir el costo de las obras que ese desarrollo hacía necesarias.

La legislación vigente

La legislación y normativa vigentes recogieron el punto de vista ferroviario [2]. La Resolución 7/81 de la S.E.T.O.P. implanta la norma técnica que establece el tipo de cruce ferrovial a implantar, según el tipo de línea férrea y de camino. A su vez el decreto 903/74 dispone que tratándose de cruces viales a desnivel sobre camino existente o nuevo, el costo de la obra ha de recaer sobre la entidad vial, correspondiendo al ferrocarril sólo el costo de trabajos conexos en la zona de vía.

---

* Gerente de Planeamiento de Ferrocarriles Argentinos.

[1] No faltará quien señale que el término "vial" debe usarse para referirse a ambas circulaciones, individualizando cada una con los términos "autovial" y "ferrovial". Dado que en el ambiente ligado a las carreteras se asume el término "vial" como propio, así lo entendemos en este artículo.

[2] Ver Carreteras Nº 122.

En el caso de los caminos nuevos, cuando la norma técnica establecía que el cruce debía ser a desnivel, las entidades viales han debido hacerse cargo de la respectiva obra, toda vez que el ferrocarril se veía inhibido de autorizar otro tipo de cruce. En este caso la entidad vial es casi siempre Vialidad Nacional o alguna Dirección Provincial de Vialidad. Este caso ha dado lugar a considerable cantidad de obras nuevas a desnivel en los últimos años, cuyo costo se ha diluído en el presupuesto de la obra caminera.

Cuando se trata de un cruce a desnivel sobre calle, avenida o camino existente, la situación es distinta, casi siempre la entidad vial es el municipio y la mayoría de los municipios no dispone de abundantes recursos para volcar a ese tipo de obra. Por otra parte, la norma técnica nunca impone sustituir un paso a nivel por otro a desnivel. Si el municipio carece de recursos, para afrontar la obra por sí sólo, como corresponde por el decreto 903/74, la obra simplemente no tiene lugar.

El resultado ha sido que con este régimen sólo un número mínimo de obras ha tenido lugar; por este rumbo no cabe esperar se avance efectivamente en la resolución del problema de los pasos a nivel urbanos.

Nuevo enfoque de Ferrocarriles Argentinos

A partir de 1981 F. A. comienza a interesarse más directamente en la sustitución de pasos a nivel, y suscribe convenios con algunos municipios para la realización de obras, según los cuales el ferrocarril contribuye a solventar una proporción relevante del costo total, mucho mayor que la correspondiente según el decreto 903/74.

Se concretan así dos obras: el alto nivel de la Avda. Gdor. Gral. Rodríguez sobre el F. C. Roca, en Lanús; y el bajo nivel de la calle J. B. Justo, en el F. C. Sarmiento, estación Haedo, Partido de Morón.

A partir de 1984, ante la proximidad de inauguración de la electrificación del F. C. Roca entre Constitución y Témperley se encara una negociación con los municipios de Lanús y Lomas de Zamora, dando lugar a convenios que se suscriben a principios de 1986, para solucionar cuatro cruces:

— Castro Barros/O'Higgins (Lanús)

— Uriarte/Malabia (Lanús y Lomas de Zamora)

— Larroque/Chacabuco (Lomas de Zamora)

— Cerrito/Garibaldi (Lomas de Zamora).

En dichos convenios participó también la Provincia de Buenos Aires, por medio de su Dirección de Vialidad.

Además se suscribió simultáneamente otro convenio para construir diez (10) pasarelas peatonales elevadas entre Avellaneda y Témperley.

Una vez concretadas las obras convenidas, habrán desaparecido todos los pasos viales y peatonales entre Avellaneda y Témperley [3].

Con posterioridad se firmaron otros convenios para las siguientes obras:

— Av. San Martín (Tres de Febrero y DPV - Cruce c/F.C. San Martín)

— Av. Bmé. Mitre (Vicente López - F. C. Belgrano)

— Jorge Newbery (Buenos Aires - F. C. Mitre)

— Ensanche bajo nivel (Elcano - Buenos Aires - F. C. Mitre).

— Donato Alvarez (Buenos Aires - F. C. Sarmiento)

— Boyacá (Buenos Aires - F. C. Sarmiento).

La figura indica la ubicación de las obras convenidas, así como de otras en diverso grado de gestión.

La actual posición de F. A. se resume en los siguientes puntos:

1) Efectuar un aporte conómico a las obras en función del beneficio que la Empresa obtiene de cada obra. Este beneficio incluye los siguientes conceptos:

a) Ahorro de guardabarreras.

b) Ahorro de rotura de barreras.

c) Ahorro de costo de mantenimiento normal de barreras y alarmas.

d) Ahorro de costos de conservación de la calzada.

e) Ahorro de daños al material rodante ferroviario en accidentes.

f) Ahorro de gastos improductivos por interrupción de servicios en accidentes.

g) Ahorro de indemnizaciones a víctimas de accidentes. También se computan ahorros de inversión, a saber:

h) Reconstrucción evitada del paso a nivel.

i) Recuperación de barreras y elementos de protección.

j) Remodelación evitada del sistema de protección en casos de electrificación ferroviaria futura.

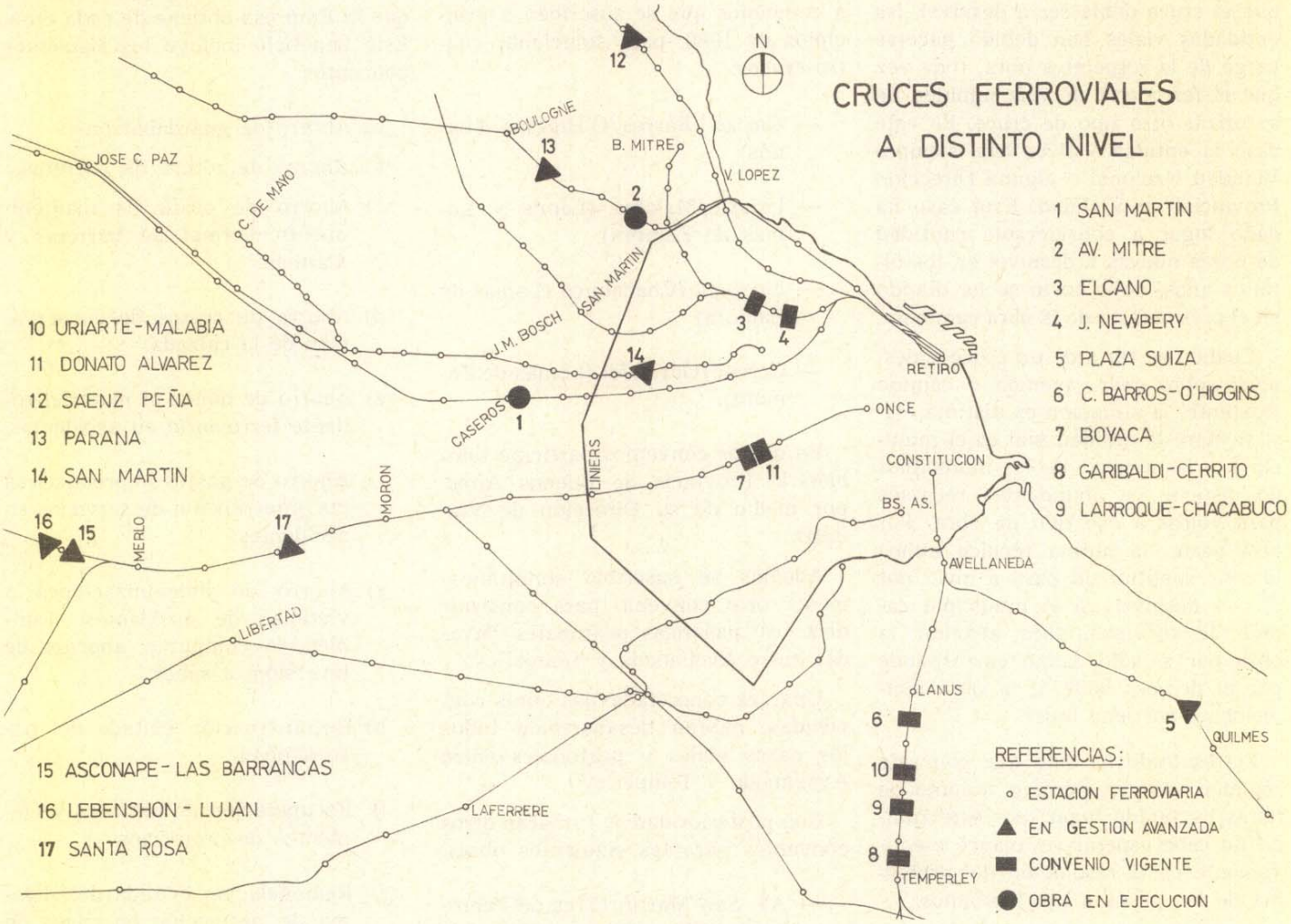
2) Para aumentar el beneficio del ferrocarril, y posibilitar un mayor aporte, incluir en los convenios cuando sea posible la supresión de más de un paso a nivel por cada obra a desnivel.

3) Dado que el problema de la seguridad es igualmente grave en los pasos peatonales, incluir en los convenios la sustitución de pasos peatonales y cercanos al cruce principal por puentes peatonales. Y colocar también puentes peatonales en los pasos a nivel a clausurar.

Obstáculos a superar

Si bien la enunciación de principios que precede sugiere que nos encontramos ante un problema sin dificul-

[3] A la fecha de este articulo se ha licitado el bajo nivel Castro Barros/O'Higgins.



tades conceptuales, ha sido y sigue siendo necesario superar un cúmulo de obstáculos de variada naturaleza, y que vale la pena comentar.

Obstáculos legales

El decreto 903/74 establece que el costo de un paso vial a desnivel corresponde a la entidad vial. Existe una interpretación jurídica según la cual dicho decreto manda que el costo sea soportado por la parte vial, no permitiendo el aporte de la Empresa ferroviaria. Por nuestra parte, entendemos que tal interpretación no cabe, pues no es posible prohibir a F.A. efectuar aportes económicos que resulten justificados por beneficios empresarios demostrables, más aún tratándose de obras que también favorecen al bien común.

Para evitar que futuros convenios puedan trabarse por esta causa, F. A. ha propiciado la modificación del referido decreto, autorizando expresamente la contribución económica de la Empresa en cada caso en función de sus beneficios.

Obstáculos técnicos

Las obras viales a desnivel casi nunca son sencillas, y deben superarse múltiples problemas técnicos que van apareciendo, lo cual encarece las obras y dilata la gestión entre las partes. Por ello, sería aconsejable que previo a la firma de un convenio, la parte vial preparara al menos un anteproyecto avanzado de la obra, que evidenciara su factibilidad técnica y permitiera aproximarse con alguna precisión al costo de la misma.

Obstáculos políticos

Las obras viales a desnivel no siempre son políticamente neutras. Tratándose de los municipios del Gran Buenos Aires, una obra de este tipo tiene un costo muy importante para las finanzas comunales. Por ello, no será infrecuente que una obra sea atacada con argumentos tales como que existen otras necesidades mucho más prioritarias (educación, salud, etc.); que se trata de obras faraónicas, etc. A veces el tema deriva en

disputas de política partidaria. También debe tenerse en cuenta la acción de algunos vecinos que se oponen por considerarse perjudicados por la obra. Todo ello implica que para llegar a la decisión de realizarla será necesario llevar adelante una intensa tarea de persuasión; y que el éxito no siempre puede darse por seguro.

Dificultades administrativas

Finalmente, aún decididas las partes a convenir una obra, deben superarse obstáculos generados en las propias administraciones. La negociación de los convenios es diltada y laboriosa, debiendo superarse inflexibilidades de los servicios jurídicos y contables de las partes en procura de salvaguarda de los respectivos intereses.

Conclusiones y recomendaciones

Como consecuencia de los problemas apuntados, es un hecho real que la negociación de un convenio suele consumir entre seis meses y más de un año, lo cual por cierto no puede dejarnos satisfechos.

Nuestra experiencia, desde Ferrocarriles Argentinos, aconseja en los casos en que coparticipan en las obras otras entidades, aparte del municipio y del ferrocarril, procurar evitar los convenios tri o cuatripartitos. La forma de lograrlo es la siguiente: que el municipio suscriba el convenio que establece la coparticipación ferroviaria, y mediante instrumentos separados obtenga la coparticipación de Vialidad Nacional o Provincial.

También resulta conveniente que el aporte del ferrocarril sea una cantidad fija (por cierto con actualización monetaria) que surgirá del estudio económico que FA practica en cada caso. Esto dejaría en libertad al municipio para encarar la obra vial en forma más acorde con sus necesidades o posibilidades. Tal procedimiento resulta muy adecuado cuando a la firma del convenio no se dispone de proyecto o anteproyecto, y por lo tanto no se conoce el costo con razonable certeza.

Aparte de las recomendaciones implícitas en las conclusiones expuestas, sería aconsejable atender a la natural insuficiencia financiera de casi todos los municipios. Hay que tener en cuenta que el aporte que FA puede justificar fluctuará entre el 15 % y el 30 %, y sólo excepcionalmente alcanzará o superará el 40 %. Por lo tanto, si no correspondiera la participación de Vialidad Provincial o Nacional, el costo remanente puede exceder las posibilidades económicas municipales.

Atento a que la eliminación de pasos a nivel apareja beneficios que trascienden el interés de la propia empresa ferroviaria y de la comuna o ente vial (nos referimos a los daños, fatales o no; a las personas, que no resultan indemnizadas), aparece como justificado un aporte del Estado Nacional. Este podría provenir de un fondo específico a crearse en oportunidad propicia. Dicho fondo financiaría como mínimo entre un cuarto y un tercio del costo de cada obra, y actuaría sin duda de catalizador de la decisión municipal de comprometerse en algún proyecto.

APENDICE

El 28 de agosto de 1987 FA y la Municipalidad de Buenos Aires convinieron la ejecución de pasos a bajo nivel en las calles Donato Alvarez y Boyacá, en su cruce con el F. C. Sarmiento (Línea Once-Moreno).

El convenio preveía el cierre de un tercer paso a nivel, el de la calle Granaderos, que sería reemplazado por una pasarela peatonal; y la sustitución por pasarelas elevadas de tres pasos peatonales a nivel cercano, en las calles Fray Luis Beltrán, Gavilán y Terrero.

Sin embargo, a menos de 60 días del convenio se hizo público un proyecto de subterráneos de Buenos Aires, consistente en realizar obras en conjunto con F. A., prolongando el subte hasta Liniers en un trazado bajo nivel a cielo abierto (en trinchera) por la actual zona vía del F. C. Sarmiento, cuyas vías serían también situadas en el bajo nivel. El proyecto eliminaría todos los pasos a nivel entre Caballito y Liniers y permitiría abrir la totalidad de las calles que intersectan al F. C. Sarmiento.

Se trata de un importante e interesante proyecto, del que la discusión detallada de sus aspectos técnicos, operativos y económicos excede ampliamente el objetivo de este artículo.

Sobre el mismo, no cabe sino reiterar nuestro punto de vista ya expuesto en Carreteras N° 102 de 1982. Desde el punto de vista de la ciudad no hay duda que la reconstrucción ferroviaria bajo nivel es la solución óptima. No es posible asegurar que también lo sea desde el punto de vista más amplio de la economía en su conjunto. El proyecto de SBA tiene un alcance mucho más amplio que la mera sustitución de pasos a nivel que venimos propiciando, pero su costo se ubica también, en otro orden de magnitud.

Mientras que la sustitución de los 22 pasos a nivel del F. C. Sarmiento en la Capital Federal por unos 12 pasos a desnivel y cierto número de pasarelas peatonales tendría un costo en el orden de los 20 a 25 millones de U$S a desembolsar gradualmente, el proyecto de SBA de prolongación de Subte a Liniers y reconstrucción del F. C. Sarmiento bajo nivel, implica también la modernización y reequipamiento de la línea A existente, y su costo total, material rodante incluído, sería del orden de los 400 millones de U$S.

Aunque, como se dijo, se trata de dos proyectos de muy distinto alcance y no estrictamente alternativos, la realización del proyecto de SBA supone la no realización de los pasos a diferente nivel. En el caso que los estudios demuestren la real conveniencia de tan grande inversión, sólo cabe desear su pronta realización, ya que de lo contrario se habría perdido la ocasión de resolver el problema de los pasos a nivel en el F. C. Sarmiento con los limitados recursos hasta ahora disponibles.

Obras Licitadas y Adjudicadas en los Meses de Noviembre y Diciembre de 1987 y Enero de 1988

LICITADAS

BUENOS AIRES. L. P. Nº 1896/87. Reparación estructural de los viaductos s/vías del F. C. G. B. Mitre y río Reconquista. Fecha: 30/11/87. Presupuesto: ₳ 763.327.

CORDOBA. L. P. Nº 1894/87. R. 35 Tr. Malena - Holmberg, construcción de defensas s/A° Corralito. Fecha: 3/12/87. Presupuesto: ₳ 2.100.000.

MISIONES. L. P. Nº 1898/87. R. 12 Tr. Puerto Rico - Montecarlo. Fecha: 17/12/87. Presupuesto: ₳ 14.900.000.

MENDOZA. L. P. Nº 1899/87. R. 7 Tr. Luján de Cuyo - Potrerillos, Sec. Ruta 40 (S) - Dest. YPF. Fecha: 29/12/87. Presupuesto: ₳ 13.650.000.

TUCUMAN. L. P. Nº 1900/87. R. 157 Tr. Lte. con Sgo. del Estero - Tucumán, Sección Lte. con Santiago del Estero - Monteagudo. Fecha: 14/1/88. Pres.: ₳ 33.600.000.

ADJUDICADAS

TIERRA DEL FUEGO. L. P. Nº 1884/87. R. 3 Tr. fin tramo experimental Punta María (extremo sur) - Estancia Viamonte y Estancia Viamonte - río Ewan (brazo sur). Fecha de adjudicación: 13/11/87. Adjudicatario: Vial Hidráulica S.A. y Esuco S.A. ₳ 18.281.525,04.

SANTA CRUZ. L. P. Nº 1882/87. R. 40 Tr. El Cerrito - Empalme Ruta Provincial 1505 (ex Ruta Compl. "0"), Sección Segunda. Fecha: 13/11/87. Adjudicatario: Sade S.A. - Parenti Mai S.A. ₳ 23.197.308,90.

TIERRA DEL FUEGO. L. P. Nº 1886/87. R. 3 Tr. Estancia La Sara - tramo experimental río Chico (extremo norte) y tramo experimental río Chico (extremo sur) - cabo Santo Domingo. Fecha: 13/11/87. Adjudicatario: Techint S.A. - Iglys S.A. y Dycasa S.A. ₳ 21.703.708,79.

TIERRA DEL FUEGO. L. P. Nº 1887/87. R. 3 Tr. San Sebastián - Estancia La Sara. Fecha: 17/11/87. Adjudicatario: Burgwardt y Cía. S.A. - Seminara S.A. y Neuen S.A. ₳ 16.114.260,24.

BUENOS AIRES. L. P. Nº 1869/87. R. 2 Tr. Dolores - Mar del Plata Km. 214,126 - Km. 263. Fecha: 18/11/87. Adjudicatario: Burgwardt y Cía. S.A. - Coarco S.C.A. y Equimac S.A. ₳ 11.254.968,76.

NEUQUEN. L. P. Nº 1859/87. R. 40 Tr. Pampa del Salado - Las Lajas, Sec. Río Salado - Pte. s/R° Salado en Las Lajas. Fecha: 20/10/87. Adjudicatario: Seminara S.A. - C. N. Sapag S.A. ₳ 24.611.061,46.

BUENOS AIRES. L. P. Nº 1878/87. R. 2 Tr. intersección de Ruta Nacional 2 con Martín J. Cobo y acceso por M. J. Cobo a Lezama. Fecha: 27/11/87. Adjudicatario: Burgwardt y Cía. S.A. y Alegre Pavimentos S.A. Presupuesto: ₳ 3.989.956,49.

BUENOS AIRES. L. P. Nº 1877/87. R. 5 Tr. Moreno - Luján, Sección Emp. R. Nac. 5 - Luján y acceso a Luján. Fecha: 3/12/87. Adjudicatario: G. Iezzi y Cía. S.A. y Vialmani S.R.L. Presupuesto: ₳ 4.598.358,94.

NEUQUEN. L. P. Nº 1865/87. R. 237 Tr. Confluencia Traful - Pte. s/río Limay, Sec. Km. 1578 - 1600. Fecha: 28/12/87. Adjudicatario: Empresa Modelo S.A. Presupuesto: ₳ 4.931.511,32.

CHUBUT. L. P. Nº 1879/87. R. 25 Tr. Los Altares - Pampa de Agnea, Sección Km. 42,2 - Km. 92,93. Fecha: 28/12/87. Adjudicatario: Babic S.A. ₳ 8.280.446,82.

CORDOBA. L. P. Nº 1883/87. R. 9 Tr. Córdoba - Jesús María, Pte. s/río Carnero. Fecha: 13/1/88. Adjudicatario: Miguel Romero Cammisa y Romero Cammisa Construcciones S.R.L. ₳ 1.717.690,10.

La Dirección Nacional de Vialidad Informa acerca de las Obras en Ejecución en todo el país

3.616 KILOMETROS DE OBRAS EN TODO EL PAIS Y 409 OBRAS EJECUTADAS EN LOS 24 DISTRITOS

Se trata de obras de pavimentación y repavimentación contratadas, algunas recién iniciadas y otras en avanzado porcentaje de ejecución.

Se destaca principalmente el caso de la provincia de Buenos Aires, donde además de la pavimentación de 387 kilómetros de obras nacionales se están ejecutando 100 km en las rutas provinciales 56 y 72, y 210 km de alteos en la zona afectada por las inundaciones en las rutas nacionales 5, 33, 188 y 226, que han quedado ya rehabilitadas al tránsito.

Por otra parte, la DNV recalcó el inicio en diciembre del año próximo pasado de la importante y fundamental obra por concesión de obra pública de la autopista La Plata - Buenos Aires en su primera sección hasta Hudson, lo que representa 32 km más de obras de diseño superior en ejecución.

A continuación se detallan los kilómetros de obras en ejecución por provincia en todo el país y se discrimina el número de obras por distrito dispuestas en forma descentralizada por cada uno de ellos y su correspondiente región, que hacen un total de 409 obras (319 de conservación, 83 de emergencia y 7 de señalamiento para la seguridad vial).

Son 24 los distritos de la DNV en el país, uno por provincia y dos en la provincia de Buenos Aires, agrupados en 4 regiones, que van incrementando la descentralización efectiva del organismo.

Kilómetros de obras dispuestas por casa central		Número de obras dispuestas por cada distrito			
		mejoramiento	emergencia	señalamiento	TOTAL
Buenos Aires	487	12			12
*Buenos Aires	210				
Catamarca	137	10	5		15
Córdoba	352	47	8		55
Corrientes	73	5	2	1	8
Chaco	136	14	13		27
Chubut	267	10			10
Entre Ríos	197	17	3		20
Formosa	170	14	2		16
Jujuy	20	14	16	1	31
La Pampa	125	6	3	1	10
La Rioja	265	15	3		18
Mendoza	115	17	7		24
Misiones	190	9	1		10
Neuquén	198	24		1	25
Río Negro	110	18	2	1	21
Salta	100	18	2		20
San Luis	43	9	—	1	10
Santa Cruz	63	2	—	—	2
Santa Fe	97	17	7	—	24
S. del Estero	121	11	1	—	12
T. del Fuego	126	4	2		6
Tucumán	14	16	6	1	23
San Juan		10			10
TOTAL	3.616	319	83	7	409

* Alteos zona afectada por inundación.

SIMPOSIO SOBRE PAVIMENTOS ASFALTICOS

Durante los días 2 y 3 de diciembre último la Comisión Permanente del Asfalto llevó a cabo en el salón de actos de la Dirección Nacional de Vialidad el simposio indicado en el título con la asistencia de un importante número de profesionales, en particular de representantes de organismos viales del interior del país. Además participaron especialistas de Africa, Chile y Uruguay.

El desarrollo del simposio estuvo a cargo de los ingenieros Boris Dorfman, Eduardo Bustos, Rodolfo Perales, Alejandro Tagle, Jorge M. Lockhart, Jorge R. Tosticarelli, Félix J. Lilli y Emile Horak, este último del Instituto Nacional para el Transporte e Investigación de Caminos de Sudáfrica.

En el acto inaugural usaron de la palabra el presidente de la entidad organizadora, Dr. Jorge O. Agnusdei; nuestro presidente el Ing. José M. Raggio, invitado especialmente por la Comisión; improvisando posteriormente palabras de bienvenida el subadministrador general de la Dirección Nacional de Vialidad, Ing. Cándido Loncharich Franich; encontrándose presente también en este acto el director de la Dirección de Vialidad de la República Oriental del Uruguay, Ing. Lucio Cáceres Behrens.

DISCURSO DEL PRESIDENTE DE LA COMISION PERMANENTE DEL ASFALTO



El Dr. Jorge O. Agnusdei al iniciar su discurso. Lo acompañan el presidente de la Asociación Argentina de Carreteras, Ing. José M. Raggio; el subadministrador de Vialidad Nacional, Ing. Cándido Loncharich Franich, y el director nacional de la Dirección de Vialidad del Uruguay, Ing. Lucio Cáceres Behrens.

Entre los objetivos básicos que impulsan el accionar de la Comisión Permanente del Asfalto, están en primer lugar el de promocionar la realización de estudios e investigaciones sobre materiales asfálticos y sus aplicaciones a través de sus distintas técnicas constructivas.

Es así que su actividad se ha centrado en la preparación y realización de reuniones anuales y simposios donde se pueden exponer los resultados de los estudios e investigaciones realizados en el país y en el extranjero procediendo a su posterior publicación junto a las discusiones que ellos generaron y las conclusiones arribadas. La publicación periódica de un boletín informativo, junto a la realización por parte de sus miembros de cursos de perfeccionamiento en distintos lugares del país, son parte de la actividad desarrollada por nuestra Institución.

A través de su historial la C.P.A. ha organizado 24 Reuniones Anuales y, con este que hoy estamos inaugurando, 9 simposios, todos perfectamente documentados a través de las respectivas publicaciones que son orgullo de nuestra organización.

La actividad de la C.P.A. no se ha circunscripto solamente al ámbito nacional, sino que desde hace algunos años participa activamente de la organización de Congresos de carácter internacional, como lo son los Congresos Ibero-Latinoamericanos del Asfalto. Es así que a través de su presidencia tiene a su cargo la Secretaría Permanente de estos Congresos del mismo modo que su sede se ha fijado en el de nuestra Comisión.

A propósito de estos Congresos, hace aproximadamente 15 días, se llevó a cabo en la ciudad de México el 4º Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, donde tuvimos oportunidad de participar junto a colegas de nuestro país. Para este evento la C.P.A. realizó una activa campaña de divulgación y promoción para que nuestro país ocupara, tanto a través de la presentación de trabajos técnicos como con la presencia de delegados, el lugar que le corresponde en el ámbito Ibero-Latinoamericano. Los resultados obtenidos con nuestra promoción fueron por demás auspiciosos. Es así que nuestro país participó en este 4º Congreso con 15 trabajos y 21 delegados, constituyéndose en la delegación extranjera más numerosa. Me atrevo a decir sin temor a equivocarme, que la activa participación de nuestros delegados, tanto a través de los trabajos presentados, como por su participación en los debates, fue por demás destacada, contribuyendo a través de la técnica aplicada al asfalto a mejorar la imagen que nuestro país nunca debió perder.

Como corolario de nuestra gestión a través de negociaciones con autoridades y representantes de distintos países se logró que el 5º Congreso se traslade al ámbito del Río de la Plata y su realización se ha fijado para el

año 1989 en la República Oriental del Uruguay.

Con respecto al 9° Simposio que hoy nos ocupa, la C.P.A. ha creído conveniente desarrollar dos temas por demás candentes e importantes como lo son el Reciclado de Pavimentos Asfálticos y el Diseño de Pavimentos Flexibles.

La rehabilitación y el mantenimiento de un sistema de transporte de un país es costoso, insume tiempo y materiales de alto costo. En los últimos años el reuso o reciclado de materiales de pavimentos existentes ha surgido como una alternativa viable de rehabilitación y mantenimiento.

El reciclado de mezclas asfálticas es, desde hace años, una técnica habitual y bastante experimentada en todo el mundo. El interés de su empleo se centra en la economía que supone el reaprovechar, en la medida que sea posible, los áridos y el betún colocados en un pavimento, con el consiguiente ahorro de materiales nuevos, más las ventajas económicas y ecológicas que ello supone. El desarrollo de maquinaria de fresado en frío y escarificado en caliente y la generalización en el uso de plantas de fabricación de mezclas asfálticas del tipo tambor-secador han facilitado el desarrollo de estas técnicas.

Hay evidencias que las mezclas asfálticas recicladas pueden proveer igual o mejor performance que las mezclas convencionales, siempre que se tomen los cuidados pertinentes tanto en la formulación como en la técnica de ejecución empleada. Pero, no todos los proyectos de reciclado han sido un éxito. Parecería que la falta de guías o procedimientos a seguir han sido la causa de estos fracasos. De ahí la importancia que tienen estos simposios en bien del esclarecimiento de nuevos conceptos para lograr el mayor de los éxitos en la implementación de esta técnica.

En nuestro país las obras de reciclado son de reciente data y en su mayoría contratadas por Vialidad Nacional. La primera obra de reciclado en caliente se llevó a cabo en la Provincia de Santa Fe durante los años 1984-1985, más precisamente en la Ruta 11, tramo Cañaditas-Calchaquí con una extensión de 38 km.

En 1986 se realizó el Fresado y Texturizado en la Ruta 3 de la Provincia de Buenos Aires, tramo Cañuelas-Monte con una extensión de 60 kilómetros.

En la actualidad se encuentran en ejecución las siguientes obras:

1 — Ruta 11: Santa Fe-San Justo, sec. Km. 484-525, langitud 40 km. Monto de contrato A 4.296.213.

2 — Ruta 11: Santa Fe-San Justo, sec. Km. 525-565, longitud 40 Km. Monto de contrato A 4.259.230.

3 — Ruta 7: Santa Fe. Tramo límite con Buenos Aires - límite con Córdoba, sección Km. 376-432, longitud 56 Km. Monto de contrato A 5. 118.890.

4 — Ruta 3: Provincia de Buenos Aires, tramo Cañuelas - Las Flores, sección Km 109-185, longitud 80 Km Monto de contrato A 9.291.555.

Esta obra en ejecución es la de mayor envergadura, desde el punto de vista unitario y tendremos oportunidad de visitarla en el día de mañana.

La Provincia de Buenos Aires está llevando a cabo una obra de reciclado en la Ruta 29, tramo Ranchos-Brandsen, longitud 42 Km y monto de contrato A4.900.000.

En la ciudad de Buenos Aires se está procediendo al fresado de la Av. Belgrano en su totalidad y parte de la Av. del Libertador.

En síntesis, una cantidad importante en obras y en km a reciclar que hacen por demás oportuno el tratamiento de este tema en el Simposio. Los especialistas encargados del desarrollo del tema nos darán un amplio panorama sobre las particularidades de las distintas obras en ejecución como de las técnicas empleadas.

En lo que compete al segundo tema del Simposio "El diseño estructural de pavimentos flexibles", en este caso también la C.P.A. ha considerado que es un tema de candente actualidad e importancia por el beneficio que se obtiene de la aplicación racional de los conocimientos que el tema involucra.

El tema a desarrollar versará sobre una reseña a cargo de especialistas de nuestro país de los tratados en la última Conferencia Internacional sobre Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles, llevada a cabo en Ann Arbor, Michigan, en julio del corriente año. Estas conferencias se han convertido en el mayor evento internacional sobre diseño de pavimentos asfálticos donde los especialistas de la mayoría de los países, tanto avanzados como en vías de desarrollo se encuentran cada 5 años para discutir, analizar críticamente y pasar revista a los últimos desarrollos de la ingeniería en pavimentos asfálticos.

La primera conferencia se realizó en 1962 en la ciudad de Ann Arbor, sede de la Universidad de Michigan y fue tal su éxito y trascendencia internacional que se resolvió realizar la segunda conferencia en 1967 en el mismo lugar, de ahí que estas Conferencias hayan adquirido el nombre de Ann Arbor Conferences.

En el transcurso de esta Conferencia se resolvió alternar las sedes de realización entre Europa y Estados Unidos. Siguiendo este criterio la tercera Conferencia se realizó en Londres, en 1972, donde la C.P.A. a través de su presidente en ese entonces el Dr. Alfredo Pinilla, tuvo el privilegio de presidir una de las sesiones técnicas. Esta Conferencia tuvo como principal objetivo "Puentear la brecha" existente entre la teoría y práctica, desalentándose la presentación de trabajos puramente teóricos sin verificación práctica y los puramente prácticos sin su fundamentación teórica.

Los objetivos principales de las 4° y 5° Conferencias fueron la presentación de métodos de diseño estructural de pavimentos nuevos y de refuerzos basados en las propiedades fundamentales de los materiales y las verificaciones mediante técnicas de evaluación de los métodos propuestos tanto para pavimentos nuevos como rehabilitados y la presentación de sistemas de administración o gestión de pavimentos.

La sexta Conferencia que acaba de realizarse en Ann Arbor en julio último tuvo como principal objetivo reafirmar los conceptos ya definitivamente incorporados de métodos mecanicistas o analíticos apoyados en la modelización estructural mediante ensayos a escala natural o evaluaciones del comportamiento "in situ".

La presencia argentina a esta Conferencia fue permanente e importante, tanto por la cantidad y calidad de los profesionales asistentes con continuidad de presencia en todos ellos. Tal como fue dicho anteriormen dada la importancia e interés que han generado estos eventos la C.P.A. ha considerado de interés su divulgación y a tal efecto ha comprometido la participación en este Simposio de tres profesionales de la Co-

misión que participaron de las conferencias para que transmitan a nuestro medio una semblanza de los principales aspectos tratados en esta última Conferencia.

En razón de todo lo expuesto es que convocamos a estas reuniones para que las mismas despierten la inquietud entre los asistentes que tienen la oportunidad de utilizar los conocimientos y recomendaciones que surjan de esta reunión, esperando que las mismas resulten por demás provechosas para el futuro vial en materia de construcción, conservación y mantenimiento de pavimentos asfálticos.

En esta oportunidad y por primera vez en el historial de nuestra Comisión hemos de contar entre los expositores con profesionales del Instituto de Transporte e Investigaciones Viales de Sud Africa, quienes transmitirán las experiencias alcanzadas en su país en materia de reciclado y diseño de pavimentos.

Deseo expresar mi agradecimiento a las autoridades de la D.N.V. por haber apoyado nuestra iniciativa y permitirnos desarrollar el Simposio en este magnífico local y contar además con el apoyo logístico necesario e imprescindible para desarrollar un evento de esta naturaleza.

A las empresas constructoras por el valioso aporte material realizado que facilitó enormemente la organización de este Simposio. A los señores disertantes que con su reconocida vocación de servicio han de contribuir al éxito y propósito de esta reunión.

También nuestro agradecimiento a la presencia de tan numeroso como calificado número de asistentes de la ingeniería vial.

Es propósito de esta Comisión que estas reuniones no se vean interrumpidas por ninguna circunstancia y los resultados que se obtengan sean coronados por el éxito y nos alienten a proseguir sin desmayos con esta labor por el bien de la Vialidad Argentina.

PALABRAS DEL INGENIERO JOSE M. RAGGIO

Agradezco a la Comisión Permanente del Asfalto la distinción con que nuevamente honra a la Asociación Argentina de Carreteras al invitar a su Presidente para hacer uso de la palabra en el acto de apertura de otro de sus tan acreditados simposios sobre la materia.

El que hoy se inicia debe destacarse por su particular coincidencia con temas de actualidad sobre los que merece profundizar su estudio dadas las particulares condiciones de deterioro de nuestra red vial.

Prácticamente la mitad de las exposiciones a escuchar versarán sobre el reciclado de pavimentos asfálticos en sus diversas versiones sobre estudio, proyecto, métodos constructivos, descripción de obras en ejecución, equipos de reciclado, propiedades fundamentales de las mezclas asfálticas recicladas y el reciclado como alternativa en los llamados a licitación en las obras de la Dirección Nacional de Vialidad. En particular este último tópico despertará singular expectativa entre las empresas constructoras, pues puede llegar a abrir un amplio espectro de posibilidades para formular propuestas que, a no dudar, han de beneficiar además a la repartición contratante.

No es por cierto de hoy que esta posibilidad de alternativas en las licitaciones viales despierta mi interés y mi inquietud respecto a dicho recurso licitatorio, llevado inclusive a un campo más amplio por medio del cual las propuestas puedan orientarse a ofrecer resultados, quedando librado al ingenio de la empresa proponente la forma de llevar a cabo la obra o alguna de sus partes. En cierta forma este criterio se practica al licitarse la construcción de puentes, incluido su proyecto, para lo cual se fijan las condiciones de servicio y algunas otras condiciones paralelas, que la estructura deberá prestar y se deja librado al proponente la conjugación técnico-económica más favorable.

El concepto anterior, sin ser tan amplio, puede trasladarse a diversos ítems de la obra. Cuando propiciaba estos conceptos allá por el año 1951, en una conferencia expuesta en la Cámara Argentina de la Construcción, citaba varios casos similares y paralelos tales como la contratación de hormigones, con particular referencia a los pavimentos, por el resultado de sus ensayos, quedando librado al criterio de los contratistas la formulación del dosaje, criterio extensible a la formulación de mezclas asfálticas.

Citaba también el caso de la elección de los yacimientos pétreos de mayor o menor rendimiento, en función con el costo de su transporte a obra, criterio aplicable tanto para la construcción de estabilizados, Mezclas asfálticas, Hormigones, etc.

Decía en aquella oportunidad: "Al contratista se lo ha considerado generalmente limitado a ser un fiel ejecutor de las directivas técnicas y prácticas que fijan los pliegos de condiciones e interpretan la inspección de las obras... Las empresas argentinas han adquirido la madurez adecuada como para poder aportar el caudal de sus conocimientos y la calidad de sus técnicos en la solución de muchas fases de la labor constructiva. Ellas podrían elegir los materiales que, satisfaciendo las condiciones generales técnicas impuestas por el tipo de obras, estuvieran más en consonancia económica con el mercado".

Seguía, entonces, diciendo:

"Se obtendría así una reducción de los costos que beneficiaría por igual a la repartición y a la empresa, pues es indudable que admitida esa función selectiva, las ventajas que la misma le reportaría a ésta, habría de reflejarse en el monto de la propuesta. El procedimiento permitiría, entonces que las empresas más capacitadas por su conocimiento de la plaza y las condiciones locales hicieran valer esta experiencia que es el resultado de muchos años de labor y sinsabores.

No debe olvidarse que la empresa contratista es una organización de carácter comercial y como tal debe admitirse que su actividad tiene por finalidad la obtención de una ganancia lícita. Todo cuanto tienda a que esa ganancia sea el resultado de una labor técnica y organizada que se traduzca en la cotización de ofertas más convenientes, ha de beneficiar al comitente y además ha de permitir que progresen las empresas más hábiles y las más capaces en beneficio del gremio y por lo tanto de las reparticiones públicas que utilizan sus servicios.

Es evidente la necesidad de facilitar al contratista la posibilidad de que seleccione sus equipos, utilizando en cada caso el más apto o el que

sin serlo le resulta el más económico, pues el peso (austral hoy) mal gastado y sin provecho para ninguna de las partes contratantes —ni para el usuario— es un atentado a la economía".

En la actualidad —decía entonces y repito hoy—, esa necesidad se hace sentir en forma imperiosa, pues además del factor económico de explotación, se presenta el factor económico de financiación que impide adquirir el equipo más adecuado, actuando aparentemente en sentido contrario del anterior al aconsejar una disposición de trabajo de un costo de explotación superior.

Ello explica "cuán necesario es dejar en manos del contratista los hilos de esa intrincada madeja de la organización y disposición de las obras, pues es él quien conoce mejor las vueltas que esos hilos dan en el ovillo y podrá alejarse así el peligro de que tire del que le rodea el cuello".

Ya el Ing. Enrique Humet, allá por el año 1936 —¡hace 50 años!—, insinuaba estos conceptos en la revista caminos al iniciarse la práctica de los estabilizados: "Esta clase de especificaciones son particularmente interesantes para el contratista que conoce técnicamente el asunto porque le permiten elegir sus materiales, moverlos en su granulometría y proporciones para obtener las mezclas más económicas, etc.".

También el Ing. Luis María Zalazar, en forma contemporánea con mi citada conferencia, exponía en la Revista Construcciones: "Hoy en día la situación obliga a dar libertad al contratista para que proponga métodos de ejecución que se encuentran dentro de nuestra realidad constructiva, siempre que los mismos permitan obtener una obra correctamente ejecutada; en efecto, es el empresario quien está más en contacto con el círculo de dificultades que la situación mundial ha volcado sobre las actividades en general y sobre la industria de la construcción en particular".

Muchos de estos conceptos dentro de un tema que siempre me ha apasionado ya han sido incorporados en la redacción de los pliegos de condiciones de la Dirección Nacional de Vialidad a través del tiempo, pero he querido recordarlos como testimonio de una actitud asumida hace años, y la adaptación de estos conceptos da testimonio de su practicabilidad en los hechos. Además considero adecuados traerlos a colación como un aporte de antecedentes de la vieja generación a raíz de la conferencia que la nueva generación representada por el Ing. Alejandro Tagle, nos promete con la autoridad que le confieren sus antecedentes y el respaldo que al concepto enunciado apuntala su condición de apreciado técnico de la Dirección Nacional de Vialidad con referencia al reciclado como alternativa en los llamados a licitación en las obras de dicha repartición.

Creo que el tema es muy jugoso y ha de dar pie para que esta tarde, después de conocerse su contenido, sea motivo de un interesante cambio de ideas y poder darle el espaldarazo necesario si de su contenido surge, como no lo dudo, una variante interesante para ser adoptada.

Si me he referido sólo a este trabajo, se debe a la particular coincidencia en lo referente a la incitación que significa para el espíritu creador que debe animar a los empresarios. Por cierto, ello no implica ignorar la importancia que le asigno a todas las exposiciones prometidas a lo largo de este simposio, dado que la reconocida capacidad técnica de sus oradores nos promete repetir otras jornadas del más alto nivel según es ya costumbre que acontezca en las reuniones de la Comisión Permanente del Asfalto.

Queda, pues, evidenciada la perspectiva del mayor éxito, augurio que con toda seguridad quedará ratificado en el desarrollo de este Simposio.

●

FONDO DE INFRAESTRUCTURA PUBLICA

La Federación Argentina de Trabajadores Viales —FATVIAL— en el Congreso Nacional Extraordinario realizado en el mes de diciembre último en Mar del Plata, ha rechazado también el proyecto de ley sobre Fondo de Infraestructura Pública.

En su telegrama del 3 de diciembre citado el señor Anthony Robson, Secretario General de dicha Federación, nos ha expresado lo siguiente: "Congreso Nacional Extraordinario de la Federación Argentina Trabajadores Viales reunidos en la ciudad de Mar del Plata rechazan enérgicamente proyecto inconstitucional denominado Fondo de Infraestructura Pública que pretende apropiar recursos específicos de la vialidad argentina".

ANSIOSO LLAMADO DE NUESTRO PRESIDENTE A LOS ASOCIADOS

Aunque la fecha consignada está superada, el contenido está siempre vigente, por cuya razón se transcribe la circular enviada el 5 de enero último a todos los asociados.

CONVOCATORIA

A TODOS LOS SOCIOS
DE LA INSTITUCION

1 X 1

En mi carácter de Presidente hago un llamado a TODOS los integrantes de la Asociación Argentina de Carreteras, del cual NINGUNO de ellos debe sentirse excluido.

La Asociación Argentina de Carreteras debe expandir su acción a todos los ámbitos del país y al mismo tiempo incrementar su representatividad incorporando a su patrimonio societario la totalidad del vasto sector relacionado con la actividad vial. En tal forma se incrementará paralelamente la envergadura de su opinión y la trascendencia de su acción y se afianzará su posición financiera.

Para lograrlo es imprescindible incorporar el mayor número de socios calificados en sus cuatro categorías, a saber: "A" (Individuales); "B" (Entidades Oficiales y Civiles); "C" (Entidades Comerciales) y "D" (Socios Protectores).

La propuesta que le hago a los señores consocios es muy simple. Consiga CADA UNO incorporar solamente a OTRO NUEVO SOCIO (1 x 1) de su categoría o similar en el término de los próximos noventa días y será ella la mayor satisfacción que puedan otorgarme al término de mi mandato.

El desafío queda lanzado. Usted tiene la palabra.

Fdo: **Ing. JOSE MARIA RAGGIO**
Presidente

CONFERENCIA PARA EJECUTIVOS SOBRE ADMINISTRACION VIAL

Phoenix, Arizona, U.S.A.

Octubre 30 a noviembre 12 de 1988

La International Road Federation organiza esta conferencia que está dirigida en profundidad hacia los siguientes temas:

- Sistemas de administración de mantenimiento.
- Sistemas de administración de pavimentos.
- Las computadoras en la administración.
- Administración de equipos viales.
- Transferencia de tecnología y entrenamiento del personal.

El programa está preparado para un máximo de 25 personas, administradores de organismos e ingenieros en los ministerios de obras públicas y comunicaciones y en los organismos viales de fuera de los Estados Unidos y Europa.

La conferencia, conducida totalmente en idioma inglés, ha sido organizada en cooperación con la Universidad del Estado de Arizona, un centro líder sobre investigación de transporte y transferencia de tecnología en los Estados Unidos. Todas las sesiones estarán bajo la dirección de expertos prominentes de los sectores públicos y privados y académicos. El formato de las exposiciones, las discusiones estructuradas, casos históricos individuales y conversaciones informales entre el pequeño grupo de participantes y los conferencistas permitirá un intercambio inestimable de experiencias prácticas como así a la introducción de nuevos conceptos, técnicas y métodos en el proceso de la toma de decisiones.

Los participantes no deberán tomar ningún tipo de examen o preparar trabajos pero sí un completo y riguroso uso de las dos semanas planeadas. La conferencia comenzará el 30 de octubre 1988 en Phoenix, Arizona, con una recepción de bienvenida. Las sesiones diarias comenzarán a las 8 y continuarán hasta las 17 horas. El 9 de noviembre el grupo efectuará visitas a tareas de mantenimiento en ruta al Gran Cañón, donde tendrán lugar dos días de conferencias intensivas, discusiones y sesiones de trabajo. El grupo retornará a Phoenix, Arizona, y la conclusión de la conferencia será el día 12 de noviembre.

PARTICIPANTES

La conferencia de ejecutivos tiene el objetivo de agregar un marco de profundidad a los conocimientos y capacidad de los profesionales seniors que pueden tener influencia en los resultados obtenidos en sus respectivas organizaciones. Sus cargos y el grado de responsabilidad varía de país a país, y como ejemplos: ingenieros jefes, directores de caminos, secretarios permanentes, directores de mantenimiento, viceministros, etc. La participación de profesionales apropiados de nivel del sector privado también están invitados.

COSTO

El costo de cada participante será de aproximadamente u$s 4.000, que cubrirá el hotel del 30 de octubre al 12 de noviembre, comidas, conferencias, documentos de la conferencia y registración. El viaje ida y vuelta a Phoenix, Arizona, y gastos personales serán pagados por el participante.

Mayor información solicitarla a la Asociación Argentina de Carreteras.

LUCAS MARENGO

El 23 de setiembre último falleció en Roma el señor Lucas Marengo, quien fuera vicepresidente segundo de nuestra Asociación durante varios años.

Don Lucas, como se le llamaba cariñosamente entre el círculo de sus relaciones, comenzó sus actividades comerciales en el ramo de fabricación y venta de accesorios para la construcción acompañado por sus hermanos, hasta que en época propicia de la Vialidad Argentina avizoró un panorama económico más favorable en dicho sector. Con tal motivo montó una empresa dedicada a la construcción de caminos, la que encaró múltiples e importantes obras, descollando por la eficiencia de su actuación.

VISITA DE UN ENVIADO ESPECIAL DE LA FEDERACION INTERNACIONAL DE CAMINOS

El día 6 de febrero último el señor Robert Jones, representante de la International Road Federation ante las naciones latinoamericanas, visitó a nuestro presidente, el Ing. José M. Raggio, quien con la asistencia de nuestro consejero Ing. Mario J. Leiderman departió sobre diversos aspectos de la relación intersocietaria, programas de acción común para intensificar la relación técnico-científica y la colaboración que podría prestar la IRF a tal efecto. Además se concretó un intercambio de publicaciones, de lo que oportunamente se informará en detalle.

Fue propicia la ocasión para que el señor Jones, al transmitirnos el alto concepto de que gozaba nuestra Asociación en la IRF por la destacada actuación a través de los años, solicitara nuestra opinión sobre la forma en que podría encararse la formalización de entidades similares en otros países de Latinoamérica que aún no contaban con ella.

En tal oportunidad el señor Jones comentó el excelente trabajo realizado por nosotros con motivo de la traducción y reproducción de los 24 videocassettes que son de público conocimiento.

Resultó a la postre una prolongada reunión de trabajo que servirá para estrechar aún más los vínculos que ligan a ambas entidades.

Hoy no está más entre nosotros, pero por sus rasgos de empresario emprendedor así como por sus dotes personales de bondad y rectitud será siempre recordado con cariño por todos sus numerosos amigos.

CONSEJO VIAL FEDERAL

A raíz de la asamblea realizada el día 3 de marzo en esta ciudad, el Comité Ejecutivo del Consejo Vial Federal quedó constituido en la siguiente forma:

Presidente	**Ing. Pedro Favarón (Dirección Provincial de Vialidad de Chaco).**
Vicepresidente 1º	**Ing. Sergio Scopel (Dirección Provincial de Vialidad de Tucumán).**
Vicepresidente 2º	**Ing. Rodolfo Langhi (Dirección Provincial de Vialidad de Santa Fe).**
Vicepresidente 2º Suplente	**Ing. Marciano J. Gasco (Dirección Provincial de Vialidad de Mendoza).**
Secretario Ejecutivo	**Ing. Osvaldo O. Pérez (Dirección Nacional de Vialidad).**

VIALIDAD, LA CENICIENTA

El 11 de enero último en la sección Cartas de Lectores La Nación publicó el texto de la carta de nuestro presidente, Ing. José M. Raggio, la que a continuación reproducimos fotografiada del citado diario.

Señor Director:

"Cuando en el año 1930 se recargó por primera vez con destino a la obra vial el precio de la nafta en dos centavos por litro merced a un acuerdo directo entre el gobierno provisional y las empresas productoras, importadoras y exportadoras por ofrecimiento espontáneo de éstas, se puso en práctica la filosofía de los fondos específicos, por la cual el usuario de las rutas contribuía a reintegrar los costos que ocasionaba a la comunidad por su uso y desgaste. Casi dos años más tarde, en 1932, por intermedio de la ley 11.658, el régimen se perfeccionó y se instrumentó con el acuerdo de las provincias mediante el dictado de leyes locales de acogimiento (leyes convenio) por las cuales ellas cedían su privilegio al establecimiento de impuestos locales, en beneficio de un régimen unificado que les garantizaba su coparticipación en el producido de aquel impuesto central.

"Con el correr de los años, un impuesto de tan fácil percepción fue despertando la codicia del Estado financiero arrogándose participación en su producido para satisfacer destinos tan indefinidos como el de Rentas Generales. Ninguna relación tenía esa participación con el generador de su producido, la red vial, pero la paciencia y la relativa solvencia del castigado usuario daban para todo.

"Hoy estamos ante un hecho por consumarse por el cual se echa mano una vez más de la gravación extraordinaria de los combustibles para solucionar un problema generado por el desorden estatal. ¿Qué tendrán que ver los jubilados, que también han hecho su aporte específico, ahora esfumado, con el usuario del camino, promotor del consumo de combustibles? Todo ello sin entrar a detallar las consecuencias –causa, efecto– que el aumento de costo de los combustibles significará para la economía general del país.

"El impuesto sobre la nafta, que en su origen fue proyectado para contribuir al sector vial en una magnitud del 100 % de su producido, ha sido sucesivamente fagocitado para reducirse –hasta ayer (año 1986)– al 24 %. Mañana (año 1988) con esta nueva exacción la participación vial pasará a ser tan sólo del 19 % y así ¿hasta cuándo?

"La Asociación Argentina de Carreteras, acompañada por un sinnúmero de muy importantes y representativas entidades afectadas por la precaria condición en que se desarrolla el transporte carretero, ha solicitado en numerosísimas oportunidades un refuerzo de la partida vial para darle solución a aquel problema, aun recurriendo a un aumento del precio de los combustibles muy inferior al que ahora se ha sancionado.

"Mientras Vialidad, la Cenicienta, la legítima destinataria de esos recursos, espera y continuará esperando como convidada de piedra en este festín fiscalista, a que se le reintegre una apropiada participación en el impuesto a los combustibles tan necesaria para poder satisfacer el reacondicionamiento y la adecuación de la red vial argentina."

José María Raggio
Presidente de la Asociación
Argentina de Carreteras
Paseo Colón 823
Capital

FONDOS ESPECIFICOS

Al asumir el nuevo presidente de Hidronor, Ing. Víctor Pochat, en el mes de enero último, tanto él como el secretario de Energía, Ing. Jorge Lapeña, pronunciaron palabras que "se caracterizan por su coherencia respecto de que el record de obras concretadas en materia hidroeléctrica fue la consecuencia directa de la disposición de recursos específicos, los cuales ahora se verían amenazados por el futuro Fondo de Infraestructura Pública que impulsa el ministro de Obras y Servicios Públicos" (diario La Nación). Estas manifestaciones fueron expresadas en presencia del señor ministro, Dr. Rodolfo Terragno.

Mucho nos satisface constatar que el sector eléctrico adhiere a nuestra constante prédica en tal sentido. Apreciamos el gran valor de dichas exposiciones y confiamos que el señor ministro, presente en el acto, habrá tomado debida nota que tales manifestaciones apoyan desde otro campo los conceptos que sustentamos para el sector vial.

TRABAJOS TECNICOS PARA SER PRESENTADOS A LA XI[a] REUNION MUNDIAL DE LA IRF

Para esta Reunión que se llevará a cabo en Seúl, Corea, entre el 16 y el 22 de abril de 1989, la International Road Federation invita a presentar trabajos bajo el tema general "Exitos y desafíos en el mundo de las carreteras". Se han seleccionado los siguientes tópicos:

1. Planeamiento y financiación de los sistemas de caminos en el siglo XXI.
2. Costo-beneficio de la administración de los caminos actuales.
3. Avances recientes en el diseño y la construcción de caminos.
4. Mejoramiento de los materiales y equipos.
5. Innovación.
6. Mantenimiento de caminos y conservación del capital.
7. Seguridad vial y consideraciones ambientales.
8. Urbanización y problemas del transporte vial.

Si se desea presentar un trabajo técnico que no siga los tópicos anunciados podrá hacerlo para su consideración por el comité técnico, quien evaluará la importancia del trabajo para ser considerado en las sesiones del congreso.

A efectos de formalizar la presentación deberá llenar un formulario que será suministrado por la Asociación Argentina de Carreteras, antes del 30 de abril venidero.

DIRECCION DE VIALIDAD DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

La Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires ha convenido con la Asociación Argentina de Carreteras, la Comisión Permanente del Asfalto y el Instituto del Cemento Portland Argentino la integración de una comisión ad-honorem cuya finalidad será la realización de un estudio en ese organismo con el objeto de analizar la acción a tomar para mejorar el nivel técnico de esa repartición. Al efecto han sido designados por la Dirección de Vialidad el Ing. Benedicto M. Rego y por las mencionadas entidades el Ing. Mario J. Leiderman, el Dr. Jorge O. Agnusdei y el Ing. Raúl A. Colombo, respectivamente.

Premio "INGENIERO ROBERTO GOROSTIAGA"

De acuerdo con lo informado en nuestro número anterior, la Asociación Argentina de Carreteras otorgó el Premio "Ing. Roberto Gorostiaga" al Ing. Roberto A. Maglie por su trabajo "Protección anticorrosiva de tensores para puentes atirantados. Propuesta".

Debido a su extensión, en este número se publica la primera parte, que incluye una introducción al tema, distintos tipos de cables y sistemas anticorrosivos utilizados y un introito conceptual con las ideas básicas que justifican la propuesta de un sistema anticorrosivo de muy larga duración.

En el número próximo se publicará la parte final del trabajo, en la que se detallarán las ventajas y particularidades del arreglo propuesto y mayores precisiones sobre el gobierno de las variables físicas necesarias para la dilatada duración buscada.

Protección Anticorrosiva de Tensores para Puentes Atirantados - Propuesta

Ing. ROBERTO A. MAGLIE

(Primera Parte)

RESUMEN

Se presenta una propuesta de protección anticorrosiva múltiple, de pretendida muy larga duración, con el objeto de someter a discusión una argumentación pensada para superar el problema estimado como de mayor relevancia en este prominente tipo de puentes. Se describen los tipos de cables en uso, comunes a los mismos, se presentan someramente la totalidad de los arreglos anticorrosivos más usuales en atirantamientos y se plantea que optar por una protección que implica un relativo mayor costo inicial, podría significar: mayor confiabilidad y vida útil, enorme reserva de seguridad ante períodos en que se omiten mantenimientos; menores gastos de control y mantenimiento y menor costo final.

INTRODUCCION

Actualmente se considera que los puentes atirantados son la mejor solución —la más económica, la más racional y la más bella— para salvar luces entre los 200 y 500 metros, pudiendo también competir en otros rangos cercanos. La mayoría de sus complejos problemas estructurales y de comportamiento, están hoy satisfactoriamente resueltos, salvo el de la **durabilidad de sus cables,** a causa de no haberse logrado una protección anticorrosiva altamente confiable. Siendo los cables, la razón de ser de un puente atirantado, el dilema de la corrosión, como se ve, no es un problema menor. Si bien este trabajo pretende ser extensivo a todo ámbito, toca de cerca a la problemática de nuestro País, en el tema, el que ya cuenta con cuatro grandes puentes atirantados.

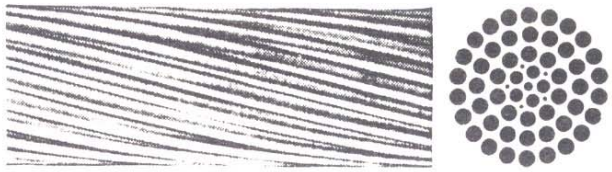
En lo que sigue, nos basaremos en el análisis de la conveniencia de un sistema multicapa de protección, el que se puede hacer valedero a otros sistemas atirantados y, con ciertas puntualizaciones, a estructuras colgadas. Algunas particularidades esenciales que hacen al tema, aquí sólo se podrán delinear, en razón del breve espacio disponible. Si las circunstancias lo permiten, serán objeto, en el futuro, de otros trabajos ampliatorios.

Cuando los funcionarios y técnicos de un país deben elegir cuál es el cable más adecuado para un puente, deben dirimir sobre una elección que está condicionada, en buena parte, por la competencia. El cable siendo un producto comercial, no está ajeno a las leyes de ésta. ¿Cuál es el parámetro que gobierna la competencia entre los fabricantes de cables? Los cables hoy en uso son los llamados cerrados, los de hilos paralelos y los de cordones paralelos; no pudiendo variar sustancialmente la cantidad de acero —podría existir una disgresión respecto a los cables cerrados— la competencia entre los obenques se libra, en su mayor parte, alrededor de la protección anticorrosiva. Por estas circunstancias, las protecciones que se proponen no parecen querer traspasar, en general, un cierto entorno limitado económicamente por la existencia, precisamente, de firmas rivales. Este estado de cosas no es necesariamente el más interesante para el comprador, es decir, para el Estado, al que le resultaría más conveniente adquirir cables cuya duración sea la misma que la duración del puente; es decir, cambiar los cables la menor cantidad de veces, pues cada recambio total puede significar un costo cinco veces superior al de los cables ex-fábrica. Las protecciones anticorrosivas que hoy se ofrecen no parecen estar diseñadas para satisfacer esta condición de larga duración. Los costos que

han significado protecciones anticorrosivas que se han manifestado deficientes, obligan a pensar, si con un ligero aumento del costo inicial del cable, —no del final— al comprador no le convendría tender a sistemas decididamente más reforzados. El objetivo de éste, es construir y mantener en servicio puentes seguros, al menor costo final posible, aunque urge decirlo, la economicidad no debería ser el parámetro mandatario, sino la seguridad global, por la condición de obra pública de los puentes. El costo de los cables de un puente atirantado puede variar entre el 10 y el 20 % del costo del puente, aunque el peso de los cables es cercano al 10 % (1); a su vez, el costo de una protección anticorrosiva habitual es aproximadamente el 10 % o más del costo del cable, es decir, variará entre el 1 y el 2 % del costo del puente. Considerando que la vida útil de un puente se estima próxima a los 100 años y que durante este lapso, por las características actuales de las protecciones, habrá que realizar 5 o 15 acciones importantes de conservación, es intención proponer que por un sobrecosto inicial relativamente bajo con respecto al valor del puente, agregado al costo de la protección habitual, p.e., 1 %, se pueda dotar a los cables, de un sistema de protección múltiple, que basado en determinada organización de sus elementos, permita elevar geométricamente la duración de las capas interiores, que, protegidas por el elemento exterior de la protección —éste considerando renovable— hagan innecesario el recambio interior por períodos notoriamente dilatados, que podrían acercarse a la duración de la vida útil del puente, garantizado plenamente el coeficiente de seguridad del cable (respecto a su durabilidad), otorgando un margen inédito para efectuar los mantenimientos —en caso de períodos de abandono— y logrando un menor costo final.

FIGURA 1

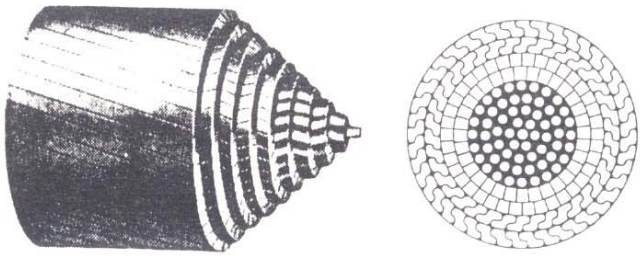
ELEMENTOS TENSORES UTILIZADOS PARA PUENTES ATIRANTADOS



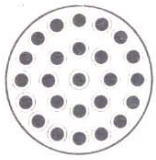
1.1) CORDON (STRAND)



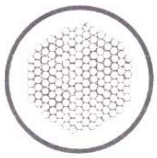
1.2) CUERDA (ROPE)



1.3) CABLE CERRADO (LOCKED-COIL STRANDS)



1.4) CABLE DE BARRAS PARALELAS



1.5) CABLE DE ALAMBRES PARALELOS



1.6) CABLE DE CORDONES PARALELOS

Fusionado al planteo anterior, debe asumirse que el mundo, a los efectos de la conservación de puentes, está fraccionado en tres: los países que poseen alta tecnología de control y mantenimiento, y la ejercitan a tiempo; los países que todavía no poseen ese status; los países que, además de no haber llegado a ese nivel, muestran una inercia estructural que arroja dudas sobre su decisión de aprender y ejercitar técnicas en este campo, en un futuro inmediato. Este componente, hace muchísimo más interesante la discusión sobre la conveniencia de adoptar determinada filosofía ante las características de duración de las protecciones anticorrosivas. En el capítulo 4, se amplía el tema, partiendo de tres ideas u objetivos básicos que sirven de preludio a la descripción de la protección en sí, y a sus presuntas ventajas.

1. TIPOS DE CABLES UTILIZADOS PARA PUENTES ATIRANTADOS

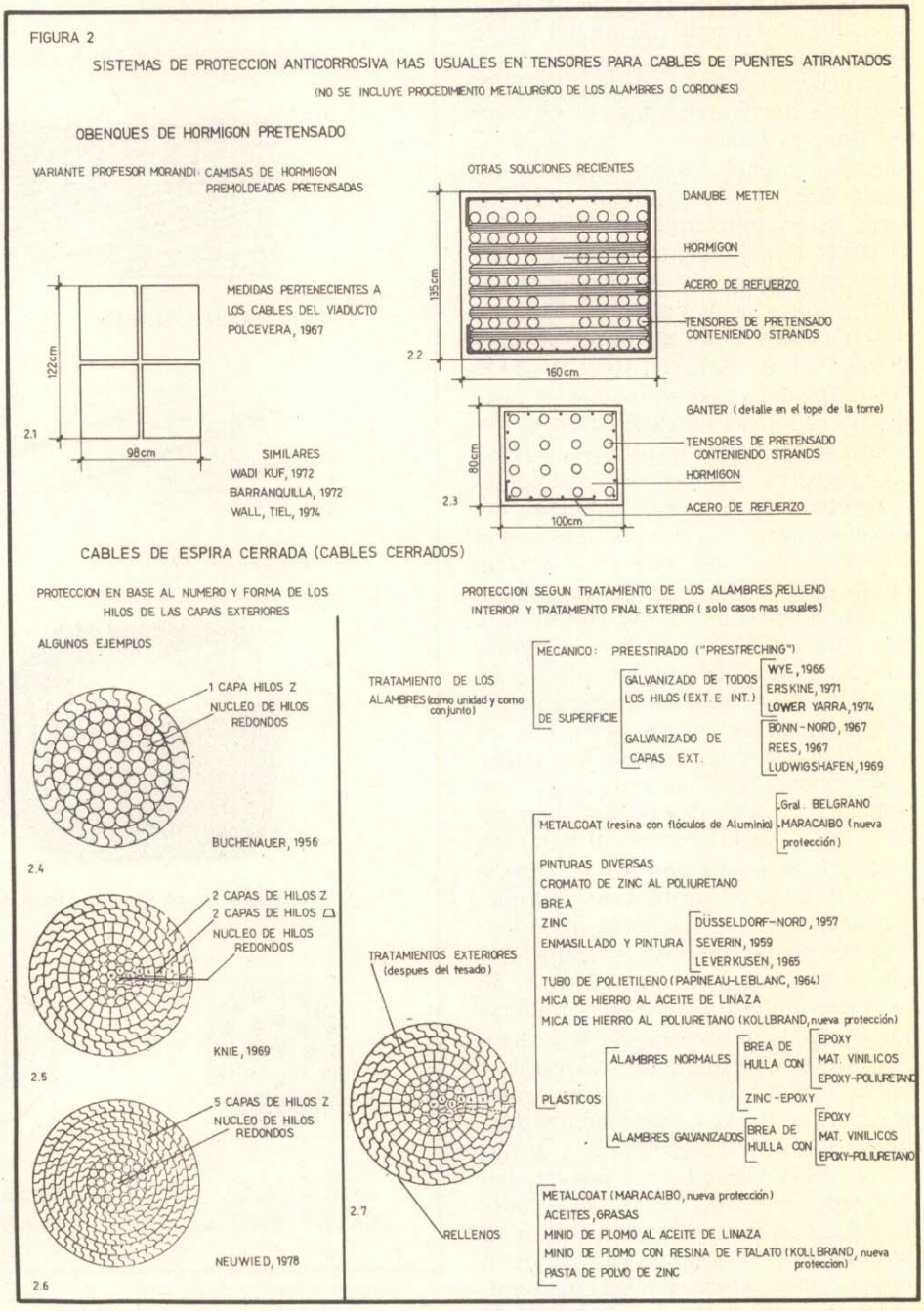
Para hacer inteligible los distintos arreglos, se describen los elementos constitutivos y disposiciones básicas más usuales en cables de puentes atirantados. Se excluyen elementos como perfiles de hierro o cadenas, que antiguamente han sido utilizados como elementos tensores. Las definiciones que siguen tratan de reproducir las convenciones en uso. Algunos casos exijen, para una mejor individualización, su caracterización, por una voz inglesa, la que se agrega entre paréntesis: **alambre:** hilo metálico que se obtiene por trefilado (estirado en frío), con diversos tratamientos posteriores de mejora; **cordón** o **torón** (strand): arreglo de alambres or-

ganizados alrededor de un alambre central (alma); **cuerda** (rope); número de cordones arrollados helicoidalmente alrededor de un alma, que puede ser otro cordón; **barra:** normalmente, barras de pretensado de alta resistencia, con rosca laminada en frío; **cable de espira cerrada o cable cerrado** (locked-coil strand): los alambres del cable están dispuestos en capas concéntricas con trayectoria helicoidal, cambiando de capa en capa el sentido de la trayectoria, para evitar en lo posible el reviro del cable, la zona central o núcleo está compuesta por alambres redondos, de igual o distinto diámetro; alrededor de este núcleo se dispone/n capa/s de alambre/s de sección trapecial (forma de cuña) —o en H alternadas con redondos, a continuación se disponen otra/s capa/s en forma de Z, las que permiten por una operación de preestirado ("prestretching") un ajuste controlado, esto es, el "cerrado", el ensamblado del cable, con el fin de lograr una superficie herméticamente cerrada. Además de otras protecciones, previo al estirado, el cable es rellenado con una mezcla anticorrosiva; **cable de alambre o cordones o barras paralelas:** son alambres, cordones o barras individuales, organizados en configuración paralela. **Cable** (en general), **Tensor** u **Obenque:** todo miembro flexible convenientemente organizado, capaz de resistir tensión, constituído por uno o más grupos de alambres, cordones, cuerdas o barras. En la Figura 1, se pueden observar los principales arreglos aquí descriptos.

FIGURA 2

SISTEMAS DE PROTECCION ANTICORROSIVA MAS USUALES EN TENSORES PARA CABLES DE PUENTES ATIRANTADOS

(NO SE INCLUYE PROCEDIMIENTO METALURGICO DE LOS ALAMBRES O CORDONES)



Respecto de los cables más utilizados en puentes atirantados —el cable cerrado y los de hilos y cordones paralelos—, existen, entre otros, tres trabajos germanos decisivos sobre el tema: una investigación llevada a cabo por el Profesor Leonhardt, publicada en 1978 (2) (incluye la experiencia de 10 años de observación de cables de hilos paralelos y 40 años de seguimiento de cables cerrados, cuyo fin fue determinar las propiedades dinámicas, estáticas, elásticas y eficacia de las protecciones anticorrosivas de los mismos); una minuciosa comparación llevada a cabo por Weitz (1) y un trabajo clásico que marca un hito en el tema, realizado por Andrä y Zellner (3). Por razones de espacio, sólo se consignan aquí las conclusiones del primer trabajo: 1º) la resistencia a la fatiga es aproximadamente: $\Delta\sigma = 20$ Kp/mm² para cables de hilos paralelos con anclaje Hi-Am (contiene una mezcla de relleno sintético de resina epoxy, con polvo de cinc y granalla metálica, que posee la ventajosa característica de ser fundida sólo a 110°C, condición fundamental para no inhibir la resistencia a la fatiga de los alambres): $\Delta\sigma = 12$ Kp/mm² para los cables cerrados con anclajes rellenos con mezcla Zamak (se funden a temperaturas de entre 350 a 450°C); 2º) la resistencia máxima o de rotura es: $\beta_N = 170$ Kp/mm² para los cables de hilos paralelos y $\beta_N = 150$ Kp/mm² para los cerrados; 3º) el diámetro y corte transversal de acero máximos fabricados en ese entonces, era: 147 mm para los primeros y 123 mm para los segundos; 4º) los valores de 2º) y 3º) arrojan las siguientes cargas máximas de rotura: 2.190 Mp para los primeros y 1.550 Mp para los segundos; 5º) el módulo de elasticidad es $E \cong 2.050$ Mp/cm² para el de hilos paralelos; $E = 1.650$ Mp/cm² para el cerrado con respecto a cargas de tránsito y $E = 900 - 1.300$ Mp/cm² para el cerrado con respecto a la longitud de corte. 6º) la influencia de la longitud en la resistencia es: prede-

cible, para los primeros; todavía desconocida, para los segundos. Cabe agregar que, además, el cable de hilos paralelos, permite un ahorro en peso de acero, del 15 %, aproximadamente, con respecto del cable cerrado (1).

Sobre la bondad de la protección de los cables cerrados, el Prof. Leonhardt opina que depende en gran medida de la manufactura y que es vulnerable en las zonas en donde el cable no permanece cerrado. En cuanto al cable de hilos paralelos, con anclaje Hi-Am y una protección anticorrosiva constituída por un conducto de PE y lechada de cemento, lo consideró como el tensor ideal para puentes atirantados. Experiencias negativas en nuestro País, por un lado, respecto del comportamiento del tubo de polietileno, en una situación que puede, quizás, considerarse atípica, pero que mostró ciertos límites del tubo (22); y la convicción de que, de las comparaciones detalladas, surjen ventajas indudables para los cables de hilos paralelos, son el sustento y la justificación de que en el presente trabajo se haya puesto énfasis en el estudio de protecciones anticorrosivas para cables de hilos o cordones paralelos (las conclusiones son válidas también para éste, e incluso, para los cables cerrados), en la idea de mejorar sustancialmente esa protección inicial —y otras similares— y mantener latente el objetivo de contar con un "Tensor ideal", o por lo menos, de un tensor de muy larga duración.

2. DISTINTOS SISTEMAS Y ARREGLOS DE PROTECCIONES ANTICORROSIVAS

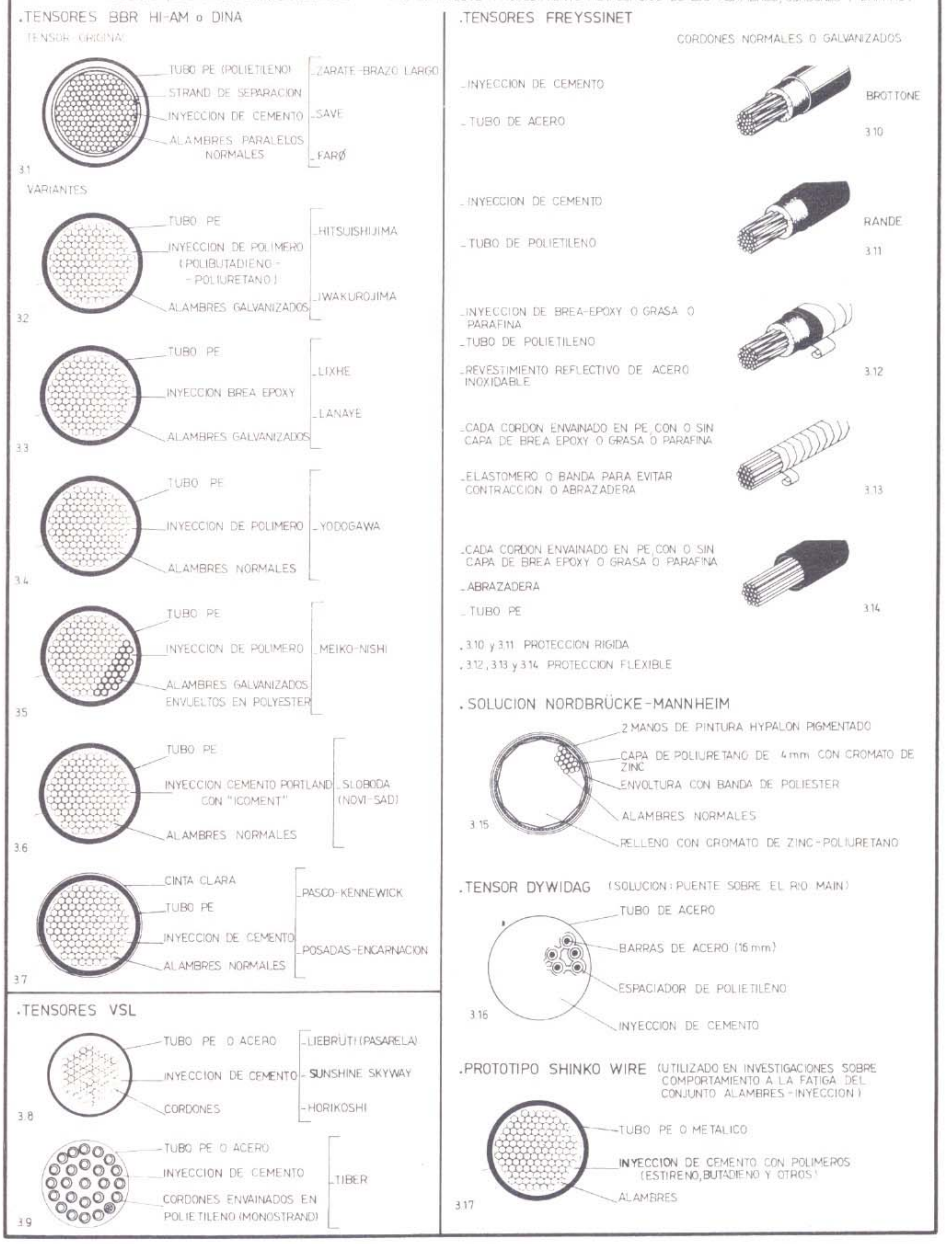
Deliberadamente, y por cuestiones de espacio, se omite en este trabajo el tratamiento de los mecanismos y generación de la corrosión. Tampoco nos podemos extender sobre los distintos procedimientos metalúrgicos de los aceros en vista a sus propiedades anticorrosivas. Sólo se hará una breve referencia al tema.

En los puentes atirantados se utilizan alambres y barras (éstas, más raramente) de alta resistencia a la tracción, comunes a las obras de hormigón pretensado, aunque no se procede a tensados del 70 al 80 % de la resistencia a la tracción, como en esta técnica. No obstante, caben las

FIGURA 3

SISTEMAS DE PROTECCION ANTICORROSIVA MAS USUALES EN TENSORES PARA CABLES DE PUENTES ATIRANTADOS

ALGUNOS TIPOS Y APLICACIONES RECIENTES (NO SE INCLUYE PROCEDIMIENTO METALURGICO DE LOS ALAMBRES, CORDONES Y BARRAS)



mismas precauciones para evitar corrosiones y fisuras, porque aparte de estar, además, sometidos a fatiga, basta una pequeña tensión en los aceros, para hacer válidos los mecanismos de la corrosión bajo tensión. En especial, deben evitarse: **Corrosión profunda localizada:** (picadura o pitting), dado que esta puede, localmente disminuir en gran medida la sección transversal del hilo, hacer crecer la tensión y generar rotura. **Fisura por tensión:** fenómeno de corrosión no superficial, que penetra por las fisuras a lo largo de las cristalitas, debilita su cohesión interna y posibilita la rotura.. **Fragilización:** debida a la toma de hidrógeno, que tiene lugar en principio en la superficie del hilo, como resultado de una reacción química que forma hidrógeno atómico, el que se introduce en el interior del acero, produciendo rotura abrupta.

En lo que hace a los **medios corrosivos** especialmente peligrosos para los aceros, deben tenerse en cuenta: el **sulfuro de hidrógeno,** que lleva a cualquier tipo de acero tensado a la rotura, en breve lapso. Este compues-

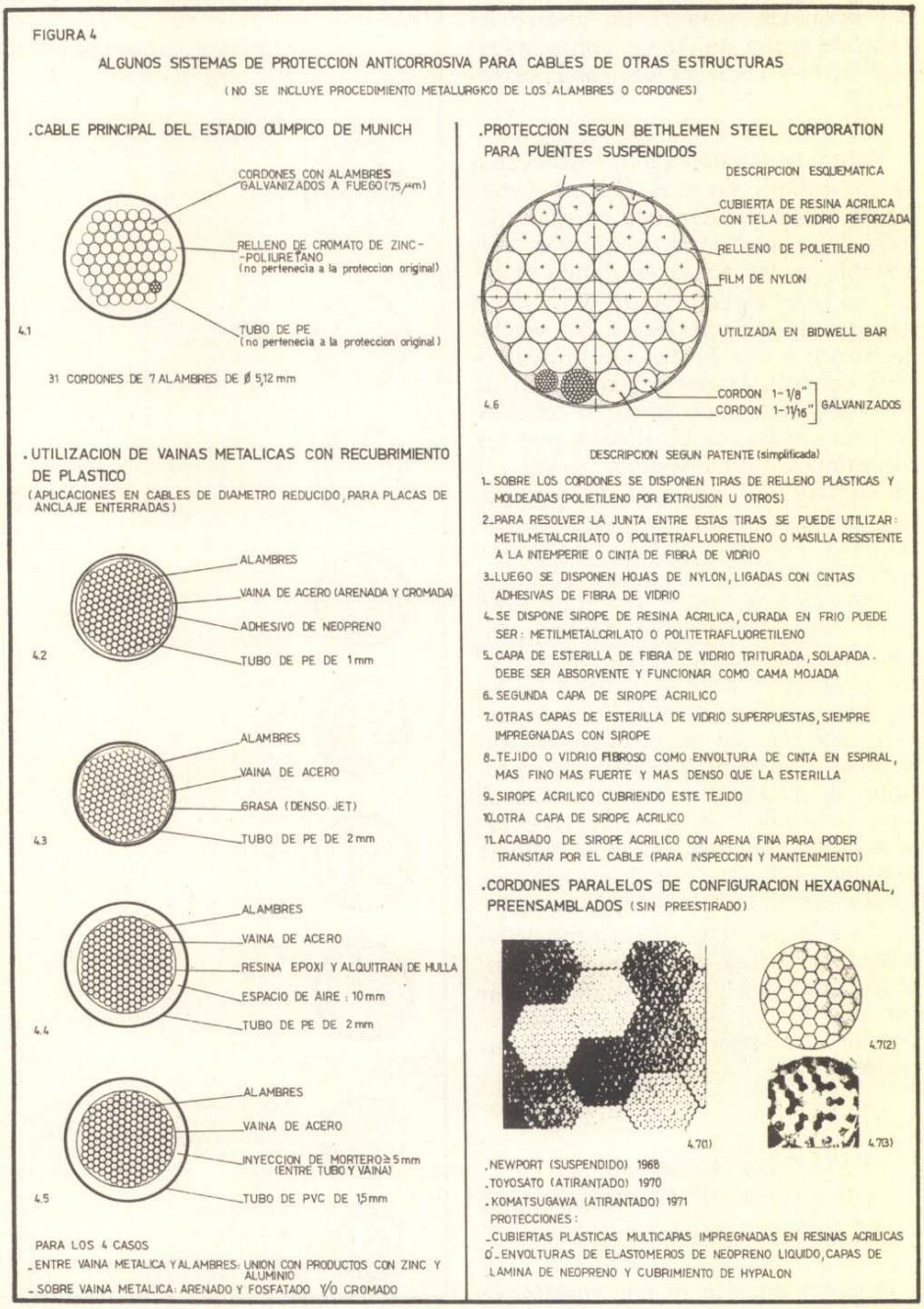
to, no es solamente un agente de laboratorio, sino un peligro real: aparece en atmósferas contaminadas por fábricas metalúrgicas y químicas; en donde se realizan actividades agropecuarias, etc.; los **nitratos** y los **cloruros,** menos peligrosos que el anterior, aunque deben ser evitados. Es de hacer notar que la respuesta de los aceros a estos medios —y a otros— depende, según autores, del tipo de acero elegido. Por ejemplo Bukowiecki (4) establece una clara diferencia entre los aceros (suizos) "patentados-trefilados (P-T)" y los "mejorados", los que aquilatan distintas propiedades por su proceso de fabricación, especialmente por su tratamiento térmico final. Otra distinción cabe respecto a la galvanización de los alambres; en la actualidad, luego de algunas experiencias adversas en Europa (21), el procedimiento se ha generalizado nuevamente.

En general, la mayoría de los distintos sistemas de protección de hilos o cordones paralelos en boga, parten de la solución experimentada por Leonardt y Andrä (5) en una pasarela de la calle Schiller, en Stuttgart. Es ahí donde aparece por primera vez una protección formada por un tubo de polietileno (protección pasiva) y una inyección de cemento (protección activa). Con el tiempo, distintas firmas y laboratorios han experimentado otras mezclas de inyección: polímeros, cemento portland con polímeros, brea-polímeros, grasa, parafina, etc. (ver Fig. 3), y en algunos casos, se ha suplantado la vaina de PE por otra de acero. Otras protecciones que pueden considerarse "originales" fueron las experimentadas en el puente sobre el río Main, por Finsterwalder (6) en donde aparece un espaciador de polietileno individual para cada barra tensora (fig. 3; 3.16); la solución del Nordbrücke-Mannheim, exclusivamente de materiales plásticos, novedosa para la época en lo que hace a puentes atirantados (7) y los tensores utilizados por el Profesor Morandi en el Viaducto Polcevera, en 1967, y en otros puentes (fig. 2; 2.1) utilizando obenques con vaina de hormigón, constituidos por camisas premoldeadas a las cuales se les aplicaba tensión mediante cables secundarios. Con este sistema, la envoltura del cable permanece en compresión, sin peligro de fisuración, según Morandi (8), aunque debe ajustarse a valores admisibles por los fenómenos de creep y contracción (9). Soluciones recientes similares en Danube Netten y Ganter (10) (fig. 2; 2.2 y 2.3) muestran una reaparición de estos grandes obenques, aunque sólo son aptos para un rango limitado de estructuras, en donde, obviamente, no son posibles de materializar sistemas de gran número de cables. La tendencia actual, es precisamente, aumentar el número de cables. Donde los laterales de un semipuente tipo Morandi llevaban dos obenques, hoy se puede recurrir a 25, p.e. o más.

FIGURA 4

ALGUNOS SISTEMAS DE PROTECCION ANTICORROSIVA PARA CABLES DE OTRAS ESTRUCTURAS

(NO SE INCLUYE PROCEDIMIENTO METALURGICO DE LOS ALAMBRES O CORDONES)



Las soluciones de una sola vaina, volviendo al sistema más en boga, necesitan de un control periódico intenso: fisuras y daños en la misma, dejan solamente a un relleno la misión de impedir el paso de la causa corrosiva. Investigaciones personales nos han permitido verificar que el mortero de cemento en los cables de los dos puentes gemelos del Complejo Zárate-Brazo Largo se encontraba fisurado, con fisuras de ancho cercanas al límite que permite el paso de la humedad. La protección ya no fue considerada confiable en esas condiciones, por lo que hubo que proceder a

un encintado exterior de polifluoruro de vinilo.

Con respecto al relleno de asfaltos y grasas, cabe decir que por tener **peso molecular medio,** no poseen la alta resistencia al envejecimiento, de los de alto peso molecular (plásticos). Recientemente se ha propuesto un relleno con parafina de petróleo (11) de rendimiento superior a las grasas, haciéndose hincapie en la liviandad y compacidad que se logra a través de la reducción del diámetro del tubo de PE, proponiendo un huelgo de sólo 1 a 2 mm. Para protecciones de larga duración, que incorporen rellenos de material plástico, debe contarse con **espesores suficientes,** por fenómenos de difusión, disipación de calor externo y otras causas que se explicitan más adelante.

En lo que se refiere a los cables cerrados, en la figura 2 se muestran las protecciones que concurren al sistema: número y forma de los hilos exteriores (2.7). Respecto al uso de plásticos en cables cerrados, existe un amplio programa de investigación en campo y en laboratorio, llevado a cabo por Andre (12), del que surjen enseñanzas provechosas, especialmente para el mantenimiento.

Necesariamente debe hacerse un aparte para citar las cabezas de anclaje de todos los sistemas, por ser una de las partes más problemáticas para la vida del cable como conjunto, las que, por otra parte, presentan mayor complejidad para su control que el resto del cable. Tampoco es un tema que se pueda abordar aquí, pero en especial, debe señalarse que en las cabezas de anclaje de los cables cerrados, la masa fundida a alta temperatura, aparte de disminuir la aptitud de los hilos a la fatiga, inhibe las propiedades anticorrosivas del material en el encastre cable-cabeza, el que debe ser posteriormente corregido por reinyección.

Otro factor importante, común a todos los cables, lo constituye el mantener la axialidad y concentricidad de ambos elementos, evitar los cambios de dirección de los hilos debido a vibraciones por viento y toda variación de tensión que pueda ser causa coadyuvante de rotura.

En la figura 4, se muestran sistemas de protección para otras estructuras. En el Estadio Olímpico de Munich (fig. 4.1) se debió reforzar la protección original de galvanizado, con tubo de PE y rellenos plásticos; las soluciones 4.2 a 4.5 muestran variantes que puedan aplicarse en estructuras atirantadas; la 4.7 señala una disposición que interesó a norteamericanos y japoneses: el arreglo de cordones en hexágonos, que es el que permite lograr la menor cantidad de vacíos entre alambres, anticipada por Leonhardt y Schaechterle (13) en 1941 y reafirmada en 1966, en Lisboa (14).

Finalmente la solución patentada por la Bethlemen Steel Corporation, utilizada en el puente colgante de Bidwell Bar (4.6) muestra una disposición de excepcional profusión de capas. No obstante esta acumulación de elementos, en donde obviamente se está queriendo clausurar el riesgo de corrosión, debe tenerse muy en cuenta la opinión de Brydson (15) sobre el metilmetalcrilato de metilo y el politetrafluoretileno, en el sentido de que, si bien resisten adecuadamente los rayos ultravioletas, pueden ser destruidos por la radiación infrarroja. En general, se puede decir, que hasta ahora, se han encontrado ejemplos de fallas en todos los sistemas de anticorrosión (galvanización, cementos, breas, plásticos, pinturas, etcétera).

3. PROPUESTA DE SISTEMAS DE PROTECCION ANTICORROSIVA

Las características de los sistemas anticorrosivos a proponer, obedece a tres ideas u objetivos básicos. La primera **idea básica** es diseñar y contar con protecciones cuya **duración se acerque o tienda a la de la presunta vida útil del puente.** Puede considerarse este parámetro como fijado convencionalmente entre 75 y 100 años. No existe, a la fecha, ningún material de protección o combinación de materiales, dentro de ciertas limitaciones básicas de naturaleza económicas, que, incorporados a elementos dinámicos como los cables de los puentes, garantice 100 años de vida útil. Normalmente, las expectativas medias de duración de los distintos sistemas, varían entre 10 y 20 años, aunque existen estimaciones de hasta 40 años. Cualquiera sea la apreciación de duración, deben realizarse controles periódicos para vigilar el comportamiento de la protección en lapsos notoriamente menores. Cuantas acciones de conservación debemos realizar a lo largo de la vida de un puente, no lo podemos predeterminar exactamente (cada puente es un caso particular), pero probablemente, 5 o 10 o 20 veces tendremos que reponer, agregar o suplantar protecciones.

La **segunda idea básica** es congruente con la primera y su objetivo es lograr, a través de una protección **notoriamente reforzada con materiales plásticos en sistemas multicapas,** disminuir grandemente los recambios y las acciones de conservación, transformando, al mismo tiempo, el riesgo de corrosión, en un evento remoto. El concepto subyacente que anima a esta posición es la creencia —casi la convicción— de que en anticorrosión, no cabe esperar soluciones mágicas ni espectaculares. El progreso es lento, aunque existe, pero el problema de la corrosión no parece que pueda resolverse por la aparición de un producto prodigioso, sino por una actitud dinámicamente ecléctica, que incorpore lo mejor, acompañada de estimaciones económicas formuladas en lapsos significativos, coherentes con el producto a proteger. Aunque hemos pensado en el uso de plásticos, preponderantemente (fig. 5), también pueden estar presentes el cemento portland y las vainas de acero (variantes 5.2 y 5.3). La elección de sustancias y arreglos plásticos obedece especialmente a su excelente resistencia a las sustancias químicas y a su **notable duración, si se lo protege adecuadamente.** Su larga duración obedece a que son compuestos de carbono de alto peso molecular.

Ejemplos de productos naturales históricos y prehistóricos como el ámbar, el copal, pelos, uñas, cuernos que se han conservado durante **miles de años** prueban esta potencial capacidad de duración. La investigación actual sobre los plásticos, que puede ser útil a nuestra problemática, ya ha adquirido un status importante como para realizarse formulaciones confiables (16), (17), (18), (19), aunque debe enfatizarse que el éxito de la protección se basa grandemente en la formulación. Si por otro lado, a través de los 100 años considerados, fatalmente se deben hacer sustituciones, refuerzos, recubrimientos adicionales, etc., puede resultar muchísimo más conveniente, recurrir a sistemas que, con sólo **una parte** de esas futuras protecciones, ya incorporadas —e incorporadas en condiciones de control y seguridad clara-

mente superiores—, lograr una elevación sustancial de la duración, sin perjuicio de otras mejoras evidentes que se detallarán más adelante; y porque, fundamentalmente podemos escamotear, parcialmente, pero de un modo importante, al fenómeno de **envejecimiento.** Si disponemos inicialmente de un sistema de varias "capas", todas las capas que no sean la exterior, estarán protegidas del envejecimiento que produce la atmósfera. Ahora bien, ¿qué es el envcejecimiento? ¿Cómo lo reproducimos en ingeniería? Es un efecto que se mide en experiencias aceleradas —de poco éxito—, según Brydson (15), que re curren a ciclos de calor y frío, cortos o de larga duración, sumersión en agua y/o en líquidos o gases agresivos, rocíos de nieblas salinas, radiaciones UV, etc., todo esto tratando de reproducir el ataque del medio ambiente al material en cuestión; pero, obviamente, todas estas pruebas se concentran en un material concebido como actuando en el exterior de la protección. Normalmente, este es el procedimiento. Lo que sucederá en el **interior protegido** de un sistema multicapa, sólo se podrá extrapolar o intuir, porque va a depender preponderantemente de lo que ocurra a través del tiempo —del tiempo real, no simulado—, pero, parece obvio que las capas interiores se verán enormemente beneficiadas a medida que nos alejamos de las fuentes de agresiones. Esas capas inferiores estarán suficientemente protegidas de todos o casi todas las causas de origen externo, que son las que se consideran envejecen a los plásticos: 1º) de los rayos UV; 2º) del calor (estará lejos del rango que pueda provocar descomposición termoquímica); 3º) de efectos físicos alternos de calor y frío; 4º de efectos físicos alternos de humedad y sequía; 5º) de la radiación de alta energía; 6º) del oxígeno atmosférico; 7º) de humos ácidos; 8º) del agua y sus combinaciones; 9º) de efectos combinados considerados especialmente peligroso: 9.1. —combinación de 1º) + 6º) (15) y 9.2. —combinación de 1º) + 3º) + 4º) (34).

Entonces, la idea es disponer de un sistema de protección en donde sólo deba reponerse una capa exterior —en el momento adecuado— salvaguardando toda la protección interior, la que, se supone, elevará su duración de dos a tres veces, o más, en comparación con sistemas de una sola capa exterior, con las variaciones que es lógico esperar de los distintos productos elegidos, y manteniendo, además, los materiales originales concebidos por el proyectista, lo que garantiza el funcionamiento del cable pensado como unidad (acero + protección), concepto reivindicado recientemente (11).

Y lo que adicionalmente podemos lograr con esto **compensa con creces** el relativamente reducido mayor costo inicial: 1º — eleva la seguridad del cable y del puente de un modo incuestionable (el cable, precisamente, a causa de las dudas que se ciernen sobre su protección, es el elemento conflictivo de los puentes atirantados); 2º — otorga un mayor tiempo de reacción ante degradaciones; 3º — permite una menor intensidad de mantenimiento; 4 — requiere menos periodicidad de control; 5º — resulta en un menor costo final del cable; 6º — aumenta la confianza en los puentes a cables: el cable sigue demostrando que es el elemento que posee el mayor coeficiente económico-resistente de toda la ingeniería civil, y esta característica no debe desaprovecharse.

La **tercera idea básica** es un postulado: **la causa corrosiva nunca debe llegar al elemento tensor.** Si bien esto parece una perogrullada, en realidad se enfrenta con una posición no total mente explicitada y que se puede traducir del modo siguiente: se piensa que deben desarrollarse cada vez más, técnicas que hagan al acero menos susceptible a la corrosión (incluso se propone utilizar aceros de menor resistencia o sometidos a menor tensión para hacer menos peligroso el problema de la corrosión bajo tensión), porque las protecciones anticorrosivas no son confiables. Lo anterior puede implicar: 1º — desarrollar aceros cada vez más aptos contra la corrosión, lo cual es, obviamente, correcto; 2º — desaprovechar resistencia a la tracción, lo cual, **no es correcto,** porque constituye un desperdicio, quizás totalmente inútil, porque si el agua o la causa corrosiva llega al acero ¿quién garantiza cual será la **velocidad** y la **característica** de la corrosión del acero a través del tiempo, aunque éste esté sometido a un poco menos de tensión? Por otra parte, aunque contáramos con aceros muy poco sensibles a la corrosión, e incluso reduciendo la tensión de servicio, si la causa corrosiva llega a los aceros ¿se puede convivir razonablemente con un puente cuyos cables se encuentran en esas condiciones? De este tercer objetivo, sintetizamos: —desarrollar aceros cada vez más aptos para la corrosión; —no desaprovechar ni un Kg/mm² de la tensión disponible del acero; —diseñar una protección anticorrosiva que constituya una barrera infranqueable para cualquier ataque. El acero tensor, entonces, podrá tener todas las propiedades anticorrosivas que se desee, pero el **énfasis** estará puesto en la **suma y la sinergia** de todos los elementos que no constituyan el acero tensor. Este enfoque permite gran libertad en la elección de los elementos tensores propiamente dichos, que pueden ser seleccionados exclusivamente por su aptitud mecánica. Más provechoso que quitarle tensión al acero, es propiciar investigaciones sobre los productos y sistemas anticorrosivos; la misma protección, a veces, ha generado mermas considerables. Buenos aceros para pretensado han sufrido disminuciones en su respuesta a la deformación y resistencia a la fatiga (de suma importancia en un puente atirantado) a causa de tratamientos directamente aplicados sobre los mismos (galvanizados en caliente) o tratamientos previos (arenados, fosfatados, cromados) (4); (20).

Las investigaciones sobre corrosión bajo fatiga, fragilización por hidrógeno, relacionadas con probables roturas rápidas del elemento tensor, más la aparición de algunos casos explicitados de corrosiones o daños en cables de puentes atirantados y colgantes (21), (22), (23), (24), (25), en tensores de distintas aplicaciones y en pretensado (26), (27), (28), (29), (30), la existencia de otros casos no explicitados por la bibliografía, la indeterminación respecto a la durabilidad en que habitualmente se vive en la mayoría de los países de insuficiente tecnología en el campo del control y conservación de puentes, y otros factores, hacen necesario plantear un tipo de protección que basada en estas ideas básicas —o en otras mejores— y aprovechando la enorme gama de productos artificiales hoy desarrollados, permita disponer de protecciones de dilatada y confiable duración.

(Continúa en el próximo número)

BIBLIOGRAFIA

(1) Weitz F. R., Überspannungen aus Stahlseilen. Konstruktionskomponenten für dan modernen Groβbrückenbau. Düsseldorf. Bauingenieur 51, 1976.

(2) Leonhardt F., State-of-The-art Report on ropes and cables for cable-stayed Bridges - Strength, Fatigue Strength and Corrosion Protection. Stuttgart, August 1978.

(3) Andrä W. und Zellner W., Zugglieder aus Paralleldrantbündeln und ihre Verankerung bei hoher Dauerschwellbelastung. Stuttgart - Die Bautechnik, 46 Jahrgang, Heft 8 und 9, 1969.

(4) Bukowiecki A., Korrosionsuntersuchungen mit Vorspanndräten - "Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik". EMPA, Düsseldorf, Zürich, 1968.

(5) Leonhardt F. und Andrä W., Fuβgängersteg über die Schillerstraβe in Stuttgart. Die Bautechnik, 1962, Hefz 4.

(6) Finsterwalder U. und Finsterwalder K., Neue Entwicklung von Paralleldrahseilen für Schrägseil und Spannbandbrücken. - IABSE, Amsterdam, 9th Congrses, Preliminary Report, 1972.

(7) Thul B., Schrägseilbrücken. IABSE, Amsterdam, 9th Congress, Preliminary Report, 1972

(8) Morandi R., Sulle condizioni di sicurezza di esercizio di tiranti sottoposti a carichi variabili. Il Cemento, 12, 1964.

(9) Gee A. F., Developments in Bridge Design and Construction. - Rockey, Bannister, Evans. Chapter: Cable Stayed Concrete Bridges. Crosby Lockwood & Sons.

(10) Birkenmaier A. und Winkler, Recent Developments and Trends in the Design and Construction of Cable-Stayed Bridges. Proceedings of the 9th Congress FIP, Stockholm, June 1982.

(11) Chauvin A., Developments in the Technology of Bridge Stays. Tenth International Congress of the FIP, February 16-20, New Delhi, India, 1986.

(12) Andre D., La protection anticorrosion des câbles de ponts suspendus et à haubans. Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées, 8 7, janv.-fév. 1977.

(13) Schaechterle K. und Leonhardt F., Hängebrücken. Die Bautechnik 18, Heft 33, s. 337, 1940.

(14) Leonhardt F., New Trends in the Conception and Design of Suspension Bridges. Chapter 5.1. International Symposium of Suspension Bridges. Lisboa, 1966.

(15) Brydson J. A., Materiales plásticos. Edit. Instituto de Plásticos y Caucho de Madrid, 1974.

(16) Dharmarajan N. and Armeniades C. D., Creep Studies of Polyester Polymer Concrete Under Flexural Loading. Polymer Modified Concrete, ACI, SP-99-2, 1987.

(17) Gierloff M. and Schiemmelwitz P., Changue of Mechanical Properties of PCC Due to Long Time Exposure Conditions, id. ant., SP-99-5, 1987.

(18) Kushner D. W., Fowler D. W. and Wheat L. D., Mechanical and Durability properties of a High molecular weight Methacrylate Polymer Concrete, id. ant., SP-99-6, 1987.

(19) Marusin S., Microestructure, Pore Characteristics, and Chloride Ion Penetration in Conventional Concrete and Concrete Containing Polymer Emulsion, id. ant. SP-99-8, 1987.

(20) Rhem G. und Riecke G., Kunststoffe zum Korrosionsschutz von Seilen und Spannstäben. Stuttgart, VDI, Beritche, Nr. 225, 1975.

(21) Saul R., Experiencias en la reposición de cables de puentes. Carreteras N° 124, julio-setiembre 1987.

(22) Maglie R., Fissures in the cables polyethilene Ducts of Cable-Stayed Bridges. Presentado en Bridge Maintenance and Rehabilitation Conference. Morganotwn, West Virginia, U.S.A., August 13-16 1980.

(23) Otaola J., Replacing corroded cables on a cable-stayed bridge. Civil Engineering, ASCE, September 1982.

(24) Napoléon J., Défaillances et Réparations des ouvrages d'Art; Troisième Partie. SETRA, Journée d'Information, Lyon, octobre 1973.

(25) Becker K., Bewährung der Feuerverzinkung an einen Hängerseil der Rodenkirchener Rheinbrücke. Verzinken 6, 1977.

(26) Wilcox P. J., Permanent prestressed ground anchors in New Zealand; FIP Notes, 79, March-April 1979.

(27) Hedstrom O., Corrosion of prestressed cables in the Klara Tunnel. Stockolm; FIP Notas 8-0, may-june 1979.

(28) Anónimo, Failure of prestressing tendons due to weld splasnes (Strängnäs Bridge, Sweden). FIP Notes 92, may-june 1981.

(29) Gjørv O. E., Steel corrosion in reinforced and prestressed concrete structures. The Norwegien Institute of Technology. Nordisk Betong, 2-4, 1982.

(30) Hossard L., Examen de quelques accidents de précontrainte. Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées, Sept-Oct. N° 40, 1969.

(31) Ros M. R., Spannbeton - Korrosionsprobleme und Shutzmaβnahmen. Separata del "Neuen Zürcher Zeitung", Beilage "Technik", Vom. 22. April 1964.

(32) Brachet N., Protection des câbles de précontrainte par injection. Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, N° 348, Serie Beton N° 164, Mars 1977.

(33) Oberbach K., Plásticos. Valores característicos para el diseño de estructuras. A. Lee, 1975.

(34) Saechtling H., Los plásticos en la construcción. Gustavo Gilli, Barcelona.

(35) Mascia L., Los efectos de los aditivos en los plásticos. Edit. Indem, Madrid, 1974.

(36) Zellner W., Kunststoffe als Hilfsmittel für hochfesten Seilkopfverguβ und als Korrosionsschutz. VDI, Beritche Nr 225, S. 51 ff., 1975.

(37) Leonhardt, Zellner, Svensson, Die Spannbeton - Schrägkabelbrücke über den Columbia River zwischen Pasco und Kennewick. Beton und Stahlbetunbau, 3/1980.

(38) Müller H. R. und Stengl W., Vorspannung Seilnetzkonsrtuktion für die Sportanlagen in Split. Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 21, 1980.

(39) Birkenmaier N., Fatigue Resistant Tendons for Cable-Stayed Construction. IABSE, Proceedings P-30/80, 1980.

(40) Zenobi G., Die Verankerungen der Hauptragseile für die Olympia - Zeltdachkonstruktion in Munchen. Schweizerische Bauzeitung, 90 Jahrgang, Heft 35, 31, August 1972.

(41) Tanaka, Ñagai, Haraguchi (original en japonés), Grundsatzuntersuchungen an Paralleldrantbündeln mit Hi-Am - Verankerung, Shinko Wire Ltd., Amagasaki, Japan, Oktober 1979.

(42) Tsubono, Nagai, Haraguchi (original en japonés), Dauerschwingversuch an Paralleldrahtbündeln mit Hi-Am - Verankerung (Einpreβmörtel mit Zusatzmittel Convex 208). Shinko Wire Ltd., Amagasaki, Japan, Dezember 1980.

(43) Recommendations for Stay Cable Design and Testing - By Post-Tensioning Institute Ad Hoc Committee on Cable Stayed Bridges, January 1986.

Módulo resiliente de suelos y materiales no tratados.- Su aplicación al diseño estructural de pavimentos[1]

Por los Ings. SILVIA ANGELONE, FERNANDO MARTINEZ y JORGE TOSTICARELLI *

RESUMEN

Dentro del marco del conocimiento de las características dinámicas de los materiales que componen el paquete estructural de los pavimentos se ha encarado la determinación experimental de módulos resilientes de materiales no tratados mediante el ensayo triaxial dinámico, con el objeto de aplicar dichos valores como datos de entrada en los métodos de diseño de pavimentos basados en el análisis racional de estructuras multicapas.

Si bien es posible aproximaciones al problema a partir de la adopción de valores característicos en base a fórmulas empíricas o relación con otros ensayos básicos sobre algunos materiales, no existía experiencia propia en la Argentina de determinaciones experimentales directas de Módulos Resilientes en este tipo de materiales. Se ha desarrollado, en consecuencia, un prototipo de equipo de ensayos triaxiales dinámicos, con vistas a obtener resultados válidos para su aplicación directa en la actividad vial.

A partir de la puesta a punto del equipo se tratan en este trabajo las determinaciones de valores de Módulo resiliente de suelos y de una mezcla suelo-arena típicos de la región litoral, bajo distintas condiciones de compactación y contenidos de humedad. Se analiza además la importante influencia del método de compactación utilizado para la confección de probetas.

Se presenta el fundamento del método, referencias sobre el comportamiento observado en otros estudios similares y los resultados obtenidos respecto de la variación de los distintos parámetros que afectan el valor del módulo resiliente, obteniéndose tendencias que se corresponden con las determinadas por otros autores.

I. INTRODUCCION

Este trabajo trata sobre la determinación de módulos resilientes en suelos y materiales granulares no tratados mediante la aplicación del ensayo triaxial dinámico con cargas repetidas y tiene por objeto informar los primeros resultados experimentales obtenidos así como los fundamentos de la adopción de esa técnica de ensayos y analizar la influencia de los diversos factores puestos en juego en el comportamiento resiliente de este tipo de materiales.

A partir de la aplicación de métodos de diseño y verificación de estructuras de pavimentos basados en el análisis de sistemas multicapas elásticos, ha resultado indispensable caracterizar adecuadamente cada uno de los materiales componentes del pavimento definiendo sus módulos de deformabilidad (a través del módulo dinámico, stiffness o módulo resiliente según el caso) y sus relaciones de Poisson.

Estos parámetros de entrada deben complementarse con las leyes de falla propias de cada material que vinculan el número de solicitaciones aplicadas y el nivel de falla resultante en el mismo según sea la rotura por fatiga o por excesiva acumulación de deformaciones permanentes.

En el caso de los materiales ligados, ya se ha informado en trabajos anteriores (I y II) sobre la determinación del módulo dinámico y de las leyes de fatiga de mezclas asfálticas utilizadas en pavimentos de la región Litoral de la República Argentina, y a este Congreso sobre la utilización de materiales ligados con cemento (III), por lo que esta presentación representa la continuidad de una línea de trabajo referida a la caracterización de materiales viales a través de parámetros útiles para el dimensionamiento y verificación de pavimentos mediante métodos basados en la teoría de los sistemas multicapas elásticos (IV).

II. Módulo resiliente de suelos y materiales granulares. Bases teórico-experimentales

Cuando una rueda cargada se desplaza en la superficie de un pavimento, un elemento diferencial de suelo

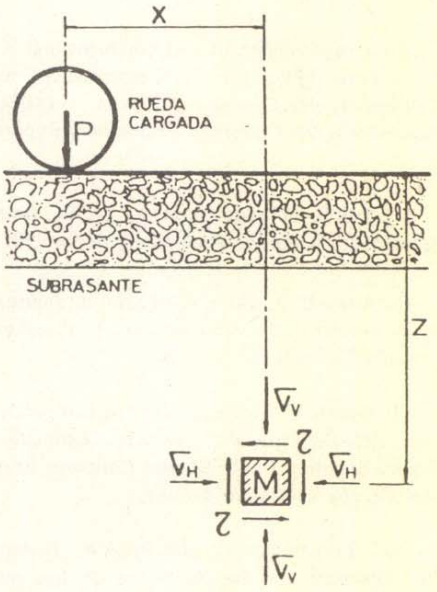


Figura 1. Tensiones inducidas en un elemento de la subrasante donde σ_v tensión vertical sobre la superficie del elemento; σ_h tensión horizontal sobre la superficie del elemento; τ_{hv} y τ_{vh} tensiones de corte que toman valor nulo para $x = 0$.

ubicado en la sub-rasante resulta sometido a un sistema de tensiones variables según la posición de la carga. La figura 1 muestra el estado de tensiones que se desarrollan sobre ese elemento diferencial ubicado a una profundidad Z desde la superficie del pavimento.

[1] Trabajo presentado al IV Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, realizado en México en noviembre de 1987.

* IMAE, Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad Nacional de Rosario.

Sobre ese elemento de suelo el estado de tensiones resultante induce un estado de deformaciones, de tal manera que si se considera al material de subrasante como elástico, isótropo y homogéneo, ambos estados se encuentran vinculados entre sí a través del módulo de elasticidad y la relación de Poisson propios del material considerado.

En la realidad, dadas las características propias de los materiales viales y donde las cargas impuestas por el tránsito tienen un carácter dinámico con muy cortos tiempos de aplicación, solo una parte de la deformación total inducida se recupera al cesar la solicitación aplicada implicando la no validez del concepto teórico de "elasticidad" e introduciéndose el de módulo resiliente como la relación que vincula las solicitaciones aplicadas y las deformaciones recuperables al suprimirse ese estado de tensiones impuesto.

Si bien existen numerosos métodos de estimación del módulo resiliente de suelos y materiales granulares no ligados, algunos de ellos establecidos sobre la base de relaciones empíricas con sus propiedades resistentes (por ejemplo con el Valor Soporte [V]) o sobre determinaciones in-situ en capas construidas a través de ensayos de placa, propagación de ondas o medición de deflexiones, el estudio en laboratorio exige el desarrollo de un equipo de ensayos capaz de aplicar un estado de tensiones similar al que realmente se produce con una situación combinada de tensiones normales y de cizallamiento.

Como tal equipamiento es de muy difícil concepción y desarrollo, el estudio del comportamiento resiliente de los suelos y los materiales granulares no tratados se ha orientado hacia los ensayos triaxiales dinámicos con cargas repetidas cuyo fundamento consiste en someter a una probeta cilíndrica del material en análisis confeccionada en condiciones representativas de aquellas que cabría esperar en su condición in-situ, a una presión de confinamiento σ_3 y a la acción de un tensor desviador pulsante σ_d definiéndose entonces el módulo resiliente Mr como

$$Mr = \frac{\sigma_d}{\epsilon_r}$$

donde ϵ_r es la deformación específica recuperable o resiliente axial medida sobre la probeta en ensayo para un número determinado de repeticiones de carga (VI, VII, VIII, IX).

Los resultados obtenidos son influenciados por distintos parámetros experimentales que genéricamente pueden ser clasificados como:

— Parámetros de carga
— Parámetros de servicio

Los primeros están referidos a las solicitaciones aplicadas, mientras que los segundos están vinculados con el procedimiento de confección de las muestras y las condiciones de moldeo relacionadas a su vez al comportamiento in-situ del material en su etapa de servicio.

III. Factores que influencian el comportamiento resiliente

Los parámetros experimentales que afectan el comportamiento resiliente afectan en forma diferente según se trate de suelos cohesivos o materiales granulares no ligados.

Los suelos arenosos presentan un comportamiento intermedio entre los suelos cohesivos y los materiales granulares no tratados, y la influencia de los distintos factores analizados es más o menos significativa según los mismos compartan propiedades más próximas a los suelos cohesivos o a los materiales granulares, siendo esta afinidad en general resultante de la granulometría, plasticidad y forma de las partículas del suelo arenoso particularmente considerado.

III. 1 Factores que afectan el comportamiento resiliente de los suelos cohesivos

III. 1. 1 Factores de carga

1. Tipo de solicitación

El valor del módulo resiliente varía sustancialmente si el mismo ha sido determinado a través de un ensayo triaxial dinámico con cargas repetidas o a partir de un ensayo triaxial estático convencional evaluando, por ejemplo, el módulo de deformación tangente al origen (VII).

Esa diferencia indica que una buena caracterización de la deformación resiliente solo puede ser obtenida en condiciones que simulen lo más aproximadamente posible las condiciones in-situ, resultando más indicado el procedimiento de determinación con cargas repetidas debido a la naturaleza de las cargas que impone el tránsito.

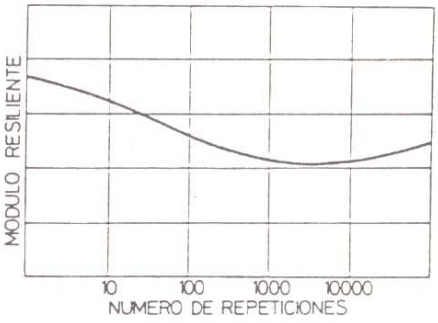


Figura 2. Variación del Mr con el número de ciclos de carga.

2. Número de solicitaciones aplicadas

Todos los suelos cohesivos sufren una variación del módulo resiliente en función del módulo de solicitaciones aplicadas. Con el aumento del número de repeticiones de carga, el módulo disminuye primero en el período comprendido entre 1 y 5.000 ciclos aproximadamente para aumentar después de las 10.000 repeticiones tal como se muestra en la figura 2 (VII).

3. Intensidad de la solicitación aplicada

Las propiedades resilientes de los suelos cohesivos no son afectadas significativamente por la presión de confinamiento σ_3 aplicada. Sin embargo, el valor del tensor desviador, o sea la carga pulsante que solicita a la muestra, afecta notablemente el comportamiento resiliente de estos suelos. La figura 3 muestra la variación típica del módulo resiliente de un suelo arcilloso respecto al incremento del tensor desviador.

Esta variación plantea un inconveniente para seleccionar el valor más representativo del módulo resiliente con el objeto de su aplicación al cálculo de pavimentos haciendo uso, por ejemplo, de la teoría de capas elásticas.

III. 1. 2 Factores de servicio

1. Edad a la que se ensaya la probeta

Algunos suelos cohesivos compactados sufren un aumento de su resistencia y rigidez en el tiempo debido a las características tixotrópicas de los mismos relacionada a factores electroquímicos que implican una microcementación de los granos del suelo en sus superficies de contacto. Si se analizan probetas confeccionadas en igua-

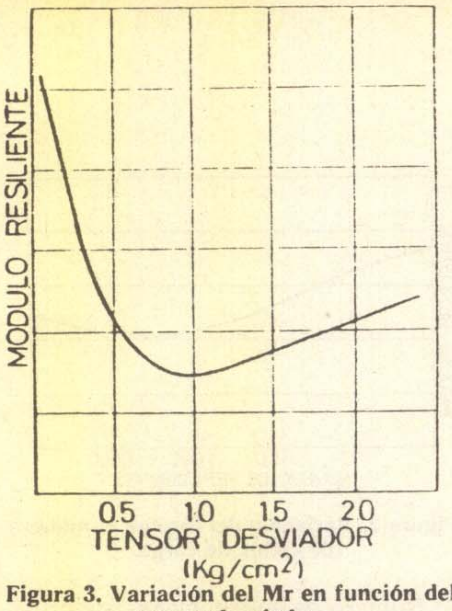


Figura 3. Variación del Mr en función del tensor desviador.

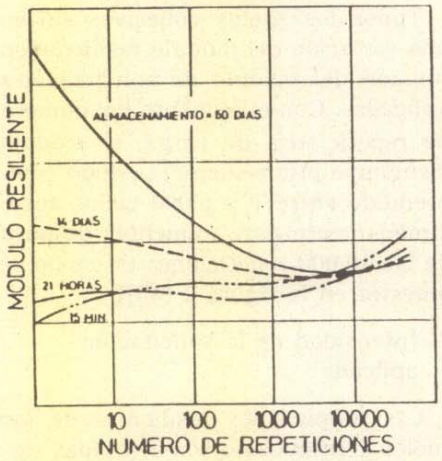


Figura 4. Influencia de la edad de la probeta sobre el Módulo Resiliente.

les condiciones iniciales de densidad, humedad y método de elaboración ensayadas a distintas edades resulta que a mayor tiempo de almacenamiento (intervalo de tiempo desde su confección hasta su ensayo), mayor será su resistencia y su módulo resiliente (figura 4) (VII).

Esta aparente mayor resistencia inicial desaparece al cabo de aproximadamente 5.000 ciclos de carga donde todas las curvas tienden a un único valor del módulo resiliente, probablemente debido a que la acción de la carga repetida destruye la resistencia tixotrópica adquirida durante el almacenamiento.

2. Método de compactación empleado en la confección de las probetas

Muchos investigadores han mostrado que según sea el método de compactación empleado para la confección de las muestras de ensayo resultan cambios en su estructura y propiedades (VII).

Este efecto es menor cuando el grado de saturación del suelo cohesivo es relativamente bajo (menor del 80%) mientras que para aquellos donde el grado de saturación es elevado, una variación en el método de compactación puede causar grandes cambios en la estructura y propiedades resultantes.

Los cambios en la estructura interparticular están dados por la deformación por corte inducida en el suelo durante el proceso de compactación. La forma en que se acomodan las partículas del suelo dan origen a dos estructuras diferentes: "floculada" y "dispersa". En el primer caso las partículas se ubican en forma aleatoria, tocándose bordes con caras, mientras

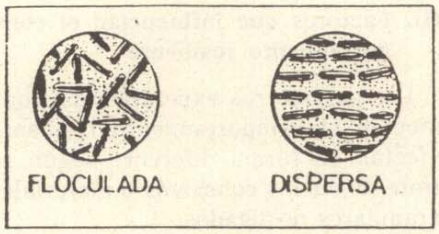


Figura 5. Forma en que se acomodan las partículas del suelo.

que en el caso de la estructura dispersa las partículas se acomodan paralelas unas a otras (figura 5), resultando para esta última situación una menor rigidez estructural.

Los métodos de compactación por amasado ("kneading") o los de compactación por impacto provocan estructuras dispersas cuando el grado de saturación es mayor del 80%, ya que estos métodos logran la densificación mediante una deformación por corte del material.

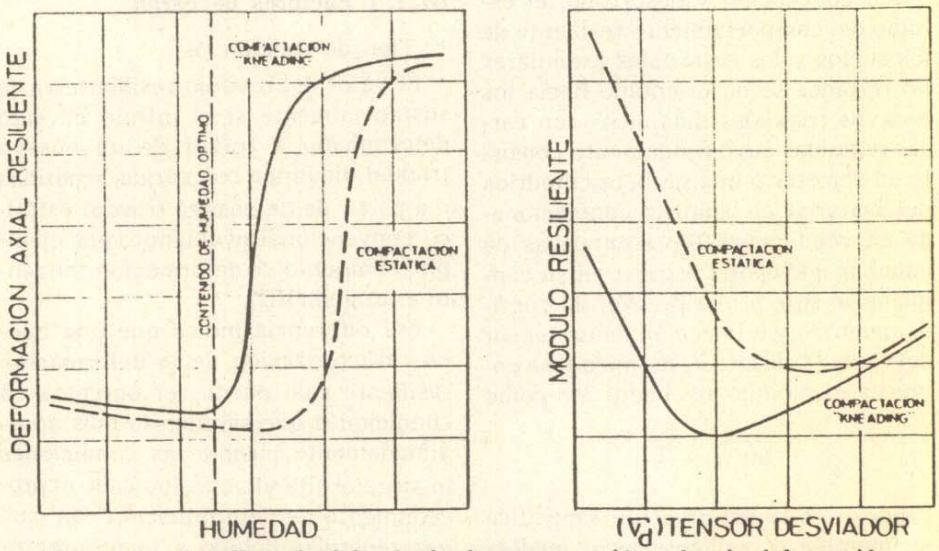
Los métodos de compactación estáticos provocan casi siempre estructuras floculadas independientemente del grado de saturación alcanzado.

Ensayos realizados sobre suelos de la subrasante del AASHO Road Test con compactación estática y por "kneading" mostraron valores de la deformación resiliente parecidos para aquellos puntos preparados con humedades menores a la óptima de compactación, pero una vez superado este contenido de humedad los resultados comienzan a diferenciarse, discrepancia que se manifiesta también en el valor del módulo resiliente (figuras 6 y 7).

3. Humedad y densidad de compactación

En general en los suelos finos cohesivos un incremento del contenido de humedad para una misma densidad de compactación prefijada se traduce en una disminución del módulo resiliente; la magnitud de esta variación depende del cambio del contenido de humedad y del método de compactación empleado.

La figura 8 muestra la variación de la deformación resiliente axial (lo que puede ser interpretada como la inversa del módulo resiliente para un tensor desviador aplicado igual a la unidad) en función de la densidad seca de las probetas para distintos contenidos de humedad, observándose inicialmente una leve disminución de la deformación resiliente axial respecto al aumento de la densidad seca seguida de un rápido incremento de la deformación resiliente axial para mayores valores de la densidad seca de las muestras (VII).



Figuras 6 y 7. Influencia del método de compactación sobre la deformación y el módulo resiliente de suelos cohesivos.

III. 2 Factores que influencian el comportamiento resiliente de materiales granulados no tratados (VI, X)

III. 2. 1 Factores de carga

1. Intensidad de la solicitación aplicada

Al igual que en los suelos cohesivos, una variación en las tensiones aplicadas producen un cambio en los resultados del módulo resiliente, pero en los materiales granulares es mayor la influencia de la presión de confinamiento σ_3 que la que ejerce la magnitud del tensor desviador pulsante (IX, X).

2. Duración del ciclo de carga

La influencia de la duración del ciclo de carga sobre el módulo resiliente no está bien definida ya que en algunos casos se ha informado que el módulo resiliente aumenta alrededor del 20% cuando disminuye el tiempo de aplicación del tensor desviador pulsante para una magnitud constante del mismo, mientras que en otros casos no se han registrado diferencias sustanciales (VI, IX y X).

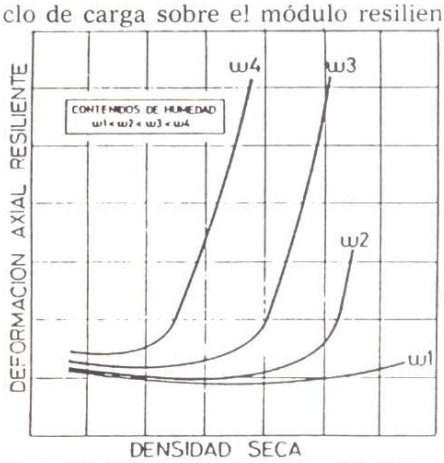


Figura 8. Influencia de la densidad seca sobre la deformación resiliente para distintos contenidos de humedad.

III. 2. 2 Factores de servicio

1. Densidad y grado de saturación de la muestra

Un aumento en el grado de saturación o en la humedad de moldeo influyen notablemente en el valor del módulo resiliente. La figura 9, que presenta un conjunto de resultados típicos obtenidos para distintos materiales granulares, muestra la variación del módulo resiliente para probetas compactadas con diferentes densidades y distintos porcentajes de humedad (IX).

IV. Desarrollo experimental efectuado

Con el objeto de llevar a cabo las determinaciones experimentales se ha diseñado y construido en el Laboratorio Vial del IMAE un equipo de ensayos triaxiales dinámicos con cargas repetidas, desarrollando los dispositivos de aplicación de solicitaciones y los sistemas de medición y registro de los parámetros experimentales. A partir de su etapa de puesta a punto, se ha analizado un suelo de la Región Litoral de la Argentina y una mezcla de este suelo con arena del río Paraná, habiéndose obtenido valores del módulo resiliente para condiciones variadas de confección de las muestras. Estos resultados experimentales son los primeros determinados en nuestro país con orientación al diseño estructural de pavimentos.

IV. 1 Dispositivos experimentales

El prototipo desarrollado está constituido por:

— un sistema de control y aplicación de cargas;

— un sistema de procesamiento, medición y registro de las variables del ensayo;

— una célula triaxial.

a. Sistema de control y aplicación de cargas

El sistema de carga que provoca el tensor desviador pulsante es del tipo neumático similar al utilizado para la determinación de la vida de fatiga y el módulo dinámico de mezclas asfálticas (I, II).

El fluido utilizado para conseguir la presión de confinamiento en la célula triaxial es aire comprimido que permite ubicar los elementos de medición de cargas y deformaciones en el interior de la misma.

b. Sistema de procesamiento, medición y registro

La magnitud de la fuerza desviadora pulsante es medida por una celda de carga a gauges resistivos que emite una señal eléctrica proporcional a la solicitación aplicada. Esta señal es derivada de un registrador gráfico automático de manera de obtener un registro continuo de la variación de la fuerza desviadora respecto al tiempo.

Las deformaciones producidas en la probeta son medidas a través de dos transductores eléctricos del tipo LVDT, colocados diametralmente opuestos y vinculados a la probeta mediante un par de soportes de acrílico que la abrazan firmemente en los tercios medios de su altura (fotografía 1).

Los sensores de deformación emiten una señal eléctrica, la que es procesada por un puente extensométrico y derivada al registrador gráfico automático.

c. Célula triaxial

Esta célula es similar a las celdas standard excepto en lo que respecta a sus mayores dimensiones (diámetro externo 200 mm y 450 mm de altura) y a las conexiones externas para los transductores y la presión de confinamiento (fotografía 2).

IV. 2 Materiales utilizados y elaboración de muestras

Los materiales empleados han sido un suelo de la zona próxima a la ciudad de Rosario (provincia de Santa Fe, Argentina) y una mezcla de 50% de este mismo material con 50% de arena de río Paraná redondeada mediana.

Las características de estos materiales son:

					ENSAYO COMPACT.		VAL. SOP. CBR	
	LL	LP	IP	Clas. HRB	Dens. Seca Máx.	H. Opt.	Embeb.	Sin Emb.
SUELO SOLO	41.0 %	26.0 %	15.0 %	A-7-8 (10)	1.822 g/cm³	22.5 %	5 %	27 %
SUELO-ARENA 50%-50%	21.8 %	11.8 %	10.0 %	A-4 (3)	1.840 g/cm³	14.4 %	19 %	21 %

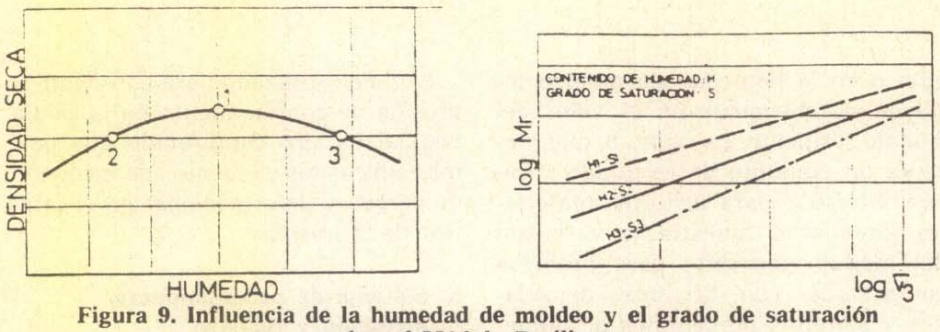
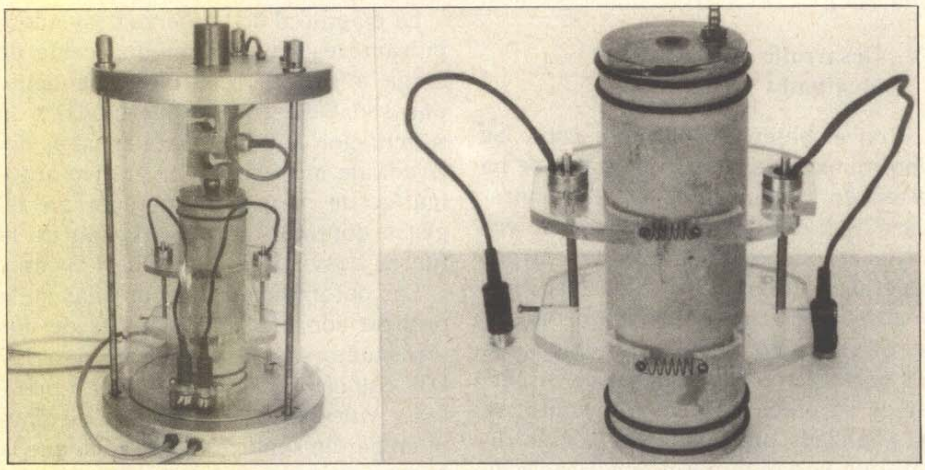


Figura 9. Influencia de la humedad de moldeo y el grado de saturación sobre el Módulo Resiliente.



Fotografías 1 y 2. Detalles de la célula triaxial y los captores de deformación.

Las probetas utilizadas para llevar a cabo los ensayos triaxiales dinámicos han sido confeccionadas a densidad prefijada por compactación estática a doble pistón en tres capas para condiciones dadas de densidad seca y humedad de moldeo, resultando probetas de 72,2 mm de diámetro y alturas de 150 mm aproximadamente.

Las condiciones de densidad seca y humedad de moldeo han sido seleccionadas de manera de obtener muestras con contenidos de humedad menores, iguales y mayores a la humedad óptima y densidades secas comprendidas entre el 96% y el 100% de la densidad seca máxima del ensayo de compactación de referencia, habiéndose confeccionado alrededor de 18 probetas de cada uno de los materiales analizados.

IV. 3 Programa de ensayos

Se ha seguido, en todo lo que fuera posible, la metodología de ensayos establecida por la Norma AASTHO N° T-274/82 "Método standard de ensayo para módulo resiliente de suelos de subrasante", la que en forma general establece un programa de cargas correspondientes a una etapa inicial de acondicionamiento seguida del ensayo propiamente dicho en el cual se determinan los valores del módulo resiliente del material considerado, para diferentes condiciones de tensores desviadores aplicados y presiones de confinamiento actuantes.

La etapa previa de acondicionamiento tiene por objeto estabilizar las deformaciones, corregir defectos de superficie en el contacto entre cabezales y muestra y eliminar los efectos que influyen en los resultados finales respecto al tiempo transcurrido entre la confección de la muestra y la aplicación del estado tensional vinculados a las propiedades tixotrópicas del material estudiado.

IV. 4 Resultados obtenidos

De acuerdo con los dispositivos de medición y registro de los parámetros experimentales y de la metodología de ensayos seguida, se obtienen los registros continuos de la variación de la fuerza desviadora aplicada y la deformación inducida, medida a través del desplazamiento relativo entre las abrazaderas que soportan los transductores de deformación respecto del tiempo.

A partir de ellos se calculan el tensor desviador aplicado σ_d y la deformación específica axial resiliente ϵ_r como

$$\sigma_d = \frac{F}{A} \qquad \epsilon_r = \frac{\Delta hr}{b}$$

$$\text{y luego: } Mr = \frac{\sigma_d}{\epsilon_r}$$

donde F: fuerza desviadora aplicada; A: sección transversal de la probeta. Δh_r: desplazamiento relativo resiliente o reversible de las abrazaderas que soportan los transductores de deformación; b: base de medida entre las abrazaderas-soportes; Mr: módulo resiliente del material considerado para una dada presión de confinamiento σ_3 aplicada.

En las tablas 1 y 2 del Anexo I se presentan la totalidad de los resultados experimentales obtenidos para ambos materiales analizados. En ellas se muestra:

— la identificación de la muestra;
— la densidad seca y el contenido de humedad de la misma;
— los diferentes valores del módulo resiliente para distintas condiciones de tensores desviadores aplicados y presiones de confinamiento actuantes.

Además, para la mezcla suelo-arena se presentan los valores del primer invariante de tensiones θ el que puede ser considerado como una variable conjunta del tensor desviador y la presión de confinamiento aplicados en cada caso y que es definido como

$$\theta = \sigma_1 + 2\sigma_3$$
$$\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3$$
$$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$$

V. Análisis de los resultados

El siguiente análisis corresponde a los dos materiales utilizados, los que han sido identificados como Suelo Solo y Suelo-Arena 50%-50%.

V. 1 Análisis de resultados para el Suelo Solo

1. La totalidad de los valores de módulo resiliente determinados están comprendidos dentro de un rango que va desde los 1.000 a los 7.000 kg/cm^2.

Estos resultados aparentemente elevados corresponden a probetas en condición no saturada.

2. Las curvas que muestran la variación del módulo resiliente en función del tensor desviador aplicado presentan una tendencia única con una disminución inicial y un posterior aumento del módulo resiliente respecto al crecimiento del tensor desviador, como se indica en la figura 10. Esta tendencia se corresponde con la indicada en la bibliografía.

Dentro del rango de tensores desviadores empleados se observan los

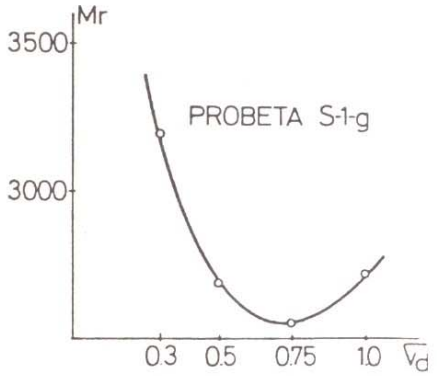


Figura 10. Variación del Mr respecto al tensor desviador aplicado.

valores del módulo resiliente más altos para la condición de tensor desviador aplicado de 0,3 kg/cm², mientras que los valores mínimos corresponden a valores de σ_d comprendidos entre 0,50 y 0,75 kg/cm². El valor mínimo del Mr es aproximadamente el 90% del valor máximo.

3. Los valores del módulo resiliente determinados no son en general dependientes de la presión de confinamiento σ_3 como se muestra en la figura 11, donde los gráficos de variación del Mr respecto de la presión de confinamiento resultan rectas paralelas al eje de las abscisas.

4. El contenido de humedad de las probetas ejerce una influencia apreciable sobre los resultados del módulo resiliente, observándose menores valores de éste para contenidos mayores de humedad. Adoptando como ley de variación una función lineal del tipo

$$Mr = A' + B' \cdot \text{Humedad (\%)}$$

los coeficientes de regresión R son vecinos al 85%.

Los coeficientes A' y B' se mantienen aproximadamente constantes respecto a la variación de los tensores desviadores, pudiéndose adoptar como valores medios los siguientes:

$Mr = 2.6\ 10^4 - 1.1\ 10^3 \cdot \text{Humedad (\%)}$

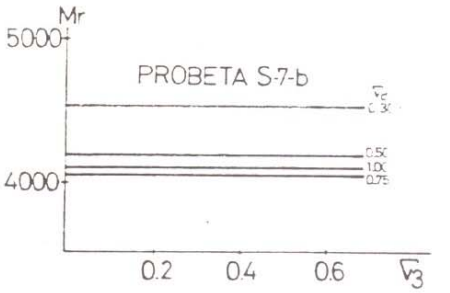


Figura 11. Variación del Mr en función de la presión de confinamiento.

5. La variación del Mr en función de la densidad seca de las probetas no corresponde a una tendencia única definida.

En el caso de algunas probetas compactadas con contenidos de humedad muy próximos al óptimo de compactación pero para diferentes densidades secas, se observa que el módulo resiliente aumenta primero respecto al aumento de la densidad seca, para disminuir luego para densidades del orden de la máxima del ensayo de compactación de referencia para los tensores desviadores iguales a 0,30 y 0,75 kg/cm².

6. La figura 12 muestra como ejemplo la variación del módulo resiliente para el tensor desviador aplicado igual a 0,30 kg/cm², en función del Grado de Saturación Sr de las probetas ensayadas.

El Grado de Saturación Sr es una variable simultánea del contenido de humedad y la densidad seca, resultando si se adopta como ley de variación una función lineal del tipo

$$Mr = A'' + B'' \cdot Sr\ (\%)$$

coeficientes de regresión R del orden del 80% mostrando una disminución del módulo resiliente para grados de saturación crecientes.

Casi todas las probetas ensayadas presentan grados de saturación superiores al 80%, para las cuales el método apropiado de compactación establecido por la Norma AASTHO N° 274/82 sería el de amasado por "kneading", por lo que se ha efectuado recientemente su implementación en nuestro Laboratorio. No obstante, en los ensayos aquí comentados se ha utilizado como método de compactación el estático a doble pistón debido a que era el único disponible.

7. El valor del módulo resiliente es a veces estimado mediante un método empírico e indirecto a partir del Valor Soporte in-situ del material en estudio

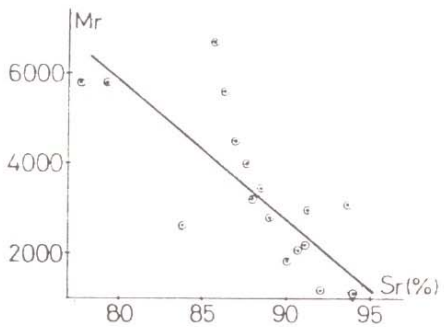


Figura 12. Variación del Mr respecto al grado de saturación de las muestras.

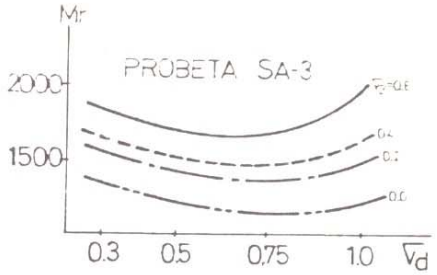


Figura 13. Variación del Mr respecto al tensor desviador aplicado para las distintas presiones de confinamiento.

y los resultados provenientes de ensayos dinámicos también in-situ mediante la relación

$$Mr = 50 \text{ a } 200\ VSR$$

Cuando no es posible disponer de determinaciones in-situ del Valor Soporte, la estimación puede ser hecha a partir de resultados de laboratorio sobre probetas compactadas a la humedad y densidad apropiadas.

La aplicación del método indirecto a partir de los valores soportes determinados permite estimar

$$Mr = 1.350 \text{ a } 5.400 \text{ kg/cm}^2$$

según se haya considerado la condición embebida o sin embeber.

Los valores del módulo resiliente determinados directamente quedan comprendidos dentro de este entorno por cuanto se ha obtenido un valor medio de

$$Mr = 2.100 \text{ kg/cm}^2$$

para probetas compactadas en condiciones similares a las utilizadas para la muestra destinada al ensayo de Valor Soporte.

V. 2 Análisis de resultados para el Suelo-Arena 50%-50%

1. Todos los valores determinados del módulo resiliente quedan comprendidos en un rango que va de los 300 a 3.000 kg/cm².

2. Las curvas que muestran la variación del módulo resiliente en función del tensor desviador aplicado presentan en general una disminución inicial y un posterior aumento del Mr respecto al crecimiento del tensor desviador para todas las presiones de confinamiento.

El valor mínimo del módulo resiliente es aproximadamente el 80% del valor máximo dentro del rango de tensores desviadores aplicados y para todas las presiones de confinamiento (figura 13).

3. Para todas las probetas ensayadas y para todos los σ_d utilizados la presión de confinamiento ejerce influencia sobre los resultados del módulo resiliente, obteniéndose en casi todos los casos mayores valores de este último en correspondencia con las mayores presiones de confinamiento.

La variación del Mr en función de la presión de confinamiento responde a funciones lineales del tipo

$$Mr = A_1 + B_1 \cdot \sigma_3$$

donde la pendiente B_1 resulta aproximadamente constante para todos los casos pudiéndose considerar un valor medio $B_1 = 750$.

4. El contenido de humedad de las probetas ejerce influencia sobre los resultados del módulo resiliente, observándose una disminución de éste respecto al aumento de la humedad de las muestras.

Si se consideran leyes lineales de variación del tipo

$$Mr = A_2 + B_2 \cdot \text{Humedad (\%)}$$

se obtienen coeficientes de correlación vecinos al 80% para todos los tensores desviadores y presiones de confinamiento aplicadas.

5. Para la mezcla Suelo-Arena 50%-50% los resultados del módulo resiliente pueden ser definidos en función del primer invariante de tensiones θ según la relación

$$Mr = A_3 \cdot \theta^{B_3}$$

Un análisis de regresión de acuerdo a la expresión propuesta para los resultados de módulo resiliente y los valores del primer invariante de tensiones permite obtener coeficientes de correlación comprendidos entre el 60 y 96.

La figura 14 presenta la variación del coeficiente B_3 respecto al contenido de humedad de las muestras ensayadas. El incremento de este coeficiente respecto al incremento de la humedad muestra que las probetas confeccionadas con más altos contenidos de humedad presentan módulos resilientes que son más influenciados por el estado de tensiones considerado como una variable.

6. Al igual que para suelos cohesivos, el valor soporte relativo permite una estimación indirecta del módulo resiliente considerando que

$$Mr = 50 \text{ a } 200 \text{ VSR}$$

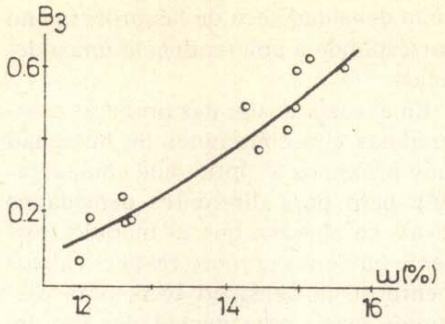


Figura 14. Variación del coeficiente B_3 respecto al contenido de humedad simultánea del tensor desviador aplicado y la presión de confinamiento.

A partir de los Valores Soportes Relativos obtenidos para la mezcla Suelo-Arena en condición embebida y sin embeber es posible estimar

$$Mr = 1.000 \text{ a } 4.000 \text{ kg/cm}^2$$

Para el caso de probetas elaboradas en condiciones similares a las correspondientes a la muestra destinada al ensayo de Valor Soporte, se han obtenido mediante el ensayo triaxial dinámico valores comprendidos entre 340 y 750 kg/cm^2, por lo que en este caso el método indirecto de estimación sobrevalora las propiedades resilientes del Suelo-Arena.

7. El análisis de la variación del Mr respecto a la densidad seca de las muestras analizadas no permite establecer tendencias definidas.

VI. CONCLUSIONES

1. Se ha desarrollado y puesto a punto un equipo de ensayos triaxiales dinámicos con cargas repetidas, apto para la determinación de módulos resilientes de suelos con buena sensibilidad para detectar variaciones en las características de moldeo de las muestras y en el estado de solicitaciones aplicado traducida en resultados diferentes en cada caso.

2. Los valores obtenidos son los primeros que se han determinado en Argentina orientados al diseño estructural de pavimentos, habiéndose analizado un suelo de la región Litoral de nuestro país y una mezcla de éste con arena del río Paraná.

3. Se ha continuado en la línea de trabajo tendiente a caracterizar dinámicamente materiales viales con el objeto de establecer parámetros útiles para el diseño de pavimentos sobre la base de la teoría de sistemas multicapas elásticos.

4. Los resultados obtenidos, correspondientes a variadas condiciones de tensores desviadores y presiones de confinamiento aplicadas, pueden ser aplicados también en métodos de resolución basados en sistemas elásticos no lineales o el método de los elementos finitos.

5. Los valores determinados observan en general una buena correlación con tendencias similares a las citadas por la biliografía en estudios sobre materiales de parecidas características.

6. Los dispositivos y técnicas desarrollados permitirán efectuar estudios tendientes a valorar la influencia del método de compactación, la posible saturación de las muestras y la relación entre el módulo resiliente determinado directamente y otros medios de caracterización de suelos comúnmente utilizados tales como su clasificación y la determinación del Valor Soporte Relativo VSR.

BIBLIOGRAFIA

I. "Resistencia a la fatiga de mezclas asfálticas en ensayo de tracción indirecta", J. Tosticarelli, F. Martínez y S. Angelone. Segundo Congreso Latinoamericano del Asfalto, 1983, Mar del Plata, Argentina.

II. "Determinación del módulo dinámico (stiffness) de mezclas asfálticas utilizadas en pavimentos de la región Litoral", J. Tosticarelli, F. Martínez y S. Angelone. Tercer Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Cartagena, Colombia, 1985.

III. "Caracterización de materiales tratados con ligantes hidráulicos. Su aplicación al dimensionamiento de pavimentos flexibles", H. Poncino, G. Coirini y R. Cassán. IV Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, México, 1987.

IV. "Aplicación de minicomputadoras al análisis de estructuras multicapas. Modelización y ajuste a condiciones regionales", O. Giovanon, M. Pagola y J. Tosticarelli. Tercer Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Cartagena, Colombia, 1985.

V. "Shell pavements design manual 1978".

VI. "Prediction of pavements deflections from laboratory test", Monismith, Seed, Mitry and Chan. Proceeding Univ. Michigan, 1967. International Conference of the structural design of asphatl pavements.

VII. "Resilience characteristics of subgrades soils and their relation to fatigue failures in asphalt pavements", Seed, Chan and Lee. Univ. of Michigan. Proceeding of the International Conference of the structural design of asphalt pavements, 1962.

VIII. "Resilience testing of unstabilized soils". Special report 162.

IX. "Características resilientes de solos en estudios de pavimentos", Jacques de Medina, Ernesto Preussler. Solos e rochas, Vol. 3 N° 1, 1980.

X. "Resilient response of granular materials subjeted to time dependent lateral stresses", Allen and M. Thompson. TRR 510. Soil Mechanics. TRB 1974.

Anexo I

			σd = 0,30				σd = 0,50				σd = 0,75				σd = 1,00			
		σ_3	0,0	0,2	0,4	0,6	0,0	0,2	0,4	0,6	0,0	0,2	0,4	0,6	0,0	0,2	0,4	0,6
PROBETAS	w	γ_d																
S-1-f	21,34	1,616		2820				2520				2410				2420		
S-1-g	21,08	1,616		3200				2690				2560				2720		
S-1-d	22,33	1,620		2120				2050				2010				2080		
S-1-e	22,20	1,607		2020				1950				1910				1980		
S-2-a	22,37	1,549		2650				2540				2450				2430		
S-2-b	22,32	1,584		3440				3380				3330				3320		
S-2-c	22,05	1,586		3970				3970				3980				4030		
S-7-b	21,19	1,606		4520				4190				4040				4100		
S-7-a	21,45	1,628		2200				2210				2250				2360		
S-5-a	20,83	1,612		5560				5470				5460				6230		
S-5-b	20,74	1,610		6720				6040				5510				5930		
S-3-a	19,51	1,600		5780				5420				5130				5400		
S-3-b	19,34	1,592		5820				5680				5610				5730		
S-6-a	24,00	1,576		1120				1070				1060				1100		
S-6-c	23,70	1,572		1220				1120				1050				1020		
S-4-a	23,16	1,577		2060				2100			2150	2200	2240	2240	2300	2430	2500	2560
S-4-b	23,24	1,570		1840				1680				1590				1690		

Tabla N° 1: Resultados experimentales para el SUELO SOLO

			σd = 0,30				σd = 0,50				σd = 0,75				σd = 1,00			
		σ_3	0,0	0,2	0,4	0,6	0,0	0,2	0,4	0,6	0,0	0,2	0,4	0,6	0,0	0,2	0,4	0,6
		e	0,30	0,90	1,50	2,10	0,50	1,10	1,70	2,30	0,75	1,35	1,95	2,55	1,00	1,60	2,20	2,80
PROBETAS	w	γ_d																
SA-4-a	12,63	1,802	2120	2100	2100	2030	1680	1740	1740	1900	1320	1460	1500	1790	1240	1500	1570	1800
SA-4-b	12,64	1,811	1640	1820	1820	1770	1370	1570	1650	1660	1220	1400	1530	1620	1350	1470	1650	1770
SA-1-b	14,45	1,843	360	480	620	720	340	450	560	680	380	470	580	680	460	530	630	750
SA-5-c	14,24	1,825	330	440	620	770	300	430	590	720	330	470	600	750	400	550	660	850
SA-1-a	14,94	1,813	350	610	860	940	380	490	680	850	700	800	1140	1600	-	-	-	-
SA-5-a	15,63	1,812	370	540	660	900	330	480	660	880	360	520	750	960	530	760	1040	1360
SA-5-b	15,15	1,788	300	500	690	870	300	460	680	860	420	570	780	950	620	770	940	1100
SA-1-c	12,69	1,842	770	940	1130	1200	690	810	960	1040	640	730	840	920	720	800	870	980
SA-3	12,16	1,781	1340	1540	1630	1840	1200	1400	1500	1690	1140	1350	1470	1680	1210	1500	1650	2000
SA-3-b	12,00	1,780	2780	3150	2760	2940	2580	2810	2680	2800	2400	2550	2620	2730	2470	2530	2680	2800
SA-2-a	14,96	1,774	450	730	900	1080	420	750	850	1040	420	600	830	1040	490	660	900	1130
SA-2-b	14,86	1,771	480	740	1010	1160	450	650	890	1030	430	600	790	940	480	660	800	1020

Tabla N° 2: Resultados experimentales para el SUELO-ARENA 50% - 50%

REPARACION, CORRECCION DE RASANTE Y MANTENIMIENTO DEL PUENTE GENERAL MANUEL BELGRANO. PROVINCIAS DE CORRIENTES Y CHACO.

Comentarios sobre la obra

Comitente: Dirección Nacional de Vialidad
Ingeniero Civil JUAN ALBERTO RUIZ *

INTRODUCCION

El puente General Belgrano tendido sobre el río Paraná une las provincias de Corrientes y Chaco a la altura de las ciudades de Corrientes y Resistencia, fue construido durante los años 1968-1973 y su inauguración tuvo lugar el 10 de mayo de 1973.

Con una luz central de 245 m entre ejes de apoyo, significó para la época de su construcción un record mundial para puentes con tablero de hormigón armado pretensado.

La estructura del puente principal está formada por dos semipuentes atirantados por obenques que materializan un voladizo de 112,50 m a cada lado de su pila de apoyo de manera que con los voladizos de ambos semipuentes más los 20 m del tramo isostático central se conforma la ya mencionada luz de 245 m. A su vez los dos tramos laterales tienen 163 m cada uno, incluyendo en esto el voladizo del viaducto, un tramo isostático y el voladizo del semipuente.

El tablero está formado por dos vigas cajón rectangulares, suspendidas de los obenques y una losa apoyada sobre los mismos que define la calzada.

El número total de obenques es de ochenta, siendo treinta y dos de ellos interiores (75 m cada uno aprox.) y cuarenta y ocho exteriores (110 m cada uno aprox.). Todos los obenques son de igual sección, con un diámetro nominal de 92,20 mm, compuestos por 328 alambres de alta resistencia, con una carga de rotura nominal de 782 toneladas y un tiro admisible (DIN 1073) de 352 toneladas.

* Jefe División Zona IV (Mesopotamia) - Departamento Caminos. Dirección General de Construcciones - D.N.V.

TRABAJOS REALIZADOS

Luego de más de 14 años de servicio, con un tránsito medio del orden de 7.000 vehículos diarios, de los que más del 30% son camiones, se procedió a realizar tareas de reparación y corrección de rasante.

Debido a motivos constructivos y de montaje de las dovelas premoldeadas, hay antecedentes que la rasante del puente principal se presentaba algo por debajo de la teórica en correspondencia con sus extremos en ocasión de su puesta en servicio.

Con el paso del tiempo, los efectos de fluencia lenta y de contracción del hormigón provocaron deformaciones de la rasante aún mayores, hasta alcanzar una situación de equilibrio.

Estas deformaciones se hicieron más evidentes en coincidencia con los dos tramos isostáticos que vinculan los semipuentes con los viaductos (lado Chaco y lado Corrientes), llegándose a desniveles de más de 30 cm con respecto de la rasante original, los que eran absorbidos por la inclinación (giro) del tramo isostático en cada caso.

La Dirección Nacional de Vialidad adjudicó el concurso de proyecto de recuperación de la rasante del puente principal a las firmas consultoras COPIGA-EM-SAE, agregando posteriormente a esta encomienda el proyecto de reparación y mantenimiento de la estructura.

En 1985 se llamó a licitación pública para la ejecución de los trabajos proyectados, en la que participaron catorce empresas argentinas, resultando adjudicatario el consorcio Albano - EACA (Horacio O. Albano Ingeniería y Construcciones S.A. y Empresa Argentina del Cemento Armado S.A.).

La encomienda de la Inspección de Obra también fue objeto de un concurso público, resultando adjudicataria la firma Consultbaires S.A.

1. Recuperación de la rasante del puente principal

Dicha recuperación se había previsto mediante el retesado de los 48 obenques exteriores del puente de obenques, acortando su longitud libre, incrementando así su carga de servicio y aliviando las tensiones de las vigas cajón de hormigón pretensado.

Previamente se realizó la medición de la carga de servicio de todos los obenques, mediante dos métodos: en forma directa con gatos hidráulicos huecos y manómetros calibrados, y mediante la medición de la frecuencia propia de vibración y el posterior cálculo del tiro.

Estas mediciones detectaron incrementos del orden del 10% entre las cargas reales de servicio y las teóricas previstas en el cálculo. Tal incremento ha sido ocasionado probablemente por los mayores espesores constructivos de los elementos estructurales del tablero, y por el mayor peso específico del hormigón respecto a los valores del proyecto original.

Estaba también previsto, y así se hizo, realizar ensayos no destructivos sobre 9 de los 80 obenques. Para esta tarea se utilizó un equipo de control magnético inductivo del Laboratorio Federal Suizo EMPA, complementado con equipos de ultrasonido y de gammagrafía con cobalto 60 de la firma local SGS. Los resultados de estos ensayos mostraron averías medianamente significativas en 2 de los obenques controlados, y por lo tanto se decidió extender el programa de auscultación a los 80 obenques del puente.

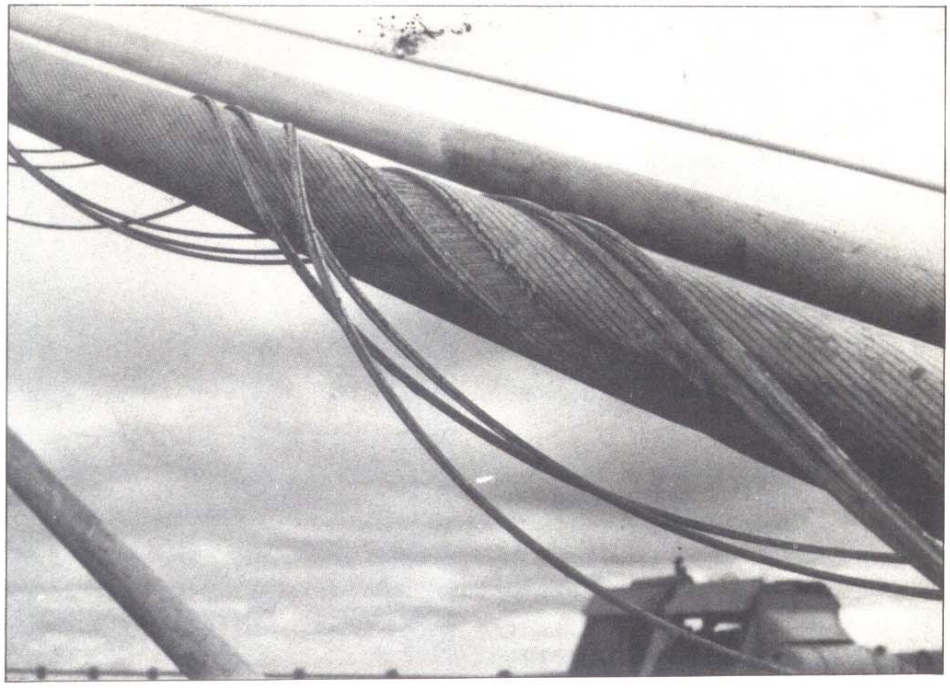
El informe final de los ensayos no

destructivos estableció que no se encontraron evidencias de corrosión ni de desgaste, pero 3 obenques del total presentaban alambres cortados, que disminuían su capacidad entre el 6 y el 8%; en tanto que los otros 77 presentaban: algunas pocas averías menores, y la mayoría no tenía corte alguno.

Durante la ejecución de la obra otro obenque, que en los ensayos de auscultación no presentó evidencias de problemas, cortó a la altura de su anclaje inferior seis alambres perimetrales, con evidentes signos de corrosión en la zona de rotura, en coincidencia con el cuello del anclaje, desenrollándose los mismos todo a lo largo del tirante (ver foto).

Esto no solamente llevó a cuatro el número de obenques con deterioros importantes sino que también modificó sustancialmente la prosecución del proyecto, ya que dejaron de tener confiabilidad plena los anclajes del resto de los cables, y se decidió por tal motivo no incrementar más la carga de los mismos y aplicar solamente 1/3 de la carrera de retesado prevista. A efectos de corregir la rasante sin aumentar cargas se modificó la cota de apoyo de las vigas isostáticas en correspondencia con las juntas de dilatación, agregándose sobre la calzada, del lado del semipuente, cuñas de hormigón de espesor variable, de enlace con la rasante existente.

En una próxima obra, cuyo proyecto se encuentra prácticamente terminado en Vialidad Nacional, se procederá a reemplazar los 4 obenques averiados, se realizarán ensayos adicionales —incluyendo zona de anclajes— y se completarán las tareas de recuperación de la rasante, en la medida de lo posible, mediante el retesado de obenques.



Obenque con desprendimiento de alambres perimetrales.

2. Reemplazo de apoyos de neopreno

Los apoyos de noepreno de los ya mencionados tramos isostáticos, tanto del puente principal como de los viaductos de acceso, presentaban un importante grado de deterioro, apreciándose visualmente su achatamiento, el desplazamiento relativo de las chapas constitutivas (chapas de acero y de teflón) y la degradación del neopreno; resultando indispensable el reemplazo por apoyos nuevos, de mejor calidad y diseño adecuado.

Dado que originalmente no se previó el posible lugar de alojamiento de los gatos, necesarios para la sustitución de los apoyos, se proyectaron, a efectos de poder levantar los tramos isostáticos del puente principal, cuatro pescantes metálicos de acero de muy alta resistencia para izar estas vigas de 700 ton de peso a 80 cm de altura respecto a su posición original. Estas estructuras fueron fabricadas por Roman SAC bajo estricto control de calidad y fueron sometidas a un ensayo de carga previo a su utilización.

Una vez concluida la compleja operación de izaje de cada tramo isostático, se procedió a la demolición de las bancadas de apoyo y se la reconstruyó con morteros epoxi-cuarzo de alta resistencia estructural y chapas de acero de refuerzo, adheridas con resina epoxi pura. Se tuvo en cuenta la nueva altura a dar a cada bancada, coherente con el nuevo apoyo a colocar y con la cota de rasante deseada. Posteriormente se colocaron apoyos multidireccionales Alga tipo Neotopf®, de gran capacidad de giro y desplazamiento, equipados con cámaras de precarga de inyección de siliconas, para permitir la distribución uniforme de la carga de servicio. Ubicada la viga nuevamente en su posición sobre los 8 apoyos ya instalados, se procedió a colocar nuevas juntas de dilatación en superficie y se montaron pasarelas metálicas para inspección y mantenimiento futuro en zonas de apoyos.

Una de las pautas del contrato de esta obra era el mantenimiento en servicio del puente durante la ejecución de los trabajos, por lo tanto a efectos de cumplir con tan importante cláusula, durante las operaciones de izado de los tres tramos isostáticos principales, se instaló un sobrepuente metálico modular de 42 m de luz que permitió producir el desvío vertical del tránsito vehicular sobre la zona de trabajo.

Si bien durante estas operaciones, que demandaron aproximadamente 60 días, el normal desenvolvimiento del tránsito se vio algo perturbado a causa del gran porcentaje de vehículos pesados, nunca se interrumpió la circulación, excepto durante las maniobras de traslado del sobrepuente de un tramo isostático a otro, avisándose previamente por los medios de difusión de la interrupción que se produciría en el horario nocturno.

En las siete vigas isostáticas de los viaductos de acceso también se sustituyeron los apoyos existentes. En estos casos se instalaron apoyos de neopreno Lastoblock® de fabricación nacional, y el izaje pudo realizarse utilizando gatos hidráulicos planos de 12 centímetros de altura, accediéndose a las bancadas de apoyo mediante pe-

queñas demoliciones del hormigón en los extremos. Las bancadas también se reconstruyeron utilizando resinas epoxi, y las menores alturas de izaje de estos tramos no hicieron necesaria la utilización del sobrepuente.

Esta etapa de la obra contempló la colocación de 24 apoyos tipo Neotopf® y 56 apoyos de neopreno Lastoblock®, en la totalidad de los tramos isostáticos, habiendo culminado exitosamente.

3. Inyección de fisuras y refuerzos pretensados

Las vigas cajón de los tramos isostáticos, que fueron objeto de fundamental atención en el contrato comentado, presentaban numerosas fisuras en su estructura de hormigón, ubicadas principalmente en las almas. Se procedió inicialmente al sellado superficial de las mismas con resina epoxi, y en algunas fisuras activas con siliconas, dejando instalados pequeños tubos para una posterior inyección realizada con resina epoxi de muy baja viscosidad, hasta lograr la colmatación. Los trabajos se desarrollaron desde las plataformas de servicio instaladas para el cambio de apoyos y desde el interior de los cajones, y la firma subcontratista encargada de tal tarea fue Resinas Estructurales S.A.

En los tramos isostáticos del puente principal, además del sellado comentado se agregó un sistema de pretensado longitudinal y transversal con el objeto de reforzar las narices de apoyo y evitar la formación de nuevas fisuras.

La inclusión de dichos sistemas requirió demoliciones y perforaciones muy cuidadosas en el hormigón, con orientación precisa para alojar los anclajes de los cables de pretensado. En los cables longitudinales se utilizaron los anclajes BBRV® modelo Z, que permitieron el tesado de los mismos desde el interior de las vigas cajón, con los anclajes pasivos ubicados en perforaciones realizadas en los tabiques extremos, en tanto que las vainas fueron alojadas en hormigón armado, adherido mediante resina epoxi al hormigón existente. Luego del tesado las vainas se inyectaron con mortero de cemento.

4. Reparación del sistema de pretensado. Varios

Las cabezas de anclaje de los cables de pretensado de las vigas cajón, tanto en los pórticos de los viaductos de acceso como en el puente principal, presentaban un elevado grado de deterioro superficial. El recubrimiento que originalmente se les dio permitió el ingreso de humedad y el mantenimiento de la misma en el interior de esa cubierta pseudoprotectora que favoreció la fuerte oxidación. Se procedió por lo tanto a retirar el mortero de recubrimiento, y posteriormente se realizó el arenado e inspección de cada anclaje. En caso de que la cabeza se encontrara en buen estado se la protegía con resina epoxi de alta resistencia química y un capuchón posterior de mortero epoxi-cuarzo de alta resistencia mecánica.

Si así no ocurría y la cabeza se encontraba muy deteriorada, o suelta, se debía proceder a su reparación o reconstrucción. Es de destacar que este último caso se presentó en solo una de las más de dos mil cabezas de anclaje tratadas, razón por la cual la finalización de esta tarea aseguró la confianza en el buen estado del sistema de pretensado de vigas en el puente y en los accesos.

Por último, y dentro del mismo contrato, se realizaron tareas complementarias de reparación de sistemas de desagüe e iluminación en las vigas cajón, renovación de losetas de canales de veredas, pintura de obenques, barandas, escaleras y elementos metálicos y reparaciones menores.



Vista general del puente.

CONCLUSIONES

Las tareas antes descriptas, que no impresionarán en demasía al usuario común pero que resultaban fundamentales para el mantenimiento del conjunto estructural, fueron definidas en la documentación oficial como "de gran compromiso profesional por la dificultad de su ejecución correcta", requirieron la aplicación de técnicas y procedimientos especiales e intervinieron profesionales del mejor nivel, tanto nacionales como extranjeros.

Es de destacar la responsabilidad puesta de manifiesto por el consorcio contratista Albano-EACA para la ejecución de trabajos tan atípicos como específicos, así como también el buen nivel de la Inspección y la Supervisión de Obra, que permitieron concluir las tareas encomendadas en forma eficiente.

Las mismas finalizaron el 7 de enero de 1988 y tienen un período de conservación de seis meses; no obstante se trata solo del comienzo de los trabajos, que como ya se expresara, se piensan realizar para mantener en buen estado de conservación una obra tan importante y de tan elevado costo como lo es el puente General Manuel Belgrano.

VIALIDAD AMERICANA
ACTUALIDAD INFORMATIVA

DE GUATEMALA

Durante el año pasado, el programa vial guatemalteco se concentró en tres objetivos: la rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura existente; con igual importancia, la continuación de los proyectos ya iniciados que cuentan con fondos adecuados; y la implementación de nuevos proyectos sólo si tienen financiamiento internacional a largo plazo y bajo interés.

A causa de la condición del sistema vial de Guatemala, rápidamente deteriorado durante los años recientes (en 1981 el 55% de los caminos pavimentados estaban en buenas condiciones mientras que en 1985 sólo 1,69% estaba en esas condiciones), todos los equipos disponibles han sido derivados al mantenimiento con exclusión de cualquier otra actividad.

El presupuesto 1987 de la Aministración Vial Nacional ha sido de 114 millones U$S, cubriendo los siguientes proyectos: la carretera Ciudad de Guatemala-Don Justo, cuya licitación será realizada en breve tiempo; la carretera Río Hondo-Santo Tomás que está a punto de licitarse; la carretera Escuintla-Puerto Quetzal, actualmente en construcción; la San Esteban-Asunción Mita; la Moyutla-Oriente; y la Quetzaltenango-San Carlos Sija.

8 millones U$S han sido destinados a la construcción de caminos rurales y 3.1 millones U$S al mantenimiento de caminos rurales. Un adicional de 8 millones U$S se destinó al mantenimiento vial general, y 35 millones U$S a varios proyectos básicamente de rehabilitación vial, tales como la carretera completa entre Ciudad de Guatemala y la frontera con El Salvador, de la que ya han salido a licitación la primera y segunda etapa, y la carretera Río Hondo-El Rancho que se licitará próximamente.

Para este año se trabaja en dos proyectos. Uno es la carretera de cuatro carriles entre Palin y Escuintla que estimativamente costará 60 millones U$S, con financiamiento del BID. El otro es la carretera desde la capital al Petén, con un costo aproximado entre 120 y 140 millones U$S y una oferta de financiamiento por parte de Alemania Federal.

La demora en los acuerdos para los créditos por parte del Congreso contribuye a limitar la realización de proyectos viales. Por ejemplo, sólo la mitad del presupuseto vial fue gastado en 1986 porque la rehabilitación de la carretera a Puerto Barrios estuvo supeditada a un número de prioridades que impidieron que el contrato se completara.

El Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas completó aproximadamente 30 caminos rurales en los últimos dos años en varias regiones del país. Estos caminos estaban destinados a unir áreas de bajos ingresos con potencial agrícola y los resultados han sido positivos.

DE COSTA RICA

El Ministerio de Obras Públicas y Transporte ha diseñado un gran programa de rehabilitación y mantenimiento de aproximadamente 9.000 kilómetros que integran la red vial secundaria costarricense. La Agencia Internacional de Desarrollo ha financiado el estudio de factibilidad del programa, a su vez administrado por la Asociación de Carreteras y Caminos de Costa Rica.

Costa Rica tiene un total de 27.830 kms. de carreteras, de los cuales 7.000 kms. constituyen el sistema vial nacional y el resto la red vial regional. Con una densidad de población de 544 habitantes por 100 kms^2 y 11 kms de carreteras por cada 1.000 habitantes, Costa Rica compite favorablemente con otros países en desarrollo.

Empero, el 85 % de la red nacional tiene un inadecuado mantenimiento, y las carreteras regionales y los caminos secundarios neccsitan ser completamente rehabilitados.

Como resultado, el Ministerio ha desarrollado el plan para el mejoramiento de los caminos secundarios. El costo total del programa que beneficiará a todas las regiones del país, se estima en 150 millones U$S y se cubrirá con préstamos externos. El objetivo es completarlo dentro de los próximos tres años.

Por otra parte, el Banco Mundial está financiando la rehabilitación de 26 kms de carreteras existentes y la construcción de 79 kms de nuevos caminos en la provincia caribeña de Limón, como parte del Proyecto gubernamental de Desarrollo Agrícola del Atlántico. La provincia de Limón produce grandes cultivos de coco y cacao.

DE ESTADOS UNIDOS

Las inversiones en carreteras rurales locales son el principal componente de los planes económicos en muchos países en desarrollo. La estrategia básica de estas inversiones consiste en mejorar la calidad de las carreteras y reducir el costo del acceso a habitantes y productos, especialmente campesinos y productores agrícolas. El tipo de inversiones en carreteras rurales varía con las necesidades de los diferentes países. Estas conclusiones forman parte de una de las ponencias presentadas en la 4ª Conferencia Internacional sobre Carreteras de Bajo Volumen realizada en la Universidad de Cornell, Nueva York, en agosto del año pasado.

Los 300 delegados asistentes examinaron las nuevas tecnologías y técnicas de diseño, construcción, dirección y operación de las carreteras de bajo volumen, y escucharon informes de todo el mundo.

En el sudeste asiático muchos caminos locales son diseñados para acomodar el tránsito de peatones, bicicletas, carros y motos. Recientemente, China se embarcó en un programa de construcción de 96.000 kms de caminos rurales para proveer accesos permanentes de los habitantes y productos, principalmente la producción agrícola y carbonífera, a los ferrocarriles y otras regiones del país. Por su parte, el Programa Alimentario de la Unión Soviética llamó en 1982 a la construcción de 130.000 kms de carreteras de uso general y 150.000 kms de caminos de conexión entre granjas, durante los próximos diez años. Un economista soviético estimó sin embargo que será necesario construir hasta un millón de kilómetros de caminos pavimentados para servir a la mayor parte de la población rural del país.

La situación es diferente en Estados Unidos, donde la creación de 3.7 millones de kilómetros se inició tan temprano como la Ordenanza de 1785, cuando el Congreso decidió abrir las tierras para la colonización y el poblamiento. Hoy la tierra está poblada, los pesos y medidas de los vehículos han aumentado dramáticamente, y la mayoría de los granjeros vive a pocos kilómetros de un elevador de granos o los mercados. Muchos expertos creen que actualmente hay demasiados caminos rurales en la Unión.

En Arabia Saudita los caminos agrícolas reciben más de 2.400 vehículos por día. Aunque el país ha completado recientemente la construcción de grandes carreteras y autopistas que unen las principales ciudades, un gran número de áreas de población y agricultura esperan todavía su unión por carretera. El Reino ha construido cerca de 42.000 kms de caminos rurales, y cerca de 32.000 kms. es la meta de construcción del actual Plan Quinquenal implementado en 1986. El alto crecimiento promedio de las ciudades y villas hace necesario nuevas carreteras; al mismo tiempo, el mantenimiento se convierte en una prioridad para asegurar la calidad y la seguridad para los usuarios. Existen algunos proyectos particularmente ambiciosos a completarse, como por ejemplo el que involucra a la Cordillera de Asir que corre de norte a sur paralela al Mar Rojo e incluye cumbres de más de 1.000 metros. El Reino está construyendo una cadena de carreteras llamadas "descendentes" desde lo alto al pie de las montañas, con puentes y túneles, que servirá a los habitantes de varias áreas al acortar las distancias entre la costa y la región central del país. Por último, en la Conferencia, dos representantes de la Universidad del Petróleo y Minerales Rey Fahd discutieron el uso satisfactorio de la arena tratada con asfalto como sustituto de agregados más costosos y escasos para la construcción de caminos.

Las especificaciones para la capa base de los caminos asfaltados en zonas templadas fueron desarrolladas en las décadas de 1920 y 30, cuando no se disponía de los actuales equipos pesados de compactación. Estas especificaciones fueron exportadas en forma intacta a los climas tropicales donde la escarcha, la nieve y el hielo son desconocidos. Las especificaciones generalmente no permiten el uso de materiales locales excavados directamente del terreno, sino que requiere agregados graduados y triturados más costosos o materiales estabilizados. Tests cumplidos en Kenya y Malawi han probado que la grava laterítica, abundante en los países en desarrollo pero no considerada adecuada como material vial, es satisfactoria si la subrasante es apropiadamente drenada y la capa base bien compactada. El representante de Thailandia propuso cambios en las especificaciones actuales para permitir el uso de agregados de suelo laterítico en su país como base y subbase para carreteras de bajo y mediano volumen.

La necesidad de crear y mantener una red de carreteras permanentes en Australia, un país que tiene una superficie equivalente al 80 % de Estados Unidos pero sólo el 7 % de su población, ha llevado al desarrollo de un tipo particular pero eficiente de pavimento, que consiste de una base de piedra partida no ligada o grava natural, de unos 200 milímetros de espesor, colocada sobre una subrasante natural compactada y cubierta con un tratamiento superficial de sellado. Los tests realizados sobre secciones construidas hace más de 10 años están aún en buenas condiciones, con predicción de servicio para más de 15 años.

El delegado de Nueva Zelanda explicó que su país durante más de 50 años ha usado un método efectivo y de bajo costo de sellado superficial sobre capas base no tratadas de pavimentos. La nación ha podido proveerse de una red de caminos rurales de bajo costo y alta calidad porque además las prioridades de los fondos viales van al mantenimiento. Los impuestos a los usuarios se aplican de tal forma que los vehículos pesados —que imponen el mayor deterioro en el pavimento— paguen una cuota proporcional del costo de mantenimiento y conservación, cumpliendo la consigna "todos los vehículos deben pagar una parte del costo de los deterioros que causan".

Impreso en Artes Gráficas Corín Luna - Morelos 670, tel. 631-1560 Buenos Aires



NUESTRA OBRA MAS IMPORTANTE.

Desde nuestros comienzos hemos construido innumerable cantidad de obras: viales, hidráulicas, industriales, etc.

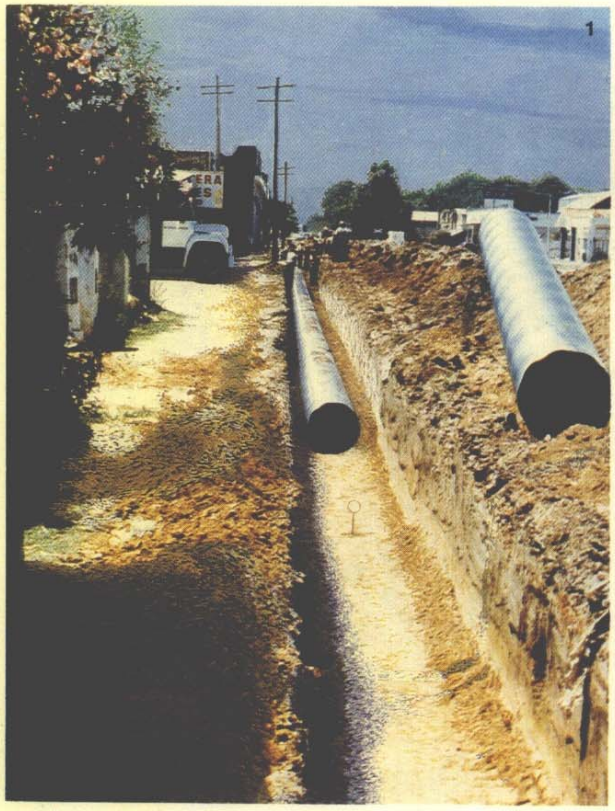
Hemos levantado edificios públicos, privados y hospitalarios. Dejamos aportes a la comunidad como la Avenida General Paz, la Facultad de Derecho, el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, la Autopista Rosario-San Nicolás...

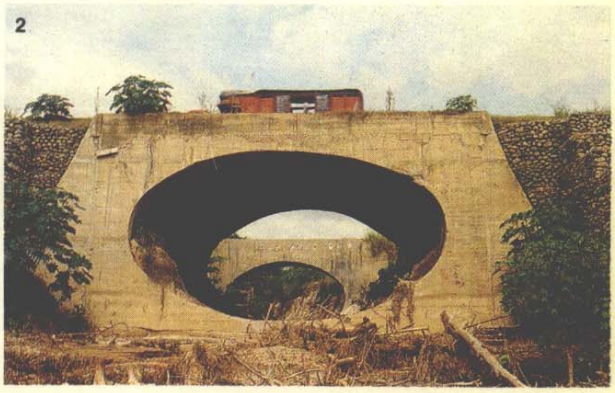
Por eso decimos, que cada día nos encuentra trabajando en nuestra obra más importante: el País.

CONSTRUCCIONES CIVILES J.M. ARAGON S.A.

Av. L. N. Alem 884, 4º P. Tel. 311-4777/8
312-4031/4 (1001) Buenos Aires
Telex 23577 COARA AR

Estas son Soluciones Armco


1


2


3

SOLUCIONES ECONOMICAS Y DE RAPIDA INSTALACION, CON MINIMO EMPLEO DE EQUIPOS Y MANO DE OBRA

1) Más de 1.700 metros de desagües pluviales, instalados en 30 días, con caños HELCOR de chapa de acero ondulados helicoidalmente, para el Municipio de Venado Tuerto (Prov. de Santa Fe) en una obra cuyo largo total es de 6.000 metros.

2) Dos elipses SUPER SPAN en paralelo, de 11 m. de luz y 7 m. de flecha, instaladas en la Quebrada Las Lomitas en Tartagal (Salta) para permitir el paso de la Ruta Nacional N° 34 y el Ferrocarril Gral. Belgrano.

3) Paso peatonal bajo las vías del Ferrocarril Roca, en la estación Ezeiza, construido con tres estructuras abovedadas Tunnel Liner de chapa de acero galvanizado.

CONSULTE A ARMCO ANTES DE CONSTRUIR O PROYECTAR

ARMCO

Armco Argentina S.A.

V. Gómez 214 - (1706) Haedo-Pcia. de Bs. Aires
Tel.: 628-8002/8944/8918/8922/8972/8975.

ROSARIO Boulevard Oroño 1120 - 11 "A" - Tel. 041-68142	**BAHIA BLANCA** Moreno 62 - Of. G - Tel. 091-22061	**CIPOLLETTI** Leopoldo Lugones 325 - Tel. 0943-72413
MENDOZA Garibaldi 57 - 1° P. Of. 101 - Tel. 061-245583	**CORDOBA** Mercado y Villacorta 1473 - Tel. 051-802282	**TUCUMAN** Las Heras 427 - Tel. 081-223883