

The cover features a background image of asphalt construction. In the upper left, a worker in a high-visibility vest and boots uses a shovel to spread asphalt. In the lower half, a large yellow roller is shown in operation on a road. The design is split diagonally, with a white upper section and a dark grey lower section, separated by orange geometric shapes.

*El*  
**Asfalto**

# Boletín de la Comisión Permanente del Asfalto

EDICIÓN DIGITAL N° 4

PRIMER TRIMESTRE 2022



[www.cpasfalto.com.ar](http://www.cpasfalto.com.ar)



**COMISIÓN PERMANENTE  
DEL ASFALTO**



# SU MA RIO

- **NOTA EDITORIAL** ..... **03**
- **ENTREVISTA AL ING. HUGO VARELA** ..... **05**  
Director de Vialidad de la Provincia  
del Chaco
- **ENTREVISTA AL ING. BORIS  
GOLOUBINSTEFF** ..... **08**  
Presidente de la Asociación Uruguaya  
de Caminos
- **PRÓXIMOS EVENTOS** ..... **13**
- **TRABAJO TÉCNICO** ..... **14**  
Fuerza-Ductilidad. Tenacidad. Fundamento y  
Base para la Evaluación y Caracterización de  
los Materiales Bituminosos
- **RECORDANDO AL** ..... **25**  
Ing. Duilio Dante Massaccesi
- **CONOCIENDO A LA CPA** ..... **29**  
Ing. Fabricio Cattaneo

## STAFF

**Boletín "El Asfalto"**  
Edición digital, Número 4  
1º trimestre de 2022

**Coordinador de edición:**  
Dr. Ing. Hugo D. Bianchetto

**Comité editorial:**  
Ing. Pablo E. Bolzán  
Ing. Juan M. Campana  
Ing. Lisandro Daguerre  
Dr. Ing. R. Adrián Nosetti

**Diseño y diagramación:**  
Ilitia Grupo Creativo - [ilitia.com.ar](http://ilitia.com.ar)

**Edición y corrección:**  
Dolores Cuenya

El Asfalto es una publicación digital periódica  
de la Comisión Permanente del Asfalto de la  
República Argentina, sin valor comercial.

**Propietario:**  
Comisión Permanente del Asfalto  
de la República Argentina  
Av. Paseo Colón 823 (1063)  
10º Piso B – C.A.B.A.

**ISSN EN TRÁMITE**

**Realizada por la**  
Comisión Permanente del Asfalto  
de la República Argentina

Dirección Nacional de Derecho de Autor  
Expediente RE-2020-11075988  
Se prohíbe la reproducción total o parcial del  
contenido de esta revista  
sin previa autorización.

La Dirección de la revista no se hace  
responsable de las opiniones, datos y artículos  
publicados. Las responsabilidades que  
de los mismos pudieran derivar  
recaen sobre sus autores.



## NOTA EDITORIAL

# En camino a un año con muchas actividades



Dr. Ing. Rodolfo Adrián Nosetti

En este año que comenzamos a transitar renovamos nuestras esperanzas de poder desarrollar más actividades bajo modalidad presencial, virtual y mixta.

Hemos habilitado la biblioteca virtual. En ella se podrán encontrar todos los trabajos de las Reuniones y Simposios del Asfalto que realizó la CPA en sus 77 años de vida. Posee 799 archivos y con su puesta en funcionamiento estamos concretando un viejo anhelo que comenzó a materializarse en la gestión anterior. Esperamos que sea de utilidad para toda la comunidad vial.

En este número, sustentando un espíritu federal que nos permita conocer las actividades de las distintas regiones de nuestro país, entrevistamos al Ing. Hugo Varela, Director de Vialidad Provincial del Chaco, quien nos cuenta sobre las distintas obras viales de su provincia y la proyección de la misma como polo tecnológico, industrial y turístico del NEA. También consideramos importante la vinculación con la región; es por ello que en esta oportunidad entrevistamos al Ing. Boris Goloubintseff, presidente de la Asociación Uruguaya de Caminos, quien, además de darnos un panorama de la vialidad uruguaya, nos comenta sobre el próximo CILA, que se desarrollará en Punta del Este, entre el 20 y el 25 de noviembre de este año.

El artículo técnico que se publica en este número del boletín reviste un carácter de exclusividad. Las características del mismo y la capacidad creativa e innovadora de su autor lo ameritan, toda vez que se trata de una compilación de varios de los trabajos más relevantes de uno de los investigadores más importantes de Europa. El Dr. Félix Pérez Jiménez, a quien agradecemos la permanente predisposición para colaborar con nuestra institución, nos presenta

“Fuerza-Ductilidad. Tenacidad. Fundamento y base para la evaluación y caracterización de los materiales bituminosos”, un compendio antológico de los ensayos efectuados en el Laboratorio de Caminos de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) que han dado lugar a procedimientos y metodologías para la caracterización de asfaltos y mezclas, cuya implementación ha sido el resultado de un largo proceso y de la participación de diferentes técnicos, estudiantes y profesionales que a lo largo de varias décadas se han capacitado bajo su tutoría.

Como es habitual, encontrarán los próximos eventos (congresos, seminarios, etc.) relativos al sector de la pavimentación asfáltica.

Además, iniciamos una nueva sección: “Conociendo a la CPA”. En ella presentaremos a los integrantes de la Comisión Directiva; en esta oportunidad, mostramos un semblante del Ing. Fabricio Cattaneo.

En la sección “Recordando”, rendimos tributo al Ing. Duilio Dante Massaccesi, quien fuera en vida integrante de la Comisión Directiva de nuestra institución. Tal homenaje, en particular, me atañe muy especialmente, pues lo considero mi maestro y padre técnico; su generosidad como profesional y sus numerosas anécdotas son recordadas en esta nota.

Por último, quiero destacar el esfuerzo del grupo editor y agradecer a todos los que participaron de este número, en especial a nuestros auspiciantes, que permiten que el Boletín El Asfalto siga siendo totalmente gratuito.

**Dr. Ing. Rodolfo Adrián Nosetti**  
Presidente  
Comisión Permanente del Asfalto



# SHELL ASFALTOS, SU SOCIO PREFERIDO



**Shell Bitumen**  
Marca licenciada

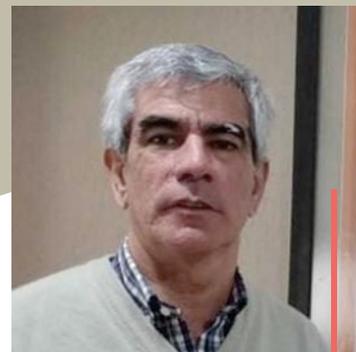
**raízen**  
Energía que moviliza

Para más información ingresara [www.shell.com.ar/empresas/shell-bitumen](http://www.shell.com.ar/empresas/shell-bitumen)

*“Buscamos que todas las localidades del interior provincial queden vinculadas a una ruta pavimentada”*

## ► Entrevista al **Ing. Hugo Varela**

DIRECTOR DE VIALIDAD DE LA  
PROVINCIA DEL CHACO



Ing. Hugo Varela

**Hugo Varela es Ingeniero en Construcciones y Vías de Comunicación, egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Ingresó a la Dirección de Vialidad Provincial del Chaco en el año 1987, desempeñándose como inspector de numerosas obras viales nacionales y provinciales y, más tarde, como ingeniero jefe. Desde 2015 es Director de Vialidad de la Provincia del Chaco.**

**EA: ¿Cómo está compuesta la estructura de Vialidad Provincial? ¿Desde qué fecha ocupa el cargo?**

**HV:** La estructura de Vialidad Provincial está compuesta por áreas técnicas y áreas de apoyo. Entre estas últimas se encuentra, por ejemplo, el área contable, la Secretaría General y los talleres, que son de gran ayuda para reparar el enorme parque de maquinarias que tenemos aquí, en la provincia del Chaco. Como en todas las vialidades, las áreas más fuertes son: Direcciones de Obras, Proyecto, Planificación, Laboratorio y Conservación. Y en los últimos años hemos sumado a la Dirección de Vialidad Urbana, que es con quien ejecutamos muchísimas obras de pavimento urbano en toda la provincia y algunos accesos urbanos.

Ocupo el cargo desde el año 2015. Previamente, entre 2007 y 2015, me desempeñé como ingeniero jefe. Esto me permite conocer perfectamente todo el funcionamiento de Vialidad, sus fortalezas y debilidades. Además, soy empleado de planta de la entidad vial desde hace 35 años.

**EA; ¿Qué obras viales de pavimento flexible está llevando adelante la provincia?**

**HV:** En el caso de las obras de pavimento flexible, se están ejecutando muchísimas obras y, además, estamos licitando varios tramos para pavimentar caminos de tierra.

Estimamos que en el mes de julio de este año vamos a estar ejecutando más de 300 kilómetros de obras nuevas. En todos los casos utilizaremos pavimento flexible. Por otro lado, siempre estamos realizando trabajos de mantenimiento en toda nuestra red vial pavimentada, ya sea con financiamiento del tesoro provincial, nacional o de organismos de crédito.

**EA: ¿Cómo se encuentra actualmente la red provincial?**

**HV:** La red vial provincial se encuentra, en general, en muy buen estado. Desde Vialidad Provincial permanentemente destinamos recursos a su mantenimiento, a través de tareas de bacheo, sellado de fisu-



### Acceso a Pto. Las Palmas

► ras, ya sea de calzadas con pavimento flexible o de hormigón. También nos ocupamos de la cartelera y la señalización vertical, y del mantenimiento de todo lo referido a banquetas, a través de las distintas delegaciones zonales. Por contrato, realizamos lo referido a la señalización horizontal.

#### EA: ¿Cuáles son los proyectos futuros?

**HV:** En cuanto a los proyectos que tenemos en carpeta, nos encontramos trabajando en tres grandes ejes. Por un lado, tenemos lo que nosotros denominamos “Rutas del Impenetrable”, que consiste en pavimentar en esa zona de la provincia unos 279 kilómetros, y pasar de la actual calzada de tierra a una pavimentada. Al día de hoy hemos conseguido financiamiento del Estado Nacional. A través de Vialidad Nacional pudimos licitar los primeros 200 kilómetros. Nos quedan los 70 kilómetros comprendidos entre Nueva Pompeya y El Sauzalito. Contamos con los proyectos ejecutivos, pero todavía no pudimos definir el financiamiento.

Además, buscamos que todas las localidades del interior provincial queden vinculadas a una ruta pavimentada. Esto lo llevamos adelante con distintos medios de financiamiento, ya sea Vialidad Nacional, FONPLATA, FFFIR. También con recursos propios: a través de Vialidad Urbana estamos ejecutando el acceso a Selva del Río de Oro (11 kilómetros) y ya hemos concluido el acceso a Colonia Aborigen (7 kilómetros).

En lo referido a rutas nacionales, en conjunto con la DNV, nos encontramos trabajando en proyectos para que en los corredores troncales nacionales se pase de un antiguo diseño de ruta de dos carriles al esquema de autovía.

#### EA: Usted participa en el Consejo Vial Federal. ¿Qué cargo ocupa y cuáles son sus funciones?

**HV:** Efectivamente, participo del Consejo Vial Federal desde el año 2007, cuando era ingeniero jefe. Desde 2015 que soy administrador y sigo participando en forma permanente. En este momento ocupo el cargo de vicepresidente primero. Se trata de un organismo que reúne a las Vialidades Provinciales de todo el país, con sus distintas particularidades, para analizar sus necesidades y requerimientos en cuanto a la infraestructura vial del país y la interconexión con la red vial nacional.

#### EA: ¿Qué nuevas tecnologías está aplicando la provincia?

**HV:** En cuanto a la tecnología que venimos utilizando en la provincia, desde hace varios años hemos apostado fuertemente a fortalecer el laboratorio central de Vialidad Provincial con énfasis en los recursos humanos, incrementando el número de ingenieros que se han sumado en los últimos años e invirtiendo en su permanente capacitación en las universidades de La Plata y Rosario. También a través de todo lo referido al equipamiento

- ▶ Actualmente es probable que tengamos el mejor laboratorio de toda la zona norte del país. En algunas de las obras en ejecución ya se ha incorporado el Pliego 2017 de la DNV para mezclas asfálticas.

para el asfalto, como *wheel tracking*, equipos para medición de módulo resiliente, horno de ignición, etc. Y seguimos comprando con recursos propios. Actualmente es probable que tengamos el mejor laboratorio de toda la zona norte del país. En algunas de las obras en ejecución ya se ha incorporado el Pliego 2017 de la DNV para mezclas asfálticas.

**EA: ¿Cómo afectaron la sequía del Paraná y la pandemia a las actividades viales de la provincia?**

**HV:** Pese a lo dura que fue la pandemia en Chaco, no nos hemos detenido en ningún momento. Hemos trabajado de manera normal en todo lo referido al mantenimiento de nuestra red vial pavimentada o de tierra y en la gestión de proyectos. Esto último es lo que hace que hoy tengamos una magnitud de obras que realmente no he visto nunca, en mis 35 años de experiencia, aquí en Vialidad Provincial. Solo habría que remontarse a las décadas de los sesenta y setenta para llegar a tamaña inversión en la red vial.

**EA: Por último, ¿cuál es mensaje que le gustaría transmitir?**

**HV:** Me gustaría transmitir, sin duda, que la infraestructura vial requiere de permanente atención, permanente mantenimiento, incansables esfuerzos para su crecimiento y desarrollo, puesto que eso trae aparejado el progreso de cada uno de los pueblos, de cada provincia y del país en su conjunto. De allí la necesidad de asignar recursos para su un adecuado mantenimiento y crecimiento. ♦

RP13. Tramo Emp. RN11-Cote Lai



## ► Entrevista al Ing. Boris Goloubinsteff

PRESIDENTE DE LA ASOCIACIÓN URUGUAYA  
DE CAMINOS



Ing. Boris Goloubinsteff

*En esta oportunidad entrevistamos a Boris Goloubinsteff, Ingeniero Civil Vial, egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República Oriental del Uruguay en 1994. Actualmente se desempeña como presidente de la Asociación Uruguaya de Caminos (AUC).*

### EA: ¿Desde cuándo es el presidente de la AUC? ¿Cómo se realiza esa elección?

**BGV:** La Comisión Directiva de la AUC, integrada por siete miembros titulares, se renueva cada dos años, por elección directa con voto secreto de sus asociados activos. La última elección, en la cual fuimos electos para el actual período 2020-2022, se realizó en el mes de agosto de 2020. También integré la Comisión Directiva anterior, actuando como secretario, bajo la presidencia del Ing. Gerardo Fernández. El estatuto prevé la posibilidad de reelegir al presidente por una única vez.

### EA: ¿Cómo está Uruguay con relación a su red vial? ¿Qué porcentaje de las rutas son de asfalto?

**BGV:** La red vial nacional cuenta con aproximadamente unos 10.000 kilómetros y su estado es bueno, o incluso muy bueno. Existen planes de mantenimiento actualmente en desarrollo, con presupuesto propio del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y la Corporación Vial del Uruguay (organismo público de derecho privado), y otros de reconstrucción, para el caso de las rutas más importantes, a través del mecanismo de Participación Público Privada (PPP). Más del 90% de

- La AUC tiene como cometidos fundamentales fomentar el desarrollo y mejoramiento de las carreteras, de las calles y de los caminos nacionales y departamentales, favoreciendo la operación del transporte sobre el modo vial...

esta red está construida en pavimentos asfálticos (mezclas asfálticas y tratamientos bituminosos).

La red vial se complementa con casi 40.000 kilómetros más de rutas y caminos departamentales, dependientes de las intendencias de los 19 departamentos en que está dividido el país.

### EA: ¿Qué tareas desarrolla la AUC?

**BGV:** La AUC tiene como cometidos fundamentales fomentar el desarrollo y mejoramiento de las carreteras, de las calles y de los caminos nacionales



Ruta Nacional 14, Uruguay.  
Mecanismo reciente de PPP

## ASOCIACIÓN URUGUAYA DE CAMINOS

y departamentales, favoreciendo la operación del transporte sobre el modo vial; cooperar con los distintos organismos públicos y privados interesados en el estudio de los problemas viales; propender en la mejor forma posible a la educación vial, tendiente a la correcta utilización y cuidado de las vías; cooperar en la promoción y difusión de los temas viales con la organización de congresos, simposios, conferencias y seminarios nacionales e internacionales; estimular la investigación y el estudio de temas viales y conexos, por medio de concursos, premios, becas, apoyo a investigaciones y cursos de perfeccionamiento.

Dentro de este marco, en la actualidad, las principales actividades de la AUC se vienen centrando en la promoción y realización en nuestro país de importantes y prestigiosos cursos de maestría, que ya están consolidados en reconocidas universidades de la República Argentina, como la Universidad Nacional de Córdoba y la Universidad Nacional de Rosario, y la realización del primer curso organizado, planificado y coordinado por la propia AUC, como es el Diploma de Técnico en Obras Viales, que es un curso de perfeccionamiento y actualización teóri-

co/práctico dirigido a mandos medios y personal técnico subalterno que se desempeña directamente en las obras viales.

Respecto de este último curso, a fines del año pasado se cerró la primera versión, con el otorgamiento de los primeros 20 diplomas.

**EA: Este año se llevará a cabo el 13° CVU y el XXI CILA. ¿Cómo fue que decidieron unificarlos?**

**BGV:** A partir del acercamiento a la AUC de los delegados CILA Uruguay - antiguos socios de la institución-, a fines de 2019, ante el conocimiento de que se había definido en el XX CILA realizado en México que el siguiente organizador sería nuestro país, y analizando la proximidad de fechas entre ambos eventos (teniendo en cuenta la consolidación del CVU cada dos años), es que se optó por la simultaneidad, debido al esfuerzo que conlleva la organización de encuentros de este tenor y calidad. Cabe mencionar que la simultaneidad definida no implica la "unificación" de ambos congresos, ya que cada uno tendrá su identidad y programa propio, siendo sí coincidentes las sesiones y conferencias específicas sobre asfalto y derivados. De todas formas, los

### ► XXI CILA & 13° CVU

La modalidad será 100% presencial, en los salones del Hotel Enjoy de Punta del Este, entre el 20 y el 25 de noviembre de este año.

*La fecha límite para la presentación de trabajos a ser evaluados por los distintos comités técnicos es el 30 de marzo de 2022.*



demás temas que se incluyen en nuestros congresos uruguayos - como otros tipos de pavimentos, obras de arte, movilidad, tránsito y transporte- tendrán sus espacios y días ya determinados.

#### EA: ¿Cuál será su modalidad?

**BGV:** La modalidad será 100% presencial, en los salones del Hotel Enjoy de Punta del Este, entre el 20 y el 25 de noviembre de este año.

#### EA: ¿Cuál es la fecha límite para presentar trabajos? ¿Cómo se encuentran en términos de patrocinio?

**BGV:** La fecha límite para la presentación de trabajos a ser evaluados por los distintos comités técnicos es el 30 de marzo de 2022. No se tiene previsto, hasta el momento, una prórroga.

En cuanto a la participación de *sponsors*, se está trabajando muy activamente en la promoción del evento y en los contactos bilaterales con cada uno de los ya clásicos patrocinadores, tanto del sector público como privado y empresarial. La organización de los congresos ha contratado a una agencia local reconocida y especializada en la realización de este tipo de eventos, por lo que confiamos en que la participación y el apoyo de *sponsors* será un éxito.

#### EA: ¿Cuáles son sus expectativas para los dos congresos?

**BGV:** Para esta generación que integro, la organi-

zación de un evento de la magnitud del CILA es, sin duda, una nueva experiencia. La última vez que Uruguay fue sede fue a inicios de la década de los noventa, así que las expectativas son muy grandes, principalmente por la posibilidad de que llegue a nuestro país una cantidad muy importante de técnicos, profesionales y empresarios del sector. También apostamos a que sea una instancia para que los técnicos uruguayos puedan sacar provecho de un evento de características internacionales en nuestro país, con expositores de gran calidad y conocimiento sobre los principales temas vinculados al asfalto en estos últimos años.

Por lo tanto, aprovecho esta valiosa oportunidad que me brindan para transmitirles a todos los profesionales y técnicos viales vinculados a este gran sector, la cordial invitación a que concurran el próximo mes de noviembre a Punta del Este. Será un gusto recibirlos. Los alentamos a no perder la oportunidad de participar en un gran evento internacional, con destacadas figuras de la región y del mundo, con la posibilidad de intercambiar experiencias regionales, lo que seguramente nos enriquecerá para nuestras futuras actuaciones sobre las calles y caminos de nuestras respectivas ciudades. Estamos trabajando muy fuertemente para presentarles y ofrecerles los mejores congresos realizados en Uruguay. ¡Los esperamos!! ¡Serán muy bienvenidos! ♦

# CONSTRUIR CAMINOS ES UNIR PERSONAS

Ofrecemos una solución integral de productos que cubren todas las necesidades de las obras de infraestructura y construcción, con el más alto desarrollo tecnológico y la oferta energética más amplia del mercado. Además brindamos asesoramiento técnico y la logística necesaria en cualquier lugar del país.

**En YPF, construimos el mejor servicio para tu empresa.**



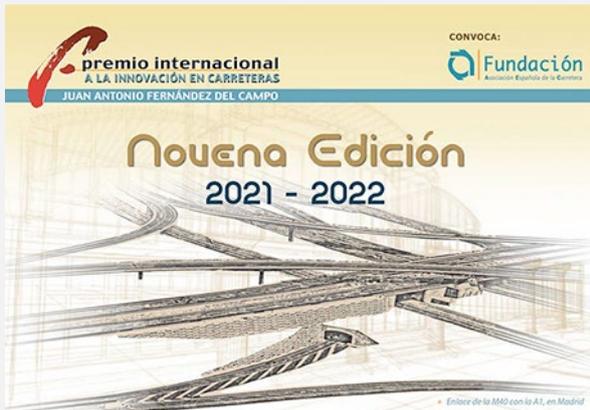
**YPF**  
ENERGÍA QUE NOS UNE



**ESTE AÑO  
NO TE PIERDAS LOS  
MÁS DE 100 CURSOS  
QUE TIENE LA  
ESCUELA DE GESTIÓN**

[educacionejecutiva.camarco.org.ar](http://educacionejecutiva.camarco.org.ar)

## ▶ Próximos **Eventos** Nacionales e Internacionales



### **Premio Internacional a la Innovación en Carreteras “Juan Antonio Fernández del Campo”**

Certamen de investigación al que pueden optar estudios, tesis doctorales, tesinas, programas y proyectos innovadores relacionados con las infraestructuras viarias.

El trabajo ganador recibirá un premio de 12.000 euros. El jurado es presidido por el catedrático Félix Pérez Jiménez y está integrado por acreditados expertos de distintas disciplinas vinculadas al desarrollo viario. El plazo de entrega de trabajos finaliza el **21 de septiembre de 2022**.

[www.premioinnovacioncarreterasjafc.org](http://www.premioinnovacioncarreterasjafc.org)



### **XVIII CAVyT “Visión 2030: Hacia el Futuro de la Infraestructura y el Transporte”** 26, 27 y 28 Septiembre 2022

Se desarrollará entre los días 26 y 28 de septiembre de 2022, bajo modalidad presencial.

[info@congresodevialidad.org.ar](mailto:info@congresodevialidad.org.ar)  
[www.congresodevialidad.org.ar](http://www.congresodevialidad.org.ar)



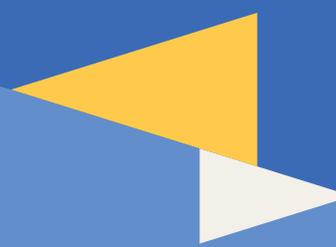
### **IV Congreso Salvadoreño del Asfalto**

El evento iba a realizarse en octubre del presente año y será reprogramado para el año 2022.



### **XXI CILA Punta del Este 2022** Del 20 al 25 de noviembre de 2022, en Punta del Este, Uruguay.

[www.cilaxxi.uy](http://www.cilaxxi.uy)



▶ **TRABAJO TÉCNICO**

# Fuerza-Ductilidad. Tenacidad.

## Fundamento y Base para la Evaluación y Caracterización de los Materiales Bituminosos

*Autor: Dr. Félix Pérez Jiménez (UPC, España)*

### 1. Presentación

Los aglomerantes hidrocarbonados, como el betún, se caracterizan por proporcionar uniones flexibles, dúctiles y tenaces. Sin embargo, este enfoque apenas se ha tenido en cuenta en la caracterización de los betunes y, menos aún, en el caso de las mezclas bituminosas.

En el desarrollo de los métodos y ensayos para caracterización de los betunes ha habido diferentes fases y objetivos.

Los métodos iniciales o clásicos, están basados en el análisis de la composición química de los betunes y la variación de su consistencia con la temperatura. A partir de ello, investigadores como Heukelom o Van der Poel proporcionaron ábacos y gráficos que relacionaban estas características con las propiedades mecánicas de betunes (viscosidad) y mezclas (módulo de rigidez). En esta caracterización inicial también se tuvo muy en cuenta la ductilidad, así como la variación de todos estos parámetros con el envejecimiento del betún por calentamiento u oxidación.

A continuación, se implementaron ensayos para evaluar sus propiedades mecánicas prestacionales, especialmente los introducidos por el método SHRP: módulo complejo, ángulo de desfase (altas y medias temperaturas) y módulo de rigidez y deformación a tracción (bajas temperaturas). Estos procedimientos de caracterización, al igual que ocurre con los ensayos tradicionales, suelen ir bien cuando se aplican a betunes convencionales de diferente penetración o procedencia, pero no ocurre lo mismo al ser empleados en la evaluación de betunes modificados.

Para completar y mejorar la caracterización de estos últimos, se introdujeron ensayos como el de recuperación elástica, ensayos tipo fuerza-ductilidad o péndulo Vialit, para valorar también sus características de ductilidad y tenacidad.

En la evaluación de las mezclas bituminosas se han aplicado ensayos usados normalmente con hormigones y materiales elásticos, sin tener en cuenta que

estos materiales se caracterizan por su mayor resistencia, rigidez y rotura frágil y los ensayos utilizados van dirigidos a valorar básicamente estas propiedades.

Únicamente se han desarrollado ensayos específicos cuando se trata de evaluar su estabilidad y resistencia a las deformaciones plásticas.

Sin embargo, son muy pocos los ensayos que se han implementado partiendo de la respuesta dúctil y tenaz de las mezclas y dirigidos a evaluar estas propiedades, como los implementados en el Laboratorio de Caminos de la UPC (Universidad Politécnica de Cataluña) que se recogen en este artículo. A su vez, estos ensayos han dado lugar a procedimientos y metodologías para la caracterización de betunes y mezclas.

- Ensayo Cántabro
- Método UCL Ensayo Fénix
- Método Fénix Ensayo EBADE, Curvas módulo-ángulo de desfase

La implementación de estos ensayos y metodologías es el resultado de un largo proceso y la participación de diferentes técnicos y profesores que realizaron en el Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes de la UPC su tesis doctoral, muchos de los cuales provienen de Latinoamérica. En la exposición de cada ensayo se muestra el proceso seguido en su elaboración, muchas veces precedido por otras líneas de investigación previas. El objetivo final del artículo es mostrar cómo diferentes líneas de investigación basadas en la respuesta dúctil y tenaz de los materiales bituminosos han dado un excelente fruto y lugar a nuevos enfoques y aportes para su estudio.

## 2. Ensayo Cántabro. Método UCL.

El ensayo Cántabro fue puesto a punto en el Laboratorio de Caminos en un trabajo que dirigí sobre mezclas drenantes en la Universidad de Cantabria. En esos momentos las mezclas se caracterizaban y dosificaban por medio del ensayo Marshall. El en-

sayo Marshall solo valora la resistencia a la deformación de las mezclas, su estabilidad, lo que viene muy bien para controlar su resistencia a las deformaciones plásticas. El uso de este ensayo dio lugar al uso de betunes más duros para contrarrestar el efecto negativo de la elevada porosidad de estas mezclas en su estabilidad y conseguir mezclas menos deformables. Ello provocó la rápida rotura y disgregación de los tramos construidos y diseñados con este procedimiento.

La disgregación es un fallo asociado a la rotura de las uniones que proporciona el betún a los áridos. La rotura se produce por efecto de los fenómenos de abrasión e impacto originados por el paso de los vehículos. Esto condujo a probar el tambor de Los Ángeles usado en los ensayos de abrasión sobre áridos a la dosificación de estas mezclas. Se implementó, así, el ensayo Cántabro [1], que permitió evaluar en mejor medida el efecto del tipo y contenido de betún en la cohesión y resistencia a la disgregación de las mezclas drenantes (Figura 1). El ensayo Cántabro es un método experimental que, al igual que el péndulo Vialit, evalúa la resistencia y tenacidad que presentan las uniones bituminosas de las mezclas al romperse por impacto o abrasión.

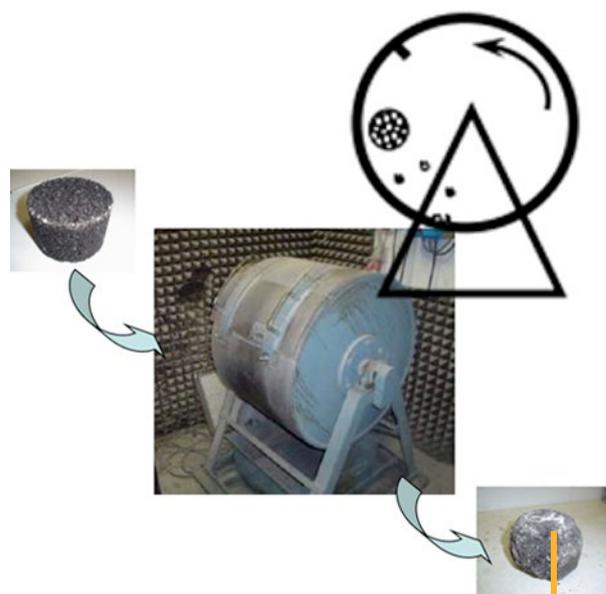


Figura 1. Ensayo Cántabro.

**2.1 Poder Aglomerante. Método UCL.**

La propiedad fundamental de los ligantes hidrocarbonados, que es precisamente la que los define y denomina, es su capacidad para adherirse, aglomerar y dar cohesión (ligar) a los materiales granulares sueltos. Dada la susceptibilidad térmica de los ligantes hidrocarbonados, estas uniones varían con la temperatura, pudiendo ser frágiles, tenaces o inconsistentes.

**Uniones frágiles:** a bajas temperaturas, los ligantes hidrocarbonados se vuelven duros y frágiles.

**Uniones tenaces:** al ir aumentando la temperatura, van perdiendo dureza y consistencia y ganando ductilidad y tenacidad.

**Uniones inconsistentes:** si se sigue aumentando la temperatura, el ligante va perdiendo viscosidad, se hace más fluido, y las uniones, poco a poco, van perdiendo consistencia.

Para el uso de los ligantes hidrocarbonados en carreteras, sobre todo para su empleo en mezclas y aglomerados bituminosos, es fundamental conocer su poder aglomerante y el rango de temperaturas en que su respuesta es tenaz.

**Poder aglomerante:**

En el método UCL [2, 7, 8, 15] se ensaya a diferentes temperaturas una mezcla patrón, de granulometría abierta y sin polvo mineral, fabricada con un 4,5% de peso sobre áridos del ligante a evaluar y se de-

termina el porcentaje de las pérdidas en peso que experimenta la probeta de mezcla al someterla al ensayo de abrasión de la máquina de Los Ángeles, sin bolas, a 300 revoluciones (ensayo Cántabro).

$$\text{Porcentaje de pérdidas} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \cdot 100$$

donde:

$P_i$  = peso inicial de la probeta y  $P_f$  = peso final tras el ensayo

Durante el ensayo Cántabro, la energía de deterioro que por impacto y abrasión experimenta la mezcla se transforma en deformación plástica y visco-elástica de la probeta. Cuando la energía de deterioro es mayor que la que puede absorber por tenacidad la película de ligante que une las partículas, se produce el desprendimiento de éstas. Cuanto menores sean las pérdidas en el ensayo Cántabro de la mezcla patrón, mayor será la tenacidad y el poder aglomerante del ligante.

**Curvas de estado:**

Realizando el ensayo Cántabro sobre la probeta patrón a diferentes temperaturas puede obtenerse de forma continua la evolución del poder aglomerante del ligante, desde su comportamiento frágil hasta su pérdida de consistencia. Las curvas de estado permiten la comparación de la respuesta de los diferentes tipos de ligantes hidrocarbonados (betunes modificados, etc.) por lo que se le ha dado el nombre de procedimiento Universal de Caracterización de Ligantes (UCL).

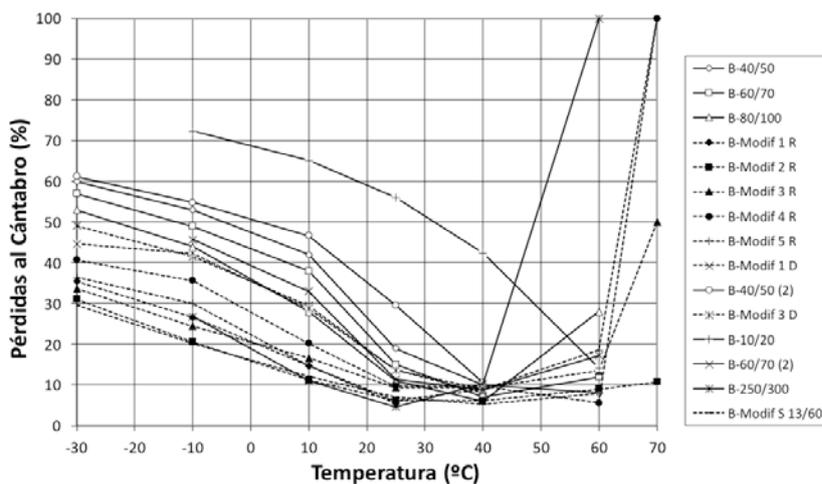


Figura 2. Curva de estado de diferentes betunes. Método UCL.

En la Figura 2 se muestra con líneas continuas la respuesta de los betunes de penetración. Se observa la alta fragilidad del betún duro a bajas temperaturas B10/20 y la inconsistencia del betún blando B250/300 a temperaturas altas. Los otros betunes se intercalan entre estos dos, aumentando sus pérdidas al incrementar su penetración. Los betunes modificados se agrupan en la parte inferior del gráfico y son los que presentan unas curvas más tendidas, con menos pendientes, tanto a altas como a bajas temperaturas.

Es un método sencillo y claro para mostrar las diferencias de respuesta de los betunes y las mejoras conseguidas con los betunes modificados, más elásticos y tenaces.

### 3. Ensayo Fénix. Parámetros Medidos.

El ensayo Fénix [17] es un ensayo de tracción desviada en el que se mide el esfuerzo aplicado en la base de una probeta semicilíndrica para producir su rotura. Durante este proceso de carga se va produciendo el fallo de la probeta de forma lenta y progresiva, al propagarse la grieta y la fisura radialmente desde la ranura creada en su base (Figura 3). Esto permite obtener no solo las características mecánicas de la probeta cuando la mezcla está en buen estado (rigidez de la mezcla y resistencia), sino determinar

cómo el betún es capaz de mantener la resistencia de la mezcla al irse deformando ésta y propagándose la grieta (tenacidad). Se va aumentando la deformación y se mide la carga que mantiene la mezcla.

El ensayo Fénix tiene un precedente también desarrollado en el Laboratorio de Caminos de la UPC, el ensayo BTD, que fue implementado para llevar a cabo ensayos a tracción sobre probetas tipo Marshall compactadas sobre unas bases especiales y que fue usado para el análisis del uso de fibras y tipos de filleres en mezclas bituminosas [3, 8] y en ensayos de fatiga [6]. El ensayo de tracción indirecta, que ha sido usado con éxito en varias líneas de investigación del Laboratorio de Caminos, en particular sobre el control de ejecución de mezclas bituminosas [5, 18] y en el diseño de mezclas recicladas [4, 7, 9, 16], no fue considerado por dar lugar a una rotura más frágil y brusca de las mezclas bituminosas, con una curva de caída muy rápida tras el inicio de la rotura. Además, el análisis de resultados parte de una respuesta elástica del material. Para conseguir esta respuesta es necesario normalmente bajar la temperatura de ensayo o aumentar la velocidad de carga, condiciones que varían con el tipo de mezcla ensayada. Se buscaba un ensayo que pudiese ser sencillo de aplicar y que pudiese ser usado con todo tipo de mezclas en un amplio rango de temperaturas.

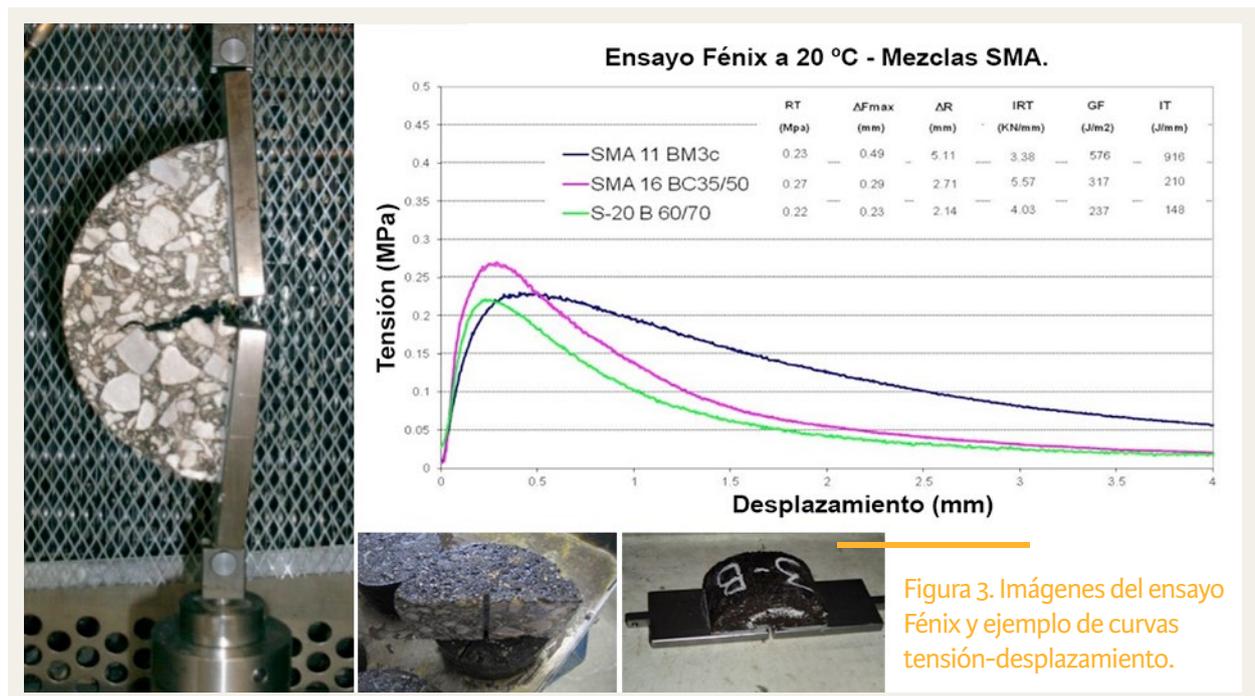


Figura 3. Imágenes del ensayo Fénix y ejemplo de curvas tensión-desplazamiento.

El ensayo Fénix se realiza a una velocidad de deformación de 1 mm/min, con las placas donde se fija la probeta unidas con una rótula a la prensa. Esto permite el giro y evita la transmisión de momentos y de otros esfuerzos sobre la probeta. El ensayo puede realizarse a cualquier temperatura ya que su variación no influye sobre la forma ni la manera de aplicarse la carga.

De la curva obtenida en el ensayo (Figura 4) se determinan diferentes parámetros que valoran las siguientes características [17]:

- **Mecánicas y resistentes:** RT (resistencia máxima) e IRT (indicador de rigidez a tracción).
- **Ductilidad:**  $d_{máx}$  (deformación para la carga máxima),  $d_{0,5pm}$  (deformación al 50% de la carga máxima) y DT ( $d_{0,5pm}-d_{máx}$ ).
- **Energía y tenacidad:** GD (energía, área bajo la curva), T (área bajo la curva de rotura) e IT (indicador de tenacidad  $GT \times DT$ ).

### 3.1 Diagrama Fénix.

#### Caracterización de Mezclas Bituminosas

A partir del ensayo Fénix se ha establecido un diagrama que permite caracterizar y comparar la respuesta de las diferentes mezclas bituminosas. Este diagrama, donde se representa la variación de las características mecánicas de una mezcla (resistencia, ductilidad y tenacidad con la temperatura, curva característica de cada mezcla), define y valora la respuesta de cada mezcla y permite, al mismo tiempo, comparar las respuestas de diferentes mezclas [22].

En la Figura 5a se representa para una mezcla tipo AC, aglomerado denso, el efecto del contenido de betún usado en su fabricación. Junto con las curvas características de las diferentes mezclas, aparecen también en el diagrama unas líneas verticales, Mecánicas IRT Resistentes TF Cohesión Energía de rotura Tenacidad IT Ductilidad GD 4 mm T GD, que el Laboratorio de Caminos, tras múltiples ensayos, asocia con una respuesta frágil, dúctil y muy dúctil. Aparecen también unas curvas del tipo  $x.y=cte$ , asociadas al nivel de tenacidad de la mezcla en el ensayo Fénix. El área de la curva en la zona de rotura que determina su tenacidad puede valorarse a partir del producto RT por DT, ya que esta área puede ser asimilada a un triángulo rectángulo de altura RT y de base 2DT.

Las curvas de isotenacidad representadas son las que se han considerado como límite inferior de tenacidad, curva roja. Todos los puntos de esta curva tienen un valor de  $RT \times DT$  constante de  $0,0625 \text{ MPa} \times \text{mm}$ . Valores por debajo de ella corresponden a mezclas de deficiente tenacidad.

Por encima de la curva verde ( $RT \times DT = 0,25$ ) quedarían las mezclas que se consideran tenaces y por encima de la curva azul ( $RT \times DT = 0,5625$ ), las muy tenaces. En esta figura puede apreciarse el claro efecto del contenido de betún para aumentar la ductilidad y la tenacidad de la mezcla y que, a partir de 5 %, este efecto es menor o nulo.

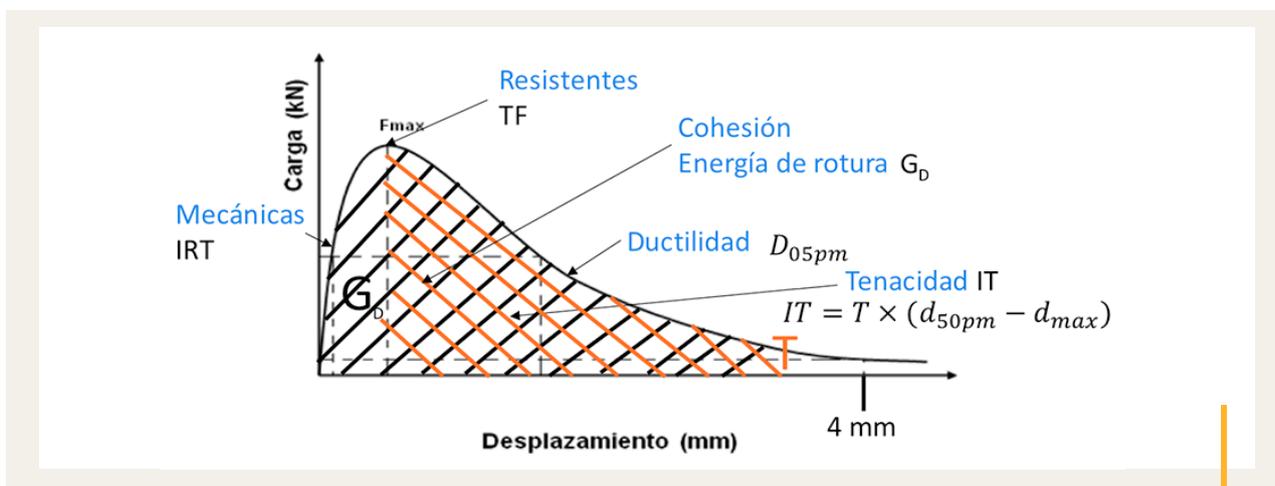
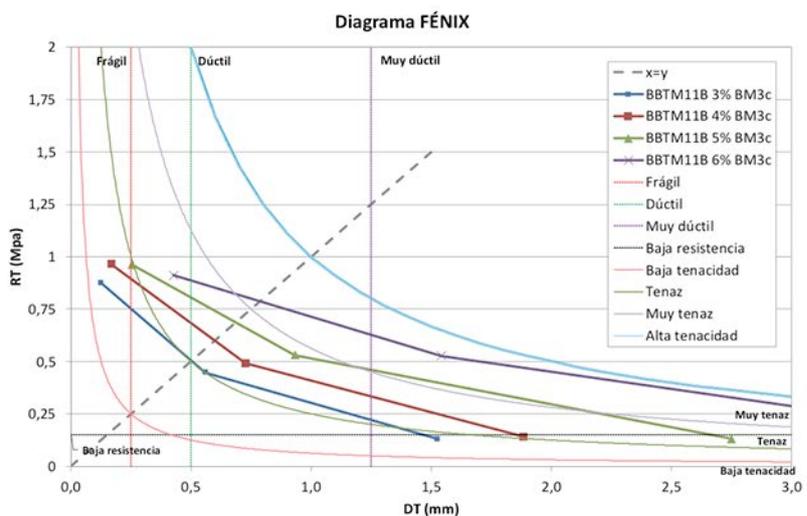
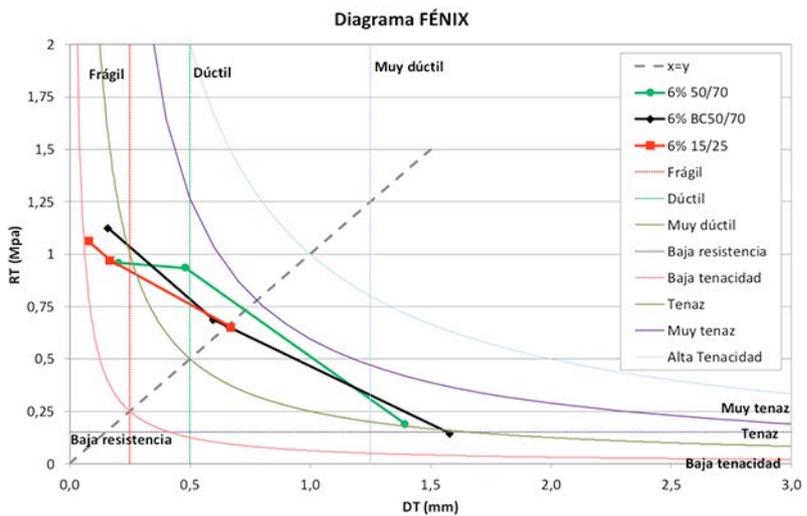
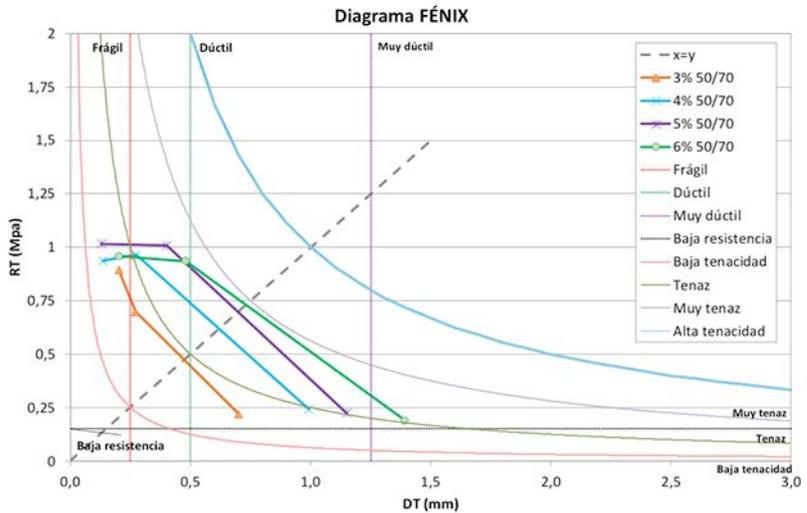


Figura 4. Parámetros obtenidos a partir del ensayo Fénix.

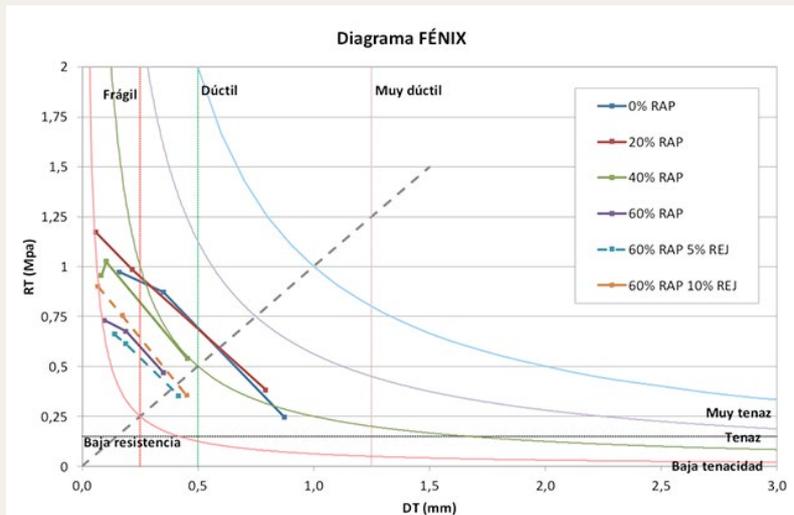
Figura 5. Diagrama Fénix.  
 (a) Mezclas AC (% betún),  
 (b) Mezclas AC (tipo de betún),  
 (c) Microaglomerados (% betún),  
 (d) Mezclas AC recicladas.

En la Figura 5b se han representado las curvas características de tres mezclas de idéntica composición y granulometría fabricadas con un 6% de ligante, con betunes de diferentes penetraciones o naturaleza B 15/20, B 50/70 y BC 50/70. Esta figura muestra claramente que el efecto del uso de betunes de baja penetración da lugar a mezclas frágiles poco dúctiles incluso a 20 °C y frágiles a 5 °C. También se aprecia la respuesta más dúctil de la mezcla fabricada con betún caucho, entre las mezclas fabricadas con betunes de la misma penetración. Esta diferencia se aprecia a las temperaturas inferiores. Para valorar la respuesta de betunes y mezclas y mostrar sus diferencias es importante observar su comportamiento en un amplio rango de temperaturas, como se lleva a cabo en el ensayo Fénix.

En la Figura 5c se recogen las curvas características de una mezcla de granulometría discontinua, microaglomerados, con más huecos, fabricadas con diferentes contenidos de un betún modificado con polímeros. Se observa cómo el uso de granulometrías más abiertas aumenta



la ductilidad y el uso de betunes modificados con polímeros mejora especialmente su tenacidad. Por último, la Figura 5d muestra cómo el ensayo Fénix permite apreciar también el efecto del uso del RAP en las propiedades de la mezcla y proporciona una metodología para el diseño y dosificación de mezclas recicladas.



#### 4. Ensayo EBADE.

El ensayo EBADE fue desarrollado con el fin de valorar de forma rápida el fallo por fatiga bajo cargas cíclicas de mezclas y betunes a diferentes temperaturas. En los ensayos de barrido de tiempo a tensión controlada se aprecia, tanto en ensayos a esfuerzos tangenciales, DSR, como a tracción-compresión, prensa dinámica, que las muestras de un mismo material ensayadas a diferentes niveles de tensión, rompen a un nivel de deformación similar [10, 12, 13].

En base a esta observación se implementó un Ensayo de BARRIDO de DEFORMACIONES, EBADE, para llegar a obtener esa deformación de forma más rápida [19]. Con cada nivel de deformación se aplican 5.000 ciclos a una frecuencia de 10 Hz; esto permite observar mejor la intensidad de daño asociado a cada nivel de deformación e identificar el escalón de deformación en que se produce su fallo. En el caso de betunes y másticos, los ensayos se llevan a cabo sobre unas probetas cilíndricas, fabricadas por vertido del producto en caliente en unos moldes cilíndricos de 20 mm de diámetro y 40 mm de altura. La deformación inicial es de 0.076% y cada 5.000 ciclos se incrementa la deformación en la misma cantidad. Para el ensayo de mezclas, se parte de una probeta prismática de unos 6 centímetros de altura y de 5 por 5 cm<sup>2</sup> de base, obtenida por serrado de probetas cilíndricas o prismáticas, compactadas en moldes tipo Marshall o de máquina de pista. En este caso el nivel de desplazamiento aplicado a la

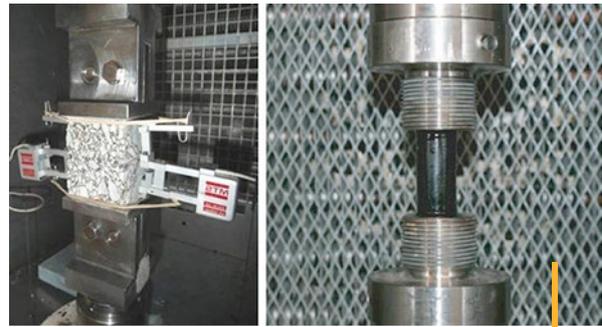


Figura 6. Ensayo EBADE.

probeta es de +/- 25 micras ( $\mu\text{m}$ ) al inicio, que se va incrementando en la misma magnitud cada 5.000 ciclos. El ensayo puede realizarse a cualquier temperatura, aunque el rango normalmente usado ha sido entre -5 y 20°C [20].

En el ensayo se registra cómo va variando el esfuerzo aplicado. A partir de este registro se obtiene la variación de la tensión máxima aplicada en cada ciclo y el módulo asociado.

La evolución de la tensión en el ensayo EBADE va decreciendo dentro de cada escalón de deformación. En los escalones iniciales (Figura 7) sufre un incremento brusco cada vez que aumenta el nivel de deformación, hasta llegar a un escalón en el que se produce un máximo. El fallo puede ser frágil si la temperatura es baja, o dúctil. En este caso, se pueden aumentar va-

rios escalones de deformación desde que se produce el máximo de carga hasta su fallo.

Las gráficas de los resultados de estos ensayos son típicas de un ensayo de fuerza-ductilidad. Sus resultados son similares a los del Fénix cuando se ensayan materiales bituminosos rígidos o frágiles. Entre ambos ensayos se han obtenido muy buenas correlaciones entre los parámetros de rigidez (IRP y módulo de rigidez) y los de deformación de fallo (DT y deformación de fallo EBADE).

#### 4.1 Curva Módulo-Ángulo de Desfase.

En los ensayos cíclicos de los materiales bituminosos se produce un desfase entre el ciclo de tensiones y el de deformación. Este desfase da lugar a una pérdida de energía en cada ciclo, energía disipada, que está relacionada con la tenacidad del material y su comportamiento en los ensayos de fatiga.

Mientras el material disipa energía, no falla. Esta energía es usada para rebajar la rigidez y aumentar el ángulo de desfase. En los ensayos de fatiga de barrido de tiempo, en las deformaciones de no fallo, se llega a un estado de equilibrio en el que se mantiene la rigidez, el ángulo de desfase del betún y la energía que se disipa. Esta energía disipada no produce ningún daño ni deterioro del betún, que recupera su rigidez y ángulo inicial al detener el ensayo o ir rebajando el nivel de deformación.

En los niveles de deformación con fallo por fatiga, la energía disipada va descendiendo, pero se mantiene en niveles altos, hasta que se produce el fallo tras un número elevado de ciclos.

Esta respuesta -pérdida de rigidez en los ensayos cíclicos y recuperación de sus propiedades al parar el ensayo- es característica de los materiales tixotrópicos y la presentan la mayoría de los coloides, como es el caso de los materiales bituminosos.

Cuando el betún va cambiando su estado coloidal de sol a gel, por envejecimiento o enfriamiento, el betún empieza a perder estas propiedades. Apenas varía su módulo y ángulo de desfase en los ensayos cíclicos, se convierte en un material rígido y frágil.

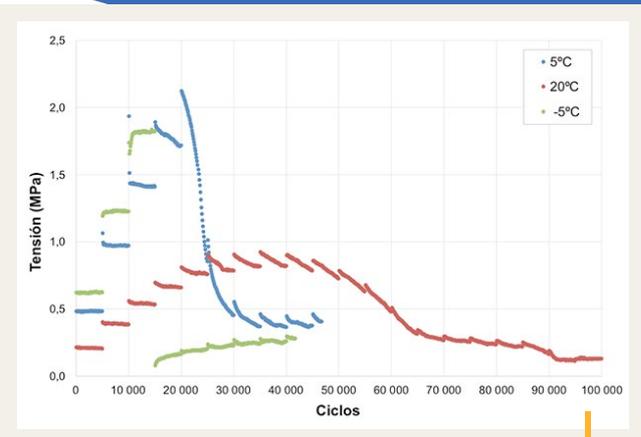


Figura 7. Ensayo EBADE.  
Curvas tensión-ciclos,  
mezcla AC, a -5, 5 y 20°C.

Esto puede verse con claridad a través del ensayo EBADE, dibujando la evolución de las curvas módulo-ángulo de desfase en función de la temperatura ensayo, nivel de deformación y número de ciclos. En los materiales viscosos la energía disipada se relaciona en cada ciclo con su estado tensional y con el ángulo de desfase por la siguiente expresión:

$$W_i = \pi E_i (\epsilon_i)^2 \text{sen} \delta_i$$

La energía disipada en cada ciclo puede ser calculada en el ensayo EBADE a partir del área del círculo de histéresis del diagrama de tensiones deformaciones.

En las Figuras 8a y b se muestran las curvas módulo-ángulo de desfase obtenidas para dos mezclas tipo AC con un 4,5% de betún 60/70, envejecida y sin envejecer, a partir del ensayo EBADE. Los ensayos han sido realizados a -5, 5 y 20 °C. A la temperatura más baja se observa una respuesta rígida y frágil de la mezcla. Su módulo inicial es muy alto (23.000 MPa) y su ángulo de desfase pequeño (6°). Parámetros que apenas varían en el ensayo y rompe en el tercer escalón (0,12%). A 5 °C, muestra una pequeña evolución del módulo y el ángulo de desfase al aumentar el nivel de deformación, y su fallo se produce en un nivel de deformación ligeramente más alto, cuarto escalón (0,16%). A la temperatura más alta, el módulo inicial

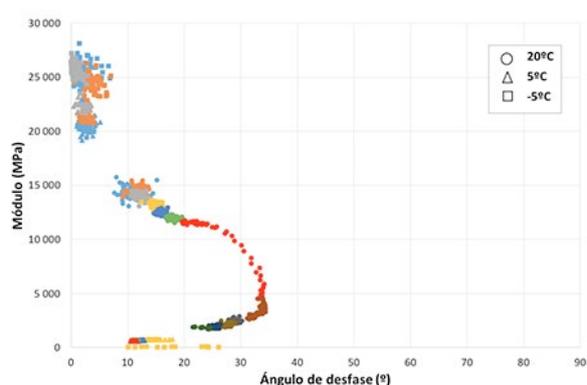
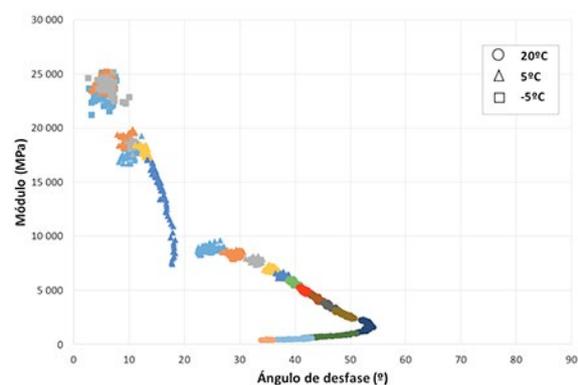


Figura 8. Curvas módulo-ángulo de desfase. (a) Mezcla AC sin envejecer, (b) envejecida.

de la mezcla es notablemente más bajo 8.000 MPa) y el ángulo de desfase más alto (21°). Su fallo se produce en un escalón de deformación bastante más alto, un décimo escalón (0,44%), y con un elevado ángulo de desfase (53°).

La curva módulo-ángulo de desfase de la mezcla envejecida muestra el efecto tan notable que tiene el envejecimiento en la respuesta de la mezcla, dando lugar a un fuerte aumento de su rigidez, a una importante pérdida de ductilidad y a que su fallo se produzca a unos niveles más bajos de deformación.

## 5. Conclusiones.

Los ligantes bituminosos aglomeran las partículas minerales de las mezclas bituminosas con uniones flexibles, dúctiles y tenaces. Estas propiedades definen las respuestas de estos materiales como ponen de manifiesto los ensayos especialmente implementados para su evaluación y medida, ensayos Cántabro, Fénix y EBADE. Ellos permiten analizar la variación de estas propiedades con la temperatura y el envejecimiento. Mediante su uso, se puede conocer el rango de temperaturas en que cada betún proporciona estas características de flexibilidad, ductilidad y tenacidad a la mezcla. A partir de cada uno de estos ensayos se han establecido unos procedimientos y métodos que proporcionan una mejor caracterización de los ligantes y mezclas bituminosas, comparan sus respuestas y optimizan su diseño y dosificación.

**El ensayo Cántabro** evalúa la resistencia a la disgregación de la mezcla. La disminución de las pérdidas es una muestra de la tenacidad de la mezcla para

resistir la energía de deterioro aplicada en el ensayo por impacto y abrasión.

**El método UCL** normaliza y compara el poder aglomerante de los ligantes (tenacidad) mediante el uso de una granulometría patrón. El diagrama UCL permite la comparación de sus respuestas y valorar el uso de modificadores para mejorar su desempeño (betunes modificados).

**El ensayo Fénix** valora la tenacidad y ductilidad la mezcla a partir de la curva fuerza-deformación. También proporciona otros parámetros relacionados con su respuesta mecánica, como la rigidez IRT y su resistencia RT.

**El ensayo y el diagrama Fénix** ofrecen una adecuada metodología para el diseño y dosificación de las mezclas. En el diagrama se puede observar la influencia todos los parámetros que definen la composición de la mezcla: naturaleza y granulometría de los áridos y tipo y porcentaje de betún en su comportamiento.

**El ensayo EBADE** permite obtener de forma más rápida y eficiente las leyes de fatiga de ligantes y mezclas bituminosas a diferentes temperaturas y también su curva módulo-ángulo de desfase, que muestra, con mayor claridad, su respuesta tixotrópica y su comportamiento reológico.

En resumen, estos ensayos ponen de manifiesto las ventajas del uso de la ductilidad y tenacidad en la evaluación y caracterización de ligantes y mezclas bituminosas, lo que anima a seguir profundizando en su aplicación y al desarrollo de nuevas metodologías y ensayos. ♦

#### REFERENCIAS:

- [1] Calzada Pérez, M.A. *Desarrollo y normalización del ensayo de pérdidas por desgaste aplicado a la caracterización, dosificación y control de mezclas bituminosas de granulometría abierta*. Universidad de Cantabria. 1984.
- [2] Miró Recasens, R. *Metodología para la caracterización de ligantes mediante el empleo ensayo Cántabro*. Universidad Politécnica de Cataluña. 1994.
- [3] Fonseca Rodríguez, C. H. *Estudio de capas antifisuras para retardar el inicio y propagación de grietas en pavimentos flexibles y semirrígidos*. Universidad Politécnica de Cataluña. 1994.
- [4] Castillo Aguilar, S. *Técnicas y metodologías empleadas en el estudio de una mezcla mixta en la rehabilitación de pavimentos reciclados en frío in situ empleando emulsión y cemento*. Universidad Politécnica de Cataluña. 1999.
- [5] Martínez, A. H. *Aseguramiento de la calidad de mezclas bituminosas mediante la aplicación del ensayo de tracción indirecta en el control de su ejecución*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2000.
- [6] Cepeda Aldape, J. *Análisis del comportamiento de mezclas bituminosas a fisuración por fatiga mediante la aplicación de un nuevo ensayo dinámico a tracción directa*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2002.
- [7] Alarcón Ibarra, J. *Estudio del comportamiento de mezclas bituminosas recicladas en caliente en planta*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2003.
- [8] Bianchetto, H.D. *Criterios de diseño de mezclas bituminosas para pavimentos tendientes a optimizar su resistencia al envejecimiento. Influencia del tipo de ligante y del relleno mineral*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2005.
- [9] Centeno Ortiz, M. *Evaluación tecno-económica de las técnicas de rehabilitación de firmes flexibles a partir del análisis de los resultados de los tramos experimentales Paramix*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2006.
- [10] Alonso Mota, J. J. *Estudio del proceso de deformación y agrietamiento por fatiga de mezclas bituminosas sometidas a carga cíclica*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2006.
- [11] Martínez Laínez, C. *Análisis del empleo de deflectometría en la implantación de un sistema de gestión de firmes*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2006.
- [12] Hernández Noguera, J. A. *Estudio de la cohesión y la tenacidad del betún y su posible efecto en el comportamiento a fatiga de la mezcla*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2009.
- [13] Reyes Ortiz, O. J. *Análisis del fallo a fatiga de los ligantes hidrocarbonados. Parámetros que definen su comportamiento*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2009.
- [14] Rodríguez Cambeiro, M. *Análisis de la propagación de fisuras y de los criterios de fallo en el comportamiento a fatiga de las mezclas bituminosas*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2009.
- [15] Salazar Amaya, M. *Análisis del comportamiento funcional, envejecimiento y durabilidad de las mezclas discontinuas modificadas con polvo de neumático usadas como capa de rodadura para tráfico pesado*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2009.
- [16] Nosetti, R. A. *Estudio del efecto de los materiales rellenos y de los áridos de aportación en las características de las mezclas recicladas en frío con ligantes bituminosos*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2009.
- [17] Valdés Vidal, G. A. *Evaluación del proceso de fisuración en las mezclas bituminosas mediante el desarrollo de un nuevo ensayo experimental, Ensayo Fénix*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2011.
- [18] Limón Covarrubias, P. *Aseguramiento de la calidad de las mezclas bituminosas mediante la aplicación del ensayo de módulo resiliente en el control de su ejecución*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2011.
- [19] Botella Nieto, R. *El barrido de deformaciones como método para evaluar el comportamiento a fatiga de los materiales bituminosos*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2013.
- [20] López Montero, T. *Efecto del envejecimiento y de la acción del agua en la fisuración de las mezclas asfálticas*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2018.
- [21] Pérez Madrigal, D. *Efecto de las condiciones de fabricación en las propiedades de las mezclas bituminosas recicladas*. Universidad Politécnica de Cataluña. 2018.
- [22] Pérez, F.; Miró, R.; Martínez, A.; Botella, R.; López-Montero, T. *Classification and design of bituminous mixtures based on the variation of their strength and toughness with temperature: Fenix stress-strain diagram*. 26th World Road Congress Abu Dhabi 2019: Connecting cultures, Enabling Economies. 2019.

### Amigos UPC. Agradecimientos y Reconocimientos:

Los técnicos y profesores que coincidimos en el Laboratorio de Caminos de la Universidad Politécnica de Cataluña, en Barcelona, hemos seguido en contacto, formando este grupo de amigos y compañeros (Amigos UPC). Mi agradecimiento y reconocimiento a todos ellos por sus colaboraciones y aportaciones. El contenido del artículo es fruto de este trabajo en equipo.



## XVIII CONGRESO ARGENTINO de Vialidad y Tránsito



DEL 26 AL 28 DE SEPTIEMBRE 2022  
HOTEL HILTON BUENOS AIRES - ARGENTINA

ORGANIZA



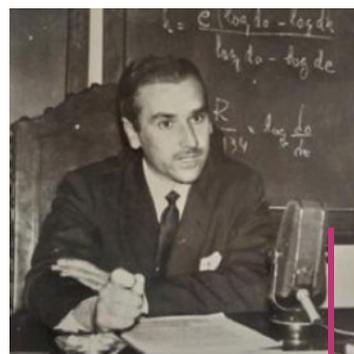
[www.congresodevialidad.org.ar](http://www.congresodevialidad.org.ar)

► RECORDANDO AL

# Ing. Duilio Dante Massaccesi

**“Con una palabra de bellos contornos etimológicos decimos que lo recordamos -esto es, que lo volvemos a pasar por el estuario de nuestro corazón-”,**

JOSÉ ORTEGA Y GASSET



**Ing. Duilio Dante  
Massaccesi**

*En este número rendimos un cálido y sentido homenaje al Ing. Duilio Dante Massaccesi, integrante habitual de la CPA durante varias décadas del siglo pasado. Investigador reconocido en el ámbito de los asfaltos para pavimentación y maestro formador de ingenieros viales, también ha cultivado, a decir de Borges, esa “caudalosa amistad” que lo ha hecho un hombre querido y respetado.*

El Dr. R. Adrián Nosetti rememora la personalidad del Ing. Massaccesi y lo que para él significó: “Como afirmé en el editorial de este boletín, Duilio fue para mí un padre técnico, pero fundamentalmente un amigo que siempre arribaba un consejo. Siempre se brindó con una generosidad inusitada. Su espíritu inquieto lo llevó a tener múltiples actividades: investigador, docente, aviador, pescador, deportista y un gran contador de anécdotas que nos llevarían un libro poder comentarlas; siempre recuerdo la de un avión con tren triciclo que aterrizó en la ruta para ir a buscar unos chorizos caseros de campo”.

“A cada inquietud técnica que le planteaba, me respondía: *‘Dejame ver en casa, porque yo hice un trabajo de investigación sobre ese tema’*. Al otro día aparecía con un montón de documentos, algunos de ellos escritos a máquina por él mismo, de gran valor técnico y didáctico, y cuando terminaba de leerlos se ponía a hablar conmigo y ampliaba mis conocimientos. Acostumbraba a escribir en lápiz, con mucha prolijidad, y luego Adriana, la secretaria del LaPIV de la UNLP de aquella época, pasaba a formato digital sus textos... Sus frases como *‘¡Qué*

*lo faje...!’* (evitando así decir una mala palabra) y su espíritu curioso serán siempre recordados por quienes trabajamos con él, así como la gran persona que fue, con la calidad y calidez de los grandes”.

Armenia Martínez cumplió funciones en la dirección del LEMIT, en La Plata, entre 1988 y 2013. Allí conoció a Duilio. Es, además, una actriz reconocida (sus personajes en las telenovelas “El Elegido” y “Resistiré” han sido ampliamente ponderados). Con su sensibilidad de artista, nos brinda este semblante de nuestro homenajeado: “Yo lo llamaba Ing. Massaccesi. Su nombre de pila, Duilio, lo supe pasados algunos años. Siempre sonriendo, al menos cada vez que nos cruzábamos en alguno de los largos pasillos del laboratorio o cuando venía a la dirección. De charla amable e interesada por el otro. Realmente, mirando a la distancia aquellos momentos compartidos, su imagen crece y se convierte en un gentil hombre. Y su sección, el Laboratorio de Asfaltos, estaba conformada por gente entrañable. Llegar allí significaba ingresar en un ámbito de calidez y buen trato, integrado además por el Dr. Agnusdei, Omar losco, Horacio Osio...”.



**Sus otras pasiones:  
la aeronáutica y la pesca.**

Después de una vasta tarea profesional en el LEMIT de la provincia de Buenos Aires, Duilio brindó asesoramiento al LaPIV (hoy UIDIC) entre 1996 y 2010. El Ing. Lisandro Daguerre, por entonces director del laboratorio vial de la UNLP, ilustra la estampa profesional del Ing. Massaccesi: “Durante años tuvimos la fortuna de contar con su apoyo y su generosidad. Fue un gran formador de todos nosotros y nos supo transmitir su *expertise*, no solo a nivel técnico sino humano. Todos los días, desde la mañana temprano hasta prácticamente finalizar la jornada, nos acompañó durante años. Aprendimos fundamentalmente a asignarle la entidad justa a los diferentes aspectos técnicos que aparecen en las obras viales, tanto a escala de laboratorio, con el diseño y formulación de las mezclas asfálticas en caliente, como en su puesta en obra”.

“En 2005 realizó una asistencia técnica para un camino de gran altura. En la extensión de la mezcla asfáltica existía un serio problema para alcanzar el grado de compactación exigido, del 98% de la densidad

Marshall: se determinaban las densidades *in situ* con sonda nuclear y siempre arrojaban valores por debajo del 95%. Los consultores internacionales no lograban dar con la técnica adecuada. Duilio modificó el proceso de trabajo del tren de equipos de compactación, haciendo ingresar el rodillo neumático en primera instancia y con presión de inflado muy baja (15 lb/pulg<sup>2</sup>); fue una grata sorpresa cuando se logró la densificación requerida, al entrar en una segunda etapa de la compactación con 80lb/pulg<sup>2</sup> de presión de inflado y rodillo metálico final para borrar las huellas. **Esto trajo como aprendizaje que uno no debe atarse a sistemas o dogmas determinados en los procesos constructivos, sino que siempre debe tenerse la apertura mental necesaria para tratar de incorporar nuevas cosas que mejoren los procedimientos. A esta actitud, hoy, la denominaríamos ‘resiliencia’ ...”.**

El Dr. Hugo Bianchetto también aporta un par de viñetas que pintan el semblante de Duilio: “Él ya se estaba jubilando cuando comienzan a utilizarse los



asfaltos modificados con polímeros en el país: tal circunstancia le sirvió de motivación para seguir estudiando, experimentando... Cuando participamos, desde el LaPIV, en la pavimentación de autopistas, vías urbanas y autódromos (La Plata, Olavarría, Mar de Ajó, Salta) con esta tecnología por entonces innovadora en el país, su entusiasmo y su sabiduría fueron también un gran incentivo para nosotros, pues nos sentíamos respaldados”.

“Evoco, además, su meticulosidad para explicar y realizar ensayos de laboratorio y su prédica en favor de las mezclas en frío para pavimentos de bajo tránsito, de las que tenía amplio conocimiento (trabajó con los Ings. Añón Suarez y Nancy Villabona en las primeras emulsiones aniónicas y catiónicas). En lo personal, fue un enorme impulso para llevar adelante mis estudios de doctorado, como les comenté a sus hijos en ocasión de despedirlo; de hecho, todo su acervo tecnológico podría haber alcanzado para escribir más de una tesis”.

Su hijo Gustavo Massaccesi atesora la imagen de padre ejemplar, sin disimular admiración y agradecimiento: “Tenía la virtud de educar en todos los ámbitos de la vida. Sentido común, constancia, perseverancia, trabajo a conciencia, sin dejarse comprometer... En una obra vial que proyectó y dirigió

en Quiroga, un pueblo bonaerense, en el tramo de prueba surgieron problemas con la dosificación por los diferentes tipos de piedra que recibían y por la temperatura de la mezcla que traían de varios kilómetros. En ese contexto, el capataz de la obra, que era realizada por la cooperativa de electricidad y servicios del pueblo, sin la mínima idea de un asfalto... ¡logra una mezcla perfecta! Mi padre le dice: *‘¿Es admirable lo que lograste! ¿Me querés decir qué método usaste?’*. Y el capataz le responde: *‘No se me vaya a enojar, ingeniero, pero al ver que la mezcla no adhería bien, a pesar de que logramos la temperatura justa, le fui agregando materiales hasta que al apretarla con el guante de cuero quedaba una masa amalgamada...’*. Y no se enojó, por supuesto, porque esa gente era fantástica e hizo un enorme esfuerzo para salir del *‘barro’*... Fui varias veces con él; yo era chico, me llevaron a cazar perdices y a conocer la laguna donde iban a desaguar las futuras calles...”.

“Mi viejo admiraba a *‘Lolo’* Añón Suárez. Más que su socio, era como su padre de profesión. Viajar con ellos a las obras era fabuloso, eran muy divertidos y a su vez muy responsables...”.

Duilio partió en 2013. Su amor por la docencia y el profundo sentimiento de pertenencia hacia la Facultad de Ingeniería de la UNLP llevó a que sus familiares depositaran sus cenizas en el predio universitario de 1 y 47.

**Testimonios:** Gustavo Massaccesi, R. Adrián Nosetti, Armenia Martínez, Lisandro Daguerre, Hugo Bianchetto. ◆



Orgullosos de lo que Hacemos

Obra  
RN N°8 - Autopista Pergamino  
Prov. de Buenos Aires

rovellacarranza.com.ar



Es el primer canal de comunicación enfocado exclusivamente a difundir todo lo referente a obras de infraestructura vial, civil, de energía, agua y saneamiento y otras infraestructuras.

Una web enfocada constantemente a informar, innovar y mejorar la cobertura de las noticias sobre el rubro, para llegar a más lectores y seguidores.

[www.carreterasyalgommas.com.py](http://www.carreterasyalgommas.com.py)

**CARRETERAS  
Y ALGO MAS**





COMISIÓN PERMANENTE  
DEL ASFALTO

## ► CONOCIENDO A LA CPA

A PARTIR DE ESTE NÚMERO PRESENTAMOS  
A LOS INTEGRANTES DE NUESTRA COMISIÓN  
DIRECTIVA.



Ing. Fabricio Cattaneo

### Ing. Fabricio Cattaneo

**Soy Fabricio Cattaneo, padre de dos hijos: Lucio y Thiago. Mi compañera de vida es Romina. Soy fanático de Independiente y vivo en la ciudad de La Plata.**

Soy Ingeniero en Construcciones e Ingeniero Civil. Me gradué en la Universidad Nacional de La Plata en el año 1993. Desde entonces, mi actividad laboral se vincula a la ejecución de proyectos y a la construcción de obras de infraestructura.

Realicé una maestría en la Universidad Austral y cursé varias materias en la Escuela de Caminos de la Universidad de Buenos Aires.

Actualmente soy Director de Obras de Rovella, una empresa constructora con actividad en la Argentina y en países limítrofes. Soy el representante de la Cámara Argentina de la Construcción en la Comisión Permanente del Asfalto.

Mi actividad en la comisión se inició hace muchos años, allá por 1999, oportunidad en que se comienza a evaluar en la Argentina la utilización de mezclas asfálticas delgadas en caliente para capas de rodamiento. En particular, en Autopistas del Sol se realizaron importantes experiencias en tramos

del acceso norte a la Ciudad de Buenos Aires, empleando mezclas asfálticas discontinuas con asfaltos modificados, sometidas a un severo tránsito pesado. Por sus características, estas experiencias permitieron extraer conclusiones de carácter referencial, plasmadas en diferentes trabajos técnicos y presentaciones. A raíz de ello, formé parte del equipo de profesionales de la Comisión Permanente del Asfalto que redactó el Pliego de Especificaciones Técnicas de Mezclas en Caliente de Bajo Espesor para Carpetas de Rodamiento entre los años 2008 y 2010.

**Me es muy grato formar parte de la Comisión Permanente del Asfalto. Es un ámbito para compartir experiencias técnicas con un excelente grupo de profesionales, muy valorados y apreciados después de tantos años de trabajo en conjunto. ♦**



# El Asfalto



## COMISIÓN PERMANENTE DEL ASFALTO

(+54 11) 2153 – 2947 / 48  
Av. Paseo Colón 823 - 10° Piso B – C.A.B.A.  
asfalto@cpasfalto.com.ar



[www.cpasfalto.com.ar](http://www.cpasfalto.com.ar)

SEDE PERMANENTE CILA

