



PAOLINI HNOS
50 aniversario

ideas, no teorías





JUNTA EJECUTIVA

Presidente: **Lic. MIGUEL A. SALVIA**

Vicepresidente 1º: **Sr. HUGO R. BADARIOTTI**

Vicepresidente 2º: **Ing. JORGE W. ORDOÑEZ**

Vicepresidente 3º: **Lic. RICARDO REPETTI**

Secretario: **Ing. NICOLÁS M. BERRETTA**

Prosecretario: **Ing. MIGUEL MARCONI**

Tesorero: **Sr. M. ENRIQUE ROMERO**

Protesorero: **Ing. ROBERTO LOREDO**

Director de Actividades Técnicas: **Ing. ALEJANDRO TAGLE**

Director de Relaciones Internacionales: **Ing. MARIO LEIDERMAN**

Director de Difusión: **Ing. GUILLERMO CABANA**

Director de Capacitación: **Sr. NÉSTOR FITTIPALDI**

Director Ejecutivo: **Ing. JORGE LAFAGE**

Director de RRH y Comunicaciones: **Ing. JUAN MORRONE**

STAFF



CARRETERAS

Año LVIII - Número 213

Marzo de 2014

Director Editor Responsable:

LIC. MIGUEL A. SALVIA

Director Técnico:

ING. GUILLERMO CABANA

Diseño y Diagramación:

ILITIA GRUPO CREATIVO

ilitia.com.ar

Impresión:

FERROGRAF

Cooperativa de Trabajo Limitada

www.ferrograf-ctl.com.ar

Boulevard 82 Nro. 535 La Plata.

Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

revista@aacarreteras.org.ar

www.aacarreteras.org.ar

CARRETERAS, revista técnica, impresa en la República Argentina, editada por la Asociación Argentina de Carreteras (sin valor comercial).

Propietario:

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS

CUIT: 30-53368805-1

Registro de la Propiedad Intelectual

(Dirección Nacional del Derecho de

Autor): 519.969

Ejemplar Ley 11.723

Realizada por:

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS

Dirección, redacción y administración:

Paseo Colón 823, 6º y 7º Piso (1063)

Buenos Aires, Argentina.

Tel./fax: 4362-0898 / 1957



PÁG. 10

CONGRESO

XIV CONGRESO INTERNACIONAL DE LA VIALIDAD INVERNAL



PÁG. 28

PRESENTACIONES

SEMINARIOS INTERNACIONALES AIPCR - PIARC

ÍNDICE



Nota Editorial	04
Próximos Eventos	09
XIV Congreso Internacional de la Vialidad Invernal	10
Presentaciones Internacionales de la AAC	21
La Vialidad Invernal en Argentina // Ing. Jorge Maturano	
Presentaciones Seminarios AIPCR - PIARC	28
Julian Lyngcoln	28
Randall Cable	30
La Necesidad de un Plan de Emergencia de Transporte	34
El señalamiento horizontal salva vidas y reduce costos	39
Invitación a proponer obras viales a distinguir en el Día del Camino 2014	40
CLATPU - Llamado a presentación de propuestas	41
Puente La Pedrera	42
Visita técnica a la Obra RN 150 en San Juan	44
Breves	46
Obituarios	48

TRABAJOS TÉCNICOS	51
01. Actualización de soluciones aplicables al diseño y construcción de calles y caminos para bajo volumen de tránsito	53
02. Análisis comparativo de ensayos de rueda cargada en mezclas asfálticas según las NORMAS BS 598 PART 110 Y CEN 12697-22	63
03. Importancia de la hidráulica en el diseño de obras viales	69
04. Criterios de diseño y/o verificación del drenaje de rutas nacionales y carreteras en riberas	92
05. Uso de aditivos orgánicos para incrementar la duración de riegos anti-hielo sobre calzadas pavimentadas	109
DIVULGACIÓN	
01. Historia del diseño de mezclas asfálticas en América del Norte	117
02. Pasadores placa: una innovación impulsada para pavimentos de hormigón en áreas industriales	125



PÁG. 44

VISITA TÉCNICA
A LA OBRA RN 150 EN SAN JUAN



PÁG. 117

DIVULGACIÓN
HISTORIA DEL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN AMÉRICA DEL NORTE



Lic. Miguel A. Salvia

EDITORIAL

CAMINO HACIA EL MUNDO.

UN AÑO DE PRESENCIA INTERNACIONAL.

Este número de nuestra Revista Carreteras marca el inicio de las actividades del año 2014, que esperamos sea un año de **continuación y profundización del proceso de desarrollo de un sistema de transporte integrado**, que demostró ser una condición necesaria para el mantenimiento de un crecimiento sostenido de la economía.

Estamos convencidos de que **a largo plazo la Argentina deberá ir modificando su matriz de transportes**, con la incorporación de una mayor participación, tanto del modo ferroviario como del fluvial, y fundamentalmente a partir de una búsqueda de los operadores y la orientación del Estado hacia una intermodalidad entre los diferentes sistemas. Una condición necesaria es que cada uno de los modos de transporte sea eficiente en sí mismo, para que la combinación entre todos ellos tenga un valor agregado importante para el sistema integral.

Pero esta visión de mediano y largo plazo no debe confundir sobre el presente, dado que hoy -y seguramente por muchos años más- el modo carretero de transporte, tanto de pasajeros como de carga, será el núcleo central de todo el sistema, y por lo tanto **requerirá inversiones permanentes en operación como en infraestructura**.

En los últimos números de Carreteras hemos dado una visión de las tendencias mundiales en este aspecto, donde el modo central es el transporte carretero, aun en países y regiones con importantes desarrollos ferroviarios y fluviales. Esta visión global también nos muestra, que prácticamente **todos los países del**

mundo, incluyendo obviamente a los de nuestra región, **han encarado importantes acciones de desarrollo, mejora y actualización de su infraestructura vial, tanto en la interurbana, como en la rural**, especialmente en un aspecto acuñante como es la infraestructura urbana en apoyo a la movilidad de la población. Aun en países con redes consolidadas se observa este fenómeno. Y en regiones como Europa Occidental, donde por las políticas de ajuste se resintió la inversión en caminos, aun con umbrales de desarrollo altos, se observan reclamos cada vez más fuertes de los sectores productivos, y también la aparición de planes para superar las contingencias del ajuste fiscal.

Es que ha quedado demostrado que naciones que achicaron la brecha en inversiones de infraestructura -con respecto a los países altamente desarrollados-, han generado un importante crecimiento en sus economías. Como ejemplo, se destacan los países asiáticos, que han basado una parte importante de su desarrollo en generar infraestructura racionalmente elegida, ejecutada con premura y puesta al servicio de la economía, integrando la infraestructura y operación del transporte con el resto de los sectores económicos.

Pero no solo resulta importante el desarrollo de autopistas, rutas y calles para el transporte de mercancías, sino que ello también adquiere nueva relevancia en el transporte de personas. En nuestra región, como en muchos países del mundo, la población ha elegido el vehículo individual o el transporte carretero colectivo para realizar sus desplazamientos de trabajo, turismo o relaciones sociales.

Este aspecto es muy importante en nuestro país, donde casi se ha duplicado el parque automotor en estos últimos diez años, lo que implica un requerimiento mayor de infraestructura tanto rural como urbana, bajo el riesgo de generar pérdidas de magnitud, por congestión, accidentes, etc., que valuados integralmente generan un enorme prejuicio para de la economía nacional.

Tal como hemos remarcado en muchas oportunidades, el sector de la operación y construcción de infraestructura viales no es una isla ajena a lo que pasa en el marco general de la Nación, pero esta referencia que observamos en el resto del mundo, y aun en nuestra región, nos debería llamar la atención sobre cuál es el camino que no debemos abandonar y, por el contrario, reforzar.

Sabemos que la Argentina está haciendo un esfuerzo importante por proteger sus reservas monetarias y acceder a los mercados internacionales de capital, como una forma de poder apalancar los proyectos de todo tipo que el país necesita. Acompañamos todas las medidas orientadas a esos objetivos, pero un aspecto trascendente es no volver a los objetivos de ajustes fiscales del pasado, que hacían caer las economías necesarias de los presupuestos públicos en la inversión que desarrolla el Estado, especialmente en un sector como el vial, donde la gran mayoría del financiamiento proviene del sector público nacional o provincial.

Ello nos impone no solo mantener los niveles de inversión de los últimos años, sino también tender a la búsqueda de es-

quemas que permitan el financiamiento de las inversiones necesarias que deben apuntar a los objetivos mencionados.

La Argentina ha desarrollado métodos de contratación que hoy son emulados en muchas partes del mundo. El sistema **C.Re.MA.**, desarrollado por nuestro país, hoy es motivo de análisis e incluso mejoras en muchos países, que lo ven como una solución posible para asignar responsables para cada tramo del camino y mantenimientos preventivos de la red.

También el sistema de concesión de grandes extensiones de caminos, desarrollado por Argentina y mejorado en otros países, nos permite contar con la experiencia y autocrítica de los errores cometidos, de un sistema que conceptualmente puede resolver parte del financiamiento, permitiendo al Estado dedicar sus fondos a otros sectores de la red. Llevamos cuatro generaciones de contratos de concesión y en ellos hemos aprendido cómo necesitamos un balance de riesgos entre las empresas y el Estado, de forma tal de encarar un proyecto común como es la concesión.

Y así seguramente encontraremos muchos aspectos de la planificación, programación, desarrollo de proyectos y construcción, de los cuales hemos sido ejemplo y sobre los que también podemos tomar en forma positiva las experiencias de todo el mundo y especialmente de nuestra región.

Es decir, nos falta reafirmar esta política de inversión pública y privada, encontrar la forma y comprometernos todos los

componentes del sector vial y del transporte carretero a apoyar activamente los mecanismos para no detener el proceso de inversión creciente de los últimos años.

En ese sentido, planificar un país integrado vialmente, con políticas nacionales y provinciales con los mismos objetivos, nos permitirá avanzar. Definir los objetivos de mantenimiento integral de la red, con alguno de los mecanismos mencionados u otros, pero que aseguren responsables de cada tramo, es una prioridad. Junto a ella, la necesidad -de una vez por todas- de encarar un control de cargas inteligente, integral y que alcance toda la red, como una forma de preservar el patrimonio heredado y construido en estos años.

Paralelamente a ello, la necesidad de encarar los problemas de capacidad de nuestras rutas, con las modificaciones, que la inteligencia e imaginación de nuestros ingenieros determine; los problemas de inseguridad vial de la infraestructura; la necesidad de mejoras en la elaboración de proyectos que adelanten los tiempos de ejecución de las obras desde el momento de su decisión a su concreción.

Ello implica no solo planificar, sino también generar un banco de proyectos de calidad que minimice las eventuales modificaciones en la ejecución, mecanismos de programación y una actualización de nuestras normas y especificaciones de contratación e inspección de obras.





Es un momento para buscar en nuestras prácticas y en la experiencia internacional - con la claridad del objetivo de desarrollo- los mecanismos que nos permitan acelerar esta profundización de la inversión en infraestructura requerida.

Ésta es una de las razones del esfuerzo de la Asociación Argentina de Carreteras por acercarse a las organizaciones internacionales y a sus comités, fomentando la participación de profesionales de los sectores público y privado, de forma tal de poder captar la experiencia existente y seleccionar lo que nos permita sacar mayor provecho como Nación, con el objetivo de reducir la brecha en infraestructura respecto de las naciones más desarrolladas.

No solo compartimos experiencias valiosas como nuestros **Congresos de Vialidad y Tránsito**, sino que también desarrollamos seminarios, conferencias nacionales e internacionales, y todos los mecanismos que nos permitan una actualización y transferencia tecnológica en pos de las necesidades del país.

Y este esfuerzo lo haremos en conjunto con las instituciones del sector, que están convencidas de que, así como es necesaria una profundización de la política de inversión, es igualmente necesaria una actualización tecnológica en todos los campos multidisciplinarios en que se desarrolla esa inversión.

Ello permitirá mejorar la calidad y selección de la inversión, así como también los tiempos de ejecución de las decisiones del poder político.

Debemos, además, realizar un esfuerzo

en mejorar las infraestructuras existentes y las que se ejecuten, con criterios que valoricen las necesarias mejoras en la seguridad vial de la infraestructura, de forma tal de no generar accidentes ni profundizar los daños.

El análisis de las buenas y erróneas prácticas en los diferentes proyectos de la red, junto con una auditoría de seguridad vial previa a la ejecución de los proyectos, nos permitirá una mejora paulatina en ese aspecto. No se trata de protestar por algunas fallas de la infraestructura sino, en la medida en que nuestro convencimiento sea real, estudiar cada tramo de la red, y proponer concretamente las medidas para modificar una red que en su gran mayoría fue pensada con criterios anteriores a los de la década del '80 y que, por lo tanto, no tiene incorporados algunos aspectos de seguridad vial que en el mundo desarrollado se han ido incorporando paulatinamente.

Los organismos públicos y las entidades privadas podemos generar un mecanismo de interrelación, como para encarar silenciosamente una mejora estratégica de la red en este aspecto.

Ello también abarcaría la necesidad de modernizar algunas normas de diseño, seguridad en obras, normas de inspección, y especificaciones constructivas, adaptando las mismas a la experiencia y nuevo equipamiento existente en el mercado.

Esta edición de la Revista Carreteras avanza en esa línea con diferentes artículos técnicos, la presencia argentina en el **Congreso Mundial de Vialidad Inver-**

nal y la programación de un conjunto de seminarios a desarrollar en este año.

Además, la Revista presenta reseñas de las exposiciones brindadas por especialistas en ocasión de seminarios internacionales de los que participaron representantes de la Asociación Argentina de Carreteras, por ejemplo el XIV Congreso Internacional de la Vialidad Invernal, y diversos eventos técnicos de carácter mundial.

Asimismo, se muestran noticias de interés para el sector vial y una invitación especial a proponer obras viales a distinguir en el **"Día del Camino"**.

La habitual Sesión Técnica contiene estudios novedosos y otros trabajos de divulgación, que sin duda despertarán el interés de nuestros lectores.

Este primer número del año de **nuestra Revista aspira, junto a las demás actividades de la Asociación, a generar una discusión fecunda que nos encolumne en pos de una inversión creciente y un conjunto de mejoras tecnológicas que no pueden esperar si aspiramos a tener un sistema de transporte a favor de las actividades productivas de nuestra población**. Esperamos que el correr del año ahonde el desarrollo de todo lo expresado en este número.

Un nuevo año es la ocasión propicia para emprender nuevas actividades y proyectos. La Asociación Argentina de Carreteras les desea a todos nuestros asociados el mayor de los éxitos. ♦

Construyendo Argentina



JCR S.A.

Sede central
Córdoba 300 cp 3400-Corrientes-Argentina
Te +54 3794-478100

Oficinas en Buenos Aires
Florida 547 p 16 Cp1005 Bs.As-Argentina
Te +54 11 4393-1814/1819

www.jcrolats.com.ar



**PETROQUÍMICA
PANAMERICANA S.A.**

PLANTA FABRICACIÓN ZÁRATE:
FABRICACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS Y DILUIDOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO PARA
PAVIMENTOS URBANOS Y SUBURBANOS
VENTA Y ENTREGA EN OBRA DE ASFALTOS Y FUEL-OIL

TEL. FIJOS : (011) 4747-2358 / 4732-0393
CELULARES: (011) 15-3909-6097 / 6494-4700 / 4143-2034
PARQUE INDUSTRIAL ZARATE - Pcia. de Buenos Aires
porelbuencamino@sion.com



San Martín 1137 Piso 1 C1004AAW
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
República Argentina

T: (54 11) 4576.7695 / 7690

F: (54 11) 4576.7699

www.icpa.org.ar



SGS
GESTIÓN DE LA CALIDAD
ISO 9001:2008



SGA
GESTIÓN AMBIENTAL
ISO 14001:2004



Los Sistemas de Gestión de la Calidad y Ambiental del ICPA han sido certificados según las normas IRAM-ISO 9001:2008 y 14001:2004.



Próximos Eventos

2014

**Congreso Mundial de Túneles.
40° Asamblea General de la ITA.**

9 al 15 de mayo

Cataratas del Iguazú, Brasil.

www.wtc2014.com.br

**Foro SAIT - AAC sobre Movilidad Sustentable.
Desafío del Crecimiento Metropolitano.**

14 y 15 de mayo

Universidad de La Matanza, San Justo,

Buenos Aires Argentina.

www.aacarreteras.org.ar

info@tradeshowsa.com.ar

**Congreso Mundial del Automóvil,
Seguridad Vial y Movilidad Urbana.**

2 al 6 de junio

Maastricht, Holanda.

www.fisita2014.com

**IV CISEV - Congreso
Iberoamericano de Seguridad Vial.**

2 al 6 de junio

México.

www.institutoivia.org

**XVIII Congreso Panamericano
de Ingeniería de Tránsito,
Transporte y Logística.**

11 al 13 de junio

Santander, España.

www.panam2014.unican.es

**Expologisti-k . 11° Exposición de
Equipamiento para la Logística.**

12 de julio al 14 de agosto

Buenos Aires, Argentina.

www.expologisti-k.com.ar

21° Congreso Internacional de ITS.

7 al 11 de septiembre

Detroit, EE.UU.

www.itsa.org

ITE 2014

**Instituto de Ingenieros de Transporte
Conferencia Anual y Exposición.**

10 al 13 de agosto.

Seattle, Washington, EE.UU.

www.ite.org



**4° Congreso Regional
Latinoamericano de la IRF.**

8 al 10 de septiembre.

Lima DC, Perú.

www.irf.net

**12° Simposio Internacional sobre
Pavimentos de Concreto.**

23 al 26 de septiembre

Praga, Republica Checa

Info@eupave.eu

www.concreteroads2014.org

Seminario Transporte por Carreteras.

6 y 7 de octubre

Buenos Aires, Argentina.

www.aacarreteras.org.ar

**Seminario de Seguridad Vial
e Infraestructura.**

7 y 8 de octubre

Buenos Aires, Argentina.

www.aacarreteras.org.ar

**XVIII CLAPTU. Congreso Latinoameri-
cano de Transporte Público.**

20 al 24 de octubre

Rosario, Santa Fe, Argentina.

www.clatpu.org

**Seminario Ejecutivo, contratos
basados en el desempeño.**

Grupos de Trabajo y Visitas Técnicas.

19 al 29 de octubre

Orlando, Florida, EE.UU.

www.irfnews.org

2015

XXV Congreso Mundial de la Carretera

2 al 6 de noviembre

Seúl, República de Corea.

www.piarc.org

2018

**XV Congreso Mundial de Vialidad
Invernal**

Gdansk, Polonia.

www.piarc.org



XIV CONGRESO INTERNACIONAL DE LA VIALIDAD INVERNAL

Entre el 4 y el 7 de febrero, en el Principado de Andorra la Vella, corazón de la cordillera de Los Pirineos, entre Francia y España, se desarrolló el “XIV Congreso Internacional de la Vialidad Invernal”.

Bajo el lema “**Reconciliar la Seguridad Vial y el Desarrollo Sustentable en un Contexto de Cambio Climático y Limitaciones Presupuestarias**”, contó con la participación de profesionales de los cinco continentes, que expusieron sus más recientes experiencias, considerando especialmente el impacto del cambio climático en severos escenarios invernales.

La delegación argentina presentó diversos trabajos, dos de los cuales se muestran en la presente edición.

Cabe, asimismo, destacar que el **Lic. Miguel Salvia**, Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras, coordinó el panel correspondiente a Gestión de Carreteras en Condiciones Invernales, en el que expusieron representantes de Andorra, Austria e Italia, desarrollándose, tras las presentaciones, un interesante debate sobre los temas expuestos.

En el marco de este Congreso se realizaron varias visitas técnicas. Una de las más interesantes fue la programada al **Túnel de Envalira, que está situado a 2.050 metros sobre el nivel del mar y es el de mayor altitud de Europa**. El túnel tiene una longitud de 2.879 metros, con una carretera de doble calzada. Permite una comunicación más directa y segura entre Andorra y Francia. También se pudo apreciar el comportamiento de equipos barrenieve de última generación, que compitieron en el despeje de rutas próximas a la sede.

El acto de clausura del exitoso **XIV Congreso de la Vialidad Invernal** dio lugar a la presentación del **XV Congreso**, a desarrollarse en la **Ciudad de Gdansk, Polonia, en 2018**.

El Ministro de Economía y Territorio de Andorra, **Jordi Alcobé**, y el Presidente de la AIPCR-PIARC, **Oscar de Buen Richkarday**, tuvieron a su cargo los discursos de inauguración y clausura del Congreso.

La sesión plenaria del Congreso ha contado con la participación del ministro de Economía y Territorio de Andorra, **Jordi Alcobé**; la Ministra de Fomento de España, **Ana Pastor**; el Viceministro de Transporte de Corea del Sur, **Hyung Koo Yeo**; la Directora de Infraestructuras y Tecnologías de Quebec, **Anne-Marie Leclerc**; el Director de Conservación de Carreteras de Finlandia, **Jukka Karjalainen**; el Director de Infraestructuras de Transporte de Francia, **Christophe Saintillan**; y el Consejero Especial del Ministro de la Ordenación del Territorio de Japón, **Shigeru Kikukawa**.



Las autoridades andorranas y el presidente de la AIPCR, **Oscar de Buen**, han sido los encargados de inaugurar el **XIV Congreso Internacional de Vialidad Invernal - Andorra 2014** y de dar la bienvenida a los más de **1.200 congresistas que participaron en el evento**.

Vialidad invernal y cambio climático, y todas las preguntas que pueda generar

una proyección de lo que será la gestión de los equipos y los consumos de fundentes establecidos a partir de un modelo estadístico.

Cada presentación oral fue acompañada de una presentación en póster en la que los intercambios de opiniones y las charlas ocuparon un lugar privilegiado. El tema **“Vialidad Invernal y Cambio Climático”** favoreció en gran medida estos intercambios.

[illegible]

» Tema 2

La vialidad invernal en un contexto de contención presupuestaria



La crisis económica afecta a diversos países pero la demanda de desplazamientos no disminuye. Por lo tanto, **hay que adaptar la vialidad invernal a presupuestos reducidos**. Se expusieron y debatieron los impactos sobre la capacitación, los cambios en los equipamientos y, en especial, la modularidad de dichos equipamientos y las soluciones que se pueden adoptar. El cambio climático sigue siendo un tema poco explorado. Sin embargo, es una preocupación a corto plazo -o hasta inmediato-, y ha generado un número importante de discusiones.

Doce autores se han interesado en el tema y han descrito las reacciones y los medios utilizados para hacer frente a la conjunción de inviernos muy duros y la reducción de presupuestos.

En el caso de Islandia, se tradujo en una reducción de la eficacia y la calidad del servicio a corto plazo y motivó un análisis completo de la organización con tal de optimizarla, ya que el objetivo es volver al nivel inicial con menos recursos.

Japón y el Reino Unido se han planteado el tema buscando una justificación económica a la vialidad invernal mediante la incidencia sobre el volumen del tránsito, su velocidad y su densidad, lo que se traduce en el conjunto de tiempo de recorrido y en costos inducidos: una manera de justificar la necesidad de mantener un presupuesto.



Controlar los materiales, una manera básica de ahorrar fundentes.

La optimización de los tratamientos formó parte del abanico de soluciones expuestas. Se trata de definir estrategias rigurosas, utilizar los productos adecuados y reducir gastos.

A menudo se hizo referencia a la utilización de la salmuera, pero también -se destacó- tiene que haber una mejor previsión del estado de las carreteras. Ya se han expuesto algunos modelos cada vez más eficientes. Parece legítimo debatir el interés que representa invertir en algunos dispositivos como pueden ser las estaciones meteorológicas de carreteras. Los representantes alemanes aportaron una respuesta muy documentada al respecto.

Es evidente que el equilibrio global tiene que considerar la accidentología y los costos que genera. Corea ha desarrollado un análisis sobre las vías rápidas durante los episodios invernales.

La Dirección de Carreteras en Francia planteó que cuando se multiplican por dos los consumos de sal sin que las condiciones invernales sean más duras, nos podemos preguntar si la cuestión de la capacitación y las consignas rígidas son las responsables.

También se tiene que reflexionar sobre las contrataciones de empresas, como ha sido el caso de la República Checa.

Por otro lado, se propusieron respuestas a largo plazo, como la selección de las técnicas de superficies especiales que combinan unas buenas propiedades de adherencia con cualidades mecánicas y la posibilidad de aplicarlas eficientemente.

Las estrategias de iluminación de los túneles, que pueden dar respuesta a las preocupaciones de contención presupuestaria sin menospreciar las condiciones de seguridad, fue otro de los tópicos considerados.

» Tema 3

Los episodios extremos

Se trataron las dificultades relacionadas con **fenómenos meteorológicos anormalmente intensos o largos**, y que cuestan sobrellevar con una organización habitual.

Algunos episodios invernales son tan intensos que centenares de usuarios se quedan bloqueados en las autopistas y comunidades enteras -o incluso países- quedan aislados. Durante estos episodios extremos, las organizaciones habituales no son suficientemente eficaces.

Algunos estudios de casos que describieron estos episodios **permitieron analizar las organizaciones específicas y la gestión y la cooperación entre las autoridades de carreteras y otros organismos.**

Las ponencias expuestas integran opciones que se han tenido que tomar para afrontar la escasez de recursos durante episodios extremos de larga duración, como la gestión de las reservas estratégicas de sal, los límites respecto a la mano de obra, la fiabilidad de los equipos, y los acuerdos en materia de ayuda procedentes de otras fuentes.

Se trataron los planes de comunicación concebidos para los usuarios de las carreteras y las estrategias de gestión para vehículos pesados y comerciales, para los de uso privado, y para los vehículos de intervención urgente.

Se debatió la noción de episodio extremo y una explicación más específica. **¿Qué se entiende por extremo, duro, riguroso, inhabitual, etc.?** Se tienen que diferenciar y distinguir claramente los episodios comunes o habituales como la lluvia, la nieve o el viento, de las versiones más extremas o poco frecuentes como las tormentas, los huracanes o los tornados de nieve, que pueden tener un impacto muy fuerte sobre los transportes. Un trabajo finlandés desarrolló estos conceptos. En tanto que un especialista británico analizó y expuso un ejemplo de las consecuencias del cambio climático.

A menudo, el cambio climático se traduce en episodios meteorológicos extremos. **Entre 2008 y 2011, el Reino Unido sufrió tres inviernos difíciles**, con fuertes caídas de nieve, que causaron perturbaciones importantes en el tránsito y el abastecimiento de fundentes de carretera. Sin embargo, enfrentarse a la adversidad también tiene impactos positivos y puede llevar a reflexionar para mejorar las organizaciones y las prácticas.

La gestión de las carreteras de montaña, y en especial de los aludes, puede obligar a cerrar algunos tramos de ruta. Como ejemplo de gestión de puerto se presentó el caso de la E136, en Noruega.



Extracto del « Crisis Managment Manual ».

Si bien las barreras de seguridad permiten a los vehículos no chocar con obstáculos o salirse de la carretera, pueden convertirse en una limitación en invierno, ya que la nieve se puede acumular considerablemente.

Especialistas rusos y un argentino han hecho un análisis detallado del fenómeno de ablación o de acumulación y propusieron disposiciones constructivas y soluciones ante situaciones de este tipo.

Muchos países se han tenido que enfrentar en los últimos años con caídas de nieve importantes y eso ha llevado a definir nuevas reglas.

Profesionales alemanes trataron especialmente la gestión de los stocks de sal.

Frecuentemente, el usuario se encuentra en primera línea cuando pasan estos episodios extremos. En diciembre de 2010, un centenar de automovilistas quedaron atrapados en la M8, en Escocia. A raíz de esta situación, nació una nueva manera de organizar la información viaria en ese país.

El invierno también es un agravante del estado de la calzada, sea a nivel superficial o estructural. Es evidente que la intensidad de los episodios tiene una influencia trascendente sobre la importancia de las degradaciones. Se han propuesto diversos análisis sobre el tema.

Se presentó un estudio de caso, que proponen dos organizaciones diferentes, para hacer frente a un mismo problema. Esta aproximación es interesante porque tiene en cuenta las expectativas de los usuarios en caso de tormentas importantes.

» Tema 4

Gestión de la vialidad invernal

Este tema fue tratado como una **actualización de la amplia gama de actividades relacionadas con la gestión de la vialidad invernal**. Se ha hecho un análisis de los niveles de servicio y de la relación entre las estrategias operacionales sobre movilidad, como por ejemplo, los índices de accidentes, el tipo, la gravedad, así como la fiabilidad de los tiempos de recorrido y una actualización de las innovaciones, las tecnologías e informaciones para la adopción de decisiones sobre la meteorología y los boletines específicos, los sistemas de información de la meteorología de carreteras y la futura generación de sistemas de ayuda a la decisión.

También se trataron las medidas adaptadas para los usuarios vulnerables de la vía, como ciclistas, peatones, minusválidos o personas con movilidad reducida.

La climatología y la definición de índices invernales son preocupaciones actuales ya que los inviernos fluctúan considerablemente y se tienen que desarrollar herramientas que permitan compararlos.

El representante de Lituania expuso un trabajo sobre índices invernales y temas vinculados.

La ciudad de Sapporo, en Japón, tiene, desde 1991, un plan de nevadas que se ha ido actualizando. Los últimos ajustes incluyen, entre otras cuestiones, la participación de los ciudadanos y definen las funciones especiales. Han definido objetivos cuantificados e indicadores que brindan alertas ante situaciones críticas.

La representación de Finlandia presentó el sistema utilizado por su Administración de Carreteras, que dispone del seguimiento en tiempo real y permite visualizar las informaciones en Internet, especialmente dirigido a los usuarios. En un futuro, se podrá utilizar este tipo de soporte para la gestión de la

satisfacción de los clientes. Otro estudio presentó el objetivo de calidad, y los tres tipos de contratos que ponen en juego niveles de dificultad en aumento: el básico, el complejo y el muy complejo.

La gestión de la vialidad invernal también implica la gestión de los stocks de fundentes de carretera. Los episodios de estos últimos años han conducido al Instituto de Investigación Federal de Alemania a desarrollar un modelo de consumo previsible de sal, a partir de los datos de las estaciones meteorológicas de carreteras implantadas en la red y las previsiones meteorológicas.

El objetivo de la vialidad invernal es, sin duda, mantener el flujo de tránsito, pero también garantizar la seguridad de los usuarios. Finlandia ha llevado a cabo un análisis de la accidentología en invierno en relación con los niveles de servicio, y Corea también propone un análisis sobre esta problemática. El usuario de la ruta muestra siempre interés en conocer las condiciones de conducción relacionadas con la adherencia. En el marco del Congreso, se presentaron soluciones, métodos y equipamientos que permiten hacer un balance de las intervenciones o decidir el tipo y el lugar de intervención.

De manera intuitiva, **todos pensamos que la calidad de los neumáticos tiene un papel fundamental en la capacidad de tránsito de los vehículos pesados.** Un equipo noruego presentó un estudio que muestra que la dureza del caucho y la medida de los grabados son importantes en el tránsito invernal.

Los peatones y ciclistas forman parte importante de las preocupaciones de los administradores de carreteras. Una presentación de autoridades canadienses expuso el caso de Quebec. En la ciudad de Quebec, Canadá, se han hecho muchos esfuerzos en este sentido, sobre todo en lo relacionado con aceras y bicisendas, para asegurar la circulación de ciclistas en vías con nieve.

También este tema abarcó todo lo que se refiere al uso de fundentes de carreteras, la adquisición, el almacenamiento, las estrategias y el tipo de intervención (preventiva, curativa, salmuera), así como la determinación de las cantidades residuales que permiten optimizar la distribución de sal.

Además, se habló de las **estrategias para retirar la nieve**, las decisiones tomadas, como también del dimensionamiento de los equipamientos.



En Escocia, condiciones a veces difíciles.

Se discutió que aún se requieren evidencias para demostrar, por ejemplo, el efecto del tránsito sobre la transformación del hielo. Dinamarca presentó un estudio que utiliza un simulador de tránsito para poder cuantificar este efecto. Aparecen modelos más o menos complejos que integran muchos datos: el historial de las intervenciones, el tránsito, los datos meteorológicos, el estado de la calzada, y que se utilizan para hacer previsiones de la evolución de las superficies de carreteras, de intervención, etc. Estos modelos también pueden aplicarse al tránsito y su evolución en función de las condiciones meteorológicas.

Noruega dio a conocer un trabajo donde se muestra que, a veces, un accidente puede contribuir a definir nuevas reglas y proveer informaciones a los usuarios, como la velocidad y la dirección del viento, la visibilidad y la adherencia. El planteamiento en materia de accidentología puede hacerse de manera diferente definiendo, por ejemplo, una noción de índice de riesgo relativo (IRR) para entender el efecto de las condiciones climatológicas desfavorables sobre el riesgo de accidente comparado con las condiciones habituales.



Permitir la circulación de bicicletas en Quebec.

Hacer vialidad invernal exige unas competencias y una validación permanente de los conocimientos. Las administraciones noruegas y suecas de la carretera han establecido procedimientos de calificación del personal enmarcados en un contexto europeo.

» Tema 5

Aproximaciones operacionales, equipos y materiales

En esta sesión se hizo hincapié en las **técnicas utilizadas, el desarrollo del material y de los fundentes que se utilizan dentro del marco de la vialidad invernal**. Se habló de la evolución de los equipos, de las tecnologías y los productos para luchar contra la nieve y el hielo. Las presentaciones trataron las propiedades, los resultados, el análisis del ciclo de vida, los impactos sobre el medio ambiente y la sostenibilidad de las aproximaciones operacionales del servicio invernal, así como los equipos y los materiales utilizados. Se señaló la evolución de las técnicas para eliminar la nieve y el hielo, resaltando el raspado, el material de dispersión de los fundentes de carretera y los abrasivos utilizados por los servicios invernales.

Ya existen planteos alternativos a los métodos tradicionales. La ponencia presentada trató también el control de las acumulaciones de nieve o el modelado del terreno, la detección y la protección de los aludes así como el uso de fuentes de energía geotérmica.

Se expuso que, teóricamente, son pocas las cantidades de fundentes que se han de repartir por las carreteras. Respecto de la nieve, se trata de fundir lo poco que queda en la carretera después del raspado. Respecto del hielo, muchas intervenciones se hacen de manera preventiva y cada vez más utilizando salmuera o una mezcla.



Control de la dispersión transversal (Francia).



Sección de prueba en Japón, con el objetivo de mejorar el comportamiento ante el hielo.

Esto significa, al fin y al cabo, que se tiene que repartir el fundente de manera más uniforme en la calzada; algunos gramos o decenas de gramos desde un vehículo que circula a más de cincuenta kilómetros por hora.

Optimizar el material y la dispersión, determinar las cantidades distribuidas y controlar el resultado siguen siendo componentes fundamentales de la vialidad invernal.

Estos puntos han motivado muchos estudios y en Europa se está trabajando en la normalización. Dinamarca propuso dos trabajos, y uno de ellos presenta pruebas in situ. Francia ha desarrollado herramientas (Odémie) y métodos que permiten controlar la dispersión transversal o longitudinal. Pero la apreciación del operador puede, también, generar prácticas abusivas. Alemania dio a conocer que se han realizado pruebas para analizar el diferencial que puede existir para evaluar una situación meteorológica en la carretera. La idea de utilizar revestimientos con propiedades anticongelantes existe desde hace tiempo pero aún no ha tenido ningún resultado concluyente. Las investigaciones continúan tanto para las superficies de carretera como para las superficies para peatones o ciclistas. En Japón, Andorra y muchos otros países, estas pistas se continúan explorando.

Caracterizar un resultado o utilizar informaciones para decidir si se ha de intervenir, o no, se ha convertido en una necesidad, y una de las soluciones es medir la adherencia. Esto es válido para las calzadas pero también para las bicisendas. Muchos trabajos presentados trataron estos temas. El medio ambiente es una preocupación importante y varios estudios presentados proponen nuevas visiones interesantes sobre, por ejemplo, sistemas de filtración de los cloruros dentro de los embalses. También se trata de entender cómo los iones migran hacia los suelos. Francia efectuó presentaciones sobre este tema.

Periódicamente, salen nuevos productos ecocompatibles que se presentan durante los congresos. El de Andorra no ha sido una excepción y permitió descubrir novedades, composición de materiales y otros temas de interés. Una presentación japonesa planteó algunos métodos alternativos y el uso de la energía geotérmica forma parte de ellos. Se pueden utilizar dentro de los sistemas de fusión de la nieve, un uso que puede calentar directamente la calzada. Alemania hizo una presentación detallada de los sistemas de calefacción y de sus límites. Japón se planteó el mismo tipo de inquietudes, en especial para sustituir algunos sistemas de calefacción eléctrica por geotermia después del accidente de Fukushima, que limitó el abastecimiento.

Se expusieron una multitud de métodos que utilizan captadores de varios tipos para facilitar las decisiones de los administradores de carreteras, sea en tiempo real o para caracterizar los itinerarios o las situaciones (cartografía térmica). Se trató de técnicas invasivas, o no, de equipos fijos o a bordo, que utilizan técnicas muy diversas, ópticas (infrarrojos, espectroscopia, acústicas, etc.), de contactos físicos y químicos, etc. Se debatieron muchas opiniones que fueron profundizadas durante las sesiones de posters.

Gestionar el problema de los aludes y las acumulaciones de nieve es una preocupación importante para los administradores de las redes de montaña. Se puede destacar una ponencia andorrana que hizo un balance de treinta años de experiencia. Fueron analizados sistemas de modelado y previsión de los aludes desarrollados en diversos países, generando un fructífero intercambio de experiencias.

» Tema 6

El usuario en condiciones invernales

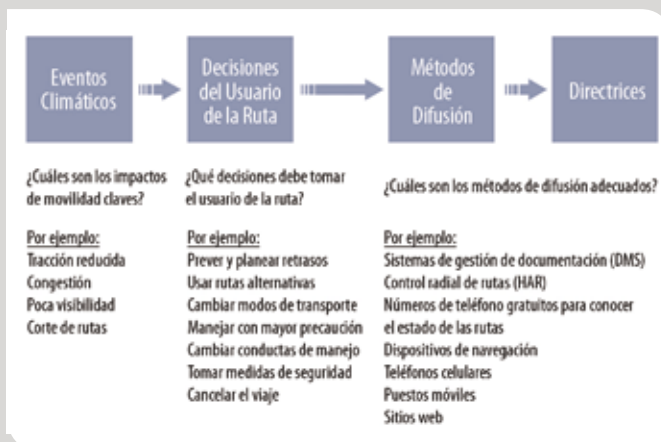
En esta sesión **se destacó que el usuario de la carretera es un interlocutor importante para el éxito de la vialidad invernal.** Las necesidades de los usuarios de la carretera en invierno varían según el tipo de viaje que hacen (viaje personal, comercial, transporte de mercancías o vehículos pesados, respuesta a situaciones de emergencia, etc.). En consecuencia, se planteó **¿cómo asimilar estas necesidades para poner en marcha planes de gestión adecuados y comunicarlos de la mejor manera?** Como ejemplo, los teléfonos inteligentes, aplicaciones especiales, sistemas de comunicación a bordo y programas de

comunicación social resultan medios viables para comunicar a los usuarios situaciones invernales críticas. A la inversa, el usuario puede, con los mismos métodos, aportar informaciones muy útiles a las autoridades viarias.

Los vehículos han evolucionado y disponen de muchos sistemas de asistencia de conducción, dispositivos de seguridad y sistemas para comunicarse con los responsables de las carreteras. ¿De qué manera estos progresos han contribuido a la movilidad invernal y cómo se puede beneficiar la gestión de la

viabilidad invernal? También se analizaron los equipamientos especiales individualizados y las estrategias de comunicación para los vehículos y los usuarios vulnerables (peatones, ciclistas, personas con movilidad reducida). Se debatió intensamente este tema. Disponer de información sobre las condiciones de conducción y de tránsito es indispensable para el usuario. Japón dispone de una página web llamada « **Drive traffic** », que informa sobre la meteorología y el tránsito por un itinerario completo. El estudio propone hacer un balance del interés que tiene este sitio web.

En Estados Unidos se reflexionó sobre el formato de la información que se tiene que transmitir a los usuarios. De aquí salió una guía dedicada a los administradores, que les permite adaptar la forma de los mensajes, su contenido, su frecuencia, etc., en función de las condiciones invernales. La aplicación de esta guía dio pie a un seguimiento especialmente a nivel de la pertinencia y la comprensión de los mensajes para los usuarios. Finalmente, teniendo en cuenta las sugerencias, se modificó la guía.



Procedimiento para la elaboración de una guía de información de los usuarios en Estados Unidos.

Todos los administradores de carreteras saben que la conjunción de los vehículos pesados con las pendientes y la nieve conforman dificultades e incluso bloqueos. Sin embargo, no se dispone de muchos elementos objetivos para calificar cada uno de los componentes.

Noruega realizó un análisis de los factores que afectan la capacidad de los vehículos pesados para circular. Las conclusiones son especialmente interesantes y permiten asociar capacidades de circulación diferentes según el tipo de configuración.

Todos los administradores de carreteras saben que la conjunción de los vehículos pesados con las pendientes y la nieve conforman dificultades e incluso bloqueos. Sin embargo, no se dispone de muchos elementos objetivos para calificar cada uno de los componentes.



Reto del mejor trepador (en carretera nevada). ¿El camión A o B?

Noruega realizó un análisis de los factores que afectan la capacidad de los vehículos pesados para circular. Las conclusiones son especialmente interesantes y permiten asociar capacidades de circulación diferentes según el tipo de configuración.

Adquirir y transmitir a los usuarios informaciones sobre las tormentas de nieve es uno de los métodos que garantiza la seguridad en las autopistas urbanas. Mediante un cuestionario, se entrevistó a los usuarios para determinar un modelo lógico en lo que respecta a la demanda de información viaria.

China propone una versión de este análisis. Realizar intervenciones de vialidad invernal exige la toma de decisiones a veces delicadas. En algunas situaciones, es difícil prever episodios meteorológicos en la carretera, ya que pueden aparecer muy de repente o de manera localizada. Se pueden producir algunos accidentes y es importante conocer las consecuencias jurídicas para los administradores. Así, cuando hay hielo o nieve, las víctimas de los accidentes de la carretera pueden empezar un proceso jurídico para determinar la responsabilidad del administrador de carretera respecto al mantenimiento deficiente y puede conducir a la afectación, total o parcial, del administrador y a una indemnización de reparación del perjuicio. Un trabajo francés trata esta problemática jurídica.

Se han producido episodios extremos estos últimos años en zonas donde no se producían anteriormente. Los equipos tradicionales, como las barreras de nieve, no son suficientes para paliar este tipo de episodios.

En Japón, el CERI ha desarrollado una página web que propone a los usuarios de la carretera previsiones las 24 horas sobre la visibilidad para permitirles decidir si se desplazarán o no. Reducir el número de víctimas en las carreteras es un objetivo importante. En invierno la percepción del entorno viario puede ser deformada. Un artículo de Quebec presenta los elementos que influyen directamente sobre el comportamiento de los usuarios en invierno. La vialidad puede tener consecuencias jurídicas, no solo en Francia. Una ponencia alemana trata también este tema.



» Tema 7

Túneles de carretera en condiciones invernales

A pesar de que la nieve no afecte directamente al interior de los túneles, estas infraestructuras son particularmente sensibles a los efectos del invierno. Puede que los efectos más evidentes se produzcan en la carretera o en la superficie de este tipo de estructuras, pero los túneles también afrontan retos específicos en términos de transición de iluminación entre el interior y el exterior, o el funcionamiento de los sistemas de drenaje, así como el del drenaje de su interior.

El tema 7 engloba materias como el mantenimiento bajo condiciones invernales severas, el drenaje y la formación de estalactitas o las implicaciones del comportamiento de los usuarios.

Además, también se trató el impacto del entorno del túnel y el frío en el rendimiento de los equipos como, por ejemplo, los sistemas anti-incendios.



» Tema 7

Puentes de carretera en condiciones invernales



La complejidad de la construcción de los puentes pone de relieve un resumen de las dificultades que se pueden encontrar en el mantenimiento invernal. **Los puentes concentran algunas dificultades relacionadas con el sector de la vialidad invernal, como por ejemplo la corrosión, un comportamiento térmico particular. Un espacio en el que, además, es imposible acumular nieve y un punto en el que la seguridad vial es particularmente sensible.**

Todas estas consideraciones se concentran en una serie de subtemas, como son el comportamiento de estructuras en condiciones extremas de invierno, el impacto de los fundentes en puentes, y métodos alternativos de medidas de formación de hielo y de protección. También se concentran en temas como el diseño y la gestión de elementos específicos en condiciones invernales como pueden ser el cableado, las juntas de expansión, los rieles, además de una estimación y medición de la carga de nieve. ♦

Imágenes del Congreso



Shell Bitumen



SHELL CARIPHALTE AM3

La fórmula ganadora
para exigencias extremas.



PRESENTACIONES INTERNACIONALES DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS

Hoy resulta un lugar común decir que el mundo, mediante el avance de las telecomunicaciones y el acceso a medios de transporte rápidos y seguros, se ha ido achicando aceleradamente durante los últimos años. En efecto, el intercambio de experiencias técnicas entre los más diversos actores del ambiente vial y del transporte por carretera de alejados países se ha convertido en una actividad común.

La Asociación Argentina de Carreteras no está ajena a esta tendencia, motivo por el cual sus representantes participan activamente en seminarios y encuentros de carácter internacional. Estas actividades permiten acceder a las últimas tecnologías en materiales, obras y servicios, como así también mostrar las experiencias desarrolladas en nuestro país.

En esta sesión se exponen presentaciones de expertos internacionales y trabajos argentinos expuestos en foros internacionales.



Ing. Civil Jorge S. Maturano
Coordinador Centro Universitario
de Vialidad Invernal, DNV-EICAM

Trabajo presentado en el XIV Congreso Internacional de la Vialidad Invernal

LA VIALIDAD INVERNAL EN ARGENTINA

Resumen:

El presente trabajo expone sobre el estado actual de las nuevas técnicas para el trabajo en la vialidad invernal y advierte sobre la necesidad de que, al igual que en los países de mayor desarrollo y con situaciones similares en cuanto a clima, prestarle a las mismas, la importancia que requieren, en atención a las necesidades de la Comunidad, la que genera una demanda creciente en su movilidad, ya sea de personas, servicios y bienes y lo mismo nos enfrenta a una constante actualización, por una parte, pasando a ser en la actualidad, la Vialidad Invernal una especialidad de la Ingeniería Vial.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata sobre el conocimiento y la aplicación práctica de nuevas técnicas de antihielo, en desarrollo, para la conservación invernal de rutas y caminos, detallando las dis-

tintas acciones que se llevan adelante a los fines de disminuir los efectos negativos que tiene, para la movilidad de personas, bienes y servicios, la presencia de nieve y el hielo, tanto en las rutas interurbanas, como en ciudades que sufren este fenómeno.

En el año 1932 se sanciona la **Ley Nº 11.658** que creó la **Dirección Nacional de Vialidad** como órgano responsable de los caminos. A partir de esa época se fue consolidando el trazado de la red nacional, para lo cual se partió de tres principios fundamentales:

- a. Vinculación de todas las zonas del país
- b. Acceso a los grandes centros
- c. Enlaces con los países limítrofes

Importantes tramos de esta red, por distintos motivos, no tienen asegurada su transitabilidad en forma permanente. En este caso nos ocupamos de cómo mejorar los mismos, cuando los problemas son ocasionados por la presencia de hielo o nieve en la calzada.

En el país, la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña, EICAM, dependiente de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, que comienza sus actividades en el año 1983, en su ámbito académico, venía abordando esta problemática, por ello propicia y consigue, con el apoyo de la Dirección Nacional Vialidad, la asistencia al país de expertos de EE.UU., lo que se concretó en setiembre del año 2000, a los efectos de estudiar y analizar la mejor forma de volcar estos conocimientos al ámbito práctico. Así se realizó, con estos especialistas de EE.UU., con el apoyo de la Dirección Nacional de Vialidad y la Coordinación de la EICAM, una detallada visita a los lugares más críticos de nuestro país, recorriendo las provincias de Mendoza, Neuquén, Santa Cruz y Tierra del Fuego, para elaborar un minucioso informe que se **Titula Revisión de las Actividades de Mantenimiento Invernal en la Argentina.**

Atento a esto, se analizarán las distintas técnicas de trabajo de anti-hielo y de des-hielo, destacando sus ventajas, desventajas, necesidades y posibilidades de desarrollo, en nuestro medio, para mejorar la respuesta ante estas contingencias.

Los profesionales y técnicos responsables del mantenimiento invernal ya saben y reconocen que adoptar un sistema que utilice la tecnología y el resultado de investigaciones disponibles para el control de hielo y nieve y un proceso proactivo, en remplazo de uno reactivo, mejora el servicio, reduce los costos de conservación invernal y al usar menos fundentes químicos se ataca menos al medio ambiente.

2. CLIMA Y NIEVE

Es indispensables conocer y disponer de antecedentes, a los fines de la planificación y adopción de programas adecuados para obtener un mejor servicio del camino y buenas condiciones de seguridad para los usuarios.

2.1 Clima

El clima es el estado atmosférico de una localidad, promedio a lo largo de un período de tiempo (en general, se toman 30 años), además de datos estadísticos de valores extremos de comportamiento meteorológico. El clima puede variar en áreas pequeñas o ser igual o similar en grandes extensiones. Para la adopción de un programa de trabajo es necesario conocer el clima de la zona.

El tiempo, entendido como estado meteorológico, en contraste con el clima, es el estado de la atmósfera en un instante dado. El estado del tiempo se puede obtener en función de la temperatura, humedad, precipitación y viento. Se lo pue-

de entender, entonces, como un conjunto de fenómenos que afectan la naturaleza.

2.2 Nieve

La nieve es una precipitación congelada que puede variar en tipo y densidad y es conveniente observar su formación, características físicas y resultado final. La formación de la estructura de la nieve comienza con el agrupamiento (asociación) de cristales de hielo. Se forma en partículas muy pequeñas (polvo 0.01 a 1 μ). Se constituyen los núcleos al congelarse el agua en las partículas de polvo (asociación heterogénea). A muy bajas temperaturas (-40°C) puede haber asociación homogénea.

Formas de cristal en función de la temperatura: placas entre 0 a -4°C , prismas, agujas -4 a -10°C , placas gruesas y dendritas -10 a -20°C y vainas o columnas huecas a partir de los -20°C .

2.3 Densidad de la Nieve

Es un dato de mucha importancia para conocer el comportamiento posterior a la precipitación y ello influirá sobremanera en las decisiones a adoptar para el trabajo de limpieza. Las densidades pueden hasta cuadruplicarse en 24hs. Es preciso recordar que el agua tiene una densidad de 1000 Kg/m^3 , nieve fresca 50 a 65 Kg/m^3 , nieve depositada 70 a 90 Kg/m^3 , hielo puro 900 Kg/m^3 .

En resumen, la densidad de la nieve varía con el tiempo y según haya sido la forma de la disposición, o las características del temporal. La nieve densa presentará mayores problemas y dificultades al momento de su manipulación y despeje de la carretera.

2.4 Hielo

Como es sabido, el hielo es agua congelada. El punto de congelamiento depende de:

- La presión
- Las impurezas

Presenta una estructura cristalina, hexagonal y es de destacar que hay diferentes tipos de hielo.

Propiedades del Hielo

Éstas dependen de la temperatura a la que se encuentra. Muy cerca del punto de derretimiento, el hielo puede ser muy frágil, dúctil, y fragmentarse.

Hielo Negro

El denominado "hielo negro" se forma cuando la temperatura del pavimento está en el punto de congelamiento. El punto de rocío está a una temperatura superior a la del pavimento. El agua se condensa como escarcha, o se deposita sobre la superficie del pavimento y se forma lo que se denomina "hielo negro" y provoca graves inconvenientes. Fig. 1



Figura 1

2.5 Impacto del Clima Invernal en la Conservación Vial

El clima invernal es causante de accidentes, mayores tiempos de viaje, mayor gasto de combustibles y de seguros y disminuye la movilidad de personas, bienes y servicios, afectando la productividad y el comercio en general, y en particular a las economías regionales y locales.

2.6 Tipos de Fenómenos Meteorológicos con Nieve o Hielo

Pueden presentarse muy variados tipos de fenómenos níveos o con hielo, por ello es importante definir las características más importantes asociadas a esos fenómenos y cómo ellas afectan el libre desplazamiento de personas, bienes y servicios.

El contenido de hielo, de agua o la densidad de la nieve pueden afectar la cantidad de personal, equipos y materiales, los fenómenos de alta densidad como lluvia congelada y escarchilla producen las condiciones viales más rigurosas.

La intensidad del fenómeno con alta velocidad de acumulación es extremadamente difícil de tratar. La dirección y velocidad del viento tienen mucha influencia. El impacto más conocido son los denominados voladeros y acumulación de nieve. También el viento puede hacer disminuir rápidamente la temperatura del pavimento mediante el enfriamiento por evaporación, acelerando el intercambio de calor entre pavimento y aire.

El volumen, la velocidad y las características del tránsito pueden afectar en mayor o menor medida las operaciones de despeje del camino.

La radiación solar aumenta la temperatura del pavimento a un nivel por encima de la temperatura del aire. Los productos químicos para control de hielo actúan mejor cuanto mayor es la temperatura del pavimento.

La temperatura del pavimento es el factor más importante en el proceso de control. Determina si el hielo y la nieve se adherirán a la calzada y el comportamiento de los productos químicos.

Las fuentes de humedad, natural o artificial, aumentan la humedad relativa del aire y puede formarse hielo sin la presencia de precipitaciones, dependiendo de la temperatura del pavimento.

Para generar estrategias de trabajo, se deben considerar distintos factores que se pueden presentar en la práctica:

- Ciertas localidades pueden requerir tratamientos anticipados a los efectos de garantizar la seguridad de los usuarios.
- En áreas urbanas los equipos de despeje pueden quedarse atrapados o ser obstaculizados por el tránsito de la red.
- Grandes acumulaciones de nieve o hielo sobre el camino pueden requerir mayores dotaciones de químicos para evitar la dilución crítica y adherencia, en función de la temperatura del pavimento.
- Los lugares húmedos y fríos requieren atención prioritaria a los efectos de que no se vean sorprendidos los conductores.
- La nieve liviana sobre un pavimento templado puede no necesitar ningún tratamiento con químicos.
- En situaciones de muy baja visibilidad (viento blanco) puede ser más seguro no ejecutar ninguna tarea y retirar los equipos de la calzada hasta que mejoren las condiciones de trabajo.

Este es un listado no exhaustivo de las distintas situaciones asociadas a fenómenos de nieve y hielo, que nos da una orientación para las políticas o estrategia de trabajo que se adopte.

3. NECESIDAD DEL MANTENIMIENTO INVERNAL

Ante la presencia de hielo o nieve en los caminos las reparticiones responsables de los estos, tienen distintas posibilidades para aplicar a los mismos, atendiendo a los requerimientos y expectativas de la comunidad usuaria de ellos, pudiendo:

- No realizar ningún trabajo y esperar a que por la acción del sol y temperatura ambiente se despeje el hielo y la nieve.
- Aplicar métodos de trabajos reactivos, deshielo, o sea luego de que se produzca su formación.
- Tratar de atenuar los efectos negativos para el tránsito, que provoca la presencia de hielo y nieve sobre la calzada con el agregado de productos que mejoran la fricción.
- Aplicar técnicas de trabajo proactivo antes de la tormenta, buscando que no se forme el vínculo entre hielo y calzada, tratando de mantenerla libre de hielo (“calzada negra”).

3.1 Expectativas de la Comunidad

Las expectativas de la comunidad respecto de la movilidad, ya sea por razones de salud, seguridad, esparcimiento o desarrollo económico, son siempre crecientes. Por ello es indispensable aplicar las tecnologías disponibles a los efectos de mantener los caminos libres de hielo y nieve.

Las condiciones del clima invernal y el estado del camino pueden colocar en situaciones de riesgo a los conductores más experimentados. La nieve, hielo, viento y poca visibilidad son factores que pueden tornar peligrosa la circulación. La conducción en estas condiciones requiere de prácticas de manejo seguro en combinación con políticas de despeje del camino. La repartición vial tiene la responsabilidad de aplicar estas políticas con seguridad utilizando equipos y metodologías adecuadas.

El objetivo de las operaciones de control de hielo y nieve es brindar una superficie de rodamiento segura para todos los conductores. Prácticas poco seguras para el control de hielo y nieve pueden ser el factor desencadenante de accidentes graves y costosas interrupciones del camino.

3.2 Medio Ambiente

Es preciso hacer un análisis considerando todas las facetas del problema al que nos enfrentamos :

- La presencia de hielo o nieve sobre la calzada alteran las condiciones de operación del camino, dado que el mismo fue diseñado para una circulación segura sin la presencia de estos elementos.
- Por el hielo y la nieve se producen accidentes con las consiguientes pérdidas que afectan a la sociedad en lo humano y económico y al medio ambiente por el derrame de líquidos, aceites, combustibles y otros elementos perjudiciales.
- Mantener el camino despejado requiere el trabajo de equipos y esparcir productos químicos que pueden dañar el pavimento, los vehículos y el medio ambiente.

- Aplicar productos abrasivos, para mejorar la fricción en presencia de hielo y nieve afectan principalmente la calidad del aire por el polvillo que producen, los desagües de las carreteras y las aguas de la zona.

Por todo ello, esta problemática que provoca la nieve y el hielo requiere de estimaciones, mediciones objetivas, analizar profundamente cómo hacemos el trabajo, ser eficientes aplicando las mejores tecnologías que, analizando todo el conjunto de variables que intervienen en este proceso, sean las menos perjudiciales para el medio ambiente y den el mayor retorno de la inversión.

3.3 Desarrollo Económico

El estudio que requiere, como respaldo, la inversión de las reparticiones responsables de los caminos nos coloca frente a una doble preocupación ya que:

- Por un lado el camino es indispensable para el transporte y movilidad de personas, bienes y servicios, siendo por ello un generador de riqueza.

El camino, para el mundo de la producción, es indispensable que esté libre y despejado, para que las desviaciones respecto del tiempo de viaje medio sean mínimas.

Si bien son difíciles de cuantificar, las pérdidas económicas que sufre la sociedad por el cierre de rutas y caminos por tormentas de hielo o nieve son innegables.

- Por otra parte los fondos destinados al mantenimiento invernal siempre son reducidos y muy acotados.

Por ello es preciso contar con muy buenos seguimientos de todas estas contingencias y además con buenos argumentos para sostener la conveniencia económica de la aplicación de nuevas técnicas de trabajo en el mantenimiento invernal.

3.4 Seguridad de los Usuarios

En el entendimiento de que la ruta brinda un servicio público de necesidad básica, es prioritario que el mismo sea seguro en todo momento. Para ello es indispensable mantener el pavimento despejado y libre de obstáculos en todo momento, esto nos pondrá ante distintas condiciones a tratar:

- Necesidad de estar presente y de dar respuestas rápidas ante estas contingencias.
- Pobre o bajo nivel de conocimiento de los usuarios de los caminos para la conducción bajo estas situaciones.
- Cúmulo de situaciones legales que se derivan o se pueden derivar de estas particularidades.

4. TÉCNICAS DE TRABAJO

A los efectos de mantener las rutas y caminos libres de hielo y nieve se pueden adoptar distintas alternativas o políticas de trabajo. Las políticas adoptadas estarán íntimamente relacionadas con el servicio que brinda el camino o ruta que estamos considerando, lo que denominamos, nivel de servicio, NS.

4.1 Nivel de Servicio

El NS que se pretende tener en una determinada ruta lo fija la repartición responsable del camino y en general viene dado en función del tránsito usuario de la ruta (TMDA) o de la importancia y necesidad de mantenerla libre de obstáculos en todo momento. Esto es de fundamental importancia, dado que del NS fijado dependerán los medios y recursos que se deben asignar para cumplir con el mismo. Todo ello desembocará en la adopción de la política o programa de trabajo que se debe aplicar.

4.2 Tratamiento con Abrasivos

Una posibilidad de tratamiento es con abrasivos. En general son ripios o arenas. Con ello se busca aumentar la fricción con lo que se logra disminuir la distancia de frenado de los vehículos, tratando de que estos se trasladen a una velocidad normal no obstante la presencia de hielo o nieve.

Es preciso destacar que la fricción se ve afectada por la velocidad del vehículo, las condiciones del camino y de los neumáticos. Éste es un fenómeno muy complejo y en presencia de hielo y nieve es algo muy difícil de explicar. En condiciones normales, sin hielo y nieve, el estado de las superficies en contacto, calzada - neumático, son las responsables de la misma. Cuando tenemos hielo o nieve sobre la calzada, estamos en condiciones no previstas y éstas son las responsables de la caída de la fricción.

De numerosos estudios y determinaciones prácticas podemos ver cómo varía la fricción :

• Pavimento seco	Fr. = 0.75
• Calzada mojada	Fr. = 0.31
• Hielo en calzada	Fr. = 0.11

Como se dijo, esto afecta directamente la distancia de frenado y con ello la cantidad de vehículos que circula por el camino, dado que en general los conductores, al percibir estos problemas, adoptan separaciones mayores entre vehículos.

4.2.1 Ventajas y Desventajas del Uso de Abrasivos

Aplicar abrasivos sobre una calzada con hielo o nieve traerá aparejada una serie de ventajas, pero no debemos obviar los inconvenientes que también ocasionará.

Los abrasivos tornan más áspera la superficie de rodamiento, con lo que proveen un aumento temporario de la fricción. Para lograr esto deben cumplir con ciertas condiciones, como ser de tamaño de grano uniforme, de forma angular no redondeado, resistente a las cargas del tránsito para no ser degradado y para ser efectivos permanecer sobre la superficie tratada, o sea que no los desplace el viento o el mismo tránsito. Las ventajas principales de estos son su bajo costo, facilidad de manipulación y aplicación y muy buena aceptación de los usuarios.

Las desventajas o problemas más notorios del uso de abrasivos son que fácilmente se vuelan fuera de la calzada, originan polvillo, contaminan el aire y el agua.

Por estos inconvenientes, el uso de esta técnica de trabajo está en franco descenso en todos los países con problemas de hielo y nieve, quedando su aplicación para aquellos casos donde los fundentes químicos no son recomendados.

4.3 Limpieza con Equipos-Deshielo

El objetivo de trabajar con equipos es sacar el hielo y la nieve de la calzada y depositarla o lanzarla a la banquina o cuneta lateral. El equipo a emplear depende fundamentalmente de las condiciones del hielo o nieve sobre la calzada, ya sea :

- **Nieve alta:** mucha acumulación requiere quitanieve de hoja en V o cuchilla rotativa, Fig. 2
- **Nieve común:** poca acumulación requiere quitanieve de una o doble vía, Fig. 3
- **Nieve compacta o hielo:** requiere cuchilla bajo el chasis u hoja topadora.
- **Nieve mojada, barro:** requiere cuchilla para barro.

El mayor inconveniente de trabajar de esta forma es que para retirar el hielo, una vez que el mismo está adherido a la calzada, se requiere disponer de equipo pesado y ello demanda mayor tiempo de trabajo para retirar el mismo, con los problemas que estos originan en el tránsito de la vía.



Figura 2



Figura 3

4.4 Aplicación de Fundentes Químicos

Desde hace ya varios años se viene trabajando con distintos fundentes químicos para mantener libre de hielo a los caminos. Para aplicar racionalmente estos productos hay que conocer y estudiar sus ventajas y desventajas para lograr de esta forma los mejores beneficios para el usuario con la menor incidencia para el medio ambiente.

Lo que se busca con la aplicación de un producto químico es reducir el punto de congelamiento, derretir la nieve o hielo en un tiempo razonable, penetrar hasta la interface nieve-pavimento y además este producto debe ser barato, fácil de conseguir, fácil para manipular y almacenar, no ser tóxico para personas, flora y fauna, y no dañar las estructuras.

Por ello es preciso definir:

- Por qué se emplean.
- Cómo se emplean.
- Información necesaria para el buen empleo.
- Conocer cuál es la temperatura que nos debe preocupar ya que es fundamental para el mejor rendimiento de estos productos. Cómo obtener ese dato.
- Qué es el cambio de fase y qué ocurre cuando aparece.

Los productos químicos se usan para mantener los caminos libre de hielo, porque en la práctica han demostrado que es el método más conveniente para los usuarios y el medio ambiente, comparativamente con otras formas de trabajar. Para ello se utilizan sales como cloruro de sodio, de calcio, de magnesio y mezclas con productos orgánicos derivados de la industria de la alimentación.

En general, el químico más usado es la sal común, ya sea como un sólido seco o prehumedecido o, una solución con agua (salmuera), en una planta dosificadora.

Lo que se busca con la aplicación de un producto químico fundamentalmente es no permitir el vínculo del hielo con la calzada. Si logramos esto, luego podemos retirarlo con cierta facilidad, con equipo mecánico.

Para cumplir acabadamente con este propósito hay que aplicar un programa de trabajo completo y contar con todos los medios necesarios para aplicarlo a tiempo y correctamente. Como ya se vio, la temperatura del pavimento es lo que gobierna el proceso y por ello debemos disponer los medios necesarios para contar con este dato preciso y hacer las aplicaciones de fundentes químicos necesarias para que no se produzca el vínculo hielo-calzada.

4.5 Nuevas Mezclas

Desde hace algunos años, en EE.UU. y distintos países de Europa se viene trabajando con soluciones compuestas con productos derivados de la industria de los alimentos, buscando dotar a la solución de sales, que se aplica en los caminos, de una mayor permanencia, con lo que se disminuye la aplicación de fundentes químicos, logrando un menor costo económico y menor acción nociva sobre el medio ambiente.

4.5 Desarrollos en Argentina

En el país, la Dirección Nacional de Vialidad, desde 2005 le ha dado un gran impulso al tema, creando junto con la EICAM, dependiente de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, el Centro Universitario de Vialidad Invernal.

Con el accionar y coordinación del Centro se ha logrado :

- La capacitación de 11 ingenieros en la aplicación de nuevas técnicas de vialidad invernal, en la Universidad de IOWA, EE.UU.
- La implementación, con la asistencia y supervisión de expertos de EE.UU., de proyectos pilotos en Mendoza, Neuquén y Tierra del Fuego.

Importante es señalar que en estas últimas temporadas se trabaja en el 4to. Distrito de Mendoza de la Dirección Nacional de Vialidad en la investigación de laboratorio y la aplicación práctica, en ruta 7, de distintas mezclas de sales con productos derivados de la industria de la alimentación, investigando con distintas sales y productos orgánicos y en distintos porcentajes. Esto último, dado de que la DNV ha encarado el problema en su conjunto dotando al Distrito con personal, instalaciones y equipamiento de última generación a los efectos de mantener el servicio de la Ruta 7, especialmente el paso internacional.

Investigación en curso: La DNV, por convenio con la Universidad Nacional de San Juan, lleva adelante un proyecto de investigación de mezclas de fundentes químicos con distintos derivados de la industria de la alimentación como son residuos de la industria del vino, caña de azúcar, pera, manzana y remolacha azucarera. ♦



CHEDIACK

*Una presencia permanente en la construcción y
mantenimiento de las rutas argentinas*



**CONSTRUIMOS CAMINOS
HACIA EL PROGRESO**



ROVELLA CARRANZA



Pavimentación Conexión Vial La Rioja | Chilecito por El Velazco
Prov. de La Rioja





Seminarios Internacionales de la ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA CARRETERA (AIPCR-PIARC)

RESEÑAS DE EXPOSICIONES EFECTUADAS EN LOS SEMINARIOS AIPCR - PIARC EN BUENOS AIRES

Julian Lyngcoln VicRoads, Australia.



Julian Lyngcoln

En esta presentación voy a hablar sobre la seguridad vial en Victoria, sobre las acciones de gobernabilidad y coordinación que tomamos al respecto y sobre el desempeño al que apuntamos. Vamos a tocar nuevas estrategias y acciones que hemos lanzado a principio de este año y luego hablaremos un poquito sobre casos concretos acerca de lo qué es un abordaje coordinado, que tiene que ver con el manejo de los excesos de velocidad, como ustedes han dicho esta mañana: hay muchos esfuerzos en torno al límite de velocidad. Vamos a colocarnos en contexto. Victoria es un estado de Australia, ubicado en una de las esquinas del país, con una población de cinco millones quinientas mil personas. La población a nivel nacional es de veintidós millones de habitantes. En el estado de Victoria somos muy dependientes del uso del auto. Tenemos casi cinco millones de vehículos registrados y más de tres millones y medio de licencias otorgadas. Victoria es reconocida mundialmente por mostrar lo que es la seguridad vial. Una historia que se remonta a las décadas del '70 y del '80 del siglo pasado. Hemos sido pioneros en cuanto a

ciertas iniciativas como la obligatoriedad del uso del cinturón de seguridad. Justamente ahora la adhesión es del 98%. Todavía hay un porcentaje de quienes no cumplen, que es alto, pero seguimos mejorando; seguimos haciendo pruebas de alcoholemia aleatorias. También implementamos el uso obligatorio del casco en los ciclistas y, más recientemente, hemos hecho pruebas, no solamente de alcoholemia, sino también de consumo de drogas ilícitas.

Uno de los puntos a destacar en Victoria es que tenemos un abordaje de alianzas. Hay cuatro agencias claves que trabajan en conjunto: la primera es VicRoads, que tiene que ver con la organización en particular en la que yo trabajo. VicRoads es la autoridad vial de Victoria. Manejamos la red arterial, desarrollamos y mantenemos estos trabajos, pero también establecemos la legislación de seguridad vial en el estado, emitimos las licencias para quienes conducen, y registramos los vehículos. También participamos ofreciendo una serie de programas de educación a la comunidad.

Por otra parte, otro de nuestros asociados es el Departamento de Justicia, que lleva a cabo la administración de los tribunales y maneja las cámaras automatizadas para que la ley se cumpla en toda nuestra red vial.

En tercer término está la TAC -Comisión de Accidentes de Tránsito-, una aseguradora gubernamental. En Victoria, cuando uno registra un vehículo, parte del costo de este registro va a esta autoridad, para que quienes tengan algún accidente de

tránsito puedan cubrir sus costos médicos. No importa si han sido culpables o no: los costos médicos son cubiertos. Como la TAC tiene la obligación de pagar por la atención médica, su interés está en mejorar la seguridad vial, porque así deben invertir menos dinero en la atención de la salud de las víctimas. Se comprometen con diferentes iniciativas tales como campañas de educación en medios masivos de comunicación para promover la seguridad vial y prevenir riesgos. También dan financiamiento a la policía para poder aplicar la ley en mayor medida e invierten en infraestructura y aportan a mi organización importantes fondos para mejorar el desempeño de seguridad de la red vial. Para los próximos diez años se han comprometido a aportar mil millones de dólares para mejorar la seguridad vial e infraestructura.

En cuarto término se encuentra la policía de Victoria, que juega un papel muy importante a la hora de hacer cumplir las reglas. En Victoria, entonces, estas organizaciones trabajan en conjunto para mejorar la seguridad vial y nosotros llevamos a cabo un abordaje muy coordinado en esta alianza. No es cuestión de que salgamos a hacer nuestro propio papel, sino que trabajamos en conjunto para asegurar la coordinación y esto ocurre en diferentes niveles. En el nivel superior, tenemos al Consejo Ministerial para la Seguridad Vial, que desde el ángulo gubernamental presta coordinación y compromiso para mejorar la seguridad vial. Luego se encuentra el Ministerio de Vías y Carreteras, que es quien coordina mi trabajo.

También está el Ministerio TAC. Todos se reúnen, regularmente, cada dos meses para debatir a nivel general el desempeño de la seguridad vial y decidir qué hacer para mejorar a nivel gubernamental. Debajo de esto está el Grupo Ejecutivo de la Seguridad Vial. Se trata de los ejecutivos clave o principales de cada una de estas alianzas a las que me refería anteriormente. Este grupo observa y ve qué es lo que se tiene que implementar y también se informa a nivel gubernamental. Tiene responsabilidad gubernamental frente a la municipalidad o Consejo respecto de qué medidas tomar para mejorar la seguridad vial. Por debajo está el Grupo de Gestión de la Seguridad Vial y el Grupo de Comunicación de la Seguridad Vial. El grupo de gestión al cual pertenezco ofrece coordinación para asegurarse de que las actividades estén alineadas entre los distintos organismos que trabajan en conjunto y comparten información. Ofrecemos asesoramiento al grupo ejecutivo respecto del desempeño y, a su vez, el grupo de comunicación mantiene estrecha comunicación con el público. Se asegura de enviar los mensajes que llegan a la comunidad, siempre con una misma temática. Es importante mantener la coordinación en cada uno de estos niveles para poder abordar al público de manera ordenada.

Si nos remontamos a los años '70 del siglo pasado, más de mil personas morirían por año en accidentes de tránsito. Vemos que el número ha bajado, con altibajos, pero con tendencia a la baja. El año pasado tuvimos doscientos ochenta y dos víctimas fatales, aunque vemos que en los últimos tres o cuatro años el tema ha ido en aumento. Me complace comunicar que tenemos una reducción de 10% este año. Puede subir o bajar, pero todo indica que puede ser un buen año para seguir mejorando. Es bueno poder ver cómo llegamos a esta tendencia a la baja que es bien marcada, lo cual es alentador.

Ahora vamos a hablar de una estrategia adoptada en mayo de este año que vamos a implementar para los próximos

diez años, para poder lograr mayores beneficios. Para la seguridad en vías y carreteras se trata de apuntar a la Visión Cero: cero muertes, cero lesiones graves. Aunque no creamos que podamos lograrlo en diez años, sí es un objetivo de largo plazo. Establece objetivos específicos: reducir las muertes y lesiones graves en un 30%. En este período de estrategia esto va a implicar bajar a menos de cuatro mil las lesiones, y a menos de doscientos las muertes. Resulta más difícil bajar el número de lesiones graves. Probablemente, si podemos lograr una reducción en el caso de las lesiones nos va a ir mejor.

La estrategia identifica dieciséis temas claves. Estos temas establecen la dirección para lo que vamos a implementar. Cuando liberamos la estrategia, también contamos con planes de acción y estos van a establecer las acciones específicas que los gobiernos comprometen para lograrlos. Uno de los compromisos es lograr un buen desempeño de infraestructura, implementando una inversión de más de mil millones de dólares en este período. Para mejorar la infraestructura para peatones y ciclistas, hemos ampliado el control de alcoholemia e implementando dispositivos que bloqueen el arranque del auto cuando el usuario ha superado el límite legal. También vamos a presentar esto a todos aquellos que hayan sido condenados por conducir ebrios. Asimismo, prevemos nuevas penas para la

detección de alcohol y drogas en sangre. Establecemos límites de velocidad más adecuados cuando hay actividades de ciclistas y peatones cerca; sistemas de permiso de conducir graduales para motociclistas; con un mínimo de 120 horas de experiencia, antes de recibir la licencia. También extender la prohibición del uso de celulares, ampliando las multas en el caso del incumplimiento. Una parte importante de esta estrategia es la filosofía de un sistema seguro. Refiriéndonos a la visión cero, sabemos que por más que lo intentemos es inevitable que ocurran accidentes en las rutas y siendo éste el caso, tenemos que diseñar un sistema que, al ocurrir un accidente, la gente no lo pague ni con su vida ni con lesiones graves. El objetivo es contener la energía y fuerzas mecánicas dentro de la tolerancia humana. Para lograr esto hay cuatro experiencias en las que tratamos de trabajar: usuarios seguros; aceras y rutas seguras; vehículos seguros y velocidades seguras. En particular, asegurar que la gente no muera ni se hiera de gravedad. Para ilustrar un poco la idea del sistema seguro voy a hablar, de manera específica, del manejo de la velocidad y cómo aplicamos este sistema de seguridad y abordaje entre diferentes instituciones. Para manejar los límites de velocidad en la red, como hemos escuchado en el día de hoy, debemos prestar atención a la relación que existe entre la velocidad y las colisiones.



Aquí se ven unas curvas que muestran el riesgo de accidentes. Vemos acá un riesgo de fatalidad a una velocidad en particular y estas curvas muestran diferentes tipos de choques, hacia la izquierda peatones, ciclistas en el medio, y a la derecha choques de frente. Vemos diferentes curvas y variables, pero sabemos que hay una cierta relación donde logramos un aumento muy marcado en el riesgo de la lesión, que va en línea directa con el aumento de velocidad, por eso queremos controlar la velocidad. Desde el punto de vista de la seguridad, podemos ver los diferentes elementos y ponerlos en gestión, primero tratando de generar usuarios seguros, creando conciencia para no exceder los límites de velocidad. Mi institución invierte enormemente en campañas públicas. Es una de las más famosas. Un incremento de cinco kilómetros por hora, por ejemplo, en una

zona con máxima de 60 kilómetros por hora, lleva implícito un incremento en la fatalidad. Esta campaña tiene por objetivo reducir el exceso de velocidad, aun cuando el exceso sea muy pequeño. Hablamos de programas de concientización, aplicación de cámaras para controlar el exceso de velocidad; con esto logramos registrar más de medio millón de infracciones. Diferentes cuestionares realizadas por la TAC y el Ministerio de Justicia, en un esfuerzo mancomunado, han mejorado la conducta de las personas. En la red buscamos implementar los límites de velocidad para que se adecuen a la ruta. Por ejemplo, donde sabemos que hay mucha actividad peatonal y aplicamos una velocidad máxima de 40 kilómetros por hora, en torno a escuelas y zonas comerciales, tratamos de simplificar los límites de velocidad. Entonces hacemos un repaso de los mismos: tenemos un sistema de

límites de velocidad muy complicado y tratamos de simplificarlo, de modo que sea más fácil de implementar, y a nivel vehicular trabajar con la ISO en cuanto a la adaptación inteligente de velocidad, para alertar al conductor cuando esté por superar el límite. Podemos ver que, en cuanto al manejo, estamos ayudando a la gente a cumplir la ley, estableciendo los límites, y diseñando la red y los vehículos para poder ayudar a los conductores a conducir mejor por cuenta propia. Creo que esto es un buen ejemplo de sistema seguro en sistemas de coordinación para manejar los límites de velocidad, que genera un aporte muy específico en la última década. Hemos visto que los límites de velocidad han bajado en 10 kilómetros por hora, marcando una enorme diferencia.

Randall Cable

Gerente de Ingeniería de Operaciones de la National Road Agency de Sudáfrica



Randall Cable

Voy a hablar simplemente de un aspecto de la seguridad vial: la política de seguridad vial que se concentra en la seguridad de los peatones, uno de los temas más cercanos a mi corazón. Voy a analizar los contenidos locales y a hacer una comparación a nivel global; luego voy a hablar de los abordajes de sistemas seguros que han escuchado a lo largo del día, pero desde un ángulo un poquito diferente.

Quisiera ver si puedo provocar lo suficiente para que se pregunten qué es lo que se cruza por mi cabeza. Me voy a concentrar en un caso que fue estudio

en Sudáfrica. Son catorce mil las personas que mueren por año en las rutas y eso es bastante, considerando que nuestra población es de unos cincuenta millones. Hay nueve millones de vehículos registrados en nuestras vías así que el porcentaje es bastante alto. Si desglosamos este número vamos a ver que una parte significativa se trata de peatones. Si vemos en la región central, la SADI, que son las comunidades en desarrollo, aproximadamente 63 mil personas mueren en las rutas, entre las cuales hay peatones; ello me recuerda a la campaña de marketing que pone de manifiesto que la mayoría de la gente que muere en las rutas ni siquiera tienen un vehículo, y no van a tenerlo ni siquiera a la hora de morir. Entonces, es una situación triste. En un estudio reciente podemos ver que hay 28 fatalidades por cada 100 mil habitantes. Esto no se ve demasiado bien. De hecho, podemos hacer una rápida comparación, haciendo una referencia al estado global que fue publicado este año. Allí fui viendo los perfiles de los países de los oradores que me antecedieron y extraje las tasas de fatalidad. Podemos ver en dónde

estamos parados hoy. Vemos que Argentina, Australia, Brasil y Noruega definitivamente están haciendo las cosas bien. Si vemos más de cerca, hasta vamos a ver que Sudáfrica se compara significativamente bien, a la hora de analizar las leyes. Tenemos buenas leyes, que están bien documentadas y bien arraigadas en la sociedad, pero cuando hablamos de la aplicación y efectividad no nos va tan bien. Parece haber una correlación entre nuestra capacidad de implementar y de afectar estas leyes, para lograr menores fatalidades; para esto hay que hacer un abordaje de sistemas seguros. Sin embargo, quiero concentrarme en el rol que tenemos para desarrollar estos sistemas seguros. Una enorme responsabilidad cae sobre las espaldas de quienes tienen a cargo el diseño del sistema. No hablemos del sistema por partes, sino en su totalidad: vehículos, rutas, carreteras y justicia.

Un conjunto donde también se tiene que responsabilizar a los usuarios y ustedes sabrán que muchos oradores no se adentraron mucho en los detalles a la hora de hablar de la responsabilidad de los usua-

rios de las rutas y carreteras. El hecho de que nosotros les enseñamos los sistemas con ciertos límites y limitaciones implica que hay reglas por las cuales guiarse a la hora de usar el sistema. Son justamente las que guían el diseño y sobre las que se planifican y están basadas en el hecho de que nos gustaría tener una sociedad que cumple. ¿Cuánto cumplen los miembros de nuestra sociedad? ¿Qué se hace a la hora de tener una sociedad que incumple las normas? Hay un gran debate con respecto al error humano y la falla humana y hay una gran distinción que es clara: si queremos diseñar un sistema para poder integrar, para prever el error humano, tal vez no debemos confundirlo con la falla humana. ¿Fue un error o fue culpa del ser humano? Supongamos que podemos decir que si uno no tiene un nivel de educación suficiente y, además, no tiene suficiente conciencia de la seguridad vial, tal vez sea propenso al error humano. Pero ¿quién es responsable del componente educación? Obviamente que en los países de bajos y medianos ingresos hay otras jerarquías de intereses a la hora de llevar un plato a la mesa. Hoy es muy difícil transmitir la importancia de la seguridad vial en situaciones como éstas.

Es importante que quienes son responsables del diseño de sistema, básicamente de las filosofías en todos los abordajes de sistemas seguros, comprendan cuáles son las realidades, y a veces hay que llevar un paso hacia adelante a los diseñadores. Continuamos un paso adelante

con los peatones, invertimos y seguimos invirtiendo millones y millones de dólares en infraestructura para los vehículos. Entonces, en general, existe una verdadera necesidad por parte de los peatones que deben caminar en estas rutas diseñadas para transporte motorizado. Obviamente los peatones son los usuarios más vulnerables, y en países de bajos ingresos, donde de hecho no hay dinero para pagar el transporte público, quedan condenados a trasladarse a pie. Tienen que mantenerse cautivos en su propia capacidad de moverse y nosotros, como ingenieros, nos quejamos de lo que termina siendo un resultado de planificación. Obviamente, se ha diseñado todo para separar al peatón; y diseñamos barreras y reacondicionamos la infraestructura existente e intentamos ofrecer un lugar más seguro para que los peatones puedan trasladarse a pie. Introducimos las políticas necesarias que van de la mano con esto, o reacondicionamos, ofreciendo una alternativa segura a los peatones para que puedan cruzar por puentes o los separamos de otra manera. Entonces quiero cambiar de dirección, concentrarme en un caso de estudio en particular en el trabajo.

El énfasis del trabajo está en que vean hasta dónde podemos promover el espíritu de trabajo en el abordaje de sistemas seguros. La mayoría reconocerá que estas imágenes pertenecen a Ciudad del Cabo. Se ve un estadio y una montaña en el fondo y algunos dirán, ¿cuál es el

estadio? Algunos de ustedes podrán recordar que el 3 de julio de 2010 algo horrible ocurrió en este estadio. Pero creo que ustedes se sienten muy bien al saber que cada niño en Sudáfrica aspira a ser un Maradona o un Messi. Estos son los dones que comparten con el mundo. Vamos a poner énfasis en las autopistas. 55 kilómetros de autopistas principales con altos estándares de desarrollo, pero el hecho del desarrollo en el uso de la tierra va irradiando, y si bien en Sudáfrica hemos hecho esfuerzos para desarrollar y avanzar, podrán ustedes ver la mejoría de implementación de urbanizaciones, pero también hay mucho desarrollo informal por las zonas adyacentes a las rutas principales.

Entonces necesitamos infraestructura para dar una alternativa segura. Pero la realidad es que hay una cantidad ilimitada de peatones y de alguna manera la gente es como el agua: trata de meterse por donde más práctico le resulta y, obviamente, ahí es donde tenemos este tipo de choques a distancia. Vemos una colisión fatal: con un límite de 120 kilómetros por hora, es garantizado que ese auto que te arrolla no te va a levantar. Vemos sobre la derecha un peatón atropellado al lado del puente. Entonces tenemos una comprensión relativa de dónde está el problema. Vemos dónde están los choques que involucran a los peatones, pero lamentablemente tenemos una tendencia creciente, y a medida que la gente migre a las zonas urbanas,





tendremos más altas instancias donde la gente va a verse obligada a cruzar la ruta a pie. Entonces aprovechar la aplicación ITS, que es un sistema de gestión de rutas y autopistas, logrará un flujo integrado de tránsito vehicular. Tenemos una idea para utilizar el movimiento peatonal en las autopistas centrales de Ciudad del Cabo. Utilizamos alrededor de unas 240 cámaras del circuito cerrado de la ciudad, y podemos agrandar una imagen o un área en particular, y hacer un sondeo de todos los movimientos peatonales de las autopistas. Como podemos ver, entonces, identificar y contar con la información asociada con todo tipo de movimiento peatonal. Como resultado final tenemos una idea de hacia dónde se mueven y cómo se mueven los peatones.

Es este camino perpendicular donde se pueden ver los números y esto es una indicación de peatones atravesando la autopista y el número que calculamos arriba de todo es una correlación directa con el tipo de desarrollo, y esto es parte de un tramo de la autopista y la alta intensidad de desarrollo formal. Yo creo que es básicamente lo que les pasa a ustedes en este tipo de actividad, todos los días. Por lo tanto, son una buena indicación del lugar donde se debe hacer algún tipo de intervención. Lo interesante fue observar lo significativo de la cantidad de peatones que están tratando de cruzar en las horas pico de la mañana o de

la tarde, lo cual es indicación de que están yendo a trabajar o al colegio, por lo que hay que hacer algo en ese sentido. Entonces, en un período de siete días, observamos que hay aproximadamente 37 mil peatones en la autopista y esto es una actividad ilegal, porque los peatones no pueden transitar por la autopista. ¿Cómo diseñamos para contrarrestar una alta tasa de incumplimiento? Empezamos a ver cómo implementar la tecnología que ya teníamos, como cámaras de circuito cerrado, y se implementó un programa para el monitoreo de las barreras y asegurarnos de que éstas se mantengan. Vimos altas tasas de vandalismo y robo. Por lo tanto, trabajamos con la policía y los sistemas de transporte para poder tener mejoras en este tema. También utilizamos la información para planificar intervenciones.

Con respecto a la seguridad vial y la aplicación de la ley, comenzamos a ver la cantidad de vehículos que paran para subir o bajar peatones. Entonces empezamos a ver cómo aplicábamos la ley en esos casos. Hay mucha preocupación, y, en general, es entendible que los peatones no quieran usar pasos bajo nivel, debido a problemas de inseguridad. Cuando las personas creen que es más seguro atravesar la autopista que cruzar por debajo de un cruce, lo van a hacer porque están preocupadas por su seguridad. Se comenzó una vigilancia en esta zona, por

video circuito cerrado, con alimentación inmediata a la policía y construcción de este tipo de puentes. La buena noticia es que actualmente en Sudáfrica, como se dijo antes, estamos en la misma situación que otros países, y eso es una oportunidad para aprender de sus experiencias e implementar lo aprendido.

La no tan buena es que tenemos problemas sociales iguales a los países de ingresos medios y bajos. No debemos subestimar el uso de la tecnología, debemos comprender las necesidades de los peatones, como dije antes, para monitorear la infraestructura. El ejemplo de este uso de gestión de autopistas para monitorear la actividad de los peatones. Planear la intervención es un buen punto de vista proactivo a este tipo de sistemas. Más allá de las altas tasas de incumplimiento, creo que es un tema que requiere un análisis mucho más profundo. ♦



La Línea más completa de productos para SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

MATERIALES TERMOPLÁSTICOS (Aplicación en caliente)
PINTURA ACRÍLICA PARA REFLECTORIZAR (Aplicación en frío)
MATERIAL TERMOPLÁSTICO PREFORMADO PARA SEÑALIZACIÓN



INFORMACIÓN Y ASESORAMIENTO

CRISTACOL S.A. | Callao 1430 (B1768AGL) Ciudad Madero
Provincia de Buenos Aires | República Argentina
Te.: +54 11 4442-1423 / 1424 Fax: +54 11 4442-1158
Email: sales@cristacol.com.ar | www.cristacol.com.ar



Por el Ing. Roberto Stopnicki *

Traducción: Ing. Mario J. Leiderman

La Necesidad de un Plan de Emergencia de Transporte

Experiencia en la ciudad de Toronto, Canadá

“Una emergencia urbana, invariablemente, se transformará en una emergencia en el transporte”

Introducción

Una celebración deportiva, una concentración política o de cualquier otra índole, un festejo trascendente, un incendio, una rotura de una cañería importante, etc. Todos eventos no planificados, grandes o pequeños, que requieren respuestas de emergencia y la ejecución de determinadas acciones que implican el uso de ciertos elementos en la ciudad, como ambulancias, camiones de bomberos, vehículos policiales. También la producción de hechos inesperados en fábricas o industrias localizadas en la ciudad producen una **“Emergencia en el Transporte”**, que puede ser definida como una interrupción del tránsito que afecta la seguridad y la movilidad de los usuarios del camino, ya sean peatones, ciclistas o conductores.

El impacto de una interrupción no planificada en el tránsito depende de la ubicación de la zona de incidencia, de la duración de la interrupción y de su frecuencia.

La necesidad, entonces, de un Plan de Emergencia de Transporte tiene que ver con el organismo de transporte de la ciudad, llámese departamento, división, unidad, etc., que, por lo general, no tiene planes de emergencia específicos dado el gran número de variables que afectan las emergencias en el sistema de transporte de una ciudad.

La responsabilidad de cada usuario del camino tiene que ver con el derecho de utilizar una vía de transporte sin crear una amenaza en la circulación de otros usuarios de esa vía.

Necesidad de un Plan de Emergencia de Transporte

Como se mencionara anteriormente, no existe por lo general en las ciudades un organismo especialmente dedicado a la pre-

paración de planes contingentes que tengan en cuenta el gran número de variables que puedan llegar a afectar al sistema de emergencias de transporte.

Entre ellas podrían mencionarse los distintos tipos de vías de circulación y su clasificación; el desconocimiento de los efectos que podría llegar a tener una interrupción; el desconocimiento de los plazos previstos para la resolución del problema; la duración del impacto, y el tipo de respuesta requerida.

Así, se hace necesario normalizar las acciones que deberán llevarse a cabo por el organismo encargado de ello, como respuesta a ese tipo de emergencias de modo que cuando se produzcan, puedan ser evaluadas, priorizadas e implementadas en forma rápida y efectiva.

Los factores a ser considerados en la evaluación de la interrupción del tránsito que pueden llegar a afectar a los peatones, ciclistas y conductores son:

- a) Zona afectada por la congestión de tránsito (uso del suelo, tipo de vía de circulación, etc.). Esto se debe definir con la ayuda de otras municipalidades y organismos de emergencia.
- b) Longitud anticipada de interrupción (tipo de emergencia del hecho). Se define con la ayuda del personal de otros organismos de transporte.
- c) Cuán “serio” es el evento (frecuencia en la ocurrencia). Se define con la ayuda de otros organismos de emergencia municipales.

(*) **Roberto Stopnicki**, es Ingeniero Civil con especialización en transporte, ex Director del Centro de Gestión de Tráfico de la ciudad de Toronto, Canadá. También fue responsable de la planificación e implementación del Plan de Emergencia de la División de Transporte de esa ciudad. Autor de Procedimientos, Planes y Manuales de Emergencia de Transporte, presentó este trabajo en el Seminario PIARC desarrollado en Varsovia, Polonia.

El Rol de la Agencia de Transporte después de producido el hecho

Soporte Inmediato (Crítico)

El organismo de transporte es el organismo idóneo para asumir la responsabilidad de recuperar la zona de emergencia mediante:

- el retiro de escombros,
- la reparación del camino,
- el acceso del tránsito.

Se espera que estas actividades se produzcan dentro de las primeras 24 horas después del evento.

Soporte Continuo (Esencial)

El organismo de transporte debe ser el organismo encargado de establecer un acceso adecuado a la zona de emergencia mediante:

- Desarrollo de rutas alternativas
- Vías temporarias.

Se espera que estas actividades se lleven a cabo durante la primera semana del evento.

Los eventos por “Emergencia en el Transporte” no deberían ser clasificados por su “tipo” sino más bien por su “categoría” y “prioridad”.

Los eventos por emergencia que puedan producirse en una ciudad podrían ser clasificados por su tipo, es decir:

BAJO:

Rutina, diario, menos de 24 hs.

Ejemplo: Un accidente de tránsito, la rotura de un caño de agua.

MEDIANO:

Un incidente mayor, 1 en 5/10 años, menor de un día-semana.

Ejemplo: Un derrumbe o caída de un puente principal o de un camino; una tormenta o lluvias intensas.

ALTO:

Desastre urbano, 1 en 25/50/100 años, menos de una semana.

Ejemplo: Huracán, terremoto, evacuación nuclear, colapso de una autopista.



Eventos Urbanos de Emergencia y sus frecuencias

Eventos de Alto Nivel (< 1%)	Centro Municipal de Operaciones de Emergencia
Eventos de Nivel Medio (~1 %)	Divisiones Afectadas de la Municipalidad Centro de Operaciones de Transporte- Directores Gerentes de Operaciones de Transporte
Eventos de Bajo Nivel "Rutina" (98 %)	Supervisores En Llamada Investigador de Campo/ Patrulla Centro de Gerenciamiento del Tránsito Expedir

¿Cuáles son los objetivos principales de un “Plan de Emergencia de Transporte”?

- Definir el significado de “Emergencia” dentro del organismo que tiene a su cargo el movimiento del tránsito en la ciudad.
- Impartir al personal de ese sector roles muy claros y responsabilidades concretas cuando deban responder y actuar en un incidente, particularmente durante una emergencia de nivel “medio” o “alto”.
- Eliminar la necesidad de una segunda suposición o reducir el tiempo de respuesta por posibles indecisiones.
- Eliminar el nerviosismo del personal, sobre todo de los novatos.
- Vincularlo dentro del Plan de Emergencia de la Municipalidad.
- Diseñar el plan de acuerdo al tipo de actividad que lleva a cabo el organismo que tiene a su cargo el tránsito de la ciudad.
- Dirigir la necesidad en todos los niveles dentro de la organización.
- Minimizar los posibles riesgos teniendo en cuenta las condiciones circundantes.

¿Qué es lo que debería incluir un Plan Efectivo de Transporte?

- Niveles predeterminados de prioridad y acciones asociadas.
- Cuadros de flujo de actividades para dirigir las primeras 24 horas y luego una semana después del hecho.
- Definir roles y responsabilidades.
- Listas de contacto para ser utilizadas durante el período de emergencia
- Resumir todo ello en un Manual de Emergencia para todo el personal responsable.

La experiencia en la ciudad de Toronto, Canadá, consiste en el desarrollo de una simple metodología para evaluar la prioridad del hecho mediante:

$$\begin{aligned} &\text{Apreciación de la zona de una congestión de tránsito X} \\ &\text{Apreciación de una duración estimada X} \\ &\text{Apreciación de la frecuencia del tipo de suceso} = \\ &\text{PRIORIDAD DEL SUCESO } 3 \times 2 \times 3 = 18 \end{aligned}$$

Un ejemplo de la experiencia en la Ciudad de Toronto:

Fijar niveles de áreas de congestión de tránsito

Ejemplos:

- BAJO (= 1)** Rotura de un caño de agua en una calle local; choque en una autopista, una avenida, una colectora y calles locales; escena de un crimen o incendio; inundación local; cierre de aeropuerto, zona pública en cuarentena; incidente en una escuela, etc.
- MEDIO (= 2)** Derramamiento químico, explosión de gas, caída de un edificio, incendio en una estación de subterráneo.
- ALTO (= 3)** Evacuación del centro de la ciudad; colapso de un puente; rotura de un caño de agua en una arteria principal de la ciudad; inundación importante; evacuación de una planta nuclear.

Como ejemplo de la experiencia en la ciudad de Toronto:

La asignación de niveles para una duración estimada

- Menos de 24 horas (=1)
- Entre un día y una semana (=2)
- Más de una semana (=3)

La asignación por el tipo de frecuencia del hecho

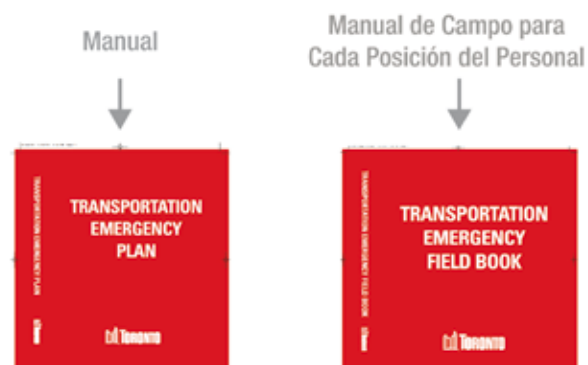
- Diario, semanal, mensual (=1)
- Entre 5 y 10 años (=2)
- Más de 25 años (=3)

Un Ejemplo de la Experiencia en la Ciudad de Toronto

Zona afectada x la duración estimada x frecuencia =
prioridad $3 \times 2 \times 3 = 18$

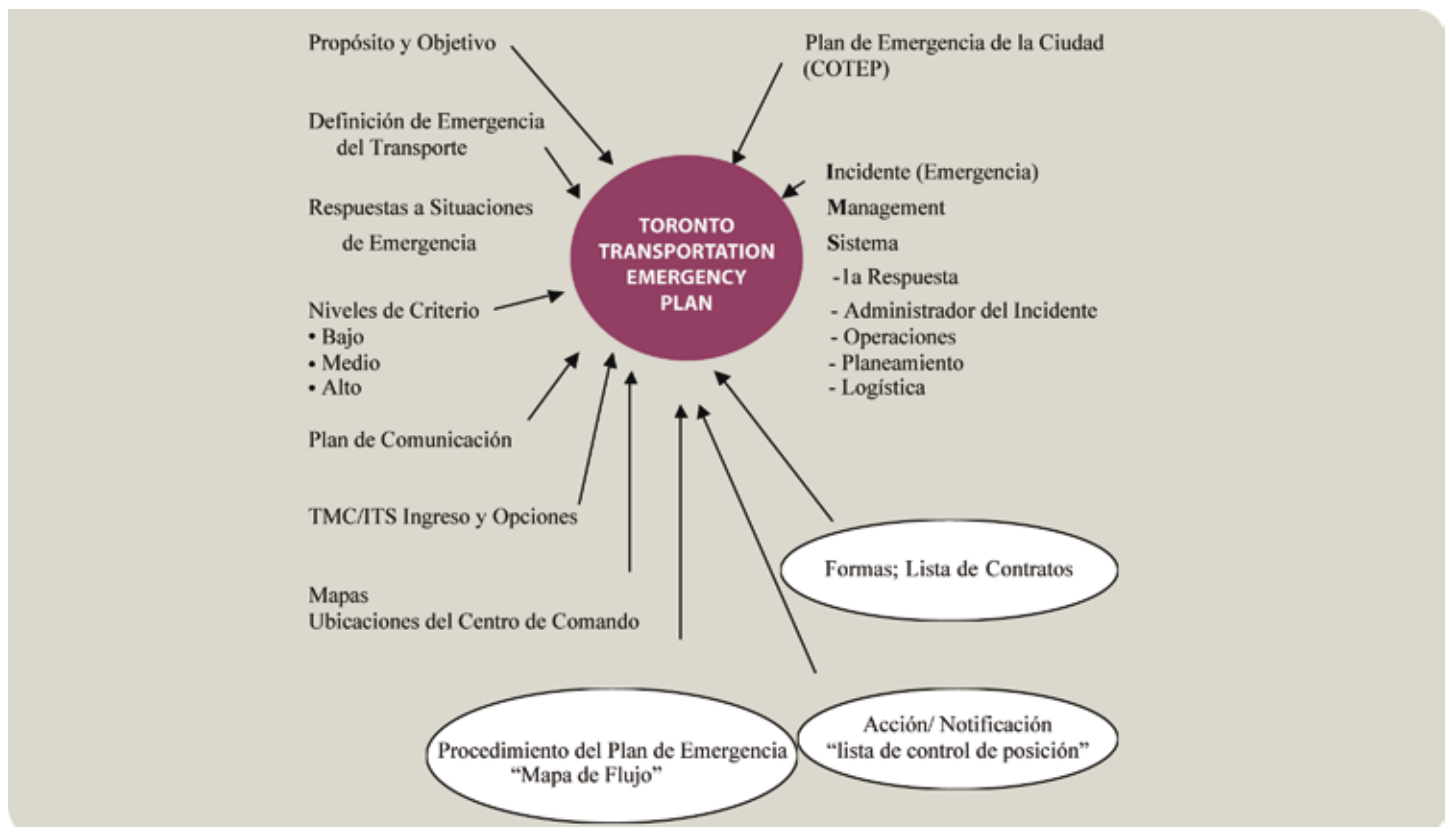
Plan de Emergencia de Transporte

Documentación 2 Partes



EMERGENCY ROAD CLOSURE EVENTS											HIGH SEVERITY: > 17 MEDIUM SEVERITY: 6 to 17 LOW SEVERITY: < 6	
PREDETERMINED PRIORITY LEVEL GUIDE - Factor of Traffic Congestion, Duration & Frequency												
EVENT	LEAD Versus SUPPORTING	TRAFFIC CONGESTION AREA			DURATION			FREQUENCY			SEVERITY	PRIORITY
		LOCALIZED	DISTRICT	CITY-WIDE	< 24 Hours	24 Hours < 1 Week	> 1 Week	Less Than Weekly & Monthly	Once In 5 to 10 Years	Once In 25, 50, 100 Years		
VALUE LEVEL *		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1. POWERING NUCLEAR EVACUATION	Support TT			X			X			X	27	HIGH
2. TORNADO - HURRICANE - EARTHQUAKE - WIND STORM - ICE STORM	Support TT			X			X			X	27	HIGH
3. 9-1-1 DOWNTOWN EVACUATION	Support Police			X		X				X	18	HIGH
4. MAJOR SNOW STORM - City Wide Snow Removal	Transportation			X			X		X		18	HIGH
5. OFFICE TOWER DOWNTOWN COLLAPSE	Support TT		X				X			X	18	HIGH
6. POWER FAILURE - CITY WIDE	Support TT			X		X			X		12	MEDIUM
7. BRIDGE or ROAD COLLAPSE (Expressway, Arterial, Collector)	Transportation		X				X		X		12	MEDIUM
8. MAJOR ROADWAY FLOODING	Transportation			X		X			X		12	MEDIUM
9. TRAIN DERAILMENT (at a Roadway Crossing)	Support Police		X			X				X	12	MEDIUM
10. PEARSON AIRPORT CLOSURE	Support Airport Authority		X			X				X	12	MEDIUM
11. TTC SUBWAY STATION FIRE	Support Toronto Transit Comm.		X			X				X	12	MEDIUM
12. BROKEN WATERMAIN or Sewer Collapse (on Arterial Road)	Support Water		X			X			X		8	MEDIUM
13. CHLORINE GAS LEAK	Support Fire & Police		X			X			X		8	MEDIUM
14. GAS EXPLOSION	Support Utility		X			X			X		8	MEDIUM
15. HYDRO SUBSTATION EXPLOSION	Support Utility		X			X			X		8	MEDIUM
16. FALLING DEBRIS FROM OFFICE TOWER	Support Police		X			X			X		8	MEDIUM
17. AIRPLANE LANDING ON ARTERIAL ROAD	Support Police		X		X					X	6	MEDIUM
18. CHEMICAL SPILL (Non-Toxic)	Support Fire & Police	X				X			X		4	LOW
19. CHEMICAL SPILL (Toxic)	Support Fire & Water	X				X			X		4	LOW
20. PROTEST OR RIOT	Support Police		X		X				X		4	LOW
21. QUARANTINED PUBLIC AREA (Hospital, Senior Home, Community Centre)	Support Police & Public Health	X				X			X		4	LOW
22. UNPLANNED SPECIAL EVENT (Marble Works Win Spring Cup)	Support Police		X		X				X		4	LOW
23. POWER FAILURE - LOCAL TRANSFORMER	Support Police & Hydro?	X				X			X		4	LOW
24. COLLISION ON ARTERIAL ROAD	Support Police		X		X				X		2	LOW

Fuente: Transporte de Toronto



Completar el Plan con el equipo apropiado



Un Plan de Emergencia es un documento “viviente”

En consecuencia:

Revisión continua y un Plan actualizado

- Verificación sobre cualquier cambio de planes y desarrollos de la Municipalidad
- Verificación sobre cualquier experiencia presente en la aplicación del Plan
- Revisión de los cambios del personal en la organización y su actualización

Entrenamiento Periódico

- Detalles del Plan
- Protocolos de comunicación
- Responsabilidades

Ejercicio Periódico (anual)

- “Escenario”, desarrollo y acción ♦



**CAMARA ARGENTINA
DE CONSULTORAS
DE INGENIERIA**

50 AÑOS



EL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL SALVA VIDAS Y REDUCE COSTOS

La ERF (European Union Road Federation) ha emitido un documento en el que advierte la importancia del señalamiento horizontal como factor de reducción de riesgos viales siendo, además, un elemento primordial para la circulación de los llamados “automóviles inteligentes”.

La ERF ha lanzado un documento de toma de posición, en el que sugiere que un uso más extendido del señalamiento vial en las carreteras europeas es un medio de aumentar la seguridad vial y reducir el impacto socio- económico de los accidentes.

Bajo el título **“Marcando el camino hacia un futuro más seguro”**, la ERF pide a los Estados miembros establecer políticas de intervención y de mantenimiento para garantizar que las marcas viales en carreteras de Europa sigan siendo visibles para los usuarios de la carretera y, al mismo tiempo, optimizar la interacción entre la infraestructura vial y el automóvil inteligente.

Las marcas viales son una de las soluciones de seguridad más rentables que están disponibles para los responsables políticos y los operadores de la carretera. Proporcionan a los conductores la orientación necesaria sobre la carretera, permiten un mejor tiempo de vista previa y pueden ayudar de manera significativa a evitar los riesgos de accidentes de salida de vía y colisiones por alcance. Sin embargo, como resultado de los recortes presupuestarios aplicados por los gobiernos de toda Europa en los últimos años, la calidad de las marcas viales en toda Europa se ha deteriorado significativamente y en algunos casos, incluso han desaparecido por completo.

“La sistemática reducción de mantenimiento de carreteras y marcas en particular, representa ante todo un peligro para el usuario de la vía”, explica **George Lee, Presidente del Grupo de Trabajo ERF** sobre marcas en la carretera. “Hay un montón de evidencias empíricas y resultados de investigación que demuestran que las marcas viales aumentan en gran medida la comodidad del conductor y pueden producir tasas de retorno espectaculares en el primer año de aplicación para las autoridades de tráfico. Además, y como se indica por EuroRAP y EuroNCAP en su documento de consulta puesto en marcha en noviembre

de 2013, la ausencia de marcas visibles de la carretera también niega esencialmente los grandes beneficios potenciales para la seguridad, que pueden surgir a partir de la introducción de sistemas de advertencia de carril en los vehículos nuevos”.

En opinión de la ERF, la solución es el establecimiento de normas de intervención y mantenimientos que permitan garantizar que las marcas siguen siendo visibles en todo momento, tanto para el conductor como para el vehículo inteligente, independientemente de las condiciones de luz (día vs. noche), las condiciones climáticas (secas vs. húmedas vs. húmedas y lluviosas) y la edad de los conductores (jóvenes vs. mayores).

“Creemos que esto se puede resumir en la sencilla expresión 150x150. En otras palabras, las marcas viales deben tener un rendimiento mínimo de 150 mcd / lux / m² y una anchura mínima de 150 mm para todas las carreteras. Para condiciones húmedas y lluviosas el nivel mínimo de rendimiento debe ser de 35 mcd / lux / m² (RW2)”.

“Sabemos que esto es factible desde el punto de vista tecnológico y creemos que cualquier costo adicional será más que compensado por mejores y crecientes niveles de seguridad y reducción de accidentes. Es por ello que nuestra propuesta ha sido respaldada por una amplia gama de partes interesadas. Por lo tanto, lo que estamos pidiendo en la práctica a los Estados miembros es que honren el compromiso contraído en la Cumbre de Leipzig y asignen a las administraciones de carreteras fondos suficientes para mantener las carreteras de Europa seguras”, explica George Lee. ♦



Asociación Argentina
de Carreteras

INVITACIÓN A PROPONER OBRAS VIALES A DISTINGUIR EN EL **DÍA DEL CAMINO 2014**

La **Asociación Argentina de Carreteras** distingue las mejores obras viales nacionales finalizadas durante el período comprendido entre los meses de octubre de cada año. Estos galardones se constituyeron, a través del tiempo, en un premio muy valorado por empresas y profesionales que participan en el desarrollo de obras viales, y no solo llenan de orgullo a quienes los reciben, sino que también sirven de carta de presentación para futuros emprendimientos nacionales o del exterior.

Los reconocimientos recaen en aquellas obras que por su magnitud, trascendencia, protección al medio ambiente, solución a problemas serios de tránsito, innovación tecnológica o impacto en la economía regional, resulten dignas de ser premiadas para que sirvan de modelo y ejemplo de obras futuras.

Como es ya tradicional, se distingue al ente comitente, a las empresas proyectistas, y a las firmas constructoras en representación de la multitud de profesionales, técnicos y trabajadores que dan vida a cada obra.

De contar con alguna obra para proponer, agradeceremos vayan previendo una breve memoria técnica, con fotos y videos para una mejor evaluación.

Una comisión de especialistas creada el efecto tendrá la ardua tarea de evaluar las propuestas y someterlas al Consejo Directivo de la Asociación para su aprobación final.

La entrega de premios se llevará a cabo, como siempre, en ocasión de la tradicional cena del **"Día del Camino"**, a celebrarse **en Buenos Aires**.

A esta ceremonia es habitual que asistan las más altas autoridades nacionales, provinciales y municipales vinculadas con el sector vial y del transporte, además de empresarios, representantes de cámaras, universidades e instituciones relacionadas con el camino.



Invitamos a organismos viales, empresas y profesionales del sector a proponer las obras que a su juicio merezcan estos galardones.

EVENTO
NACIONAL



LLAMADO A PRESENTACIÓN DE PROPUESTAS

La Fundación Latinoamericana de Transporte Público y Urbano (ALATPU) y el Comité Organizador del **XVIII CLATPU** tiene el agrado de invitar a presentar propuestas de ponencias, enviando sus resúmenes antes del **11 de abril de 2014**.

La temática central del encuentro será: **TRANSPORTE SUSTENTABLE. EL COMPROMISO DEL SIGO 21**

La presentación de las ponencias estará dividida en los siguientes subtemas:

- Movilidad e integración territorial.
- Claves y soluciones para una movilidad a escala de las ciudades de distinto porte.
- Innovaciones y desarrollo tecnológicos aplicados al transporte.
- Ambiente y alternativas energéticas.
- Planeamiento y economía del transporte.
- Financiamiento del transporte.
- Aspectos políticos, regulatorios e institucionales (nuevos ámbitos, nuevas autoridades).
- Tránsito urbano.
- Transporte público y su recuperación en la ciudad del siglo XXI: organización, gestión, movilidad, equidad y accesibilidad.
- Seguridad vial, del diagnóstico a la Década de Acción 2011-2020.
- Transporte urbano de carga y logística.

PARA MÁS INFORMACIÓN:

www.clatpu.org



DISTRIBUIDOR
Autorizado
LAMINAS
REFLECTIVAS

LAMINAS
REFLECTIVAS
con sello
IRAM



NUEVA Tecnología

GRADO INGENIERIA PRISMATICO PEG

- Excede las especificaciones de la tecnología Grado Ingeniería.
- Posee Sello IRAM 10033.
- Durabilidad 10 años.

ALTA INTENSIDAD PRISMATICO HIP

- Alta performance visual.
- Posee Sello IRAM de conformidad con la norma ASTM D4956 Tipo IV.
- Durabilidad 10 años.

OMNICUBE Cubo Completo

- Microprismas omnidireccionales.
- Posee Sello IRAM de conformidad con la norma ASTM D4956 Tipo XI.
- Durabilidad 12 años.

Distribuidor Autorizado
Señalar SRL
Tel. 0341 457 457 7 - 456 4343
carteles@senalar.com.ar
Brasil 151 - Rosario

senalar.com.ar

Sello IRAM - Poseen marca de agua - Omnidireccionalidad - Procedencia USA - **ENTREGA INMEDIATA**



OBRA NACIONAL

PUENTE LA PEDRERA

VILLA MERCEDES, PROVINCIA DE SAN LUIS

En la ciudad puntana de **Villa Mercedes**, el nuevo **punto sobre el río Quinto conecta el barrio La Ribera**, ubicado al sur de la margen derecha del río, con el centro de la ciudad. La obra de ingeniería no solo cumple su función natural sino que asume un papel protagónico en el paisaje gracias al perfil icónico que le confiere su diseño.

Desde el punto de vista estructural, se trata de un puente atirantado de **una sola torre (pilono) y de dos luces asimétricas**: de **102,75 metros y 73,70 metros**, que presenta una longitud total de **176,45 metros**. Se estima que el puente es utilizado diariamente por unos **17.000 vecinos** que se trasladan a distintos puntos de la ciudad. El flujo vehicular ocupa cuatro calzadas, mientras que en el centro del tablero se dispone una vereda peatonal.

Un total de **16 pares de tirantes** dispuestos en semiabanco asimétrico soportan el tablero, cuya estructura resistente está compuesta por una viga cajón monocelular en la dirección longitudinal. Y transversalmente por vigas T colocadas en voladizo, apuntaladas desde el fondo de la viga longitudinal por medio de un reticulado conformado por tubos de acero. Esta estructura se completa con una losa superior de hormigón armado. En ambos sentidos, la estructura de hormigón armado está postesada.

El pilono, la torre que soporta los tirantes, tiene una altura de total de 60 metros considerada desde el terreno natural. **“Una particularidad de esta estructura es su metodología constructiva, dado que se trata de elementos huecos de hormigón armado premoldeados (dovelas) en cuya oquedad se coloca la armadura resistente y se llena con hormigón en una segunda etapa”**, pondera la memoria descriptiva. Esto permite que la terminación superficial a la vista sea perfecta.

Al nivel del tablero, el pilono está dividido en dos grandes columnas separadas por la senda para peatones y bicicletas. Estas columnas están inclinadas en la zona baja, de manera que, al llegar a los 15 metros de altura, alcanzan la separación definitiva que se mantiene constante hasta el coronamiento. Ambas columnas poseen uniones intermedias (presillas) hasta llegar a la zona de anclaje de los tirantes. La fundación del pilono está compuesta por 14 pilotes de 1,30 metros de diámetro y 28 metros de profundidad, hormigonados “in-situ”. Para unir dichos pilotes se construye el cabezal, el cual está constituido por una estructura de hormigón armado postesado muy robusta.

Entre el cabezal de pilotes y el tablero se ubica el basamento del pilono, cuya geometría responde a criterios tanto de carácter estético como hidrodinámicos.



Los anclajes de los tirantes se sitúan en los bordes extremos de la vereda y bicisenda.

El estribo del margen derecho, que colabora en la retención del pilono, es un estribo del tipo cerrado, lastrado con suelo compactado y fundado sobre ocho pilotes de 1,30 metros de diámetro y 28 metros de profundidad. Está formado por una losa inferior, otra superior, y tabiques laterales. En el interior del mismo existe una cámara a través de la cual se accede a los anclajes de los tres pares de tirantes que llegan al estribo. El estribo del margen izquierdo es similar al anterior, pero de menor envergadura.

La metodología constructiva del puente sigue una secuencia rigurosa. El paso más importante es la ejecución de 13 pórticos provisionales en los cuales se apoya el tablero del puente. Una vez terminado y tensado, los tirantes se retiran quedando totalmente finalizada la obra. “Esta secuencia debe respetarse, dado que se debe asegurar en todo momento la estabilidad de las estructuras parcialmente montadas y sus resistencias para las distintas etapas constructivas”, detallan los constructores. ♦

Datos de la obra

Proyecto: M y T Consultora y Arq. Esteban Bondone
Comitente: Dirección Provincial de Vialidad de San Luis
Contratista: Rovella Carranza
Gerente de obra: Ing. Enrique Gallardo
Jefe de obra: Ing. Fernando Munyau
Longitud total: 176 metros
Año: Noviembre de 2013
Monto: \$74.321.362,56
Ubicación: Villa Mercedes, Provincia de San Luis



VISITA TÉCNICA

RN 150



VISITA TÉCNICA

VISITA DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS A LA OBRA DE LA RN 150 EN SAN JUAN

El **Lic. Salvia**, acompañado por los ingenieros **Nicolás Berretta** y **Norberto Salvia**, visitó esta importante obra, donde personal de la **Dirección Nacional de Vialidad**, **Vialidad Provincial** y miembros de la **Universidad Nacional de San Juan**, brindaron sendas explicaciones técnicas.

Esta vía, que nace en la localidad de **Patquía, La Rioja**, y conecta a **San Juan** con **La Serena**, en **Chile**, constituye el último tramo del **Corredor Bioceánico Central** y posibilitará conectar los núcleos productivos de la Pampa Húmeda, Litoral y Norte Argentino desde Porto Alegre (Brasil) hasta el puerto de Coquimbo (IV Región de Chile).

La **RN 150** tiene una extensión de aproximadamente **389,500 km.**, de los cuales **303,850 km.** pertenecen a San Juan y el resto (85,650 km.) corresponden a La Rioja. En territorio sanjuanino se ejecutan 150 km. de obra nueva. Crear la traza nueva de la **Ruta Nacional 150** implicó desde su inicio un **imponente reto profesional, técnico y económico.**

La obra, en todo su recorrido, comprende la realización de **12 puentes**, con un total de **1.100 metros de longitud**, y **6 túneles**, que significaron **1.862 metros lineales excavados**. Los túneles están ubicados en un tramo de solamente **12 kilómetros**, en la zona entre **Ischigualasto y Agua de la Peña**. ♦





Se trata de una inversión que supera los **1.220 millones de pesos**, de los cuales ya se llevan ejecutados alrededor de **1.031 millones**, que corresponden a un avance de obra general de más del 80%.



El Presidente de IVIA, Jacobo Díaz Pineda, fue reelegido como miembro del Comité Ejecutivo de la IRF en Washington

El Presidente del Instituto IVIA, Jacobo Díaz Pineda, ha sido reelegido por otros dos años como miembro del Comité Ejecutivo de la IRF en Washington (International Road Federation), al que pertenece en su calidad de Presidente de la Federación Europea de Carreteras (ERF).



Arthur Dinitz (Transpo Industries), Moriyasu Furuki (Asociación Japonesa de la Carretera), Dan Hickey (3M), Robert Jaffe (Consystec), Omar Smadi (Iowa State University) y Steve Smith (CDM Smith) completan el plantel de este Comité Ejecutivo, designado para el período 2014-2015.

El nombramiento tuvo lugar el pasado 13 de enero en Washington, en el marco de la primera reunión del año del Comité Ejecutivo de la IRF, que preside Abdullah Al-Mogbel, Alcalde de Riad (Arabia Saudita). El encuentro sirvió también para debatir el Plan Estratégico en cuyo desarrollo trabaja actualmente esta organización internacional. En el mismo acto fue reelegido el Lic. Miguel A. Salvia, Presidente de la AAC, miembro del Consejo de Directores para el período 2014-2016.



Juan Francisco Lazcano Acedo, Presidente en Funciones de la AEC (Asociación Española de la Carretera), tras la renuncia de Miguel María Muñoz

Miguel M^a Muñoz Medina presentó ante el Consejo Directivo de la Asociación Española de la Carretera su renuncia como Presidente de la institución debido a "razones personales".

De conformidad con los estatutos de la institución, el Vicepresidente Primero, Juan Francisco Lazcano Acedo, ha asumido la Presidencia en Funciones hasta la celebración de nuevos comicios, el próximo 27 de marzo.

Miguel M^a Muñoz puso así "punto final a casi medio siglo de dedicación profesional al apasionante mundo de la seguridad vial y, en la última década, más genéricamente, de la carretera. Cuarenta y nueve años en los que he desempeñado funciones en todos los ámbitos y desde todas las ópticas", sentenciaba tras anunciar su dimisión.

El pasado mes de enero se cumplían dos años de la última reelección de Muñoz Medina como Presidente de la AEC, un nombramiento que concluye en la mitad del mandato, tras una década de desempeño al frente de la Asociación Española de la Carretera.

Todos los miembros del Consejo Directivo han coincidido en destacar la brillante gestión de Miguel M^a Muñoz en estos diez años.



Se conformó la primera red de universidades para la Seguridad Vial de Latinoamérica

Esta organización fue constituida en la ciudad de Buenos Aires, en una reunión llevada a cabo en la sede de la Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires. Allí, universidades de cinco países latinoamericanos así como organismos internacionales preocupados por la seguridad vial, conformaron la primera Red de Universidades para la Seguridad Vial (RUSEVI). La CIFAL tendrá a cargo la tarea del funcionamiento de la Red, contando de esta manera con el respaldo del Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR). El principal objetivo es fomentar el intercambio de conocimiento e investigaciones, formar actores y desarrollar ideas que contribuyan con la seguridad vial.

* Objetivos de la RUSEVI

- Impulsar la adopción de estrategias comunes en el conocimiento, la producción y la investigación en la temática de seguridad vial.
- Vincular instituciones académicas con la comunidad en Latinoamérica.



Quinta Edición
2013 - 2014



V Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo

Los interesados en presentar trabajos de investigación para la **V Edición del "Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo"** tienen plazo hasta el 19 de mayo.

Este certamen, convocado por la **Fundación de la Asociación Española de la Carretera (FAEC)**, nació en 2005 con el propósito de contribuir al desarrollo de la tecnología viaria en todo el mundo a través de investigaciones que incentiven la innovación en el sector.

Asimismo, el concurso pretende generalizar el uso del español como lengua científica internacional en el campo de las infraestructuras de carreteras.

Bajo estas premisas, en las cuatro ediciones celebradas hasta la fecha, la **FAEC** ha distinguido con este ya prestigioso galardón a importantes universidades de todo el mundo, así como a empresas y gobiernos plenamente comprometidos con el progreso constante del fenómeno viario.

En la quinta edición de este Premio pueden participar personas físicas o jurídicas de cualquier nacionalidad, autores de proyectos, estudios, trabajos de investigación o erudición, tesis doctorales, etc. Los originales, redactados en lengua española, han de ser novedosos y no haber participado en otros certámenes.

Los interesados en participar en la nueva convocatoria deben enviar dos ejemplares del trabajo, cuya extensión no superará las 50 páginas, además de una copia del mismo en soporte informático, curriculum vitae y fotocopia del Documento Nacional de Identidad o Pasaporte.

La documentación deberá ir acompañada por un escrito en el que figuren los datos personales de los autores, declaración expresa y firmada de la aceptación de las Bases, título del trabajo acompañado de un resumen y una relación de otros posibles documentos que refuercen la propuesta.

Todos los detalles para la presentación de originales se encuentran en las Bases del Premio, a las que se puede acceder a través de la página web del certamen:

www.premioinnovacioncarreterasjafc.org

Al reconocimiento público internacional que supone este galardón hay que sumar una dotación económica de **12.000 Euros** para el proyecto ganador.

En cuanto al Jurado de esta V Edición, está integrado por reconocidos profesionales internacionales, actuando como Secretario **D. Jacobo Díaz Pineda**, Director General de la Asociación Española de la Carretera, Presidente de la Federación Europea de Carreteras, Presidente del Instituto Vial Ibero-Americano, y Secretario de la Fundación de la Asociación Española de la Carretera.

Agrimensor Alfonso de la Torre



Falleció el 10 de diciembre de 2013.

Egresado de la Universidad Nacional de Cuyo en 1949, fue fundador de la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan.

En 1983, en reconocimiento a sus contribuciones docentes a la ingeniería vial fue designado Profesor Emérito y, posteriormente, Profesor Honorario Extraordinario de la Universidad Nacional de San Juan.

Se desempeñó activamente como presidente de la Fundación de la Universidad Nacional de San Juan. En su actividad profesional, desarrolló una exitosa y prolongada labor como consultor de ingeniería vial y ejecutó numerosos proyectos en todo el país.

Fue becario de la Asociación Argentina de Carreteras en la International Road Federation. Cursó estudios de posgrado en Mecánica de Suelos y Transporte en la Universidad de Carolina del Sur, Estados Unidos.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan fue profesor titular de asignaturas vinculadas a ingeniería vial en las carreras de Ingeniería Civil e Ingeniería en Agrimensura, desde 1957 hasta 1983.

En 1983 creó la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña (EICAM), que hoy lleva su nombre. Esta institución debe su origen al grado de experiencia como consultor vial y prestigio profesional que había alcanzado Alfonso de la Torre por aquellos años. Comprendió que la ingeniería de caminos de montaña era una especialidad en sí misma, que debía ser desarrollada en nuestra región. Ya en la Universidad de Buenos Aires existía la carrera de Posgrado en Ingeniería Vial y a nivel nacional existía una predisposición de las autoridades de Vialidad y del Poder Ejecutivo para crear más centros que ahondaran en el estudio de los caminos. La Universidad Nacional de San Juan fue pionera en la región oeste con la especialización en Ingeniería de Caminos de Montaña.

Su desaparición física deja un vacío notable en los círculos académicos vinculados con la actividad vial de nuestro país y Latinoamérica. Sin embargo, será en el ámbito familiar y de sus afectos cercanos donde su ausencia se percibirá con más fuerza.

Ingeniero Juan Carlos Relats



Falleció en la ciudad de Corrientes el pasado 19 de diciembre de 2013.

Ha-bía nacido en Rufino, provincia de Santa Fe, el 25 de mayo de 1935. Juan Carlos Relats cursó sus estudios de grado en la Universidad Nacional del Litoral, donde obtuvo el título de Ingeniero Civil.

En misión oficial de la UNL, realizó un viaje de estudios por diversos países europeos, culminando su actuación en la República Federal de Alemania, donde trabajó en la empresa Baubehorche Frei Und Hansa Stadt Hamburg.

Desarrolló su carrera profesional en la provincia de Corrientes, donde se volcó primero a la docencia, fue profesor de hidráulica e hidráulica aplicada en la UNNE y luego se desempeñó como Jefe de Obras Públicas de la Municipalidad de la capital provincial, para luego asumir como Jefe de la Dirección Provincial de Vialidad y Jefe de Obras de la Dirección de Vialidad.

En 1964 inició su actividad privada en la construcción con la firma Relats-Clebañer Sociedad Comercial Colectiva, con la que avanzó en el sector de obras públicas.

Creo y presidió las empresas Necon, JCR SA y Rutas del Litoral. Colaboró activamente en la Cámara Argentina de la Construcción, señalando en varias oportunidades que "la Cámara es un lugar donde un grupo de colegas tratan que nuestra actividad sea viable, transparente y rentable".

En el año 1969 se inició en la actividad agropecuaria y en el año 1970, en la actividad hotelera, entre muchos otros rubros, como explotación petrolera, energía, agua potable.

De sus palabras rescatamos: "yo amo mi trabajo, me gusta lo que hago, soy feliz en la obra, soy feliz construyendo". Un hacedor nato. El Ing. Juan Carlos Relats fue un silencioso benefactor de la comunidad de la que formaba parte.

Su fallecimiento llenó de consternación a su círculo familiar, amigos y colegas. **Queda viva su labor plasmada en innumerables rutas y obras de infraestructura y estructura, y en el aporte de conocimientos con que realizó y realizó cada una de las actividades a las que se dedicó siempre con afán y en una comunidad y una familia que recibió los dones de su grandeza.**

Ingeniero Roberto S. J. Servente



A los 93 años, falleció el Ingeniero Roberto Santiago José Servente, empresario notable de la actividad económica del último siglo.

A lo largo de una larga carrera como hombre de negocios, se convirtió en un referente importante de la indus-

tria de la construcción en la Argentina, pero por la mayoría de la gente será recordado como el único sobreviviente de las 59 personas que viajaban en un avión de Austral que cayó al mar cuando volaba de Buenos Aires a Mar del Plata en 1959.

Se había recibido de ingeniero civil y era socio de la constructora familiar que hoy lleva su apellido y que había sido fundada en 1890 bajo la razón social de Francisco Faverio S.A. De la mano de Roberto Servente, la constructora se convirtió en uno de los principales jugadores en la obra pública y privada y participó de grandes proyectos, como la construcción del edificio de la Biblioteca Nacional, la torre Dorrego, el edificio de la Universidad de Belgrano y el laboratorio del Conicet en Santa Fe.

La empresa, además, tuvo un papel destacado en obras de infraestructura, como las construcciones de las autopistas Ilía y Buenos Aires-La Plata. En este último caso, la empresa participó dentro del consorcio CCI, que tuvo hasta el año pasado la concesión de la operación de la autopista.

Fue socio de la Asociación Argentina de Carreteras por más de 50 años, y las empresas que dirigió fueron permanentes auspiciantes de las actividades de la institución.

El Ing. Servente también fue presidente de la empresa de aviación Alas y director de Austral.

“Fue un gran compañero de la Cámara y una persona con mucha experiencia y trayectoria puesta al servicio del sector de la construcción”, destacó Gustavo Weiss, actual presidente de la Cámara Argentina de la Construcción.

La impronta que dejó en su vida empresaria trascendió el ámbito de la construcción para derramarse por otras actividades y emprendimientos.

La familia fue su permanente preocupación: estaba casado con Zaira, y tuvo tres hijos, ocho nietos y tres bisnietos. Nuestras condolencias a su familia.

Ingeniero Pablo Roberto Gorostiaga



Falleció el pasado 7 marzo. Había nacido el 31 de enero de 1924. Ingeniero civil de profesión, desarrolló una intensa y brillante actividad institucional y profesional.

Fue Presidente del Centro Argentino de Ingenieros, de la Unión Panamericana de Ingenieros, Vicepresidente de la Federación Mundial de Ingenieros y Miembro Honorario de la Academia Argentina de Ciencias de la Empresa.

En su rol de Ministro de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, se destacó por el impulso que le diera a las obras viales. Publicó importantes libros técnicos de la construcción y de análisis económico.

Recibió el Premio Konex 1988 al empresario de la construcción y el Premio Puente de Alcántara, por su participación en la obra Puente Encarnación - Posadas.

Participó de importantes emprendimientos como el nuevo Puente Pueyrredón, el puente Internacional Colon-Paysandú, el Canal Mitre en el Río de La Plata, la planta potabilizadora de agua de Palermo, entre otras muchas obras en todo el país.

Recibió distinciones de los gobiernos de Venezuela y España. Fue miembro del Consejo Directivo de la Asociación Argentina de Carreteras y Presidente por dos períodos. Durante sus presidencias, la entidad organizó con singular éxito los Congresos Argentinos de Vialidad y Tránsito, eventos que alcanzaron jerarquía internacional, constituyéndose en las reuniones viales más importantes de la región.

Defensor a ultranza de la obra pública como medio de alcanzar el bienestar de los pueblos, fueron notables sus defensas del patrimonio vial. En especial, siempre destacó la importancia del mantenimiento y conservación de vías pavimentadas y caminos rurales.

Su caballerosidad y generosa actitud hacia los jóvenes profesionales será recordada por todos los que compartieron con él jornadas laborales o actividades institucionales.

En todos los ámbitos en los que actuó perdurará el recuerdo para un entrañable amigo y excelente ingeniero. Desde estas páginas nos sumamos al pesar que, sin duda, estará sobrellevando su familia, amigos y afectos más íntimos.

CAMINOS DEL RÍO URUGUAY

S.A. DE CONSTRUCCIONES Y CONCESIONES VIALES



Caminos del Río Uruguay

Autopista Mesopotámica

Rutas Nacionales N° 12 y 14 .
Financió y Construyó las Autovías:
Brazo Largo-Ceibas y Panamericana-Zárate

Visite nuestra página en la Web: www.caminosriouruguay.com.ar

Tronador 4102 - C1430DMZ Capital - Teléfono: 4544-5302 (Líneas Rotativas)



CLEANOSOL ARGENTINA

desde 1966 Haciendo Caminos más Seguros



DEMARCAACION HORIZONTAL

SPRAY / LINEA VIBRANTE
LINEA PARA LLUVIA
B.O.S. / PREFORMADOS
PINTURA EN FRIO
TACHAS REFLECTIVAS

SEÑALIZACION VERTICAL

FABRICANTE HOMOLOGADO
DE SEÑALES **KM**

CONSERVACION VIAL

MICROAGLOMERADO EN FRIO
MATERIAL PARA BACHEO EN FRIO
BOX BEAM / FLEX BEAM
TRAVESIAS URBANAS
AMORTIGUADORES DE IMPACTO
TERMINALES ABC
DELINEADORES DELETABLES

Mendoza 1674 / Avellaneda / Tel.: 011 - 4135-7200 / ventas@cleanosol.com.ar

Trabajos Técnicos

• Trabajos presentados en el XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito •

01. ACTUALIZACIÓN DE SOLUCIONES APLICABLES AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CALLES Y CAMINOS PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

Autores: Ings. Rosana Cassan y Jorge Páramo

02. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ENSAYOS DE RUEDA CARGADA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS SEGÚN LAS NORMAS BS 598 PART 110 Y CEN 12697-22

Autor: Dr. Francisco Morea

03. IMPORTANCIA DE LA HIDRÁULICA EN EL DISEÑO DE OBRAS VIALES

Autores: Ing. Adolfo Guitelman e Ing. Adriana del Valle Leiva

04. CRITERIOS DE DISEÑO Y/O VERIFICACIÓN DEL DRENAJE DE RUTAS NACIONALES Y CARRETERAS EN RIBERAS

Autor: Ing. Néstor Rolando Correa

• Trabajo presentado en el XIV Congreso Internacional de la Vialidad Invernal •

05. USO DE ADITIVOS ORGÁNICOS PARA INCREMENTAR LA DURACIÓN DE RIEGOS ANTI-HIELO SOBRE CALZADAS PAVIMENTADAS

Autores: Ing. Jorge Maturano e Ing. Rosa Carolina Aguilera Soraire

Divulgación

01. HISTORIA DEL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN AMÉRICA DEL NORTE

Autor: Gerald Huber, P.E.

02. PASADORES PLACA: UNA INNOVACIÓN IMPULSADA PARA PAVIMENTOS DE HORMIGÓN EN ÁREAS INDUSTRIALES

Autores: American Concrete Pavement Association - ICPA





Dirección de
VIALIDAD

NUEVA AUTOVIA 6



Es la obra de infraestructura vial más importante de la región, y una muestra de la integración y coordinación de las políticas públicas viales con el desarrollo productivo

TERCER CARRIL AUTOPISTA BS. AS. - LA PLATA

La concreción del tercer carril permitirá convertir a la Autopista en una vía de tránsito clave de acceso al Puerto de La Plata.



OBRAS VIALES DE ACCESO AL PUERTO LA PLATA



Son una alternativa vial para la circulación de transportes de cargas a la nueva terminal de contenedores.

REHABILITACIÓN DE RUTAS PROVINCIALES

Licitaciones por 571 millones de pesos para ejecutar obras de conservación, mantenimiento y rehabilitación de corredores que atraviesan más de 70 municipios.



Calle 122 N° 825 - La Plata - Buenos Aires - Argentina 0800-222-DVBA (3822) - +54-221-421-1160 al 69
www.vialidad.gba.gov.ar - prensavialidad@gmail.com

BA

GOB.
DANIEL
SCIOLI

ACTUALIZACIÓN DE SOLUCIONES APLICABLES AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CALLES Y CAMINOS PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

AUTORES:

Ings. Rosana Cassan (*) y Jorge Páramo (*)

(*) Laboratorio Vial del Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE). Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario.

Resumen

El estudio de soluciones técnicas y económicamente viables para dotar de transitabilidad permanente a caminos para bajo volumen de tránsito, es tema de investigación y desarrollo dentro del Laboratorio Vial del Instituto de Mecánica Aplicada e Ingeniería (IMAE). En este sentido se han analizado distintas soluciones, comenzando con la caracterización en laboratorio de materiales y mezclas, pasando luego a tareas de campo mediante la construcción y seguimiento de tramos experimentales. Por las características de los materiales utilizados y por la ubicación geográfica del IMAE, los trabajos se centraron principalmente en soluciones aplicables a la Región Litoral Argentina.

De ellos han surgido trabajos técnicos publicados oportunamente, considerando siempre la variable económica tanto en la construcción como en el mantenimiento. Para resumir las tareas realizadas se elaboró un Manual de Diseño tipo catálogo, cuyos parámetros de ingreso son el tipo de suelo de la subrasante, el tránsito y las condiciones de drenaje. Como resultado es posible obtener una o más estructuras tipo para cada combinación de los parámetros mencionados. Se han incorporado además, recomendaciones sobre dosajes aproximados de materiales y procesos constructivos. Un trabajo posterior, establece pautas para el tratamiento de estos caminos al momento de adicionar una cubierta asfáltica.

Desde ese momento hasta el presente, se ha continuado trabajando en el tema y analizando nuevas posibilidades, adecuándolas a los medios constructivos locales.

En el presente trabajo se expone un análisis que comienza con la evaluación de los principales mecanismos de falla, para luego de un análisis técnico – económico, optimizar las soluciones y realizar nuevas propuestas. Las mismas son practicables al considerar el bajo tránsito de los caminos en estudio.

1. Introducción

Analizando el desempeño y el modo de falla de los caminos para bajo volúmenes de tránsito de la zona en estudio, algunos de los cuales poseen capas de materiales estabilizados, la falla más común es la formación de pequeños baches redon-

deados. Su origen radica en un proceso de erosión hidráulica por efecto del tránsito, siendo más significativa la velocidad de circulación que el peso del vehículo. El proceso ocurre de igual forma en caminos con o sin cubiertas asfálticas. Comienza con la acumulación de agua en pequeñas depresiones, luego, con el paso del neumático, se produce una presión hidrodinámica en la zona de contacto con la parte frontal del neumático. Al abandonar el neumático dicha depresión, secundariamente se generan (Figura N° 1):



Figura N° 1

- Una succión que provoca un movimiento del agua arrastrando las partículas más finas de suelo hacia el exterior de la oquedad.
- Una violenta recuperación elástica de la deformación que experimentó el neumático que fuerza al desprendimiento de partículas.

Esta acción reiterada origina la típica forma de cuenco circular, las que por ello reciben el nombre genérico de “nido de gallina”. En superficies asfálticas fisuradas las partículas de suelo migran a través de dichas fisuras, pudiendo denominarse a este fenómeno microbombeo por la similitud con el bombeo que se genera en los pavimentos rígidos. De esta manera se incrementa paulatinamente la superficie afectada y su profundidad (Imagen N° 1)

En caminos sin cubierta asfáltica el mantenimiento o reparación de esta falla se realiza llenando los pequeños baches con un material de similar característica al que conforma la capa estabilizada. Si bien las tareas son simples, demandan

de acciones continuas a ejecutar con cierta regularidad. De no ser así las deformaciones adquieren una magnitud mayor, y las tareas de mantenimiento requieren el empleo de otros equipos tales como rastras o motoniveladoras para reacomodar el material de la calzada, con la posible incorporación de nuevos materiales.



Imagen N° 1

En caminos con **cubierta asfáltica** la generación de baches torna la transitabilidad tortuosa, obligando a los vehículos a describir trayectorias que eviten los mismos. Como consecuencia la velocidad de circulación disminuye drásticamente, llegando en casos, a circular por las banquetas.

El mantenimiento se vuelve sumamente complejo al no poder utilizar los elementos antes señalados para caminos sin cubierta asfáltica, y por consiguiente, más costoso. Es necesario un saneamiento en profundidad, con reposición tanto del material de la base como de la carpeta asfáltica. Además, debe señalarse, la necesidad de manejar tecnologías no siempre al alcance de los operadores en pequeñas localidades.

Por lo tanto es imperioso controlar las deformaciones de la estructura, para limitar la aparición de fisuras en la capa asfáltica de superficie. Con ello procurar minimizar el microbombeo de la base estabilizada debido al efecto de presión y succión antes señalado.

En lo que respecta a la **cubierta asfáltica**, debe lograr una elevada adecuación a las deformaciones de la base. En estos temas se centra el presente informe.

2. Objetivos

Teniendo en cuenta los aspectos descritos, inicialmente se plantean dos propuestas para ser utilizadas como base, que cumplan con las premisas enunciadas y con la posibilidad de recibir luego una cubierta asfáltica. Ellas son:

- Capa estabilizada compuesta de dos materiales en profundidad (bicapa)
 - Capa estabilizada con agregado pétreo en superficie
- Para disminuir la fisuración refleja en la capa asfáltica, se considera la técnica de microfisuración de la base cementada.

En lo concerniente a la cubierta asfáltica, se analizan las siguientes soluciones aptas para su aplicación sobre las bases mencionadas:

- Tratamiento bituminoso superficial: simple de un solo tamaño, doble, o simple seguido de lechada asfáltica (cape seal), con emulsión asfáltica modificada.
- Microconcretos asfálticos en caliente de espesor máximo tres centímetros,
- Microconcretos asfálticos en frío o microaglomerados.

Será función del tipo de subrasante, del tránsito y del drenaje del camino, la necesidad de tratar o mejorar la capa inferior a la base.

3. Desarrollo

Las soluciones adecuadas para la base en caminos de bajo volumen de tránsito que recibirán luego una cubierta asfáltica, deben contemplar los siguientes aspectos técnicos:

- Minimizar su deformación para controlar la fisuración de la cubierta asfáltica.
- Evitar el microbombeo de la base.
- Lograr un vínculo adecuado con la cubierta asfáltica.

Los dos primeros, controlar de la deformación y evitar el microbombeo de la base, son factibles de lograr restringiendo los finos y provocando una ligera cementación en dicha capa ⁽¹⁾. Esto reduce la erosión que provoca el agua impidiendo el microbombeo, a su vez reducen las deformaciones producidas por la cargas del tránsito, disminuyendo así los niveles de fisuración de la cubierta asfáltica.

Una base con estas características se puede conformar con diversos materiales. No obstante, partiendo de la premisa de minimizar los costos de construcción, las opciones más sustentables radican en el máximo aprovechamiento de los materiales locales. Resulta prudente en la zona litoral argentina trabajar con suelo del lugar y arena silíceo del Río Paraná combinados con uno o más agentes mejoradores, tales como: escoria siderúrgica o de acería, cal, cemento Portland, agregado pétreo y emulsión asfáltica ⁽²⁾.

Asimismo, se debe alcanzar un **vínculo adecuado entre la base y la cubierta asfáltica**, para lo cual es necesario lograr adherencia entre ambas, dando respuesta a solicitaciones derivadas de esfuerzos tangenciales y evitando el desprendimiento de la cubierta. Es necesario tener en cuenta dos aspectos:

- Evitar materiales finos sueltos o débilmente adheridos en la superficie de la base, para lo cual es recomendable limpiar con cepillos y aire comprimido concluida la compactación y antes de efectuar el riego asfáltico.
- Dotar a la base de una elevada macrotextura que incremente la trabazón mecánica con la cubierta asfáltica, complementando la adhesión que provee el riego asfáltico. La incrustación de

agregados pétreos triturados gruesos en la parte superior de la capa de base permite lograr esta finalidad.

A modo de ejemplo de mejora de un material compuesto local, puede citarse el estabilizado de suelo-arena con escoria siderúrgica y cal como una solución de amplia difusión en la zona en estudio. La misma fue desarrollada en el ámbito del Laboratorio Vial del IMAE siendo utilizada a partir de ese momento en calles y caminos de la ciudad de Rosario y alrededores, con excelentes resultados. Posee una rigidez moderada y buena vinculación con la cubierta asfáltica ⁽³⁾.

En lo que respecta a la **cubierta asfáltica** a disponer sobre el estabilizado, debe lograr una elevada adecuación a las deformaciones de la base (baja rigidez), y contribuir al bajo costo inicial de la estructura, para lo cual se requiere:

- Pequeño espesor,
- Rica en asfalto.

El empleo de emulsiones y asfaltos modificados contribuye notablemente a mejorar la elasticidad de la capa.

3.1 Base

3.1.1. Sistema Bicapa

Consiste en una base estabilizada con materiales no homogéneos en profundidad, construida en una única capa. Está compuesta en su sección inferior por suelo del lugar estabilizado física y/o químicamente, y en la superior por estabilizado granular tratado con bajo porcentaje de cemento Portland. Un esquema la capa de base, se muestra en La Figura Nº 2.

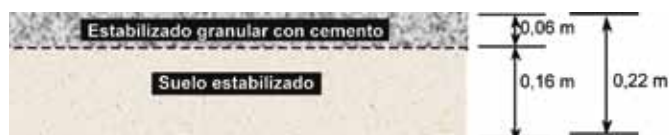


Figura Nº 2

Esta propuesta surge a partir de suponer que el estabilizado granular tratado con bajo contenido de cemento, cumple con los aspectos técnicos considerados adecuados para la base en calles o caminos para bajo volumen de tránsito (evitar el microbombeo de la base, minimizar la fisuración de la carpeta, lograr adecuada vinculación entre ambas). El inconveniente es que utilizándolo en los espesores convencionales, entre 0,15 y 0,20 metros, no cumple con las premisas económicas. Por este motivo se propone su empleo en espesores reducidos.

A partir de los objetivos planteados (utilización de materiales locales, bajo costo de construcción) es favorable para la formulación del suelo estabilizado, la incorporación al suelo de arena natural, para lograr un aumento de la resistencia friccional. En relación a los porcentajes a incorporar, el mínimo para producir una mejora en la fricción interna de la mezcla es de alrededor del 35% de arena. Valores indicativos de la

participación de este material se sitúan entre el 45 y 50%. Sin embargo, se ha demostrado que la mezcla de mejor comportamiento mecánico, corresponde a aquella en la que el suelo colmata los vacíos dejados por la arena compactada. En este caso el porcentaje para la mezcla de suelo y arena disponibles en la Región Litoral Argentina, es aproximadamente del 70% de arena y 30% de suelo ⁽⁴⁾.

Para obtener mejores resultados, es propicio en algunos casos incorporar un agente químico, como ser cal aérea hidratada en polvo. El porcentaje normalmente está entre el 3 y 5% en peso.

Para al estabilizado granular tratado con bajo porcentaje de cemento, un dosaje orientativo es 70% en peso de agregado granular, y entre 3 y 4% de cemento Portland. Se recomienda utilizar agregado pétreo natural triturado de tamaño máximo 19 milímetros. También puede utilizarse escoria siderúrgica de alto horno o de acería. Cabe recordar que el peso específico de la escoria de acería es sensiblemente superior al resto de los materiales, por lo cual hay que considerar ajustes si el dosaje se realiza por peso.

La importancia de limitar el porcentaje máximo de cemento a incorporar, radica en la conveniencia de obtener una capa de rigidez controlada. Este aspecto se orienta a disminuir la propagación de fisuras en la capa asfáltica. El riesgo puede disminuirse aun más cuando se produce por medios mecánicos la microfisuración de la capa cementada. Se forma así una red de pequeñas fisuras, casi imperceptibles a simple vista, que evitan la formación de bloques por contracción, causantes de las fisuras reflejas en la capa asfáltica. Este proceso no afecta significativamente el módulo final o resistencia de la capa.

Es favorable además, el empleo de cemento Portland compuesto, de bajo calor de hidratación. Este material permite una mayor holgura de tiempos de mezclado y compactación y presenta menor tendencia a producir fisuración por retracción de fragüe. Para controlar el exceso de rigidez en esta base, el porcentaje de cemento no debería superar el 4 % referido al peso seco de la mezcla.

En relación a la etapa constructiva, se recomienda atender las siguientes sugerencias. La mezcla de suelo con arena y cal, puede realizarse en el camino o en un lugar cercano destinado a tal fin. El suelo del lugar debe previamente ser desmenuzado, para realizar luego la incorporación de arena y cal. En base a las proporciones estimadas, se calcula el volumen de cada material para obtener una capa compactada de 0,16 metros de espesor. Luego y sin compactarla se distribuye sobre ella el estabilizado granular tratado con cemento, en la cantidad necesaria para obtener un espesor compactado de 0,06 metros. Finalmente se compacta toda la capa junta.

Dicha compactación de la capa en conjunto es necesaria para lograr total vinculación mecánica y adherencia entre los distintos materiales que la conforman. Además, si se realizan por separado es probable que el proceso constructivo no se logre eficientemente la densificación de la capa superior (estabilizado granular) o se generen planos de debilidad. Luego se perfila con motoniveladora en forma habitual.

La pendiente transversal se sugiere que se encuentre entre el 2,5 a 3,0 %. No aparece como conveniente, sellar con rodillo neumático. El motivo es evitar que quede material fino débilmente adherido mediante este proceso, debilitando la vinculación con la cubierta asfáltica, siendo preferible que la superficie quede algo irregular para favorecer a la adherencia mecánica entre ambas.

La microfisuración de esta capa comienza luego de uno o dos días de curado mediante riego de agua. Se realiza mediante la aplicación entre tres y cinco coberturas de compactación vibratoria con máxima amplitud o con el librado al tránsito, aunque con ciertas limitaciones.

El riego con emulsión asfáltica debe cubrir totalmente la superficie. Se estima una cantidad aproximada de 1 a 1,2 l/m² de residuo asfáltico. Este riego que puede aparecer como muy generoso, tiene la finalidad de sellar, penetrar y actuar como riego de liga.

En cuando a los aspectos geométricos, es recomendable que la capa de base tenga un sobreancho con respecto a la carpeta asfáltica de aproximadamente quince centímetros a cada lado. El propósito es mejorar la durabilidad de los bordes de la carpeta asfáltica.

3.1.2. Capa de suelo arena cemento con material pétreo incrustado en superficie

Consiste en la construcción y compactación de una capa de suelo-arena tratado con bajo porcentaje de cemento Portland, seguida de la distribución de material pétreo y la subsiguiente compactación del mismo para proceder a su incrustación en la capa de suelo – arena – cemento. Es conveniente que se deje transcurrir el menor tiempo posible luego de la compactación de la capa para favorecer la incorporación del material pétreo a la base. Como se señaló, el material pétreo en la superficie debe cumplir con la función de dotar a la base de una elevada macrotextura que facilite la trabazón mecánica con la cubierta asfáltica, para lograr una mayor vinculación entre ambas.

La adopción de los porcentajes de suelo y arena, es válido lo expuesto en el apartado 3.1.1. Como se indicó, el objeto de la incorporación del cemento es evitar el microbombeo de la base y disminuir sus deformaciones. Simultáneamente es necesario controlar el porcentaje máximo a incorporar para minimizar la fisuración por retracción.

La distribución del agregado pétreo se realiza una vez compactada la capa de base y cortada con motoniveladora, esparciendo el material y procediendo a su incrustación mediante pasadas de rodillo liso. El tamaño máximo del agregado debería ubicarse en el orden de los treinta milímetros, y la cantidad aproximada de 6 a 8 litros/m². La pendiente transversal es establece en el orden del 2,5 %. Es conveniente que la superficie quede algo irregular para favorecer a la adherencia con la carpeta asfáltica.

Las sugerencias sobre microfisuración, sobreancho y riego de curado con emulsión asfáltica son las mismas que las expresadas en el apartado 3.1.1 para el proceso la bicapa.

3.1.3. Técnica de microfisuras en capas cementadas

El desarrollo de fisuración en capas ligadas con cemento representa un inconveniente al momento de formar parte de la estructura de un pavimento asfáltico. Estas fisuras se producen principalmente por:

- El secado del material,
- El proceso de hidratación del cemento Portland.

Se originan de este modo fisuras en bloque como las que pueden apreciarse en la fotografía (Imagen Nº 2) que muestra una base de suelo cemento. Las mismas se traducen luego en fisuración reflejada en la capa asfáltica superior, lo cual ocurre tanto bajo la acción del tránsito como en lugares no transitados. Se posibilita de este modo el ingreso de agua y un deterioro acelerado del pavimento.



Imagen Nº 2

Los factores que intervienen en la forma y la cantidad de fisuras son numerosos y complejos. Incluyen la cantidad y tipo de cemento utilizado, el contenido de agua, los procedimientos de curado, las condiciones climáticas y las características y el momento de la colocación de la capa asfáltica superior.

Las causas y las formas de controlar el proceso de fisuración por contracción han sido motivo de numerosos estudios y publicaciones. Puede encontrarse entre la bibliografía trabajos basados en la selección del material y el diseño de mezcla, limitando por ejemplo el porcentaje máximo que pasa el tamiz Nº 200, o la rigidez final de la mezcla. Esto logra una fisuración más aceptable. Algunos autores promueven el retraso en la colocación de la capa asfáltica, dando así tiempo al desarrollo de la fisura y su consiguiente sellado.

Nuevas técnicas de construcción para bases cementadas están fundamentadas en la microfisuración de la capa a pocos días de su construcción. Los primeros en describir esta técnica fueron dos investigadores de Austria, Litzka y Haslehner en el año 1995 ⁽⁵⁾. Consiste en producir solicitaciones sobre la base entre 24 a 48 horas de construida, de modo de provocar fisuras muy pequeñas al principio de su vida, con el objetivo de limitar severamente el desarrollo de grandes tensiones que deriven luego en las típicas fisuras por contracción con espaciamientos considerables. De esta manera se minimiza sensiblemente y en algunos casos se evita, el proceso de fisuración refleja en las capas asfálticas dispuestas sobre la base cementada ^{(6) (7)}.

Las microfisuras se pueden producir a través de:

- La aplicación de compactación vibratoria con rodillos lisos, o
- El librado al tránsito.

Ambos procedimientos se aplican luego de un **período de curado** mediante riegos con agua, de entre **uno y dos días**. Se incrementa así el número de fisuras y se disminuye severamente el ancho y la longitud de las mismas, respecto a una base tratada con cemento sin este procedimiento. El aspecto superficial de la base prácticamente no cambia inmediatamente después de la microfisuración, puede no obstante, llegar a observarse algunas fisuras del tamaño de cabellos, como se observa en la fotografía (Imagen Nº 3).

En el caso de emplear el procedimiento de compactación vibratoria, el rodillo debe tener un peso estático del orden de 10 toneladas. Deben producirse no menos de tres pasadas a una velocidad de traslación de entre 50 y 80 metros por minuto y con la máxima amplitud de vibración.

Si se opta por el segundo procedimiento, el librado al tránsito, se debe **asegurar la presencia de tránsito pesado y procurar una cobertura de toda la superficie**, aspecto que puede resultar difícil de controlar y lograr adecuadamente.



Imagen Nº 3

Según la bibliografía consultada, producida la microfisuración, el módulo de elasticidad de la capa decrece inmediatamente de terminado el proceso entre el 50 y el 60%, para recuperarse luego hasta valores similares a los que hubiera desarrollado la capa sin microfisuración ⁽⁶⁾. Esto ocurre por la continuidad del proceso de hidratación del cemento, siempre que se proporcionen condiciones apropiadas. Las mismas pueden materializarse de dos maneras:

- Continuar con el curado mediante riegos de agua luego de realizar la microfisuración durante al menos dos días más, y sin tránsito sobre la capa, o
- Colocar la capa de mezcla asfáltica en forma más o menos inmediata.

Si se opta por el segundo procedimiento, y debido a que en el proceso de construcción de la capa asfáltica se provocarán perturbaciones en la capa cementada, es conveniente hacerlo antes que esta última haya comenzado a recuperar su cementación, luego de la microfisuración.

3.2. Cubierta Asfáltica

Las bases ligeramente cementadas descriptas y utilizadas en calles y caminos de bajo volumen de tránsito, tienen deformaciones admisibles superiores a las de las estructuras de pavimentos para mayor tránsito. Por este motivo, es de gran importancia que la carpeta asfáltica que se coloque sobre ella pueda acompañar dichas deformaciones con el mínimo de fisuras posibles.

Analizando el factor económico, es importante optar por soluciones que contribuyan al bajo costo inicial de la estructura. En este aspecto es necesario reducir los espesores de las cubiertas asfálticas. Es importante además, contar con la posibilidad de procesos constructivos simples y al alcance de las disponibilidades, tanto en equipos como personal, de las comunas o empresas que intervengan en la construcción. Es posible la adaptación de equipos o el diseño de elementos que logren un buen desempeño en la etapa constructiva, aunque seguramente los tiempos empleados sean mayores. Cabe considerar que por tratarse de pequeñas longitudes el rendimiento de los equipos no es un condicionante significativo.

Resumiendo, se considera conveniente optar por alguna de las siguientes soluciones:

- Tratamiento bituminoso superficial: simple, doble, o simple seguido de lechada asfáltica, (cape seal)
- Microconcretos asfálticos en caliente de espesor máximo tres centímetros,
- Microconcretos asfálticos en frío o microaglomerados.

3.2.1. Tratamiento bituminoso superficial

Consiste genéricamente en la extensión de un material asfáltico sobre una superficie prepa-rada a tal efecto. Puede con- tener materiales pétreos, no excediendo en tal caso el espesor de 20 milímetros. Su finalidad es impermeabilizar la superficie sobre la que se aplica, prove-er resistencia a la abrasión del tránsito y proporcionar una superficie confortable. Normal- mente se considera que estas capas no aportan capacidad es- tructural adicional.

Si bien existen distintos tipos, para las estructuras aquí trata- das se recomienda el empleo de:

- **Tratamiento bituminoso superficial simple de un solo tamaño.** Representa una alternativa al tratamiento convencio- nal (Figura N° 3). Consiste en una aplicación de material bitu- minoso, preferentemente emulsiones asfálticas modificadas, seguidas por una distribución de agregado pétreo de tamaño menor a 12 milímetros. El tamaño del árido debe ser lo más uniforme posible, preferentemente de forma cúbica y estar limpio para favorecer a la adherencia con el asfalto. Constitu- yen membranas elásticas, que aparecen como una solución de gran potencial cuando el objetivo es la construcción de cubier- tas asfálticas en calles de bajo volumen de tránsito pesado.

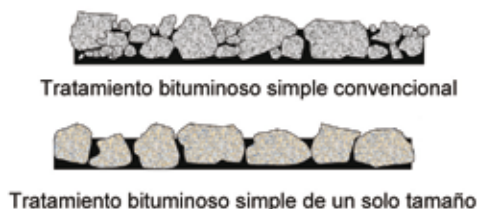


Figura N° 3

- Tratamiento bituminoso superficial doble. A continuación del tratamiento simple de un solo tamaño descrito anterior- mente, se realiza una segunda aplicación del mismo material bituminoso, seguido por la distribución de material pétreo de tamaño también uniforme (Figura N° 4). El tamaño medio del árido de esta segunda distribución debe ser la mitad o menos del tamaño medio de la capa precedente. Cabe aclarar que no se trata del tratamiento bituminoso superficial doble con- vencional.

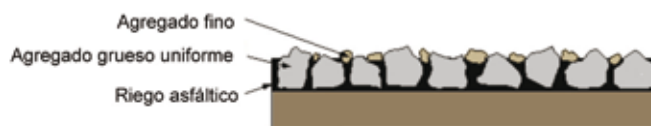


Figura N° 4

- **Tratamiento bituminoso superficial doble.** A continuación del tratamiento simple de un solo tamaño descrito anterior- mente, se realiza una segunda aplicación del mismo material bituminoso, seguido por la distribución de material pétreo de tamaño también uniforme (Figura N° 4). El tamaño medio del árido de esta segunda distribución debe ser la mitad o menos del tamaño medio de la capa precedente. Cabe aclarar que no se trata del tratamiento bituminoso superficial doble con- vencional.
- **Lechadas asfálticas.** Consiste en una mezcla de arenas, polvo mineral, emulsión asfáltica y agua, de consistencia semilíquida, que permita ser distribuida sin que se escurra ni segregue. El espesor depende del tamaño máximo del agregado pétreo, por lo general entre 4 y 10 milímetros. Para lograr mayor flexi- bilidad y adaptación a las deformaciones de la base, debe ser rica en asfalto y minimizar la incorporación de filler de aporte. Se recomienda utilizar emulsiones modificadas.
- **Cape Seal,** consistente en la ejecución de un tratamiento bi- tuminoso simple, seguida de una lechada asfáltica.

3.2.2. Microconcretos asfálticos

El concepto aplicado responde a proporcionar una cubierta asfáltica delgada, elaborada en caliente, a una estructura de pavimento destinada a tránsito liviano. Para ello la cubierta asfáltica debe proveer adecuada flexibilidad para adaptarse a las condiciones de apoyo manteniendo buena respuesta ante las deformaciones permanentes, y poder auto-repararse ante la eventual fisuración refleja de la base. El espesor puede estar comprendido entre dos y tres centímetros.

A tal fin, el agregado pétreo a utilizar no debe superar el tamaño máximo nominal 10 milímetros, que corresponde a un corte 6-12 y arena de trituración (corte 0-6). Es aconsejable excluir la utilización de arena silícea y evitar el uso de un único material, por ejemplo 0-12. El objetivo es conseguir resistencia a la deformación permanente mediante trabazón inter- granular.

Como filler es altamente recomendable el empleo de cal hi- dratada. El porcentaje estará en-tre el 1 y 1,5% referido al peso del agregado pétreo seco.

En cuanto al cemento asfáltico a utilizar, es preferible uno mo- dificado con polímeros. En caso de cemento asfáltico con- vencional, es conveniente utilizar uno de penetración 70-100.

3.2.3. Microaglomerado en frío

Consiste en una mezcla de material pétreo seleccionado, emulsión asfáltica modificada con polímeros y eventualmente agua, de consistencia semilíquida, que permita ser distribuida sin que se escurra ni segregue. El espesor depende del tamaño máximo del agregado pétreo, por lo general entre 4 y 15 milímetros.

Para lograr elasticidad, adaptación a las deformaciones de la base y minimizar la fisuración por rigidez de la capa, deben considerarse las siguientes acciones:

- Dotación elevada de asfalto,
- Minimizar el porcentaje de filler de aporte,
- Empleo de agregados pétreos triturados

En lo que respecta a la emulsión asfáltica, es ventajosa la utilización de emulsión catiónica de rotura controlada, modificada con polímeros (latex). Los polímeros son empleados con el fin de mejorar el comportamiento del asfalto, principalmente en lo referido a su elasticidad y adherencia a los áridos.

3.2.4. Proceso constructivo

Las técnicas constructivas para las propuestas mencionadas, deben ser analizadas con el propósito de su simplificación. Hay que tener siempre en cuenta que la premisa de bajo costo de construcción, se contrapone en muchos casos con la posibilidad de contar con equipos específicos para cada tarea. El objetivo es lograr las mejores condiciones en el desempeño y durabilidad en servicio de cada una de las capas, minimizando en muchos casos la importancia del rendimiento de los equipos. Esto último es posible al tratarse de calles de bajo tránsito, en donde no crea mayores inconvenientes al usuario el hecho de tener cerrado al tránsito por un período algo mayor a lo acostumbrado en calles de mayor importancia en cuanto al número de vehículos que circula.

En muchos casos, la construcción está a cargo de la misma comuna, por lo cual el proceso constructivo debe adaptarse al equipamiento existente, simple de adecuar o conseguir en el mercado a precios admisibles.

Cabe citar como precursor estas tecnologías al Ing. Dante Nardelli, quien realizó muchas, buenas e ingeniosas experiencias con equipos disponibles o improvisados. Como ejemplo se pueden recordar las lechadas asfálticas que construyó utilizando pequeñas hormigoneras con capacidad del orden de 50 o 75 litros, para efectuar la mezcla de los agregados pétreos y la emulsión asfáltica. Luego esta hormigonera la ubicó sobre la caja de un camión, donde también llevaba una cantidad adecuada de agregados, agua y emulsión. Para su distribución sobre el estabilizado, contaba con una caja muy simple de características similares a la indicada en la Figura N° 5.

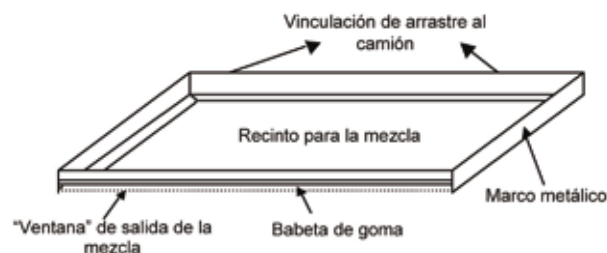


Figura N° 5

4. Evaluación in situ. Diseño de mejoras

4.1 . Caracterización del material existente

Dado el volumen de materiales que requiere la construcción de un camino, el bajo costo de construcción impone la utilización de los suelos existentes o de los materiales que actualmente forman la calzada, adecuándolos. En el caso recibir una cubierta asfáltica, habrá que dotarlos de las condiciones necesarias para tal fin.

Es necesario conocer las propiedades mecánicas del material existente. En zonas urbanas, los materiales que componen las estructuras de las calles, pueden variar sustancialmente de un lugar a otro, aún cercanos. Esta heterogeneidad se debe a las mejoras previas recibidas, generalmente localizadas. Si bien no es indispensable una evaluación pormenorizada para definir el tratamiento a realizar, sí puede afirmarse que mejorar el conocimiento del material existente, permite optimizar técnica y económicamente las soluciones a aplicar.

La caracterización de los materiales se puede realizar por diversos procedimientos. Una opción es realizarla en laboratorio mediante ensayos granulométricos, plasticidad en suelos finos, módulo resiliente. Si bien los resultados que se obtendrían serían de gran valor, la diversidad de materiales in situ, el tiempo requerido para su realización y el costo de estas tareas no condice con el objetivo propuesto.

Un ensayo más simple y rápido de realizar es el de penetración mediante el penetrómetro dinámico de cono (DCP). Este equipo es económicamente accesible, y mediante este ensayo se pueden estimar los espesores de las distintas capas y correlacionar los resultados obtenidos con el módulo dinámico de cada capa definida. Existe otro equipo también simple de utilizar y cuyos resultados brindan mayor información sobre las propiedades del material, denominado Deflectómetro de Impacto Liviano (LWD por sus siglas en inglés). Mide la deformación de la superficie bajo una carga dinámica. Es un equipo liviano, fácil de transportar y puede ser operado por una sola persona. Se dispone en el Laboratorio Vial del IMAE de un LWD (Imagen N° 4) desde hace algunos meses, y se comenzó a utilizar en la evaluación de estos caminos. A continuación se realiza una descripción del equipo y de la metodología de aplicación.



Imagen N° 4

4.2. Deflectómetro de impacto

Un deflectómetro de impacto es un equipo que mediante la aplicación de una carga dinámica sobre la superficie de un pavimento, mide las deformaciones verticales generadas en respuesta a dicha carga. La medición de la deformación se hace en forma simultánea en el centro del área cargada y en puntos alejados de la misma. De esta forma se obtiene el cuenco de la deformada bajo una carga dinámica, simulando el efecto del tránsito sobre el pavimento. A partir de los datos entregados por el equipo es posible modelizar la estructura del pavimento y caracterizar las distintas capas que lo conforman, calculando el valor de sus módulos dinámicos.

El más conocido de estos equipos es el Falling Weight Deflectometer (FWD) el cual consiste básicamente de un tráiler que contiene el equipamiento para la realización del ensayo de carga por impacto con la correspondiente medición de las deformaciones en la superficie del pavimento, el cual es remolcado por un vehículo en el que se encuentran instalados la computadora y los puentes destinados al control de la medición y adquisición de resultados.

En un camino de bajo volumen de tránsito pesado es difícil justificar económicamente la utilización de este equipo. Para estos casos es pertinente la utilización del LWD. Si bien ambos utilizan una tecnología similar, la sollicitación dinámica aplicada por el este último es menor a la del FWD, por lo que la profundidad de influencia de dicha sollicitación es inferior. Por este motivo, el LWD se utiliza en la caracterización de estructuras de pavimentos con capas estabilizadas o débilmente cementadas, en donde nivel de tránsito pesado que circula es bajo.

4.3. Descripción del LWD

El LWD es un equipo liviano que puede ser transportado y operado por una sola persona. Consiste en dejar caer libremente una masa conocida desde una altura variable aplicando de esta manera un impacto sobre la superficie del pavimento o de la capa a evaluar. La masa impacta sobre unos amortiguadores de goma que transmiten la carga a un plato. La función de los amortiguadores es regular la duración y el máximo valor del pulso de carga. Esta situación puede asimilarse a la carga de una rueda en movimiento sobre la superficie del pavimento. El plato debe estar bien apoyado en la superficie para aplicar una presión lo más uniforme posible.

Todo el sistema está calibrado de manera de poder medir y registrar la fuerza aplicada y las deflexiones de la capa en tres puntos distintos: el centro de la carga y dos más alejados, generalmente a treinta centímetros entre cada uno de ellos. Esto se logra mediante un geófono en el centro del plato y un brazo adicional que posee otros dos con un alto nivel de precisión. El equipo cuenta con platos de distintos tamaños que permiten regular la presión transmitida a la capa al aplicar la fuerza.

Cabe recordar además que los materiales no ligados son generalmente tenso-dependientes. Esta situación es reflejada en los distintos valores de módulos medidos por el LWD a partir de alturas de caída variable.

El equipo se conecta mediante una antena bluetooth a un dispositivo para la adquisición de datos (PDA), lo cual permite al operador trabajar en forma cómoda en el sitio de medición. El usuario define e ingresa como datos el radio del plato a utilizar y el coeficiente de Poisson de la capa a evaluar.

Mediante el software específico que posee, estima el módulo de elasticidad por retrocálculo simulando un sistema elástico multicapas. Los resultados pueden ser luego exportados a una planilla de cálculos, lo cual permite procesarlos, realizar interpretaciones adicionales, imprimirlos o presentarlos en un informe.

Un equipo LWD está disponible desde el presente año (2012) en el Laboratorio Vial del IMAE y se encuentra en marcha un plan de trabajos tendiente a correlacionar los resultados obtenidos en caminos de la zona en la que se encuentra ubicado el Laboratorio Vial, con ensayos de módulo resiliente en laboratorio y de penetrómetro dinámico de cono (DCP) en el camino.

Para el análisis de los datos brindados por el LWD, se ha optado por la utilización del programa BackVid, desarrollado en el Laboratorio Vial del IMAE⁽⁸⁾ y disponible en su página web. A través del mismo puede realizarse el ajuste de los módulos de las distintas capas existentes en la estructura a evaluar, conociendo los espesores de las mismas y de la deformada en superficie.

Entre las principales utilidades que brindan los resultados obtenidos con el LWD, se pueden mencionar:

- Determinación de las características mecánicas del material existente en el camino.
- Obtención de datos para el diseño de las mejoras a realizar.
- Determinación de tramos con comportamiento homogéneo.

4.4. Plan de aplicación experimental

Mediante un convenio entre el Laboratorio Vial del IMAE y un municipio de la zona, se están llevando a cabo las tareas tendientes a la construcción de tramos experimentales con las alternativas planteadas para base y carpeta asfáltica. El plan de trabajo incluye:

- Caracterización del material existente en la calle a mejorar: se tomarán muestras en el camino con el fin de realizar ensayos de caracterización del material (clasificación HRB, granulometría, módulo resiliente), ensayo de penetración mediante Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP), ensayo de deflexión utilizando el LWD.
- Análisis de los resultados de estos ensayos, para la verificación de las correlaciones experimentales.
- Análisis técnico – económico de alternativas para la mejora a construir, evaluando las posibilidades de equipos y mano de obra para las tareas.
- Diseño y dosificación de mezclas.
- Métodos constructivos. Asesoramiento y capacitación durante la construcción de las mejoras.
- Evaluación con LWD luego de la construcción de cada capa. Análisis de resultados con el programa BackVid.
- Evaluación en las capas cementadas en las que se produzca microfisuración, y la evolución del módulo dinámico en el tiempo utilizando el LWD.
- Definición de las tareas de mantenimiento.
- Evaluación del desempeño en el tiempo.

5. Consideraciones finales

Se le ha dado continuidad al desarrollo de construcciones de mejoras en caminos de bajo volumen de tránsito para la zona Litoral Argentina.

Se ha analizado el comportamiento mecánico de las estructuras de estos pavimentos, con y sin carpetas asfálticas. Se ha realizado un estudio de los principales mecanismos de falla y de las tareas de mantenimiento requeridas.

En base a dicho análisis se han planteado nuevas propuestas tanto para bases como para capas asfálticas, acordes al bajo tránsito que por ellas circula, considerando tanto en el costo de la inversión inicial como el de mantenimiento.

Se analizaron técnicas y procesos constructivos para mejorar el desempeño de las soluciones y su durabilidad, y para adecuarlas a la disponibilidad de equipos y mano de obra.

Se describe un nuevo equipo (LWD) con el que cuenta el Laboratorio Vial del IMAE, para la evaluación del comportamiento mecánico in situ.

Se presentó un plan de actividades para la construcción y seguimiento de tramos experimentales y para su evaluación en servicio, a partir de un convenio con un municipio de la zona. Se proponen distintos ensayos para la caracterización de los materiales y para la evaluación de los tramos.

Mediante la correlación de los resultados de dichos ensayos se aspira validar del uso del LWD para la caracterización de los materiales in situ, debido a su simple utilización y al significativo aporte de sus resultados.

5. Bibliografía

- (1) Cassan R. y Páramo J. "Calles y Caminos de Bajo Volumen de Tránsito. Construcción por Etapas". XIII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Buenos Aires. Año 2001.
- (2) Páramo J. y Cassan R. "Manual de Diseño para Pavimentos de Bajos Volúmenes de Tránsito. Región Litoral Argentina". XIIº Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Buenos Aires. Año 1997.
- (3) Páramo J. Poncino H. y Cassan R. "Soluciones Económicas para Calles y Caminos de Bajo Tránsito (segunda parte)". VII Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Caracas. Año 1993.
- (4) Poncino H., Cassan R y Petroni E. "Comportamiento mecánico y dimensionamiento estructural de los estabilizados suelo-arena-emulsión asfáltica". VI Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Santiago de Chile. Año 1991.
- (5) Litzka, J. y Haslehner W. "Cold in-place recycling on low-volume roads in Austria". 6th International Conference on Low Volume Roads. Minnesota. Año 1995.
- (6) Scullion T. "Pre-Cracking of Soil-Cement Bases to Reduce Reflection Cracking". Annual Meeting of Transportation Research Board. Washington. Año 2002
- (7) Gallagher D. "City of La Quinta Uses New Microcracking Method on Madison Street Re-habilitation Project". Publicación del Portland Cement Association.
- (8) Giovanon O. "Diseño de Pavimentos Auxiliado – Programa Back-Vid". XXXIV Reunión del Asfalto. Mar del Plata. Año 2006.

15 años financiando el Desarrollo Regional
y la Generación de Empleo



Fondo Fiduciario Federal
de Infraestructura Regional
Ley 24.855

Nuestro Organismo, en sus 15 años de gestión, contribuye a la infraestructura Nacional con más de \$2.614.184.542 en créditos otorgados para más de 366 obras, generando más de 5.954.000 jornales directos de empleo genuino.

Para mayor información visite nuestra web en <http://www.fffir.gob.ar>

*Más Infraestructura
es mejorar
la Seguridad Vial*



FEDERACION ARGENTINA DE ENTIDADES EMPRESARIAS DEL AUTOTRANSPORTE DE CARGAS
Sánchez de Bustamante 54 (C1173AAB) C.A.B.A, Argentina Tel/Fax: 54 11 4860-7700 - fadeeac@fadeeac.org.ar - www.fadeeac.org.ar

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ENSAYOS DE RUEDA CARGADA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS SEGÚN LAS NORMAS BS 598 PART 110 Y CEN 12697-22

AUTOR:

Dr. Francisco Morea

CONICET, LEMIT-CIC Área Tecnología Vial / Docente Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de La Plata

Resumen

El ensayo de rueda cargada ha sido reconocido como una herramienta importante para definir el desempeño de las mezclas asfálticas respecto a su resistencia al ahuellamiento. En Argentina existe mucha experiencia con este ensayo siguiendo la norma BS 598 part 110 y actualmente también con la norma CEN 12697-22. No existe a nivel nacional normativa que especifique el ensayo de rueda cargada y los parámetros de evaluación para el ensayo, solo existe recomendaciones para su realización según alguna de las normas mencionadas con el propósito de obtener una base de datos. El objetivo de este trabajo fue comparar la amplia experiencia y resultados obtenidos en el ensayo de rueda cargada según la normativa BS 598 con los resultados obtenidos con el ensayo bajo norma CEN 12697-22 sobre las mismas mezclas asfálticas. Anteriormente a nivel nacional e internacional se han comparado ambos métodos de ensayo los que servirán de referencia para este estudio. En este trabajo se estudió diferentes tipos de mezclas de distintas características bajo ambas configuraciones de ensayo y se relacionó parámetros obtenidos del ensayo según la norma BS 598 con los obtenidos del ensayo CEN 12697-22. De esta manera se brinda una herramienta para comparar resultados y de ser posible permitir definir a futuro una especificación del ensayo de rueda cargada y sus respectivos parámetros de análisis.

1. Introducción

El ahuellamiento es una deformación permanente de la mezcla asfáltica en la huella de circulación de los vehículos. Cuando se acumula excesivas deformaciones se ve comprometida la seguridad y confort de los usuarios que transitan el pavimento. Las deformaciones permanentes son uno de los tipos de falla que se presentan en los pavimentos asfálticos cuando son expuestos ya sea por separado o en forma combinada a altas temperaturas, tránsito pesado y bajas velocidades de carga.

Las deformaciones permanentes son causadas por la acumulación de pequeñas deformaciones ocasionadas por las cargas del tránsito. El tránsito da lugar a cargas cíclicas. En cada ciclo de carga se realiza cierto trabajo para deformar la superficie del pavimento.

El estudio y caracterización de las deformaciones permanentes en forma racional han llevado al desarrollo de ensayos de laboratorio que tratan de reproducir el problema. El Wheel Tracking Test (WTT) es uno de los más difundidos a nivel mundial. La configuración del ensayo consta básicamente de una rueda, rígida o neumática en algunos casos, la cual aplica una carga sobre la mezcla asfáltica a la vez que circula sobre ésta. Existen diferentes equipos que tienen configuraciones similares pero con variaciones de uno a otro. Dentro de los más conocidos se encuentran los equipos británico (BS 596 parte 110 1996), el español (NLT 173), el francés y el Asphalt Pavement Analyzer (APA) en Estados Unidos. En la tabla 1 se incluyen a manera de resumen y de forma comparativa los datos más relevantes de cada uno de los equipos para medir las deformaciones permanentes en laboratorio.

Equipo	Inglés	Español	Francés	USA
Tipo de rueda	Rígida	Rígida	Neumática	Neumática
Dimensiones de la probeta [mm]	300x300x50	300x300x50	500x180x50	300x125x75
Temperatura de ensayo [°C]	45 ó 60	60	70	40 a 60
Carga [N]	520	900	700	445
Presión de Contacto [kPa]	520	900	710	454

Tabla 1. Principales características de los equipos de WTT.

Actualmente los tres equipos europeos están contemplados dentro de la norma CEN 12697-22 (2006). El equipo francés está identificado con la configuración de ensayo "large size device" y los equipos inglés y español dentro de la configuración de la norma "small size device". En la adecuación a la normativa el equipo francés no ha sufrido cambios en sus configuraciones de ensayo sin embargo los otros dos equipos han cambiado de su forma original.

Se han realizados diversos estudios comparativos entre los equipos de WTT a nivel internacional como en Argentina. En Europa Nikolaidis y Manthos (2009) estudiaron comparativamente las metodologías BS 598 y CEN 12697-22 para observar la sensibilidad de cada metodología variando diferentes aspectos que afectan el ahuellamiento como son la temperatura,

el nivel de compactación y otras propiedades volumétricas de las mezclas. Por su parte Perraton et al. (2011) estudiaron comparativamente los resultados de los equipos de WTT “large size device” y “small size device” de la norma CEN 12697-22 para tener una mejor caracterización del ahuellamiento bajo la nueva normativa en un interlaboratorio de la comunidad europea.

En Argentina Angelone et al. (2008) estudiaron comparativamente las metodologías de las normas BS 598-110 y CEN 12697-22 observando principalmente la influencia de la temperatura de ensayo, el nivel de carga y la frecuencia de carga sobre los parámetros de ensayo de cada uno. Allí concluyen que las variaciones de menor significancia planteadas en las dimensiones de los diferentes equipos no sería un obstáculo para comparar resultados obtenidos mediante los diferentes dispositivos. Sin embargo, resaltan como importante especificar con mayor cuidado las condiciones de carga, temperatura y número de ciclos de ensayo para obtener resultados comparables.

Por su parte Daguerre y Cubillas (2008) estudiaron comparativamente los resultados de WTT de acuerdo a la metodología small size device de la norma CEN 12697-22 variando la frecuencia de aplicación y el nivel de carga. Ellos concluyen que la metodología posee buena sensibilidad y permite evidenciar diferentes capacidades estructurales de las mezclas al ahuellamiento.

En trabajos anteriores se ha volcado la vasta experiencia y resultados obtenidos en el laboratorio LEMIT con el equipo de Wheel tracking bajo norma BS 598-110 (Agnusdei et al 2005, 2006, Morea 2010).

Con base en esta experiencia con el WTT (BS 598-110) se han propuestos límites del parámetro de ensayo Velocidad de deformación (Vd) que sirven de guía en el diseño de las mezclas asfálticas en cuanto a la resistencia al ahuellamiento (Agnusdei et al 2007). Se ha encontrado que las mezclas que presentan una $Vd < 5,2 \mu\text{m}/\text{min}$ representan bajos niveles de ahuellamiento en caminos de nuestro país.

Paralelamente se ha verificado este límite con estudios que toman en cuenta las propiedades reológicas de los ligantes como la Low Shear Viscosity (LSV) (Morea 2011). Allí se encontró que con valores de LSV del ligante en la mezcla a la temperatura de ensayo menor a 500 Pa.s se produjeron ahuellamientos excesivos en las mezclas estudiadas. Este límite de LSV se relacionó con un valor de Vd de aproximadamente $5 \mu\text{m}/\text{min}$ del ensayo de WTT (según BS 598-110).

Más recientemente en Morea 2012, se estudiaron variaciones a la metodología BS 598-110 cambiando el nivel de carga y relacionando estos desempeños con la LSV obteniéndose que

independientemente del nivel de carga involucrado el límite de Vd para el cual se producen ahuellamientos excesivos se mantiene en el mismo valor de $5 \mu\text{m}/\text{min}$.

Recientemente se ha dado a conocer el pliego de especificaciones técnicas para mezclas asfálticas de la Comisión Permanente del Asfalto (Pliego CPA 2005). En él se especifica la realización del ensayo de WTT como de carácter obligatorio, pudiendo hacer el mismo de acuerdo a la norma BS 598-110 ó CEN 12697-22. Sin embargo no existen parámetros de medición y menos aún límites para el mismo siendo el carácter de esta plantear la necesidad de su normalización a nivel nacional y recabar datos para ello.

Considerando la experiencia y los resultados obtenidos a partir de la metodología BS 598-110, los estudios a nivel nacional con la norma CEN 12697-22 y la necesidad de complementar ambas en post de una futura especificación nacional se estudió el desempeño en WTT de diferentes tipos de mezclas de distintas características bajo ambas configuraciones de ensayo y se relacionó parámetros obtenidos del ensayo según la norma BS 598-110 con los obtenidos del ensayo CEN 12697-22. Los ensayos se desarrollaron a diferentes temperaturas con el fin de ampliar los resultados a diferentes condiciones.

2. Experimental

2.1 Mezclas estudiadas

Para el estudio se utilizaron diferentes composiciones granulométrica que corresponden a tres mezclas densas, un microaglomerado discontinuo y una stone mastic asphalt (SMA). Para la elaboración de las mezclas se utilizaron diferentes proporciones de dos agregados gruesos (6-20 y 6-12 mm), dos arenas de trituration (0-6 y 0-3 mm), cal, filler y fibras de celulosa para la SMA.

Diferentes asfaltos comerciales de uso común en Argentina (dos asfaltos convencionales, CA-10 y CA-30, y tres modificado con polímero, un AM2 y dos AM3) fueron usados en cada gradación para hacer diferentes mezclas asfálticas. En la tabla 1 muestra las principales características de las mezclas estudiadas.

Tabla 1. Principales características de las mezclas estudiadas.

Mezcla	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Tipo	Densa	Densa	Densa	Micro	Micro	SMA
Asfalto	AM3	CA-10	CA-30	AM2	AM3	AM3
Densidad _{20°C}	2,424	2,480	2,487	2,501	2,501	2,482
Densidad	2,318	2,380	2,437	2,380	2,380	2,4
% Vacíos	4,3	4,1	2,0	4,9	4,9	3,3
% Asfalto	5,4	5,0	5,0	5,3	5,3	6,0

La combinación de las distintas gradaciones y asfalto dio lugar a una variedad de mezclas que cubren un amplio rango de las utilizadas normalmente en el medio vial. Además las diferentes gradaciones permiten tener en cuenta características como distintos porcentajes óptimos de asfalto, densidades y porcentajes de vacíos diferentes permitiendo tener en cuenta la influencia de estas variables en el estudio.

2.2 Programa de ensayos

Para cada mezcla se moldearon probetas (300 x 50 mm) para los ensayos de desempeño. Las mismas se compactaron por medio de un equipo compactador de rodillo (de acuerdo a la norma CEN 12697-33) a la densidad de diseño Marshall. Las densidades fueron controladas para tener al menos un 98 % de la densidad.

Los ensayos de desempeño se realizaron a diferentes temperaturas para poder observar la variación de esta variable en los resultados cubriendo un rango de temperaturas de 50 a 70°C en donde el ahuellamiento se manifiesta.

Se estudió el desempeño en el WTT de acuerdo a la norma BS 598-110 y CEN 12697-22 para cada mezcla y temperatura de estudio por duplicado.

2.3 Métodos de ensayo

2.3.1 Wheel Tracking test (WTT)

El WTT se utilizó para caracterizar el desempeño frente a las deformaciones permanentes de las mezclas asfálticas en condiciones controladas de laboratorio. Él mismo cuenta con una cámara termostatzada que permite variar la temperatura y mantenerla estable durante la realización del ensayo.

El equipo permite ser configurado de manera de realizar los ensayos de acuerdo con las normativas BS 598-110 y CEN 12697-22. Ambas configuraciones de ensayo presentan características en común. La rueda de ensayo, de goma maciza de 207 mm de diámetro y 47 mm de ancho, se desplaza sobre una muestra de concreto asfáltico con movimiento alternativo dentro de un recorrido de 230 mm.

Durante el ensayo se miden las deformaciones permanentes producidas en la mezcla asfáltica en intervalos de 1 min por medio de adquisición electrónica a través de un LVDT. Cada dato de deformación permanente es resultado de un promedio de 25 mediciones realizadas en la huella de circulación en los 100 mm centrales de la probeta. La norma BS 598 especifica la toma de un único valor central, sin embargo a fines de obtener una medida más confiable de la deformación se optó por el promedio de 25 mediciones de la norma CEN 12697-22. A partir de las mediciones de deformaciones en la mezcla se gráfica la curva de deformaciones permanentes (εp) en función del tiempo. Los datos se ajustaron al modelo potencial que indica la ecuación 1 para el análisis de datos.

$$p=a.t^b$$

En lo que respecta a la carga aplicada, tiempo de ensayo, frecuencia de aplicación de la carga y parámetros calculados en el ensayo los mismos se vuelcan a manera de resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Principales características de las metodologías de ensayo de WTT utilizadas.

	BS 598-110	CEN 12697-22
Carga aplicada	520 N	700 N
Tiempo de ensayo	2 horas	6 horas
Frecuencia de carga	21 ciclos/min	26,5 ciclos/min
Parámetros calculados	- Velocidad de deformación $V_d = \frac{D_{120} - D_{105}}{15 \text{ min.}} \frac{m}{min}$ D ₁₂₀ y D ₁₀₅ : deformaciones para 120 y 105 minutos.	- Wheel Tracking Slope $WTS = \frac{D_{10000} - D_{5000}}{5} \frac{mm}{10^3 \text{ ciclos}}$ D ₁₀₀₀₀ y D ₅₀₀₀ : deformaciones para 10000 y 5000 ciclos de carga. - Proportional Ruth Depth $PRD = \frac{D_{5000}}{Espesor} [\%]$
Temperatura de ensayo estandar	60 °C	60 °C

Es importante destacar que tanto la Vd como la WTS definen la tasa de crecimiento de la profundidad de huella a lo largo del tiempo. Estos parámetros se relacionan con la resistencia al ahuellamiento en mezcla y debieran ser comparables entre sí.

En Europa se toma la PRD como parámetro de medición del ensayo en la CEN 12697-22. Sin embargo este parámetro se ve afectado por las deformaciones de la mezcla al inicio del ensayo. Este periodo inicial se caracteriza por cambios de volumen del material que no dependen de la resistencia al corte de la mezcla. Además la PRD es un solo valor al final del ensayo. Por el contrario tanto la Vd como la WTS se calculan en base a un periodo de tiempo que no involucran este periodo inicial y representan el comportamiento resistente al corte de la mezcla. En consecuencia son mejores parámetros de la caracterización de la resistencia al ahuellamiento.

Resultados y discusión

La finalidad del Wheel Tracking Test (WTT) en primera instancia es obtener una medida de las deformaciones permanentes a lo largo del tiempo independientemente de la metodología empleada (BS 598-110 o CEN 12697-22). Las diferentes configuraciones (carga, tiempo de ensayo y parámetros de cálculo) manifiestan un mismo comportamiento de maneras diferentes. Es por ello que resulta necesario un análisis comparativo de los resultados para unificar los criterios o poder cotejar los resultados a fines de generar una futura especificación Argentina de WTT.

En la Figura 1 se muestran los resultados de los ensayos sobre la mezcla M2 bajo las metodologías BS 598-110 y CEN 12697-22. Para una mejor interpretación y poder comparar los resultados, la escala de tiempo se muestra en escala logarítmica. En la figura se observa que el comportamiento de la mezcla es similar en ambas configuraciones de ensayo. La pendiente de deformación en el ajuste de los datos al modelo potencial arroja valores similares para ambas metodologías (0,432 y 0,433 según BS 598 y CEN 12697-22 respectivamente). Es claro como independientemente de las diferentes configuraciones de ensayo el comportamiento resistente de la mezcla (la pendiente de deformación) es la misma.

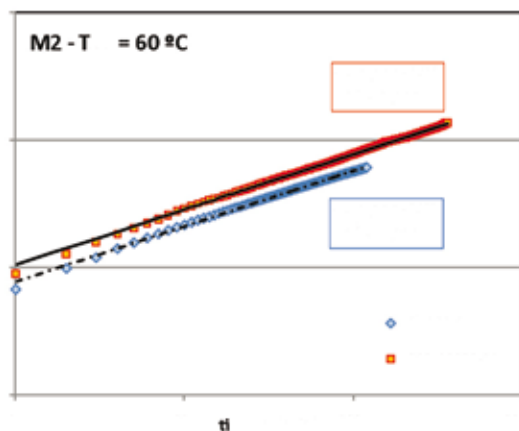


Figura 1. Curvas de deformación permanente - t con las dos normas estudiadas para la M2.

En un análisis similar sobre los resultados de la mezcla M3 ensayada a una temperatura de 50 °C, ver figura 2, se observa que las pendiente de deformación de los datos para ambas metodologías tienden a ser similares hacia el final del ensayo. Nuevamente independientemente de las características del ensayo la resistencia de la mezcla es similar en ambos casos. Sin embargo las pendientes del modelo potencial son muy diferentes entre sí (0,2715 y 0,2083). Esta diferencia se debe al ajuste del modelo a todos los datos que se encuentra muy influenciado por las primeras deformaciones. Como se dijera anteriormente en esta primera parte se produce un acomodamiento del material con cambios de volumen que no responden a la resistencia al corte de la mezcla. Este acomodamiento inicial de la mezcla depende y mucho de las condiciones de ensayo (temperatura, frecuencia y carga aplicada).

En las demás mezclas estudiadas se observó que las pendientes de deformación para ambas metodologías se volvían similares hacia la parte final del ensayo respectivo. Sin embargo en algunas mezclas las pendientes del modelo de ajuste eran similares mientras en otros casos no.

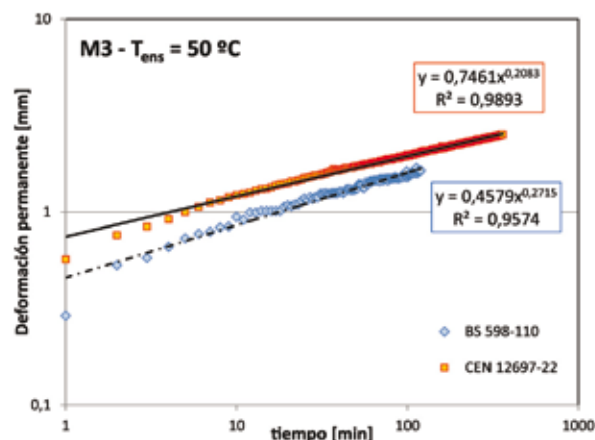


Figura 2. Curvas de deformación permanente - t con las dos normas estudiadas para la M3.

La finalidad del WTT es definir la resistencia al ahuellamiento y el objetivo aquí planteado es comparar ambas metodologías de ensayo. La pendiente de deformación del modelo de ajuste es el parámetro que representa esta resistencia y es completamente análoga por definición a los parámetros de Vd y WTS. Por otro lado, es importante y no implica mayores complicaciones realizar el ajuste de los datos. De esta manera se tiene una mejor interpretación del resultado y se minimizan errores de la adquisición de los mismos.

En función de lo observado en la figura 2 para poder comparar los resultados es necesario acotar el ajuste eliminando los datos de deformación de la primera parte que no hacen a la resistencia al corte de la mezcla. Además, afectan el ajuste del modelo dando la falsa impresión de que ambas metodologías brindan resultados diferentes en algunos casos. En la figura 3 se observa nuevamente los resultados de la mezcla M3 ensayada a 50 °C en la cual se eliminaron los primeros 10 datos. Se observa de manera más evidente que el comportamiento es similar y como las pendientes del modelo potencial son ahora comparables también (0,2282 y 0,1958).

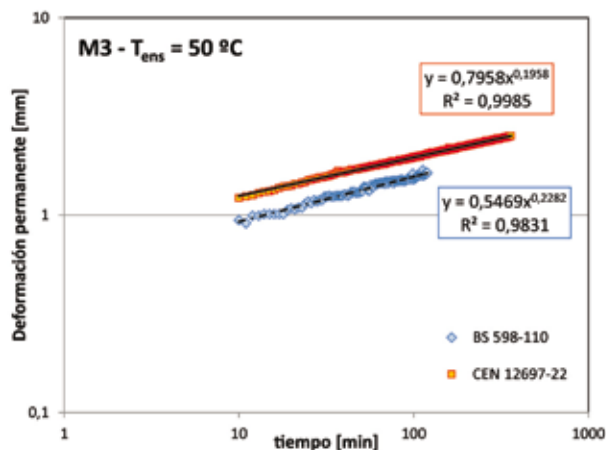


Figura 3. Curvas de deformación permanente - t de la mezcla M3 sin los primeros 10 datos.

Se realizó un análisis de los resultados obtenidos de las pendientes de ajuste eliminando los 10 primeros datos de ensayo para la metodología BS 598-110 y CEN 12697-22. En la figura 4 se muestran comparativamente estos valores de las pendientes para ambas metodologías obtenidos para las diferentes mezclas estudiadas; cada mezcla está identificada con su nombre y temperatura de ensayo. Se observa en la figura que las pendientes de ajuste para ambos ensayos son similares para las mezclas y condiciones de temperatura estudiadas.

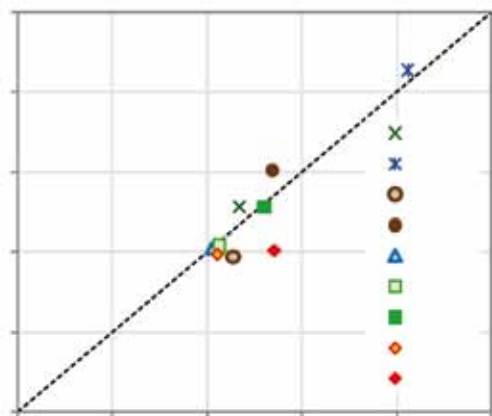


Figura 4. Pendientes del modelo de ajuste de las mezclas de estudio.

Se comprueba que el comportamiento de la mezcla es caracterizado de la misma forma indistintamente de las configuraciones de ensayo. Sin embargo los datos obtenidos bajo cada normativa son interpretados con distintos parámetros como se muestra en la tabla 2 (la Vd y WTS). Además se han determinado valores límites relacionados con estos parámetros como es el caso de la Vd. En consecuencia resulta necesario relacionar estos parámetros entre sí (la Vd y WTS) para permitir en el futuro la interpretación de resultados en busca de la normativa Argentina de WTT.

Considerando lo mencionado se ha calculado en los diferentes ensayos de Wheel tracking con la BS 598-110 y CEN 12697-22 los parámetros Vd o WTS cuando corresponda. En la tabla 3 se muestra dichos valores calculados de las diferentes mezclas.

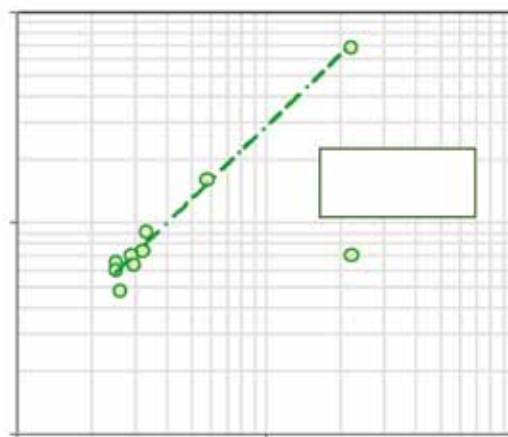
	M1 60	M2 50	M3 50	M3 60	M4 60	M5 60	M5 70	M6 60	M6 70
Vd [mm/min]	2,88	21,8	2,94	5,8	3,2	2,5	3,3	2,6	2,5
WTS [mm/10 ³ ciclos]	0,071	0,683	0,060	0,162	0,074	0,065	0,091	0,048	0,06

Tabla 3. Vd y WTS calculados a partir de los ensayos de WTT.

En la figura 5 se correlacionaron los resultados de Vd y WTS para las diferentes mezclas en estudio. Se observa, como se esperaba, una buena relación entre estos parámetros que son análogos y caracterizan el mismo comportamiento. En la introducción se mencionó que Agnusdei et al 2007 encontraron

que las mezclas que presentan una Vd < 5,2 µm/min representan bajos niveles de ahuellamiento en caminos de nuestro país. A partir de la relación encontrada en la figura 5 una WTS = 0,134 mm/103ciclos es equivalente a la velocidad de deformación de 5,2 µm/min. Estos dos valores representan el mismo límite y las mismas características cada uno en su respectiva metodología de ensayo. Respecto a la relación de este valor de WTS respecto a la relación con la LSV de los ligantes se tienen las mismas consideraciones encontradas con la Vd (BS 598'110) en los trabajo de Morea (2010 y 2012).

Figura 5. Correlación entre la Vd (BS 598-110) y la WTS (CEN 12697-22)



Conclusiones

En este trabajo se estudio comparativamente las metodologías de Wheel Tracking Test (WTT) según las normas BS 598-110 y CEN 12697-22. Con ese objetivo se evaluó el desempeño de varias mezclas en diferentes condiciones a través del WTT con estas dos metodologías. Las principales conclusiones se vuelcan a continuación.

Se encontró que el comportamiento resistente al ahuellamiento de las mezclas estudiadas es caracterizado de manera similar por ambas metodologías (BS 598-110 y CE 12697-22) cuando se analiza la pendiente de deformación en el tiempo de los ensayos resultantes.

Una mejor caracterización de los resultados se obtiene realizando el ajuste de los datos medidos de deformaciones. En cuanto a los ensayos de WTT el modelo potencial ajusta eficientemente los datos.

El ajuste de los datos al modelo potencial se ve influenciado de manera importante por las primeras deformaciones que se asocian a un acomodamiento de la mezcla y no la resistencia al corte de la misma que es lo que se buscaba representar.

Se correlacionaron los resultados de los parámetros de ensayo Velocidad de deformación (Vd) de la norma BS 598-110 y Wheel Tracking Slope (WTS) de la norma CEN 12697-22. Esta correlación permite comparar los resultados de las diferentes metodologías y sirve de herramienta para futuros estudios que se refieran a la obtención de la norma nacional de WTT.

Agnusdei, J., Iosco, O., Jair, M. y Morea, F. (2005). Correlación entre Ensayos que Miden Deformaciones Permanentes. XIV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito ISBN N° 987-98988-1-8, Trabajo 031.

Agnusdei, J. Iosco, O. Jair, M. Morea F. (2006). Correlación entre medidas de Ahuellamineto in situ y ensayos de laboratorio. XXXIV Reunión del Asfalto, Comisión Permanente del Asfalto.

Agnusdei, J. Iosco, O. Jair, M. Morea F. (2007). Correlación entre medidas de Ahuellamineto in situ y ensayos de laboratorio 2ª parte. XIV Congreso Ibero Americano del Asfalto.

Angelone S., Martínez F., Cauhape Casaux M., Andreoni R. (2008). Influencia de los factores de carga y de servicio en el ensayo de rueda cargada. XXXV Reunión del Asfalto. Comisión Permanente del Asfalto.

Pliego especificaciones técnicas particulares para mezclas asfálticas
(2005) Comisión Permanente del Asfalto.



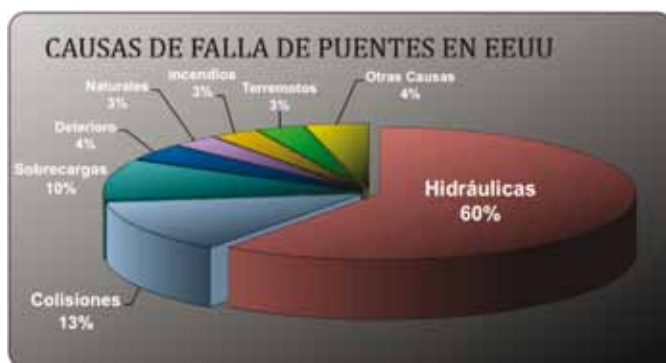
IMPORTANCIA DE LA HIDRÁULICA EN EL DISEÑO DE OBRAS VIALES

AUTORES:

Ing. Adolfo Guitelman e Ing. Adriana del Valle Leiva

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas a los que se ven sometidas las vías terrestres de comunicación en especial caminos y puentes, es el poder destructivo de la fuerza del agua, que se pone de manifiesto de diversas formas durante el desarrollo de fenómenos naturales, cuya ocurrencia es inevitable, y cuyas consecuencias, como puede observarse en la siguiente figura, representa el 60% de las causas de falla y destrucción de puentes en EEUU, aún por encima de las causas estructurales, deterioro y terremotos, convirtiendo entonces en fundamental el estudio de las variables de proyecto asociadas.



Estadística actualizada al año 2000

Como diseñadores, entonces, debemos tener la capacidad de prever la forma en que los fenómenos hídricos naturales pueden afectar a nuestra obra, y tomar las medidas de mitigación o corrección necesarias, para que las consecuencias de la interacción, OBRA-AGUA, no afecte la infraestructura y la funcionalidad de la construcción, sin olvidar lo contrario, la afectación del medio natural, por inclusión de la obra, campo que corresponde al estudio del Impacto Ambiental.

En este sentido, entendemos que es de suma importancia, desde la etapa de proyecto, estudiar la implantación de la obra y su influencia en la modificación de las condiciones naturales de su entorno, para luego comprender y analizar la relación de la obra y las variables hídricas del medio natural modificado. Todo el estudio mencionado debe formar parte de las tareas preliminares de cualquier proyecto vial, para lo cual es primordial contar con los conocimientos básicos de **HIDROLOGÍA y de HIDRÁULICA**, complementados con la geotecnia, que brindarán al criterio del ingeniero, las herramientas necesarias para

la toma de decisiones, en el conjunto **OBRA-AGUA-ENTORNO**. Si analizamos los diferentes problemas hidráulicos que se presentan en una obra vial desde lo general a lo particular, nos encontramos con dos grandes grupos, su influencia en la escorrentía superficial y en la escorrentía "lineal" de los cursos de agua:

- Trazado del camino : el terraplén de la rasante, puede generar la interrupción del libre escurrimiento de las aguas, y la inundación del terreno en un lateral del camino. Deberá analizarse detalladamente la ubicación en planta y cota, y las dimensiones de las obras de arte necesarias para evacuar adecuadamente el caudal en forma transversal al camino. Como solución a este problema pueden plantearse una reubicación de la traza, la colocación de alcantarillas o si sus dimensiones son insuficientes pequeños puentes y/o un adecuado dimensionamiento de las cunetas que permiten el traslado del flujo interceptado, hacia otros cruces.



Inundación en la Ciudad de Junín, Av. De Circunvalación

- Cruce de cursos de agua : en su recorrido el camino intercepta cursos de agua de diferente magnitud, desde grandes ríos a pequeños arroyos. En todos los casos deberá realizarse un análisis particular al momento de generar el proyecto. Las dimensiones del curso no debería dar por sentado que la solución es estandarizada y simple, puesto que, en general los cursos de agua, presentan variación en su caudal a lo largo del año, por lo que su influencia en el trazado del camino no es estable.

La relación **AGUA-PUENTE-ENTORNO**, puede traer como consecuencias la erosión, la sedimentación, la modificación de las márgenes, modificación en la pendiente del curso, etc, los que podrán solucionarse, desde variando la ubicación del cruce respecto del recorrido del curso, modificando su inclinación respecto de la dirección del flujo, modificando las cotas y dimensiones de los diferentes elementos que componen el proyecto .

OBJETIVO

Nuestro trabajo hará foco no en todo el universo de inconvenientes que se presentan en el proyecto hidráulico de una obra vial, sino en el segundo grupo de problemas, el que se presenta en la intersección del camino y el curso de agua, luego que la ubicación planimétrica de la traza se ha decidido, para abocarnos exclusivamente en el proyecto de puentes, y especialmente en aquellos que cumplen al menos algunas de las siguientes:

- de pequeña envergadura.
- que deben ser resueltos como un elemento más de un proyecto mayor.
- que no cuentan con un gran equipo de especialistas y/o recursos.
- que habitualmente se encuentran en cualquier vía que atraviesa nuestro país, de los que no suele contarse con datos de aforos o estadísticos de precipitaciones, que permitan conocer su historia, lo que hace aún más importante el buen criterio del ingeniero en la toma de decisiones.

Ante la situación descripta, muy habitual, es de suma importancia realizar una visita al lugar de emplazamiento, que permita recabar la información que la estadística no brinda, realizando entrevistas a la gente del lugar, que nos dará la visión de la variación temporal, y la inspección visual del terreno a pie y también aérea nos dará una idea del tipo y magnitud de problemas que pueden presentarse en la vida útil de la obra y que debemos prevenir en lo posible durante la concepción misma del proyecto.

Definido el enfoque del trabajo, lo dividiremos en cuatro partes: Comenzaremos por la descripción de las características destacables de un curso de agua en su estado natural, y como éstas influyen en la forma en que se desarrollan los eventos hidráulicos, aún antes de la intervención de la obra vial. Éstos valdrán a modo de identificación de los elementos a los que los proyectistas deberán prestar atención durante su primera e ineludible tarea: **VISITAR EL LUGAR**.

Luego analizaremos como cada uno de los elementos de un puente, modifican esas condiciones naturales y las consecuencias que esas modificaciones provocan en el curso de agua y el entorno y en el propio puente, en un proceso cíclico. Plantearemos criterios de proyecto para evitar esos inconvenientes.

La tercer parte, muestra ejemplos, en la República Argentina, de puentes con problemas de Erosión y Sedimentación, mostrando en imágenes, detalles de cada uno de ellos.

Y en la última parte las recomendaciones a modo de chequeo, de los contenidos mínimos de un Estudio Hidráulico de un puente, de forma tal de no dejar de analizar ningún tópico relevante para el proyecto.

DESARROLLO

Como mencionamos en nuestro objetivo en primer lugar comenzaremos con la descripción de la situación natural de equilibrio de un cauce en la zona en que se implementará el proyecto, presentando los procesos hidrológicos que tienen influencia en el sector que contendrá a la obra vial y luego las características hidráulicas e hidrológicas involucradas en tales procesos:

- Los eventos hidrológicos:
 - Erosión
 - Sedimentación
 - Modificación de la traza del curso de agua
- Características involucradas en dichos procesos:
 - Topografía
 - Cuenca de Drenaje
 - Precipitaciones
 - Vegetación y uso del suelo
 - Caudales
 - Perfil Transversal
 - Pendiente del curso
 - Geomorfología

I. ESTADO NATURAL DE EQUILIBRIO HIDRÁULICO, HIDROLÓGICO Y SEDIMENTOLÓGICO.

Antes de la intervención directa del hombre en una sección transversal de un río, el sistema natural se encuentra en equilibrio, dadas sus características, ante los eventos hidrológicos, el sistema reacciona de una manera particular, modificando en forma leve o drástica las condiciones iniciales de equilibrio. Dentro de las modificaciones posibles, las que afectan nuestro proyecto, pueden ir desde simples variaciones de caudal, a procesos erosivos o de sedimentación, hasta la modificación de la traza del curso de agua. Todas estas modificaciones deben tenerse en cuenta en el análisis del sitio donde va a implantarse el proyecto.

I. EVENTOS HIDROLÓGICOS

a. EROSIÓN:

De los diferentes tipos de erosión, que se detallarán más adelante, uno de ellos, existe en un curso de agua, y es la **EROSIÓN GENERALIZADA**, que es independiente de la existencia del puente dependiendo exclusivamente del cauce y sus características.

Se entiende por Erosión Generalizada al descenso de la cota del lecho de río, producida por un aumento de la capacidad de arrastre del material sólido del lecho, debido a un incremento de la velocidad de la corriente.

Y se pueden diferenciar en dos tipos la erosión generalizada en el corto plazo y la erosión en el largo plazo.

Erosión generalizada de largo plazo, es la socavación o erosión que ocurre con una escala de tiempo del orden de varios años o mayor, e incluye degradación o agradación progresiva del lecho del cauce, y la erosión del margen debido al ensanchamiento del cauce o migración del meandro.

La degradación progresiva es el reductor casi permanente del lecho del río en el sitio del puente debido a cambios naturales en la cuenca (ej: corte de meandro-curva, derrumbamiento, fuego, cambios de clima) o actividades humanas (ej: rectificación de canal, dragado, construcción de diques, agricultura, urbanización, deforestación).

Erosión generalizada en el corto plazo: es la erosión o socavación que se desarrolla durante una o varias crecidas cercanas, e incluye erosión en una confluencia, un cambio en el thalweg del cauce, cambio en curvas, y socavación surgida de la migración de formas de fondo (dunas o bancos).

La erosión del fondo de un cauce definido, es una cuestión de equilibrio entre el aporte sólido que pueda traer el agua a una cierta sección y el material que sea removido por el agua de esa sección; en avenidas, aumenta la velocidad del agua y, por lo tanto, la capacidad de arrastre. La posibilidad de arrastre de los materiales de fondo en cada punto se considera, a su vez, dependiente de la relación que existe entre la velocidad media del agua y la velocidad media requerida para arrastrar las partículas que constituyen el fondo en cuestión. Para suelos sueltos, esta última no es la velocidad que inicia el movimiento de algunas partículas de fondo sino la velocidad, mayor, que mantiene un movimiento generalizado; en suelos cohesivos, será aquella velocidad capaz de ponerlos en suspensión.

La primera velocidad mencionada depende de las características hidráulicas del río: pendiente, rugosidad y tirante; la segunda depende de las características del material de fondo y del tirante. Como característica del material se toma el diámetro medio, en el caso de suelos no cohesivos o granulares, y el peso específico seco, en el caso de los suelos cohesivos.

La erosión general puede llegar a producirse, inclusive, cuando el lecho del río es rocoso, con tal de que la velocidad de la corriente sea superior a la necesaria para producir el desgaste de esa roca.



Descalce de pilas de puente carretero por descenso de cota del lecho – Río Cuarto – Córdoba (H.D.Farías)

b. SEDIMENTACIÓN:

La sedimentación, es el proceso por el cual aumenta la cota de fondo del lecho del río, debido al depósito de material de arrastre proveniente de aguas arriba, ocurre independientemente de la existencia del puente, y depende de las características hidráulicas del curso de agua y de la cuenca de aporte. La agradación de un cauce ocurre cuando el aporte de sedimentos del contorno de aguas arriba excede la capacidad de transporte de sedimento del flujo dentro de un curso.

Como ejemplos típicos de sedimentación pueden observarse, la que ocurre aguas arriba de un dique o una estructura de control o inmediatamente aguas abajo de un tributario que introduce gran cantidad de carga de sedimento al canal, o luego de una disminución importante en la pendiente del curso.

ESQUEMA DE SECCIÓN AGRADADA

Se deberá considerar el aumento de cota, en el diseño de cota de la rasante, para asegurar altura suficiente de tirante libre



ESQUEMA DE SECCIÓN DEGRADADA

Se deberá considerar la disminución de la cota del lecho al estimar profundidad de fundaciones



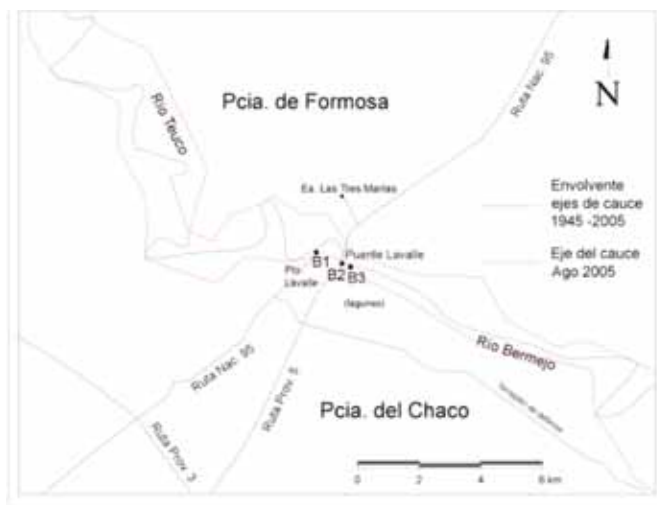
c. MODIFICACIÓN DE LA TRAZA DEL CURSO DE AGUA:

Más allá de los cambios en la sección transversal del canal y su pendiente, los canales también forman modelos únicos en la dirección de aguas abajo, en una vista en planta. Estos modelos patrones se clasifican en 3 grupos, incluyendo: modelo recto, meandroso y trenzado, los que se forman por una combinación de efectos de la descarga del caudal, la carga de sedimentos que el canal puede transportar, la sección transversal y la pendiente.

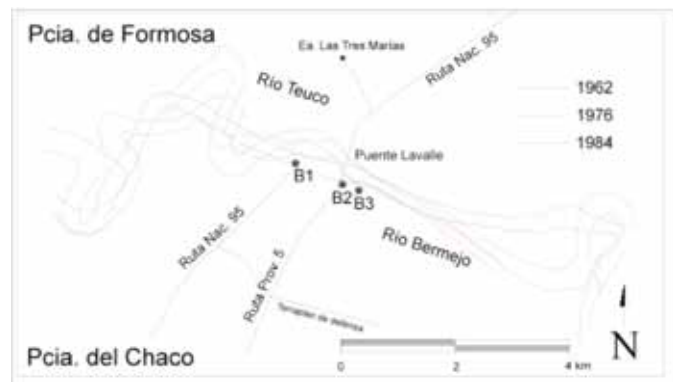


Los procesos de agradación y degradación son de desarrollo permanente por lo que la posición del thalweg se va moviendo lentamente, y el río se comporta como un ser vivo, modificando su perfil longitudinal, por lo que es importante en el caso de ríos meandrosos o trenzados, poder analizar la posición de su cauce a lo largo del tiempo para proyectar a futuro posibles posiciones que deban ser tenidas en cuenta en la elaboración de nuestro proyecto.

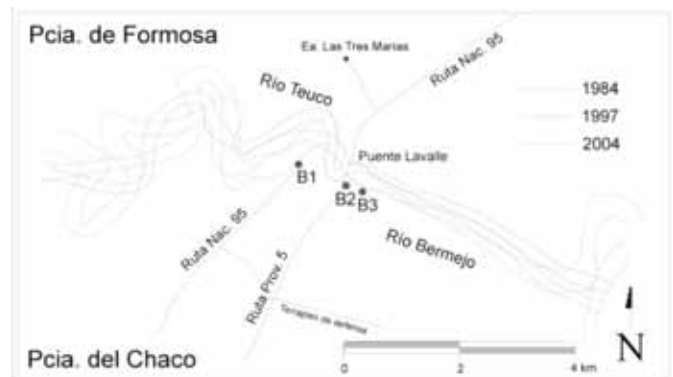
A continuación presentamos como ejemplo, la modificación que ha sufrido el Río Bermejo, límite entre las provincias de Chaco y Formosa, principalmente aguas arriba del Puente Gral. Belgrano en el cruce de la RN95.



Envolvente de posiciones de todos los ejes del cauce del río Teuco-Bermejo,



Comparativo de posiciones de márgenes del río Teuco-Bermejo, años 1962 – 1976 – 1984



Comparativo de posiciones de márgenes del río Teuco-Bermejo, años 1984 – 1997 – 2004.

ii. CARACTERÍSTICAS INVOLUCRADAS EN LOS PROCESOS HIDROLÓGICOS

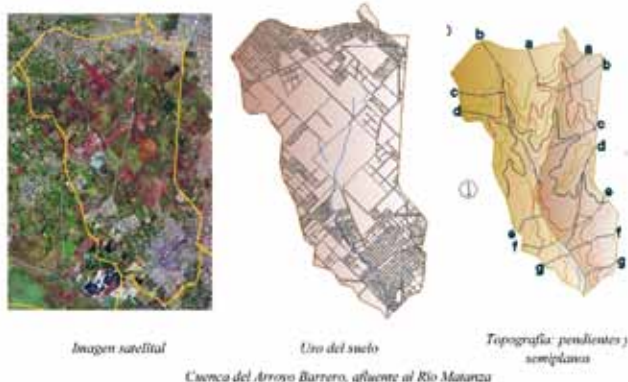
a. TOPOGRAFÍA:

El conocimiento topográfico, es imprescindible para:

- Delimitar la cuenca de drenaje
- Conocer pendientes de la cuenca, y distinguir entre pendientes altas o bajas, lo que nos dará una idea de la existencia de arrastre de sedimentos, del tamaño de esos sedimentos y de la posibilidad de su deposición.
- Analizar el sentido de escurrimiento de las aguas y estudiar los caudales que la traza del camino pueda derivar hacia el curso de agua y aumentar el caudal del propio río.

b. CUENCA DE DRENAJE:

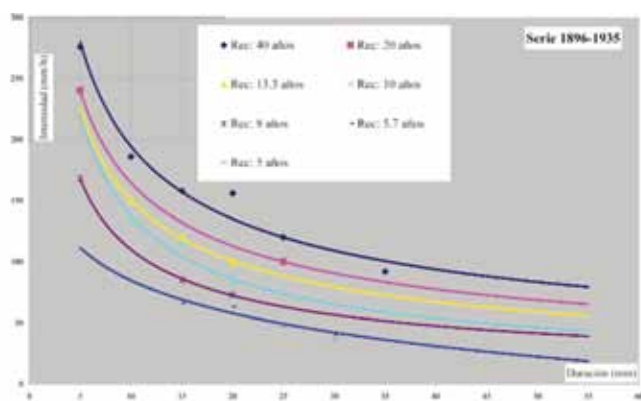
Se debe establecer en primer lugar el área de la cuenca de aporte en la sección donde se estima preliminarmente se emplazará el puente. Este factor es de suma importancia puesto que acota la zona donde deben estudiarse las demás características; lo que ocurra en esta área influirá en el punto de intersección del río y el puente.



c. PRECIPITACIONES:

Si existe en el área de la cuenca alguna estación de monitoreo de precipitaciones, se deberá consultar la serie de precipitaciones máximas anuales, para en el mejor de los casos, establecer la tormenta de diseño que servirá como dato de entrada en una modelación hidrológica. Si la información cuantitativa es escasa, se precisa conocer la magnitud de las precipitaciones anuales de la zona, y perfilar de esa manera el comportamiento estacional de la cuenca.

En general cada estación de monitoreo, posee para su área de influencia, estadísticas basadas en los datos obtenidos de sus pluviógrafos, con los que se conforman las curvas IDF (intensidad - duración - frecuencia), que elegida la recurrencia de diseño, y seleccionada la duración de precipitación de diseño, se obtiene la intensidad de precipitación que se corresponde con esas condiciones, que será la carga de entrada en una modelación hidrológica.

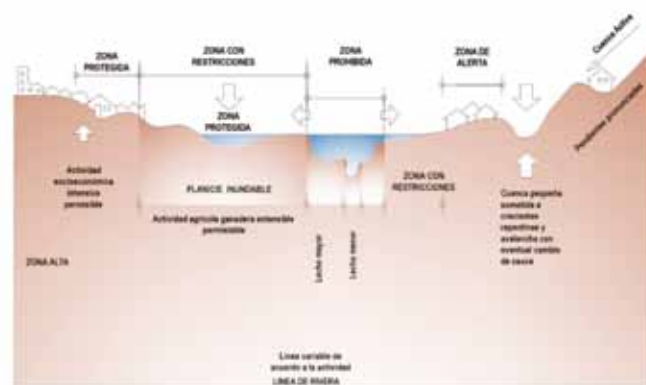


Curvas de precipitación (I-D-F)

d. VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO:

En el caso de cuencas rurales, es importante conocer el grado de cobertura vegetal y el tipo de vegetación natural que posee, diferenciando dos zonas:

- El área de la cuenca: el grado de cobertura y tipo de vegetación, serán de utilidad para establecer la magnitud de la escorrentía, por ejemplo, con igual magnitud de precipitación, a mayor vegetación, más lento será el tránsito del flujo a través del terreno, con lo que el valor máximo de caudal a alcanzar (caudal pico), será menor. La observación de la forma de distribución de la vegetación también permitirá conocer si existen zonas que evidencien erosión, y que en eventos futuros puedan trasladar sedimentos hacia el curso de agua.
- En el valle de inundación: Para valores de caudal medios, el área mojada se encuentra confinada en la sección del propio curso. Durante un evento de crecida, la magnitud del caudal alcanza valores máximos, y en general la sección del río es insuficiente. Abarcando las zonas laterales, el grado de cobertura y el tipo de vegetación que se encuentra en esos sectores tendrán influencia en la velocidad de escurrimiento de ese caudal máximo. La observación del estado en que se encuentran las zonas aledañas al curso, permitirán intuir, si las velocidades alcanzadas en eventos de crecidas fueron altas como para erosionar el sector.



Modificación del hidrograma, aumentando el caudal pico, cuando se ha modificado el uso de suelo, por ejemplo, deforestando para cultivo

e. CAUDALES:

Si existen estaciones de aforo del río dentro del área de la cuenca de interés, es de suma importancia recabar información de valores de caudales máximos, y caudales medios, serán de utilidad en el caso de no poseer valores de precipitaciones para realizar un modelo hidrológico, los valores de caudal permitirán calcular cotas de tirante de agua en la sección de ubicación del puente, imprescindibles para el diseño del mismo. En caso de no contar con mediciones de caudal nuevamente la información recogida durante la recorrida, servirá para estimar tirantes máximos alcanzados, y cotas de inundación, la consulta con las personas residentes en la zona, es vital para conocer la historia del comportamiento del río en el sitio previsto para la implantación.

f. PERFIL TRANSVERSAL:

En primera instancia se debe observar la zona de posible implantación del puente, identificar el ángulo de intersección del futuro camino y el curso de agua, las dimensiones de la sección transversal del curso de agua, no sólo el sector en que, en el momento de la visita, se encuentra con caudal, sino en el ancho total susceptible de llevar caudal en cualquier período del año, este último punto es de suma importancia para lo que luego nos definirá la luz y orientación del puente.

Si lo que va a realizarse será un modelo hidrológico, es fundamental que durante el relevamiento topográfico se dimensione no sólo la batimetría del perfil transversal del curso de agua, sino también los laterales hasta la cota máxima susceptible de ser inundada en crecida, la falta de esta información no permitirá que el modelo represente fehacientemente las velocidades y caudales y se obtengan conclusiones erróneas.



Gráficos en que se observa que a un “ancho de río” equivalente, la sección involucrada en una crecida es diferente y diferente será el puente en cada caso

g. PENDIENTE DEL CURSO

Aunque en una primera visita de recorrida visual por la zona del proyecto, no pueda reconocerse con precisión la magnitud de la pendiente del curso en la sección del cruce. Este parámetro es importante que se obtenga durante la campaña topográfica, para la posterior evaluación de velocidades y posibilidad de la existencia de problemas de erosión y sedimentación.

h. GEOMORFOLOGÍA

Las características geológicas deberán conocerse en forma cualitativa en el área general de la cuenca, de forma tal de identificar la susceptibilidad a la erosión y posterior traslado de los sedimentos.

En particular las características del material del lecho deben conocerse en forma cuali – cuantitativa, distinguiendo entre suelos finos y granulares, el tamaño de partícula, y la profundidad de los estratos, para en primera instancia, con los caudales máximos estimar si existe el fenómeno de erosión generalizada durante los eventos de crecida, y en segundo término, cuantificar la profundidad de los fosos erosivos.

II. ESTADO NATURAL MODIFICADO POR EL PROYECTO

En este apartado nuevamente haremos un recorrido por los eventos hidrológicos habituales, pero enfocándonos en la interacción con la estructura vial, abarcando:

- i. Erosión: Tipos de erosión en cauces fluviales:
 - a. Por contracción.
 - b. Localizada en pilas.
 - c. Localizada en puentes.
- ii. Parámetros de proyecto y su influencia en el proceso erosivo.
 - a. Ubicación en el valle de inundación.
 - b. Ángulo de cruce.
 - c. Luz del puente.
 - d. Posición del estribo respecto del canal y planicie de inundación.
 - e. Cota de fondo de viga del tablero.
 - f. Cota de la rasante

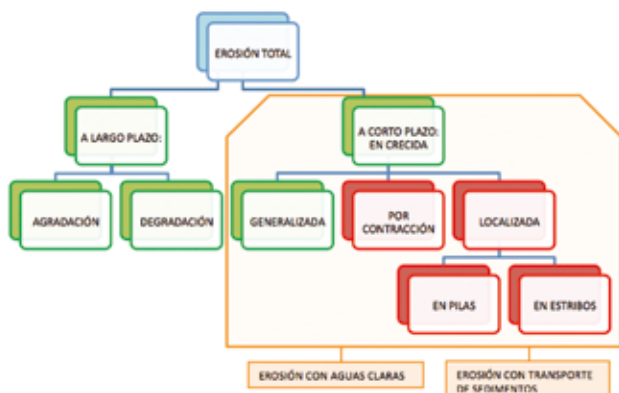
i. EROSIÓN:

El en apartado anterior, se identificó el proceso erosivo natural, que se produce en cualquier río, aún sin la existencia del puente, desencadenado por cierta combinación de características hidráulicas, hidrológicas y geológicas.

Ahora, si además incluimos la presencia de una obra antrópica, como es un puente vial, las características físicas del cauce cambian, y por consiguiente las variables hidráulicas también, por lo que las consecuencias de los fenómenos naturales se ven modificados.

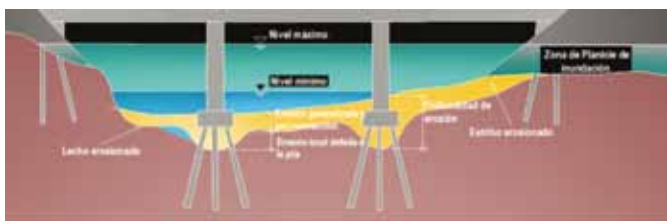
En el caso de la erosión, se presentan nuevos fenómenos.

a. Tipos de erosión en cauces fluviales:



En el gráfico se presenta la clasificación de los distintos tipos de erosión que ocurren en el lecho de un río y que conforman la erosión total, se indica en color verde la erosión que se desarrolla aún sin la existencia de un puente, y los indicados en rojo ocurren por influencia del puente y sus obras accesorias.

La erosión local puede ocurrir cuando el resto del lecho del río es estable y no ocurre transporte de sedimento. Esta condición se denomina **EROSIÓN DE AGUA LIMPIA**. El equilibrio entre el flujo local y el lecho se alcanza cuando el flujo en el foso erosionado no es capaz de mover el sedimento del lecho. Este proceso se vuelve más complicado cuando hay transporte general de sedimento, denominado **EROSIÓN DE FONDO VIVO** (live-bedscour). El limitante de la erosión entonces corresponde al equilibrio entre el transporte del sedimento dentro y fuera del foso de erosión.



La erosión generalizada en sus formas a largo y corto plazo puede manifestarse de distintas formas:



Describimos a continuación brevemente cada una de ellas:

EROSIÓN POR CONTRACCIÓN

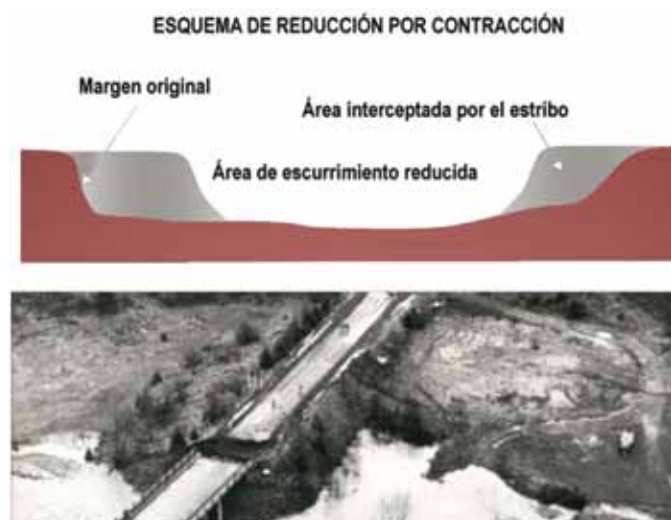
Se entiende por Erosión por Contracción a la que se produce por el aumento en la capacidad de arrastre de sólidos que adquiere una corriente cuando su velocidad aumenta por efecto de una reducción más o menos brusca de área hidráulica en su cauce.

En la mayoría de los puentes, se produce tal reducción por invasión de los estribos en el ancho del curso, o porque se considera solo como ancho útil del curso de agua, el que se necesita para transportar el caudal medio, y en función de esa dimensión se estima la luz del puente que luego en situación de crecida es insuficiente. Los cambios que la presencia de un puente impone a la corriente son principalmente los siguientes:

1. Cambio de la velocidad del escurrimiento del agua en el cauce principal y en el de las avenidas.
2. Cambio en la pendiente de la superficie libre del agua, hacia arriba y hacia abajo del puente. Cuando ocurre una avenida, aumenta la velocidad y, como consecuencia, la capacidad de transportar sedimentos. Esto origina un mayor arrastre del material del fondo en la sección del cruce y, cuando ello es posible, un ensanchamiento del cauce, hasta que este aumento en el área hidráulica asemeje otra vez la sección del cruce con cualquier otra del río y restablezca el equilibrio de la corriente. Como a veces la presencia de los terraplenes de acceso al puente, en ocasiones protegidos, no hace posible que la sección del cruce gane área hidráulica por ensanchamiento, se deduce que la presencia del puente es, de por sí, un incentivo a la socavación de fondo, por lo menos hasta que la corriente restablezca el equilibrio.

Hablando en términos generales, todas las ideas relativas a la erosión generalizada, ya expuestas, son aplicables al tipo de socavación por contracción.

La erosión por contracción implica un problema con el cual es muy difícil lidiar y generalmente requiere mucho esfuerzo y dinero para resolverlo. Por esto, es mejor realizar un adecuado estudio de la luz del puente a efectos que la obra no sufra este tipo de fenómeno erosivo.



EROSIÓN LOCALIZADA EN PILAS DE PUENTES

El problema de erosión local alrededor de pilas de puentes tiene una vastísima bibliografía, plena de experiencias contradictorias y discusiones técnicas apasionadas. Aún suponiendo una pila cilíndrica de forma circular perfectamente vertical fundada en un lecho de granulometría uniforme no cohesivo, decepcionante por su sencillez, el tema continúa desafiando hoy la obtención de una solución racional.

La erosión local es el descenso abrupto en el lecho fluvial alrededor de una pila, debido a la remoción del material de fondo, ocasionado por un escurrimiento de acción localizada, inducido por la presencia de la misma pila.

Es evidente que el conocimiento de la profundidad a la que puede llegar este efecto erosivo es de fundamental importancia en el diseño de cimentaciones poco profundas para puentes, pues una falla sería en esta cuestión conlleva a la destrucción total de la estructura o la adopción de profundidades antieconómicas y excesivas, que complican seriamente los procedimientos de construcción.

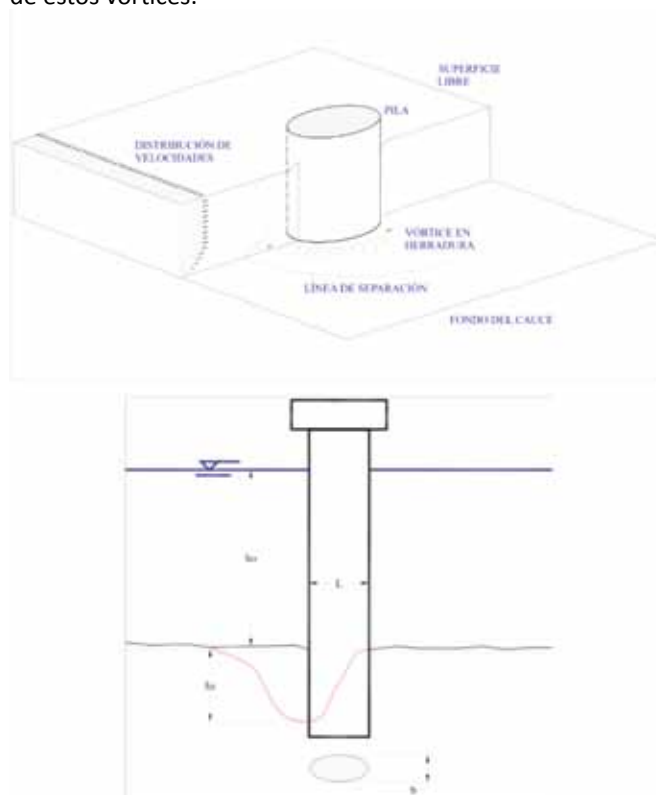
En todo lo que sigue nos referiremos a pilas cilíndricas (de cualquier forma), material granular no cohesivo de diámetro uniforme, lecho plano sin formas de fondo y corriente unidireccional sin influencia de olas ni mareas.

El rasgo dominante del escurrimiento cerca de una pila es la presencia de una estructura de remolinos que se desarrolla alrededor de la misma. Estos vórtices son el mecanismo básico de la erosión local.

Dependiendo del tipo de pila y las condiciones de la corriente fluvial no perturbada, los tres sistemas básicos son:

1. Vórtice en herradura.
2. Vórtice de Estela.
3. Vórtices de Extremo.

Pueden estar presentes en el fenómeno, uno, todos o ninguno de estos vórtices.



El elemento dominante del proceso de erosión local alrededor de pilas de nariz roma es el vórtice en herradura. Si el fondo es erosionable, la socavación máxima se producirá en correspondencia con la máxima intensidad del vórtice, que tiene lugar en la generatriz que incluye el punto de estancamiento de la corriente. Es decir que la máxima erosión estará en general situada delante del pie de la pila, aguas arriba de ésta.

El vórtice en herradura es inicialmente pequeño en sección transversal y comparativamente débil. Con la formación del foso de erosión, el vórtice rápidamente crece en tamaño e intensidad así como la componente hacia el lecho se presenta, incrementando el escurrimiento descendente.

Ese flujo hacia abajo actúa como una vena líquida vertical erosionando el lecho granular.

A medida que aumenta el foso de erosión la circulación asociada con el vórtice en herradura aumenta debido a su sección transversal en expansión pero con una velocidad de variación de creciente, con la variación del incremento controlado por la cantidad de fluido suministrado al vórtice mediante el flujo descendente aguas arriba del cilindro.

La magnitud del escurrimiento vertical decrece a medida que el foso aumenta. Por lo tanto, la velocidad de erosión decrece. La condición de equilibrio se logra cuando la profundidad de erosión aguas arriba del cilindro es suficiente para que la magnitud del flujo descendente vertical, delante del cilindro, no pueda echar fuera granos del lecho.

Sin embargo, aunque se haya alcanzado el equilibrio para la profundidad de erosión aguas arriba de la pila, la erosión puede continuar en la región de duna aguas abajo.

Para pilas de nariz aguzada, en ausencia de un fuerte vórtice en herradura, pueden desarrollarse grandes fosos de erosión aguas abajo de las pilas debido a los vórtices de estela.

La erosión en pilas conduce a varias formas de fallas en puentes. Una pila inicialmente estable puede asentarse verticalmente o colapsar completamente, es común que la erosión reduzca el suelo soporte longitudinal de una pila, causando la inclinación de la pila o la pérdida de soporte del puente en la dirección de la corriente. Dependiendo de la carga hidrodinámica contra la pila, como también de la fuerza lateral de la unión entre la pila y el tablero del puente, la presión del flujo puede empujar la pila hacia atrás o puede empujar el cabezal hacia atrás.



Puente sobre río Mapocho, falla del puente por erosión en la pila en su cara de aguas arriba

EROSIÓN LOCALIZADA EN ESTRIBOS:

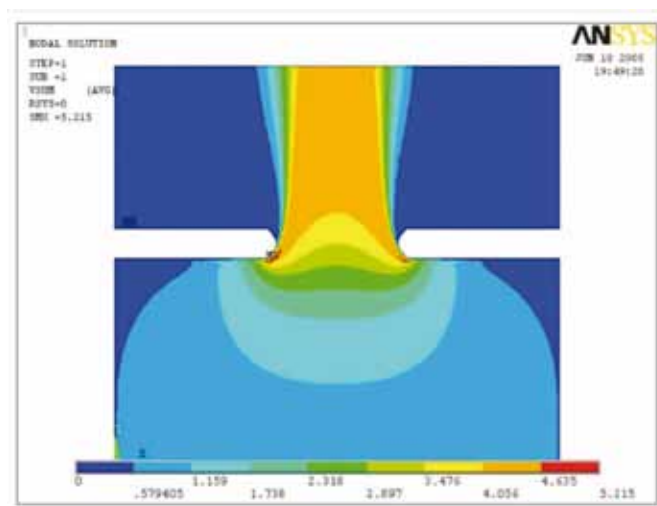
La erosión en estribos es especialmente compleja, porque involucra a un conjunto de procesos de erosión de sedimentos del lecho, o de la zona de la planicie de inundación invadida por el estribo, que puede luego desencadenar en la falla geotécnica del relleno que forma el terraplén de aproximación al estribo. Más adelante se explica que existen varios modos posibles de falla de estribo.

Además, para pequeños puentes la cercanía entre pilas y estribos, genera una interacción de las características de ambos tipos de erosión localizada lo que complica la estimación de la profundidad de erosión. Consecuentemente, para pequeños

puentes, obtener resultados de estimación confiables implica una mayor dependencia de programas de monitoreo.

El efecto de la interrupción del flujo a causa del emplazamiento del estribo puede compararse con el de una pequeña contracción de un fluido en el paso por un orificio simple, poniendo en evidencia dos características en el flujo:

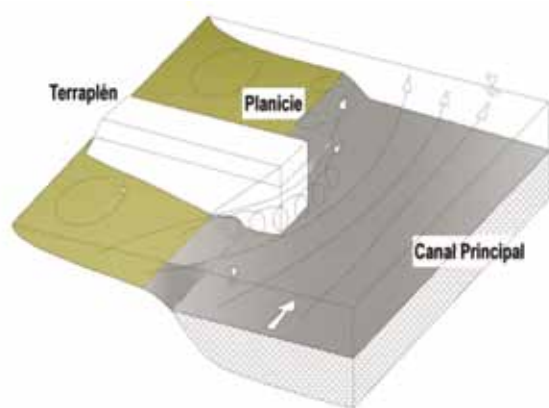
1. La contracción
2. Y la generación y derrame de estructuras de turbulencia de gran escala desde los bordes de la contracción hacia aguas abajo del estribo.



Flujo a través de un orificio, analogía de la contracción generada por un puente.

La modificación de las velocidades a causa de la interrupción provocada por el estribo, comprende una aceleración del flujo desde aguas arriba hasta la menor de las secciones transversales o justo aguas abajo de la cabeza del estribo, para luego continuar en una desaceleración del flujo. Inmediatamente aguas abajo del estribo se forma una región de separación del flujo y su expansión, alrededor de la región de separación hasta cubrir todo el ancho del canal del río. En la zona de transición pueden generarse remolinos.

El tamaño de los remolinos de aguas arriba depende de la longitud y alineación del estribo. La curvatura del flujo a lo largo de la interfase entre la región de aguas muertas y el flujo, causa una corriente secundaria que, junto con el flujo conduce a un movimiento en espiral o en vórtice. El flujo en vórtice alrededor de la cabeza de un estribo es más localizado y tiene un fuerte poder erosivo. Los vórtices generan en su recorrido un surco erosionado, induciendo un nuevo sistema de vórtices secundarios. En estribos de muros de alas, el flujo que golpea la pared, como en el caso de las pilas, se desvía descendiendo, excavando localmente un foso al pie de la pared.

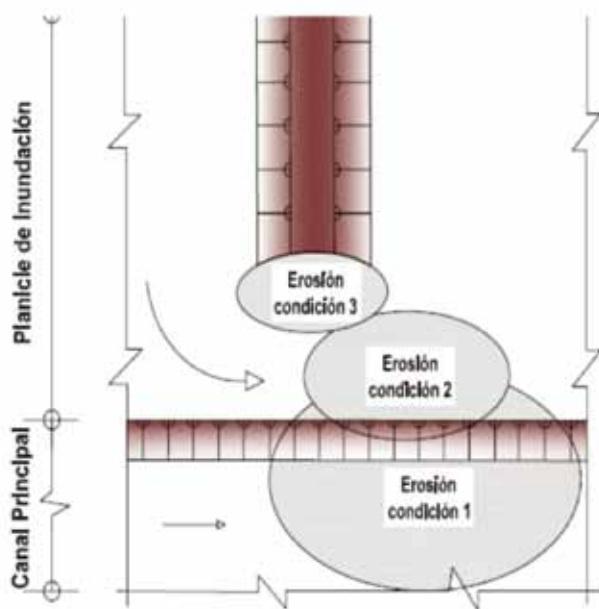


Variación en el campo del flujo por presencia del estribo, y generación de vórtices

En el caso de erosión en estribos, existen tres posibles zonas de erosión, cuyo desarrollo depende de la disposición del estribo respecto del campo de flujo, de la capacidad erosiva del sedimento en el sitio del puente, y consecuentemente de las velocidades alcanzadas en el sector que rodea al estribo, estas zonas son:

1. En el propio estribo.
2. A corta distancia aguas abajo del estribo
3. En el canal principal en la cercanía del estribo.

La erosión en estas ubicaciones puede ocurrir por diferentes razones, y pueden diferir en la máxima profundidad alcanzada, en concordancia con el campo del flujo, y las condiciones del suelo. Si la erosión es suficientemente profunda, en cada ubicación puede causar la falla por estabilidad de la pendiente del terraplén adyacente al estribo.



Imágenes de puente erosionado. Obsérvese la gran superficie erosionada, y especialmente la zona de margen izquierda, aguas arriba del puente.

b. Parámetros de proyecto y su influencia en el proceso erosivo

Ubicación en el valle:

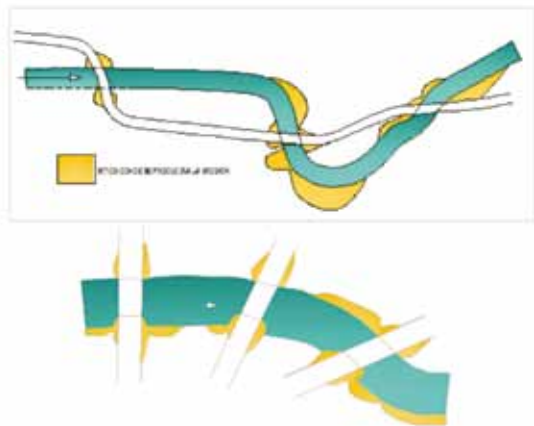
En el momento de selección el lugar de cruce del camino respecto del río, deben tenerse en cuenta.

- La sinuosidad del curso en el sector del cruce, preferentemente deberá ser un tramo recto.
- El ancho de la sección transversal, no sólo la que abarca el cauce principal, sino también la del valle de inundación, esta característica es de gran importancia puesto que es la que determinará si existirá contracción del flujo en situación de crecida, con la consecuente erosión de estribos.
- La pendiente del curso en la sección del cruce, nos indicará la capacidad de retención de sedimentos.
- En el caso de ríos de montaña, elegir preferentemente un lugar alejado del cono de eyección de los sedimentos de las cuencas altas, para evitar la colmatación del lecho bajo el puente por sedimentación.

Ángulo del cruce:

Los cruces deben hacerse en alineamiento a 90° con la dirección del flujo en el momento de una avenida, de forma tal de evitar que, la corriente impacte en forma inclinada sobre la protección de los estribos y las pilas de los puentes, disminuyendo así la posibilidad de la erosión.

Por otro lado naturalmente un curso de agua tiende a recostar su thalweg hacia el exterior de la curva, en un proceso progresivo y permanente, que la presencia del puente puede acelerar, y la degradación provoque que el estribo que se encuentra en la margen exterior de la curva pierda parte del terreno que lo sustenta.



En ambas imágenes se observa como la inclinación del cruce respecto al río, puede incrementar la erosión, modificando la configuración del río.

Luz del puente:

Como hemos comentado, en diferentes secciones de este trabajo, la selección de la luz del puente tiene incidencia directa en:

- La invasión de los estribos en la planicie de inundación y en el propio cauce principal
- El consiguiente aumento de la contracción del flujo en situación de crecida.
- Una luz inferior a la necesaria, lleva a un incremento de la erosión generalizada, y de las velocidades medias en la sección de escurrimiento, por lo que se incrementan también la erosión en pilas y estribos, respecto de un puente con la luz adecuada.
- En cruces donde el problema es la sedimentación, la modificación de la distribución de las velocidades que implica una luz menor a la adecuada, produce una distribución discriminada de la granulometría de los sedimentos, modificando el natural escurrimiento del material sólido.
- Una luz menor a la adecuada, convierte al terraplén y estribo de ambas márgenes, en una especie de presa que no permite el libre escurrimiento de las aguas y provoca la elevación de la cota de pelo de agua, aguas arriba del puente, anegando zonas que sin la presencia del puente no sufrirían cambios.



Se observa como la luz del puente intercepta la planicie de inundación y en este caso no provoca erosión, sino sedimentación, dada la gran carga de sedimentos que posee el río - ARGENTINA

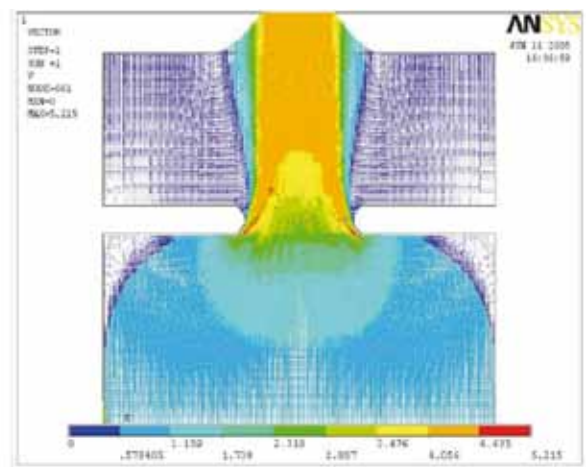


Imagen satelital del mismo río, donde se observa el ancho entre barrancas mucho mayor a la luz del puente, y el borde de protección del estribo, en margen derecha, que aumentó la contracción del flujo

Posición del estribo respecto del canal y planicie de inundación:

Como explicamos con anterioridad, en función del grado de invasión que tiene el estribo en el área de escurrimiento, la extensión de la contracción del flujo será de mayor o menor intensidad.

Cuando un estribo apenas contrae el flujo a través del canal, la erosión en el estribo puede desarrollarse en gran parte sólo como consecuencia del campo de flujo local generado por el propio estribo. En el extremo opuesto, la contracción es la que domina el campo de flujo, generando una importante elevación del nivel del agua por remanso, y la erosión producida es la suma de la erosión por contracción y la erosión localizada. En este caso, el flujo de aproximación disminuye su velocidad a medida que se acerca a la cara aguas arriba del puente, luego este se acelera a altas velocidades a medida que pasa a través de la luz libre entre estribos.



Distribución de velocidades en la zona de contracción debida a la invasión de los estribos, obsérvense las altas velocidades en la cabeza de los estribos en el sector aguas arriba

Existen tres condiciones de erosión que pueden causar la falla de los estribos:

CONDICIÓN 1: La desestabilización por erosión de la margen del canal principal cerca del estribo, el que está localizado junto a la margen. La planicie de inundación es relativamente más resistente a la erosión comparada con el lecho del canal principal. La figura ilustra los sucesivos pasos del proceso de falla, que involucra en un primer paso a la erosión que provoca que la margen se vuelva geotécnicamente inestable y falle la margen del canal principal, luego la margen colapsada menoscaba el terraplén del estribo, el que a continuación colapsa localmente. El suelo, y posiblemente el riprap, de la margen colapsada y del terraplén se deslizan dentro del foso socavado.



La erosión en el fondo del lecho puede producir la desestabilización del lateral del canal y el terraplén del estribo

CONDICIÓN 2: Erosión de la planicie de inundación alrededor de un foso del estribo, bastante alejado del canal principal. La erosión de la planicie de inundación cerca y ligeramente aguas abajo del estribo. El foso erosivo desestabiliza localmente la pendiente lateral del terraplén, causando el deslizamiento dentro del suelo del terraplén y posiblemente del rip rap, dentro del foso.

CONDICIÓN 3: Las erosiones ubicadas en el canal principal o en la planicie de inundación pueden causar eventualmente el lavado del terraplén de aproximación próximo al estribo, dejando de ese modo al estribo totalmente expuesto. En esta condición, la erosión en el talón expuesto o en los muros de ala se desarrolla como si el estribo fuera una pila. Para estribos de muros de alas, localizados dentro de la margen del canal principal, varios procesos erosivos sumados a la contracción del flujo pueden resultar en la falla de la margen del canal principal y del terraplén de acceso.

- El campo de flujo local generado en las esquinas del estribo puede causar erosión local en esos lugares.
- La exposición de los pilotes por debajo del cabezal puede causar la erosión del suelo de las márgenes y el terraplén por debajo del cabezal.



Erosión en la base del estribo



Erosión en estribo que lo ha dejado sin el Terraplén de aproximación

Cota de fondo de viga del tablero:

Aunque parezca trivial, mencionaremos los motivos por los que debe seleccionarse con atención la cota de fondo de viga del tablero:

- Debe permitir el paso del flujo, en situación de crecida, por lo que la cota de fondo de viga debe estar por encima de la cota del tirante de agua en esa situación.
- Debe considerarse una revancha para contemplar la sobre-elevación del tirante por el remanso causado por la contracción del flujo + arrastres flotantes.

- Y por último una altura adicional de tirante de “aire”, libre para asegurarse que durante la ocurrencia de una avenida, el caudal no se ahogue por debajo del puente y más aún el caudal no sobrepase el tablero del puente.
- En los cauces en que pueda producirse la sedimentación, es fundamental considerar además la pérdida de tirante por acumulación de sedimentos y arrastres de crecida.



Pérdida total del tirante libre por sedimentación

Cota de la rasante y obras de alivio:

Es importante definir en forma adecuada la cota de la rasante del camino en la zona de aproximación al estribo por dos motivos:

- Evitar que durante una crecida se produzca el sobrepaso del agua por encima del camino, y el flujo escurra hacia aguas abajo, que con velocidades elevadas pueden provocar la erosión del lateral del terraplén de aguas abajo y la posterior falla por deslizamiento.
- Por otro lado, sin llegar al sobrepaso, puede ocurrir la erosión en el terraplén a cierta distancia del estribo, cuando el terraplén invade la planicie de inundación que durante una crecida importante queda bajo las aguas, y el terraplén intercepta el libre escurrir de las aguas y cambia la dirección del flujo, las velocidades alcanzadas por el flujo pueden ser tales que provoquen la erosión en la planicie de inundación desprotegida y la consecuente falla en el pendiente del lateral del terraplén. En este caso la erosión no ocurre en la abertura del puente sino en un lateral del terraplén que queda bajo las aguas en un evento de crecida. En un caso extremo la erosión puede socavar o lavar al terraplén.

Ambas situaciones están asociadas a la adopción de un ancho adecuado de la luz del puente y a que durante un evento de crecida puede existir acumulación de basura y sedimentos que disminuyan la capacidad de erogación del puente.

Es importante entonces prever para la situación descrita, que durante la elaboración del proyecto se incluyan obras de alivio adecuadas en la zona de planicie de inundación que permitan el traspaso de la escorrentía de las aguas a través del terraplén.



Junín – Ruta que atraviesa planicie de inundación sobrepasada por creciente.

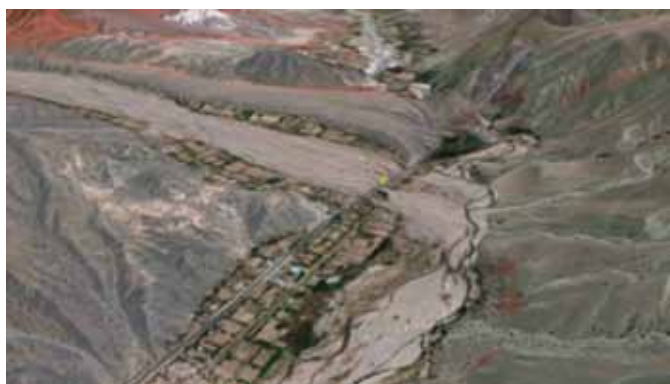
ii. SEDIMENTACIÓN

Independientemente del proceso de sedimentación, que pudiera experimentar en curso de agua, en ausencia del puente, la presencia del proyecto, afecta en muchos casos el libre escurrimiento no solo de las aguas, sino también del sedimento que transporta.

La inclusión del puente, modifica las cotas del pelo de agua, por el remanso que provocan hacia aguas arriba, y la distribución natural de velocidades, por lo que modifican, la distribución de las partículas que sedimentan, puesto que al disminuir las velocidades también lo hace la capacidad de arrastre de la corriente, las partículas de mayor tamaño sedimentarán aguas arriba del puente, cuando antes continuaban su recorrido.

Este aumento en la cantidad de partículas sedimentadas, debe ser especialmente analizado durante la etapa de proyecto, porque una vez construido, puede provocar la disminución del tirante libre hasta inutilizar el puente. Por este motivo, insistimos que no solo la ecuación de continuidad hidráulica debe ser satisfecha por un buen proyecto, sino también la sedimentológica, que de no ser tomada en cuenta, puede afectar gravemente las secciones hidráulicas útiles de evacuación de la crecida.

Las secciones deben diseñarse teniendo en cuenta que los sedimentos son un porcentaje importante del caudal y que la concentración de sedimentos aumenta considerablemente la rugosidad del canal.



Cruce ubicado en zona montañosa de deposición de sedimentos



Disminución progresiva del tirante libre por sedimentación

iii. MODIFICACIÓN DE LA TRAZA DEL CURSO DE AGUA

La inclusión de obras como puentes u obras laterales de protección producen una modificación de las condiciones del equilibrio sedimentológico del curso.

En ambos casos la consecuencia es el redireccionamiento de la corriente hacia aguas abajo de la obra.

La contracción que provoca el puente en el ancho útil natural durante una crecida, provoca un represamiento de las aguas, hacia aguas arriba del puente, disminuyendo la capacidad de transporte de los sedimentos, por lo tanto en ríos de baja pendiente, con tendencia a ser meandrosos o trenzados, aumenta la sinuosidad hacia aguas arriba del puente y el redireccionamiento hacia aguas abajo, el movimiento del curso de agua puede provocar la erosión de las márgenes en que se encuentran apoyados los estribos.

Independientemente del proceso de sedimentación, que pudiera experimentar en curso de agua, en ausencia del puente, la presencia del proyecto, afecta en muchos casos el libre escurrimiento no solo de las aguas, sino también del sedimento que transporta.

La inclusión del puente, modifica las cotas del pelo de agua, por el remanso que provocan hacia aguas arriba, y la distribución natural de velocidades, por lo que modifican, la distribuciones de evacuación de la crecida.

Las secciones deben diseñarse teniendo en cuenta que los sedimentos son un porcentaje importante del caudal y que la concentración de sedimentos aumenta considerablemente la rugosidad del canal.



No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria para abrir la imagen o que ésta esté dañada. Reinicie el equipo y, a continuación, abra el archivo de nuevo. Si sigue apareciendo la x roja, puede que tenga que borrar la imagen e insertarla de nuevo.



No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria



Algunos mecanismos de cambios de posición del cauce del río Teuco-Bermejo en la zona del cruce con la RN95. La flecha negra en la aerofoto de 1984 marca el sitio en el que se producirá un estrangulamiento de meandro, luego ocupado por una laguna; aguas abajo del lugar se generará otro meandro hacia 1997, con un desplazamiento continuo del cauce de unos 1000 m en 5 años. La flecha blanca indica el extremo de un surco de desborde, canalizado aguas abajo en un meandro abandonado (óvalo de puntos, 1984); el cauce reactivará parte del mismo hacia 1997

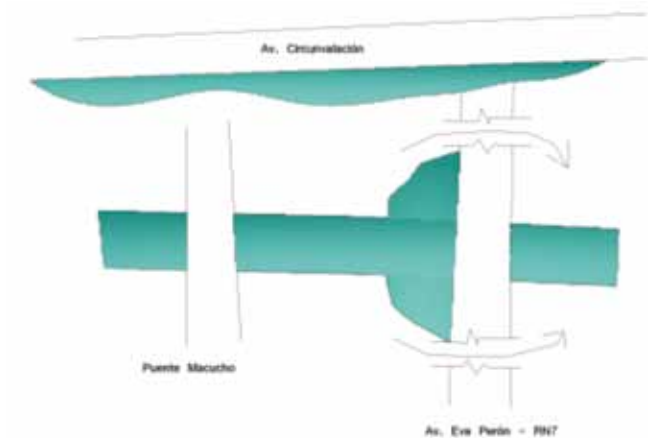
Por este motivo deberían evitar zonas en las que el río presenta curvas y sinuosidades, eligiendo tramos en que el curso es recto o semirrecto, evitando los meandros y cauces trenzados, adoptando luces adecuadas para la situación de crecida.

EJEMPLOS

A continuación presentamos ejemplos de las problemáticas explicadas durante el desarrollo del trabajo, de puentes ubicados en la República Argentina

Ejemplo 1:

- Tirante libre insuficiente
- Cota de rasante de traza elevada que corta las líneas de escurrimiento.



Durante la inundación ocurrida durante el año 2002 en la ciudad de Junín, se pudo observar como claro ejemplo de lo explicado en este trabajo dos situaciones.

La primera: la traza de la Av. De Circunvalación intercepta las líneas de escurrimiento de las aguas y el terraplén del camino funciona como presa, acumulando el agua en uno de sus laterales, que en este caso sirvió como protección para la ciudad, impidiendo que las aguas ganaran sus calles. La segunda, es la de ubicación del cruce en el valle, lo que puede verse en lo ocurrido con los dos puentes que se encuentran sobre el mismo curso de agua, el Río Salado, con una separación de aproximadamente 1 km, el primero de aguas arriba, el Puente Macucho, de 15 m de luz, no sufrió ningún daño, el agua escurrió, sin socavaciones destructivas, en cambio el segundo puente de cruce de la RN7, con una luz de 20 m pero con un tirante libre insuficiente, provocó el remanso de las aguas, embalsando sobre las márgenes y comenzando por socavar los estribos y finalmente, la crecida destruyó totalmente el puente, dejando incomunicada la Ciudad de Junín. ver fotografía .



Puente Macucho



Puente sobre RN7



Av. De Circunvalación



Puente sobre RN7 sobrepasado por el agua y de fondo, transversal la Av. De circunvalación

Ejemplo 2:

- Ubicación del puente en el valle de inundación
- Río meandroso, modificado por la presencia del puente.

Erosión en el puente de cruce de la RN95 con el Río Bermejo en el límite de las provincias de Chaco y Formosa, como se puede observar en la imagen satelital del año 2004, el río es totalmente meandroso aguas arriba del puente y se rectifica hacia aguas abajo, el meandro de aguas arriba fue recostándose sobre margen derecha, y a lo largo de los años y en sucesivas crecidas, socavó en dos oportunidades el estribo de margen derecha, lo que condujo a la extensión de la luz en dos tramos más, y el proceso no se detuvo.



Imagen satelital en que se observa la conformación del río y el cruce con la RN 95



Imagen satelital en la que se observa cómo el meandro se recuesta sobre la margen derecha. Imagen del año 2004



Se observa el estribo socavado, y el otro extremo del primer tramo del puente apoyado sobre dos pilas circulares cuando el resto del puente es de pilas rectangulares, se debe a que en ese lugar estaba el antiguo estribo que fue socavado y por el que debió agregarse un tramo más de puente.



En este caso la imagen muestra el nuevo estribo totalmente socavado con los pilotes a la vista, y con un puente temporal completando la luz del puente.

Actualmente el movimiento del meandro, está recostando el lecho sobre la margen izquierda, comenzando a amenazar en parte el acceso margen izquierda, las imágenes que están a continuación pertenecen al año 2011.

Obsérvese la diferencia, con la imagen del año 2004, en que sobre la margen izquierda en las inmediaciones del puente, se encuentra un banco de sedimentos, donde en las imágenes del 2011 existe flujo, aún en aguas bajas.



En la primera imagen, del lado derecho se ve el puente y se muestra la erosión de margen izquierda inmediatamente aguas arriba del estribo, con acumulación de ramas, etc. Y en la segunda imagen se ve como el thalweg se está recostando y curvando hacia esa margen.



Estas imágenes son de la misma margen pero hacia aguas abajo del puente, se observa la socavación que está sufriendo por detrás del muro del estribo, formándose un foso.

Ejemplo 3:

- Puente ubicado en el cono de deyección de sedimentos de los cerros laterales.
- Luz de puente insuficiente
- Cota de fondo de viga insuficiente
- Tirante de Aire insuficiente
- Modificación de la pendiente de fondo del lecho
- Contracción por invasión de la planicie de inundación.



Imagen satelital de la zona de implantación del puente, indicando en amarillo el lugar del cruce



En esta imagen, las líneas verdes indican los límites de la planicie de inundación o ancho en el que río se mueve, dependiendo del nivel de caudal y de la carga de sedimentos, la línea roja muestra el cruce inclinado respecto del cauce, y en una línea arqueada el terraplén de encauzamiento que se construyó.



Imagen en la que se observa durante la construcción, el movimiento de suelo y la modificación de la cota de fondo en distintos sectores del lecho del río en la zona de implantación del puente, el camino de servicio para la construcción cruza transversalmente el curso generando un represamiento, y la elevación del tirante cuando el curso transporta caudal de crecida



Las flechas indican el sentido del flujo y el círculo amarillo la zona en la que el muro de encauzamiento fue sobrepasado y las aguas avanzaron sobre la parte posterior del mismo, socavando



En la imagen puede observarse la altura libre por debajo del tablero en distintas etapas de la construcción, incluso la diferencia entre ambas fotos tomadas con 4 meses de diferencia en el año 2010



Pérdida parcial del tirante imagen de febrero de 2011



Esta fotografía puede verse la pérdida total del tirante libre por sedimentación, la primera imagen es de marzo de 2011 y la segunda de abril de 2012

Ejemplo 4:

- Río de montaña, que en la alta cuenca ha sufrido modificación del uso del suelo y por consiguiente ha cambiado su respuesta a las precipitaciones, aumentando su caudal pico.
- Ángulo cerrado entre el puente y el cauce

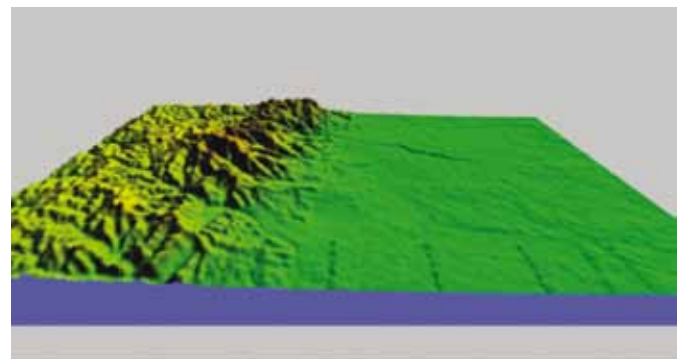


Imagen digital que representa el terreno de la cuenca del Río Tartagal, puede notarse el gran cambio de pendiente en su recorrido



Inicio del proceso erosivo de socavación sobre la margen izquierda, por pérdida del terraplén de aproximación



En la imagen puede observarse como el ángulo cerrado sobre margen izquierda provocó que la erosión se concentrara en esa margen, con la pérdida total del estribo y la caída del puente.



Nótese que sobre margen derecha el puente tiene dos vanos libres de caudal, sin daños, puesto que la creciente se recostó sobre la margen izquierda



Se observa aguas abajo la implantación de un Puente Bailey para el cruce del río en una sección más estrecha. (En el siguiente pico de crecida, desapareció el Bailey.)



Imágenes del puente provisorio colocado aguas abajo del principal, para el cruce temporal



Río Tartagal, en el ingreso a la Ciudad de Tartagal, observese la acumulación de sedimentos aguas arriba del cruce con el puente ferroviario, y Av.Packam.



El río en una nueva creciente ha eliminado y arrastrado, el puente provisorio, también en la fotografía puede verse aguas abajo un puente ferroviario, ubicado en forma perpendicular al río que ha permanecido intacto en ambas crecidas.

Ejemplo 5:

El presente ejemplo, sólo es para mostrar como varía la variación estacional de los caudales modifica totalmente las condiciones de funcionamiento del puente, ambas situaciones extremas deben tenerse en cuenta durante el diseño del puente.



Puente de grandes luces que abarca el total del ancho probable de circulación de caudal, sin muros de encauzamiento, ni estrechamiento de la sección mojada, que pueda provocar contracciones



Ubicado en la zona más estrecha del cauce natural, en situación de bajo caudal



El mismo puente con un incremento de caudal que utiliza todo el ancho disponible pero aún con poco tirante.



El río caudaloso, con el tirante útil totalmente colmado, pero nótese el tirante de aire aún libre que permite que el caudal no se ahogue y modifique las condiciones de escurrimiento, aumentando velocidades, etc.

ALGUNAS HERRAMIENTAS

A los efectos de poder analizar convenientemente los fenómenos descritos, una vez recabados todos los datos, podemos recurrir a programas los de modelación específicos, los que permiten modelar la mayor parte de los eventos hidrológicos mencionados, y obtener como resultados, la magnitud de las variables involucradas y de interés para el diseño de nuestras estructuras, como ser: caudales, cotas de pelo de agua, velocidades medias, profundidad de los fosos erosivos, etc, para ambas condiciones con o sin proyecto.

Siempre se debe recordar que los programas utilizados son tan buenos como la certidumbre de los datos ingresados, son herramientas de proceso de la información de base y sus conclusiones dependen de la calidad de la misma, no son una solución, si se parte de supuestos errados.

Por eso insistimos en que las Herramientas, son variadas, evolucionan día a día con la técnica, tienen capacidades de predicción muy interesantes, bien utilizadas ahorran un tiempo enorme y permiten modelar diferentes situaciones, estados y condiciones, pero **NO SON LA SOLUCION DEL PROBLEMA**, solo un auxilio para las buenas decisiones a tomar .

HEC – HMS, PARA EL ANALISIS HIDROLOGICO (programa gratuito)

Presentamos como ejemplo la modelación de la cuenca del Arroyo Morales, perteneciente a la cuenca del Río Matanza –Riachuelo en la Provincia de Buenos Aires.

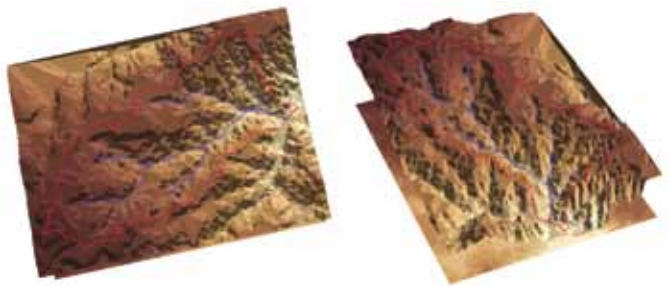
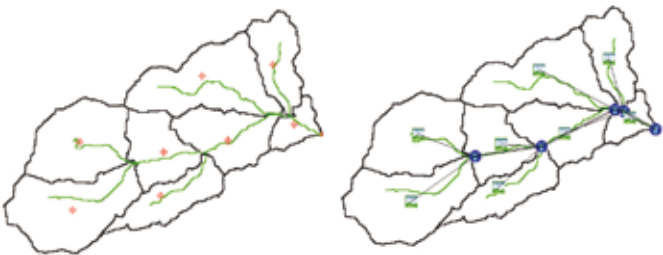
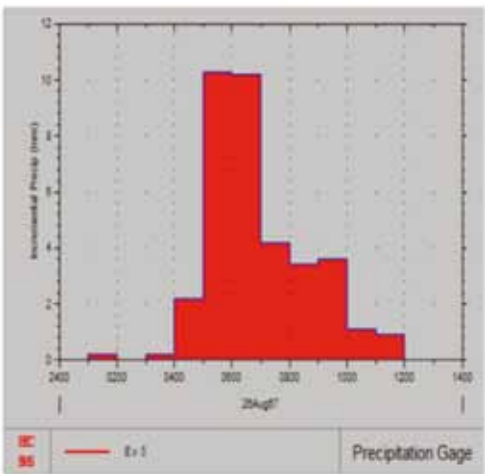


Imagen en 3D del terreno modelado y la cuenca delimitada, con los cursos destacados

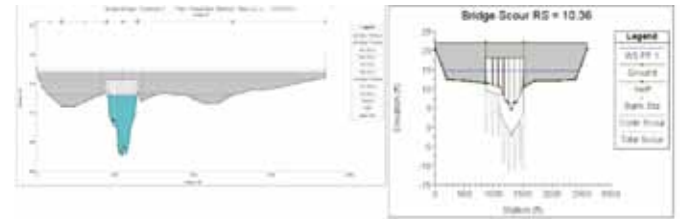


División en subcuencas con indicación del baricentro y la representación de cuencas y cursos vinculados

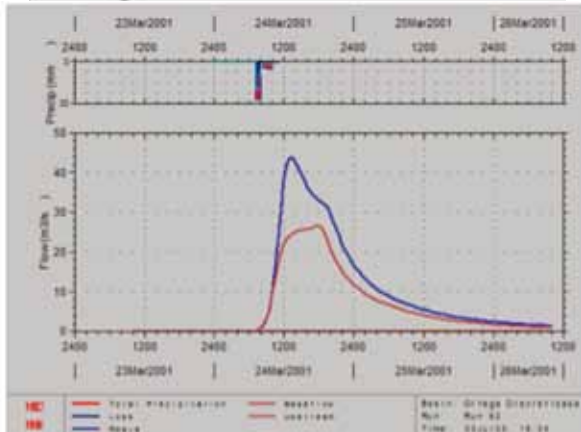
PRECIPITACIÓN DEL 26 DE AGOSTO DE 1967				P.I.Media = 36.18
DIA	HORA	Precip. Acumulada (mm)	Intensidad (mm/h)	Proporciones (%)
26	1	0.0	0.0	0.00%
26	2	0.0	0.2	0.47%
26	3	0.2	0.0	0.13%
26	4	0.2	0.2	0.46%
26	5	0.4	2.2	6.08%
26	6	2.6	10.3	28.42%
26	7	12.9	10.2	28.18%
26	8	23.1	4.2	11.65%
26	9	27.3	3.4	9.29%
26	10	30.6	3.6	9.83%
26	11	34.2	1.1	2.91%
26	12	35.2	0.9	2.58%
26	13	36.2	0.0	0.00%
26	14	36.2	0.0	0.00%
26	15	36.2	0.0	0.00%
26	16	36.2	0.0	0.00%
26	17	36.2	0.0	0.00%
26	18	36.2	0.0	0.00%



Hietograma de un evento real de precipitación trasnformado de la lectura de un pluviógrafo



Perfiles de puente, el primero con cota de pelo de agua en crecida y líneas de energía y el segundo con la estimación de la erosión en líneas punteadas.



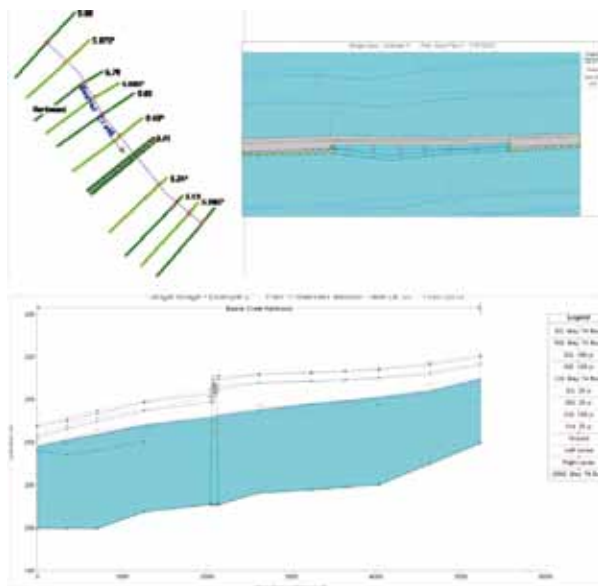
Modelo y resultado del modelo, caudales de ingreso y salida de la Cuenca para un evento de lluvia dado

ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE CURSOS DE AGUA. (SMS, o similar)

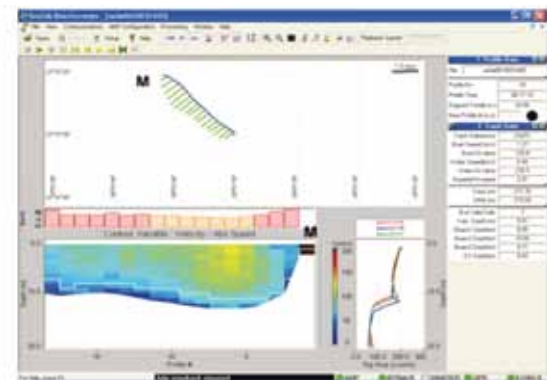


Modelación tridimensional del curso del Río Paraná en su tramo frente a Resistencia, perfil de velocidades

HEC-RAS PARA EL ANÁLISIS UNIDIMENSIONAL DE CURSOS DE AGUA, INCL. EROSION (programa gratuito)



Modelación de un cauce, puede observarse la sucesión de secciones modeladas, incluyendo la que posee el puente, indicando en líneas rojas el límite del cauce y en verde el del valle de inundación. Y en la última imagen, el perfil longitudinal con líneas de energía.



Modelación de perfil de velocidades tridimensional – Río Paraná Puente Gral. Belgrano

CONCLUSIONES

El hombre puede forzar al Río hacia una condición no natural, pero el Río intentará nuevamente volver a aquella condición. Entre más fuerte sea la modificación, mayor es la reacción o respuesta del río.

Por este motivo, no podemos dejar de mencionar, en la búsqueda de una respuesta adecuada del proyecto vial, las siguientes condiciones.

- Un buen Pliego que exija los tópicos a cumplir por un estudio hidráulico, adecuado a la importancia de la obra.
- Una buena Guía de Prácticas para la Inspección y el Mantenimiento de las obras. (ver nuestro 2do Trabajo de monitoreo).
- Un registro detallado y actualizado de los problemas con sus eventuales soluciones, con fotografías, videos y mediciones.
- Mejorar la base de datos de las Vialidades, en un trabajo a mediano y largo plazo que involucre a la SSRH nacional y también a las provincias. (lo cual requiere inevitablemente de los recursos).
- Una guía de tópicos mínimos que deben ser revisados y controlados, por medio de una metodología completa y abarcativa.

I. GUIA DE CHEQUEO

LISTADO DE CONTROL DE TÓPICOS MINIMOS A INCLUIR EN EL PROYECTO				
Tópico	Alerta			Observaciones
Precipitaciones y caudales	●	●	●	
Velocidad en Puente, Ag arr, Ag ab	●	●	●	
Características del material de fondo, aluvión y márgenes	●	●	●	
Existencia de transporte de sedimentos	●	●	●	
Identificar la cuenca	●	●	●	
Ubicación en el valle	●	●	●	
Angulo del cruce	●	●	●	
Altura de la rasante	●	●	●	
Tirante de aire	●	●	●	
Luz de Puente	●	●	●	
Existencia de obras de alivio	●	●	●	
Erosión de sedimentos	●	●	●	
Erosión general en crecida	●	●	●	
Erosión local en pilas	●	●	●	
Erosión local en estribos	●	●	●	
Erosión por contracción	●	●	●	
Sedimentación por proyecto	●	●	●	
Velocidad en Puente, Ag arr, Ag ab	●	●	●	



Dirección Provincial de Vialidad - Avda. Spinetto 1221 - L6302ABK - Santa Rosa - La Pampa
 Telefonos: +54 (02954) 433416/313/225 Fax: 433489 Email: vialidad@lapampa.gov.ar

ENTRE RÍOS

La **PROVINCIA** que
MAS INVIERTE en **OBRAS VIALES**
con **recursos**
PROPIOS

La Provincia de Entre Ríos fue por segundo año consecutivo la administración que más invirtió en obras viales con recursos genuinos. Así lo reconoció el Consejo Vial Federal (C.V.F.) en la LIII Asamblea Anual Ordinaria. Purmamarca (Provincia de Jujuy 2013).

CRITERIOS DE DISEÑO Y/O VERIFICACIÓN DEL DRENAJE DE RUTAS NACIONALES Y CARRETERAS EN RIBERAS

AUTOR:

Ing. Néstor Rolando Correa
(*) Dirección Nacional de Vialidad (DNV)

Resumen

Las serias afectaciones o colapso de obras de paso y tramos de rutas nacionales en estos últimos años han sido por fallas de sus cimentaciones ubicadas en las márgenes de cursos y/o cuerpos de agua, producidas por sedimentaciones o socavaciones. El trabajo promueve nuevas bases y lineamientos para diseñar y/o verificar tanto las obras de paso sobre tramos fluviales como las carreteras ribereñas y otras que ocupan las márgenes de los cursos y/o cuerpos de agua, para asegurar que éstas alcancen una vida útil superior a los 50 años, con un costo reducido de mantenimiento y/o conservación.

Se identifican regiones donde existen tendencias significativas en las precipitaciones y/o escurrimientos por efecto de cambios regionales, lo que incrementa la vulnerabilidad de las obras. Se definen los criterios y metas de diseño y/o verificación e identifican los condicionantes para las obras. Son condicionantes del diseño tanto el deslinde de las líneas de ribera y espacios conexos como las afectaciones que las obras imponen al tramo fluvial y sus planicies de inundación. Se destacan la naturaleza dinámica de los cauces y riberas, y su nexo con el ordenamiento territorial municipal, asimismo los condicionantes de espacio libre que la navegación impone sobre los cuerpos de agua y sus márgenes.

Los criterios y procedimientos se basan en el riesgo hídrico, en diseñar obras poco erosivas y autolimpiantes, congruentes con el ordenamiento territorial en las riberas, adaptadas a los futuros cambios regionales en las cuencas. Los estudios hidro-técnicos requieren estimar la evolución hidro-geomorfológica del tramo fluvial en los próximos 50 años, y de los caudales máximos y niveles de inundación para hidrogramas de crecidas con $T_r = 12, 25, 50, 100$ y 500 años, y su previsible evolución en los próximos 30 años. Estos métodos formarían parte de un *Manual de Drenaje y Control de Erosión*.

I. Introducción y Contexto

Las rutas y sus obras de paso (vados, alcantarillas, puentes, viaductos, cobertizos y túneles) atraviesan los cauces naturales, las riberas y planicies de inundación de las cuencas hídricas. Atento a ello, la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) promueve conceptos, instrumentos y acciones conducentes a lograr un **Ordenamiento Territorial** (OT) eficaz en cada jurisdicción.

1. Dominio Público Hidráulico

De acuerdo al Código Civil el **cauce natural** es la porción de tierra que las aguas bañan durante las “**crecidas medias ordinarias**”. El límite lateral y superior del cauce natural es la **línea de ribera (LdR)**. El **cauce natural** está constituido por hasta tres elementos: **los lechos** (del río, arroyo o lago), **los albardones y/o terrenos anegables** que no constituyen aluvión, y las playas. Las rutas y el cauce natural son espacios del dominio público, y por ello de exclusivo uso público. Las **Figuras 1, 3 y 4** muestran estos conceptos (ver ref. [1] y [2]).



Figura 1.- Esquema sobre el cauce natural y las riberas.

2. Estado de Situación por Cambios Regionales

Para una gran parte del territorio argentino, los registros hidro-meteorológicos de las últimas décadas indican cambios y tendencias regionales significativas, tanto en la magnitud como en la frecuencia de las precipitaciones, de los escurrimientos, de los caudales y/o eventos extremos.

La **Figura 2**, extraída del trabajo de la ref. [3], identifica dos regiones A y B de la Argentina donde se han constatado tendencias positivas en los escurrimientos anuales, es decir una tendencia al aumento del flujo en los ríos.

La DNV observa una dinámica fluvial con incremento de situaciones de inestabilidad hidro-geomorfológica de los canales, lechos, albardones y/o terrenos anegables, de las playas y riberas fluviales con respecto a los que se constataron y/o asumieron durante el diseño de las obras. Ello aumenta la vulnerabilidad de la infraestructura insertada en los cauces naturales y lagos de las regiones indicadas.

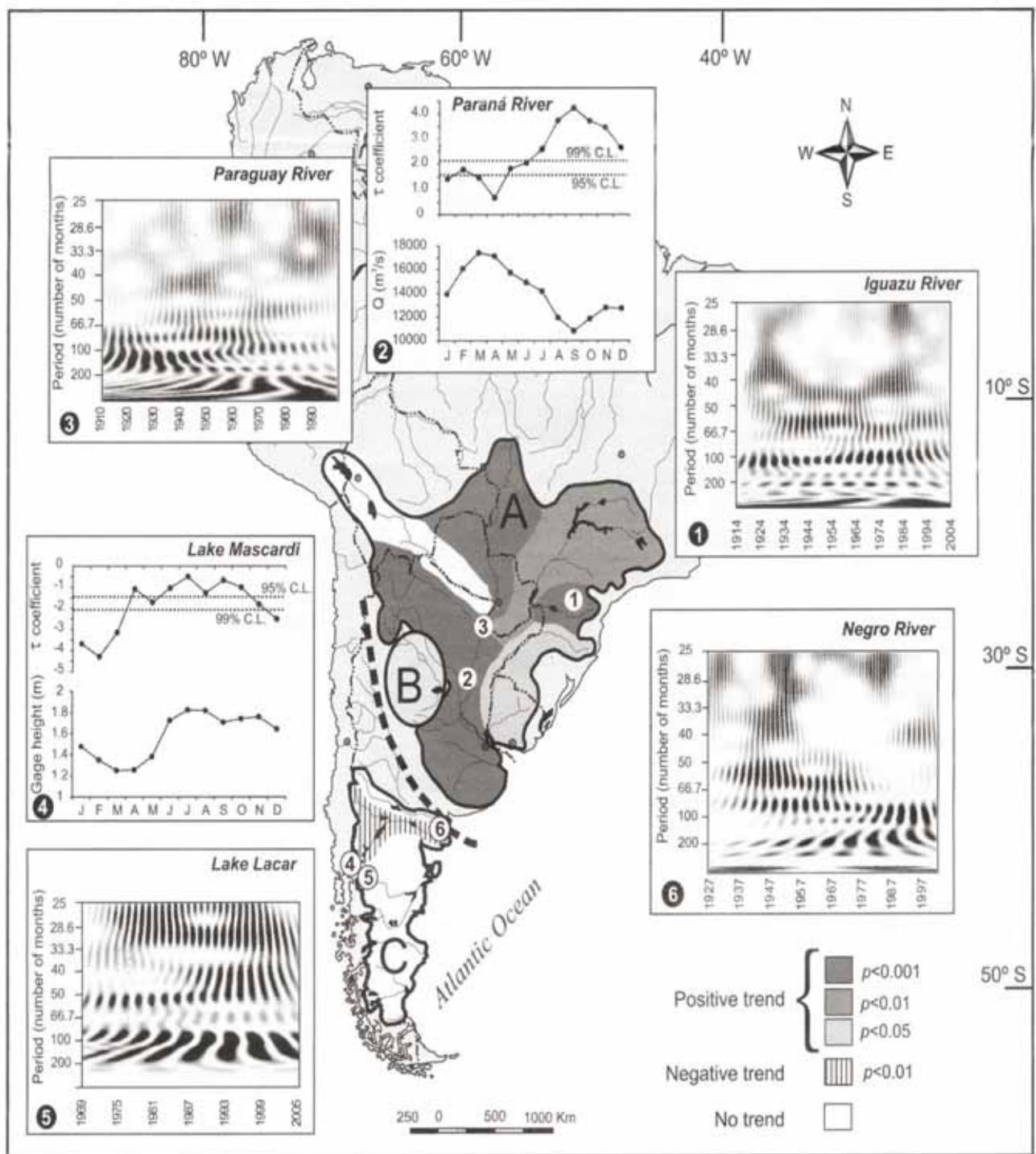


Fig. 1. Map of South America showing the Río de la Plata drainage basin (region A), the area of central Argentina (region B), and Patagonian rivers and proglacial Andean lakes (region C). The shading (see legend) corresponds to different levels of statistical significance, as measured by the Mann-Kendall (M-K) test. Positive M-K coefficients correspond to increasing annual discharges, and negative coefficients correspond to decreasing ones. Insets 2 and 4 correspond to seasonal-Kendall results, averaged over 99 and 50 years, respectively (C.L. is the confidence level, τ stands for the test's statistical coefficients, and Q represents river discharge rates; x axis shows months); insets 1, 3, 5, and 6 are continuous wavelet transform (CWT) plots, showing high power or high variance (dark areas) and low power or low variance (white areas). The dashed line shows the approximate location of the "arid diagonal." The figure shows that although the signal of the ENSO at different frequencies is discernible in most hydrological systems in southern South America, recent increased atmospheric precipitation is restricted to most of the Río de la Plata drainage basin, with Patagonia exhibiting a trendless or negative behavior.

Figura 2.- Efectos de los cambios regionales y climático sobre los escurrimientos anuales (ref. [3]).

Dichos efectos son atribuibles a cambios posteriores al diseño, principalmente por cambios regionales no regulados, fiscalizados y/o compensados en el uso del suelo y/o la cobertura vegetal en las cuencas, y accesoriamen te en la variabilidad de las precipitaciones.

La inestabilidad fisiográfica descrita afecta las rutas y sus obras de paso, y puede cambiar tanto las premisas, los datos empleados para el diseño de las obras, como su situación técnico-legal. Por ello se hace necesario relevar las rutas y obras de paso para identificar las que están en situación de vulnerabilidad, e implementar obras correctivas y medidas preventivas, adaptando la infraestructura existente a los mayores flujos superficiales observados.

3. Dominios en la Zona de Camino



Figura 3.- Deslinde entre objetos territoriales legales de derecho público.

La **Figura 3** indica como corresponde deslindar el dominio público y privado en las márgenes de un curso o cuerpo de agua (perenne, intermitente o efímero) según el Código Civil, y normativa complementaria. Estas normas definen las autoridades de aplicación (nacional, provincial y municipal) para deslindar, demarcar los espacios de dominio público y privado, y la juris-

dicción responsable para administrar y/o fiscalizar el acceso y uso de estos espacios públicos. Son de destacar la naturaleza dinámica de las LdR y las fajas marginales conexas, y las servidumbres de acueducto, que constituyen áreas de uso restringido, y su nex o con el OT municipal.

Los Catastros provinciales administran los datos de las parcelas y contribuyen a la implementación de políticas sobre administración del territorio, gestión de la información territorial, y el desarrollo sustentable.

4. Objetivo y Metas

El trabajo promueve nuevas bases y lineamientos para sistematizar la elaboración de los estudios de diseño y/o verificación de obras para drenaje y/o control de erosión de las Rutas Nacionales, y describe criterios para:

1. Lograr Diseños para Obras de Paso y Carreteras en Riberas, adaptadas a los cambios regionales, con materiales constructivos y geometrías, que aseguren una vida útil ≥ 50 años:
 - con bajo riesgo hídrico ($\leq 40\%$), autolimpiantes y poco erosivos ($0,9\text{m/s} \leq V_m \leq 3,0\text{m/s}$), y
 - costos reducidos para mantenimiento y conservación;
2. Obtener una explotación y conservación sostenible de las obras que sirven al drenaje y el control de erosión de las rutas nacionales.

5. Materiales y Métodos

El trabajo indica **¿Que** bases, lineamientos generales, pautas, jurisdicciones, y criterios condicionan y/o determinan los estudios?, **¿Que** aspectos y datos habría que recabar, determinar y/o verificar?, **¿Como** y en que orden debería procederse?, y **¿Quienes** tendrían las incumbencias, serían aptos e idóneos? para condicionar, diseñar y/o verificar las obras para Drenaje y Control de Erosión de las Rutas Nacionales.

6. Alcances e Instrumentos

Los estudios de diseño y/o verificación comprenden a las rutas y obras de paso sobre ríos, arroyos, cauces aluviales efímeros, acueductos (canales, drenes y/o desagües rurales), lagos, embalses, las lagunas y otros cuerpos de agua, líquidos y/o sólidos -naturales y/o artificiales-.

Las pautas y criterios (preliminares) que se describen formarían parte de un Manual de Procedimientos para elaborar Estudios de Diseño y/o Verificación de Obras para Drenaje y/o Control de Erosión de Rutas Nacionales, que definiría todos los aspectos de los estudios referidos. A la vez que complementaría y ampliaría al Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales MEGA II, DNV, (ref. [5]), y a las Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial - DNV (ref. [6]).

II. Bases y Lineamientos Generales

Los nuevos diseños propuestos deberían asegurar que las obras alcancen una **vida útil mayor a 50 años**, sin sufrir daños importantes que afecten la conectividad vial, con un costo reducido de conservación.

1. Criterios y Procedimientos de Diseño

El éxito o el fracaso en lograr una implantación estable de obras en un tramo fluvial devienen de respetar los condicionantes, de comprender y acompañar la naturaleza y la evolución del curso o cuerpo de agua que se intenta controlar o cruzar. Cada caso es particular, **el ingeniero debe entender los factores y procesos hidrológicos, hidro-geomorfológicos, hidráulicos y sedimentológicos dominantes que están presentes en cada caso**. Si no hay información debe colectarse, inferirse o asumirse lo más aproximada a la realidad. Para ello son imprescindibles la idoneidad, el sano criterio de ingeniería fundado en las ciencias físicas y naturales, la experiencia, y el ingenio del ingeniero y/o geomorfólogo.

Del **análisis de registros y antecedentes hidrometeorológicos**, se identificaría si por cambios regionales (del uso del suelo, climático y fenómeno El Niño – Oscilación del Sur), existen tendencias significativas en las precipitaciones máximas, los escurrimientos o niveles de inundación del curso de agua (ver Figura 2 y ref. [3]), y **su previsible evolución en los próximos 30 años**. También se requeriría identificar, **tipificar los aspectos hidro-geomorfológicos** y de zonificación por riesgo hídrico del tramo fluvial que cruza la zona de camino. Asimismo, **proyectar la previsible evolución en los próximos 50 años**, si ocurrirá un incremento de la erosión y/o desplazamiento (vertical/lateral), un acrecentamiento y/o socavación de los cauces naturales y/o las márgenes fluviales, y si por el fenómeno existe riesgo o vulnerabilidad para las obras proyectadas, o las existentes, en el tramo fluvial bajo estudio.

2. Riesgo Hídrico Admisible

Los conceptos de la **Tabla 1** y los **criterios y procedimientos de diseño** que se enuncian indican que **la DNV admitiría -para una vida útil ≥ 50 años- un Riesgo Hídrico (RH) $\leq$ al 40%** (riesgo de fallo por afectaciones hídricas) de que las rutas nacionales y sus obras de paso puedan ser sobrepasadas, durante futuras crecidas** con un $Tr \geq 100$ años (ver ref. [1] y [2]).

No obstante, el **RH admisible sería $\leq 10\%$** para una cantidad reducida de obras (alcantarillas, puentes, viaductos, cobertizos y/o túneles) de naturaleza estratégica, sobre una vía navegable, y/o transitoria. Para una obra de paso:

- **estratégica**, deberían emplearse dimensiones, materiales constructivos y protecciones para soportar los flujos, arrastres y niveles de crecidas de diseño históricas, con un $Tr = 500$ años;
- **sobre vía navegable**, éstas no deben perjudicar el libre paso de cualquier objeto de transporte fluvial. Por ello, los espacios libres bajo la superestructura se deberían diseñar y/o verificar a partir del nivel L_{500} de la futura crecida** con $Tr = 500$ años;

- **transitoria**, la vida útil mínima a proyectar sería ≥ 2 años, y la futura crecida** de diseño tendría un $Tr \geq 20$ años.

RIESGO HIDRICO Intervalo de repetición de inundaciones (años) en relación con el periodo de explotación previsto y la probabilidad de fallo* (Megahan, 1977)

Periodo de explotación previsto (años)	Probabilidad de fallos (%)						
	10	20	30	40	50	60	70
5	48	23	15	10	8	6	5
10	95	45	29	20	15	11	9
15	100+	68	43	30	22	17	13
20	100+	90	57	40	29	22	17
25	200+	100+	71	49	37	28	21
30	200+	100+	85	59	44	33	25
40	300+	100+	100+	79	58	44	34
50	400+	200+	100+	98	73	55	42

* Basado en la fórmula $P = 1 - (1 - 1/T)^n$, en la cual n = periodo de explotación previsto (años), T = intervalo de repetición de avenida máxima (años), P = probabilidad de fallo (%).

EJEMPLO. Si la alcantarilla de un camino debe durar 25 años con un 40% de probabilidad de fallo durante su vida útil, ésta debe diseñarse para una avenida máxima con un intervalo de repetición de 49 años.

Tabla 1.- Probabilidad de fallos en función del periodo de explotación previsto.

3. Condicionantes del Diseño

Para una obra que cruza un curso de agua sujeto a la navegación deben establecerse en ambas márgenes fluviales, en colaboración con las autoridades de aplicación nacionales, las LdR, los espacios libres verticales y horizontales, los gálibos, y las revanchas mínimas admisibles para no perjudicar el transporte fluvial y terrestre.



La **Figura 4** indica como correspondería deslindar el dominio público y privado en las márgenes de superficies de agua no aptas y aptas para el transporte fluvial.

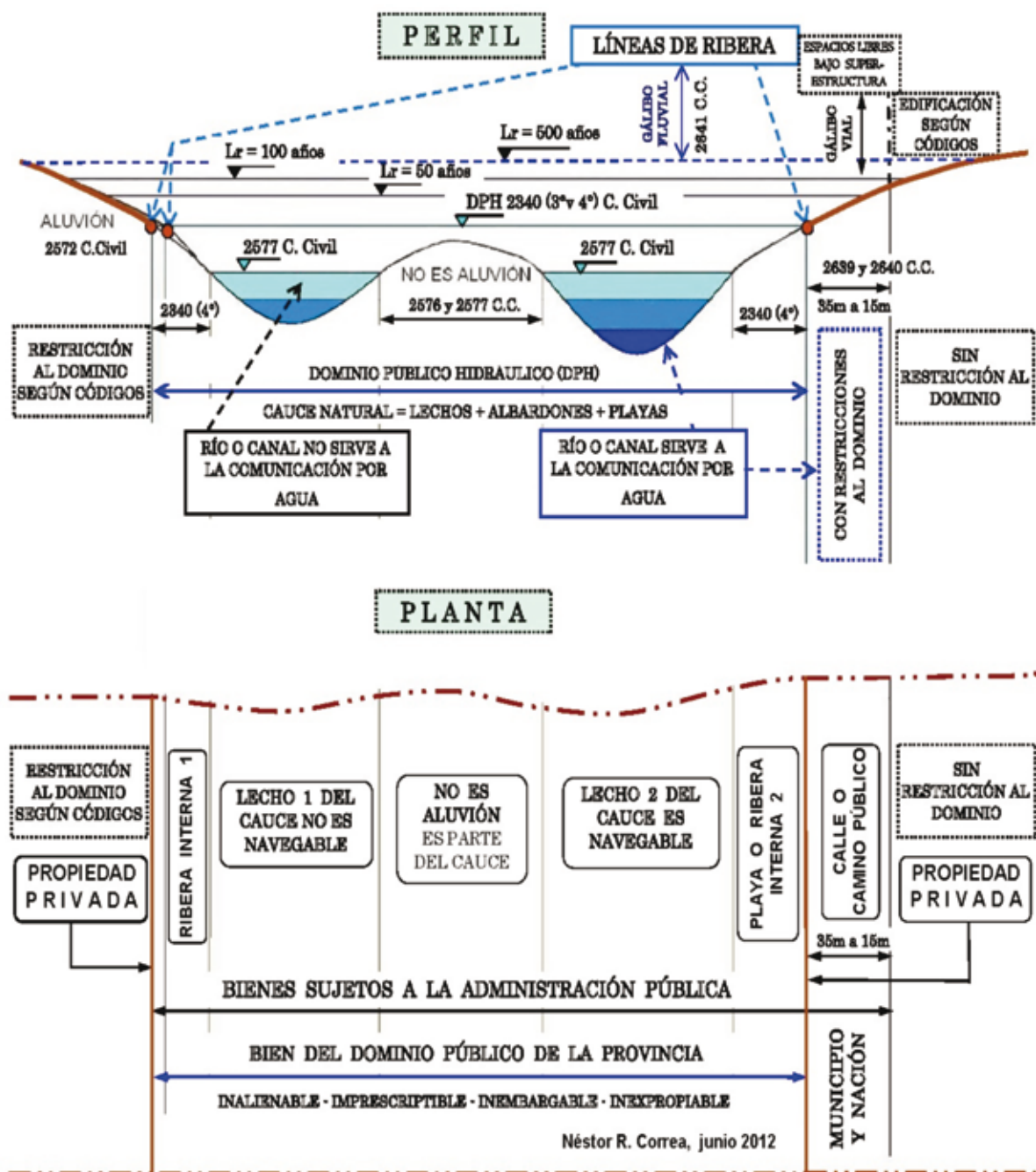


Figura 4.- Condicionantes sobre los elementos el cauce natural y las riberas, jurisdicciones y términos según el C. Civil y las Leyes Hidrográfica, de Navegación y PNA.

Para un puente sobre un río navegable, con una vida útil mínima de 50 años, el proyectista dejaría una luz libre vertical para navegación, medida desde el nivel L_{500} de futuras crecidas** y hasta la cota más baja de la superestructura, que no sea inferior al gálibo de navegación + una revancha de 1,0m. Asimismo, proveería una distancia entre las pilas del canal de navegación no inferior a dos gálibos horizontales + las revanchas de navegación, y una faja de terreno colindante a la LdR

en cada margen fluvial, para el camino público de 35m a 15m conforme a los gálibos (horizontal y vertical) + revanchas para el transporte terrestre. Todos los valores a definir en colaboración con las Autoridades de Aplicación nacionales.

Por ello, los estudios y el (ante-)proyecto de obra deberían obtener las declaratorias y autorizaciones de Dirección Nacional de Vías Navegables (DNVN), el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), y eventualmente la Prefectura Naval Argentina (PNA). Los permisos de construcción para estas obras deberían gestionarse tanto ante la Autoridad de Aguas provincial, y las autoridades nacionales citada.

4. Resumen de Incumbencias sobre Cauces Naturales y Espacios en Riberas

Deslinde de Líneas de Ribera (Cauce Natural = DPH)

- **Normativa:** Código Civil, Código de Aguas, Leyes de Protección de Bosques Nativos, Control de Quema, Parques Nacionales, Glaciares y Ambiente Periglacial, y Catastro.
- **Autoridad de Aplicación:** Provincial, Nacional (y/o Inter-Jurisdiccional).
- **Instrumentación:** Mediante Administración, Dirección, Ente y/o Agencia Provincial de Aguas (y Ambiente), y Catastro (y/o Inter-Jurisdiccional).

Determinación del Ancho del Camino Público (35m a 15m), y otras Restricciones y Límites al Dominio de las Márgenes

- **Normativa:** Código Civil, Leyes Hidrográfica y de Navegación, Código de OT y Edificación Municipal, Código de Aguas, Leyes de Áreas Protegidas y E.I.A.
- **Autoridad de Aplicación:** DNVN, SHN, Municipio o Ente Municipal, Aguas (y Ambiente) y Catastro.
- **Instrumentación:** Mediante Dirección Nacional, Provincial y/o Agencia Municipal (y/o Inter-Jurisdiccional).

III. Condicionantes y Licencias Ambientales

1. Conformidad y Autorización para Obras en Corredores Fluviales

Debe destacarse que cualquier proyecto de alteración del drenaje de la cuenca hidrográfica y/o de cuerpos de agua superficial (o sub-superficial, tales como mallines) debe contar con la conformidad formal y previa, otorgada por la Autoridad de Aguas o de los Recursos Hídricos (provincial). La utilización de materiales ubicados en las fajas marginales y la ejecución de obras de defensa ribereña requiere asimismo de la autorización previa por la autoridad de aguas.

Análogamente acontece con proyectos u obras que ocupan las franjas marginales de los cursos o cuerpos de agua aptos para el transporte fluvial. Éstas deberían contar con la correspondiente conformidad y/o autorización previa, otorgada por las Autoridades de Aplicación de la Nación (DNVN, SHN y PNA), con intervención del Municipio respectivo.

La Autoridad de Aplicación puede apercibir, multar, detener obras en ejecución, o demoler, con cargo a los responsables de dichas obras, cuando fueran realizadas sin haber cumplimentado los procedimientos y autorizaciones previas estipulados

por Ley de: Aguas, Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.), Hidrografía y/o Navegación, y el Código de OT y Edificación del Municipio.

2. Gestiones para las Licencias Ambientales

No resulta siempre legalmente obligatorio obtener una licencia ambiental previa. Por ejemplo, en los casos de proyectar y/o realizar obras para reemplazo de otras deficientes o dañadas, sin cambio de traza y/o rasante. Estos casos se encuadrarán como ampliaciones o remodelaciones de obras (viales) existentes, y entonces la ley no obliga a realizar un Aviso de Proyecto (A.P.) y un *Estudio de Impacto Ambiental* (EsIA).

Toda ruta nueva requiere generalmente un A.P., y condicionalmente un EsIA para seguir un procedimiento de E.I.A., previo a su ejecución. El interesado está obligado a elaborar el A.P., con los requisitos de la Ley particular, donde se realizan determinaciones ingenieriles, y una evaluación cuantitativa. Luego la Autoridad de Aplicación resuelve si corresponde otorgar la licencia, o corresponde elaborar un EsIA para:

- *Información Pública*, en caso de calzada de servicio o ruta colectora, y/u obras menores con ocupación de franjas ribereñas, de canalización y regulación de cursos de agua; o
- debatir en *Audiencia Pública* y valorar en E.I.A., cuando se trata de caminos nuevos.

En cada caso las determinaciones del EsIA difieren en sus alcances, actividades y contenidos, que la Ley y autoridad de aplicación precisan.

2.1 Procedimientos para Licencias Ambientales

Los proyectos de obras para el drenaje y control de erosión de las rutas son generalmente subproyectos del proyecto de carretera. Por ello, lo que corresponda a estos subproyectos son capítulos del informe elaborado como EsIA del proyecto vial.

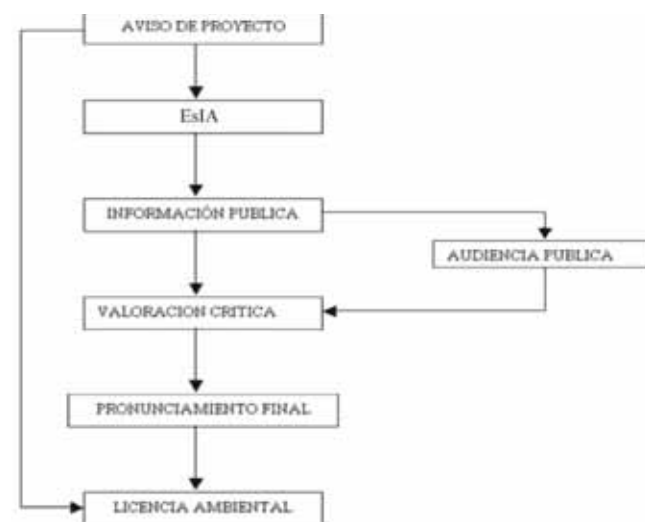


Figura 5.- Evaluación de Impacto Ambiental en la Provincia de Córdoba.

Las licencias ambientales para estas obras se gestionan como proyectos independientes únicamente cuando no estén contenidas dentro de un proyecto de obras viales, o cuando se considere que podrían generar impactos socio-ambientales de magnitudes significativas. Por ejemplo, si se previera la relocalización de la ruta, si por cambios en las secciones de escurrimiento las obras alterasen el riesgo de anegamiento de predios linderos, si se produjeran impactos visuales y/o sonoros sobre áreas sensibles, o posibles efectos barrera para la fauna silvestre en áreas vulnerables, y/o con elevado valor ambiental, como las Áreas Naturales Protegidas.

2.2 Estudios de Impacto Ambiental para Obras Viales

Los EsIA de obras nuevas describirán y valorarán los impactos y/o daños que producen las mismas, con relación a una Línea de Base previa, acotando el EsIA a las etapas de construcción, y de operación y mantenimiento; excluyendo a las etapas de rehabilitación y de destrucción de éstas.

En general, los EsIA abarcarán los contenidos estipulados por Ley particular y/o resoluciones de la Autoridad de Aplicación (nacional, provincial y/o municipal). Éstos deberán contener una descripción detallada del proyecto de la obra o actividad a realizar, la identificación de las consecuencias sobre el ambiente, y las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos, y seguir las pautas del MEGA II (ref. [5]).

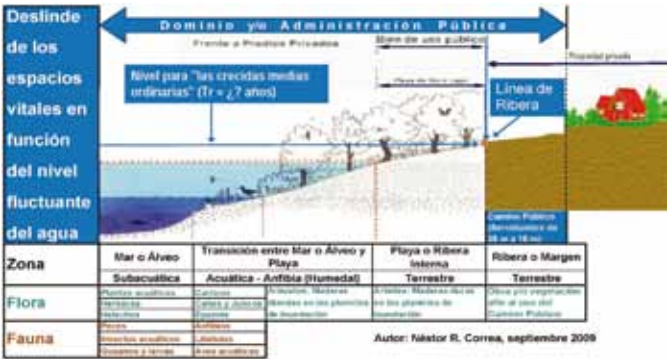


Figura 6.- Influencia del nivel de las crecidas sobre el Hábitat, la Biocenosis y la Línea de Ribera (ref. [4]).

En particular, se enfocan en las Afectaciones que las obras viales generarían sobre:

- a) el ordenamiento territorial;
- b) las áreas protegidas y la superficie de los terrenos sujetos a expropiación por las obras;
- c) la atmósfera, las aguas, el cauce natural, las fajas marginales, las riberas, y sus accesos;
- d) las propiedades adyacentes y las planicies de inundación;
- e) las áreas destinadas a la población, agricultura e industrias, y reservas naturales;
- f) la infraestructura existente y la obra nueva;

- g) las áreas aptas y las prohibidas para obradores, desvíos, explotación de fuentes de materiales sólidos y de aguas;
- h) las áreas aptas y las prohibidas para disposición de materiales sobrantes, de escombros y/o residuos;
- i) la flora y la fauna autóctona; y
- j) los sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y/o cultural.

La ubicación definitiva de las áreas g) y h) se define habitualmente en la fase constructiva. Esta tarea queda a cargo de las Empresas Constructoras o Contratistas de Obra, que obtendrán los permisos legales y/o autorizaciones previas exigibles, de parte de las Autoridades de Aplicación de minería, recursos hídricos, y eventualmente municipales. Previo a su materialización requieren también la aprobación de la Inspección de Obras. Por ello, los EsIA deberían identificar y/o delimitar tanto las ubicaciones más aptas para las actividades de explotación, elaboración y/o disposición de materiales para las obras, como las áreas más sensibles a afectaciones negativas, donde estén prohibidas o no deberían ubicarse las mismas, por razones de índole ambiental, social o de seguridad.

2.3 EsIA para Obras de Paso y/o Control de Erosión de Carreteras

El EsIA para estas obras debería analizar y evaluar los siguientes Aspectos y Afectaciones:

- a) Alternativas de Proyecto analizadas, según los aspectos mencionados en el punto IX.;
- b) Áreas aptas y prohibidas para obradores, desvíos, explotación de fuentes de materiales para las obras, y para disposición de escombros, de residuos de construcción, y de materiales sobrantes;
- c) Áreas para futuros accesos a las obras y playas del cauce natural, adecuados para labores de mantenimiento;
- d) Conformidad con el OT en cauces naturales y franjas ribereñas;



- e) Demanda de energía durante las etapas de construcción y de explotación: origen, tipo, disponibilidad local y sostenibilidad del suministro, emisiones generadas;
- f) Alteración del riesgo de anegamiento de los predios próximos a las obras (o en su área de influencia directa), especialmente si los predios tienen uso productivo, urbano o de tipo valorado, tanto si se prevé un incremento como una reducción de este riesgo, por la alteración de la sección de escurrimiento que las obras impondrán al cauce natural y sus márgenes;

g) Posible efecto barrera para la fauna nativa (tanto terrestre como acuática) y medidas para su mitigación;

h) Alteración de la calidad atmosférica durante las etapas de construcción y explotación (p.ej. generación de polvo y emisiones por la producción de de áridos, hormigón y/o asfalto), y medidas para prevenirlo;

i) Vulnerabilidad de los cursos o cuerpos de agua a ser contaminado con sustancias peligrosas durante la etapa de construcción y/o de operación (por ej. si es fuente de agua potable, y existe tránsito o riesgo por derrame de cargas peligrosas), y medidas para prevenirlo;

j) Alteración y/o reposición de la cubierta vegetal destinada a mitigar la erosión;

k) Posible impacto visual en áreas valiosas paisajísticamente y/o con receptores (observadores) vulnerables a los impactos visuales, y medidas para su mitigación;

l) Medidas de seguridad vial y/o de paso en sitios particularmente peligrosos y/o con circulación de peatones o ciclistas.

3. Audiencias Públicas y Declaración de Impacto Ambiental

La necesidad de Audiencia Pública y su organización es una decisión que adopta la Autoridad de Aplicación de E.I.A., en función de las características del proyecto y de la vulnerabilidad social y ambiental de medio receptor. Por ello, la Autoridad provincial de Ambiente (y Aguas), el/los Municipio(s) deciden, en base al EsIA del proyecto ejecutivo para las obras, si corresponde presentación y debate en Audiencia Pública, y un procedimiento de E.I.A..

En caso de Audiencia Pública, la Jefatura de Distrito de la DNV debería firmar y elevar por nota, en carácter de declaración jurada, el EsIA y un Informe General y Específico de Impacto Ambiental ante la Autoridad Ambiental competente (provincial y/o inter-jurisdiccional).

Luego de la Audiencia Pública la Autoridad Ambiental emite un Dictamen Técnico y una Declaración de Impacto Ambiental, en la que se manifiesta la aprobación o rechazo del proyecto y/o EsIA presentados, las acciones obligatorias destinadas a mitigar los efectos negativos, y el Plan de Gestión Ambiental a implementar. La Declaración de Impacto Ambiental sin Dictamen Técnico y Audiencia pública previa será nula.

IV. Pautas para Diseñar y/o Verificar los Drenajes y el Control de Erosión

1. Recomendaciones para el Trazado y Emplazamiento Preliminar

- Rutas en pedemonte de las regiones Centro, Cuyo y NOA. Las mejores condiciones de emplazamiento para obras de paso se presentan cuando el trazado de la carretera se desarrolla por las zonas medias de los abanicos aluviales o fluviales, y los cursos de agua atraviesan la zona de camino en forma perpendicular, con pendientes longitudinales de los lechos en el rango del 2,5% al 4,5%.

- Enlace con la red vial. En los 250m de la calzada anteriores o posteriores a las obras de paso no debería hacerse ningún tipo de conexión, nudo o glorieta. El número de carriles en los accesos debe ser igual que en el interior de las mismas.

- Cruces de los cursos de agua. Las obras de paso deberían proyectarse en tramos fluviales semi-rectos con aprox. 100m de longitud hacia agua arriba y aguas abajo del emplazamiento, evitando los meandros y cauces con lechos trenzados; y las luces del puente deben ser tales que afecten lo menos posible la sección del cauce natural. Los cruces deberían hacerse preferentemente en alineamiento a 90º con la dirección del flujo en el momento de una avenida. La pendiente del fondo de una alcantarilla debe ser igual a la pendiente natural del lecho que se cruza.

- Acueductos en la zona de camino. Los acueductos (canales, drenes y/o desagües rurales) y sus franjas de servidumbre deberían cruzar transversalmente la zona de camino. Con la excepción de acequias para riego de árboles, los acueductos deberían transcurrir fuera de la zona de camino, y en terrenos bajo jurisdicción de la Autoridad de Aguas.

2. Recomendaciones para definir las Secciones Constructivas

- Análisis hidrometeorológico, hidrológico y sedimentológico. Es uno de los trabajos previos más importantes para el diseño de obras para el drenaje y control de erosión, independientemente de su tamaño o de su costo. Ese análisis es esencial para determinar las precipitaciones y los caudales máximos, las velocidades máximas de las corrientes, las fracciones y concentraciones de sedimentos suspendidos en ocasión de crecidas; las cuales son indispensables para determinar las secciones mojadas y las fuerzas de erosión, debidas al flujo durante las avenidas.

- Sedimentos y erosión. Es una práctica peligrosa de ingeniería diseñar las obras de paso presuponiendo que pasará solamente el "agua clara", mientras que en un caso particular el flujo de las crecidas estará constituido por una suspensión y/o mezcla agua-sedimentos, con diferentes propiedades físicas.

- La concentración de sedimentos en suspensión aumenta considerablemente la viscosidad y densidad del fluido, y con ello la rugosidad relativa entre las superficies mojadas y el fluido, y el desplazamiento de las rocas, de otros elementos de protección para las obras, y de defensas ubicadas en las fajas marginales fluviales.

- Luces de un puente o alcantarilla. Las luces mínimas de estas obras serán consecuencia de no alterar la profundidad y el ancho del cauce natural (y los espacios conexos) que se cruzan, determinadas por la hidráulica y/o geomorfología fluvial (y normativa), y no al revés, como en algunas oportunidades se ha hecho.

- Terraplenes de acceso. Los puentes y alcantarillas junto a asentamientos humanos son trampas mortales si no se es generoso en las luces del puente y las secciones mojadas. Deben evitarse los terraplenes altos junto a las obras, que pueden actuar como represas si ocurre inundación, y producir catástrofes por anegamiento debido a la limitación de la sección disponible para el paso de las avenidas. Caso contrario deberían incluirse aperturas paso de fauna, que en ocasión de crecidas, puedan funcionar como obras de alivio.

- Secciones para los flujos. Para obras de drenaje de la escorrentía, defensa de márgenes, y/o el control de erosión se recomienda ser prudente y generoso en la suposición de lluvias, caudales, gasto de sedimentos, perfiles de flujos, velocidades y no correr el riesgo de perder las obras al diseñar para flujos y/o fuerzas de erosión menores que las reales. Evitar secciones y/o pendientes que generen régimen de flujo supercrítico o $V_m > 3,0\text{m/s}$.

- Las secciones mojadas. Deben diseñarse teniendo en cuenta el flujo de agua más los detritos y las fracciones de los sedimentos que transporta la corriente, que pueden constituir un porcentaje importante del caudal (hasta el 40%). Determinar la sección mojada que permite escurrir el gasto total (mezcla de agua + sedimentos), sin interrumpir el transporte de sedimentos. Calcular los perfiles de flujo durante las futuras crecidas** en régimen permanente gradualmente variado, y en condiciones de transporte crítico del lecho móvil.

- Las secciones a construir. Son superiores a las mojadas y resultan = sección mojada + sección enterrada y/o acrecida en el cauce natural en 50 años + espacios libres y/o gálibos para objetos transportados en flotación + revanchas y/o bordo libre + espacios libres en las márgenes para el transporte terrestre y/o paso de fauna. Evitar secciones con una dimensión inferior al 85% de la mayor altura de la vegetación arrastrada durante crecidas.

- Las dimensiones mínimas de una alcantarilla. Serían en sección rectangular, altura $\geq 1,50\text{m}$ y ancho $\geq 1/10$ de la longitud, y sección circular, diámetro $1,20\text{m} \leq \Phi \leq 1/10$ de la longitud.

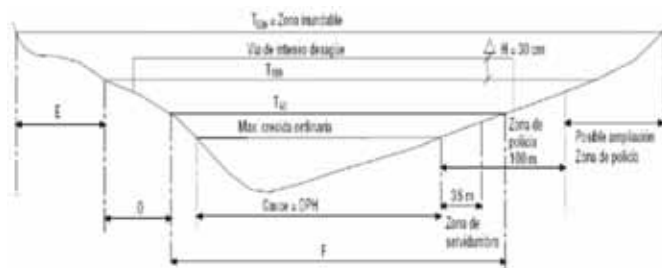
3. ¿Cómo es la Secuencia de Determinaciones y de Cálculos Hidrotécnicos?

Son condicionantes del diseño tanto el deslinde de las líneas de ribera y espacios conexos como las afectaciones que las obras imponen al tramo fluvial y sus planicies de inundación. Asimismo gestionar ante cada autoridad competente la autorización de ocupación y/o uso de márgenes, la conformidad técnico-legal para el proyecto (ver puntos II. y III.).

En los **estudios hidrotécnicos** se deberían estimar las precipitaciones, caudales líquidos y sólidos, velocidades, arrastres y niveles máximos de inundación para los **hidrogramas de crecidas* con $T_r = 12, 25, 50, 100$ y 500 años, y su previsible evolución en los próximos 30 años**, ya sea por efectos naturales y/o los cambios regionales observados.

Los modelos hidrológicos transforman las precipitaciones en hidrogramas de caudales de “agua clara”. A éstos **se debería adicionar el caudal sólido** de los sedimentos que serán transportados, para obtener el hidrograma del caudal de la **futura crecida**** de la suspensión y/o mezcla agua-sedimentos.

Previo a proceder a los cálculos y verificaciones del caso bajo estudio, los proyectistas deberían justificar la aptitud general de los modelos hidrológicos y/o hidrotécnicos (computacional) que se calibrarán. Asimismo, sustanciar la dimensionalidad y el modelo físico (y computacional) de flujos a aplicar: hidráulico (agua clara), sedimentológico (de suspensiones y/o mezclas agua-sedimento) y/o de barro o reológico (flujos cohesivos hiperconcentrados y/o de detritos). Finalmente, describir los rangos de validez de las variables y los parámetros de los modelos empleados, cuantificar la incertidumbre de los resultados, y justificar la aptitud particular para calcular los perfiles de flujo en las secciones mojadas durante las **futuras crecidas**** en régimen permanente gradualmente variado, y en condiciones de transporte crítico del lecho móvil.



E = Zona de inundación excepcional, anegable con $T_{100} \leq T_r \leq T_{500}$: valor límite para el diseño técnico-económico en las obras. L_{500} : Nivel máximo de la superficie de agua que permitirá el libre paso de cualquier objeto de transporte fluvial.

O = Zona de inundación ocasional, anegable con $T_{50} \leq T_r \leq T_{100}$: valor recomendado para prediseñar las luces hidráulicas de un puente.

F = Zona de inundación frecuente, anegable con $T_r \leq T_{50}$: valor recomendado para definir los límites de los cauces y líneas de ribera urbanas. Restricción de NO edificar en esta zona.

Figura 7.- Diferenciación de zonas (F, O y E) por servicios y por riesgo hídrico de las áreas anegables para crecidas con $T_r = 50, 100$ y 500 años.

La **Figura 7** muestra esquemáticamente la zonificación por riesgo hídrico en las márgenes de los cauces naturales, que servirían de criterio para demarcar los extremos y los gálibos de las subestructuras que sustentan las obras de paso sobre cursos de agua en las rutas nacionales.

En la ref. [1] se describe un procedimiento propuesto a fin de lograr **diseños de obras** de drenaje transversal, que sean **autolimpiantes** ($V_m \geq 0,9 \text{ m/s}$) y **poco erosivas** ($V_m \leq 3,0 \text{ m/s}$), con dimensiones y/o materiales constructivos que aseguren la vida útil y función proyectada, y con un costo reducido de conservación y mantenimiento.

4. ¿Qué Aspectos y Datos hay que considerar?

En los **Estudios Hidrotécnicos** para obras de drenaje transversal y/o carreteras en riberas **se debería visitar el sitio de las obras propuestas y su entorno**, recopilar, elaborar y/o determinar:

a) **Los Antecedentes Hidrológicos.** Los rasgos climáticos, la geomorfología y edafología regional, flora y fauna, la cartografía y los antecedentes hidrotécnicos; fotografías aéreas, de satélites; un plano de las cuencas hidrográficas con ubicación en planta de las rutas, de las estructuras a proyectar, de las parcelas y/o infraestructuras relevantes, de otras obras y afluentes ubicados en hasta 5km aguas arriba y 2km debajo de las obras de paso, y de otras obras de relevancia ubicadas en las cuencas hidrográficas aledañas; planos topográficos, geológicos, edafológicos, climáticos y ambientales de las cuencas hidrográficas; un plano zonal que muestre la ubicación, planialtimetría y parámetros geométricos de las cuencas y subcuencas y sus lechos principales, la ubicación de las estaciones agro- y/o hidrometeorológicas y radares meteorológicos con registros; descripción y el **análisis hidrometeorológico de los registros históricos y actuales**, de humedad relativa, de pluviógrafos, de las isoyetas, los histogramas, **las curvas I-D-F**; los datos (modelos digitales del terreno, registros de batimetrías del cauce natural, hidrogramas, caudales, aforos, mediciones de velocidad y tirante, niveles y/o fotos de crecidas extremas) **para calibrar los modelos hidrotécnicos**; el contenido de sales en el agua potencialmente agresivas (para las obras).

b) **Los Datos de la Geomorfología Fluvial.** La colecta de datos y el análisis fluvio-morfológico del curso de agua que transcurre en la zona de camino, la tipificación y geometría del tramo fluvial, del cauce natural, sus lechos, albardones, playas y franjas ribereñas; identificar si en el entorno cercano existen conos aluviales, riesgos de aluviones, cauces naturales con lechos trenzados o meándricos, deltas y estuarios, fenómenos de avulsión o de cortes de meandros (para evitar cruzarlos); la presencia de mallines, afloramiento de agua subterránea y/o la ubicación de la napa freática; si hay controles geológicos y/o afluentes al tramo fluvial cercanos a la zona de camino; el tamaño máximo de la vegetación, de las piedras y detritos arrastrados en crecidas; la cuantificación y granulometría de los sedimentos depositados en los álveos y albardones, la concentración de sedimentos (% en volumen) de los flujos y arrastres del curso de agua, la reología de los flujos gravitacionales (suspensiones y mezclas agua-sedimentos); la granulometría, gravedad específica de los sedimentos transportados en suspensión, saltación y el lecho móvil, la velocidad de caída de los

sedimentos en suspensión; el contenido de sales en el suelo potencialmente agresivos (para las obras).

c) El Diagnóstico sobre la Evolución Hidro-geomorfológica.

Evaluar la estabilidad fisiográfica de la cuenca, del tramo fluvial y cauce natural en la zona del emplazamiento, y proyectar la evolución **a 50 años**: ¿las cubiertas vegetales, los conos aluviales, los tributarios y afluentes, los lechos, albardones, las playas, y las planicies de inundación son estables?, ¿presentan los tributarios o afluentes agua arriba y abajo del emplazamiento riesgos ciertos de producir avalanchas, flujo de escombros y/o detritos, o deslizamientos de tierra que soterrarán el cauce natural?, ¿los flujos en el tramo fluvial tienden a socavar/acrecer o a migrar lateralmente los lechos?, ¿cual es la tasa de cambio en $\text{cm} \times \text{año}$?



Figura 8.- Previsible evolución de los tramos fluviales y las líneas de ribera por efecto de causas naturales o inducidas.

Si existiesen los riesgos aludidos y/o tendencias a socavación, recrecimiento y/o migración lateral del cauce natural, se cuantificarán los efectos acumulados en 50 años, y tendrán en cuenta como valor a adicionar en el momento de definir: el emplazamiento y cota de fundación de las subestructuras, la cota del bordo inferior de la superestructura, y las cotas de la sub-rasante de carreteras ribereñas.

Determinar y/o justificar para las **futuras crecidas**** de diseño: ¿que dimensiones máximas tendrá la vegetación que se movilizará durante las crecidas?, ¿que dimensiones máximas y fracciones granulométricas tendrán los detritos, y sedimentos que escurren por flotación, suspensión, saltación y/o arrastre en los lechos?, ¿que fracciones granulométricas, densidad y viscosidad tendrán los flujos de las mezclas agua-sedimentos?, ¿cual reología (flujo newtoniano o no-newtoniano, laminar o turbulento) caracterizará adecuadamente las propiedades físicas que presentarán los flujos de las futuras crecidas en el

tramo fluvial (de las suspensiones y mezclas agua-sedimentos)?, ¿qué rugosidad (valor “n” de Manning) corresponde asumir para los flujos newtonianos que escurren en los lechos, sobre los albardones, islotes y/o terrenos anegables, las playas, las planicies de inundación, y las secciones mojadas de las obras?.

d) Las Líneas de Ribera y Zonas Conexas. Determinar los espacios públicos que condicionan las obras (C. Civil, C. Aguas, Ley 26.331 Protección de Bosques Nativos, Ley 26.562 Control de Quema, Ley de Parques Nacionales 22.357, Ley 26.639 de Glaciares y Ambiente Periglacial), y cumplimentar los procedimientos administrativos para deslindar, mensurar y demarcar las líneas de ribera, y las áreas protegidas.

En casos con indeterminación y/o indefinición jurisdiccional. Si por causa local resultasen indeterminadas las líneas de ribera y conexas (legalmente, o por no existir suficientes registros de niveles durante crecidas) se recomienda establecer la posición de las LdR -al fin de estos estudios- por los niveles durante las **futuras crecidas**** calculadas con un $Tr \geq 12$ años. Se fijará el valor según la tendencia estadística observada para el régimen fluvial:

- LdR = niveles de crecidas L_{12} (con $Tr = 12$ años), si el fenómeno es estacionario, para tramos fluviales en cuencas hidrográficas sin afectaciones, cambios y/o tendencias significativas; y
- LdR = niveles de crecidas L_{25} (con $Tr = 25$ años), si el fenómeno es no estacionario, para tramos fluviales en cuencas hidrográficas con afectaciones y/o tendencias positivas constatadas (estadísticamente significativas).

e) Las Restricciones y/o Límites al Dominio sobre las Márgenes. Determinar las prohibiciones, obligaciones y/o servidumbres administrativas continuas sobre parcelas linderas a las líneas de ribera (C. Civil, Leyes Hidrográfica 19.922 y de Navegación 20.094, C. Aguas, Código de OT y Edificación Municipal, Leyes de Áreas Protegidas y E.I.A.), a fin de diseñar subestructuras que ocupen las riberas sin conflictos con otras jurisdicciones, en congruencia con un OT, adaptado a los futuros cambios regionales en las cuencas hidrográficas.

f) Los Hidrogramas de Crecidas* (niveles, caudales y velocidades medias), los arrastres y los espacios anegables durante **futuras crecidas** con $Tr = 12, 25, 50$ y 100 años**, y si la obra estuviera localizada en estuarios el incremento a considerar sobre los niveles anteriores, por la dinámica de las mareas y/o los vientos. Si la obra es estratégica o sobre una superficie de agua apta para el transporte fluvial se requiere además el hidrograma de la **futura crecida** con $Tr = 500$ años**.

Las estadísticas para determinar las **futuras crecidas**** se elaborarán a partir de los registros hidrometeorológicos disponibles más recientes, con **un mínimo de 25 años de datos**. Se deberían considerar los efectos por cambios regionales, las tendencias significativas en el régimen de escurrimientos y en

los niveles máximos de los **hidrogramas de crecidas***, fijándose el valor según la tendencia observada para el régimen fluvial, proyectada a 30 años (ver ref. [4] y [7]):

- **Hidrogramas de crecidas***. Se admitiría usar el Método Racional para calcular los caudales máximos de crecidas en cuencas hidrográficas con áreas de hasta 250Ha. Para cuencas hidrográficas con áreas > 250 Ha se requerirían otros métodos, p.ej. basados en datos observados en el entorno de las obras, y en el hidrograma unitario;

- **Futuras crecidas****. Si se constatan tendencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 5\%$) en las series de los valores extremos de las precipitaciones, los escurrimientos y/o caudales históricos, se incrementarían los valores de los hidrogramas de crecidas* en proporción a la **tendencia** detectada en los registros históricos, **proyectada a 30 años**.

g) Los Diseños y/o las Verificaciones para que las obras y sus protecciones satisfagan los **criterios de congruencia normativa, riesgo hídrico, diseño autolimpiante y poco erosivo, y estabilidad** que se enuncian en el punto V., y/o los que correspondan de los puntos VII. y VIII. (ver p.ej. ref. [7], [8] y [9]).

h) Los Diseños de obras y medidas para controlar la erosión dentro de la zona de camino (ver puntos VI. y VIII.).

i) La Evaluación de los Impactos Ambientales, que las obras y protecciones proyectadas tendrán de acuerdo a lo establecido en el **MEGA II** (ref. [5]), y los **aspectos** apuntados en el **punto III**.

j) La Evaluación del Impacto Económico, si las obras y protecciones lo ameritan por ser estratégica y/o de alto impacto, de acuerdo a los criterios enunciados en el **punto IX**.

V. Criterios para Diseñar y/o Verificar el Drenaje Transversal de la Carretera

Las **Metas** para el diseño de obra nueva y/o verificación de la infraestructura existente **serían técnicas y legales**, es decir que éstas:

- a) se encuentren sobre un tramo fluvial con estabilidad hidrogeomorfológica, lechos, albardones y playas bien definidos, o al menos con una evolución acotada y manejable, que permita lograr un mantenimiento y conservación sostenibles;

- b) se encuentren en **conformidad técnico-administrativa y legal** (Código Civil, Leyes de Hidrografía Naval y Navegación), por satisfacer los criterios y procedimientos establecidos:

- en el **MEGA II** (DNV, ref. [5]), y
- por las autoridades de aplicación del Código/Ley de Aguas, de E.I.A., de Edificación y Ordenamiento Territorial Municipal;

c) en el caso de río navegable, no perjudiquen el libre paso de cualquier objeto de transporte fluvial. Para ello, dejar espacios libres mínimos para transportes bajo el puente en:

- la faja de terreno en cada margen fluvial contigua a la LdR (35m a 15m), para caminos públicos conformes a los gálibos (horizontal y vertical) + revanchas para el transporte terrestre;
- horizontal, la distancia entre pilas del canal de navegación $\geq$ dos gálibos + revanchas para el transporte fluvial; y
- vertical, la distancia desde el nivel L_{500} de la *futura crecida*** (Tr = 500 años) hasta la cota del fondo de la superestructura $\geq$ acrecentamiento del cauce natural en 50 años + gálibo de navegación + revancha de 1,0m;

d) para los perfiles de flujo L_{25} de la *futura crecida*** con Tr = 25 años, que las pilas no afecten las condiciones de escurrimiento en el cauce natural y las franjas fluviales, que la avenida fluya en condiciones de autolimpieza ($V_m \geq 0,9$ m/s), y que no se modifiquen las secciones mojadas; para los perfiles de flujo L_{50} de la *futura crecida*** (con Tr = 50 años), que no se afecten los estribos y/o mojen los terraplenes de la carretera;

e) constituyan sólo un obstáculo menor al flujo, y no sea sobrepasada por los perfiles de flujo L_{100} durante la *futura crecida*** (con Tr = 100 años), sin sufrir daños de importancia por el impacto de arrastres, erosión, socavación ($V_m \leq 3,0$ m/s) y/o afectar la conectividad vial;

f) en planicies de inundación, los perfiles de flujo L_{100} :
 – no incrementen los niveles aguas arriba de las obras en más de 30cm ($\Delta H \leq 0,30$ m), y
 – no constituyan una barrera infranqueable para la movilidad de la fauna autóctona inundada;

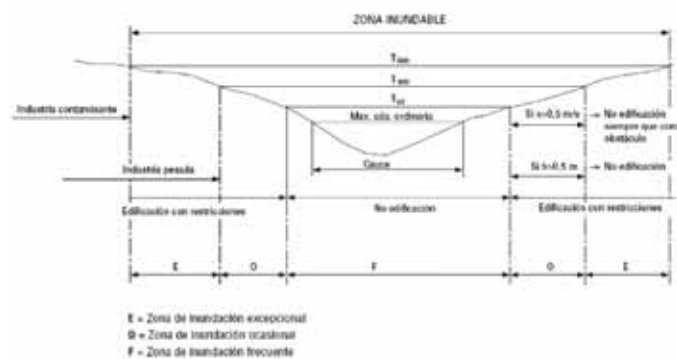


Figura 9.- Zonificación por Riesgo Hídrico en la Unión Europea (E, O y F), y restricción de NO edificación para zonas anegables durante avenidas con $Tr \leq T_{50}$

g) constituyan un obstáculo menor al pasaje y/o no acumulen arrastres sólidos (hielo, árboles, troncos, desechos, piedras, etc.) para los perfiles de flujo L_{100} . Para ello dejar espacios libres mínimos:

- en *Puentes*, en vertical una revancha hidráulica (o bordo libre) desde el nivel L_{100} hasta la cota del bordo inferior de vigas $\geq$ acrecentamiento del cauce natural en 50 años + 1,0m + 0,02 veces la distancia horizontal entre pilares, y
- en horizontal una luz entre pilas (o estribos) que prevenga la formación de palizadas, no menor al 85% de la mayor altura de los árboles presentes en la cuenca hidrográfica;
- para *Alcantarillas* el funcionamiento será a pelo libre, hasta el 80% de la sección llena, prever que la sección mojada no incluye ≈ 15 cm (1/10 H) del fondo de las secciones individuales, las que no conducen flujos por estar habitualmente enterradas, cubiertas por el lecho acrecido y/o la vegetación; construir aguas arriba estructuras mecánicas y/o rejillas que contengan o desvíen los detritos que pudiesen bloquear la entrada de las mismas; y
- usar *Badenes* (Vados superficiales transitables) sobre cauces aluviales efímeros, cuando éstos -por las pendientes reducidas ($\leq 1,5\%$), riesgos de crecer y/o embanques- resulten más funcionales que las obras antes mencionadas;

h) tengan cimentaciones y protecciones estables. Para verificar el sobrepaso de las obras, y calcular la erosión generalizada, por contracción y localizada, se utilizará como crecida de diseño un hidrograma de caudales igual a 1,3 veces del hidrograma de la *futura crecida*** con Tr = 100 años. Si la obra es estratégica, o sobre río navegable, se utilizará el hidrograma de la *futura crecida*** con Tr = 500 años. Con dicho hidrograma se determinará el perfil de flujo alto en régimen permanente gradualmente variado, y las secciones socavadas por la mezcla agua sedimentos, en condiciones de transporte crítico del lecho móvil, para verificar o determinar:

- si se agotará la revancha hidráulica (superficie libre), si se moja la superestructura (orificio sumergido), o se sobrepasa superestructura (vertedero);
- el perfil envolvente de las cotas de socavación/sedimentación total en la sección mojada, y a partir de ello se definirán las cotas de fundación de las cimentaciones; y
- la máxima capacidad erosiva de la corriente, y con ella se dimensionarán los elementos de protección de las subestructuras, y de defensa de los terraplenes.

i) tengan asegurada una vida útil ≥ 50 años, en razón de los materiales constructivos y las geometrías utilizadas con:

- un diseño autolimpiante y poco erosivo ($0,9\text{m/s} \leq V_m \leq 3,0$ m/s), y
- las obras complementarias y medidas de protección empleadas.

VI. Criterios para Diseñar y/o Verificar el Drenaje de la Zona de Camino

1. Contexto y Recomendaciones

La zona de camino constituye la cuenca para las aguas que precipitan sobre dicha superficie. Las cunetas de desagüe lateral de la ruta deberían contener y/o conducir los excedentes pluviales sólo hacia el subsuelo y/o los drenajes transversales a la ruta.

A la vez puede servir como franja de servidumbre administrativa a conductos (aéreos o enterrados) para servicios públicos, p.ej. de electricidad, gas, agua potable y/o saneamiento. La colocación de estos conductos constituye un servicio a terceros, requiere una autorización previa de la DNV, y el pago de la indemnización correspondiente. La infraestructura de estos servicios debe ubicarse en la franja adyacente al límite de la zona de camino de cota más elevada, sin constituir un obstáculo para el drenaje. El ancho de esta franja queda definido por la distancia de seguridad de cada servicio (ver **Figura 10**).

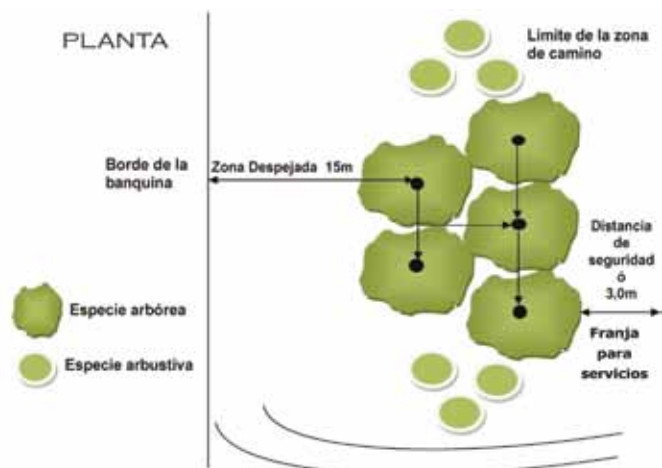


Figura 10.- Esquema para forestación y conductos de servicios en la zona de camino.

2. Objetivos y Metas

Los propuestos son:

- **Objetivo global.** Obtener una explotación y conservación sostenible de la plataforma, los terraplenes, los taludes y contra-taludes, las franjas destinadas a cunetas de desagüe lateral y otros espacios de las zonas de camino de las rutas nacionales.

- **Objetivos particulares.** Para las regiones de clima:

- **árido y semiárido:** lograr una emisión y erosión cero desde los taludes, contra-taludes, terraplenes, y cunetas de desagüe lateral, hacia el drenaje transversal a la zona de camino; y
- **húmedo y/o carreteras que atraviesan montañas (con túneles y/o viaductos):** lograr la estabilidad de los terraplenes, taludes y/o sostenimientos, lo que requiere medidas para control de erosión y/o drenaje inmediato de: los contra-taludes, cobertizos y/o túneles, muros de sostenimiento, terraplenes, la sub-rasante y las cunetas de desagüe lateral (ver p.ej. ref. [5] y [7]).

- **Metas.** Diseñar obras autolimpiantes y poco erosivas, adaptadas a los cambios regionales, con geometrías y materiales constructivos que aseguren una vida útil ≥ 50 años, y un costo reducido de mantenimiento.

3. Obras para Conservación de Pavimentos, Aguas y Suelos

Para ello se necesitaría primero conocer la magnitud e inten-

sidad de las precipitaciones, y segundo reducir la cantidad y/o velocidad del agua precipitada que escurre desde la plataforma. En zonas húmedas y/o anegables convienen obras con base drenante, complementado con un sub-drenaje del terraplén o la sub-rasante. En zonas áridas o semiáridas conviene estancar el agua en las franjas de terreno que ocupan generalmente las cunetas de desagüe lateral, hasta que la misma se infiltre y/o evapore. Estos efectos se lograrían proyectando obras en la base, sub-rasante, y/o las franjas laterales a la carretera (ver p.ej. ref. [9], [10] y [5]), con mantenimiento preventivo, combinando los siguientes **elementos**:

a) Terrenos laterales nivelados, con pendientes longitudinales entre las condiciones de autolimpieza y velocidad crítica (erosiva), es decir entre $0,5\% < i < 2\%$.

b) Pequeños albardones o endicamientos transversales a la dirección del flujo, con alturas $\leq 0,60\text{m}$, taludes 1:4 o menores cubiertos con mantas herbáceas y/o geotextil, y anchos de coronamiento $\geq 0,60\text{m}$, que pueden servir también como pasantes para acceso de las parcelas frentistas; y/o

c) Zanjas de infiltración (rellenas con canto rodado o clastos con $e \leq 0,15\text{m}$) y camellones, con taludes 1:4 ó menores, y revegetación con mantas herbáceas y/o geotextil.

d) Alcantarillas niveladoras, para limitar la inundación en planicies anegables de una región con clima húmedo, espaciadas cada $\approx 0,3 \text{ km}$ a $0,8 \text{ km}$, que vinculan los espacios de las cunetas de desagüe lateral; y

e) Cubierta vegetal, de fundamental importancia para la conservación de aguas y suelos y el control de erosión, que se desarrollaría y sustentaría desde el fondo de estos mini estanques de agua de lluvia:

- se debería lograr la cobertura vegetal del suelo mediante carpetas herbáceas, su implantación luego de las obras, y/o su reposición y mantenimiento permanente, tanto en zonas adyacentes a los cursos de agua como en las franjas expuestas a la erosión. Ídem para pasturas naturales;
- de no existir pasturas naturales y/o bosques nativos, se deberían proyectar la revegetación y forestación con otras especies, comenzando con carpetas herbáceas aplicadas desde las partes más bajas del terreno, y bosquecillos ubicados fuera de la zona despejada, formados con arbustos y árboles autóctonos de la región (ver **Figura 10**).

f) Mantenimiento preventivo, con al menos una frecuencia anual antes de la época estival. Se deberían:

- recortar y/o desmalezar la cubierta vegetal en la zona de camino, y
- extraer la palizada y/o detritos acumulados en las emboCADURAS de las obras de drenaje transversal.

VII. Criterios para Diseñar y/o Verificar Carreteras en Riberas

Las **Metas** para el diseño y/o verificación de una ruta colindante con una ribera fluvial **serían técnicas y legales**, es decir que las obras (la carretera, sus protecciones y defensas fluviales)

ocupen una franja marginal fluvial:

a) con estabilidad hidrogeomorfológica, con lechos, albardones y playas bien definidas y estables, o al menos con una evolución acotada y manejable, que permita lograr un mantenimiento y conservación sostenibles;

b) en conformidad técnico-administrativa y legal (Código Civil, Leyes de Hidrografía Naval y de Navegación), en tanto la zona de camino no debe ocupar concurrentemente los espacios del DPH y los conexas ribereños, que corresponden a las otras jurisdicciones;

c) dejando una franja de acceso y de amortiguamiento entre los niveles de la LdR y L_{25} de la futura crecida**, que permitan el uso público de la playa y ubicar elementos para mitigar los efectos erosivos de las precipitaciones y la escorrentía, fijar la margen fluvial, amortiguar los efectos de avenidas, reducir la velocidad del flujo que moja el terraplén;

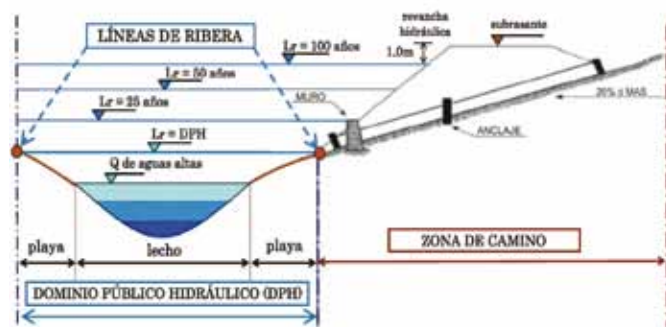


Figura 11.- Ubicación de carreteras y obras complementarias en riberas según el nivel de crecidas.

d) de forma que por los flujos y/o arrastres durante las futuras crecidas** hasta los perfiles de flujos:

- L_{25} , el pie del terraplén de la carretera no se moje y/o afecte; y
- L_{100} , el terraplén la carretera no sufra daños de importancia por erosión y/o socavación ($V_m \leq 3,0$ m/s), el nivel de anegamiento aguas arriba no se incremente en más de 30cm ($\Delta H \leq 0,30$ m), y las obras no constituyan una barrera infranqueable para la movilidad de la fauna autóctona inundada;

e) de modo que hasta el perfil de flujo L100 de la futura crecida**, los flujos y/o arrastres no afecten la conectividad vial, que no sean sobrepasadas tanto las obras de defensa y protecciones, como las cotas de sub-rasante, y que no se acumulen arrastres sólidos sobre la carretera (hielo, árboles, troncos,

desechos, piedras, etc.). Para ello deberían dejarse espacios libres mínimos:

- vertical, la revancha hidráulica desde el perfil de flujo L_{100} hasta las cotas de la sub-rasante será $\geq$ que el acrecentamiento del cauce natural en 50 años + 1,0m; y
- horizontal, la distancia entre el pie del terraplén y la LdR opuesta no será menor que el 85% de la mayor altura de los árboles presentes en la cuenca hidrográfica, a fin de prevenir la formación de palizadas;

f) ídem se proveerían otras medidas en la zona de camino y margen fluvial:

- una cubierta vegetal (carpetas herbáceas y/o bosquesillos) en la faja marginal comprendida entre la LdR y los niveles L_{50} , asimismo en el resto de la zona de camino, a fin de fijar la margen fluvial, amortiguar los efectos de las avenidas, reducir la velocidad del flujo que moja el terraplén, y mitigar la erosión por las precipitaciones y escurrimientos en la plataforma, los taludes y las cunetas de desagüe lateral; y
- defensas lineales en tramos rectos y curvos cóncavos de la margen fluvial, ubicadas en una franja comprendida entre los perfiles de flujos L_{25} y L_{50} , y otras protecciones en la superficie del terraplén comprendida entre los niveles L_{50} y $L_{100} + 0,50$ m;

g) con una vida útil asegurada ≥ 50 años, en razón de los materiales constructivos y las geometrías utilizadas con:

- un diseño autolimpiante y poco erosivo ($0,9$ m/s $\leq V_m \leq 3,0$ m/s), y
- las obras complementarias y medidas de protección empleadas.

VIII. Criterios para Protección y/o Defensa de la Margen Fluvial

1. Ubicación y Geometrías

Las obras para barreras estabilizadoras del perfil del cauce natural, y otras que se ubiquen en las fajas delimitadas entre los perfiles de flujos L_{25} y L_{100} , estarían destinadas a defender la franja marginal y/o a proteger el terraplén. Éstas pueden ser continuas o discontinuas, con o sin elementos de amortiguación, y/o deflectores del flujo ubicados sobre la misma margen, aprox. 100m aguas arriba de las curvas cóncavas, en las que los flujos impactan sobre el terraplén de la carretera, y tienden a socavarlo. Los deflectores nacen y/o están empotrados en la LdR e incurrir en la playa de río, p.ej. los constituidos por espigones en forma de espigas de pescado, inclinados hacia aguas abajo con ángulos de 60° a 70° . Su función es reducir los flujos sobre los terrenos de playa y las fajas marginales, y concentrarlos sobre la vaguada (ver p.ej. ref. [9]).

2. Materiales de Construcción

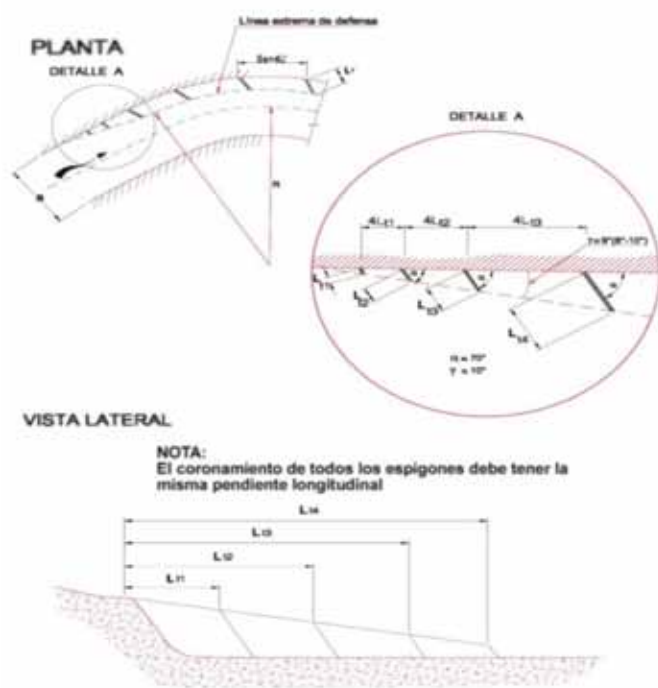
El tipo de material a emplear dependería mayormente de la estabilidad geomorfológica, de la pendiente longitudinal del cauce natural, y de la concentración de sedimentos que acarrear los flujos durante las crecidas extraordinarias. Por lo expuesto, algunos materiales resultarían más aptos que otros. En general serían:

- aptos o recomendables, las coberturas vegetales con especies autóctonas de raíces profundas, los geotextiles, las rocas firmes a la meteorización, el hormigón, las maderas duras, el acero y el hierro fundido; y
- no aptos o poco recomendables, los elementos que incorporen otros materiales como plásticos, alambres y/o cables, que se emplean generalmente para contener y/o agrupar un volumen mayor de materiales aptos, aunque de pequeñas dimensiones. En particular, las protecciones con estos materiales no deberían estar presentes en el cauce natural, y en otros espacios mojados frecuentemente, p.ej. en las zonas anegadas hasta los niveles L_{25} , donde estarán expuestas a la rotura por golpes, corrosión, oxidación, abrasión, etc. Menos, cuando el curso de agua acarrea arena gruesa, gravas y/o clastos.

3. Tipos de Obras

Por lo general, las obras sirven a la fijación del cauce natural, la retención de sedimentos, el acceso y/o la defensa de márgenes fluviales, la protección de terraplenes, y se diferencian por el tipo de implantación y los materiales constructivos empleados, a la vez que dependen mayormente de la geometría, tipificación geomorfológica, y uso del tramo fluvial. Por ello, en los tramos fluviales:

Figura 12.- Esquema para diseño de los primeros espigones en una obra de protección.



1) rectos, se recomendaría proveer accesos a la playa y obras de defensa, e implantar cobertura vegetal en la faja marginal fluvial delimitada entre la LdR y los niveles L_{25} , donde se radicarían bosquecillos con arbustos y árboles de la región.

2) curvos, más allá de los bosquecillos mencionados en la faja entre la LdR y los niveles L_{25} , se recomiendan otras obras de protección en la faja marginal entre los niveles L_{25} y L_{50} , con materiales aptos para mitigar el impacto de los flujos y la socavación de la subestructura de la carretera. En estos casos pueden existir diversos tipos de defensas y/o protecciones a implementar, que dependerían mayormente del régimen fluvial, del tipo de materiales sólidos y de sedimentos que acarrea el curso de agua, y de los materiales constructivos disponibles en la zona. Las mejores prácticas de diseño quedan mayormente comprendidas entre los siguientes extremos:

a) Curso de agua perenne, intermitente y/o efímero, que durante crecidas acarrea abundantes sedimentos (gasto sólido durante crecidas $\geq 6\%$ del caudal total), con lechos que tienden a acrecer o están estables. Entonces, se colocarían preferentemente defensas lineales de márgenes con dos capas de enrocado sobre filtro inverso y/o geotextil, con bloques de volúmenes mínimos a determinar en base a la fuerza erosiva de la escorrentía (la dimensión mínima será $e \geq 0,50m$). Las defensas longitudinales entre deflectores podrían ser discontinuas, con refuerzos continuos ubicados preferentemente en las curvas cóncavas de la ribera, donde los flujos tienden a impactar sobre el terraplén de la carretera; y

b) Curso de agua perenne y/o intermitente, que durante crecidas acarrea "agua clara" o escasos sedimentos, con lechos que están estables o tienden a decrecer. Entonces, el pie del terraplén apoyaría en muros de protección y/o sostenimiento de hormigón simple o ciclópeo, o mampuestos de rocas competentes colocados sobre lecho con mortero, que formarían una barra longitudinal, fundada sobre una zapata de hormigón. Las defensas entre deflectores serían continuas, así como los refuerzos ubicados en las curvas cóncavas de la ribera, donde los flujos tienden a socavar el pie del terraplén de la carretera.

Todo ello debería ser congruente con el objetivo de lograr una vida útil ≥ 50 años, con un costo reducido de mantenimiento.

IX. Criterios de Evaluación Económica

Dado el caso de una obra de paso nueva -a proyectar-, estratégica y/o de alto impacto, el proyectista debería asimismo analizar, evaluar, ponderar y comparar la totalidad de los beneficios y costos, perjuicios e impactos ambientales de las alternativas de proyecto vs. el estado sin innovar en un lapso mínimo de 50 años, o durante el ciclo de vida (proyecto, construcción, operación o explotación, rehabilitación y destrucción), considerando los siguientes Aspectos:

- a) La disponibilidad y los costos de áreas para: los obradores, los desvíos, la explotación de fuentes de materiales constructivos (sólidos y agua), la disposición de residuos, materiales sobrantes y escombros;
- b) La necesidad y los costos de expropiación de terrenos que demandarán las obras;
- c) Los beneficios / costos proyectados durante todo el ciclo de vida de las obras, es decir para las etapas de proyecto, construcción y explotación de las obras, y asimismo en ocasión de la conservación, mantenimiento, rehabilitación, destrucción y/o cierre de las mismas;
- d) Los costos del consumo de energía durante las etapas de construcción y explotación: fuentes y sustentabilidad del suministro;
- e) Los costos para remediar y/o mitigar los impactos ambientales del proyecto;
- f) La frecuencia de las interrupciones del tránsito y transporte, terrestre y/o fluvial, y sus consecuencias económicas; y
- g) Los riesgos para la vida humana y para las obras.

X. Personal para los Estudios Hidrotécnicos y de Control de Erosión

Por la amplitud de criterios y condicionantes, la variedad de métodos y herramientas especializadas a aplicar, se recomienda que los Estudios descriptos sean elaborados y revisados por Ingenieros y/o Geólogos idóneos (con título habilitante, conocimientos teóricos sólidos y experiencia de campo) en *Hidrología, Hidráulica Aplicada, Hidráulica y/o Geomorfología Fluvial, Bioingeniería de Suelos y/o Control de Erosión*. Requisitos mínimos:

- Formación de grado y/o postgrado universitario en ingeniería y/o geomorfología fluvial a nivel de maestría o equivalente (cursos con duración mínima de un año aprobados y certificados) de una Universidad de reconocida trayectoria, con tesis y/o capacitación, especialización en las áreas mencionadas; y
 - Experiencia certificada de al menos cuatro años en estudios de ingeniería de obras de hidráulica fluvial y/o control de erosión en cuencas de nuestro país, en la colecta y procesamiento de datos de campo y/o laboratorio, la medición, el procesamiento, validación de datos meteorológicos, de aforos y/u otros relacionados con el uso de modelos hidrometeorológicos, hidrológicos, hidráulicos, sedimentológicos, reológicos y/o geomorfológicos, en elaborar estudios de ingeniería para obras de hidráulica fluvial y/o para medidas de bioingeniería de suelos, forestación y/o el control de erosión en cuencas hidrográficas de la Argentina.
- Los requisitos deberían acreditarse mediante C.V. firmados (como Anexo), y rubrica en los informes de los Estudios Hidrotécnicos, Geomorfología Fluvial, Bioingeniería de Suelos y/o Control de Erosión, con firma(s) y sello(s) conteniendo nombre, apellido, y n° de matrícula de (los) profesional(es) actuante(s), y del director del proyecto.

XI. Conclusiones y Desafíos

1. Conclusiones

Los métodos y procedimientos descriptos definen un criterio unificado e integral para las rutas nacionales, con objeto de:

- verificar la conformidad legal y/o la vulnerabilidad de las obras ubicadas en los cauces naturales y las riberas fluviales, para luego
- diseñar e implementar medidas de control de erosión y de prevención, mitigación y/o corrección de las afectaciones hídricas.

En este contexto, y como condicionantes, cabe mencionar, que:

- en algunas Provincias/Municipios faltan instrumentar algunos aspectos técnico-legales, conocimientos y/o datos para determinar la ubicación y/o evolución de las LdR, y los espacios conexos en las franjas ribereñas; y
- esta situación demora la sistematización, instrumentación y una rápida implementación del método y las tareas descriptas.

Son bienvenidas sugerencias y observaciones que coadyuven a perfeccionar e implementar los conceptos y criterios presentados.

2. Desafíos

Los mayores desafíos son lograr en un breve plazo una instrumentación e implementación eficaz de las bases y criterios propuestos. Para ello serían necesarias diversas acciones y medidas para:

- divulgar y/o facilitar su conocimiento y aplicación por el personal involucrado en los estudios, que está desconcentrado y pertenece a diversas instancias, jurisdicciones, y disciplinas profesionales; y a la vez
- lograr un OT eficaz en cada jurisdicción,
- detectar a tiempo las amenazas, elaborar los estudios para corregir y/o prevenir las afectaciones hídricas, y
- gestionar las licencias y autorizaciones para los proyectos, previo a su implementación.

Por ello, se promueve implementar a la brevedad un Manual de Procedimientos (preliminar) de la DNV para que los estudios sean elaborados y revisados por ingenieros y/o geomorfólogos idóneos y con experiencia, y según las bases, lineamientos y criterios propuestos.

Abreviaturas

A.P.:	Aviso de Proyecto
DNV:	Dirección Nacional de Vialidad de Argentina
DNVN:	Dirección Nacional de Vías Navegables
DPH:	Dominio Público Hidráulico
EsIA:	Estudio de Impacto Ambiental
E.I.A.:	Evaluación del Impacto Ambiental
LdR:	Líneas de Ribera
Lr:	Cota o nivel del perfil de flujo durante la futura crecida** con recurrencia de r años

OT: Ordenamiento Territorial
PNA: Prefectura Naval Argentina
RH: Riesgo Hídrico
SHN: Servicio de Hidrografía Naval
Tr: Tiempo r (en años) para la recurrencia de un evento hídrico
Vm: Velocidad media durante crecidas en la sección de escurrimientos analizada

Referencias

[1] Correa, N.R. (2011). "Criterios y Procedimientos de Diseño para el Drenaje Transversal de las Rutas Nacionales", Memorias del Quinto Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Trabajo D07, nov. 2011, 30 p., Santiago del Estero, Argentina. ISBN 978-987-1780-05-1.

[2] Correa, N.R. (2011). "Congruencia entre las Líneas de Ribera, el Riesgo Hídrico y las Obras de las Rutas Nacionales", 3° Jornadas Nacionales de Línea de Ribera y Riesgo Hídrico, mayo 2011, 20 p., Ciudad de Resistencia, Chaco, Argentina. <http://www.conagua2011.com.ar/ldr/descargas/2-%20correa.pdf>.

[3] Depetris, P.J. y A.I. Pasquini (2008). "Riverine Flow and Lake Level Variability in Southern South America", EOS, Transactions, American Geophysical Union, Vol. 89 (28), 8 julio 2008, pp. 253-256, E.U.A.

[4] Correa, N.R. (2009). "Evolución de las Líneas de Ribera y del Camino Público por efecto de los Cambios Regionales", RIOS 2009 - Memorias del Cuarto Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Trabajo D2, nov. 2009, 20 p., Salta, Argentina. <http://irh-fce.unse.edu.ar/Rios2009/CD/index.htm>.

[5] Dirección Nacional de Vialidad (2007). "Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales MEGA II", DNV, Ciudad de Buenos Aires, Argentina. http://www.vialidad.gov.ar/gestion%20ambiental/gestion_ambiental.php.

[6] Dirección Nacional de Vialidad (2010). "Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial", actualización abril 2010, DNV, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

[7] Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2008). "Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje", Laboratorio DEE, 209 p., Rimac, Perú.

[8] Nebraska Department of Roads (2006). "Drainage Design and Erosion Control Manual", 317 p., Nebraska, E.U.A.

[9] Suárez Díaz, J. (2001). "Control de Erosión en Zonas Tropicales". División Editorial de la Universidad Industrial de San Andrés, 556 p., Bucaramanga, Colombia. ISBN 958-33-2734-4.

[10] Pizarro T., R., J.P. Flores V. y Otros (2004). "Diseño de Obras para la Conservación de Aguas y Suelos", Impresora Contacto Ltda., 147 p., Talca, Chile.



Desde 1920 construyendo el país.

Cerrito 740 – Piso 1
(C1010AAP) Buenos Aires, Argentina
(54 11) 4382-3044

www.ptcsa.com.ar

USO DE ADITIVOS ORGÁNICOS PARA INCREMENTAR LA DURACIÓN DE RIEGOS ANTI-HIELO SOBRE CALZADAS PAVIMENTADAS

AUTORES:

Ing. Jorge Maturano e Ing. Rosa Carolina Aguilera Soraire

Resumen

Las actuales técnicas de mantenimiento invernal han adoptado un enfoque pro-activo para mantener los caminos libres de hielo, lo que se denomina “pavimento negro” en el ámbito vial. Esto requiere que los fundentes químicos salinos permanezcan sobre calzada tanto tiempo como sea factible, y que el tránsito no los elimine fácilmente de la superficie pavimentada.

Con este propósito, y en base a experiencias y antecedentes internacionales, se han utilizado productos orgánicos derivados de la industria de la alimentación, mezclándolos en una solución con los fundentes químicos habitualmente utilizados. Las primeras pruebas realizadas por el 4º Distrito, Mendoza de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) indican que la incorporación de dichos productos incrementa la duración de los fundentes sobre la calzada, mejorando su rendimiento a través del tiempo.

Para ampliar el alcance e investigar sobre lo mismo, se han realizado análisis de caracterización físico-química sobre diferentes tipos de productos orgánicos, con la intención de comprender los fenómenos que definen las condiciones de adherencia de los compuestos a la superficie pavimentada. Se han evaluado combinaciones de compuestos salinos y productos orgánicos disueltos en proporciones variables, procurando encontrar soluciones optimizadas que permitan alcanzar simultáneamente buenas condiciones de permanencia y costos que resulten lo más reducidos posible. Por otro lado, se ha diseñado y utilizado en terreno una metodología de medición para determinar de forma expeditiva, segura y a bajo costo, la concentración de fundente químico residual sobre la calzada y su evolución a través del tiempo, bajo condiciones de tránsito real. Las mediciones se realizan con un aparato que permite registrar la conductividad eléctrica del pavimento, para lo cual se ha comprobado estadísticamente que existe una correlación suficientemente confiable entre conductividad y contenido total de sales existente sobre calzada.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca en un **Proyecto de Investigación Anti – Icing** (técnicas anti-hielo) que la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) ha solicitado realizar a la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña (EICAM), dependiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan. Dicho proyecto evalúa la utilización de productos derivados de la industria alimenticia (residuos del procesamiento de caña de azúcar, remolacha azucarera y uva, entre otros) aplicados en una mezcla con soluciones salinas, con el propósito de incrementar el tiempo de permanencia de los fundentes químicos sobre la calzada. Asimismo, el proyecto propone el desarrollo y puesta a punto de un aparato que posibilita medir el residuo salino en calzada en forma rápida y segura, minimizando la interferencia con el tránsito.

2. ANTECEDENTES Y EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Durante la época invernal, la acumulación de hielo y nieve en la calzada produce múltiples efectos negativos y perjudiciales no sólo para el tránsito sino para toda la sociedad en su conjunto. La mayor dificultad aparece cuando la nieve depositada se convierte en hielo, lo cual genera una verdadera pista de patinaje. Por lo tanto, en esta época se deben extremar los recaudos para que los caminos no se tornen peligrosos. Para reducir el alto riesgo generado por la presencia de hielo sobre la calzada y mitigar estos problemas se han realizado experiencias en otros países como EE.UU., Canadá y España acerca del uso de diversos productos consistentes en mezclas de sales disueltas y productos orgánicos. Dichos productos consisten principalmente en azúcares o melazas con propiedades tales como elevada solubilidad, bajo peso molecular, sin iones cloruros, adhesivos al pavimento y biodegradables.

En EE.UU. se utiliza un producto comercial diseñado para este fin, basado en el líquido residual remanente del proceso de extracción de azúcar de la remolacha. No sólo es biodegradable, también reduce el uso del fundente químico (sal) hasta un 30%, tiene propiedades anticorrosivas y es efectivo hasta en -30 °C.

En Argentina, en el 4º Distrito Mendoza de la DNV se viene trabajando desde el año 2008 con soluciones anti-hielo. Se han realizado conjuntamente con la Universidad Nacional de Cuyo estudios específicos para determinar puntos de congelamiento de diversas mezclas, incorporando a la solución salina, productos derivados de la industria alimenticia (llamados genéricamente “vinazas”). En estos estudios se ha utilizado un método sencillo para la determinación del residuo salino en calzada, pero con la desventaja que requiere detener el tránsito durante algún tiempo, mientras se efectúa la medición.

3. ASPECTOS CENTRALES ABORDADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN

El objetivo del proyecto de investigación consiste en desarrollar estudios complementarios a los que se han llevado a cabo en la DNV- Mendoza, procurando ampliar el conocimiento sobre la acción de los residuos orgánicos y la mejora que producen en los trabajos AntiHielo. También se busca mejorar los procedimientos de toma de datos del residuo salino. En los siguientes puntos se abordan las temáticas bajo estudio dentro del proyecto en desarrollo.

3.1 Caracterización Físico-Química de Productos Orgánicos (Vinazas)

Se planteó la necesidad de conocer las principales características de las vinazas que se utilizarían en esta investigación. Para ello, se llevó a cabo una serie de análisis para determinar la composición físico-química de los distintos productos agrícolas, evaluando aspectos tales como viscosidad, ionización, punto de congelamiento, contenido de azúcares y de pectinas, entre otros ensayos.

3.1.1 Determinaciones Físicas

Para la caracterización física de las muestras de vinaza se aplicaron los siguientes métodos, cuyos resultados se presentan en la Tabla 1:

- Medición de conductividad y pH con pH-metro-Conductímetro Adwa AD800.
- Viscosidad con viscosímetro de Haake, computarizado.

3.1.2 Determinaciones Químicas

Para la determinación química de todas las muestras de vinaza en estudio, se aplicaron los siguientes métodos:

- Los contenidos de azúcares se obtuvieron por métodos espectrofotométricos.
- El contenido de iones metálicos se determinó mediante Espectrofotómetro de absorción Atómica Shimadzu AA 700.

En la Tabla 2 se presentan los principales resultados obtenidos en los ensayos.

3.1.3 Análisis de resultados de los ensayos físico – químicos de las muestras

De los resultados presentados en Tablas 1 y 2, se concluye que la vinaza concentrada de caña de azúcar (Fertilizante comercial) presentaría una mayor capacidad de adherencia a la superficie regada, al poseer los valores más altos de viscosidad, contenido de azúcares y pectinas. Por otro lado, el pH de la vinaza concentrada es neutro, lo cual evitaría fenómenos de tipo corrosivo en las superficies donde se aplica, y su efecto en el suelo es beneficioso ya que se la utiliza como fertilizante.

Muestra N°	Tipo de residuo	Densidad a 20 °C, g/l	pH	Conductividad mS/cm	Viscosidad, Cp	
					A 5°C	A 20 °C
1	Vinaza de caña de azúcar	1.0326	5.94	22.70	2.37	1.65
2	Vinaza concentrada *	1.2215	7.07	41.50	318.75	220.47
3	Extracto de pulpa de manzana	0.9982	5.00	1.11	9.19	7.34
4	Vinaza de pera Neuquén	1.0450	4.95	12.02	3.11	2.15
5	Vinaza de pulpa manzana Río Negro	1.0560	3.60	2.97	22.74	15.09
6	Vinaza de remolacha	1.0309	3.57	6.63	2.09	1.66
7	Vinaza de vino	1.0230	3.34	7.87	2.28	1.90
8	Cloruro de sodio 233 g/l	1.1449	---	---	2.28	1.90

*Fertilizante comercial

Tabla 1– Caracterización Física de todas las muestras ensayadas

Muestra N°	Tipo de residuo	Azúcares (g/l)		Pectina, g/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Na mg/l	K mg/l
		Reduc-tores	Total						
1	Vinaza de caña de azúcar	9.21	32.059	3,82	8.63	0.30	1.92	554.75	7355.25
2	Vinaza concentrada*	242.05	270.59	68,84	187.22	1.36	24.07	9222.50	43452.50
3	Extracto de pulpa de manzana	0.885	14.47	0,08	--	--	--	--	--
4	Vinaza Neuquén	23.7	97.56	1.05	0.64	0.18	3.53	538.13	3493.13
5	Vinaza Río Negro	28.1	148.00	3,48	1.47	0.86	0.46	406.25	1917.50
6	Vinaza de remolacha	56.725	74.12	0,02	ND	ND	ND	980.09	1890.76
7	vino	3.035	6.71	0,04	--	--	--	--	--

*Fertilizante comercial ND: no detectable.

Tabla 2 – Caracterización Química de todas las muestras ensayadas

Asimismo, presenta la más alta conductividad, asociada al contenido de iones en la solución, lo cual en principio debería contribuir al descenso del punto de congelamiento de una mezcla en la cual dicha sustancia estuviera combinada con sales disueltas. La presencia de iones en una solución provoca un descenso en el punto de congelamiento y si bien se mide en forma directa por espectrometría de absorción atómica, puede también ser detectada parcialmente al medir su conductividad. En lo referente a la adherencia, la vinaza de caña de azúcar ocupa el segundo lugar en cuanto a los indicadores asociados, y luego vienen las vinazas de manzana y pera. No obstante, el ensayo efectuado no permite arrojar conclusiones definitivas sobre la mayor o menor conveniencia relativa entre las distintas muestras analizadas. Para establecer un orden jerárquico se hace necesario efectuar ensayos adicionales, que permitan comprobar con mayor certeza estos resultados preliminares, y con los productos orgánicos actuando además en conjunto con las soluciones salinas.

Si bien es conocido que el fundente químico más utilizado en la vialidad invernal es el cloruro de sodio, en esta investigación también se ha propuesto trabajar con otras sales como son el cloruro de calcio y el de magnesio.

3.2 Análisis de soluciones salinas

Si bien es conocido que el fundente químico más utilizado en la vialidad invernal es el cloruro de sodio, en esta investigación también se ha propuesto trabajar con otras sales como son el cloruro de calcio y el de magnesio

3.2.1 Determinación del punto de congelamiento a la concentración eutéctica de distintas mezclas de sales

Para llevar a cabo este análisis en laboratorio se prepararon las siguientes soluciones:

- **Cloruro de Sodio/Agua**, composición eutéctica: NaCl 23,3% (p/p). La sal contiene 6% de impurezas.
- **Cloruro de Magnesio/Agua**, composición eutéctica: MgCl₂ 22% (p/p). La sal contiene 4% de impurezas.
- **Cloruro de Calcio/Agua**, composición eutéctica: CaCl₂ 29.87% (p/p). La sal contiene 4% de impurezas.

El punto de congelamiento se determinó por a través del descongelamiento progresivo de las soluciones, luego de haber sido llevadas a -80 °C. En primer lugar, se determinó este indicador para distintas proporciones de cloruro de sodio y cloruro de magnesio disueltos en agua, tal como se indica en la Tabla 3.

Composición, % p/p		Temperatura de congelamiento, °C
NaCl-H ₂ O*	MgCl ₂ -H ₂ O*	
0	100	-32.0
100	0	-22.0
95	5	-21.5
90	10	-22.7
85	15	-23.2
80	20	-24.2
60	40	-27.2
40	60	-27.7
20	80	-27.9
10	90	-28.2

*Composición Eutéctica

Tabla 3 - Determinación del punto de congelamiento para las soluciones de cloruro de sodio y cloruro de magnesio en agua, mezclados en diferentes proporciones

Posteriormente, se realizó la determinación de puntos de congelamiento para distintas proporciones de cloruro de sodio y cloruro de calcio disueltos en agua (Tabla 4), y finalmente se efectuó el mismo ensayo probando distintas proporciones de cloruro de sodio mezclado con vinaza concentrada (Tabla 5).

Composición, % p/p		Temperatura de congelamiento, °C
NaCl-H ₂ O *	CaCl ₂ -H ₂ O *	
0	100	-38.2
100	0	-22
95	5	-22.2
90	10	-23.2
85	15	-23.2
80	20	-23.2

*Composición Eutéctica

Tabla 4 – Determinación del punto de congelamiento para la mezcla de cloruro de sodio y cloruro de calcio en agua, mezclados en diferentes proporciones

Composición, % p/p		Temperatura de congelamiento, °C
NaCl-H ₂ O *	Vinaza **	
100	0	-22.0
95	5	-22.2
90	10	-22.2
85	15	-20.9
80	20	-20.7
70	30	-20.5

* Composición Eutéctica

** Vinaza Concentrada comercial

Tabla 5 – Determinación del punto de congelamiento para las soluciones de cloruro de sodio y vinaza concentrada, mezclados en diferentes proporciones

3.2.2 Resultados del análisis de soluciones salinas con y sin Vinaza

Del análisis de los resultados presentados en las Tablas 3 a 5 se han podido obtener algunas conclusiones preliminares.

En primer lugar, en la Tabla 3 se puede apreciar que con mezclas de cloruros de sodio y magnesio las temperaturas de congelamiento comienzan a incrementarse sensiblemente cuando los contenidos de cloruro de magnesio en la mezcla superan al 10%, y crecen en proporción casi lineal con el contenido de Cl₂Mg hasta que se llega a un 40% de cloruro de magnesio en la mezcla, donde se alcanza un punto de congelamiento de -27,2 °C. Desde allí en adelante, no aporta mucho seguir incrementando el contenido de Cl₂Mg, ya que las temperaturas de congelamiento se estabilizan entre -27 y -28 °C. Todo esto se puede apreciar gráficamente en la Fig. 1, que reproduce parte de los contenidos presentados en la Tabla 3.

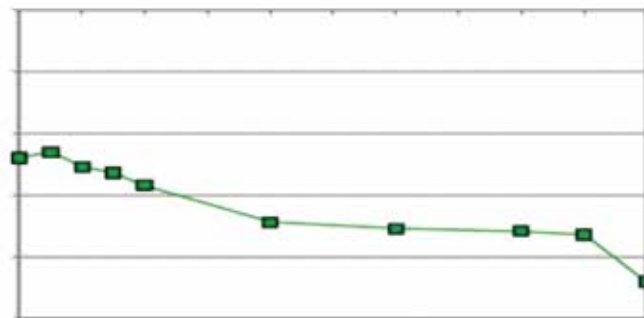


Figura 1 – Variación del punto de congelamiento de la solución en función de la proporción de cloruro de magnesio en la mezcla de sales ClNa - Cl₂Mg

Del análisis de la información presentada en la Tabla 4, analizando mezclas de cloruro de sodio y de calcio, se observa que las temperaturas de congelamiento para proporciones de hasta un 20% de cloruro de calcio se mantienen prácticamente constantes, con una variación no superior a 1 °C. Si bien sería esperable que comenzaran a descender sensiblemente a partir del incremento de la proporción de cloruro de calcio por encima del 20%, esto no se analizó en laboratorio en una primera instancia ya que en la práctica resulta antieconómico agregar tanto cloruro de calcio, salvo en instancias climáticas extremas.

Para el caso de la mezcla de cloruro de sodio con vinaza concentrada (Tabla 5), se puede apreciar que al incrementar la proporción de la vinaza en la mezcla no se producen reducciones significativas de la temperatura de congelamiento de la solución. Contenidos de vinaza por encima del 10% se eleva el punto de congelamiento, lo cual es contraproducente respecto al objetivo de la aplicación de este tipo de soluciones.

En base a los resultados de este estudio de laboratorio se desprende que es razonable utilizar soluciones de cloruro de sodio hasta alcanzar temperaturas en el orden de los -22 °C, y que el agregado de otras sales recién comienza a ser conveniente con temperaturas de trabajo más bajas.

3.3 Desarrollo de Equipo para medir residuo salino en calzada (MRS)

En los estudios desarrollados por personal del 4º Distrito Mendoza de la DNV, se ha evaluado el uso de un producto comercial derivado de la industria azucarera, denominado “vinaza concentrada”, que les permitiría prolongar el efecto de los riegos de salmuera y disminuir la cantidad de aplicaciones durante el período más crítico.

En dicho estudio, se implementó un método bastante sencillo y práctico para medir el residuo salino en calzada a intervalos predefinidos, tras la aplicación del riego antihielo en condiciones controladas. Se colocaba un trozo de tubo de PVC sobre la zona a muestrear, se aseguraba su estanqueidad mediante sello de silicona en el contacto con el pavimento, y se le inyectaba en el interior del tubo una cantidad definida de agua destilada (Fig 3). Se revolvía el líquido en el interior del tubo para disolver la sal remanente sobre la calzada, y luego se tomaba una muestra de 10 cc de dicho líquido, para proceder a medir el contenido de sales del mismo mediante ensayos de espectrometría.



Figura 3 – Medición de residuo salino en estudios realizados por personal del 4º Distrito Mendoza de la DNV

Esta metodología implementada, es muy confiable en cuanto a la calidad de los datos obtenidos, tiene la importante desventaja de interrumpir el tránsito. En forma conjunta, y a partir del estudio detallado de distintas alternativas tecnológicas ya existentes en el mundo para realizar este tipo de mediciones, ingenieros de los Institutos de Biotecnología y de Automática de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ diseñaron un aparato práctico, económico, sencillo, fácil de transportar y utilizar, para medir la conductividad eléctrica de una solución sobre una superficie pavimentada, y de esta forma estimar el contenido de sal en la superficie donde se realiza la medición, dicho aparato se muestra en la Fig. 4.



Figura 4 – Aparato desarrollado en la investigación en curso para medir residuo salino

Este aparato consta de un recinto hueco y estanco en su parte inferior, el cual se apoya sobre la superficie a medir, y se le hace llegar una cantidad predefinida de agua destilada (120ml) a través de una serie de tubos de conexión que desembocan en el recinto situado en la base. Dentro del mismo hay electrodos que permiten registrar la conductividad eléctrica de la solución que se forma en el interior del recinto. El agua destilada es inyectada por gravedad dentro del recinto, por lo cual llega con suficiente presión como para remover adecuadamente el residuo salino remanente sobre la calzada, pero además consta de una pequeña

hélice para agitar aun más el líquido y favorecer la completa disolución del residuo salino. La conductividad eléctrica medida por el aparato a través del visor mostrado en la Fig. 4, se correlaciona posteriormente con el contenido de sales de la solución.

3.4 Aplicaciones en Terreno

Se realizaron diferentes pruebas de campo para medir la evolución de la cantidad de residuo salino remanente sobre una superficie pavimentada a medida que va pasando el tiempo después de aplicar un riego con solución anti-hielo. A tal efecto, se utilizó el dispositivo descrito en el punto anterior, el cual ha pasado por una primera etapa de calibración pero requiere una evaluación continua, para asegurar la calidad de sus mediciones. En lo que sigue, se denominará a dicho dispositivo con la sigla MRS (Medidor de Residuo Salino).

Las pruebas de campo previstas son tres, con el propósito de obtener resultados en terreno que permitan contrastar los datos obtenidos en laboratorio:

- En el acceso a la playa de maniobras del 9º Distrito San Juan de la DNV;
- En la R.N. Nº 20, Acceso Este a la ciudad de San Juan;
- Finalmente, se llevarán a cabo mediciones en determinados sectores de la R.N. Nº 7 en Punta de Vacas, Mendoza, que probablemente constituirá el conjunto de mediciones más importante, dado que esta es una de las zonas de mayor problemática invernal.

3.4.1 Experimentos realizados en Acceso a Playa del 9º Distrito DNV

El procedimiento para plasmar este ensayo, consistió en definir un tramo experimental, regarlo con tres tipos diferentes de mezclas anti-hielo disueltas en agua en diferentes sectores, y posteriormente utilizar el aparato MRS para medir la conductividad eléctrica que se registra en puntos específicos del área regada, como se muestra en la Fig. 5. En esta oportunidad, se realizaron riegos de diferentes soluciones salinas durante la semana del 17/06/2013 al 24/06/2013 en el Acceso a Playa del 9º Distrito San Juan de la DNV. El experimento tuvo una duración de 7 días y por cada día se hicieron mediciones puntuales aleatoriamente distribuidas dentro del área abarcada por cada sector regado, en 3 momentos prefijados dentro de cada día. Las mediciones se llevaron a cabo con el MRS, durante los días 0, 1, 2 y 8, considerando que dicho acceso tiene tránsito permanente durante las horas laborales.

Para la determinación del tránsito pasante durante el tiempo en estudio, se colocó un contador de tránsito (Fig. 6). El mismo fue instalado desde el día Lunes 17/06/13 a las

10:00 hs, hasta el lunes siguiente (24/06) a las 10:00 hs, con la finalidad de contabilizar con precisión la cantidad de vehículos pasantes, y poder después analizar la incidencia del tránsito sobre la variación del contenido de sal residual sobre la calzada. En el período de estudio, se censaron finalmente 659 vehículos. En este primer experimento no fue posible diferenciar entre tipos de vehículos, ya que el contador de tránsito no puede hacer esta discriminación, a causa de la baja velocidad de circulación.



Fig. 6 – Colocación de medidores de tránsito en el sitio del experimento

Para verificar la incidencia de la incorporación de dos tipos diferentes de vinazas sobre las soluciones anti-hielo, se decidió preparar los siguientes riegos:

- Solución al 100% de salmuera a la concentración eutéctica
- Solución 90 % de salmuera y 10 % Vinaza concentrada (caña de azúcar)
- Solución 90 % de salmuera y 10 % Vinaza de vino de Neuquén (residuo)

Las superficies regadas fueron tres sectores diferentes con calzada de hormigón, de 1,50 m por 7,00 m cada uno, sobre los cuales se aplicó 1 litro de solución en cada caso, es decir se regó 1 lt de solución en 10.50 m², lo cual es coherente con la práctica habitual en estos casos.

3.4.2 Mediciones efectuadas sobre las superficies tratadas

En cada día se realizaron 3 mediciones de conductividad eléctrica con MRS en diferentes horarios y lugares en cada sector tratado con diferente tipo de solución, y se promediaron los valores medidos de manera de obtener un único valor representativo por día de medición. En la Tabla 7 se presentan los valores medios diarios por día y sector tratado.

Tipo de solución	Día de medición	Fecha	Estado del Tiempo	Conductividad media (mA)
Nº 1: Salmuera pura de cloruro de calcio	Día 0 - Lunes	17/06/2013	Nublado	5.81
	Día 1 - Martes	18/06/2013	Despejado	9.61
	Día 2 - Miércoles	19/06/2013	Nublado	5.81
	Día 8 - Lunes	24/06/2013	Despejado	2.00
Nº 2: 90% de Salmuera + 10% de Vinaza Concentrada	Día 0 - Lunes	17/06/2013	Nublado	14.19
	Día 1 - Martes	18/06/2013	Despejado	8.33
	Día 2 - Miércoles	19/06/2013	Nublado	11.40
	Día 8 - Lunes	24/06/2013	Despejado	3.33
Nº 3: 90% de Salmuera + 10% de Vinaza Residual de Vino	Día 0 - Lunes	17/06/2013	Nublado	12.94
	Día 1 - Martes	18/06/2013	Despejado	6.33
	Día 2 - Miércoles	19/06/2013	Nublado	7.95
	Día 8 - Lunes	24/06/2013	Despejado	4.70

Tabla 7 – Resultados de mediciones efectuadas utilizando el dispositivo MRS

En las Figuras 7 a 9 se presentan las gráficas de evolución del residuo salino medido (expresado en términos de conductividad media diaria registrada por el aparato), con líneas de tendencia de tipo exponencial para tratar de ajustar los datos observados, indicando los parámetros estadísticos correspondientes. En dichas figuras se puede observar que, en términos generales, se registra en todos los casos un sensible descenso de la conductividad medida sobre el pavimento luego de varios días, lo cual en primer lugar confirma que efectivamente el residuo salino va desapareciendo de la superficie en forma progresiva. Existen de todas formas algunas oscilaciones notorias en los valores de conductividad medidos durante los primeros días, lo cual puede deberse a causas que todavía deben analizarse con mayor detalle, pero debe tenerse en cuenta que se trata de las primeras pruebas en terreno con un aparato recientemente desarrollado, al cual deben efectuársele todavía varios ajustes para mejorar la confiabilidad en su funcionamiento.

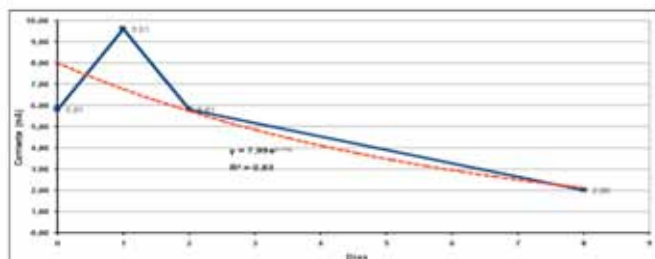


Figura 7. Evolución de las mediciones, solución Nº 1 salmuera pura de ClNa

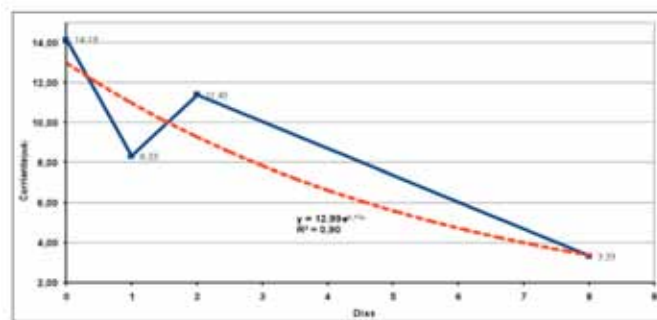


Figura 8. Evolución de las mediciones, solución Nº 2 con vinaza concentrada

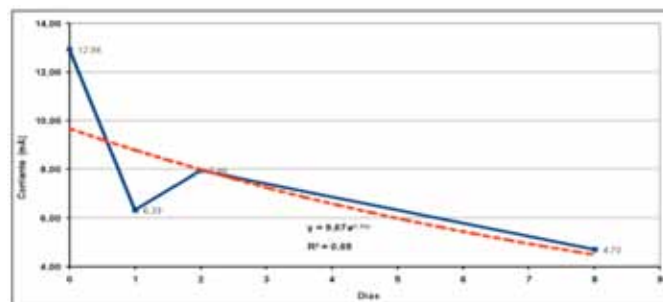


Figura 9. Evolución de mediciones, solución Nº 3 con vinaza residual de vino

Fue posible detectar, que la incorporación de vinazas permite en el largo plazo mantener una mayor cantidad de residuo sobre la calzada, considerando los mayores valores de conductividad registrados al octavo día (3,33 mA y 4,7 mA para vinaza concentrada y vinaza residual de vino respectivamente), en relación al valor registrado para la salmuera pura de ClNa.

Asimismo, se hizo una segunda prueba de campo, en la R.N. Nº 20, Acceso Este a la provincia de San Juan, y posteriormente una tercera prueba en la Ruta Nac. Nº 7, en la zona de punta de Vacas, Mendoza, donde se trabaja con el equipo disponible en la zona, planta automática para elaborar mezclas y camión regador de última generación. Ambas pruebas se llevaron a cabo durante agosto y octubre pasado.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Para ampliar el conocimiento de este tipo de productos, se ha realizado un primer análisis de caracterización físico-química sobre diferentes tipos de productos orgánicos, en tal sentido, los resultados obtenidos indican que el producto constituido por vinaza residual concentrada proveniente del procesamiento de la caña de azúcar presenta los mejores valores de parámetros medidos, en términos de indicadores de viscosidad, azúcares y pectinas, lo que permitiría deducir que dicho compuesto debería mostrar una mayor adherencia al ser aplicado en terreno como parte de una solución salina anti-hielo.

Se han evaluado combinaciones de compuestos salinos y productos orgánicos disueltos en proporciones variables, para determinar la variación del punto de congelamiento de dichas soluciones. La incorporación de sales de cloruro de magnesio y cloruro de calcio en soluciones base de cloruro de sodio permite reducir la temperatura de congelamiento, lo cual es positivo desde el punto de vista de la técnica invernal, pero hasta cierto punto; al menos en el caso de la mezcla de cloruro de sodio con cloruro de magnesio, se pudo apreciar que una proporción mayor al 40% de cloruro de magnesio no produce un descenso adicional significativo del punto de congelamiento de la solución, y no tendría entonces sentido incorporar más cantidad a costa de encarecer el costo de la solución.

Asimismo, la incorporación de vinaza dentro de las soluciones anti-hielo no contribuye a mejorar el punto de congelamiento de las mismas, y por encima de un 10% incluso produce un incremento de la temperatura de congelamiento, lo cual es un efecto contraproducente.

Se ha diseñado y puesto a punto un aparato de medición, MRS para determinar de forma expeditiva, segura y a bajo costo, la concentración de fundente químico residual sobre

la calzada y su evolución a través del tiempo, bajo condiciones de tránsito real.

La aplicación de este aparato ha permitido constatar, sujeto a posteriores validaciones con nuevas mediciones, que efectivamente la cantidad de residuo salino sobre la calzada va disminuyendo en el tiempo, y también que en esta primera etapa la incorporación de vinazas permitiría mantener sobre el pavimento una mayor cantidad de residuo salino luego de varios días, respecto al caso de las soluciones con salmuera pura de ClNa.

REFERENCIAS

- 1) Dr. Ing. Nixon Wilfrid, Lecciones sobre Mantenimiento Invernal, Universidad de IOWA, EE.UU., febrero de 2008.
- 2) Guía para el Control de Hielo y Nieve, AASHTO.
- 3) Manual para el Diseño de Cercas para Nieve, Adm. Federal de Caminos de EE.UU.
- 4) Manual of Practice for Effective Anti-icing Program: A Guide for Highway Winter Maintenance.
- 5) "Desarrollo de mezclas anti-hielo en Argentina (Experiencia en la R.N. 7 Paso Internacional Cristo Redentor)". Franciosi, M., y Pérez Pereyra, W. XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Córdoba, Argentina, Octubre del 2012.



Seguimos construyendo calidad



Av. del Libertador 5936, piso 13 (C1428ARP) Buenos Aires, Argentina Tel/Fax: 4781-6749 E-mail: info@homaq.com.ar

Una empresa del Grupo **HOLDEC**

HISTORIA DEL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN AMÉRICA DEL NORTE

AUTOR:

Ing. Gerald Huber

Ingeniero de Pavimentos

Parte 1

Superpave, en la actualidad el método más común de diseño de mezclas asfálticas en América del Norte, fue desarrollado a principios de la década de 1990 como parte del Strategic Highway Research Program [Programa Estratégico de Investigación sobre Carreteras]. Superpave no era totalmente nuevo. El método aprovecha los avances realizados a lo largo de la historia e incorpora nueva información. Para entender el diseño de mezclas actual, es importante entender el desarrollo de la tecnología del diseño de mezclas.

Primeros métodos para el diseño de mezclas

En 1890, E.G. Love publicó una serie de artículos sobre carreteras y pavimentos. No se trataba de artículos técnicos, sino notas similares a los artículos de las revistas especializadas de la actualidad. Los artículos presentaban ideas para diseñar pavimentos. Un artículo de F.V. Greene sobre la Barber Asphalt Paving Company era una especificación para la construcción de pavimento asfáltico. Si bien no se analizaba la tecnología del diseño, se presentaba una fórmula para la superficie asfáltica. Las especificaciones de la superficie de desgaste de Barber son las siguientes:

Cemento asfáltico	12 a 15%
Arena	70 a 83%
Carbonita de cal pulverizada	5 a 15%

La mezcla se colocaba en dos coladas. La primera colada, denominada capa de amortiguación, contenía 2 a 4 por ciento más de asfalto y se compactaba a media pulgada de profundidad. La capa superficial se preparaba de acuerdo con las especificaciones antes descritas. La cal se agregaba fría a la arena caliente (300° F) antes de incorporar y mezclar el asfalto. La cantidad de cal se ajustaba según las propiedades de la arena. Las proporciones se ajustaban en base a la observación visual del personal experimentado.

En 1905, Clifford Richardson, dueño de New York Testing Company, publicó "The Modern Asphalt Pavement" [El Pavimento Asfáltico Moderno]. La segunda edición de 1912 hace referencia a muchos pavimentos construidos en todo Estados Unidos durante las décadas de 1890 y 1900. Richardson describe dos tipos de mezclas asfálticas: mezclas para revestimiento superficial y hormigón asfáltico.

La mezcla para revestimiento superficial es una mezcla de arena. Las gradaciones típicas son: 100 por ciento pasa por el tamiz #10 y 15 por ciento pasa por el tamiz #200. El contenido de asfalto oscila entre 9 y 14 por ciento. Richardson analiza la capacidad de la arena para transportar asfalto y el cálculo de la superficie de las partículas esféricas. El contenido de asfalto de estas mezclas se determinó a través de la "prueba de la mancha sobre papel" (mancha de asfalto sobre papel), según muestra la Figura 1.

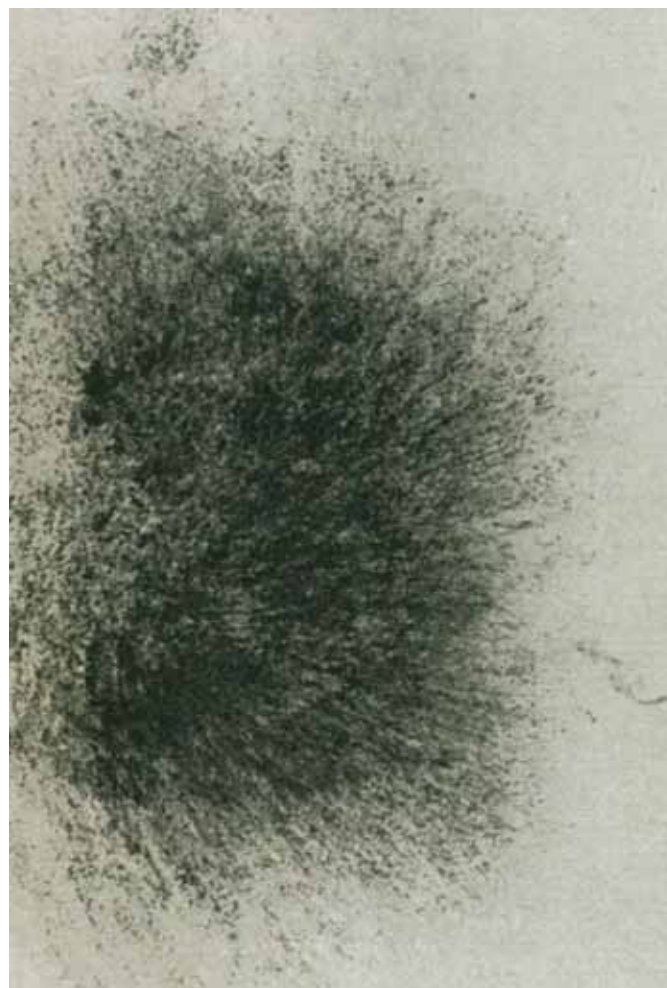


Figura 1: prueba de mancha sobre papel para asfalto arenoso que muestra una mancha fuerte

Al realizar la prueba de la mancha sobre papel, Richardson advierte que la mezcla debe estar lo suficientemente caliente para que el asfalto sea fluido. Las mezclas frías no sirven y las excesivamente calientes pueden generar demasiadas manchas. Si bien no describe en detalle el método de prueba, las vetas sobre el papel sugieren que la mezcla se derrama sobre el papel.

Para las capas inferiores se utiliza hormigón asfáltico. Richardson advierte que el hormigón asfáltico no es adecuado como capa superficial en calles principales, pero puede ser apropiado para calles menos importantes. Las herraduras y los cascos de los caballos desprenden partículas de la superficie. En su opinión, para resistir el impacto de las herraduras se debe utilizar la mezcla de arena con alto contenido de asfalto.

El hormigón asfáltico es más parecido a la mezcla asfáltica en caliente [hot mix asphalt, HMA] actual. La Figura 2 muestra un corte transversal del hormigón asfáltico. Curiosamente, en el diseño de esta mezcla no se utilizó la prueba de la mancha sobre papel. Por el contrario, Richardson calculó los vacíos en el agregado mineral. De hecho, se refiere a estos como VMA [voids in mineral aggregate].

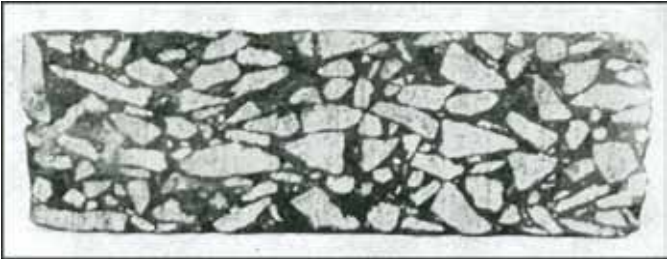


Figura 2: superficie de hormigón asfáltico en la calle Broadway Street, en Patterson, N.J., 1906

Richardson describe el ajuste de los VMA para incluir la cantidad correcta de asfalto. La gradación que muestra la foto es similar a un pavimento que Richardson utilizó en Michigan con la siguiente composición:

1,5 pulgada	100%
1 pulgada	83,6%
½ pulgada	50,1%
¼ pulgada	40,3%
#8	36,8%
#200	5,2%
VMA	13,2%
Betún	7,4%

Conforme a las especificaciones actuales, esta mezcla sería una mezcla de un tamaño máximo nominal de 1,5 pulgada. Se trata de una mezcla de granulometría fina porque el porcentaje que pasa por el tamiz de control primario (tamiz de 3/8 pulgada no incluido en la tabla) es superior al 40 por ciento. El requisito de VMA de las especificaciones modernas es 11,0 por ciento, es decir, 2,2 por ciento menos que en los VMA en la mezcla de Richardson. Esto significa que el contenido de asfalto sería casi 0,9 por ciento menor que el utilizado por Richardson.

Si bien los vacíos de aire no se calculan como parte del diseño de la mezcla de Richardson, en su libro analizó varios pavimentos y hace referencia al nivel de densidad correcto comparado con la densidad teórica. Mediante cálculos se deduce que los vacíos de aire representan un 2 por ciento, aproximadamente. Cabe destacar que se trata de los vacíos de aire in situ. Si los vacíos de aire fueran superiores, por ejemplo entre 5 y 8 por ciento, Richardson comentó que los pavimentos no podrían soportar el choque térmico y se agrietarían.

La idea clave que evoluciona del diseño de pavimentos a principios del siglo XX fue el concepto de utilizar hormigón asfáltico como capa base con una mezcla de asfalto arenoso para la capa superficial.

Diseño de Hubbard Field

A mediados de la década de 1920, Charles Hubbard y Frederick Field, con la recientemente creada Asphalt Association (más tarde, el Asphalt Institute), desarrollaron un método de diseño de mezclas denominado el Método de Diseño Hubbard Field. El método Hubbard Field era utilizado comúnmente por los departamentos de carreteras estatales en las décadas de 1920 y 1930, aunque en algunos estados su uso continuó hasta la década de 1960.

En principio, el método Hubbard Field se concentraba en la mezcla para revestimiento superficial, la capa de desgaste del asfalto arenoso. Los especímenes tenían 2 pulgadas de diámetro y eran compactados con un pisón de mano.

Una versión modificada de Hubbard-Field fue desarrollada para el hormigón asfáltico. Utilizaba especímenes de 6 pulgadas de diámetro que eran compactados con dos pisones diferentes. Los primeros 30 “golpes fuertes” se aplicaban con el pisón de 2 pulgadas, seguidos de 30 golpes con un pisón de 5,75 pulgadas. El espécimen se daba vuelta y se presionaba contra el extremo opuesto del molde. Una vez más, se aplicaban 30 golpes con el pisón de 2 pulgadas, seguidos de 30 golpes con un pisón de 5,75 pulgadas. Luego, se colocaba el espécimen en una máquina de compresión con una carga de 10.000 libras y se dejaba enfriar en un baño de agua fría bajo compresión.

El método Hubbard Field se desarrolló sobre la base del proceso de Richardson. Los especímenes se preparaban en el laboratorio pero, en lugar de utilizar la prueba de la mancha sobre papel, desarrollaron un método de evaluación para determinar el contenido de asfalto del diseño. Se medía la densidad aparente de los especímenes compactados. La densidad teórica máxima se calculaba utilizando la densidad aparente del agregado (nótese que, por lo tanto, no se consideraba la absorción del asfalto). Los vacíos de aire se calculaban como si fueran vacíos en el esqueleto del agregado (VMA, según la terminología actual). Por eso, el análisis volumétrico era similar a las propiedades utilizadas en la actualidad.

Además del análisis volumétrico, el método Hubbard Field utilizaba una prueba de estabilidad donde se forzaba la mezcla compactada a través de un anillo levemente más pequeño que el diámetro del espécimen. La carga máxima sostenida antes de que la mezcla comenzara a circular a través del orificio se denominó estabilidad de Hubbard Field. Conceptualmente es idéntica a la Estabilidad de Marshall donde el espécimen se carga en el lateral y la carga máxima es la estabilidad de Marshall.

El método Hubbard Field seleccionaba el contenido de asfalto en base a los vacíos de aire y la estabilidad. Se evaluaban los vacíos en el agregado para ayudar a ajustar la estabilidad de la mezcla.

Diseño de mezclas de Hveem

En California, los primeros pavimentos fueron realizados utilizando betún natural de los pozos de alquitrán de La Brea, ubicados en la zona de Los Ángeles y Santa Bárbara. Si bien se lo denomina alquitrán, en realidad se trataba de emanaciones de asfalto naturales.

Este asfalto era bastante blando y se utilizaba con la función del macadán penetrante, pulverizándolo sobre el agregado de grado abierto compactado, o era utilizado mezclado con grava y creando una mezcla de aceite.

En la década de 1920, la mezcla de aceite preparada con asfalto fluidificado era un método de pavimentación común. Se mezclaba en hileras con el asfalto pulverizado sobre una hilera derribada y vuelta a mezclar con una motoniveladora. El contenido de aceite se determinaba a ojo, por eso se necesitaba a una persona experimentada para garantizar que la mezcla tuviera el color marrón correcto.

En 1927, Francis Hveem se convirtió en ingeniero residente en California y, sin experiencia con mezclas de aceite, utilizó la información sobre gradación con la prueba de la mancha sobre el papel para evaluar el contenido de asfalto. Se dio cuenta de que este proceso era controlado por el área superficial del agregado y encontró un método para calcular el área superficial. Utilizó los factores del área superficial publicados

en 1918 por un ingeniero canadiense, el capitán L.N. Edwards, con el fin de utilizarlos en el diseño del hormigón de cemento Portland.

Francis Hveem aplicó el proceso de diseño utilizado para las mezclas de aceite a la mezcla asfáltica en caliente. Para 1932 había desarrollado un método para determinar el contenido de asfalto en base al área superficial. Continuó modificando los factores del área superficial y desarrolló una prueba utilizando aceite de motores para calcular la absorción del asfalto. Los factores del área superficial en el manual MS-2 para el diseño de mezclas de Hveem del Asphalt Institute de la actualidad son aquellos desarrollados por Hveem para el Departamento de Carreteras de California en la década de 1940.

Hveem comenzó por desarrollar una prueba de estabilidad. Reconoció que la resistencia mecánica de la mezcla era importante y desarrolló el estabilómetro de Hveem, que es un seudoensayo triaxial. Se aplica una carga vertical a un espécimen confinado y se mide la presión horizontal resultante. Cuando el contenido de asfalto supera cierto umbral, la presión horizontal aumenta y Hveem utilizó esta propiedad para distinguir los pavimentos estables de los inestables. En base a las mezclas de aceite, desarrolló valores de umbral para la estabilidad y los aplicó a la HMA.



Estabilómetro de Hveem primitivo

La filosofía detrás de diseño de mezclas de Hveem es que se necesita aglomerante asfáltico suficiente para satisfacer la absorción del agregado, además de contar con un espesor de película mínimo sobre la superficie de los agregados. A fin de transportar carga, los agregados debían tener resistencia al deslizamiento (medida por el estabilómetro de Hveem) y resistencia a la tracción mínima para resistir el movimiento giratorio (medido por el cohesiómetro). Las propiedades del agregado y la cantidad de aglomerante asfáltico afectaban la estabilidad y la cohesión. Para durabilidad, Hveem desarrolló la prueba de hinchamiento y la prueba de sensibilidad al vapor de humedad a fin de medir la reacción de la mezcla al agua. La prueba de hinchamiento utilizaba agua en estado líquido y la prueba de sensibilidad de vapor utilizaba vapor de humedad. Se midió el efecto en la estabilidad de Hveem después del acondicionamiento. Hveem descubrió que las películas de asfalto más gruesas eran más resistentes a la humedad.

Los vacíos de aire no son parte del sistema de diseño de mezclas de Hveem. Creía que lo más importante era el espesor de la película y las propiedades mecánicas según eran descritas por la estabilidad. En las décadas de 1980 o 1990, comenzaron a considerarse los vacíos de aire. Curiosamente, si se observa el desempeño de la HMA en la década de 1980 o a principios de la década de 1990 cuando el ahuellamiento era un enorme problema nacional y se compara el desempeño general de las mezclas de Hveem con las mezclas de Marshall, se podría afirmar que, en general, los pavimentos de Hveem tenían menor contenido de asfalto y el agrietamiento por fatiga era un problema importante. No es casual que las investigaciones sobre agrietamiento por fatiga y fatiga de las vigas estén asociadas con las investigaciones realizadas en la Universidad de California, Berkeley. En los estados de Marshall, el agrietamiento por fatiga no era un problema predominante, sino que lo era el ahuellamiento.

Diseño de mezclas de Marshall

Bruce Marshall del Departamento de Carreteras de Mississippi desarrolló el diseño de mezclas de Marshall entre fines de la década de 1930 y principio de la década de 1940. En 1943, Marshall se presentó ante el Cuerpo de Ingenieros de Vicksburg, Mississippi, para proponer el uso del método de diseño Marshall y fue contratado. El Cuerpo adoptó el sistema de Marshall en la Segunda Guerra Mundial para utilizarlo en los aeródromos. Después de la Segunda Guerra, el sistema se adaptó a fines “civiles” para ser utilizado por los departamentos de carreteras estatales.

Básicamente, el diseño de mezclas de Marshall es una derivación del método de Hubbard-Field. Si bien el enfoque es similar, en la práctica era diferente. Hubbard-Field utilizaban dos pisones de diferentes tamaños para compactar las muestras. Marshall utilizó un solo martillo e hizo coincidir el diámetro del apisonador con el diámetro del molde. Hubbard-Field habían utilizado un pisón de mano. Marshall estandarizó la energía de

compactación aplicada al utilizar un martinete de caída libre. Marshall incluyó el cálculo de los vacíos de aire de Hubbard-Field pero no los VMA. En cambio, utilizó como criterio los vacíos llenos de asfalto. En la década de 1950, Norman McLeod recomendaba el uso de los VMA en el método de diseño de mezclas. Cabe suponer que conocía los VMA en el método de Hubbard-Field y creía que se podrían aplicar al método Marshall.

En las décadas de 1950 y 1960, el Asphalt Institute era el custodio de hecho de la norma Marshall y la publicó en “MS-2, A Manual of Mix Design Methods for Asphalt Concrete” [MS-2, Manual de Métodos para el Diseño de Mezclas para Hormigón Asfáltico]. Si bien ASTM era la sede principal del método Marshall (D-1889), este método fue un reflejo del MS-2. Incluso la AASHTO, que adoptó su propia norma, reflejaba el MS-2. Como resultado, la ASTM y la AASHTO tenían métodos para el diseño de mezclas de Marshall, pero las propiedades especificadas en estos métodos habían sido establecidas por el Asphalt Institute en base a investigaciones y debates técnicos. Los archivos del Asphalt Institute incluyen cartas y datos de Marshall, quien se convirtió en consultor después de su salida del Cuerpo de Ingenieros, y de McLeod, quien trabajaba para Imperial Oil, en Canadá.

Marshall se oponía a la inclusión de los VMA, pero McLeod estaba a favor de su inclusión. Los trabajos de investigación más notables de McLeod sobre VMA son un trabajo sobre la Highway Research Board de 1956, un trabajo sobre la AAPT de 1957 y un artículo para el simposio de la ASTM de 1959. En otros artículos exponía su opinión a favor del espesor de la película. Específicamente, L.C. Krchma se manifestaba a favor del espesor de la película en las reuniones de la AAPT y la Highway Research Board.

El trabajo original de McLeod consideraba el uso de un solo nivel de VMA para todas las mezclas. Más tarde, esto se modificó con una escala gradual en función del tamaño de partículas máximo nominal del agregado. Si bien se identificó la necesidad de aglomerante asfáltico adicional a medida que el tamaño de la mezcla disminuía, no existía una relación directa entre los criterios del área superficial y los VMA.

En 1962, después de muchas deliberaciones, el Asphalt Institute modificó el MS-2 para incluir los VMA como criterio para el diseño de mezclas. La AASHTO y la ASTM reformaron sus normas para que reflejaran la revisión del Asphalt Institute.

Los procedimientos para el diseño de mezclas de Marshall y Hveem sirvieron como medio principal para diseñar mezclas densas hasta mediados de la década de 1990, cuando se introdujo el procedimiento de Superpave.

El próximo número de Asphalt incluirá un artículo sobre el desarrollo del procedimiento para el diseño de mezclas Superpave.

Parte 2

Este es el segundo de dos artículos sobre la historia del diseño de mezclas. El primer artículo, que describe las primeras prácticas de diseño a través de los sistemas de Marshall y Hveem, fue publicado en la edición de primavera de 2013 de la revista "Asphalt".



Compactador giratorio Troxler

El diseño de mezclas Superpave fue desarrollado como parte del Strategic Highway Research Program [Programa Estratégico de Investigación sobre Carreteras] (SHRP) entre 1987 y 1993. El objetivo del Asphalt Research Program [Programa de Investigación sobre Asfalto] era desarrollar una especificación para un aglomerante asfáltico basado en el desempeño, una especificación para una mezcla asfáltica basada en el desempeño y un sistema de diseño de mezclas. La especificación para el aglomerante asfáltico grado de performance [Performance-Grade, PG] es el resultado de la investigación.

La especificación para la mezcla grado de performance no tuvo el mismo éxito. Si bien se desarrollaron pruebas de desempeño para las mezclas asfálticas y se diseñaron modelos para predecir tanto la respuesta (esfuerzo, tensión, etc.) como el desempeño de las mezclas (ahuellamiento, agrietamiento

por fatiga, termodesintegración), el sistema terminó siendo muy difícil de implementar y nunca fue utilizado por los Departamentos de Transporte estatales.

El sistema de diseño de mezclas desarrollado durante el SHRP se dio a conocer como Superpave. El diseño de mezclas Superpave estaba compuesto de tres niveles con complejidad ascendente. A estos niveles se los conocía como diseño de mezclas de Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3. Las pruebas de mezclas basadas en el desempeño se utilizarían en los diseños de Nivel 2 y Nivel 3. A medida que avanzaba la investigación del SHRP, resultó evidente que las pruebas y el análisis para las predicciones de desempeño serían suficientemente complejos como para justificar el uso de un método de diseño simple y empírico como el diseño de mezclas de nivel base o inicial. Cuando las pruebas y los modelos basados en el desempeño no se implementaban, el método de diseño de mezclas que quedaba era el nivel base (también conocido como Nivel 1). Según se especifica en AASHTO M323, Superpave es el diseño de mezcla inicial básico que fue desarrollado durante el SHRP.



Muestra compactada preparada para pruebas

Entonces, se determinó que el diseño de mezclas de Nivel 1 se basaría en las propiedades de las mezclas. El problema que enfrentaba el SHRP era cómo responder preguntas como las siguientes:

- "¿Cuál es el nivel correcto de los vacíos de aire?"
- "¿Cómo se debería especificar el contenido mínimo de asfalto?"
- "¿Cómo se debería especificar la gradación?"

La Federal Highway Administration (FHWA) convocó a un Grupo de Trabajo Técnico [Technical Working Group, TWG] para determinar qué propiedades volumétricas empíricas se deberían incluir en Superpave y cómo se deberían definir. Entre los participantes había cuatro miembros de Departamentos de Transporte estatales, cuatro representantes de asociaciones de la industria, dos de compañías privadas, uno del ámbito de la consultoría y un académico. El acta de la primera reunión establecía:

El objeto del Grupo de Trabajo Técnico es determinar las propiedades volumétricas claves de las mezclas asfálticas durante el proceso de producción que afecta el desempeño y cómo el proceso de producción puede afectar esas propiedades.

En la primera reunión, se acordó que se utilizarían las siguientes propiedades:

- **Vacíos de aire**

Los vacíos de aire se deben calcular utilizando la densidad teórica máxima (Gmm) medida de la mezcla y la densidad aparente medida de la mezcla asfáltica en caliente compactada.

- **Vacíos en el agregado mineral (VMA)**

Los VMA se calcularían según proponía el Asphalt Institute en su Manual of Asphalt Mix Design [Manual para el Diseño de Mezclas de Asfalto], (MS-2). Para este cálculo se utiliza la densidad aparente del agregado (Gsb). Se analizó en profundidad una recomendación para calcular los VMA utilizando la densidad efectiva (Gse) del agregado (calculada en base a la Gmm), pero finalmente no fue aceptada.

- **Los vacíos llenos de asfalto [voids filled with asphalt, VFA] se calcularían utilizando los VMA y los vacíos de aire.**

En oportunidad de la reunión del Grupo de Trabajo Técnico, el Comité de Mejoramiento de Calidad de la National Asphalt Pavement Association (NAPA) se encontraba analizando las propiedades volumétricas. La pregunta importante del momento estaba relacionada con los VMA, específicamente “¿Por qué los VMA disminuyen cuando se produce la mezcla en la planta de mezclas en caliente comparado con el laboratorio de diseño?”. Se reunió un grupo de trabajo para desarrollar un documento orientativo para contratistas sobre cómo controlar los VMA.

También en esa misma época, el Departamento de Transporte de Colorado había completado un programa de investigación de 24 mezclas que observaba diferentes propiedades, tales como gradación de la mezcla, gradación del agregado que pasa por el tamiz Nº 200 (P200), cantidad de P200, angulosidad de agregados finos y recuento de partículas trituradas. Todos estos datos pasaron a ser parte de la información considerada por el SHRP.

El SHRP estudió las especificaciones del Departamento de Transporte del estado y descubrió que no existía consenso respecto de las propiedades especificadas ni de los criterios que se deberían especificar para las propiedades. El FHWA TWG formuló recomendaciones respecto de qué propiedades se deberían utilizar pero no sobre qué criterios ni sobre cómo se deberían modificar los criterios según el tipo de mezcla. Superpave necesitaba propiedades volumétricas, pero no había respuestas claras a las preguntas “¿Qué propiedades se deberían utilizar?” ni “¿Qué criterios se deberían utilizar para ellas?”. Entonces, el SHRP convocó a un grupo comúnmente llamado grupo Delphi.

El proceso Delphi es un método para crear consenso entre un grupo de expertos. En primer lugar, los expertos deben contar con conocimiento práctico del área de estudio. Los expertos

no debaten quién tiene razón y quién está equivocado respecto de determinada propiedad. En cambio, los expertos reciben una serie de cuestionarios diseñados para obtener su respuesta a cada situación.

Fueron seleccionados catorce expertos en representación de los Departamentos de Transporte estatales, representantes de la industria e investigadores universitarios. Recibieron el cuestionario por correo (sí, todavía estaba de moda el correo postal).

El primer cuestionario definía las áreas a investigar. En base a una escala de “en total desacuerdo”, “muy en desacuerdo”, “en desacuerdo”, “neutro”, “de acuerdo”, “muy de acuerdo” y “totalmente de acuerdo”, los participantes indicaban la importancia relativa de una propiedad en el sistema de diseño de mezclas. Por ejemplo, se les presentaba el enunciado: “El diseño de los vacíos de aire debería ser parte del diseño de mezclas” y debían indicar su reacción al mismo.

Se consideraban siete propiedades para los agregados y tres propiedades para las mezclas:

- límites de gradación
- caras trituradas
- contenido de arena natural
- abrasión de L.A.
- solidez
- contenido deletéreo
- equivalente de arena
- vacíos de aire
- VMA
- VFA.

Además, el cuestionario 1 incluía una serie de preguntas de seguimiento para cada propiedad:

- *¿Cuál es la mejor forma de medir la propiedad (vacíos de aire, por ejemplo)?*
- *¿Existe alguna influencia externa que cambiaría el nivel de los vacíos de aire utilizados?*
- *¿Cómo afecta ese factor a los vacíos de aire?*

Una vez recibidos los resultados del primer cuestionario, se reunió a los miembros del panel para presentarles los resultados y analizarlos. Hubo varios puntos muy controvertidos. Uno de ellos fue si se debía controlar el contenido mínimo de asfalto con el espesor de la película o los VMA. Tanto los VMA como el espesor de la película fueron incluidos en el siguiente cuestionario.

Al finalizar el tercer cuestionario, quedaron en claro las propiedades que el grupo consideraba importantes y los VMA habían desplazado al espesor de la película como método para

el contenido mínimo de asfalto. En el cuarto cuestionario, se pidió a los participantes que clasificaran cada propiedad por importancia en el desempeño. El quinto y último cuestionario fue utilizado para calcular los límites de las especificaciones.



Compactador giratorio Pine

Se determinó que los componentes claves del Diseño de Mezclas Superpave eran los siguientes:

- **La compactación se debería realizar con un compactador giratorio.**

- **Vacíos de aire**

Cálculo de los vacíos de aire utilizando Gmm y Gmb.

- **VMA**

VMA como método para establecer el contenido mínimo de asfalto y los VMA se deberían calcular utilizando la densidad aparente del agregado (Gsb) versus la densidad efectiva (Gse) calculada en base a los resultados de la prueba de Rice (Gmm).

- **Vacíos llenos de asfalto (VFA)**

La necesidad de esta propiedad generó mucha polémica.

El argumento en contra era que se trataba de la tercera de tres propiedades interrelacionadas. Solo era necesario especificar dos de las tres propiedades. De hecho, el argumento sostenía que especificar las tres (AV, VMA y VFA) podría generar situaciones donde sería imposible cumplir con las tres.

El argumento a favor del uso de VFA sostiene que eran similares al grado de saturación que, según se había demostrado, tenía incidencia en el ahuellamiento. Además, se afirmaba que se necesitaba un mínimo de VMA para garantizar la durabilidad y que el máximo de VMA estaría controlado indirectamente al tener un máximo de VFA. Finalmente, la decisión del TWG Volumétrico fue recomendar los VFA.

- **Gradación de los agregados**

Esto fue debatido por el TWG y el grupo Delphi. El TWG discutió la existencia de una línea de densidad máxima. Las investigaciones del Asphalt Institute eran lo suficientemente convincentes como para que el TWG recomendara las especificaciones de gradación de Superpave. En ese momento, se mantenía una zona restringida en la especificación porque se había “descubierto” que las mezclas europeas tenían esqueletos de agregados gruesos y la zona restringida era un método para asegurar el uso de esqueletos de agregados gruesos y evitar el uso excesivo de arena (específicamente, arena natural).

Las investigaciones posteriores indicaron que la Angulosidad de los Agregados Finos era adecuada para controlar la calidad de la arena y, por eso, la zona restringida era un Tamiz de Control Primario [Primary Control Sieve, PCS] en las especificaciones de la AASHTO. El objeto del PCS es definir las mezclas con granulometría gruesa y fina.

- **Caras trituradas**

El método para designar las caras trituradas fue aceptado por el grupo Delphi. Los sondeos definieron el nivel de trituración para diferentes aplicaciones. Los parámetros principales que afectan la demanda de trituración eran el nivel de tránsito y la profundidad desde la superficie. Ambos parámetros fueron incluidos en el diseño de mezclas Superpave.

- **Arena natural**

Existía una preocupación respecto del uso excesivo de arena natural. La epidemia de ahuellamiento que se había producido a nivel nacional en la década de 1980 se debía, en parte, al uso excesivo de arena natural. La pregunta pasó a ser cómo definir o controlar la cantidad utilizada. La National Sand and Gravel Association había comenzado recientemente a promover el uso de la prueba de Angulosidad de los Agregados Finos [Fine Aggregate Angularity, FAA] y el NCAT había completado dos estudios importantes para documentar la FAA de diferentes arenas y relacionar la FAA con el desempeño del ahuellamiento de las mezclas. Este trabajo sentó las bases de las decisiones del grupo Delphi.

Resumen de la historia

la tecnología actual representa una evolución de ideas que han sido evaluadas a través de los años. El espesor de la película y los vacíos en el agregado mineral son dos ideas para controlar la cantidad mínima de aglomerante asfáltico que se remontan a las primeras etapas del diseño de mezclas asfálticas.

Una de las limitaciones de los sistemas actuales para el diseño de mezclas (Marshall, Hveem o Superpave) es la imposibilidad de medir el desempeño esperado, específicamente, la capacidad de medir la resistencia de la huella, el agrietamiento por fatiga, el agrietamiento por bajas temperaturas, el envejecimiento del aglomerante asfáltico o la resistencia de las mezclas al daño por humedad. Si bien el objetivo del SHRP era

predecir estas propiedades para una aplicación en particular, los productos del SHRP no se pudieron implementar. En los tres métodos de diseño de mezclas se utilizan propiedades sucedáneas para controlar las propiedades de desempeño de la mezcla asfáltica.

El ahuellamiento es controlado por las

- Propiedades del agregado
 - Caras trituradas, en el agregado grueso
 - Angulosidad de los agregados finos, en el agregado fino
- Propiedades volumétricas
 - Vacíos de aire
 - Vacíos llenos de asfalto

El agrietamiento por fatiga es controlado por el

- Contenido de asfalto
 - Probablemente esta sea la propiedad de mezcla más sensible a la fatiga

Agrietamiento por bajas temperaturas

- El grado de baja temperatura del aglomerante asfáltico
 - Es el que ejerce mayor influencia
- Contenido de aglomerante asfáltico

Envejecimiento de la mezcla

- Contenido de asfalto

Daño por humedad

- Resistencia a la adherencia de la interfaz asfalto-agregado
 - Mejorada por agentes antiseparación
- Contenido de aglomerante asfáltico

Hoy se está investigando el futuro del diseño de mezclas. Se medirán las propiedades de las mezclas y se anticipará el desempeño de las mismas en base a las condiciones a las que estará sometido el pavimento. Esas investigaciones se están realizando en este momento. En el futuro, el diseño de mezclas tendrá una relación más estrecha con el diseño estructural, muy similar a la forma en que está diseñada actualmente la Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) [Guía Empírico-Mecanicista para el Diseño de Pavimentos]. Para que el diseño de mezclas incluya la predicción del desempeño faltan, por lo menos, 10 años aunque, lo más probable, es que falten entre 15 y 20 años.



Gerry Huber es Director Asociado de Investigación para el Heritage Research Group.

Staco Argentina



MP100

La solución más rápida y económica para obras de infraestructura. En geometrías circulares y abovedadas.



HEL-COR HC68

Conductos de acero galvanizado corrugado, según normas y planos tipo DNV.

Tunnel Liner

Estructuras para ejecución de túneles sin interrupción de tránsito. En geometrías circulares y abovedadas.



Sistemas de Defensas Metálicas

Compuestas por defensas, postes, alas terminales y accesorios según normas y planos tipo DNV.



PASADORES PLACA: UNA INNOVACIÓN IMPULSADA PARA PAVIMENTOS DE HORMIGÓN EN ÁREAS INDUSTRIALES

Traducción al español del Artículo "Plate Dowels. An innovation driven by Industrial Concrete Paving". R&T Update #10.01. American Concrete Pavement Association. Abril 2010.

Introducción

Las barras pasadoras redondas de acero han sido, desde hace mucho tiempo, el elemento de transferencia de cargas estándar para los pavimentos de hormigón de 200 mm o más de espesor. En general, este tipo de pasadores han demostrado un muy buen desempeño en las diversas aplicaciones de pavimentos en calles, rutas, autopistas y aeropuertos.

Tras décadas de observar el comportamiento de los pavimentos, la industria ha aprendido de varios de los desafíos presentes cuando las barras pasadoras redondas no se diseñan e instalan correctamente. Los tres temas fundamentales son: la corrosión del acero, la pérdida de efectividad provocada por aflojamiento (Figura 1) y la fisuración de losas debido a las tensiones de restricción originadas por la falta de alineación de los pasadores, especialmente cuando se encuentran conectadas múltiples losas (Figura 2) [1, 2, 3].

El desafío que presentaba la corrosión de las barras pasadoras redondas ha sido reducido significativamente a través de la investigación y la aplicación de diversos materiales y revestimientos alternativos, que incluyen recubrimientos epoxi, barras de acero inoxidable, barras de acero al cromo de bajo carbono y barras recubiertas con zinc [2, 4, 5].

La pérdida de efectividad (o transferencia de carga) ocurre cuando se aflojan los pasadores. Cada carga induce presiones sobre los pasadores, que a su vez generan tensiones de aplastamiento en el hormigón que rodea las barras. Si el diámetro del pasador es demasiado pequeño o las cargas son mayores o más frecuentes que las previstas en el diseño, los esfuerzos de carga pueden romper el hormigón con el tiempo (años) resultando en un hueco o vacío alrededor de la barra. Una vez que se aflojan, los pasadores dejan de transferir eficientemente las cargas entre las losas, permitiendo una mayor deflexión diferencial de las losas bajo carga. El énfasis en la mejora del alineamiento de los pasadores durante la construcción del pavimento ha incrementado los excelentes resultados existentes, dado que actualmente se dispone de modernos equipos para la localización de las barras. La inserción mecánica de los pasadores y la colocación utilizando canastos proveen, en general, excelentes resultados y rara vez se presenta la fisuración de losas por falta de alineación.

A principios de la década de 1990, la ACPA adoptó recomendaciones sobre el tamaño del diámetro de los pasadores para evitar esfuerzos de aplastamiento excesivos con este tipo de barras. Hace algunos años, se comenzó a investigar el empleo de pasadores con forma elíptica como una alternativa para mejorar la capacidad portante [6]. Sin embargo, al día de hoy prácticamente no han ganado aceptación, ni siquiera en combinación con un material anticorrosivo, probablemente por su escasa disponibilidad y dificultad de colocación.

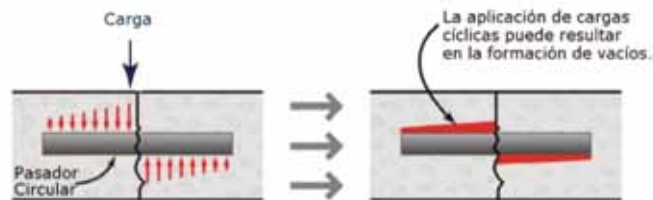


Figura 1: Esquema sobre cómo las elevadas tensiones en las partes superior e inferior del pasador pueden resultar en un hueco, después de reiteradas aplicaciones de cargas pesadas.

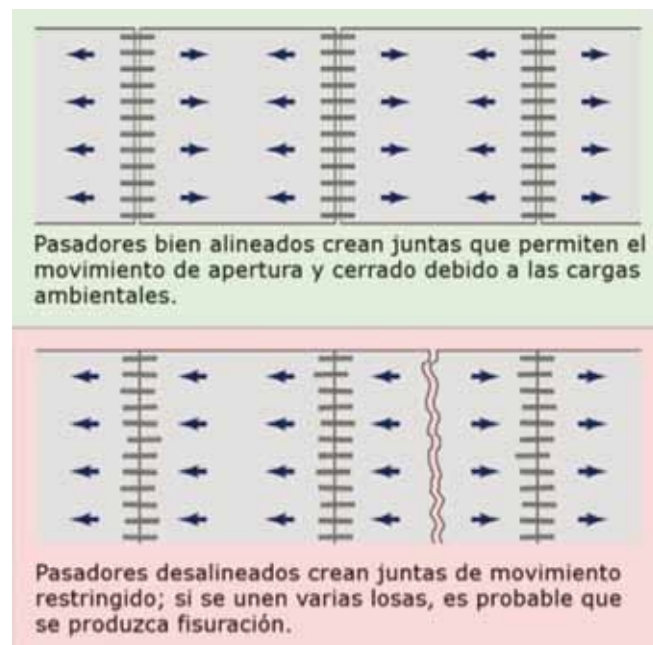


Figura 2: Esquema sobre el efecto potencial de la no alineación de los pasadores en juntas múltiples consecutivas.

Temas de desempeño en pavimentos industriales

A diferencia de los pavimentos de calles, rutas, autopistas y aeropuertos, las fallas críticas en el desempeño de juntas son algo diferentes en los pavimentos industriales. Las aplicaciones industriales casi siempre requieren la ejecución en amplios anchos de faja debido a que las áreas pavimentadas generalmente cubren grandes extensiones.

Los pavimentos se colocan tanto en interiores como exteriores, y los métodos de colocación también pueden variar considerablemente con relación a los utilizados para la ejecución de rutas. A menudo, los pavimentos industriales se extienden por cientos de metros en cualquier dirección, en contraposición a las rutas que tienen un ancho entre 7,3 m a 8,5 m. Generalmente se utilizan pasadores en ambas direcciones y como resultado de esto, los problemas por falta de alineación son un problema más común en los pavimentos industriales. También los pavimentos de los aeropuertos cubren grandes extensiones, pero generalmente son de un espesor mucho mayor y menos susceptibles a los inconvenientes que puede generar la falta de alineación de pasadores.

Durante los últimos 10 a 15 años, los ingenieros que trabajan con pavimentos de hormigón en instalaciones industriales han observado la aparición en forma reiterada de fallas y despostillamientos de las juntas. Estos problemas han sido atribuidos a la transición desde una flota de vehículos industriales (autoelevadores y otros equipos) con grandes llantas neumáticas, hacia una nueva flota generalmente con ruedas duras y pequeñas.

Aunque estos inconvenientes en las juntas son el resultado de la deflexión y el desplazamiento diferencial de ellas, se establece la hipótesis de que los esfuerzos extremadamente altos que deben soportar las barras redondas bajo las ruedas más pequeñas y duras, actúan como el catalizador primario del aflojamiento y la deflexión significativas de las juntas.

En la actualidad los ingenieros buscan controlar la deflexión de las juntas como parte del diseño del pavimento industrial, lo cual es una diferencia importante respecto del diseño de pavimentos para otras aplicaciones.

Otro asunto de interés en la pavimentación industrial es la formación de espacios vacíos alrededor de los pasadores redondos, cuando se los inserta mediante un giro en el borde del pavimento en las juntas de construcción (Figura 3) para ayudar al desencofrado [7]. El resultado es la generación de un hueco alrededor del pasador antes de la puesta en servicio del pavimento. El desempeño de la junta construida con estos vacíos será similar al de una con pasadores aflojados durante muchos años de uso con altos esfuerzos de aplastamiento. Del mismo modo, también se ha verificado la aparición de huecos alrededor de los pasadores en lugares donde se utilizaron cantidades no controladas de grasa como antiadherente [8]. Si bien se pueden emplear las buenas prácticas de construcción para evitar estos problemas, ocasionalmente siguen ocurriendo, en particular cuando el personal de obra no cuenta con experiencia previa.

Por último, debido a la construcción en paños grandes y al uso bidireccional de pasadores, característica de los pavimentos industriales de hormigón, la falta de alineación de los pasadores, que produce el anclado de juntas, podría conducir a un riesgo más elevado de fisuración de losas que en otras aplicaciones: es todo un desafío controlar la alineación de los canastos con pasadores en distancias más largas, que cuando se encuentran colocados más cerca entre sí y en una franja o carril. Esto ha llevado a innovaciones que apuntan a proveer cierto grado de libertad a los pasadores para desplazarse lateralmente o tolerar cierta falta de alineación dentro de su ranura.

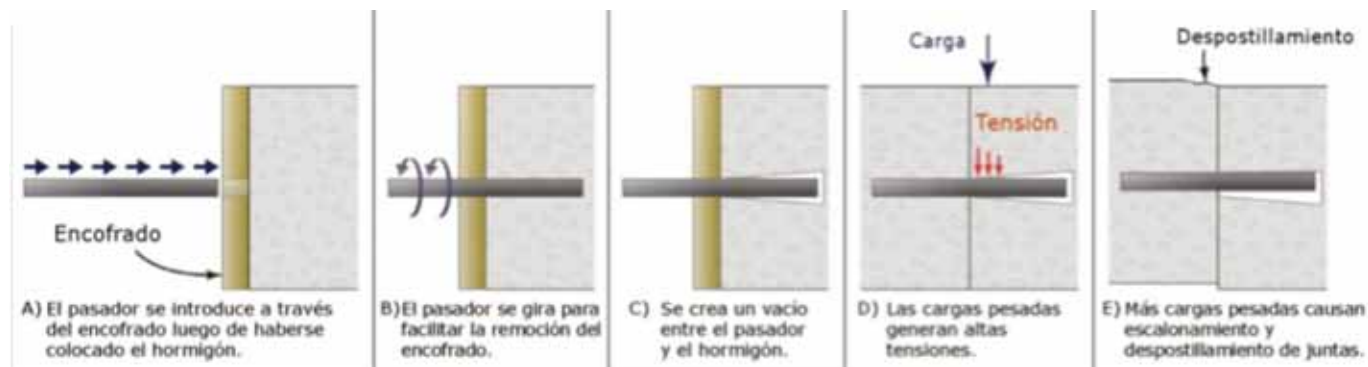


Figura 3: Los espacios vacíos resultantes de insertar girando los pasadores para ayudar al desencofrado pueden acelerar el proceso de falla o despostillamiento de la junta.

La evolución de los pasadores placa

Barras cuadradas – El primer intento de apartarse de los pasadores redondos en la pavimentación de hormigón industrial fue realizado a fines de la década de 1980 [9]. Esta experiencia utilizó barras cuadradas con material compresible adherido a las caras verticales. El objetivo de esta tecnología era proveer una transferencia de carga adecuada, y al mismo tiempo permitir un movimiento lateral de las losas por medio del material compresible sobre cada cara vertical. Las mejoras posteriores incluían un clip de plástico de alta densidad (ABS) que se agregó al diseño del pasador cuadrado, para mantener el material compresible en su lugar durante la construcción [10].

Placas rectangulares – A mediados de los 90 se introdujo un pasador placa rectangular para extender el concepto de pasador cuadrado. Estos pasadores placa rectangulares disminuyen los esfuerzos de aplastamiento al extender las cargas en una zona más amplia en relación a la de las barras redondas o cuadradas. En este tipo de pasadores placa rectangulares también se introdujeron clips de plástico con el material compresible para permitir el movimiento lateral y cierta falta de alineación [11]. Además, se consideró que mejoran el control de la deflexión de juntas con el incremento del área de contacto.

Placas refinadas – Los matices en el concepto original de pasadores placa han llevado a la aparición de una variedad de formas que actualmente se encuentran en uso a gran escala, incluyendo pasadores placas diamante, trapezoidal y romboidal [11, 12, 13].

Se introdujeron estas formas para:

- Proveer mayor área de contacto.
- Eliminar la necesidad de material compresible sobre las caras verticales (requerido en las barras cuadradas y las placas rectangulares para dar cierto grado de libertad al desplazamiento lateral o el no alineamiento)
- Permitir una mayor separación entre pasadores (dependiendo de la geometría de la placa) en comparación con las barras redondas o cuadradas.

En la figura 4 se resumen algunos de los tipos de pasadores que actualmente se encuentran en el mercado. Esta es un área de desarrollo continuo y los fabricantes de pasadores placa tienen patentes sobre diversas formas, accesorios y técnicas de instalación. Cada tipo tiene asociado sus limitaciones y beneficios y puede encontrarse en diversos largos o espesores. La ACPA incentiva a los ingenieros y contratistas a investigar estos factores junto a los fabricantes, antes de seleccionar y utilizar pasadores placa en un proyecto.

Tipo de Pasador	Vista	Sección	Usos
Barra Redonda			D, CNT, CNST
Barra Cuadrada			D, CNT, CNST
Barra Rectangular			CNT, CNST
Placa Rectangular			CNST
Placa Cuña			CNT
Placa Doble Cuña			CNT

D: Juntas de Dilatación CNT: Juntas de Contracción CNST: Juntas de Construcción

Figura 4: Algunas de las diversas formas de pasadores comúnmente utilizados en los pavimentos de hormigón industriales.

Beneficios básicos de los pasadores placa

Cantidad de acero – Dependiendo de su geometría, los pasadores placa pueden ser capaces de proveer el mismo beneficio de transferencia de carga con una separación mayor que las tradicionales barras redondas o cuadradas. Este potencial ahorra acero y reduce los costos del proyecto.

Las especificaciones típicas de las dimensiones de los pasadores redondos están basadas en la provisión de un largo y un diámetro suficientes como para mitigar los esfuerzos de aplastamiento, así como también una longitud de empotramiento suficiente para maximizar la transferencia de cargas. Normalmente, se especifica una tolerancia de aserrado de 25 mm a 75 mm a cada lado de la mitad del largo del pasador, dependiendo del largo de la barra. La longitud de empotramiento necesaria para que un pasador redondo estándar sea efectivo es de 150 mm.

En los pasadores placa disponibles actualmente, la longitud de empotramiento necesaria puede ser considerablemente menor. Esto, sumado al potencial para incrementar su separación, puede resultar en una reducción global en la cantidad (volumen) de acero requerida en cada junta, entre un 30% y un 75%, dependiendo de qué tipo de pasador placa y separación se determine como reemplazo equivalente del correspondiente de una configuración con pasadores de barra redonda.

Los factores de diseño claves son el área de contacto del pasador y la del acero debajo de la junta. La ACPA recomienda especificar un diseño de un pasador placa con un área de acero en la cara de la junta y un área de contacto que sea, como mínimo, equivalente al de un diseño tradicional con barras redondas

aceptable para la aplicación. Más allá de cuál sea el tamaño o la forma seleccionada, el pasador debe tener suficiente longitud de empotramiento para ser efectivo y proveer cierta tolerancia para su colocación.

Dado que los fabricantes producen pasadores placa de tamaños estándar, la forma de encontrar un área de contacto por longitud de junta equivalente, es mediante el ajuste de la separación para igualar o superar el área provista por las barras redondas tradicionales. Las recomendaciones del tamaño y la separación para estos últimos son relativamente simples (Ver ACPA TB010P).

Es relativamente simple calcular el área del acero, aunque para juntas de contracción, se deberá incluir en el cálculo la tolerancia del aserrado. Primero se determina el área de acero por metro de junta para el diseño con barras redondas y luego se procede de igual manera con los pasadores placa. Cuando se calcula el área del acero del pasador placa, se emplea el área efectiva considerando el máximo valor de tolerancia admitida para el aserrado. Los resultados dependerán de la geometría del pasador placa (incluyendo su espesor) [8].

Reducción de la restricción lateral de losas – Los pasadores placa rectangulares, tipo diamante, trapezoidal y romboidal reducen de manera considerable la restricción de losas sin la necesidad de un material compresible sobre las caras verticales de las placas [13]. El movimiento de las juntas se acomoda por la geometría de los pasadores solamente (Figura 5). El espacio creado alrededor de los pasadores placa provee alguna tolerancia adicional en el desalineamiento de los mismos durante la construcción, sin que esto impacte en forma negativa en el desempeño de la transferencia de cargas. Este espacio también acomoda algún desplazamiento lateral sin ninguna restricción.

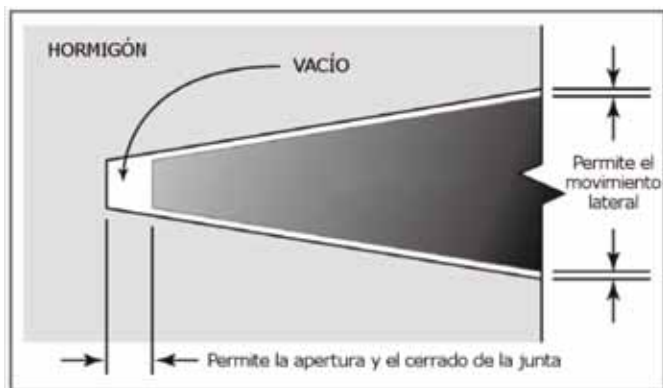


Figura 5: Esquema conceptual que muestra cómo la geometría de la placa permite que se desarrolle un vacío cuando el hormigón se contrae luego de la colocación.

Consideraciones sobre la instalación

Juntas de construcción moldeadas - Para instalar los pasadores placa en las juntas de construcción se incorporan insertos prefabricados en los encofrados (Figuras 6a y 6b) o se emplea

un molde especial con ranuras precortadas. Luego del retiro de los encofrados, el pasador placa se desliza dentro de cada inserto prefabricado [13]. Este procedimiento proporciona una instalación con una tolerancia de construcción razonable y un empotramiento uniforme.

Debido a que los pasadores placa tipo diamante crean un vacío que es más grande que el pasador después de la apertura de una junta (similar a lo que se muestra en la Figura 5) su geometría permite algún movimiento lateral de las losas sin restricciones. En algunos encofrados de pasadores placa rectangulares, tales como aquellos mostrados en la Figura 6b, se permite también algún movimiento lateral de la losa, sin restricciones, colocando separadores que centran las placas dentro de un inserto cuadrado más ancho. Los separadores se deformarán, acomodando el movimiento cuando se aplican cargas laterales.

Juntas de Contracción – En las juntas de contracción de muchas aplicaciones de pavimentación industriales se están empleando comúnmente canastos de pasadores placa (Figura 7a y 7b). Las tolerancias en la ubicación del aserrado son muy importantes en las juntas de contracción, particularmente en las de mayor longitud, que se presentan típicamente en la construcción de este tipo de pavimentos. La configuración del pasador placa deberá proveer una tolerancia razonable y además exigible, en el aserrado. El anclaje de los canastos es vital para cumplimentar las tolerancias especificadas y no deberá pasarse por alto, incluso cuando se especifique una barrera de vapor.

Una tolerancia de 25 mm a cada lado del eje central del canasto del pasador placa es razonable para la construcción de los carriles en rutas. La tolerancia necesita ser mayor donde las juntas de contracción abarquen distancias más largas y el marcado con hilos guía, como referencia de las tareas de aserrado, pueda ser menos exacto, o donde la colocación de canastos se realice sobre la marcha debido a las operaciones de los equipos Laser Screed, o por otras condiciones del sitio. La guía del American Concrete Institute (ACI) para la construcción de pisos [14], proporciona una tolerancia de 50 mm a cada lado de la junta cuando se emplean pasadores placa. La alineación del corte respecto a los canastos también es importante. Si un operador realiza un aserrado con una desviación respecto a la ubicación real del canasto, algunas placas podrán resultar ineficaces. Tal error se magnifica en juntas de contracción más largas. Es por ello que los contratistas deben colocar marcas de pintura o clavos en forma exacta, para identificar el centro del canasto en cada borde de la pavimentación, y complementarla con una línea exacta de tiza para que el operador de la aserradora pueda seguirla.

Los contratistas deben ser conscientes que para el diseño de la separación y tamaño de las placas, los proyectistas consideran los anchos de placa en la peor situación, a partir de la tolerancia máxima de aserrado. Por lo tanto, el requisito de diseño se cumplirá siempre y cuando los operadores controlen el aserrado dentro de los límites tolerables. Los contratistas que corten

fuera de la tolerancia, probablemente se encontrarán sujetos a la aplicación de descuentos u otras consideraciones de mitigación.

En cualquier caso, cuando una junta de contracción construida adecuadamente se abre, se crean vacíos alrededor de los extremos de las placas trapecoidales, permitiendo el movimiento lateral y un grado de desalineamiento sin que se induzcan restricciones.



Figura 6a: Instalación de un inserto prefabricado para pasador placa diamante sobre un encofrado de madera, en una junta de construcción.



Figura 6b: Inserto prefabricado cuadrado para pasador placa rectangular, instalado sobre un molde de madera, en junta de construcción.



Figura 7a: Canasto de pasadores placa tipo trapecoidal, colocadas en forma alternada.



Figura 7b: Canasto de pasadores placa romboidal.



Figura 8: Construcción de un pavimento industrial con equipo de encofrado deslizante que incluye canastos con pasadores placa trapecoidal. Se observa que el pavimento era de 20 cm de espesor y que los canastos eran fijados en el frente de las operaciones de la pavimentadora de encofrado deslizante previo a la descarga del hormigón, permitiendo que la subrasante preparada sea utilizada para el transporte del mismo.

Esquina de losas – Si bien la ACPA no ha ensayado instalaciones de juntas de este tipo para determinar una especificación recomendada sobre cuán próximos pueden estar los pasadores placa respecto a otra junta con pasadores, la guía actual del ACI permite que los pasadores placa diamante se encuentren dentro de los 150 mm [14]. La ACPA entiende que esto es una guía razonable para cualquier configuración de pasador placa que esté diseñado para acomodar el movimiento lateral. Sin embargo, también es importante tener en cuenta las tolerancias en la ubicación del aserrado de las juntas de contracción, para el posicionamiento adecuado de los canastos en cercanía de las esquinas de la losas.

Corrosión: una tema en desarrollo

La corrosión de los pasadores placa de acero sigue siendo un área en desarrollo. Debido a que la mayoría de los pavimentos industriales de hormigón se colocan en los confines de instalaciones cerradas o cubiertas, la corrosión no ha sido un obstáculo

importante para el uso de estos dispositivos en los pavimentos industriales. Sabiendo que la protección de la corrosión es probablemente una preocupación para la mayoría de aplicaciones a la intemperie, actualmente los fabricantes de los pasadores placa están investigando alternativas de protección similares a las discutidas antes para los pasadores redondos.

Aplicaciones potenciales

A pesar de su uso generalizado en los pavimentos industriales de hormigón, los pasadores placa apenas se están comenzando a introducir en otras aplicaciones de pavimentación. Su uso en pavimentos urbanos y rutas de hormigón de bajo espesor aparece como un potencial adecuado.

Recientemente se han empleado por primera vez colocados con canastos, en operaciones de pavimentación con equipos de encofrado deslizante, con buenos resultados (Figura 8). Aunque se trató de una aplicación industrial, se comprobó la viabilidad potencial de su empleo para los métodos de pavimentación de carreteras.

Los pasadores placa podrían brindar incluso importantes mejoras en el comportamiento en otras aplicaciones específicas. Por ejemplo, la capacidad única de este tipo de pasadores de permitir cierta libertad de movimiento lateral dentro de las ranuras, podría mejorar el comportamiento de las juntas en zona de curvas. Cada placa por sí sola puede moverse levemente dentro de las ranuras a medida que la junta se abre, lo que evita cualquier restricción y el desarrollo de tensiones asociadas a las mismas. Dentro de las potenciales aplicaciones podrían incluirse a las curvas de radio cerrado en pavimentos residenciales o juntas en rotondas, donde los pasadores tradicionales podrían trabar una junta aún cuando se encuentren correctamente alineadas. La capacidad de permitir el movimiento lateral también puede transformar a los pasadores placa en alternativas útiles en las intersecciones o en otros lugares en donde se unen cuatro juntas, zonas en las que resulta muy beneficioso alcanzar una buena transferencia de carga en las esquinas, pero que la colocación de barras pasadoras demasiado cerca de la unión, puede incrementar el riesgo de roturas de esquina (Figura 9).

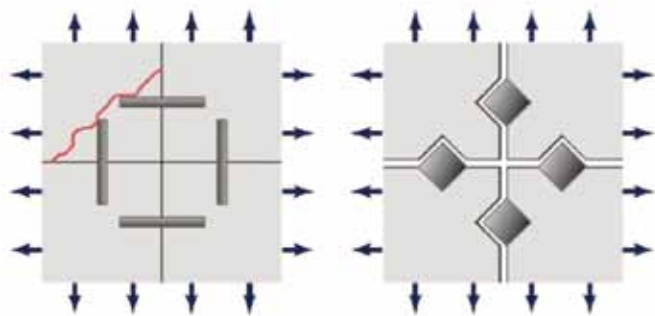


Figura 9: Barras pasadoras tradicionales redondas colocadas demasiado cerca de una intersección de juntas pueden provocar roturas de esquina debido a las tensiones de restricción; la libertad de movimientos laterales con pasadores placa diamante puede mitigar las tensiones de restricción.

En base al buen comportamiento histórico en pavimentos industriales de hormigón y el costo considerable del acero, es probable que se desarrolle rápidamente la evaluación del empleo de las nuevas tecnologías de pasadores placa para otras aplicaciones de pavimentación en hormigón. El empleo de este sistema en playas de estacionamiento, calles y rutas locales será, probablemente, el área principal de avance.

Para la introducción de los pasadores placa en la construcción de carreteras se requieren más estudios y avances, particularmente con respecto a:

- Comportamiento bajo tránsito canalizado de camiones de gran porte,
- Configuraciones de colocación óptimas,
- Capacidad para la colocación a través de equipamiento de inserción automática de pasadores y
- Resistencia a la corrosión.

Referencias

1. "Evaluating and Optimizing Dowel Bar Alignment," American Concrete Pavement Association, SR999P, August 2006.
2. Porter, M.L., and Guinn, R.J., "Assessment of Dowel Bar Research," Center for Transportation Research and Education, August, 2002.
3. "TechBrief: Best Practices for Dowel Placement Tolerances," Federal Highway Administration, FHWA-IF-07-021, 2007.
4. "High Performance Concrete Pavements: Alternative Dowel Bars for Load Transfer in Jointed Concrete," Federal Highway Administration, FHWA-IF-02-052, 2002.
5. "Summary of Independent Testing," MMFX Technologies Corporation, 2004, <http://www.mmfx.com/doc/SoIT%20Brochure%20FINAL2.pdf>.
6. Porter, M.L., Guinn, R.J., and Lundy, A.L., "Dowel Bar Optimization: Phase I and II," Center for Transportation Research and Education, October, 2001.
7. Fricks, G.K., and Parkes, N.K., "Innovations for Durable Floors," Concrete Construction, January 2002.
8. Walker, W.W., and Holland, J.A., "Performance-Based Dowel Design," Concrete Construction: The World of Concrete, January, 2007.
9. Schrader, E.K., "A Proposed Solution to Cracking Caused by Dowels," Concrete Construction, 1987.
10. Schrader, E.K., "A Solution to Cracking and Stresses Caused by Dowels and Tie Bars," Concrete International, pp. 40-45, July, 1991.
11. Walker, W.W., and Holland, J.A., "Dowels for the 21st Century: Plate Dowels for Slabs on Ground," Concrete International, pp. 32-38, July, 1998.
12. Parkes, N.K., "Designing the Cost-Effective Slab-on-Ground," Structure Magazine, April 2007.
13. Parkes, N., "A Decade of Dowel Development," L&M Concrete News, January, 2007.
14. "Guide for Concrete Floor and Slab Construction," ACI 302.1R-04. "Plate Dowels. An innovation driven by Industrial Concrete Paving". R&T Update #10.01. American Concrete Pavement Association. April 2010.

SEÑALIZACIÓN VIAL

Carteles
Señales
Ménsulas - Pórticos
Columnas de Alumbrado
Estructuras Metálicas



Fabricante Certificado
Señalar SRL
Tel. 0341 457 457 7 - 456 4343
carteles@senalar.com.ar
Brasil 151 - Rosario

senalar.com.ar



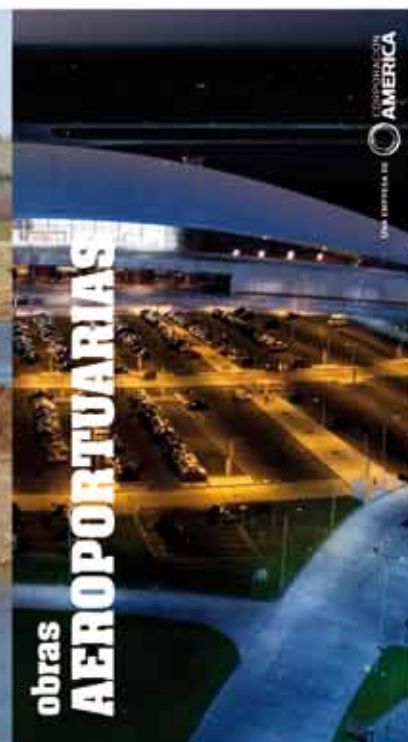
obras
CIVILES



obras
VIALES



obras
HIDRÁULICAS



obras
AEROPORTUARIAS



**ENERGÍA
PARA HACER.
CAPACIDAD
PARA
RESPONDER.**

Estamos diariamente junto a cada cliente vial, garantizando calidad de respuesta tanto en entrega de producto, como en asesoramiento técnico.

Renovando el compromiso y ayudando a construir nuevos caminos que permitan conectar más comunidades.

Servicio de Atención al Cliente:
0810-810-8888
www.petrobras.com.ar

PETROBRAS

ASFALTOS