





APLAUSO

María del Rosario Cornejo Arribas

*Directora Técnica de la Dirección General de Carreteras
Presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras*

Estamos en una Semana Santa totalmente atípica, confinados en nuestros hogares por causa de una pandemia que nos ha hecho sentir vulnerables como nunca antes en siete u ocho décadas, lo que para muchos de nosotros es tanto como decir, en toda nuestra vida.

Este confinamiento generalizado de la población presenta como excepción la realización de tareas y servicios esenciales para la sociedad, y la carretera le presta un servicio esencial. Tener las carreteras abiertas al tráfico, expeditas para permitir el tránsito de los vehículos de emergencia, los suministros sanitarios y de alimentación y el propio discurrir de los trabajadores implicados en estos servicios, podría decirse que resulta crítico.

En España se decretó el estado de alarma el domingo 15 de marzo de 2020, entrando en vigor el lunes 16. Ese mismo día y al siguiente, se produjeron lluvias intensas en la mitad norte de la península, provocando importantes incidencias en varias carreteras que dieron lugar a graves repercusiones para el servicio. Para evaluar y tratar de resolver esas incidencias ha sido necesaria la concurrencia in situ de técnicos de servicios centrales, Demarcaciones de Carreteras y empresas de conservación integral; ahora son necesarias obras de emergencia que deben llevarse a cabo sin dilación, por lo que se requiere la movilización de empresas constructoras con sus equipos humanos y materiales.

Además, estamos empezando abril y esta semana ha nevado. Se han desplegado las máquinas quitanieves para realizar tratamientos preventivos y curativos, siendo necesario incrementar aún más los recursos humanos dedicados a la limpieza de la carretera para retirar la nieve, en algunas provincias, muy abundante; todo ello tal y como se viene haciendo de manera habitual, pero ahora nuestra labor es mucho más importante. Tenemos una gran responsabilidad: no podemos fallar.

Por ello hay más de 14.000 operarios que siguen trabajando en estos días de confinamiento para garantizar día y noche, la vialidad de todas nuestras redes de carreteras, señalizando los accidentes para evitar otros más graves, limpiando las vías, retirando obstáculos, etc.

En estos tiempos en que el mundo digital ha eclipsado, en cierto modo, a las infraestructuras, vuelve a cobrar relieve el servicio que la carretera presta a la sociedad. No debe olvidarse que en España el 85% del tráfico de pasajeros y el 96% del transporte de mercancías se realiza por carretera.

Nos sentimos cerca de los transportistas, cuando piden que se les garantice poder parar, descansar, ducharse y comer caliente, entendemos que las áreas y estaciones de servicio son indispensables y que estén bien organizadas y abastecidas en estos momentos, es fundamental para soportar un periodo que se alarga más de lo que quisiéramos. Pensaremos sobre cómo acercarnos más cuando superemos esta crisis, pero siempre hemos sabido que las carreteras, como las arterias, sólo tienen sentido para que fluya la sangre que nos da la vida.

Y no sólo transportando mercancías (alimentos, productos sanitarios, etc.), sino también permitiendo el desplazamiento de personas que tan relevante papel están jugando y que desempeñan labores esenciales como médicos, enfermeros y otro personal sanitario, militares, policías, bomberos, limpiadores, productores de alimentos, trabajadores de los supermercados, de los servicios urbanos, logísticos y muchos otros sin olvidarnos, por supuesto, de nuestros enfermos, que también requieren desplazarse hasta los centros hospitalarios.

La carretera es un elemento esencial en la economía de nuestro país y motor de desarrollo, pero en estos momentos, además, salva vidas. Así, aunque pueda resultar una paradoja, ahora que las carreteras están semivacías resultan absolutamente críticas.

El aplauso que dedicamos cada tarde a nuestros sanitarios, debemos sentir que es dedicado también a todos los que trabajamos por la carretera, especialmente los que, en estos días, arriesgan su vida o su salud por los demás, operarios y resto de trabajadores COEX, funcionarios de administraciones de carreteras, vigilantes, etc.

A todos ellos, un gran aplauso



SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

TECNOLOGÍA / AGUA / PARTICIPACIÓN / TIC /
VOLUNTARIADO / ENERGÍA / AGRO / SOCIOS

Tfno.: (+34) 91 590 01 90
info@ongawa.org
www.ongawa.org

Antes:



ONGAWA es una asociación declarada de Utilidad Pública. Las cuentas de ONGAWA son auditadas anualmente por BDO Audiberia. ONGAWA cumple todos los Principios de Transparencia y Buenas Prácticas de la Fundación Lealtad. ONGAWA recibió, en 2005, la certificación ante la AECID como ONGD Calificada en el sector Tecnología



05

Tribuna Abierta

- 03 Dos interpretaciones de una declaración**
Jesús Rubio Alférez

Rutas Técnica

- 05 Herramienta y metodología para facilitar la ayuda en la toma de decisiones en la gestión de firmes en la Red Foral de Carreteras de Bizkaia: Rozamiento demandado contra rozamiento ofertado.**

Tool to facilitate decision-making in pavement management in the Bizkaia road Network: Skid resistance needed against skid resistance available.

Carlos Estefanía Angulo, Felipe Cobo Sánchez, David Llorente Muñoz y Stephen Woods Lamata

- 20 Obra de rehabilitación en Puente Villarente (León)**
Rehabilitation work in Villarente Bridge (Leon)
Adolfo Güell Cancela y Javier León González



20

Rutas Divulgación

- 30 El Vehículo Conectado. Su influencia en la gestión de la Movilidad**
Felipe Mayán Momblán



30

Actividades del Sector

- 40 Presentación del libro de Javier Rui-Wamba: "Teoría Unificada de Estructuras y Cimientos. Una Mirada Transversal"**



40

SOCIOS ATC

- 45 Asistencia técnica para la Planificación y Gestión de la Red de Autopistas para la Administración de carreteras de Vietnam**

ATC

- 50 Jornada Comités Técnicos Nacionales. "De Abu Dabi a Praga. Nuevo ciclo, mismos compromisos"**
- 55 Formación del Responsable de Seguridad de Túneles y Verificación de la Formación del Personal de Explotación**
- 66 Proximos Eventos ATC**
- 67 Junta Directiva, Comités Técnicos y Socios de la ATC**



55

Edita:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
Monte Esquinza, 24 4ª Dcha. ♦ 28010 ♦ Madrid
Tel.: 913 082 318 ♦ Fax: 913 082 319
info@atc-piarc.com - www.atc-piarc.com

Comité Editorial:

Presidenta:

Mª del Rosario Cornejo Arribas Presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras (España)

Vicepresidente Ejecutivo:

Óscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez Dirección General de Carreteras, M. Fomento (España)

Vocales:

Ana Isabel Blanco Bergareche	Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)
Diana María Espinosa Bula	Presidenta de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, SCI (Colombia)
Alfredo García García	Catedrático de la Universitat Politècnica de València (España)
Jaime Huerta Gómez de Merodio	Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS España (España)
Mariló Jiménez Mateos	Jefa de Área Técnica Estudios, M. Fomento (España)
María Martínez Nicolau	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (España)
Hernán Otoniel Fernández Ordóñez	Presidente HOF Consultores (Colombia)
Félix Pérez Jiménez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona (España)
Clemente Poon Hung	Director General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura (México)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Jesús J. Rubio Alférez	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)
Javier Sainz de los Terreros Goñi	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)
Fernando Varela Soto	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)

Vocales-Representantes de los Comités Técnicos de la ATC:

Rafael López Guarga	Presidente del CT de Túneles de Carreteras
Luis Azcue Rodríguez	Presidente del CT de Vialidad Invernal
Daniel Andaluz García	Miembro del CT de Firmes de Carreteras
Fernando Pedrazo Majarrez	Presidente del CT de Planificación, Diseño y Tráfico
Álvaro Parrilla Alcaide	Presidente del CT de Geotecnia Vial
Vicente Vilanova Martínez-Falero	Presidente del CT de Conservación y Gestión
Álvaro Navareño Rojo	Presidente del CT de Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Presidente del CT de Seguridad Vial
Antonio Sánchez Trujillano	Presidente del CT de Carreteras y Medio Ambiente
Andrés Costa Hernández	Presidente del CT de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico

Redacción, Maquetación, Diseño,

Producción y Gestión Publicitaria:

Asociación Técnica de Carreteras
Tel.: 91 308 23 18 ♦ comites@atc-piarc.com

Arte Final, Impresión y Distribución:

Huna Comunicación (Huna Soluciones Gráficas S. L.)
Tel.: 91 029 26 30 ♦ www.hunacomunicacion.es

Depósito Legal: M-7028-1986 - ISSN: 1130-7102
Todos los derechos reservados.

La Revista Rutas publica trabajos originales de investigación, así como trabajos de síntesis, sobre cualquier campo relacionado con las infraestructuras lineales. Todos los trabajos son revisados de forma crítica al menos por dos especialistas y por el Comité de Redacción, los cuales decidirán sobre su publicación. Solamente serán considerados los artículos que no hayan sido, total o parcialmente, publicados en otras revistas, españolas o extranjeras. Las opiniones vertidas en las páginas de esta revista no coinciden necesariamente con las de la Asociación ni con las del Comité de Redacción de la revista.

Precio en España: 18 euros +IVA

© Asociación Técnica de Carreteras

REVISTA RUTAS

La Revista Rutas desde 1986, año de su creación, es la revista editada por la Asociación Técnica de Carreteras (Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera).

Las principales misiones de la Asociación, reflejadas en sus Estatutos son:

- Constituir un foro neutral, objetivo e independiente, en el que las administraciones de carreteras de los distintos ámbitos territoriales (el Estado, las comunidades autónomas, las provincias y los municipios), los organismos y entidades públicas y privadas, las empresas y los técnicos interesados a título individual en las carreteras en España, puedan discutir libremente todos los problemas técnicos, económicos y sociales relacionados con las carreteras y la circulación viaria, intercambiar información técnica y coordinar actuaciones, proponer normativas, etc.
- La promoción, estudio y patrocinio de aquellas iniciativas que conduzcan a la mejora de las carreteras y de la circulación viaria, así como a la mejora y extensión de las técnicas relacionadas con el planteamiento, proyecto, construcción, explotación, conservación y rehabilitación de las carreteras y vías de circulación.



Nº 182 ENERO - MARZO 2020

RUTAS
REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Fotografía de portada:

Imágenes de la Dirección General de Tráfico

Dos interpretaciones de una declaración

Jesús Rubio Alférez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Cuando el Ministro de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana hace una declaración en su toma de posesión, en la que afirma que es necesario reorientar las políticas del Departamento, conviene leer con atención lo que sigue a continuación.

Es una reorientación ya anunciada hace tiempo que debe responder a desafíos ambientales, de transformación digital, de movilidad en nuestros en nuestras ciudades y a estos desafíos corresponde el nuevo nombre del Ministerio.

El enfoque de un ministerio constructor de infraestructuras está obsoleto, continúa el Ministro, hace décadas y esta concepción debe dar lugar a priorizar la intermodalidad y la innovación tecnológica.

Anuncia la futura Ley de Movilidad que será el marco de una movilidad sostenible, segura y conectada. Expresa que las infraestructuras deberán ser sostenibles financieramente. Y asegura que se va a procurar hacer del Ministerio un Ministerio de las ciudades, minimizando las necesidades de movilidad, que entienda la economía circular y las nuevas tecnologías.

La importancia del Departamento ha de recaer en la gestión, que debe generar empatía con los transportistas.

Concluye diciendo que esta nueva etapa será serena y firme, dialogante pero rigurosa y fuerte, con la virtud de la templanza que nunca debe confundirse con debilidad.

Como en los buenos guiones de películas, lo que un protagonista dice es bastante menos de lo que piensa, y a su vez las palabras que responden a motivaciones profundas deben elegirse de manera que las justificaciones sean incuestionables. Siempre hay que esperar a ver qué hacen los actores para ir matizando las afirmaciones verbalizadas.

Pero el espectador, igual que el lector en las narraciones, busca la información pensada pero no expresada. Puede equivocarse porque la historia no la escribe él, pero es lo que le motiva para no abandonar la sala, aun sabiendo que el guionista habrá preparado un giro en la acción y un final sorprendente.

Al interpretar el texto citado, muy abierto cómo corresponde a una alocución breve de comienzo de legislatura, caben dos suposiciones muy diferentes.

La primera destaca las omisiones y un par de afirmaciones contundentes para deducir que el papel de la Dirección General de Carreteras (DGC) será menguante.

No tiene mucho sentido mantener un equipo de profesionales de proyectos y de construcción cuando no deben hacerse obras nuevas.

La conservación y explotación son y serán imprescindibles para evitar la degradación del patrimonio viario, pero puede que el hincapié en la “sostenibilidad financiera de la red de infraestructuras”, junto a la frase en la que se afirma que “el sector privado puede ser protagonista y salir muy beneficiado de las transformaciones en curso”, pueden ser leídas en el sentido de que también cabe afectar a la gestión directa de la DGC en esas materias.

Hago una segunda interpretación, que creo que no debe oponerse a la primera. Es simplemente un cambio de punto de vista.

A la DGC, como parte fundamental del Ministerio, se le comunica algo de lo que es consciente hace décadas: la Red Estatal de carreteras es una red madura que exige una gestión eficaz, el mantenimiento de un nivel de servicio elevado, una atención permanente a la seguridad vial y una respuesta coordinada y eficiente en el caso de emergencias. Conviene recordar que la disminución de miles de fallecidos al año en nuestras carreteras es algo que se ha conseguido con un esfuerzo persistente y una

buena coordinación entre Administraciones responsables, pero que no puede relajarse el esfuerzo, porque igual que cuando nieva, no es casualidad o desgracia irremediable que la afección a la movilidad sea razonable o excesiva.

No está de más tampoco decir que la DGC fue pionera en plantear mejoras de la intermodalidad, de intercambiadores en áreas urbanas, de fomento del transporte público y modos más eficientes y menos contaminantes y de fijar la atención en modos no motorizados y peatones, por ser los más indefensos en caso de colisión.

La DGC está en condiciones de replantear las metodologías asentadas durante décadas de análisis de rentabilidad de las inversiones para plantear la gestión adecuada y rentable que responda a las necesidades de movilidad de los ciudadanos de manera eficiente como el ministro ordena.

La investigación aplicada está en los genes de la DGC. Ahora, como siempre lo ha hecho, sigue participando en los grupos de expertos europeos y mundiales que tienen como objetivo poner en común sus avances y divulgarlos, porque son administraciones públicas que no buscan la rentabilidad de sus conocimientos en términos monetarios, como tiene que hacer cualquier empresa aunque sea pública. Dejar a la DGC fuera de estos foros equivaldría a quedarnos fuera, como país, de las investigaciones conjuntas de las administraciones de carreteras que en estos momentos están planteando la transformación que exige en el sector la consideración de una economía circular, o de los avances en las mejoras que pueden producirse en el ciclo de vida de una infraestructura para que la huella de CO2 sea nula o mínima. O la implantación de nuevas tecnologías que

mejoren la vida de los ciudadanos colindantes, como por ejemplo en materia de contaminación acústica.

Espero sinceramente que los hechos de la próxima legislatura me acerquen a la segunda interpretación. Que los órganos superiores que dirigen a la DGC entiendan que es un equipo valioso en esta nueva etapa, disciplinado y capaz de asumir las responsabilidades que le correspondan en esta etapa de transformación, con entusiasmo, porque la función principal de la DGC nunca ha sido la de construir carreteras, sino la de garantizar una movilidad en todo el territorio y mejorar así la vida de todos los ciudadanos. ❖



Herramienta y metodología para facilitar la ayuda en la toma de decisiones en la gestión de firmes en la Red Foral de Carreteras de Bizkaia: Rozamiento demandado contra rozamiento ofertado.



Tool to facilitate decision-making in pavement management in the Bizkaia road Network: Skid resistance needed against skid resistance available.

Carlos Estefanía Angulo

Subdirector General de la Red Viaria.
Diputación Foral de Bizkaia

Felipe Cobo Sánchez

Jefe de Servicio de Conservación.
Diputación Foral de Bizkaia

David Llorente Muñoz

Jefe COEX de la Red de Alta Capacidad de Bizkaia.
UTE AUBIDE

Stephen Woods Lamata

Asset Management Director
Dair Ingenieros

La Diputación Foral de Bizkaia se ha embarcado, como responsable último de la calidad de servicio en la Red de Alta Capacidad del Área Metropolitana, en un sistema proactivo de análisis y evaluación las condiciones de servicio de las carreteras para mejorar la gestión preventiva de sus activos y especialmente de los firmes.

En las zonas de velocidad altas se ha constatado que no existe correlación exclusiva entre valores de CRT y salidas de calzada. Es por ello que la Diputación Foral de Bizkaia ha intentado explicar dicho tipo de siniestralidad mediante la concurrencia de los valores de macrotextura y microtextura (CRT).

The Biscay Regional Council has embarked, as the ultimate responsible for the service quality for the Metropolitan Area High Capacity Network, in a proactive system for analysis and evaluation of the service conditions of the roads to improve the preventive management of its assets, specially the pavements.

In the high speed stretches it has been noted that there is no exclusive correlation between skid resistance values and the slip accidents. For this reason, the Biscay Regional Council has tried to explain this type of accident by combining together the microtexture and macrotexture values.

1. Red Foral de Carreteras en Bizkaia

La Red de Alta Capacidad, del Área Metropolitana de Bilbao, ya iniciada en la Transición Democrática, se conforma como una red mallada muy próxima al desarrollo urbano, con numerosas entradas y salidas, y caracterizada por un trazado complejo: radios pequeños, fuertes cambios de pendientes, bifurcaciones/convergencias y muy solicitada, con altas cargas de tráfico en cuanto a su intensidad, y mezcla de tráficos de largo recorrido con los metropolitanos, por otra parte el confinamiento urbanístico y orográfico no permite grandes posibilidades de actuaciones para su mejora.

Se puede decir que nos encontramos frente a una red madura y consolidada, donde el más mínimo incidente provoca congestiones de mucha longitud, las cuales progresan rápidamente. Los accidentes de tráfico además de suponer una carga inaceptable de heridos y fallecidos, supone, también, un inadecuado servicio para los usuarios de la red.

La funcionalidad de la Red de Alta Capacidad en el Área Metropolitana de Bilbao, tal como se ha apuntado, ha de dar servicio, por un lado, a los viajes de largo recorrido, ya sean de paso, ya sean de llegada, dando acceso a las grandes terminales de transporte como el Puerto, Aeropuerto, Intermodal y Zonas Logísticas para el transporte de mercancías y, por el otro, a los viajes internos dentro del área metropolitana. Mientras que los de largo recorrido resultan uniformes a lo largo del día (no presentan puntas y resultan simétricos en cuanto a su direccionalidad), los internos se caracterizan por su pendularidad (fuertes cargas direccionales, con puntas matutinas y vespertinas, en sentidos contrarios). Esto provoca

Nº de carreteras	KM de tronco	KM de vías auxiliares y ramales	KM carril
21	160	138	904

una mezcla de vehículos pesados y ligeros, con altas intensidades medias (por encima de 125.000 veh/día con repartos por sentido 70/30%) y con un porcentaje alto de pesados, superando el 15%.

La orografía de la zona es muy compleja, y el desarrollo urbanístico, con una alta densidad de población y heterogeneidad de usos de suelo. Las zonas logísticas y comerciales se han desarrollado, en las otrora grandes superficies ocupadas por la industria pesada y minera, suponiendo grandes atractores de tráfico.

Es por ello, que la gestión de esta Red de Alta Capacidad resulta primordial para el correcto funcionamiento económico, social y ambiental de toda el área Metropolitana de Bilbao y Bizkaia.

La Red de Alta Capacidad (RAC), por su vulnerabilidad y trascendencia económica y de calidad de vida de los ciudadanos, resulta uno de los ACTIVOS infraestructurales más determinantes en el Área Metropolitana.

2. Gestión de activos

La gestión de activos, en cualquier entidad Pública o Privada busca, por un lado, maximizar el valor de dichos activos, durante todo el ciclo de vida de los mismos y, por otro lado, busca proveer un servicio de calidad, favoreciendo una movilidad sostenible:

Hay que recordar que en el ciclo de vida de un ACTIVO hay 2 periodos, uno CORTO que favorece la implementación del activo y uno LARGO que permite obtener la ren-

tabilidad esperada (servicio del mismo).

Es decir, el ACTIVO es un instrumento para conseguir un fin (algunas veces el instrumento erróneamente se transforma en un fin en sí mismo).



Figura 1.

Mientras que hemos vivido unas décadas caracterizadas por un fuerte impulso a la CONSTRUCCIÓN, la última década del siglo anterior y primera del presente, la gestión de activos ha sido escasa e incoherente, utilizando solo herramientas específicas como son: la gestión estructural de firmas mediante las deflexiones para estimar el refuerzo o reconstrucción del paquete de firmas o el análisis de la seguridad vial por concentración de accidentes acumulados, mediante análisis de 3 a 5 años.

Ambas herramientas se caracterizan por realizarse de manera independiente, con la necesidad de expertos en la materia y con unas dinámicas poco ágiles, dando respuesta, por esta causa a políticas curativas y no preventivas, o inmediatas.

De manera sintética, se podría indicar que la cultura de las Administraciones de Carreteras en el pasado venía definida por unas características similares:

1. Prioridad a la inversión.
2. Desconocimiento de las necesidades de regeneración como inversión anualizada necesaria por dejar la infraestructura al estado "0" (recién construido), inversión que repone el "desgaste" del activo por el paso del tiempo (obsolescencia), carga del tráfico y/o condiciones meteorológicas (ciclos humedad/sequedad, insolamiento etc.) evaluadas en el tiempo, llegando, incluso, a considerar que los gastos inherentes a mantener la carreta en servicio 24 h/día/365 días/año (explotación) podían considerarse inversiones de regeneración.
3. Déficit acumulado de regeneración, en algunos casos, hasta casi exigir la reconstrucción. Y todo ello debido a que la normativa actual define los indicadores para la recepción de unidades y no hay investigación sobre la evolución de estos indicadores a lo largo de su vida útil, así como la definición de los umbrales de los indicadores de servicio que recomienden u obliguen a una actuación regenerativa.
4. Sigue resultando extraño el concepto de conservación por indicadores de servicio. Para los dos indicadores fundamentales asociados a la seguridad: CRT y Macrotextura, solo se regulan los valores de recepción.
5. Escaso empleo de la Tecnología en el procesamiento de datos y su análisis conjunto. Hoy, en día, es posible la toma de datos masivo creando unos inventarios detallados y exhaustivos.

Tabla 2.

Programa	Contenido
I. Plan Territorial Sectorial, PTS	Demanda futura vs oferta actual
II. Plan de mejora de la Seguridad Vial	Demanda actual vs oferta actual
III. Regeneración	Oferta actual + Situación actual de los Activos
IV. Conservación Integral	Oferta de servicio (24h/365días)
V. Cesión de tramos urbanos	Reasignación de la Demanda según tipo de red

En un mundo que discurre hacia la implementación del BIM en el diseño y en la ejecución de las obras, y hacia la ISO 55000 en la Gestión de activos, la Diputación Foral de Bizkaia se ha embarcado en un sistema proactivo de analizar y evaluar las condiciones de servicio de las carreteras para mejorar la gestión de sus activos y especialmente de los firmes, como responsable último de la calidad de servicio en la Red de Alta Capacidad del Área Metropolitana.

En Bizkaia, el análisis de la relación Oferta/Demanda en función del escenario temporal considerado, se aborda mediante los siguientes INSTRUMENTOS que permiten dotar los correspondientes MODELOS FINANCIEROS y PROGRAMAS PRESUPUESTARIOS (Tabla 2).

Para el programa III, el de la Regeneración, la hoja de ruta planteada en Bizkaia, pasa previamente por tener un conocimiento del estado y servicio de los activos para después gestionarlos de una manera ordenada y eficaz.



Figura 2.

Los **ACTIVOS** de una infraestructura viaria se han dividido por su importancia en:

- FIRMES
- ESTRUCTURAS
- INSTALACIONES/ EQUIPAMIENTOS
- TALUDES/TERRAPLENES
- OTROS

Los firmes de las carreteras suponen la mayor parte del Valor Patrimonial, no sólo considerando su construcción, sino también su regeneración.

3. Gestión de firmes

La degradación de los firmes se debe a tres factores que determinan su vida útil: OBSOLENCIA (envejecimiento natural), USO (paso del tráfico, vialidad invernal) y CLIMATOLOGÍA (agua, insolación, etc.).

La gestión de firmes puede ser:

- CURATIVA
Cultura TRADICIONAL (por Unidades de Obra, determinadas por el responsable del contrato)
- PREVENTIVA
Cultura NOVEDOSA (Indicadores, Estado/Servicio)



Figura 3. Los tres soportes de la gestión de un activo

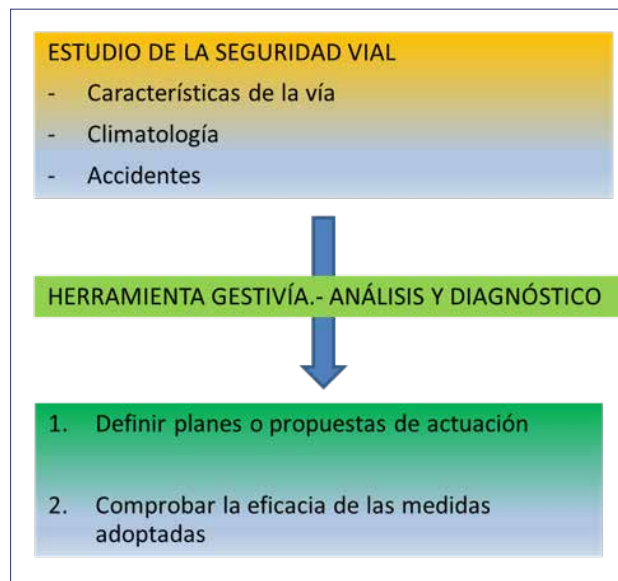


Figura 4. Procesos de Gestivía

Para conseguir la gestión Preventiva, la Diputación Foral de Bizkaia ha desarrollado un sistema basado en los tres soportes de gestión de activos, donde el equilibrio es la clave del sistema.

A. Personal

La primera clave, MOTIVACIÓN DEL PERSONAL, es fundamental, donde es necesario un carácter PROACTIVO, personal técnicamente preparado (Formación y Experiencia) y que tengan sentido de pertenencia, para los que la gestión de activos esté plenamente interiorizada como trascendente en la consecución del fin para el que se han planificado.

Personal considerado con carácter integral: funcionarios, asistencias técnicas, empresas de Conservación Integral.

B. Criterios técnicos

Los criterios técnicos son los que exigen una migración de la "cultura de la construcción" hacia la de GESTIÓN DE ACTIVOS. Uno de los vacíos actuales es que sólo existe normativa para la gestión ESTRUCTURAL del firme en servicio (6.3-IC Rehabilitación de firmes). En el caso

de la Comunidad Autónoma del País Vasco, la mesa de firmes del Gobierno Vasco está avanzando en estos momentos hacia el establecimiento de criterios para la gestión SUPERFICIAL del firme durante el período de servicio del mismo.

Los criterios para la gestión superficial de los firmes se tienen que basar en analizar de manera conjunta; CONDICIONES de CIRCULACIÓN, (configuración, trazado, régimen hidráulico del pavimento), TRÁFICO, CRT, MACROTEXTURA y ACCIDENTES de tráfico. Los trabajos realizados en Bizkaia, han llevado a la aplicación de criterios "rozamiento demandado-ofertado" a lo largo de toda la Red de Alta Capacidad.

C. Herramienta de gestión

Se necesita una herramienta de gestión que permita:

- Analizar y diagnosticar
- Ayudar a la toma de decisiones
- Evaluar las acciones realizadas

Dentro de una gestión integral de todos los factores intervinientes se ha desarrollado una herramienta GESTIVIA, capaz de gestionar en cada

punto de la red y a lo largo del tiempo los datos existentes en los diferentes inventarios: tráfico, trazado, climatología, activo-firmes, accidentes, actuaciones realizadas.



La herramienta que nos permite visualizar a lo largo del espacio y del tiempo: Infraestructura física y funcional, Evaluación del pavimento, Climatología, Accidentalidad y Tratamientos.

Las características buscadas para los diferentes usuarios de GESTIVIA son:

- Toma de decisiones rápida, actualizada (mensualmente)
- Fácil lectura
- Compartida (Ingeniería, Administración, UTEs Conservación)
- Intuitiva visión rápida, completa e inmediata de la situación
- No requiere cualificación especializada
- Accesible y económica

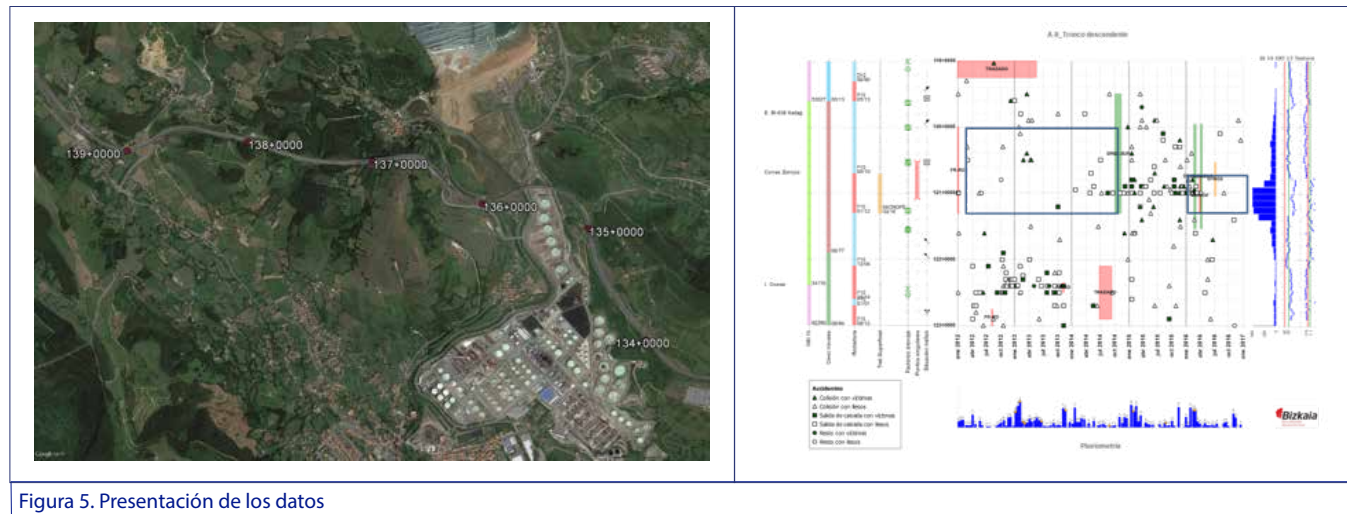


Figura 5. Presentación de los datos

4. Gestión proactiva de accidentes por salida de calzada

En cualquier empresa “proveedora” de servicios, las preguntas claves que se realizan son:

¿Qué me piden los Clientes y Que Ofrezco?

¿Conozco el Grado de Satisfacción del Cliente?

¿Ofrezco un Servicio Seguro y de Calidad?

En una administración de carretera, desde luego, si hay una demanda determinante de los usuarios de las infraestructuras es la de disponer de garantía suficiente en seguridad vial, resultando que las salidas de calzada por deslizamiento es una de las cuestiones críticas.

Es por ello que se ve necesario la Gestión Proactiva de Accidentes por salidas de calzada, basada en los siguientes cuatro etapas:

1. Identificación y análisis tramos de carretera
2. Rozamiento ofertado & demandado
3. Análisis mediante herramienta gráfica
4. Actuar en consecuencia (Protocolo actuación)

4.1. Identificar tramo puntual de carretera

Utilizando la herramienta GESTIVIA, somos capaces de identificar tramos puntuales de carretera donde es necesario actuar.

La Base de Datos es capaz de mantener de manera ordenada toda la información a lo largo del tiempo:

- Visualizador (Geometría) cargado cada 4 años.
- Datos Climatológicos, refrescado mensualmente

- Datos de Accidentes, refrescado mensualmente
- Histórico de Actuaciones, refrescado mensualmente
- Tráfico, cargados anualmente
- Auscultación de firmes (SCRIM+ Deflectografo+IRI+Texturómetro) realizada anualmente.

La información para el análisis se presenta a doble página, en tramos de 7 km. En la hoja izquierda una vista aérea de la zona, con los puntos kilométricos que aparecen en la gráfica de la hoja derecha (Figura 5).

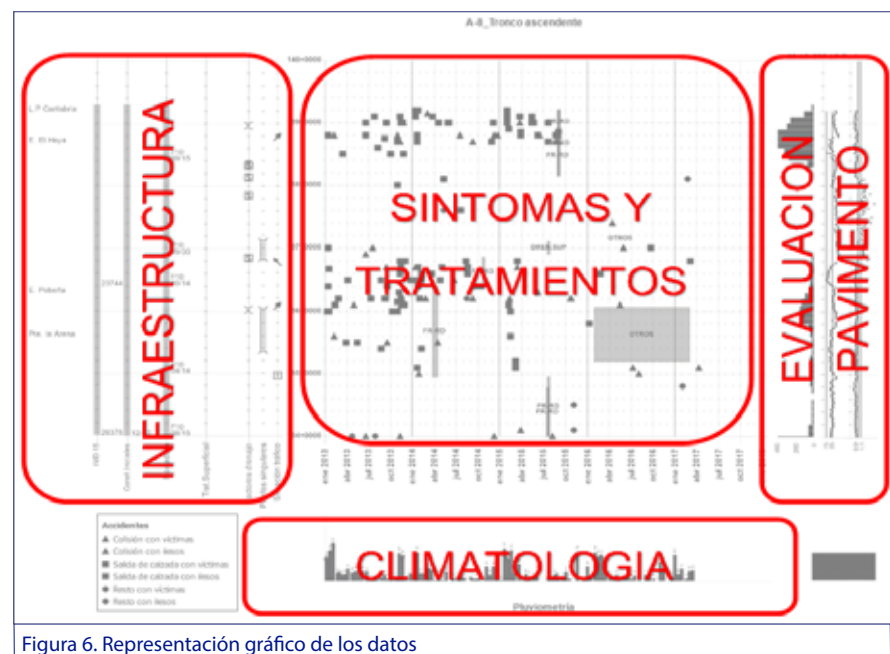


Figura 6. Representación gráfico de los datos

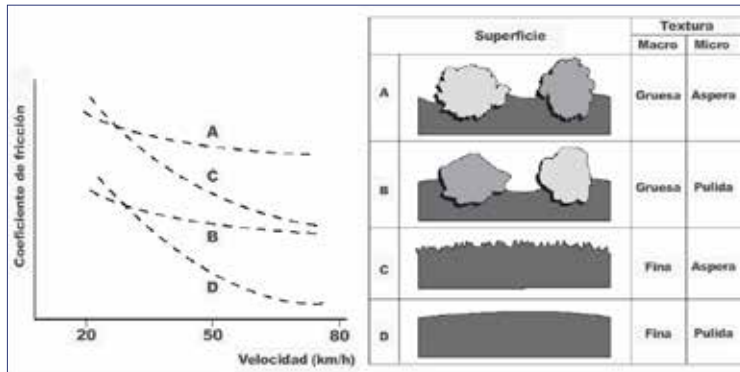


Figura 7. Influencia de Textura en el coeficiente de fricción

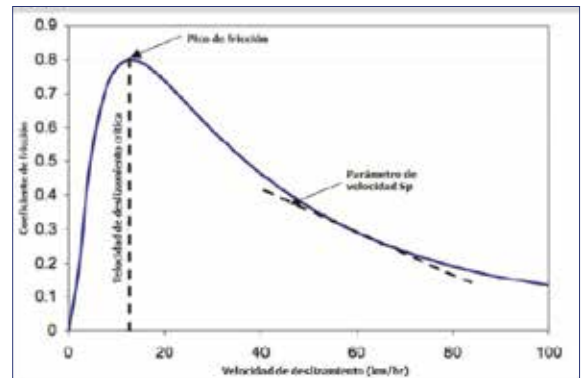


Figura 8. Curva Típica de Fricción

Se emplea una estructura ESPACIO-TEMPORAL:

- En ordenadas ESPACIO, según progresivas, para cada sentido de circulación, identificando Enlaces y fines de tramo
- En abscisas, TEMPORAL, secuencia mensual

Y un reparto conceptual distribuido según la Figura 6.

MANDADO aumenta con el cuadrado de la velocidad.

El Rozamiento Ofertado depende de dos variables, la microtextura y la macrotextura. Los principios de estos dos variables son conocidos y se reflejan su influencia en la Figura 7.

Se puede ver que la microtextura marca el valor inicial mientras que la macrotextura marca el valor final con el incremento de velocidad.

Los valores de Velocidad, Microtextura y Macrotextura se miden independientemente, pero utilizando el estudio publicado en 1995 por el PIARC para comparar y armonizar las mediciones de textura y CRT, se ha conseguido relacionar la Microtextura, la Macrotextura, y en función de la velocidad, en un valor de IFI (International Friction Index) (Figura 8).

4.2. Rozamiento ofertado & demandado

El incremento de la velocidad produce dos efectos adversos. El Rozamiento OFERTADO disminuye según ley exponencial y el Rozamiento DE-

Como regla general,

Velocidad	Factor influyente
< 60 km/h	microtextura (Permite situar valores altos de coeficiente de fricción)
> 60 km/h	macrotextura (Permite mantener valores para velocidades mayores)

Rozamiento ofertado

El proceso para la obtención del valor de Rozamiento Ofertado se basa en las campañas periódicas de auscultación de firmes realizadas en las carreteras de Bizkaia, en este caso SCRIM y perfilómetro láser.

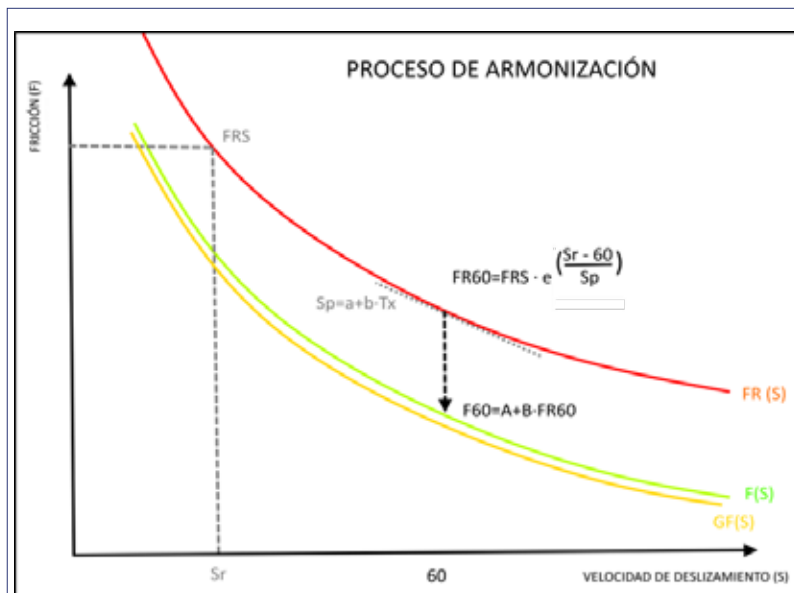


Figura 9. Proceso de armonización

F60 El valor del rozamiento disponible para la velocidad de deslizamiento de 60 km/h que depende de la micro y macrotextura.

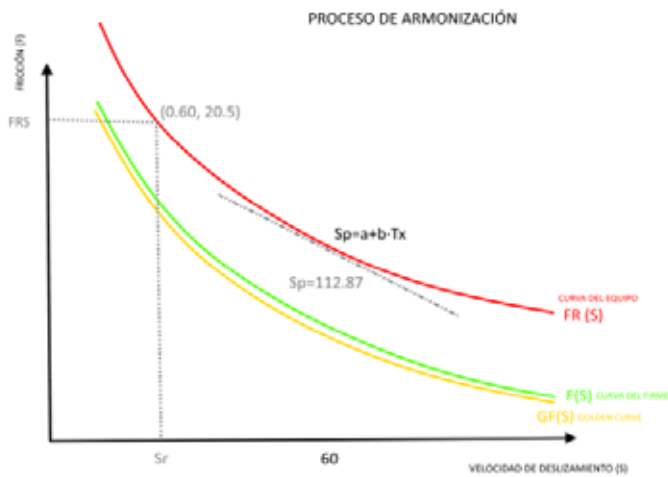
Sp El valor de la pendiente de la curva en el valor de 60 km/h y que depende de la macrotextura como se ha visto en la imagen anterior.

Sp = a + b · Tx
siendo Tx la textura medida en milímetros.

Norma	Ensayo	a	b
ASTM E-1845	Perfilómetro	14,2	89,7
ASTM-965	Círculo de Arena	-11,6	113,6

A continuación se realiza un ejemplo de aplicación para la obtención del rozamiento ofertado a 100 km/h.

PASO 0: DATOS INICIALES



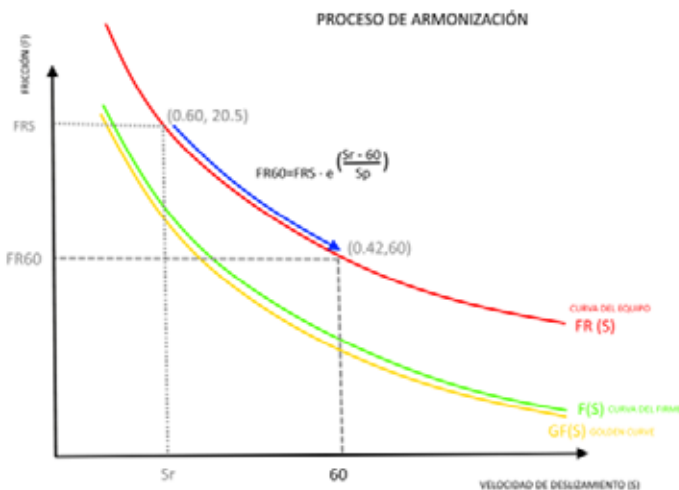
SCRIM = 60
Textura perfilómetro = 1,1 mm



FRS = 0.60
 $Sp = a + b \cdot 1,1 = 112,87$
Sr = 20,5

* La velocidad de deslizamiento con el Scrim a 50 km/h es 20,5 km/h

PASO 1: OBTENCIÓN DE F60

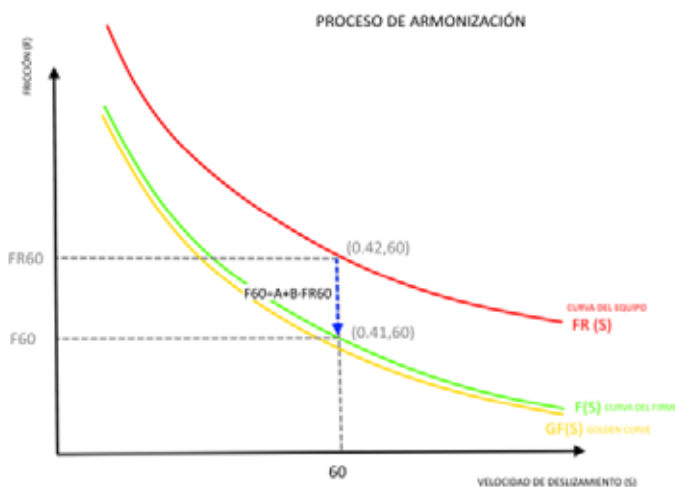


Transformación del valor medido a una velocidad estándar de 60 km/h de deslizamiento del equipo.

$$FR60 = FRS \cdot e^{\left(\frac{Sr - 60}{Sp}\right)}$$

FR60 = 0,42

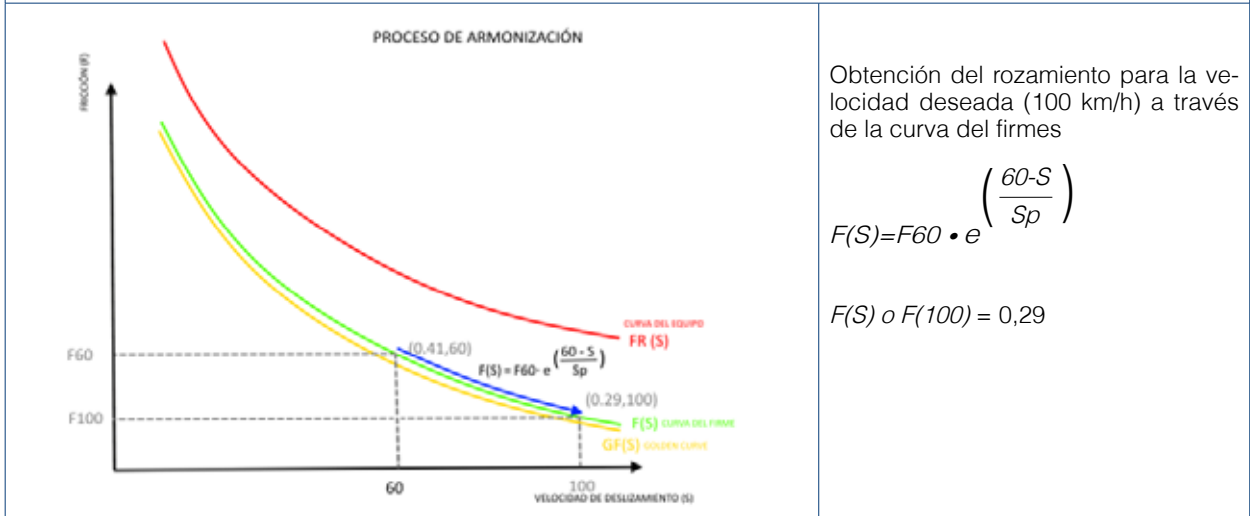
PASO 2: AJUSTE A F60



Ajuste a curva del firme mediante coeficientes obtenidos en los ensayos del PIARC

FR60 ajustado = 0,41

PASO 3: OBTENCIÓN DE F100



Rozamiento demandado

El rozamiento movilizado se obtiene del equilibrio de fuerzas en sentido transversal a la marcha según se muestra en la Figura 10.

Asumiendo ángulos pequeños, como en el caso de los peraltes habituales en carretera, se obtiene la relación siguiente:

De la que transformando a las unidades habituales se obtiene la conocida fórmula:

$$V^2 = 127 \cdot R \cdot \left(f_t + \frac{P}{100} \right)$$

La velocidad (V), el radio (R) y peralte (P) son datos inventariado por la Diputación Foral de Bizkaia, por lo que es posible obtener el Rozamiento Demandado en **cualquier punto** de las carreteras de Bizkaia.

$$\frac{V^2}{g \cdot R} - p = f_t$$

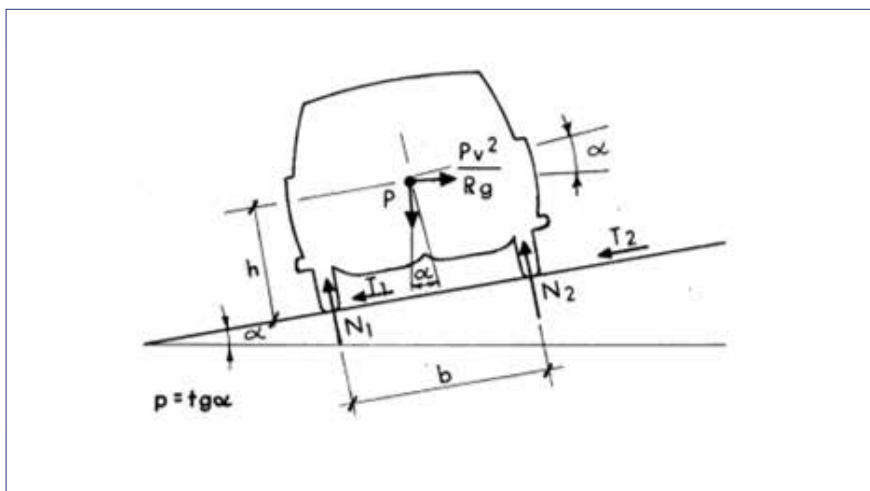


Figura 10. Equilibrio de vehículo en curva

4.3. Herramienta gráfica

Una vez obtenidos los valores de rozamiento ofertado y demandado, se trata de compararlos. Para ello, se emplea una herramienta gráfica para facilitar la interpretación de los datos.

En la parte superior se representa los datos del INVENTARIO en forma de ESPACIO/TIEMPO, que incluye los ACCIDENTES (salidas de calzada), fecha ejecución y tipo de RODADURA, y VELOCIDAD SEÑALIZADA (en este caso 100km/h).

En la parte inferior quedan reflejados los rozamientos DEMANDADOS /OFERTADOS para cada velocidad (en este caso velocidad única de 100km/h).



Figura 11.



Figura 12.

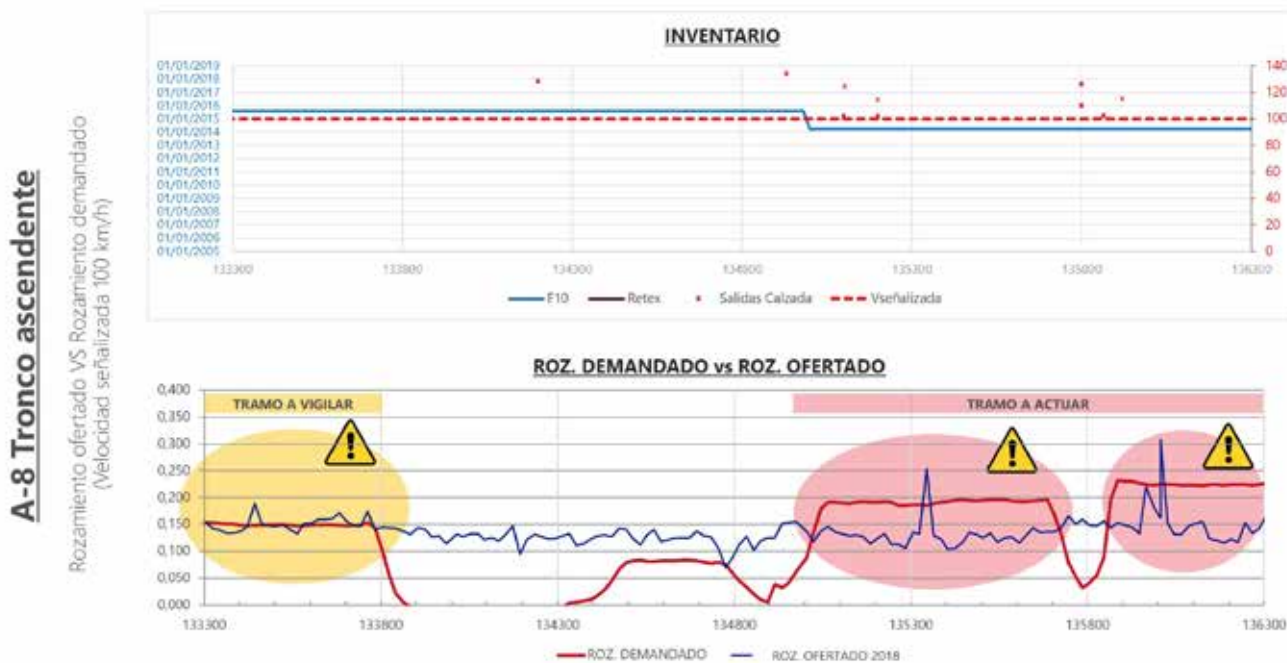


Figura 13.

Hay que tener en cuenta que los valores de rozamiento, tanto demandado como ofertado, se comparan para la velocidad de circulación libre, que es la velocidad a la que se producen las salidas de calzada y que se estima en 20 km/h superior a la señalizada

A sobreponer los rozamientos se pueden realizar una comparativa y analizar las curvas de las vías respectivamente valorando si la demandada respecto a la ofertada, está por debajo con margen (seguridad), está próxima (peligro potencial) o está por encima (peligro).

En la Figura 13 se puede apreciar los tres tipos de zonas:

- PK 133+300 a 133+800
Zona de peligro potencial
- PK 133+800 a 134+700
Zona de seguridad
- PK 135+000 a 136+300
Dos Zonas de peligro

Es necesario actuar en las zonas de PELIGRO y peligro POTENCIAL para transformarlos en zonas de SEGURIDAD.

Estas zonas se verifican con los accidentes, y como se puede apreciar

en las dos curvas en zonas de peligro existe coincidencia con accidentes de salidas de calzada, por lo que se debe ACTUAR. En la primera zona de peligro potencial no existen accidentes de salida de calzada, por lo que esta zona se puede no actuar de momento y realizar un seguimiento sistemático (VIGILAR).

4.4. Análisis mediante herramienta gráfica

Se ha diseñado un procedimiento para el análisis de los datos mediante la herramienta gráfica en función de dos tipos de actuación posibles, reduciendo la velocidad señalizada o actuando en el firme.

Para explicar el funcionamiento de la herramienta gráfica, a continuación se presenta el procedimiento e imágenes del proceso de análisis llevado a cabo

para cada uno de los dos tipos de actuación:

1. Reducción de la velocidad señalizada
2. Actuación en Firme

4.4.1. Procedimiento

El esquema básico del procedimiento para análisis mediante Gesti-vía se representa en la Figura 14.



Figura 14

4.4.2. Reducción de la velocidad señalizada (de 100km/h a 80 km/h)

La primera forma de actuar es estudiar si hay margen para reducir la velocidad señalizada teniendo en cuenta los tramos adyacentes y que por debajo de 80 km/h no es apropiado para vías troncales de la Red de Alta Capacidad. Cabe recordar que el incremento de la velocidad pro-

duce dos efectos adversos, el Rozamiento OFERTADO disminuye según ley exponencial y el Rozamiento DEMANDADO aumenta con el cuadrado de la velocidad.

Para este caso de reducir de 100 a 80 km/h, las curvas de rozamientos demandados y ofertados se modifican según la Figura 15.

Como se puede apreciar el rozamiento demandado se reduce en aproximadamente 0,07 a 0,08 en las curvas peligrosas y potencialmente peligrosas.

Reduciendo la velocidad señalizada también afecta al rozamiento ofertado, aumentándolo 0,04 en todo el tramo (Figura 16).



Figura 15.



Figura 16.

A-8 Tronco ascendente

Comparación rozamiento demandado y ofertado (Resultado de reducción velocidad de 100km/h a 80 km/h)



Figura 17.

En conjunto el efecto de reducir la velocidad señalizada en este tramo de 100 a 80 km/h es REDUCIR rozamiento demandado en 0,08 e INCREMENTAR rozamiento ofertado en 0,04, por lo cual la “separación” entre demandado y ofertado se aumenta en 0,12.

Con esta actuación los tramos potencialmente peligrosos y tramos peligrosos, pasan a ser tramos SEGUROS (Figura 17).

Una vez realizada el análisis y ejercicio de reducir la velocidad señalizada, se comprueba si todavía queda algún tramo peligroso o potencialmente peligroso. Si es el caso, se procede a estudiar la actuaciones sobre la capa de rodadura para aumentar el rozamiento ofertado.

4.4.3. Actuación en firme

Cualquier actuación sobre el firme, al no variar velocidad, radio o peralte, no afectará al rozamiento demandado. Solo afectará al rozamiento ofertado, modificando tanto la microtextura como la macrotextura.

Como se puede apreciar, este tramo de la autopista tiene velocidad señalizada a 80 km/h, por lo que no procede reducir más la velocidad.

En la parte superior de la gráfica, se refleja las zonas retexturizadas en el año 2017, que corresponden con las curvas pronunciadas, a partir de dicho momento dejaron de producirse salidas de calzada.

El rozamiento demandado se refleja con exigencias muy altas para estas curvas, entre 0,20 y 0,24.

Para estudiar el efecto de la retexturización se refleja aquí el rozamiento ofertado en 2016 cuando el firme se encontraba sin retexturizar (Figuras 18 y 19)

Al realizar la comparación de rozamientos, todavía sin retexturizar, se puede apreciar las dos curvas en situación de PELIGROSAS, que además coinciden con zonas de accidentes por salida de calzada.

El rozamiento demandado sobrepasa la ofertada, en alguna zona hasta 0,08 por encima (Figura 20).

Al actuar en la capa de rodadura mediante la retexturización se puede apreciar el aumento del rozamiento ofertado entre 0,05 a 0,10 (valores 18 meses después de actuar) al incrementarse los valores de macrotextura, microtextura o ambos (Figura 21).

Después de realizar las retexturizaciones, los accidentes por salidas de calzada se redujeron en las curvas, pero a los 18 meses, una de las curvas retexturizadas se presenta en situación PELIGROSA, y se debería actuar para transformarla en SEGURA.

El rozamiento demandado no se puede modificar, el rozamiento ofertado ya no se puede mejorar con retexturización, así que la siguiente actuación a estudiar es la de un firme nuevo para conseguir subir el rozamiento ofertado (Figura 22).

Generalmente, de la experiencia obtenida en Bizkaia, con las actuaciones en firmes se consiguen las diferencias en el rozamiento ofertado de hasta 0,05 con retexturización, por lo que si la diferencia entre demandado y ofertado es mayor se debe proceder a cambiar la capa de rodadura. Con un firme nuevo el objetivo sería conseguir rozamientos entre 0,25 y 0,35.

Existen casos muy puntuales donde el rozamiento demandado es muy elevado, y con un firme nuevo no se consigue suficiente rozamiento, por lo que se proceda debe proceder al uso de un firme especial (bauxita, etc.) para aumentar el rozamiento ofertado.

A-8 Tronco ascendente

Cálculo del rozamiento demandado

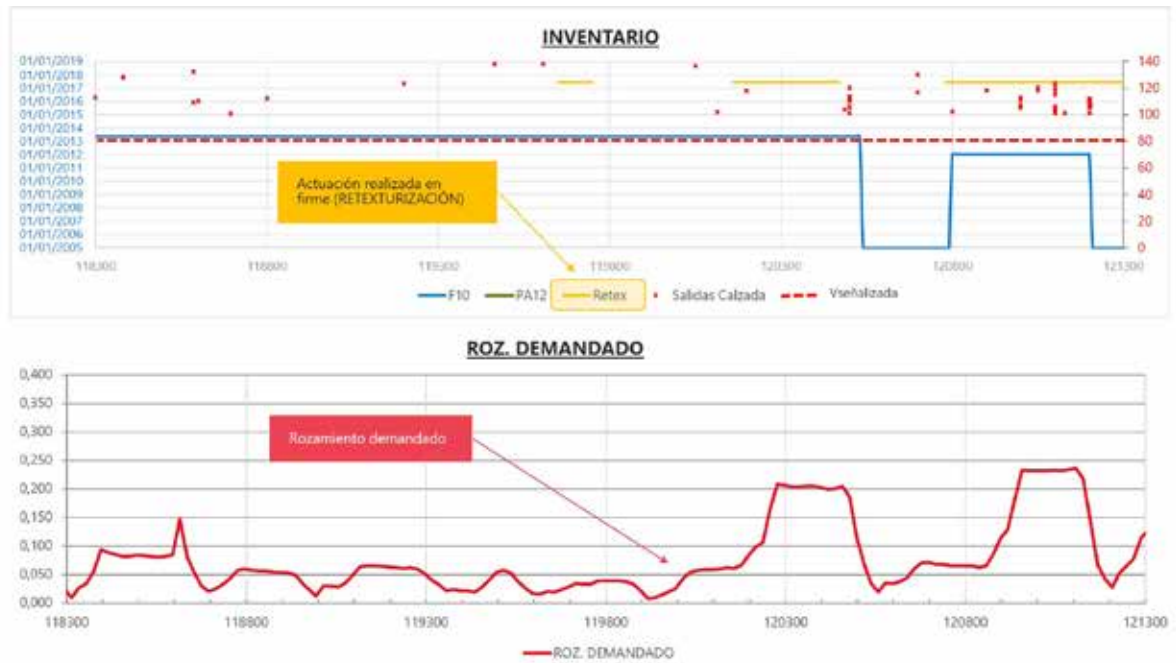


Figura 18.

A-8 Tronco ascendente

Cálculo rozamiento ofertado
(Sin actuación en firme – NO retexturización)

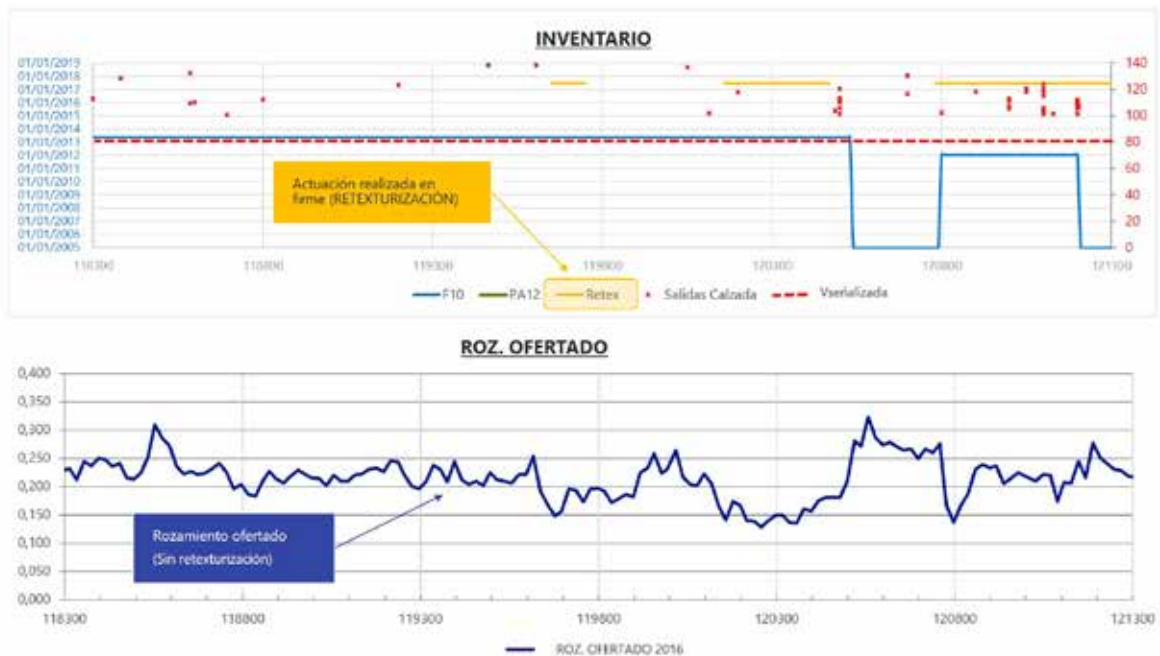


Figura 19.

A-8 Tronco ascendente

Rozamiento Demandado VS Rozamiento Ofertado
(Sin actuación en firme – NO retexturización)

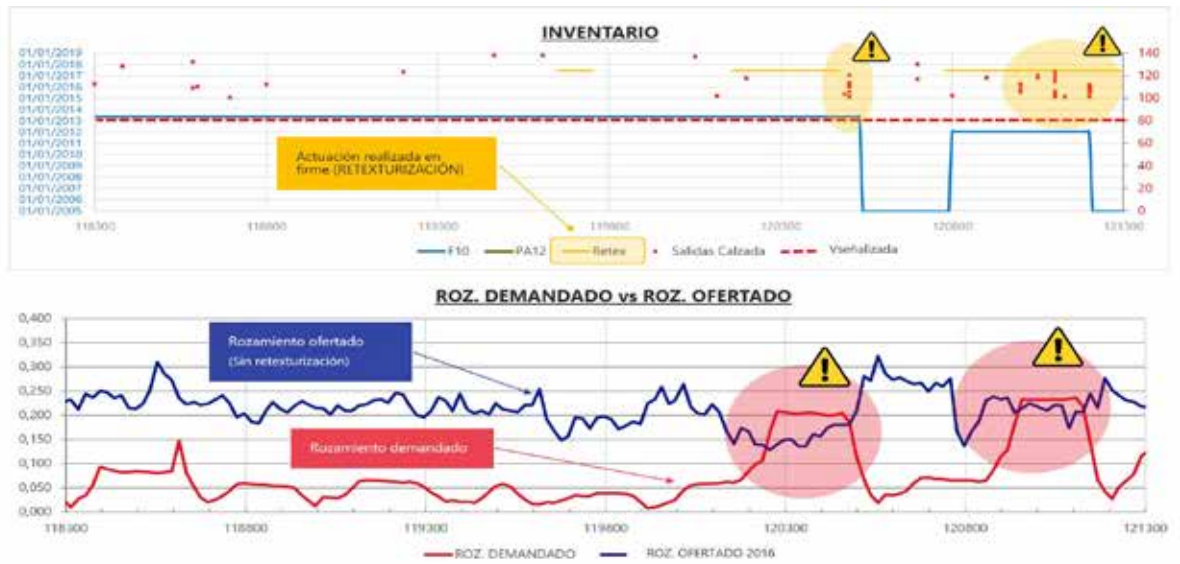


Figura 20.

A-8 Tronco ascendente

Comparación rozamiento ofertado
(Con y sin retexturización)



Figura 21.

A-8 Tronco ascendente

Comparación rozamiento demandado y ofertado
(Actuación en firme – Retexturización)



Figura 22.

4.5. Actuar en consecuencia – protocolo de actuación

Las actuaciones posibles se enfocarán en la reducción del rozamiento DEMANDADO y en el aumento del rozamiento OFERTADO, como son:

1. Reducir VELOCIDAD señalizada
2. Cambiar o Actuar en el FIRME

5. Conclusiones

Las conclusiones de la experiencia en la Red de carretera de Bizkaia se pueden agrupar en tres partes; Herramienta de Gestión Gestivía, Reducción de Velocidad y Actuación en Firme.

El disponer de una herramienta para el análisis integrado de velocidades geométricas y radio de curvatura con parámetros del firme (macro y micro textura) gestión permite IDENTIFICAR tramos concretos del trazado en los que hay riesgo de salida de calzada.

Las ventajas de esta herramienta radican en su sencillez y carácter intuitivo de su uso, integrando de manera conjunta e INMEDIATA toda la información existente en los diferentes INVENTARIOS existentes, lo que redundará en una alta facilidad de manejo por personal no especializado, y una correlación de todos los factores intervinientes en la accidentalidad.

La variación de la velocidad señalizada en el tramo de actuación permite verificar si ROZAMIENTO OFERTADO > ROZAMIENTO DEMANDADO, mediante una solución NO AGRESIVA de reducción de velocidad.



Figura 23.

Los tramos PERSISTENTES en donde el rozamiento ofertado es menor que el demandado se han de resolver de la siguiente manera:

Diferencia

<0,05	RETEXTURIZAR
>0,05	CAMBIO DE FIRME
>0.35	(Firme especial)
0.25-0.35	(M-10)
<0.25	(F-10)

6. Bibliografía

[1] Wambold, J. C., Antle, C. E., Henry, J. J., & Rado, Z. (1995). International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements. Madrid, Spain: PIARC: PIARC Technical Committee on Surface Characteristics C.1, AIP-CR -01.04.T-1995. ❖

Obra de rehabilitación en Puente Villarente (León)



Rehabilitation work in Villarente Bridge (Leon)

Adolfo Güell Cancela

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Javier León González

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Este artículo habla de las obras de rehabilitación del puente sobre el río Porma en el p.k.315+000 de la CN-601 en la localidad de Puente Villarente (León)

Como consecuencia de un accidente que tuvo lugar el 3 de Mayo de 2018 un coche perdió el control y acabó golpeando 140 m de la barandilla metálica del puente

La Demarcación de carreteras de Castilla-León occidental realizó las obras de emergencia necesarias para actualizar los sistemas de contención del puente siguiendo lo recogido en la O.C. 35/2014

Se ha utilizado un método para evitar problemas a los habitantes próximos a la carretera en la cercanía del mencionado p.k. Este método ha permitido disminuir el plazo de las obras y ha permitido también un ahorro económico

This article talks about the rehabilitation of the bridge over Porma river in the k.p.315+000

Of the National Road N-601 in Puente Villarente close to Leon in the Northwest of Spain

As the result of an accident which took place in May 3rd, 2018 a car lost control and finished hitting against 140 m of the bridge's metal railing.

Thus the Spanish Road Authority of Castilla-Leon promoted the emergency Works to update to Spanish bill O.C.35/2014 the bridge's barrier system.

A method has been used to avoid problems to the road neighbours in the above mentioned k.p. This method has allowed to diminish the duration of the Works and has saved money too.

1. Antecedentes

Con fecha 3 de mayo de 2018 se produjo un accidente en el vano 10 del puente sobre el río Porma en el p.k. 315+000 de la carretera N-601 en la localidad de Puente Villarente, cuando un vehículo pesado perdió el control e invadió la acera, impactando contra la barandilla metálica. El impacto destruyó 20 m de barandilla y dañó otros 120 m. Por todo ello, la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental planteó una solicitud

de obra en trámite de emergencia para actualizar el sistema de contención del puente siguiendo la OC 35/2014.

En dicha solicitud se planteaba la disposición de un sistema de contención H3 y se proponía una intervención en el tablero existente incluyendo demoliciones de las bandas laterales de la plataforma superior del puente y posterior reconstrucción para poder anclar con garantías el nuevo pretil. También estaba prevista la ejecución de nervios interiores de hormigón armado conectando las

bandas laterales, en concreto un tirante por cada pareja de costillas enfrentadas. La actuación habría implicado, entre otros problemas, un corte total del tráfico. En noviembre de 2018, tras una nueva inspección visual, se advirtieron algunos síntomas preocupantes en una de las bóvedas escazanas sobre el río, con desprendimiento de sillares. Se planteó entonces una revisión de las actuaciones inicialmente previstas, lo que desembocó en la actuación completada en julio de 2019.

2. Descripción del puente

2.1 Datos generales

El puente se encuentra en la localidad de Puente Villarente (León), dando soporte a la N-601 sobre el río Porma. Es un ejemplo de localidad cuya toponimia y origen está vinculado al propio puente.



Figura 1. Planta del puente sobre el río Porma

Se trata de un puente de bóvedas de piedra de trazado curvo y zigzagueante en planta, compuesto por dieciséis vanos con luces comprendidas entre 12,61 y 21,20 m. Las pilas son de fábrica de piedra con tajamares, alcanzando una altura máxima de 8 m.

Los estribos son cerrados, formados por muros de frente y en vuelta de fábrica de piedra, pero de peor calidad en el lado León. El puente fue objeto de un ensanche en ambos laterales con hormigón armado, siendo su anchura total de 8 m, albergando dos carriles y aceras, pero sin arcén.



Figura 2. Situación del puente previa a la actuación

Antes de la intervención, la plataforma del puente expuesta al tráfico constaba de 6 m con dos carriles de 3 m, con un espesor de aglomerado de 15 cm, aceras de 1 m de ancho y 20 cm de espesor y barandillas laterales simples.

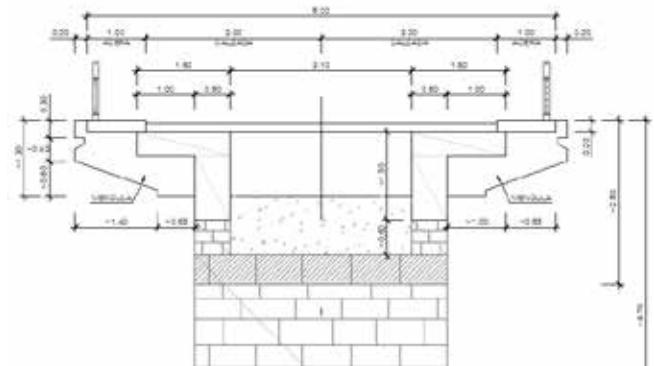


Figura 3. Sección transversal previa a la actuación

2.2 Breve reseña histórica

Se trata de uno de los puentes más antiguos del territorio leonés, con origen que se pierde en la noche de los tiempos. Se sitúa claramente en las viejas calzadas romanas y era paso de las Vías III y V, una de las cuales era la conexión con Lancia, antigua ciudad de los astures, romanizada en el siglo I a.C. y que se encontraba en lo que se denominó Vía de la Plata.

Es probable que de aquellos tiempos romanos queden huellas en alguna cimentación, sillares desperdigados y, más probablemente, en el arquillo que actualmente se encuentra semienterrado en la manguardía sur del lado León. Fue en el Medievo cuando se debió reconstruir en su totalidad, pues existen algunas referencias de esa época, especialmente en los comentarios viajeros que hizo Aymeric Picaud sobre su camino de peregrinación a Santiago en 1123, señalando la fortaleza y soberbia construcción, que consta, decía, de 20 arcos.



Figura 4. Arquillo primitivo en manguardía sur, lado León

De lo que no cabe duda es de la gran cantidad de arreglos, intervenciones y parches que ha sufrido el puente, de los cuales hay constancia escrita desde 1396, fecha en la que una gran avenida derribó las pilas. A lo largo del siglo XVI se documentan numerosas reparaciones y actuaciones en este puente.

En los siglos XVII y XVIII se producen numerosas intervenciones debidas principalmente a riadas. También se sabe, por apuntes de viajeros y escritores, que se encontraba en permanente mal estado de conservación.

Las obras de consolidación del puente fueron casi constantes durante el siglo XIX. Tras las fuertes inundaciones de 1880, fue finalmente reparado en 1883 y así aparece en la Guía del Antiguo Reino de León de Valverde. A esta época corresponde la construcción de las dos bóvedas escarzanas del lado Valladolid.

A principios de la década de 1920, el puente fue ensanchado por medio de voladizos de hormigón apoyados sobre ménsulas del mismo material; con tal motivo se eliminaron los pretilos de piedra originales, que fueron sustituidos por una discreta barandilla metálica (que ahora se ha visto claramente insuficiente para contener impactos de vehículos).

2.3 Situación previa a la actuación

El puente mide 248 m de longitud entre estribos y tiene un trazado más bien quebrado. La anchura es de 8 m, siendo 6 m para calzada y dos aceras de 1 m cada una.

Tiene 16 vanos con bóvedas de varias tipologías distintas: las dos últimas son escarzanas y el resto son de medio punto, salvo las bóvedas de los vanos 8 y 9 que son ojivales.

Las luces, medidas entre ejes de apoyos, son (a partir del estribo lado León): 18,30+20,83+13,54+13,42+14,04+14,53+14,04+13,12+12,90+12,78+14,75+15,4+14,92+15,05+21,1+19,22 m.

Además de las referidas bóvedas escarzanas de 1883, otras bóvedas y los tajamares correspondientes son de período renacentista-barroco, de medio punto. El grueso de las pilas antiguas es de 3 a 5 metros.

3. Descripción de daños

3.1 Pretil-barandilla

A raíz de los accidentes producidos el 3 de mayo de 2018 (y otro más el 4 de diciembre del mismo año), se constatan los daños producidos en el sistema de contención existente y su incapacidad para cumplir su cometido.



Figura 5. Daños en el pretil-barandilla tras el accidente de mayo de 2018

3.2 Ensanche de hormigón armado

Dado el notable deterioro de los voladizos de hormigón armado del puente, ante el riesgo de posibles desprendimientos y que forman parte del esquema estructural del tablero remodelado, se propone incluir en la actuación la reparación de dichos voladizos, a los que se ha privado de función resistente adicional



Figura 6. Daños en ensanchamiento de tablero de hormigón armado

3.3 Obras de fábrica

3.3.1 Desprendimiento parcial de sillares en intradós de bóveda de vano 15

Ya en la primera visita al puente, el 13 de noviembre de 2018, se detectaron sillares desprendidos en la bóveda 15, así como fisuras en los arranques de dichas bóvedas.



Figura 7. Sillar parcialmente desprendido

3.3.2 Sillares deteriorados

En este grupo estarían los sillares deteriorados con pérdida importante de sección en bóvedas más antiguas. Al existir riesgo de desprendimiento de fragmentos de estos sillares (o sillares completos) y que puedan dañar a viandantes, se recomendó que la intervención comprendiera también la rehabilitación de estos sillares deteriorados.



Figura 8. Ejemplo de sillar deteriorado

4. Reconocimiento de la estructura

Una vez analizada la información disponible y a raíz de la visita del 13 de noviembre de 2018, se planteó la necesidad de realizar una campaña de reconocimientos para tener mayor conocimiento del puente y para determinar el estado de la cimentación de las dos pilas bajo el cauce del río Porma.

Esta campaña constó de:

- Sondeos verticales y horizontales en pilas y distintos puntos del puente para caracterizar tanto el terreno bajo pilas como el relleno tras la fábrica.

- Levantamiento topográfico del tablero, así como batimetría en el entorno de las dos pilas en cauce.
- Inspección subacuática de las pilas en cauce.

4.1 Inspección subacuática

Pudo comprobarse que la pila 14 es la que aparentemente se encontraba más dañada de las dos pilas inspeccionadas, aunque recibía un menor flujo de corriente respecto a la pila 15. Presenta daños en el tajamar norte, a pesar de estar en seco en el momento de la inspección, con pérdida de algunos sillares que están desperdigados por el fondo en toda la longitud de la pila.

Por otra parte, las juntas de unión entre sillares en las zonas sumergidas y en aquellas más próximas al nivel del agua, se encuentran lavadas. Las piedras de la pila presentan igualmente un desgaste de sus aristas y ángulos debido a la erosión.

Por último, cabe indicar que, hasta donde se puede observar, la pila descansa sobre el terreno sin descalce aparente.



Figura 9. Juntas lavadas sobre la lámina de agua



Figura 10. Juntas lavadas bajo la lámina de agua

La pila 15 es la construida en la actuación de 1883, la que recibe el impacto permanente del agua del río y la que, por su esbeltez, más probabilidades de giro podría tener. Sin embargo, la inspección subacuática confirmó su integridad tanto en la parte sumergida como en la aérea, descartándose que los desórdenes de la bóveda contigua tuviesen su origen en giro de esta pila.

4.2 Geotecnia y espesores de tímpanos

Para una correcta caracterización tanto del terreno de cimentación como del puente de fábrica, identificando espesores de bóveda, sillería así como los distintos tipos de relleno tras los tímpanos y en el núcleo de las pilas, se planteó una campaña de sondeos y testigos.

De los sondeos verticales se dedujeron dos conclusiones importantes:

- La cota de rellenos rígidos sobre pilas (sillas de las bóvedas) es muy alta. Apenas hay un metro de relleno granular, que se corresponde con las vigas de hormigón sobre la fábrica, con lo que, en teoría, no habría empuje sobre los tímpanos.
- El terreno de cimentación es estable, formado por arcillas de consistencia dura, con rechazo en SPT.

De los sondeos horizontales para caracterizar el espesor de sillares y rellenos interiores, se dedujo que:

- El espesor de los sillares varía entre 0,30 y 0,90 m aumentando de forma lógica desde la coronación hasta la base del muro-tímpano.
- El espesor del relleno rígido alcanza los 2 m por ambos lados, dejando una zona central de relleno granular (detectada en los sondeos verticales realizados en dicha zona).

5. Evaluación estructural

5.1 Obra de fábrica

El análisis de las bóvedas se ha realizado con un modelo de cálculo 2D mediante el programa RING, que se basa en la aplicación de los teoremas energéticos de cargas y desplazamientos, pero limita éstos a los valores pequeños, es decir, sin incluir efectos de segundo orden. El programa efectúa también un control tensional de las fábricas, advirtiendo de situaciones en las que las tensiones solicitantes agotan los materiales.

En cuanto a los tímpanos, el relleno rígido detectado en los sondeos está en una cota tan alta que no se produce apenas empuje contra los tímpanos. El posible empuje y los efectos negativos del agua filtrada desde superficie

ya habrán desaparecido con el nuevo tablero. Las fisuras visibles actuales pueden ser debidas a problemas muy anteriores, relacionados posiblemente con asentos en las pilas, y con las múltiples reconstrucciones realizadas.

6. Actuaciones realizadas

6.1 Nuevo tablero

Se ha ejecutado un tablero completo con losas prefabricadas dispuestas en cortes completos nocturnos. Este procedimiento ya ha sido utilizado exitosamente en otros puentes con problemas parecidos.

Se plantea la ejecución de una prelosa casi completa con 30 cm en el eje y bombeo del 2% dejando la última parte justo en la zona del pretil con un espesor de 6 cm para facilitar la disposición de la ferralla y el hormigonado del pedestal. Se descartó la alternativa de partirla en dos y hacerla por mitades, dado que eso supondría la necesidad de anclarlas al relleno de las bóvedas para garantizar que no volcara cada mitad. Otra implicación sería el aumento de plazo y de coste.

La idea es no apoyar las nuevas prelosas en la acera ni en los voladizos existentes, de forma que funcionen independientemente, evitando así las demoliciones y trabajos descritos en el proyecto previo. Además, de esta manera, se producirán muchos menos cortes puntuales de tráfico. Debe recordarse que un aumento de la carga muerta, como ha sido el caso, es incluso beneficioso para el comportamiento de las bóvedas, en las que genera una suerte de pretensado favorable. Tras el hormigonado de las juntas transversales entre losas, se garantizó un comportamiento longitudinal solidario. Sobre las prelosas se ejecutaron los zunchos laterales (pedestales) que dan soporte a los nuevos sistemas de contención.

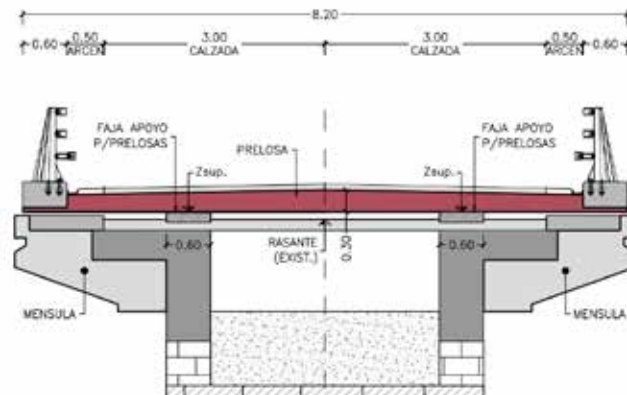


Figura 11. Sección transversal proyectada

Esta solución favorece el correcto drenaje de aguas sobre el tablero e impide que se siga acumulando agua en el cuerpo del puente de fábrica.

Un punto crítico en el cálculo ha sido la comprobación local de transmisión de cargas del pretil a la losa tras el impacto. Se ha resuelto con un modelo de bielas y tirantes.

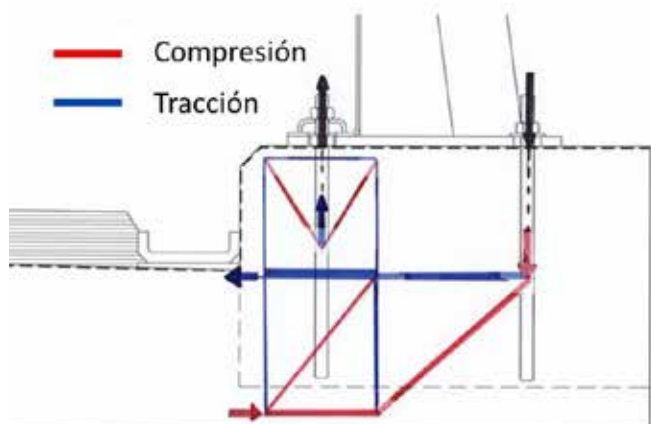


Figura 12. Modelo de bielas y tirantes

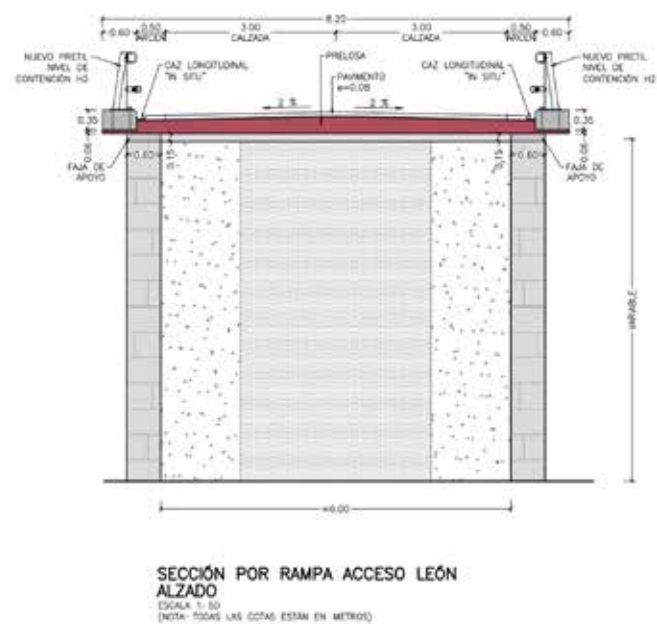


Figura 13. Sección transversal tipo acceso lado León

La zona de muros de rampa (lado León) fue objeto de recrecidos históricos previos de calidades y cotas variables. Con el fin de no introducir una singularidad en el trazado, se optó por dar la misma solución a las prelosas de esta zona, que apoyaban directamente en la coronación, saneada de los muros, de forma que, así, se mejoraba su estabilidad.



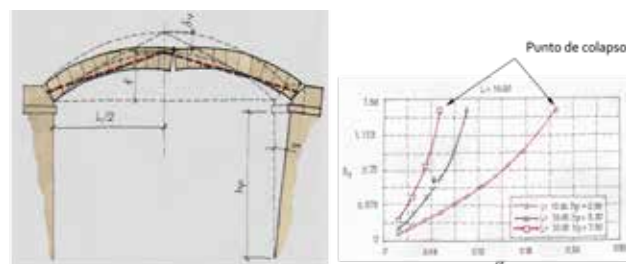
Figura 14. Apoyo de losas del ensanche en rampa sur (lado León)

6.2 Recalce de pilas sobre el río

A la luz de los daños detectados en la bóveda 15 con desprendimiento parcial de sillares en clave y fisuras en arranque de bóvedas, se dedujo que, con toda probabilidad, la causa radicaba en un giro de la pila.

Es importante destacar la enorme sensibilidad al giro que tienen estas bóvedas tan rebajadas ($f/L=1/9$), donde pequeños giros provocan grandes descensos en clave que pueden desembocar en el colapso de la estructura.

Se comprueba que, para un giro de pila solo 2 grados sexagesimales, el descenso en clave sería de casi 1 m [2].



$$\delta_v = f - \sqrt{f^2 - \frac{1}{2}L\alpha h_p - \frac{1}{4}\alpha^2 h_p^2}$$

Ejemplo: para $L = 10$ m, $f = 2$ m, $h_p = 6$ m y una rotación $\alpha = 1^\circ$ por 180 radianes, $\delta_v = 0,14$ m (1/73). $\delta_v = 0,105$ m si L crece, o disminuye para el mismo δ_v .
Cuanto más rebajada es la bóveda, o disminuye para el mismo δ_v .

Figura 15. Efectos del giro de cimentación en puentes de fábrica [2]

Este fenómeno se agrava cuanto más rebajada es la bóveda y más altura tiene la pila, y en esta bóveda se daban las dos circunstancias. Descartado que, como se ha indicado, la pila 15 hubiese girado, la atención se centró en la 14. En efecto, la bóveda alta empuja a la pila 14 con mucho brazo y más fuerza que la bóveda 14, de menos luz y de medio punto, que lo hace con menos brazo, por lo que la tendencia al giro de la pila 14 ha sido la causante de los desórdenes en la bóveda 15. La diferencia entre las acciones verticales de las dos bóvedas es pequeña porque, aunque de mayor luz la 15, es más ligera que la 14, más masiva.

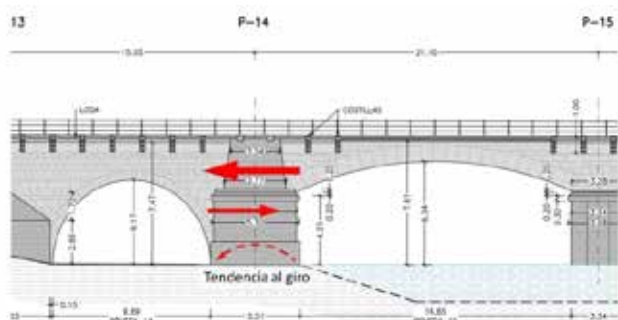


Figura 16. Empujes descompensados en pila 14

Por tanto, y dadas las incertidumbres y los riesgos existentes, se propuso realizar un recalce parcial de las pilas 14 y 15 y garantizar estabilidad frente al giro de la pila. Para esta última, el recalce ha consistido en ejecutar 8 micropilotes desde la plataforma con una inclinación de 5° para que sean capaces de resistir la carga del nuevo tablero, aceptando que la pila es capaz de sostener el puente existente.

Para la pila 14 se planteó un recalce similar al de la pila 15.

A la vista de la inspección, se recomendó una actuación complementaria sobre la pila 14 para cubrir los espacios en las juntas entre sillerías, tanto por encima como por debajo de la lámina de agua para proporcionar mayor solidez, incluyendo limpieza y recuperación de los sillares de fondo.



Figura 17. Ejecución de recinto estanco para actuar sobre la cimentación de pila 14

6.3 Otras actuaciones en la fábrica

Se han ejecutado, dentro de esta obra y por los riesgos que conlleva el desprendimiento de piezas o de fragmentos, la reconstrucción de sillares rotos, la reparación y anclaje de sillares parcialmente desprendidos y el rejuntado de intradós de las bóvedas sobre el río.

6.4 Actuaciones en paramentos de hormigón armado

Aunque con la nueva solución de tablero los voladizos pre-existentes de hormigón no se van a someter a carga adicional, aparte de su peso propio, se consideró imprescindible repararlos, dado su evidente deterioro, con armaduras vistas y corroídas. Esta actuación implica el saneo y limpieza de superficies de hormigón, recuperación de volúmenes perdidos con mortero y finalmente aplicar una pintura anticarbonatación que ofrezca características de durabilidad y estética.

7. Ejecución

Consistió en disponer losas prefabricadas a sección completa en cortes totales nocturnos. En este proceso no se planteaba la demolición de elemento estructural alguno.

A continuación, se resume dicho proceso con fotografías ilustrativas:

- Fresado del pavimento en ambos laterales y ejecución de fajas de apoyo.



Figura 18. Faja de apoyo ejecutada



Figura 19. Detalle de banda de neopreno que mejora el apoyo de la prelosa

- Ejecución de juntas entre losas y pedestal de pretil.



Figura 22. Hormigonado de juntas y pedestal de pretil



Figura 20. Colocación de prelosa

- Disposición de nuevos pretilos.



Figura 23. Pretil colocado.

- Disposición de prelosas (en horario nocturno).



Figura 21. Juntas entre losas antes del hormigonado

- Obra terminada.



Figura 24. Vista parcial de la obra terminada



Figura 25. Aspecto parcial de la obra terminada



Figura 26. Vista durante la riada en diciembre 2019

Referencias bibliográficas

- [1] Grupo de trabajo “Puentes de Fábrica” del Comité de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC-AIPCR). Cimentaciones de fábrica en puentes. Madrid, 2008.
- [2] Grupo de trabajo “Puentes de Fábrica” del Comité de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC-AIPCR). Criterios de intervención en puentes de fábrica. Madrid, 2014.
- [3] Grupo de trabajo “Sistemas de contención” del Comité de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC-AIPCR). Adecuación de sistemas de contención a puentes existentes. Madrid, 2013
- [4] VV.AA. Los puentes de piedra (o ladrillo) antaño y hoy, ed. coord. por Javier León y José María Goicolea. Goicolea. Colección “Lecciones Juanelo Turriano de historia de la ingeniería”. Fundación Juanelo Turriano. Madrid, 2017.
- [5] León, J.; Jaime, I.; Prieto, F. Intervención en el puente de Deba. Argumentos para decidir. I Foro del Patrimonio de la Obra Pública. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, octubre de 2019.
- [6] León, J. La construcción y la reparación de puentes según cuatro tratadistas españoles. Catálogo de la Exposición Sueño e Ingenio. Biblioteca Nacional. Madrid, 2020 (pendiente de publicación).

Intervinientes

Dirección De Obra

Adolfo Güell Cancela
ICCP /Unidad de Carreteras de Leon

Álvaro Amieva de Miguel
ITOP / Unidad de Carreteras de Leon

Autor Del Proyecto

Javier León González
DR. ICCP / Fhecor Ingenieros Consultores

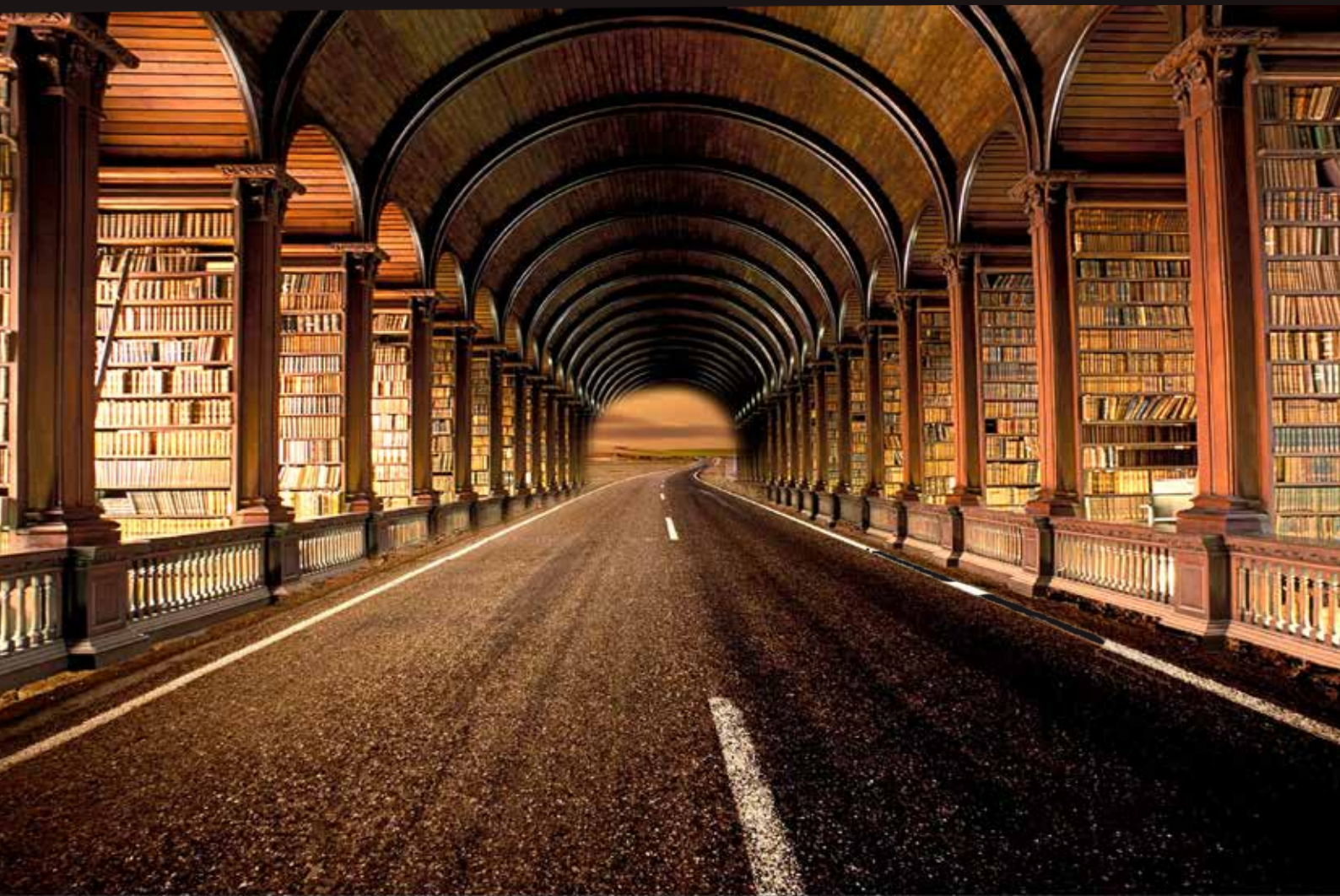
Asistencia Técnica a la D.O.

Antonio Romero Ballesteros
ICCP/ Fhecor Ingenieros Consultores

Contratista

AUDECA S.L.U.-Señalización y Conservación de Castilla S.L. UTE

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en

www.atc-piarc.com

El Vehículo Conectado

Su influencia en la gestión de la Movilidad



Felipe Mayán Momblán

Responsable del Centro de Control de Túneles de M-30

Miembro del Comité de Planificación, Diseño y Tráfico de la ATC

1. Introducción

A diario escuchamos nuevos términos que son fruto del cambio tecnológico en el que estamos inmersos: IoT, big data, cloud, machine learning, smart cities, son solo algunos de ellos. Es fácil pensar que esos términos solo afectan o interesan a los profesionales y empresas relacionados con las TIC (tecnologías de la información y la comunicación), pero la realidad es que nos encontramos en lo que los expertos denominan la 4ª Revolución Industrial. Así lo recoge el profesor Klaus Schwab, del Foro Económico Mundial, en su libro *The Fourth Industrial Revolution*¹.

Se habla de cambios disruptivos, de nuevos paradigmas de pensa-

miento, de oportunidades de negocio e incluso de exiliados tecnológicos. Y en este momento de cambios es importante recordar la frase de Charles Darwin sobre la selección natural: “La especie que sobrevive no es la más fuerte ni la más inteligente, sino la que mejor se adapta al cambio”.

En este artículo se aborda el concepto de vehículo conectado y sus tecnologías, con su influencia sobre la ingeniería de carreteras y la movilidad. No se pretende profundizar en temáticas propias de otras disciplinas; pero es importante comprender las bases y lo que ciertas tecnologías pueden aportar a ingenieros o especialistas en tráfico, movilidad e infraestructuras viarias.

2. IoT: Internet of things o Internet de las cosas

Establecer comunicaciones entre dispositivos o máquinas para conocer su estado o enviarles órdenes es algo que se lleva realizando muchos años en la industria o en la explotación de túneles. Cualquier Centro de Control de túneles dispone de SCADAs (Software for Control And Data Acquisition) para el manejo de la iluminación, la ventilación, los paneles de señalización variable, las barreras o los semáforos. Mediante estas tecnologías, es posible activar cualquier tipo de dispositivo de forma remota con solo unos clics de ratón. También permiten conocer al instante en qué estado se encuentra cada equipo instalado en el túnel.



Figura 1. Raspberry Pi, con un precio inferior a 40 €. (Fuente www.flickr.com)

Cuando se habla de IoT (Internet of Things o Internet de las cosas), se pretende dotar de esas mismas capacidades a elementos cotidianos, eliminando la exclusividad de este tipo de sistemas a instalaciones industriales o en usos muy específicos.

La revolución del IoT es posible gracias al abaratamiento de los dispositivos en términos de hardware, al enorme aumento de la velocidad de computación y de la transferencia de datos (de acuerdo con la Ley de Moore) y a la facilidad de acceso a internet desde cualquier parte del planeta.

Tal es esa disponibilidad, que han surgido diferentes iniciativas como Arduino² o RaspberryPi³ que permiten, incluso a niños, adentrarse en el mundo del IoT. Estos dispositivos están formados por una placa redu-

cida (Single Board Computer o SBC) y unos pines denominados GPIO (General Purpose Input Output) que permiten, mediante programación sencilla, captar la información de diferentes sensores (temperatura, iluminación, movimiento, apertura de puertas, etc.) o enviar órdenes a actuadores (luces, motores, señales acústicas, módulos GPRS, etc.) (Figura 1).

Esto acerca la conectividad a elementos impensables. Hoy en día es habitual disponer de una TV, un reloj o una alarma de hogar conectados a internet. Cada día crece el número de dispositivos conectados y las predicciones indican que será así durante los próximos años. Esto provoca que se empiece a hablar de IoT, Internet of Everything.

3. El vehículo conectado como dispositivo IoT

El teléfono móvil, dispositivo IoT por excelencia, nos acompaña diariamente en los desplazamientos por carretera. Nos ayuda a conocer la mejor ruta, el estado del tráfico e incluso nos avisa de incidencias o accidentes.

En los últimos años, se ha dotado a los vehículos de distintos elemen-

tos relacionados con la conectividad. Y hoy en día, junto con los teléfonos móviles, los vehículos alcanzan las mayores cotas en lo que a IoT se refiere. De serie vienen equipados con innumerables sensores y las previsiones indican que su número seguirá creciendo.

3.1. On Board Diagnostics (OBD)

En Europa, según la Directiva 98/69EG, los automóviles a gasolina del año 2000 en adelante, los diésel de 2003 en adelante, y los camiones de 2005 en adelante tienen que estar provistos de sistemas de diagnóstico a bordo (On Board Diagnostics - OBD).

Actualmente, el acceso a este sistema se realiza desde el conector OBD, que es un puerto de comunicaciones instalado habitualmente en la zona de los pies del conductor, bajo la consola central o debajo del asiento del copiloto (Figura 3).

Mediante este sistema es posible conocer a tiempo real información sobre el motor y otros elementos del vehículo; como el estado de los testigos de avería, el kilometraje, la velocidad, las revoluciones del motor, la posición del acelerador, el consumo instantáneo, etc.

El objetivo principal de estos sistemas ha sido la diagnosis de averías (principalmente las relacionadas con emisiones) por parte de los talleres y servicios oficiales, pero con la llegada del IoT empresas emergentes han puesto en valor los datos que genera el vehículo.

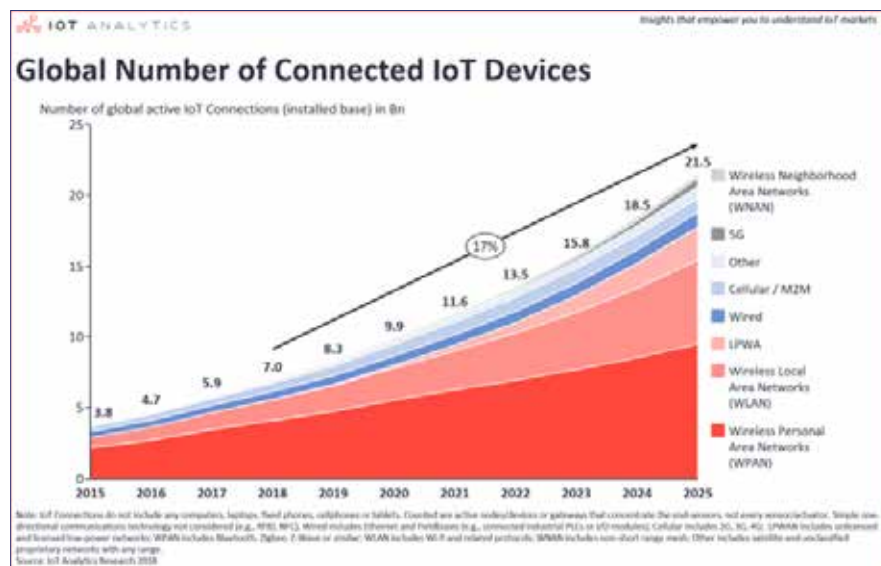


Figura 2. Previsión de dispositivos IoT conectados en el futuro. (Fuente: <https://iot-analytics.com/>)



Figura 3. Ubicación del puerto OBD

Gracias a la existencia del puerto OBD es posible aplicar un grado básico de conectividad, con un coste mínimo, a prácticamente la totalidad del parque automovilístico de España.

En general, los puertos OBD no permiten el control del automóvil, lo que evita problemas de seguridad al conectar el vehículo a internet.

El controlador ELM327 es el más extendido para establecer un enlace con la centralita del motor. En el diagnóstico de averías, suele realizarse una conexión por cable al puerto OBD del vehículo, pero también es posible por vía inalámbrica mediante conexión Bluetooth. Algunas aplicaciones de vehículo conectado de bajo nivel podrían ser:

- Conexión al teléfono móvil del usuario. Existen centenares de aplicaciones para instalar en dispositivos móviles, muchas de ellas gratuitas, que permiten interactuar con el puerto OBD. Para ello es necesario conectar al puerto un dispositivo que transfiera la información al teléfono móvil. Esta opción no dispone de una conexión permanente a internet, ya que depende de la activación de la aplicación por parte del usuario. Estas aplicaciones permiten guardar estadísticas de conducción o programar alertas cuando sea necesario realizar el mantenimiento del vehículo.
- Conexión a internet: Muchas empresas han integrado a las funcionalidades del puerto OBD otras propias de la telefonía, como el posicionamiento por GPS o la transferencia de datos. Esto les permite ofrecer funcionalidades como localización a tiempo real del vehículo, implantar incentivos para aquellos trabajadores que conduzcan de forma más eficiente o hacer una previsión más acertada de las tareas de mantenimiento.



Figura 4. Aplicaciones de monitorización del puerto OBD (Fuentes: www.amazon.es y app.google.com)

Estos datos, combinados con otros, son valiosos para muchas empresas, ya que les permite acceder a líneas de negocio basadas en esa información:

- Enviar publicidad al usuario cuando se acerque el momento de realizar el mantenimiento del vehículo
- Ofrecer ventajas en seguros de auto a aquellos conductores con mejor comportamiento al volante
- Enviar publicidad segmentada al usuario, en función del poder adquisitivo derivado del vehículo que conduce



Figura 5. Aplicaciones de monitorización del puerto OBD con conexión a internet. (Fuente: www.movistar.es)

Los sistemas mencionados hasta el momento permiten un grado de conectividad muy básico, en el que el vehículo solo envía información, pero que se podría ver complementado mediante aplicaciones instaladas en el teléfono móvil del conductor. La ventaja principal de este tipo de sistema es que permite conectar cualquier vehículo, independientemente del desarrollo a nivel de conectividad con que haya sido fabricado.

3.2. eCall

En 2008, la Comisión Europea publicó un plan de acción para la implementación de sistemas de transporte inteligentes en el transporte por carretera⁴, con el objetivo de hacer viajes por carretera más limpios, eficientes y seguros. Entre otros hitos,

con el Reglamento (UE) 2015/758 del Parlamento Europeo y del Consejo, publicado en 2015, se consiguió que todos los vehículos fabricados a partir del año 2018 dispusieran de un sistema de llamada de emergencia en caso de accidente (eCall^{4,5}).

Este servicio permite que el vehículo envíe una comunicación de emergencia de manera automática en caso de accidente. La comunicación incluye datos relevantes para los servicios de emergencia, como localización, número de ocupantes, tipo de vehículo, etc. Permite también co-



Figura 6. Sistema Ecall (Fuente: dailydriver.pl)

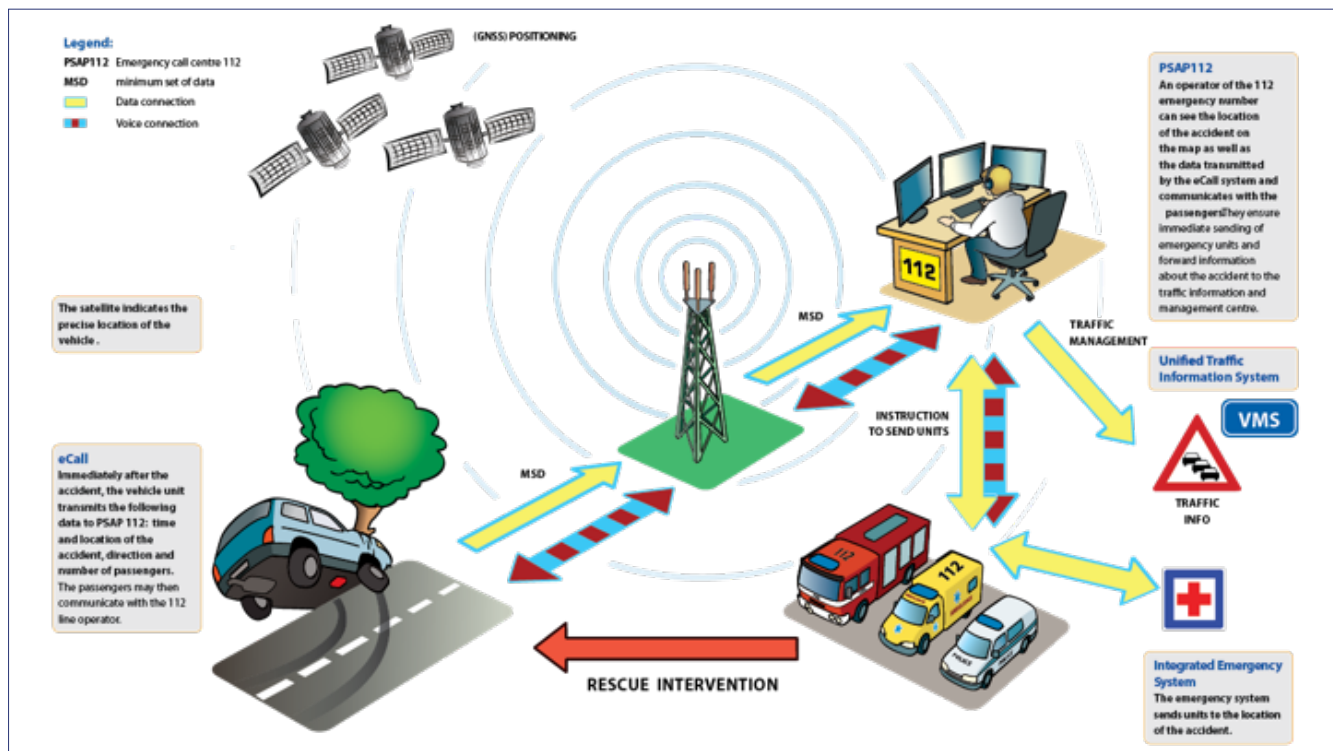


Figura 7. Esquema de funcionamiento del sistema eCall. (Fuente: <http://www.heero-pilot.eu>)

municarse por voz con el centro de emergencia. La comunicación también la puede iniciar directamente el conductor en caso de necesidad pulsando un botón.

3.3. Geolocalización de vehículos

Otro uso interesante del IoT es la geolocalización de personas o vehículos. Muchas empresas disponen de localizadores instalados en los vehículos, para conocer en todo momento su posición y velocidad. Esto es de enorme utilidad para des-

pachar el recurso más cercano a la atención de una incidencia, para planificar rutas de reparto o para la gestión de los equipos en tratamientos de vialidad invernal.

3.4. Estructuras de conectividad implantadas por los fabricantes en la actualidad

Los fabricantes llevan varios años incorporando servicios y dispositivos relacionados específicamente con la conectividad, a través de proveedores de hardware OEM (Original Equipment Manufacturers).

Recientemente, se ha producido un cambio significativo en la demanda, ya que un porcentaje muy alto de clientes del sector elige el automóvil en función de sus características de conectividad, en lugar del rendimiento del propio vehículo.

Los expertos coinciden en que el vehículo conectado tendrá una implantación masiva en el mercado en los próximos años, pudiendo llegar al 90% de vehículos conectados al final de la década⁶.

Existen tres categorías⁷ en lo que a estructura de la conectividad se refiere: Embebida, vinculada e integrada.

- Embebida (embedded connectivity): El vehículo dispone de un módulo de comunicaciones y un módulo de identidad del suscriptor (tarjeta SIM). La aplicación, que suele ser propia de cada fabricante, no requiere del uso de un teléfono inteligente vinculado. Es el utilizado por los fabricantes del segmento Premium, en asociación con empresas tecnológi-



Figura 8. Software de gestión de flotas utilizado por EMESA en el mantenimiento de la M-30.



Figura 9. Arquitectura embebida de Audi. (Fuentes: www.arrojoaudi.com y www.tecnocarreteras.es)



Figura 10. Arquitectura vinculada para infotainment. (Fuente: mazda-press.com)



Figura 11. Arquitectura integrada. (Fuente: mirrorlink.com)

cas como Blackberry, Microsoft o Google. Como ejemplos tenemos Audi Conect (Audi), Intellilink (Opel), BMW Connected Drive (BMW), Mercedes Me (Mercedes-Benz). Desde la propia interfaz del vehículo, permiten enviar alertas de accidente a los servicios de emergencia, solicitar una grúa, disponer de cartografía actualizada para la navegación por GPS, conocer el estado del tráfico, el horario de las gasolineras, etc.

- Vinculada (tethered connectivity): Esta solución utiliza las aplicaciones instaladas en el vehículo y consigue la conectividad por medio de un teléfono móvil vinculado o por medio de una tarjeta SIM alojada en una ranura prevista en el vehículo.

Se utiliza mayoritariamente para servicios de información y entretenimiento (infotainment), pero es una solución poco confiable,

dada la necesidad de intervención por parte del usuario.

- Integrada (integrated connectivity): En esta solución la conexión se realiza a través de un teléfono móvil vinculado. El teléfono del usuario también se encarga de ejecutar las aplicaciones. El hardware del vehículo se utiliza únicamente como pantalla de la interfaz de usuario, facilitando el control de las aplicaciones mientras se conduce. Actualmente no existe un estándar para la integración, siendo cuatro las iniciativas principales (MirrorLink, AppLink, Car Play y Android Auto). Esta forma de integración es la menos apropiada para aplicaciones de seguridad y protección del conductor. Su ventaja es que la innovación o las actualizaciones son mucho más sencillas en el teléfono de lo que podría ser en la unidad instalada en el vehículo.

Es importante tener en cuenta que estas alternativas no son excluyentes y pueden usarse simultáneamente en función de la aplicación propuesta. Será más adecuado disponer de una arquitectura embebida para aquellos eventos relacionados con la seguridad; como un impacto sufrido por el vehículo, la activación del control de tracción o la puesta en funcionamiento de los limpiaparabrisas. Sin embargo, las aplicaciones dedicadas al entretenimiento o mensajería, podrían utilizar arquitecturas vinculadas o integradas que garanticen una mejor adaptación a los gustos del usuario y una dependencia de un gran ancho de banda o de suscripciones a servicios.

Hoy en día no hay un estándar en cuanto a la estructura de conectividad implantada en el vehículo. Hasta el momento solo se establecen acuerdos de cooperación entre fabricantes y empresas tecnológicas para desarrollar diferentes soluciones. Y todo parece indicar que existirán desarrollos exclusivos para cada fabricante, siendo un elemento clave en el marketing de las marcas.

4. Dispositivos IoT fuera del vehículo

4.1. Aplicaciones sobre terminales móviles

Hay una gran cantidad de aplicaciones que informan al conductor sobre el tráfico, incidencias o tiempos de recorrido. Todas ellas recopilan datos de cada uno de los usuarios y los devuelven como información útil.

Aunque estas aplicaciones han demostrado ser muy fiables en relación con los tiempos de recorrido, aún carecen de mucha información relevante para la circulación. Tampoco tienen el respaldo de un Centro de Gestión de Tráfico que valide los

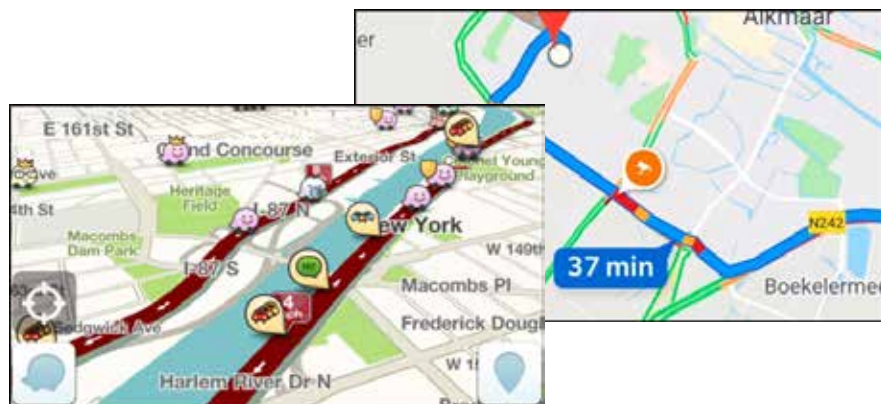


Figura 12. Aplicaciones Waze y Google Maps (Fuentes: waze.com y google.com)

eventos que ocurren o emita alertas. Sin embargo, están muy integradas en la sociedad y su uso aporta numerosas ventajas, por lo que necesariamente estarán incluidas en los sistemas colaborativos.

4.2. Sensores de tráfico

Poniendo el foco en el ámbito de la ingeniería de carreteras y aplicando las tecnologías de IoT, podríamos disponer en tiempo real y en cualquier lugar de la información generada por diferentes dispositivos: estaciones meteorológicas, estaciones de aforo, controles de acceso a recintos, monitorización de vehículos y

personas, estado de plazas de aparcamiento, etc.

Diversos fabricantes han desarrollado sensores de tráfico inalámbricos que se instalan en una perforación realizada en el pavimento. Disponen de una batería de larga duración que permite su funcionamiento durante varios años.

Su funcionamiento es similar al de los lazos inductivos tradicionales, pero aseguran menores costes de instalación y mantenimiento, y su ubicación no está condicionada por la localización del suministro eléctrico o las comunicaciones.

Estos sensores se instalan mediante una perforación en el pavimento y transmiten los datos de forma inalámbrica a una unidad de procesamiento con conectividad cableada o inalámbrica, que soporta los protocolos de comunicación más comunes (Ethernet, 4G, etc.).



Figura 13. Sensores de tráfico bajo el pavimento (Fuentes: siemens.com y sensefields.com).



Figura 14. Esquema de funcionamiento de los sensores de tráfico inalámbricos. (Fuente: https://assets.new.siemens.com)

4.3. Sensores de estado de la calzada

Permiten enviar alertas sobre acumulación de nieve o formación de hielo, así como informar de la efectividad de los tratamientos preventivos de vialidad invernal:

- Temperatura del pavimento en zonas con riesgo de formación de hielo.
- Sensores de concentración de fundentes sobre el pavimento.
- Altura de la lámina de agua sobre el pavimento.



Figura 15. Sensor de estado de la calzada (Fuente: darrera.com)

4.4. Wearables

Actualmente existen sensores que se instalan en la vestimenta (wearables) que permiten monitorizar el estado físico del que los lleva. Esto tiene especial interés para trabajadores que se encuentran solos o realizando tareas que requieren importante esfuerzo físico y permite sustituir el clásico sistema del “hombre caído” que incorporan algunas emisoras portátiles. También permite monitorizar el estado físico de ciclistas y conductores.



Figura 16. Reloj inteligente (Fuente: amazon.es)

4.5. Otros dispositivos

Mediante IoT es posible acceder al estado de cualquier dispositivo de forma remota, por medio de los sensores que más nos convengan. Muchas empresas están trabajando en prototipos relacionados con la conectividad de elementos de la carretera, de manera que en caso de detectar un evento se envíe un aviso al centro de gestión:

- Impactos en barreras de contención, pretiles o amortiguadores.
- Utilización de lechos de frenado.
- Inundaciones en pasos inferiores.
- Ocupación de plazas de aparcamiento.
- Etc.

5. Servicios que ofrece al usuario el vehículo conectado

Como se ha visto anteriormente, el vehículo conectado ofrece la posibilidad de una transferencia de información a través de Internet, entre el automóvil y su entorno. Son muchos y muy variados los servicios que un vehículo conectado puede aportar:

Seguridad vial y gestión del tráfico:

- Activación del sistema eCall para llamadas de emergencia o asistencia en carretera: Mediante este sistema, el conductor puede solicitar de forma sencilla asistencia mecánica o servicio de grúa. Este servicio podría incluir el envío de datos relacionados con el sistema de diagnóstico a bordo, así como el número de ocupantes o la ubicación del vehículo. Una vez validada la incidencia por el Centro de Gestión de Tráfico (CGT) podría enviarse

una alerta a los vehículos que se aproximen al punto.

- Avisos al CGT sobre la existencia de lluvia, niebla o incidencias en caso de que el vehículo active el limpiaparabrisas, las luces de niebla o las luces de emergencia respectivamente. Estos avisos, una vez validados, pueden trasladarse a los vehículos que circulen por la zona.
- Información al CGT sobre el nivel de servicio de la carretera, en base a la velocidad a la que circulan los vehículos. Esto permite facilitar a los vehículos tiempos de recorrido o rutas alternativas.

Del mismo modo, el CGT podría compartir información de terceros con relevancia para los usuarios. Esto permitiría:

- Informar anticipadamente de restricciones y cortes de tráfico por obras o eventos.
- Informar anticipadamente de incidencias o situaciones adversas.
- Facilitar Puntos de Interés (POIs), cartografía actualizada e incluso vistas reales del entorno mediante fotografías aéreas o imágenes a pie de calle.

Comodidad y reducción de costes:

- Aplicación de seguros telemáticos: Mediante este servicio, la compañía aseguradora puede ajustar los precios de las primas en base a los hábitos del conductor, estableciendo bonificaciones para aquellos que recorren menos kilómetros, circulan por zonas con menos riesgo o conducen de una forma más segura.
- Conducción eficiente: El vehículo analiza la forma de conducir y la

muestra al conductor de forma similar a un juego, mejorando la puntuación cuando la conducción es más ecológica.

- Aplicación de tasas por uso y control de acceso. De forma similar a los peajes free-flow, este servicio gestiona los cobros por uso de tramos de peaje o alertaría del acceso a zonas restringidas. También facilitaría la gestión del tráfico en ciudades en episodios de alta contaminación.
- Información sobre precios de combustible: En función del itinerario y de la autonomía, el vehículo ofrece al conductor diferentes alternativas de repostaje, en función de la ubicación y del precio del combustible.
- Espacios de estacionamiento disponibles: Permite localizar áreas de aparcamiento y da información de sus tarifas, pudiendo realizar directamente el pago. También se están realizando diversos pilotos que permitan localizar plazas de aparcamiento libres en ciudades, evitando desplazamientos innecesarios y optimizando los recorridos. Este servicio tiene aún un alto potencial de desarrollo.
- Envío de fases semafóricas a tiempo real: Se informa al usuario de la velocidad más adecuada para evitar detenerse al llegar a un semáforo. También indica el tiempo restante de cada fase. Esta aplicación es capaz de modificar las fases semafóricas a tiempo real, para facilitar el paso a un servicio de emergencia que se aproxima.
- Planificador de rutas: Permite enviar al vehículo una ruta planificada anteriormente. Esto es muy útil para vehículos de reparto o para viajes con varias para-

- das. También permitiría agilizar las labores de vialidad invernal.
- Vehículo compartido: En el caso de flotas de Car Sharing, facilita la gestión de las mismas, mediante interfaces de comunicación con el cliente. Además, en el caso del vehículo particular, facilita su uso compartido.
- Diagnóstico remoto y mantenimiento: Los datos de rendimiento y estado del vehículo son enviados a un tercero, que puede ofrecer un mejor servicio al tener información más completa con mayor antelación (mejoras en la gestión de stocks de repuestos, cita previa, previsión de la carga de trabajo en talleres, etc.).
- Control remoto del vehículo: Permite desbloquear el vehículo para que pueda ser utilizado por otra persona sin necesidad de llave, configurar la temperatura interior, etc.
- Estadísticas de uso: El conductor puede recibir información de sus estadísticas de uso, conociendo tiempos medios de recorrido o costes por kilómetro y recibiendo alternativas para un transporte más eficiente.
- Asistencia en caso de robo: El propietario puede conocer la ubicación del vehículo, así como solicitar un bloqueo de encendido o imponer reducciones de velocidad de forma remota.
- Geo-vallado: Permite que el propietario reciba un aviso si el vehículo abandona o accede a una zona predefinida. Esto puede ser utilizado en la gestión de flotas o para un control parental.
- Variedad: Datos de fuentes muy diversas (clima, tráfico, obras, incidencias, etc.)
- Velocidad: Los datos se actualizan de forma continua

Los sistemas cooperativos permiten a un vehículo intercambiar información con la infraestructura (V2I), con otros vehículos de las inmediaciones (V2V), con peatones (V2P) o con proveedores de servicios externos en la nube (V2C). En definitiva, el objetivo es que el vehículo disponga de un intercambio de información ilimitado (V2X).

Pero toda esta enorme cantidad de información requiere de infraestructuras de hardware y software específicas para su gestión. También necesita algoritmos para su automatización, de forma que la latencia sea mínima y el factor humano inter venga solo en caso de necesidad.

Un ejemplo de algoritmo podría ser una alerta por lluvia enviada automáticamente a todos los vehículos conectados que se dirijan a una zona. Para que sea automático y no requiera la validación de un operador, debería cumplir ciertos condicionantes, por ejemplo:

Infoentretenimiento y otros usos:

- Redes inalámbricas para los pasajeros (WiFi): Permite a los pasajeros disponer de una conexión a internet de alta velocidad para su uso con ordenadores, tabletas o teléfonos móviles.
- Transmisión de contenido multimedia en streaming: Es posible escuchar radio en línea, descargar la música favorita o escuchar noticias. También es posible visualizar video.
- Llamadas y conexión con redes sociales o correo electrónico: Permite un acceso con mínima distracción a los medios de comunicación social, mediante audio y órdenes de voz.
- Tienda de aplicaciones: Permite instalar aplicaciones especialmente diseñadas para el vehículo.
- Navegador web: permite visitar páginas de internet desde el vehículo.

6. Sistemas cooperativos

Los sistemas cooperativos son fruto de la colaboración que se produce entre gestores del tráfico, la infraestructura, los vehículos que la utilizan y otros stakeholders involucrados. Son un punto de encuentro para el conocimiento, en el que todos los intervinientes aportan y recogen información, desarrollando sinergias.

En esencia, aglutinan toda la información relevante para el tráfico y, una vez procesada, la revierten en usuarios, gestores y demás interesados. A este conjunto enorme de información se le conoce como "HUB de datos" o "Data Lake".

Esta información se caracteriza por las 3 V que definen al Big Data:

- Volumen: Gran cantidad de información

- Que exista previsión de lluvia de la Agencia Estatal de Meteorología para esa zona y para esa hora con una probabilidad mayor del 50%.
- Que 10 vehículos que circulen por ese tramo hayan activado el limpiaparabrisas en los últimos 5 minutos.

Esta cantidad de datos permite aplicar modelos predictivos para el cálculo de la demanda, de forma que la planificación sea óptima (desplazamientos vacacionales, obras en calzada, peajes con tasa variable, etc.).

Actualmente muchas empresas tecnológicas han encontrado una oportunidad de negocio en servicios relacionados con la movilidad, explotando los datos que generamos como una valiosa fuente de información. Recientemente se publicaba en la prensa, con cierta polémica, que el Instituto Nacional de Estadística (INE) acababa de firmar un contrato con las principales operadoras de telefonía para un estudio sobre transporte y movilidad, utilizando la geolocalización de los móviles de la mayoría de los españoles.

El pasado mes de diciembre, el Ministerio de Fomento publicó los datos del “Estudio de la Movilidad Interprovincial de Viajeros aplicando la Tecnología Big Data”⁸. Este estudio, que se basa en los datos de posicionamiento de terminales móviles durante los meses de julio/agosto y octubre de 2017, describe patrones de desplazamiento muy interesantes.

Estos son solo unos ejemplos de la gran cantidad de información que se genera “estando conectado”. Y esta aumenta exponencialmente si incorporamos los datos que genera el vehículo.

Aunque esos desarrollos vengán promovidos por objetivos económicos, las administraciones públicas deben participar en esas soluciones, velando por el interés general. Es fundamental garantizar la calidad de la información, la seguridad frente a ataques y la privacidad de los usuarios. Es decir, se debe establecer un gobierno de aquellos datos relevantes para la circulación segura del vehículo conectado. Es importante que el usuario perciba que la información recibida en su vehículo es fiable. O lo que es lo mismo: ha sido contrastada y validada, se ha difundido por un medio seguro y garantiza la privacidad de los usuarios.

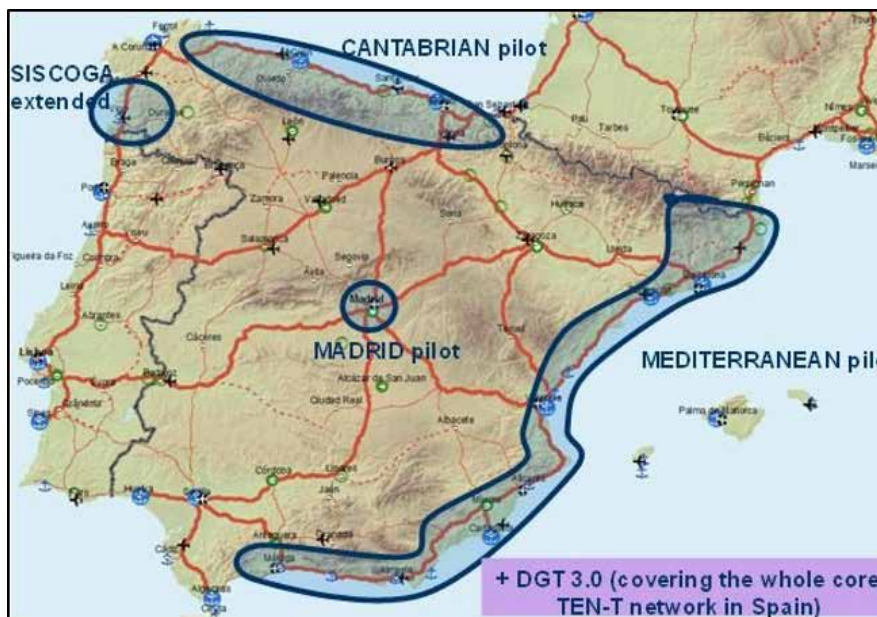


Figura 17. Pilotos del proyecto C-Roads Spain (Fuente: www.c-roads.es)

Los proyectos colaborativos que se están desarrollando en este momento han cogido ese testigo.

7. Proyectos sobre sistemas cooperativos en España

Actualmente se están desarrollando diferentes iniciativas en sistemas cooperativos, que comprenden organismos públicos, fabricantes de automóviles, aseguradoras y empresas tecnológicas o de telecomunicaciones.

Las más relevantes en nuestro país son el Proyecto C-Roads Spain y el Proyecto DGT 3.0.

El proyecto C-Roads Spain forma parte del proyecto europeo C-Roads. Cuenta con un presupuesto de unos 18 millones de euros y está coordinado por las Direcciones Generales de Tráfico y Carreteras. Está formado por diferentes pilotos en desarrollo. En un próximo artículo se expondrá en detalle el Piloto de Madrid, desplegado en la M-30, en el que participan Madrid Calle 30 y EMESA.

Este proyecto comprende una primera fase de instalación de equipamiento, seguido de un estudio de diferentes servicios. Estos se han agrupado en servicios “Day 1” y “Day 1.5” en base a su alcance e implementación:

Day 1: Avisos al conductor ocasionados por:

- Avisos por vehículos lentos o parados y advertencia de tráfico congestionado
- Advertencia de obras en la carretera
- Advertencia de condiciones climáticas adversas
- Activación de luces de emergencia
- Aviso de aproximación de vehículo de emergencia
- Información de límites de velocidad en el vehículo

Day 1.5: Información de tráfico y Smart routing.

Estos servicios abrirán la puerta a muchos otros, integrando al vehículo conectado con el resto de su entorno y acercando el concepto de Ciudades Inteligentes (Smart Cities).

En línea con lo anterior y dentro del marco de C-Roads Spain, la DGT ha iniciado el desarrollo del proyecto DGT 3.0. Con ello se pretende favorecer el uso compartido y anonimizado de la información, en materia de tráfico y movilidad.

Se pretende crear un HUB de datos que integre fuentes de información, favoreciendo casos de uso tangibles relacionados con la movilidad conectada; con los objetivos de mejorar la seguridad, la comodidad y la eficiencia en los desplazamientos por carretera.

De esta manera, la plataforma sería un punto de acceso a nivel nacional, permitiendo la interconexión de todas las partes interesadas relevantes y usuarios finales involucrados en el ecosistema de tráfico: vehículos, conductores, peatones, fabricantes de automóviles, concesionarios, empresas de alquiler, flotas de transporte, instalaciones de inspección técnica, plataformas MaaS, etc.

8. Conclusiones

Como usuarios, es habitual que en nuestros desplazamientos por carretera nos apoyemos en la información que nos brinda nuestro teléfono móvil. Se ha vuelto imprescindible para conocer la situación del tráfico o para calcular la ruta a nuestro destino.

Como gestores, son evidentes las ventajas de la inclusión de estas tecnologías en la movilidad por carretera. Nos encontramos en un momento de cambios profundos y debemos estar preparados para afrontarlos con éxito.

La gran mayoría de fabricantes de automóviles incorporan cierto grado de conectividad. Además, la demanda de este tipo de servicios es creciente. Es habitual ver anuncios publicitarios en los que se ensalza este equipamiento, en lugar de otras características del vehículo.

Esta disponibilidad de la información obliga a que la toma de decisiones esté corroborada por los datos. Incluso en algunos campos ya es posible aplicar modelos predictivos con un grado de fiabilidad muy alto. Podemos pensar en activación de protocolos ante contaminación, planificación de operaciones salida/retorno en periodos vacacionales, etc.

A esta forma de gestión, apoyada en datos, se la conoce como Data Driven.

Aún está lejos la realidad del vehículo autónomo, pero el vehículo conectado ya comienza a circular por nuestras carreteras. La gestión de la movilidad y de las infraestructuras de transporte está cambiando. Como técnicos de movilidad y gestores de infraestructuras, debemos saber explotar el potencial que el vehículo conectado puede aportar.

9. Referencias bibliográficas

- [1] Schwab, Klaus. (2016). The Fourth Industrial Revolution. ISBN 9780241980538.
- [2] Sitio web de Arduino: <https://www.arduino.cc/>.
- [3] Sitio web de Raspberry: <https://www.raspberrypi.org/>.
- [4] Iniciativa europea eCall: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/ecall-time-saved-lives-saved>.
- [5] Sistema eCall: Situación actual y estándares. Plataforma Tecnológica Española de la Carretera. https://www.ptcarretera.es/wp-content/uploads/2015/09/Cuaderno-PTC_5-2011_Sistema-e-Call.pdf.
- [6] Telefónica - Connected Car Industry Report 2014.
- [7] Global System for Mobile Association (GSMA): "Connecting Cars: The Technology Roadmap", febrero de 2013.
- [8] Estudio de la Movilidad Interprovincial de Viajeros aplicando la Tecnología Big Data: <https://observatoriotransporte.mitma.gob.es/estudio-experimental>. ❖



Figura 18. Infografía del Proyecto DGT 3.0 (Fuente: dgt.es).

Presentación del libro de Javier Rui-Wamba: “Teoría Unificada de Estructuras y Cimientos. Una Mirada Transversal” (TUEC)

José Serna García-Conde

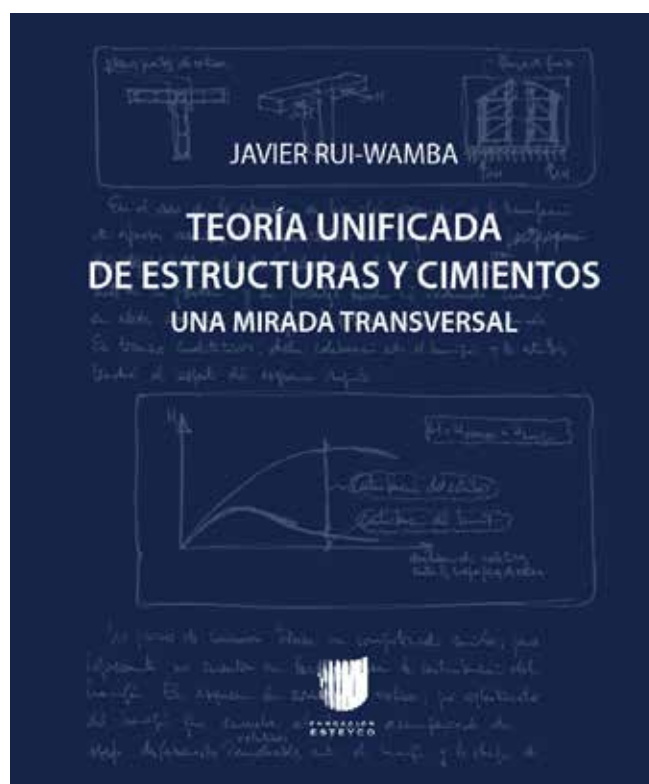
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director de Tecnología de ESTEYCO

Carlos García Acón

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director General de ESTEYCO

Las estructuras no se calculan, se sienten. Por eso este libro no trata, aun cuando pueda aparentarlo, del cálculo de estructuras. Pretende ser un instrumento para comprenderlas, con la inestimable e imprescindible ayuda de los cálculos. Porque su autor comparte, en buena medida, la opinión de quienes piensan que solo se sabe lo que se puede cuantificar.

Pero la cuantificación no debe ser la auténtica finalidad del saber estructural. Debe ser la consecuencia que se deriva de dicho saber. Y, a ese respecto, es mucho más intuitivo, y arraiga con más rapidez y profundidad en la mente del ingeniero, plantear todo el análisis estructural y el comportamiento de los materiales desde bases de deformaciones claras. Porque son las deformaciones las que realmente existen y son perceptibles. Y es, a partir de ellas, cómo se pueden deducir tensiones y esfuerzos -conceptos abstractos- que utilizamos como estrategia para verificar comportamientos y para justificar las hipótesis estructurales que empleamos habitualmente.



El libro que está a punto de publicarse es un libro único. Nace de un sueño, pues tan solo un soñador se aventuraría a explicar como nunca antes lo que muchas veces se ha explicado.

Escribirlo ha llevado 12 años, pero hacerlo posible es labor de toda una vida. Una vida de dedicación y pasión por la profesión del ingeniero en la que durante cinco décadas Javier Rui-Wamba ha reunido en la valiosa biblioteca de Esteyco, su Esteyco, cerca de 8000 volúmenes dedicados a la ingeniería, de los que una mayoría se refieren a la ingeniería estructural y geotécnica. Una pléyade creciente de libros siempre escogidos, de marcado carácter internacional y en multitud de idiomas, a los que se suman constantemente las mejores revistas especializadas en las que Javier Rui-Wamba no deja de bucear, seleccionando los artículos o noticias de más interés que distribuye periódicamente por la oficina. Así, los que hemos tenido el privilegio de crecer profesionalmente en la estela de Javier Rui-Wamba, hemos podido disfrutar de una amplia y cuidada selección internacional de los mejores libros y publicaciones en el ámbito de la ingeniería de estructuras y sus cimientos.

Sólo sobre una base así me atrevería a afirmar, como he hecho sin miedo a equivocarme, que es éste un libro único. Lo es en primer lugar por el ambicioso objetivo que persigue y alcanza: la mirada transversal y holística de la ingeniería estructural con la que ya su título nos atrapa.

La transversalidad como valor

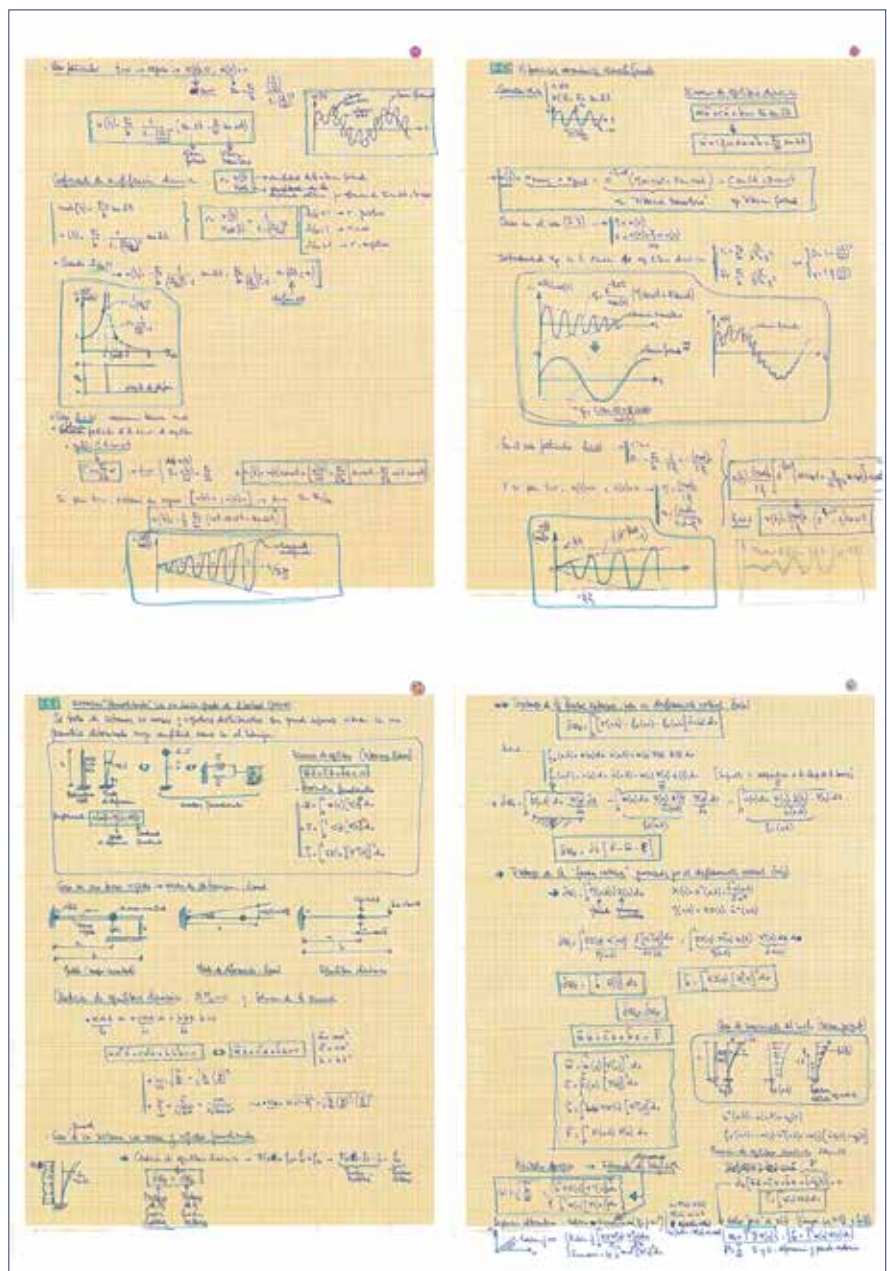
Las últimas décadas han sido testigo de un vertiginoso avance en muchas áreas de la ingeniería, espoleado por una accesibilidad inusitada a conocimientos, información y herramientas que progresan sin cesar. El desarrollo de materiales de construcción nuevos o mejorados, la disponibilidad

de más capaces y sofisticados medios de construcción, o las actuales capacidades de análisis y diseño asistido por ordenador que generaciones anteriores de ingenieros no hubiesen siquiera imaginado son sólo algunos de los avances que cabría esperar que estuviesen impulsando y transformando las capacidades y logros de los ingenieros estructurales de hoy y de mañana.

Sin embargo, cabe poner en duda que ello se esté reflejando en la gene-

ralidad de nuestros proyectos y obras, vistos a la luz de las de aquellos que nos precedieron. Son escasas las respuestas a los problemas que vienen en forma de nuevas o mejores soluciones, y la innovación o la enriquecedora amalgama entre disciplinas parecen a menudo estar más desincentivadas que lo contrario.

Acaso esta aparente contradicción tenga que ver con una pujante especialización a la que el ingeniero se ve hoy frecuentemente empujado, permi-



Texto manuscrito de Javier Rui-Wamba

tiéndole saber cada vez más, pero de cada vez menos cosas. La bendición de una creciente cantidad de conocimientos más y más accesibles y detallados tiene la contrapartida de derivar en un número igualmente creciente de ramas para la formación y práctica profesional, en las que proliferan innumerables normas, herramientas o publicaciones específicas.

Así, los admirables progresos que se producen corren el riesgo de quedar aislados en el campo concreto en el que se originaron, la innovación corre el riesgo de verse amedrentada por la reglamentación, los departamentos universitarios que forman a los ingenieros pueden convertirse en compartimentos en los que la enseñanza de las estructuras se disperse y desmenuce más de lo deseable. El ingeniero en definitiva corre el riesgo de ver mermada su visión global y con ella su capacidad para enfrentar problemas, que no acostumbran a plegarse a artificiosas fronteras entre especialidades.

Con este libro, Javier Rui-Wamba regala al ingeniero estructural un antídoto ante dichos riesgos.

Un tratamiento profundamente didáctico, riguroso y exhaustivo, que con vocación generalista abarca los grandes campos de la ingeniería estructural, cosiéndonlos con un hilo de transversalidad tan inédito como oportuno, que enriquecerá tanto a estudiantes como a ingenieros dedicados a proyectar estructuras, así como en particular a los profesores que asumen la elevada misión de dar a las nuevas generaciones de ingenieros estructurales una formación amplia y sólida; un planteamiento que fomenta un aprendizaje de las estructuras de carácter integral y pluridisciplinar, contribuyendo a situar el conocimiento especializado en un marco más general y estimulante.

El análisis estructural, la lógica de los flujos de fuerzas y su transferencia, el conocimiento de los distintos mate-

riales entre los que puede y debe contarse el terreno que es prolongación de nuestras estructuras, la capacidad para concebir y verificar los sistemas que les dan forma, ya sean de acero, hormigón o mixtos, la comprensión de los medios y métodos constructivos que las hacen posibles, el entendimiento de las acciones que las solicitarán o de los criterios de seguridad que les son exigibles, la consciencia de sus costes y de la necesidad de integración en el entorno, son todos soportes irrenunciables de la competencia y aptitud del ingeniero estructural. Sólo posibilitando dicha visión global se estará dotando al ingeniero de la perspectiva para tomar decisiones adecuadas y para acertar en el enunciado de los problemas a los que se enfrente, primer y fundamental paso para su resolución.

Las estructuras no se calculan, se sienten

Javier Rui-Wamba nos muestra como tan estimulante reto se facilita al identificar y entender lo mucho que tienen en común todas las estructuras, cualquiera que sea su función o el material con el que se construyen, lo que con frecuencia queda oculto entre las diferencias históricamente establecidas en su enseñanza, análisis o reglamentación. Como esencial vehículo de esa mirada transversal, el libro reivindica y clarifica la importancia de los fundamentos, no siempre visibles pero siempre presentes, raíces comunes de disciplinas que a menudo se ven artificialmente separadas y que Javier Rui-Wamba reúne bajo la esclarecedora luz del mismo foco.

Los conceptos de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones, o el de la siempre deseable ductilidad que es a menudo responsable de aunarlos en la práctica de un buen diseño, son algunos de los conceptos esenciales que reaparecen conforme el libro re-

corre distintas áreas de la ingeniería estructural, cohesionando el completo y valioso cuerpo de conocimiento y criterio ingenieril que ofrece.

Así, y a modo de ejemplo, el lector comprenderá las enriquecedoras analogías que existen en la transferencia de esfuerzos rasantes ala-alma en vigas de hormigón armado y en las conexiones acero-hormigón de vigas mixtas, asimilará la unidad conceptual que hay detrás del estudio de la inestabilidad de soportes comprimidos metálicos o de hormigón, en didáctico contraste con las diferencias entre sus formulaciones de cálculo, visualizará como el método "strut and tie" originalmente desarrollado para estructuras de hormigón tiene también mucho que decir en el estudio de zonas singulares de estructuras metálicas o mixtas, o entenderá que los análisis y criterios de diseño de la situación pluritensional que se genera en el alma de una viga sometida a cortante, aparentemente tan dispares en estructuras metálicas y de hormigón, tienen fundamentos comunes en los que cabe basar criterios asimilables a ambos casos que faciliten la comprensión y el tratamiento práctico de un fenómeno complejo.

Ese carácter visionario -si se compara con los métodos más habituales de enseñanza y con la división y aparente independencia de las normas y códigos que acompañan al ingeniero en su práctica profesional- tiene otro claro ejemplo en el modo en el que el libro incorpora el terreno al listado de materiales esenciales que el ingeniero de estructuras puede y debe conocer para plantear adecuadamente el enunciado del problema estructural a resolver. El libro reúne y fundamenta ordenes de magnitud y simplificaciones prácticas de gran utilidad, sin renunciar a tratar con rigor las especificidades que gobiernan la compleja respuesta y caracterización del terreno, raramente recogidas en tratados no exclusivamente geotécnicos. Y ello sin pretender sustituir el necesario diálogo

entre especialistas y disciplinas, muy al contrario, promoviéndolo y facilitándolo para que ese terreno fronterizo en el que conviven sea lugar de fructífero entendimiento.

Esa vocación unificadora, que a lo largo del libro genera vasos comunicantes entre distintos campos de la ingeniería estructural, contribuyendo a relacionar y asentar conceptos, convive con un tratamiento profundo de cada uno de dichos campos y sus especificidades, rebotando de cuidadas e ilustrativas figuras y gráficas, con múltiples ejercicios y ejemplos prácticos. Tratamiento que recoge las más relevantes referencias a la normativa aplicable, convenientemente acompañadas de explicaciones sobre la razón de ser de su articulado, que ayudan a su comprensión y a dotar al ingeniero de criterio para afrontar los casos, no tan infrecuentes, en los que resulte ne-

cesario o conveniente salir del amparo de las soluciones normalizadas sancionadas por la reglamentación.

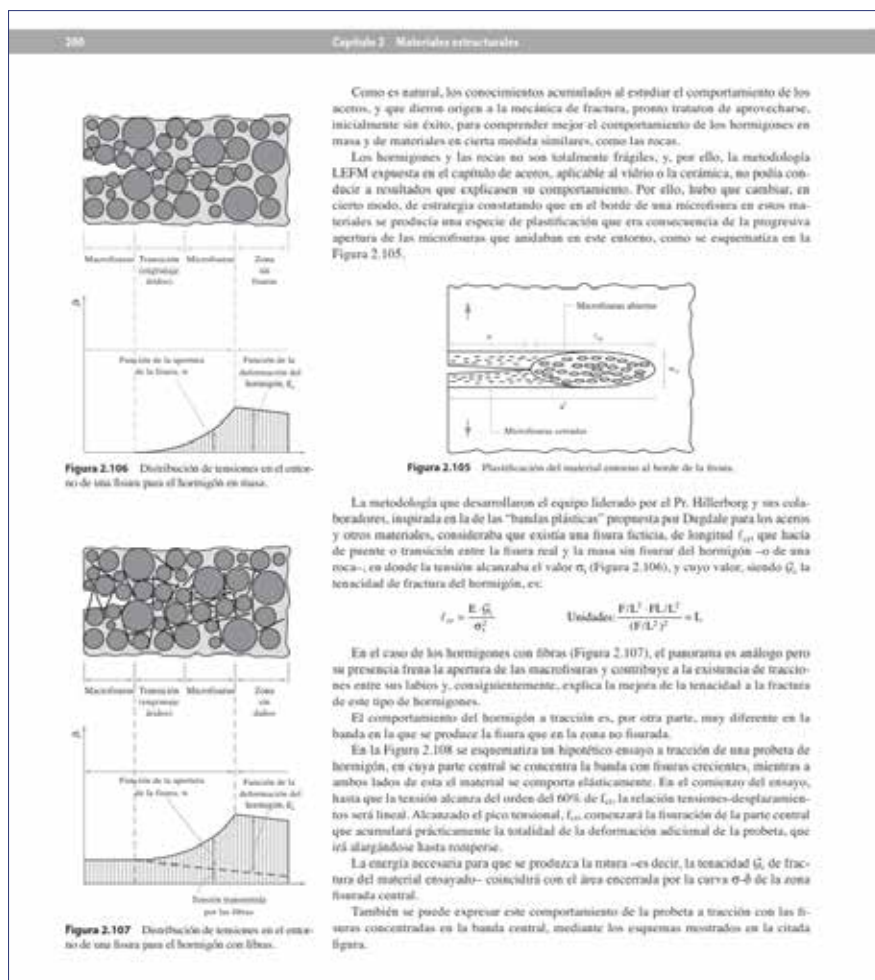
He afirmado que es éste un libro único por ese inédito planteamiento de generalidad y didáctica transversalidad. Lo es también por la difícilmente repetible historia de capacidad, experiencia y generosidad que hay detrás de su autoría. Una singularidad no podría entenderse sin la otra.

Enseñar es la mejor forma de aprender

A lo largo del libro late en efecto el especial modo en el que se aúnan, en la persona de Javier Rui-Wamba, el brillante profesor y el prolífico ingeniero. Quien esto escribe no ha cesado de cruzarse en su día a día profesional con ingenieros que, al oír mencio-

nar a Rui-Wamba, han recordado con admiración y agradecimiento sus clases en la ETSICCP de Madrid, en la que durante 17 años fue profesor de la cátedra de Puentes y Estructuras Metálicas. A esa experiencia docente, Javier Rui-Wamba suma una amplia experiencia activa y a menudo protagonista en diversos comités nacionales e internacionales que han dado origen a normativas de referencia sobre distintos tipos de estructuras; desde el Comité Europeo del Hormigón (CEB), cuando generó el valioso Código Modelo 1990, probablemente la mejor y más influyente norma de hormigón estructural que se haya escrito, pasando por la comisión internacional redactora del Eurocódigo-4 para estructuras mixtas, hasta los distintos equipos que el propio Javier Rui-Wamba coordinó para dar lugar a las Recomendaciones para el diseño de Puentes Metálicos (RPM-95) y Puentes Mixtos (RPX-95), o la Guía para la Concepción de Puentes Integrales de Carreteras.

Pero lo que multiplica y proyecta el valor de esa extraordinaria y diversa experiencia docente o normativa es sin duda la amplísima y exitosa trayectoria de Javier Rui-Wamba llevando esos conocimientos a la realidad de la práctica profesional y la obra construida, liderando un equipo multidisciplinar que ha proyectado innumerables estructuras de todo tipo en más de una treintena de países, con toda clase de materiales, con frecuencia de gran complejidad y siempre de gran diversidad. Javier Rui-Wamba ha sido pionero en el uso e introducción en nuestro país de varias técnicas o diseños innovadores que hoy se han normalizado, desde los primeros usos en España de forjados de casetones recuperables, hormigones de muy alta resistencia o losas postesadas, hasta realizaciones pioneras en puentes integrales de ferrocarril o torres eólicas de gran altura. Una trayectoria que le ha granjeado numerosos premios y reconocimientos, incluyendo entre



otros muchos la Medalla de Honor del Colegio de Ingenieros o el Premio Nacional de Ingeniería Civil, el más alto galardón que otorga el Ministerio de Fomento.

En ese fructífero recorrido Javier Rui-Wamba ha predicado con el ejemplo sobre las bondades de esa visión generalista y transversal que promulga. Le he visto anticipar con profético acierto la ventaja del hormigón en el diseño de torres eólicas para las que la ortodoxia pedía acero, o la ventaja del acero en el diseño de un puente ferroviario para el que la ortodoxia pedía hormigón. Le he visto trasladar con gran éxito ideas originadas para estructuras de madera a torres eólicas, ideas originadas para torres eólicas a las pilas de puente, e ideas originadas para pilas de puente a los mejores aparatos de apoyo, que son aquellos cuya necesidad puede evitarse, por esbozar sólo algunos ejemplos.

La sobresaliente labor profesional de Javier Rui-Wamba le ha llevado a convertirse en el primer miembro electo de la Real Academia de Ingeniería, siendo su libro "Aforismos Estructurales", inspirado en su discurso de entrada a la Academia, de obligada y estimulante lectura para los que trabajamos en torno a la ingeniería estructural y buen reflejo del carácter humanista de Javier Rui-Wamba. Carácter que impregna también este libro, como se muestra en los interesantes extractos biográficos que lo salpican y ayudan al lector a apreciar las historias humanas que hay detrás de los grandes avances y conocimientos de la ingeniería que el libro recoge y pone didácticamente a su alcance. Solo quien se ha enfrentado a la realidad de tantos y tan variados diseños estructurales sabrá dar a los necesarios conocimientos académicos una conveniente orientación práctica, que se va plasmando a lo largo del libro en forma de criterios de diseño, prácticos ordenes de magnitud de referencia, y constructivas advertencias sobre los riesgos más

habituales a los que se enfrentan hoy quienes conciben y diseñan las estructuras de mañana.

Trabajar para saber, saber para trabajar

"Los Ingenieros somos gestores de incertidumbres"; "La ductilidad es puente sobre nuestra ignorancia"; "No se debe calcular una estructura que no se sepa dibujar ni se deben emplear fórmulas cuyo significado físico se desconoce"; "No se puede conocer el estado tensional de una estructura"; "No se debe resolver por ordenador un problema sin saber obtener antes una aproximación manual, ni debe darse por buena su resolución numérica sin revisar esa aproximación previa". Son algunos de los aforismos acuñados por Javier Rui-Wamba que a lo largo del libro fundamentan valiosos consejos y lecciones prácticas que se repiten porque aplican a la generalidad de campos de la ingeniería estructural.

Esa singular combinación de talento y amplia experiencia tanto docente como profesional es desde luego condición necesaria para la génesis de un libro como este, pero no suficiente. Ha de llegar acompañada de un extraordinario espíritu de generosidad y amor por el conocimiento que, desde la atalaya de una trayectoria de más de 50 años colmada de éxitos y reconocimientos, rechace cualquier atisbo de conformismo para aventurarse en un reto de tanto calado y ambición. Reto nacido de un sueño que para hacerse realidad ha requerido cerca de un centenar de los inconfundibles Pilot V5 de Javier Rui-Wamba, con los que ha generado alrededor de 3000 páginas manuscritas, de las que la figura XXX recoge una muestra, cuajadas de formulaciones y figuras, base de un libro en el que Javier Rui-Wamba y un estrecho grupo de colaboradores han invertido más de 10.000 horas de trabajo intelectualmente fértil. La inteligencia y

genialidad que hay detrás de este libro sólo lo han llevado a la luz acompañadas de una inquebrantable capacidad de trabajo, impulsada por un afán de compartir conocimiento para el progreso de la ingeniería y la profesión. Legado de un ingeniero irrepetible que es reflejo del lema que ha presidido su trayectoria: Trabajar para saber, saber para trabajar. ❖

Relación capítulos del libro:

1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL ELÁSTICO
2. MATERIALES ESTRUCTURALES
3. SISTEMAS ESTRUCTURALES DE ACERO Y HORMIGÓN
4. TRANSFERENCIA DE FUERZAS
5. DISPOSITIVOS DE APOYO
6. CONCEPCIÓN, DIMENSIONAMIENTO, VERIFICACIÓN DE ZONAS SINGULARES: EL MÉTODO "STRUT AND TIE" (BIELAS Y TIRANTES)
7. LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL
8. LA DINÁMICA ESTRUCTURAL
9. ALGUNAS TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES DE ESPECIAL INTERÉS

ANEJOS

- INGENIEROS DE REFERENCIA
- LIBROS DE REFERENCIA
- CONSTRUCCIONES DE REFERENCIA
- BIOGRAFÍA ESTRUCTURAL

Asistencia técnica para la Planificación y Gestión de la Red de Autopistas para la Administración de carreteras de Vietnam

FINANCIADO POR EL BANCO MUNDIAL

AUTOR: TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.

Con la Asistencia Técnica de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos:

D. Francisco Caffarena y D. José M^º Izard

Vietnam viene experimentando desde hace unos años un importante desarrollo económico y, como consecuencia, requiere una red de infraestructuras que facilite de forma eficiente el movimiento de personas y mercancías, que estructure el territorio y que comunique los grandes centros de producción, consumo y exportación de las mercancías. Las actuaciones viales planificadas por el Gobierno de Vietnam se centran en disponer de una red de alta capacidad (que incluye autopistas de peaje) a construir en los próximos 15 años, con una longitud de 6.411 km.

En este contexto, el Gobierno de Vietnam solicitó apoyo al Banco Mundial para que financiara la elaboración de un estudio que analizara la situación actual de la organización y diseñara una nueva estructura organi-

zativa, administrativa y financiera que permitiera planificar, construir y gestionar en los próximos años el desarrollo de la red de gran capacidad. A estos efectos, el Banco Mundial, convocó una licitación internacional en el año 2016 para la redacción de este estudio. El Contrato fue adjudicado a un consorcio liderado por la empresa consultora de ingeniería TPF GETINSA EUROESTUDIOS y desarrollado por un equipo de expertos internacionales, bajo la dirección del ingeniero de Caminos español Manuel Aguinaga, con la supervisión del Director General de Getinsa, Pedro Gómez.

Entre otras materias, el estudio contemplaba el análisis de las organizaciones más avanzadas del mundo en gestión de redes de carreteras de gran capacidad, que estaban gestionando redes a través de or-

ganizaciones dinámicas, diseñadas con principios de gestión privada, pero conservando el Ministerio la titularidad de las actuaciones y el control público.

Para el desarrollo del trabajo se debía partir de la organización actual que gestionaba las carreteras de Vietnam, perteneciente al Ministerio de Transporte, que contaba con la Dirección General de Carreteras (DRVN), VEA (Vietnam Expressway Administration) y otros organismos e instituciones que se ocupan de las distintas redes de carreteras.

El estudio se acometió en cinco etapas:

1. Diseñar un modelo de organización, dotado de las normas, procedimientos y regulaciones necesarias para gestionar el diseño, construcción, conservación y financiación de la red de gran capacidad.
2. Desarrollar un sistema de normas, estándares y especificaciones técnicas para la construcción, operación, mantenimiento, financiación y gestión de la red.

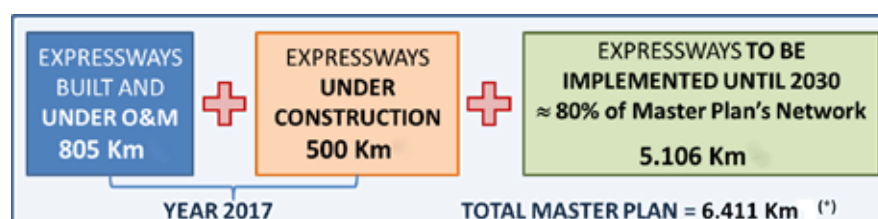


Figura 1.

3. Establecer un sistema de información integral para la red de gran capacidad.
4. Diseñar un sistema de formación para el personal técnico a corto, medio y largo plazo.
5. Proponer los medios y el equipamiento técnico necesario para facilitar la gestión de la red.

El estudio comenzó con un análisis exhaustivo de todos los aspectos

organizativos, técnicos y legales que condicionaban la estructura de la Dirección General de Carreteras vietnamita. Lógicamente, la estructura jurídica fue la más laboriosa de desentrañar, debido a los excesivos Decretos, Leyes, Órdenes Ministeriales, normas y procedimientos reguladores propios de un país comunista en transición hacia una economía de mercado.

Dado que desde el primer momento propusimos a la propiedad la conveniencia de estructurar la futura Agencia a partir de la Organización existente, también se llevó a cabo un estudio detallado de la estructura organizativa actual de la Dirección de Carreteras, de las competencias de cada uno de sus departamentos y de las cualificaciones técnicas de los funcionarios. Al igual que ocurrió con el aspecto jurídico, esta parte

Tabla 1.						
ESCENARIOS	STATUS QUO (VIETNAM)		FACILITATED (ESPAÑA & GB)	 	COMPLEX (NUEVA ZELANDA)	
FORTALEZAS	<ul style="list-style-type: none"> • DRVN gestiona la red nacional de carreteras de Vietnam con una organización única. • Marco legal sin cambios importantes. 		<ul style="list-style-type: none"> • La organización única (VEA) actúa con un mandato fuerte y claro sobre las autopistas de Vietnam. • Todas las autopistas se rigen y son supervisadas bajo el mismo criterio y por VEA (Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento). 		<ul style="list-style-type: none"> • Gran eficiencia económica, debido a las sinergias entre la Agencia Estatal y las empresas privadas. 	
DEBILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • La gestión de la autopista no es realizada por una organización enfocada únicamente en las características de la autopista, sino que se amplía en una amplia diversidad de criterios debido a la existencia de múltiples agentes (estatales y privados). • Esta ampliación de criterios de gestión facilita la obtención de fondos para la financiación de la construcción y la O&M. 		<ul style="list-style-type: none"> • Los recursos humanos y sus competencias técnicas actuales son limitados. • Lenta implementación organizacional y de responsabilidades en VEA. • Es urgente la implementación de nuevas normas y estándares legales, técnicos y administrativos. • La redacción y aprobación debe hacerse de inmediato. 		<ul style="list-style-type: none"> • Implementación incierta debido al limitado marco legal vietnamita. • Compite directamente con VEC, ya que éste se convertirá en una Unidad Ejecutora. • Normas y marco contractual insuficientes; • La Agencia Estatal es a la vez la Unidad de Ejecución y de Toma de Decisiones. No hay un organismo superior que controle a la Agencia. 	
OPORTUNIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los accionistas responsables de la autopista conocen los procedimientos que se vienen ejecutando. 		<ul style="list-style-type: none"> • Incrementa la autoridad de VEA como la única Autoridad Nacional de Autopistas y, de esta manera, se facilita la aplicación de las actuaciones más eficaces en cada momento. • Los usuarios se identifican claramente con el entorno de la autopista, ya que todas están gestionadas con el mismo criterio. 		<ul style="list-style-type: none"> • Se atrae la inversión privada, ya que el riesgo se comparte con la Agencia Reguladora. 	
AMENAZAS	<ul style="list-style-type: none"> • Las distintas instituciones realizan sus respectivas funciones al mismo nivel. • La relación entre los diversos agentes conduce a la ineficiencia salvo que existan reglamentos que unifiquen los criterios de gestión en las autopistas. 		<ul style="list-style-type: none"> • Para conseguir que el personal de VEA adquiera el nivel técnico requerido se requiere un plan de capacitación inmediata, junto con otras agencias estatales y entidades subcontratadas. • Actualmente se aprecia cierta resistencia al cambio, tanto por el personal propio como por parte de los accionistas. También se observan dificultades para obtener la financiación necesaria. 		<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos financieros extremadamente altos (conflicto de intereses); • Problemas con los sistemas de control y supervisión por parte de las agencias estatales. • Estos riesgos pueden ocurrir si las regulaciones contractuales no son lo suficientemente fuertes y la gestión es deficiente. 	



Figura 2.

también exigió un gran esfuerzo de investigación, pues existían organismos y organizaciones paralelas que se ocupaban de diversos aspectos de la gestión y operación, con importantes solapamientos y duplicidades de funciones.

En relación con el estudio de las cualificaciones de los funcionarios, las tareas y las competencias asignadas, resultó un trabajo intenso, debido a las peculiaridades del sistema de cualificación que empleaban los funcionarios públicos y la excesiva jerarquización de los puestos de trabajo.

También se realizó un estudio detallado del plan de etapas elaborado por el Gobierno de Vietnam para la implantación de la nueva red de gran capacidad, necesario para ajustar el proceso de trasvase del personal desde la organización actual a la futura; así como para estimar las necesidades de incorporación de nuevo personal, sus capacidades, formación y objetivos a medida que la red se iba desarrollando.

Para la investigación de las mejores prácticas internacionales aplicadas a la gestión de redes de carreteras de gran capacidad se desarrolló un estudio de benchmarking entre países que, por distintas razones de experiencia o de proximidad al entorno, pudieran aportar información útil para poder ser aplicada Vietnam. Naturalmente España fue uno de los países que se presentaron como ejemplo de excelencia, tanto por el tamaño de su red como por la ges-

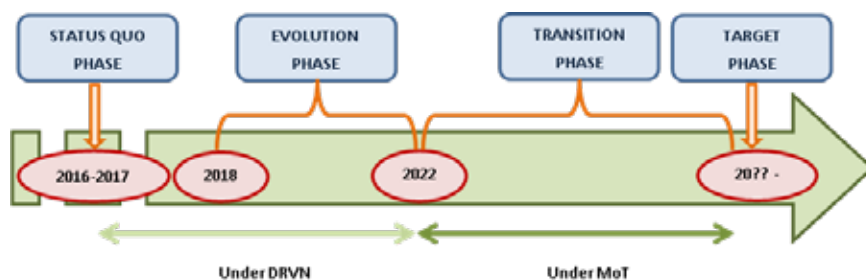


Figura 3.

tión aplicada, en la que se habían puesto en práctica casi todos los distintos sistemas de gestión y financiación conocidos.

Una vez estudiada la organización y gestión actual de las carreteras de Vietnam, se propusieron tres escenarios de organización futura:

1. **Status Quo Scenario:** Continuar con la organización actual (DRVN), reforzando ciertas tareas, mejorando la formación técnica y evolucionando la organización a medida que el desarrollo de la red lo requiera.
2. **Facilitated Scenario:** implantar una nueva organización (a partir de la existente VEA, aplicando las mejores prácticas internacionales y gestionando la red a través de sistemas avanzados de gestión, con participación del sector privado en la financiación de parte de la red. Las organizaciones contempladas para este escenario fueron la highway england y la organización de las carreteras de la red estatal española.
3. **Complex Scenario:** implantar una nueva organización autónoma, que abarque desde su planificación hasta su gestión integral, con una importante presencia del sector privado, tanto para su creación como para su gestión, financiación y explotación. El modelo escogido para este escenario fue el que se aplica en Nueva Zelanda: Auckland MOTORWAY Alliance.

Estos escenarios fueron analizados a través de su idoneidad para cubrir las necesidades de Vietnam, aplicando el modelo SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*). (Tabla 1)

La conclusión de este estudio fue proponer una organización que, apoyándose en los primeros años en la organización existente (Status Quo Scenario), fuera derivando hacia el Facilitated Scenario, descartando, a corto y medio plazo, el último de los escenarios (Complex Scenario), que se aplicaría en el final del proceso sin determinar el año concreto de su aplicación. (Figura 2)

La propuesta global de la organización diseñada se componía de cuatro fases, cada una con un periodo para su implantación. (Figura 3)

En relación con los procedimientos de financiación, se analizaron las distintas fuentes, tanto públicas como privadas, entre las que se incluían:

- Ingresos procedentes de los presupuestos generales del Estado, canalizados a través de las inversiones asignadas al Ministerio de Transportes
- Financiación externa canalizada a través de préstamos, bonos y otros instrumentos financieros canalizados por el Ministerio de Transportes.
- Ingresos procedentes de la actividad, como el cobro de peajes en determinados tramos de la

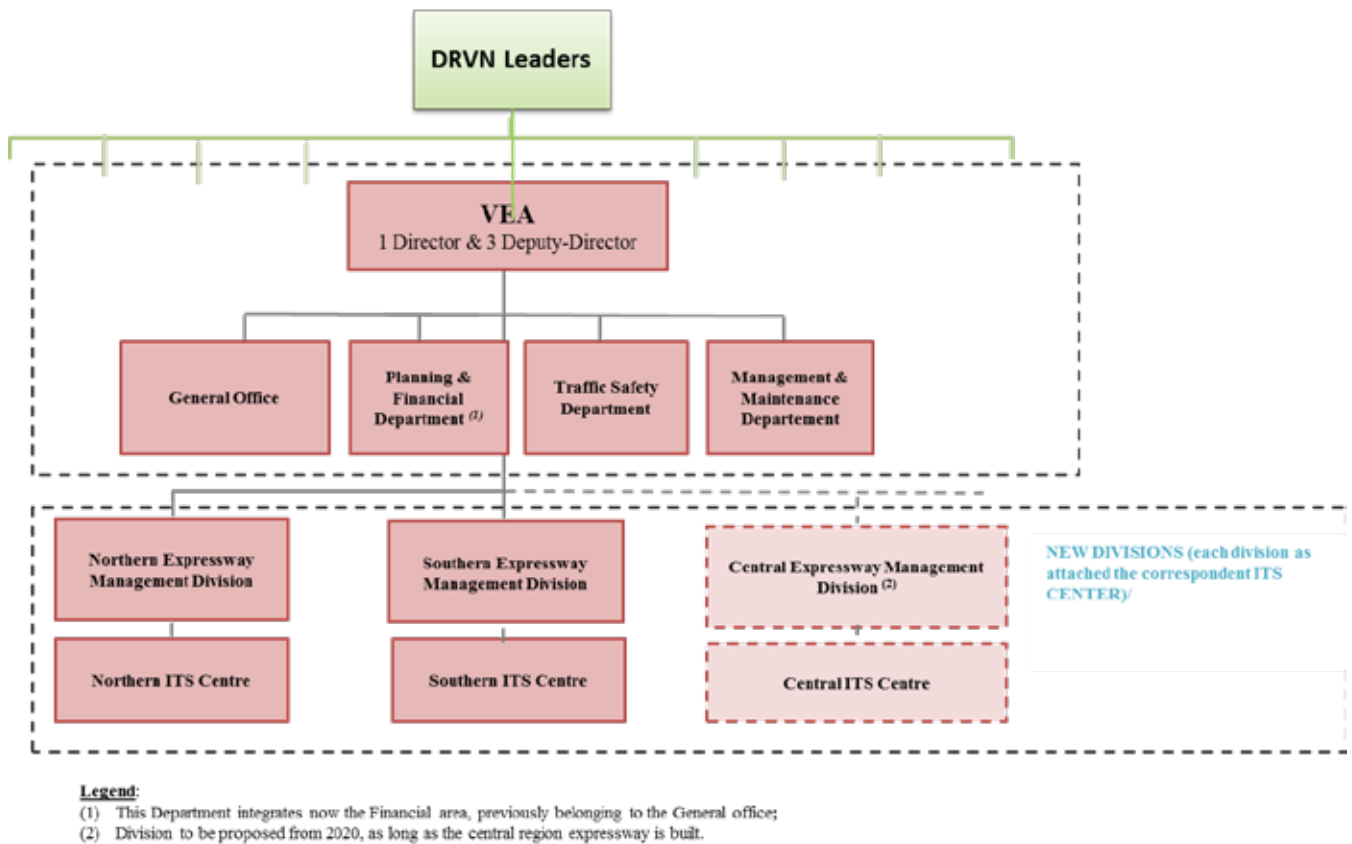


Figura 4.

red y aplicación de tasas específicas.

- Financiación de organismos multilaterales de financiación, como el Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional y otros organismos e instituciones regionales y mundiales.
- Recurso al sector privado a través de concesiones para el desarrollo de la red, incluyendo la exploración de las áreas de influencia de los corredores de influencia de las vías de gran capacidad.

Una vez definida la estructura final de su organización, apoyándose en el Plan de Etapas del Gobierno, se diseñó un plan de necesidades en el tiempo. En un principio se dotaban de medios los Departamentos de Planificación y Proyectos, más adelante se continuaba por los Departamentos de Construcción y como tercera etapa en el tiempo se completaba la organización con los de Gestión y

Mantenimiento.

El diseño de la estructura de la nueva organización incluía, además de un organigrama completo, una descripción detallada de las cualificaciones técnicas del personal de cada Departamento y un detalle exhaustivo de sus cometidos.

La última parte del Proyecto consintió en diseñar el transvase de equipos técnicos desde la Dirección de Carreteras a los distintos Departamentos de la nueva indicada anteriormente, tanto en los niveles ejecutivos, como en el resto del personal. Para ello se fue seleccionando aquel personal que pertenecía a Departamentos que quedaban sin actividad o con una actividad reducida en la organización actual, y se trasvasaba a la nueva organización.

El esquema organizativo propuesto para la Evolution Phase (2018-2022) contemplaba la dependencia de la administración de carreteras de

gran capacidad (VEA) de la Dirección General de Carreteras (DRVN). (Figura 4)

La organización diseñada para la Transition Phase (2022-20??) ya contemplaba la organización VEA independiente de la DRVN, aunque dependiente del Ministerio de Transporte. (Figura 5)

Además del trabajo de diseño y organización de la Agencia, se diseñó un Manual de Gestión para facilitar las distintas actividades que en el futuro tuvieran que acometer, desde la manera de plantear los Estudios de Planificación hasta cómo llevar a cabo con eficacia y optimización de recursos los trabajos de Mantenimiento.

Las necesidades de formación del personal se consideraron, desde el primer momento una prioridad para el éxito de la implantación de la nueva organización. Para ello, se diseñó un completo plan de formación

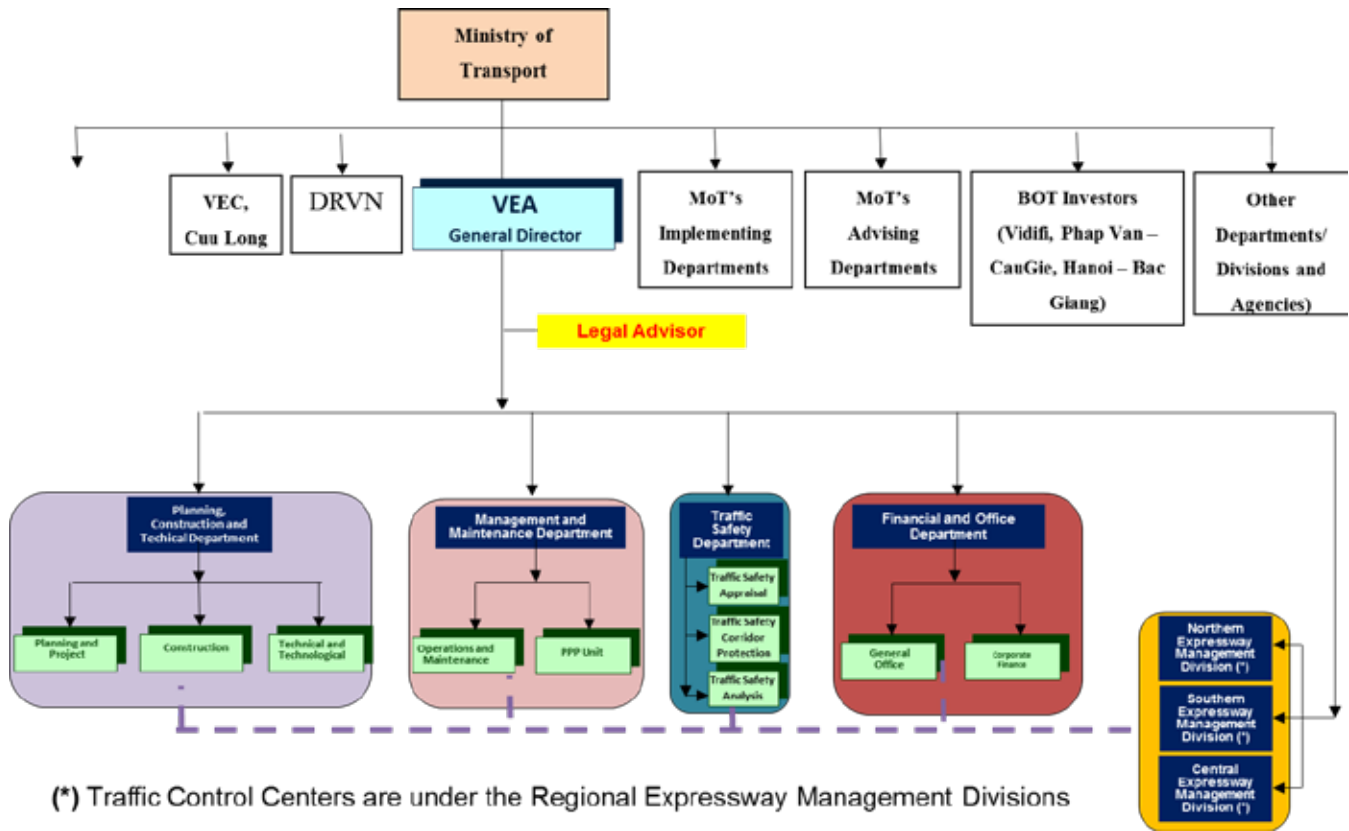


Figura 5.

a corto, medio y largo plazo, que incluía tanto formación impartida por la propia organización, con apoyo de instituciones y universidades de Vietnam, como formación impartida por

organismos internacionales, particularmente con el apoyo de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR).

El esquema diseñado para la formación incluía seis fases. (Figura 6)

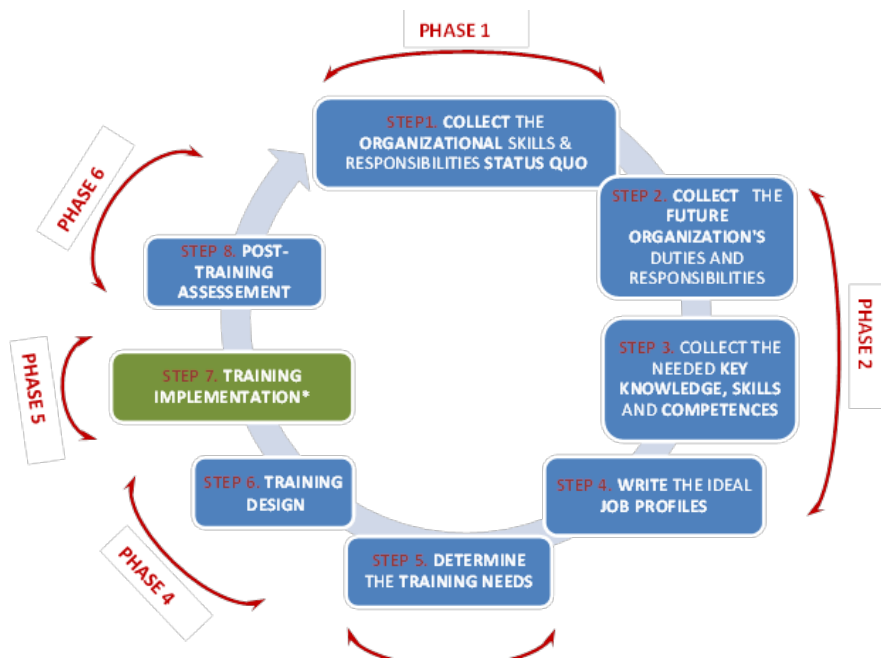


Figura 6.

Parte de la formación se impartió en julio del año 2018 en España, con la asistencia de un grupo escogido del Ministerio de Transporte de Vietnam, de la Dirección General de Carreteras (DRVN) y de la Vietnam Expressway Administration (VEA). La formación fue impartida con el apoyo de funcionarios de la Dirección General de Fomento de España, y la colaboración de los expertos de TPF GETINSA EUROESTUDIOS que participaron en el trabajo.

El trabajo concluyó a finales del año 2018 con la entrega del informe final y la presentación del conjunto del trabajo. ❖

Jornada Comités Técnicos Nacionales

“De Abu Dabi a Praga. Nuevo ciclo, mismos compromisos”

El pasado 25 de febrero se celebró una jornada en la que, con el título “De Abu Dabi a Praga. Nuevo ciclo, mismos compromisos”, se presentó un resumen de la actividad de los comités durante el ciclo anterior que había culminado con el Congreso Mundial de octubre de 2019 en Abu Dabi. También se aprovechó la Jornada para la presentación de un comité remozado que se ocupará de asuntos relacionados con las administraciones de carreteras y su financiación, y de otro de reciente creación dedicado específicamente al equipamiento.

Esta jornada es la nueva versión de otra que correspondió al ciclo anterior con el título “Comités Técnicos Atc-Piarc: De Seúl a Abu Dabi”.

La aportación más significativa de estas jornadas es la exposición resumida de la enorme actividad de cada uno de los comités, y también, la del adelanto de unos posibles objetivos para el futuro.

Pues bien, la jornada se inauguró por la presidenta de la ATC, Rosario Cornejo, que destacó el papel de sostén esencial que desempeñan los comités en la Asociación. También hubo unas palabras



Inauguración de las Jornadas, a cargo de: María del Rosario Cornejo, presidenta de la ATC, José Trigueros, director del CEDEX y Óscar Gutiérrez-Bolívar, coordinador de los Comités Técnicos de la ATC

de bienvenida por parte del director del CEDEX, José Trigueros, que acogía estas jornadas en el salón de actos del CETA, destacando su compromiso con la Asociación Mundial y, en particular, con su comité nacional representado por la ATC.

Antes de la presentación de los comités, María del Carmen Picón, en su calidad de Presidenta de la Comisión del **Plan Estratégico de PIARC**, presentó las líneas generales de lo que será el próximo Plan. Además de una descripción



María del Carmen Picón



Comité de Vialidad Invernal

pormenorizada de los temas estratégicos y los cambios en algunos comités, hizo especial hincapié en la necesidad de que la producción se adapte a las demandas en unos tiempos en que los cambios se producen con cierta rapidez, y que no se puede esperar un período de cuatro años para poder disponer de información sobre algunos asuntos. La vinculación entre los comités nacionales y los internacionales debe ser lo suficientemente estrecha para que se produzca un intercambio provechoso de la información. Para ello, los representantes españoles, miembros, a su vez, de los comités nacionales serán un vehículo privilegiado.

Y ya sin más preámbulos se pasó a la presentación de cada uno de los comités.

Las presentaciones se comprimiron en 20 minutos, que fueron escasos, pero suficientes para que cada comité pudiera presentar sus líneas maestras y resultados de su actuación, remitiendo a los asistentes a las publicaciones y la documentación de la reunión.

En primer lugar, intervinieron Luis Azcue y Lola García Arévalo como presidente y secretaria del **Comité de Vialidad Invernal**. Se destacó la numerosa y entusiasta participación de los miembros del comité en las reuniones y otras actividades. También la estrecha colaboración con el comité internacional. Las Jornadas de Vialidad Invernal en Santander en 2017 y la participación en diversos foros han sido muy exitosas. Los asuntos más destacados que se ha-

bían abordado son los niveles de servicios, los denominados «Data Book» y las tecnologías aplicadas.

José Manuel Blanco es el presidente de un comité que recoge el testigo del **Comité de Financiación** que presidía Gerardo Gabilanes, pero que lo amplía hacia otras áreas relacionadas con las administraciones de carreteras., que precisamente será su nuevo nombre (Administraciones de Carreteras). José Manuel Blanco relató el trabajo realizado por el comité internacional de CT1 de Funcionamiento y Financiación de PIARC, del que fue presidente en el pasado periodo. Recalcó la necesidad de asumir varios aspectos que consideró clave, a saber: El establecimiento de una visión estratégica; la capacidad de medir las bondades



Comité de Financiación



Comité de Planificación, Diseño y Tráfico



Comité de Conservación



Comité de Firms



Comité de Puentes

o fallos de los funcionamientos y la capacidad de comunicar. Consideró que esos deberían ser aspectos troncales de su comité, y que, además, se compartirán con los comités internacionales, a los que se prestarán apoyos, y «oídos» para aprovechar sus aportaciones.

Las actividades del **Comité de Planificación, Diseño y Tráfico** fueron desplegadas por su presidente Fernando Pedraza. Hizo un emocionado recordatorio a su añorado antecesor, Sandro Rocci. Artículos, jornadas y otras publicaciones han constituido la mayor parte de la producción en estos años. De cara al futuro planteó múltiples asuntos, pero recalando la intención de se hiciera de una forma holística. Insistió en la necesidad de no relegar la noble actividad de la planificación, que debe estar muy vinculada a esfuerzo por mejorar la comunicación y siempre al servicio de la sociedad. En asuntos más concretos, se hizo hincapié en ulteriores desarrollos de las carreteras 2+1 y de forma especial en las glorietas multicarril, y la necesaria pedagogía para su utilización.

La **Conservación** se presentó por su anterior presidente, Vicente Vilanova que dejará paso a Alfredo González para este nuevo ciclo. Le acompañó en primer lugar Jesús Antoñanzas que se extendió so-

bre los indicadores operacionales. Ángel García Garay presentó el minucioso trabajo que se ha venido realizando sobre las instrucciones técnicas operativas para dar mejor soporte al Catalogo Operaciones. Pablo Sáez Villar dio cuenta de un encomiable documento sobre la Gestión Preventiva para la Conservación Integral de Carreteras. Requisitos como la «carta de servicios» o los costes históricos fueron señalados por Vicente Vilanova como esenciales para una gestión de la conservación eficaz. Finalizó el capítulo dedicado a la conservación Javier Uriarte sobre la señalización de obra y con especial hincapié en esa difícil y peligrosa tarea de colocar y retirar las señales.

El pasado reciente del **Comité de Firms** fue presentado por Francisco Lucas que dio cuenta de la actividad de ese dinámico comité. Hizo una mención especial al Simposio de Firms. Luego mencionó de forma sucinta los asuntos que habían tratado como firms verdes, geosintéticos, riegos, auscultación, espuma-betún, reciclados, etc. Desde el punto de vista transversal se colaboró en trabajos sobre el ciclo de vida. También se glosó la colaboración activa con el comité internacional. Por su parte Javier Payán, nuevo presidente del comité, trazó unas líneas que pue-

den servir de base para un plan estratégico para el futuro de ese comité. Se trata de una propuesta que enfoca de forma racional la preparación para esa actividad. Aunque ya en el anterior ciclo se propuso a todos los comités que asumieran esa herramienta, ha sido, en esta ocasión, y por primera vez, que se ha hecho y de forma brillante por Javier Payán.

Los **Puentes** siempre están de actualidad, y así lo acentuó su presidente Alvaro Navareño, que condujo la presentación comentando las reuniones nacionales e internacionales que tanto interés suscitaron, y dando paso a los líderes de los grupos. Primero a Gonzalo Arias, secretario del comité internacional, que habló sobre la protección e impermeabilización de puentes. Por su parte Manuel Biedma presentó los trabajos sobre reparación de puentes mixtos. También hizo un especial llamamiento no solo para conservar los puentes, sino para algo más importante como es la preservación del conocimiento. En esa línea Javier León dedicó una entusiasta intervención para defender y valorar el patrimonio que representan los puentes históricos. No pudieron presentar Emilio Criado, sobre conservación, ni Arturo Barroso sobre pequeñas obras, ni Alberto Picardo: ciclo de



Comité de Geotecnia



Comité de Seguridad Vial

vida, ni los Migueles Arranz y Bañares sobre terminología.

La **Geotecnia** como base donde se sustenta todo el patrimonio viario, no siempre recibe la atención que merece. El presidente del comité Álvaro Parrilla delegó la presentación en Patricia Amo que recorrió de forma amena los temas que el comité nacional tiene en común con el internacional, como cambio climático, utilización de materiales locales y gestión de obras de tierra. También hizo mención al seminario internacional de Madrid. Por último, destacó la participación conjunta con el comité de puentes en una jornada sobre patología de estribos.

Ana Arranz, con su dilatada experiencia en **Seguridad Vial** sustituyó a Roberto Llamas presi-

dente del comité en la exposición de los trabajos realizados en el ciclo anterior. Se puede destacar la presencia activa en las reuniones internacionales de los comités, la organización de jornadas y los excelentes artículos sobre márgenes y usuarios vulnerables. También se hizo referencia a las Directivas europeas sobre seguridad vial, que podrán materializarse en unas futuras jornadas. Recabó la atención de los asistentes sobre el elevado número de ciclistas muertos, asunto que debería abordarse con la seriedad y rigor que requieren. Por último, habló de la comunicación que el comité mantiene con la Dirección General de Tráfico, mediante el envío de diversos comentarios.

Antonio Sánchez Trujillano, presidente del **Comité de Medio Am-**

biente, puso el dedo en la llaga referido al escaso interés que las administraciones de carreteras e incluso otros comités profesan a ese asunto. Señaló al vehículo como principal emisor de gases, ruidos y, directa o indirectamente, de luz en las carreteras. También la necesidad de abordar el análisis de ciclo de vida de las carreteras, de las incidencias del cambio climático, del uso de materiales alternativos y en definitiva de la sostenibilidad. La antigua evaluación ambiental de proyectos debe ir más allá transformándose en una estrategia que se materialice en planes, políticas y programas que se puedan evaluar por medio de informes de sostenibilidad. Seguidamente Marcos Perrelli hizo una ambiciosa propuesta para el próximo ciclo que consiste en crear un foro de debate, que dé



Comité de Medio Ambiente



Comité de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico



Comité de Dotaciones Viales



Comité de Túneles

como resultados una herramienta para el análisis de ciclo de vida de las carreteras y una serie de criterios o de recomendaciones para la compra pública «verde»

Pablo Saez hizo la exposición correspondiente al **Comité de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico** en sustitución de su presidente Andrés Costa. Versó sobre tres asuntos como son la conservación, los accesos y los firmes. De la conservación se hizo referencia a los trabajos sobre recursos y métodos que se emplean en este tipo de carreteras. Para la forma de cómo concebir los accesos a esas carreteras, se escribió un documento de recomendaciones que tendrá gran acogida. Se trabajó también, en la elaboración de un pliego sobre firmes de bajo costo. Se trata de un comité de gran actividad en el que hay una cualificada representación de diversos tipos de administraciones de carretera.

El flamante nuevo **Comité de Dotaciones Viales** se estrenó en estas jornadas de la mano de su presidente Carlos Azparren. Aunque nacido a finales del ciclo, se trata de un comité muy pujante por sus miembros y líder. Estuvo acompañado de Antonio Pérez Peña, y Rafael Eguiagaray. Se extendieron sobre los ensayos de elementos de contención, marcas viales y se-

ñales verticales. De cara al futuro formalizaron un compromiso para involucrarse de forma activa en el análisis de ciclo de vida y con la «compra verde».

El último comité que presentó su pasado y previsión de futuro fue el de **Túneles**, presidio por Rafael López Guarga. Se trata de un comité muy activo tanto en España como internacionalmente. Señaló como fin último el de compartir y facilitar la información y el conocimiento. Entre los asuntos que se han tratado están la eficiencia energética, el comportamiento al fuego, la ventilación y la normalización. Se mencionaron las actividades divulgativas como el simposio, los cursos y los artículos en Rutas. También el apoyo estrecho al comité internacional y la traducción del Manual de Túneles y otros documentos. Como nuevos objetivos para este ciclo se mencionaron los nuevos vehículos, los combustibles alternativos, los ITS, la colaboración en el perfeccionamiento del manual, y la colaboración en el QRAM, que es un programa de ayuda para el análisis de riesgos.

En nombre de Charo Cornejo, Presidenta de la ATC, clausuró la sesión la Vicepresidenta María del Carmen Picón. Enfatizó la ingente labor desplegada por los comités técnicos, tal como se demostró a lo

largo de la mañana. También, el papel de apoyo a los comités internacionales, esta vez desde su papel de Presidenta de la Comisión del Plan Estratégico de PIARC.

Como resumen, en la jornada se presentaron de forma muy concentrada una producción muy extensa y de enorme valor. Aunque no se desarrollaron de forma detallada los temas, la aportación fundamental consistió en presentar un amplio menú, que a cualquier asistente le sirviera para hacerse una composición de lugar del grado de avance de cada comité, y con ello, poder optar para, más adelante, profundizar en algún asunto.

En esta jornada de mañana quedó patente la enorme capacidad de unos comités formados por miembros que, de forma voluntaria, ponen al servicio del bien común un valiosísimo capital de conocimientos. ❖

Formación del Responsable de Seguridad de Túneles y Verificación de la Formación del Personal de Explotación



Comité de túneles de la Asociación Técnica de Carreteras

Grupo de Trabajo de Responsable de Seguridad

Asociación Técnica de Carreteras (ATC)

Ramón Morera Fauquier
Juan Zamorano Martín
Mar Martínez Yebra
Lorena García Chichas

José Ramón Ochoa Vega
Vanessa Piris Sánchez
María Teresa Buil Adrados

Revisor:
Guillermo Llopis Serrano

En un primer apartado, el artículo pretende explicar los diferentes conocimientos y experiencias que un Responsable de Seguridad de túneles debería tener para desempeñar adecuadamente sus funciones. En un segundo, se hace referencia al tipo de formación que debería verificar entre los diferentes actores que actúan en torno a un túnel.

Presentación

El artículo que ahora se presenta "Formación del Responsable de Seguridad de Túneles y verificación de la formación del personal de explotación", junto con el publicado en el nº 177 de la revista "Simulacros en túneles de carretera: Planificación e Informe", son fruto de los trabajos desarrollados por el Grupo de Trabajo "Responsables de Seguridad de túneles de carretera" del Comité técnico de túneles de la Asociación Técnica de Carreteras en el ciclo 2016-2019.

Como consecuencia de la Directiva 2004/54/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras y de su transposición a la legislación española mediante el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, se creó la figura de Responsable de Seguridad de túneles de carretera en las fases de proyecto, construcción y explotación.

Si bien en estos documentos se especifica de forma muy general las funciones de esta figura es necesario profundizar en ellas y establecer unos requisitos mínimos sobre la formación que deberían de tener aquellas personas (técnicos) que vayan a ejercer esa labor.

En el desarrollo de sus funciones el Responsable de Seguridad debe de estar en contacto permanente con el Gestor (otra de las figuras creadas por la Directiva y el RD), la ingeniería redactora del proyecto, la empresa constructora o la empresa de explotación (según la fase en la que se encuentre el túnel) y los servicios de emergencia, debiendo informar al primero del estado de desarrollo del túnel, trabajar estrechamente con las empresas encargadas en cada una de las fases para realizar un segui-

miento de los trabajos y coordinarse con los servicios de Protección Civil, bomberos y 061 para asegurarse el conocimiento del túnel y los planes de actuación que han de incluirse en el Manual de Explotación.

El Responsable de Seguridad aporta ideas y ayuda a tomar decisiones y a fijar especificaciones emitiendo el correspondiente Dictamen de Seguridad por lo que conviene que esté al día de las novedades en instalaciones y túneles similares así como en el conocimiento de las diversas normativas de aplicación en las fases de proyecto, construcción y explotación.

Ya con el túnel en servicio el Responsable de Seguridad debe de efectuar una comprobación de la correcta explotación y mantenimiento, participando en la definición del Plan de formación del personal, asegurando que se lleva a cabo el mantenimiento preventivo y en el caso de averías, estando al tanto de las reparaciones realizadas y de que se han respetado los tiempos máximos para éstas en las Condiciones Mínimas de Explotación, participando en la planificación y en el desarrollo de los simulacros y en caso de incidentes recabando la mayor información posible sobre los mismos.

Por ello para llevar a cabo todas estas funciones es preciso disponer de diferentes conocimientos y experiencias que abarcan una gama muy amplia de materias: explotación de carreteras, tráfico, electricidad, iluminación, ventilación, telecomunicaciones, geotecnia, sistemas de control, extinción de incendios, ...

En el caso de que no se den las condiciones necesarias para garantizar la seguridad de los usuarios y/o el personal del túnel, el Responsable de Seguridad debe de proponer restricciones al tráfico (vehículos pesados, mercancías peligrosas, autobuses, ...) o incluso el cierre, parcial o

total, del túnel. Se trata de una decisión difícil de tomar pero a veces necesaria. El Responsable de Seguridad informará al Gestor de todas sus actividades mediante la emisión de informes periódicos y ocasionales.

Por otra parte, a su vez, el Responsable de Seguridad debe de verificar la formación del personal de explotación supervisando que se cumpla el Plan de formación, asistiendo incluso a las clases (charlas) para comprobar que su contenido es adecuado y cuando se realicen simulacros debe de participar tanto en las reuniones previas como en las posteriores para el análisis de éstos. De los simulacros se extraerán medidas para evitar que se produzcan en situación real y sobre todo se comprobará, de acuerdo con la formación recibida, el adecuado comportamiento y la eficacia del personal del túnel y de sus instalaciones así como la coordinación de los medios exteriores.

Por último conviene destacar que no existe ninguna exigencia legal de formación ni certificación específica que acredite al responsable de Seguridad de Túneles por lo que todos los esfuerzos y programas de formación encaminados a estructurar los conocimientos han de ser objeto de gran acogida ya que es necesario que tenga vastos conocimientos y experiencia en seguridad y explotación de túneles.

Rafael López Guarga

Presidente del Comité de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras

1. Requerimientos del Responsable de Seguridad

En la actualidad no existe ninguna exigencia legal o reglamentaria de formación ni certificación específica que acredite para desempeñar las labores de Responsable de Seguridad de Túneles de carretera. Tampoco se requiere una titulación académica específica para ejercer como Responsable de Seguridad de Túneles (en adelante RST).

1.1 Conocimientos técnicos

De las tareas o funciones que encomiendan al RST tanto la Directiva 2004/54/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras, como su transposición parcial al ordenamiento jurídico español, el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de carreteras del Estado, se deduce que el RST debe tener conocimiento y experiencia, al menos, sobre los siguientes aspectos:

Instalaciones de túneles

Sistemas de seguridad, vigilancia y control que se instalen en los



Bombas de drenaje



Grupo electrógeno

túneles y que se relacionan al final de este párrafo, su mantenimiento y reparación, conocimientos de sistemas eléctricos, electrónicos, hídricos y de comunicaciones, de su gestión y explotación:

- Suministro de electricidad;
- Iluminación;
- Ventilación;
- Señalización;
- Sistema de vigilancia (CCTV, DAI...);
- Red de hidrantes y sistema de bombeo;
- Sistema de comunicaciones (radiocomunicaciones, megafonía...);
- Sistemas de protección contra incendios (detección de humos, detección de incendios, sistemas de extinción...).

Conservación y explotación de túneles

- Seguridad de la infraestructura, instalaciones, medio ambiente, usuarios y personal que explota el túnel;
- Actuación ante situaciones de emergencia, que requiere su par-

ticipación en la elaboración de la documentación de seguridad del túnel;

- Identificación, análisis, planificación y seguimiento de grandes reparaciones y obras de renovación y de modernización.

Obra civil y estructuras

- Sistemas constructivos de túneles y soluciones rápidas en caso de emergencia que permitan mantener el túnel operativo (aún con restricciones);
- Conocimientos de ingeniería civil y patologías estructurales: revestimiento, sostenimiento, impermeabilización, pavimento, ace-ras, drenaje de líquidos tóxicos e inflamables, salidas y vías de evacuación.

Documentación de seguridad (Manual de Explotación y Plan de Autoprotección)

El Manual de Explotación es el documento que incluye el detalle de todas las instalaciones del túnel que permiten una explotación en adecuadas condiciones de seguridad y eficiencia, incluyendo las tareas permanentes, periódicas y puntuales, de mantenimiento y control de la



Simulacro túneles de Monrepós. Huesca

instalación.

El Plan de Autoprotección es el documento que identifica y evalúa los riesgos, determina las medidas necesarias para prevenirlos y controlarlos y establece las acciones a llevar a cabo en caso de emergencia por los servicios de conservación y explotación del túnel, hasta la intervención de los servicios de emergencia.

El RST debe tener conocimiento sobre la documentación de seguridad de los túneles, siendo conveniente que intervenga desde su redacción, puesto que entre sus funciones está la de elaborar un dictamen sobre el Manual de Explotación y el Plan de Autoprotección, así como informar sobre las modificaciones que pudieran llevarse a cabo de estos documentos.

Análisis de riesgo y sus aplicaciones

El análisis de riesgo de un túnel debe tener en cuenta todos los factores que afectan a la seguridad, en particular, la geometría, el entorno, el equipamiento, las características del pavimento, el tráfico y el tiempo de

llegada de los servicios de emergencia. El RST debe estar familiarizado con este tipo de estudio, que se incluye en el Manual de Explotación.

El análisis de riesgo implica la caracterización de los posibles incidentes o accidentes que pueden afectar a la seguridad y la posterior estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos, así como de sus potenciales consecuencias. Ello permite obtener el riesgo del túnel, como producto de probabilidad por consecuencias, que se compara con los criterios de aceptación para determinar si el túnel es o no seguro. Existen multitud de metodologías de análisis de riesgo para túneles de carretera, cada una de las cuales establece un procedimiento para la obtención del riesgo, así como unos umbrales de aceptación.

Simulacros de incidente

El RST debe participar en la preparación y ejecución de los simulacros, y en su posterior evaluación y análisis, proponiendo medidas apropiadas de mejora. Por tanto debe estar familiarizado con este tipo de ejercicios.

Análisis de incidencias

Así mismo, el RST debe estar familiarizado con los diferentes tipos de accidentes y otros incidentes que se pueden producir en un túnel para poder llevar a cabo un análisis y evaluación de los más significativos o repetitivos para, siempre que sea posible, detectar su origen y proponer medidas que eliminen o reduzcan la probabilidad de que se repitan y/o sus consecuencias.

Además de estos conocimientos, también se considera necesario estar al corriente de las competencias de las Administraciones en materia de seguridad, protección civil y gestión de las emergencias, tales como:

- Gestión del tráfico;
- Procedimientos de los equipos de intervención;
- El factor humano.

1.2 Gestión del Tráfico

El objetivo es mantener la infraestructura en las mejores condiciones de seguridad y con el mayor número de horas posible de disponibilidad.

Engloba el conjunto de acciones dirigidas a asegurar un tráfico seguro y fluido, en condiciones normales, o en aquellas otras que puedan verse alteradas por determinadas circunstancias.

El RST debe tener conocimiento de las siguientes materias:

Normativa

Sin ánimo de ser exhaustivos, caben citar las siguientes materias que de una forma u otra hacen de la vía un camino seguro:

- Trazado de carreteras;
- Señalización fija, variable y de obras;
- Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial y Reglamento General de Circulación.

Competencias

En materia de gestión existe una cierta descentralización:

- A nivel estatal: la Dirección General de Tráfico;
- Comunidades Autónomas: en las funciones delegadas el órgano delegado de la Administración, por ejemplo: Servei Català de Trànsit y Tráfico del Gobierno Vasco.

La carretera

Para la gestión del tráfico se pueden considerar como condicionantes los siguientes apartados, que deben ser objeto de estudio por parte del RST en sus diferentes fases:

- El proyecto;
- La ejecución;
- El ámbito geográfico;
- La climatología;

- La intensidad y la composición del tráfico;
- Otras características particulares;
- El equipamiento para la gestión.

Capítulo aparte, debe ser objeto de formación la gestión de las emergencias, accidentes y casos de congestión. Para ello el RST deberá ser participe en la redacción de los siguientes documentos y protocolos:

- Manual de Explotación;
- Plan de Autoprotección;
- La señalización;
- Vías alternativas;
- La gestión de la congestión.

Las decisiones e instrucciones que figuren en las correspondientes fichas de actuación ante cada tipo de incidencia deben:

- Apoyarse en datos objetivos obtenidos de los equipos instalados al efecto;
- Estar previamente definidas y ensayadas bien en simulacros preceptivos o mediante otros procedimientos;
- Conocer su posible efecto en el entorno;

- Ser acordes con la normativa vigente;
- Mantener la seguridad vial, como objetivo principal de la gestión;
- Ser fácilmente asumibles y comprensibles por parte de los usuarios.

La gestión del tráfico y la seguridad vial van íntimamente ligadas de forma que las decisiones que se tomen en estas materias deben responder a acciones conjuntas. La labor de investigación y gestión de datos, propias de la gestión de la seguridad vial, deben transformarse en requerimientos para hacer una gestión segura del tráfico.

La señalización mediante paneles de mensaje variable (PMV) es uno de los elementos más potentes de interacción entre el Centro de Control o de Gestión del Tráfico con el usuario de la vía. Esta señalización está regulada por una normativa que debe formar parte de los conocimientos del RST ya que sus prescripciones han de incluirse en los planes de señalización que, bien de forma automática o manual, deben trasladar las instrucciones de utilización de la vía en la forma más segura, especialmente en los casos de evacuación del túnel.



Simulacro en túneles de Calle 30



Servicio de bomberos en la intervención de un simulacro

1.3 Procedimientos de los servicios de emergencia

Los servicios de emergencia externos generalmente trabajan con protocolos conjuntos que facilitan la coordinación e intervención en su labor auxiliar de los equipos de emergencia propios del túnel, en caso de contar con ellos.

La activación de los servicios de emergencia requiere una información que puede ser facilitada tanto por cualquier usuario como por los servicios de conservación y explotación del túnel. El RST debe conocer los protocolos de activación para que las instrucciones de las fichas de actuación recojan adecuadamente la información a facilitar.

Es habitual que los protocolos entre los agentes de emergencia externos definan aspectos tales como:

- Gestión eficaz de recursos y medios;
- Adopción de medidas de seguridad suficientes para el personal de intervención (la Policía de Tráfico debe ser quien regule la circulación y señalice el incidente);
- Definición de la zona de actuación y de las responsabilidades

propias del personal que intervenga en el incidente, por ejemplo: bomberos, sanitarios, etc.;

- La información administrativa sobre el siniestro que deberá ser compartida por los intervinientes;
- La información a los medios, lo hará cada responsable, y sólo con respecto a sus competencias,
- Zonificación del área de intervención en caso de incendio o rescate de personas:
 - Zona Caliente: Trabajan sólo bomberos con nivel de protección adecuado.
 - Zona Templada: Instalación de Puesto de Mando e incorporación de personal sanitario.
 - Zona Fría: Puesto Médico Avanzado, equipos sanitarios y medios de evacuación en espera.

El conocimiento y difusión de estos protocolos forman parte de la obligación del RST, en sus funciones de coordinación para la gestión de las emergencias.

1.4 El factor humano

Este factor no debe ser despreciado, tanto por el elevado porcentaje de incidentes que se producen por su causa como por la importancia que tiene durante el desarrollo del incidente y su resolución. El ámbito del factor humano afecta a todos los agentes intervinientes en un incidente, desde el usuario hasta el RST, pasando por cada interviniente en su resolución.

Usuario de la vía

En los incidentes, el conductor tiene en muchas ocasiones un alto porcentaje de participación. Por ello, se debe tener en cuenta a la hora de validar o diseñar los sistemas de seguridad y señalización de un túnel el tipo de usuario que pasará por él y los condicionantes que ello puede suponer.

El comportamiento de cada persona ante un incidente en el interior de un túnel es muy diferente, teniendo mucha influencia la reacción de cada uno de los afectados tanto de forma individual como integrantes de un grupo, por lo que a la hora de prever la evacuación o confinamiento en un túnel se debe tener en cuenta este factor. En este sentido, las instrucciones que deben darse al usuario para confinarse en su vehículo o evacuarlo han de ser concretas, concisas y claras.

Intervinientes en la resolución

Cualquier actuación en un túnel debe seguir un protocolo que evite discrepancias entre los distintos servicios de emergencia intervinientes. Aun así, se ha de considerar que los equipos que intervienen en la resolución de cualquier incidente están compuestos por personas, cuyo nivel de estrés y estado anímico pueden dar lugar a errores que influirán en la resolución. Se ha de tener en cuenta que, sobre todo en el caso de los operadores del Centro de Control de

túneles, la gran mayoría de su tiempo lo pasan sin incidentes graves.

Es de vital importancia que en la formación de todo el personal se incluyan aspectos relativos a la forma de actuar en los momentos de estrés ante cualquier situación que pueda darse ya que la práctica continuada reduce en gran manera la probabilidad del error humano.

Responsable de seguridad

El RST debe disponer de toda la información necesaria tanto para el funcionamiento normal del túnel como en forma degradada con el objeto de poder evaluar y proponer de forma rápida, ante un incidente, si el túnel puede reabrirse al tráfico o debe permanecer cerrado. Esta decisión, que corresponde a la Autoridad Administrativa de cada túnel, debe ser tomada con bastante celeridad.

2. Verificación de la formación del personal de explotación

2.1 Consideraciones generales

El R.D. 635/2006, de 26 de mayo, sobre Requisitos mínimos de seguridad en túneles, en su artículo 7, punto 4, "Funciones del responsable de seguridad en fase de explotación", establece:

"Verificar la formación del personal del túnel y de los servicios de emergencia, si existieran, y participar en la organización de los simulacros que se organizan periódicamente".

Con carácter previo a la puesta en servicio de un túnel debe verificarse que el personal encargado de su explotación y conservación ha recibido la formación inicial necesaria para desempeñar adecuada y correctamente su función.



Reunión de análisis post-simulacro en el túnel de Campo. Huesca

Además, al menos una vez al año deberán preverse cursos de revisión de los conocimientos formativos (incluyendo los simulacros) y realizar una formación de reciclaje cada tres años tras la revisión preceptiva del Manual de Explotación.

Antes de finalizar el año debe quedar elaborado el Programa Anual de Formación con la previsión de los cursos para el año siguiente, detallando las actividades formativas a impartir y el número aproximado de asistentes a cada una de ellas. En la elaboración del Programa el RST debe ser una figura activa, junto a la empresa de Explotación y el Gestor.

Las circunstancias a considerar para realizar jornadas de formación se relacionan con:

- Incorporación a la explotación de nuevo personal y colaboradores;
- Cambios significativos en la explotación por modificación de la estructura organizativa;
- Instalación de nuevos equipos de seguridad y su integración en el sistema de control;
- Se identifiquen carencias en la instrucción del personal y de los colaboradores.

Por tanto, la formación de todo el personal que participe en la explotación

debe ser muy intensa antes de la puesta en servicio del túnel y, una vez obtenidos los conocimientos adecuados, la formación debe hacerse de manera continua conforme al Programa Anual establecido.

El RST debe verificar la documentación que acredite que se ha realizado la formación. Toda verificación debe describir: contenido, fecha, firma de los asistentes y firma de los tutores. De igual forma es recomendable la existencia de un registro de formación permanentemente actualizado.

Es conveniente revisar los informes de los simulacros llevados a cabo hasta la fecha, tanto los de mesa como los realizados a escala natural, en particular las conclusiones del ejercicio, comprobando que las acciones de mejora y planes de acción se han ejecutado o se están llevando a cabo. Dichos informes se integran en el Manual de Explotación y deben difundirse a todo el personal que gestiona y explota el túnel ya que sirven para mejorar el equipamiento y los procedimientos de actuación ante incidencias.

Algunas de las herramientas para evaluar la eficacia de la formación impartida son las siguientes:

- Test de conocimientos adquiridos;



Formación conjunta servicios de explotación / servicios externos. Subdelegación del Gobierno en Huesca

- Ejercicios práctico / teóricos o simulacros;
- Pruebas en simuladores de SCADA y sistemas de gestión;
- Encuesta de satisfacción y de la calidad de la formación recibida;
- Registro de asistencia a formación.

Para determinar la aptitud del personal evaluado, se considera necesario ponderar al menos los siguientes puntos (entre paréntesis propuesta de porcentajes):

- Conocimientos adquiridos en la formación teórico-práctica recibida (30%);
- Actitud y habilidades personales (30%);
- Valoración a corto-medio plazo de la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos. (40%).

Es recomendable que el informe de evaluación no sea individual para evitar la sensación de riesgo sobre la continuidad en el puesto de trabajo.

En cuanto a los destinatarios de la formación es conveniente diferenciar entre los distintos actores que intervienen en el entorno de los túneles:

- Operadores de Centro de Control;
- Personal de Explotación y Mandos intermedios;

- Servicios de emergencia.

A continuación, se explica el alcance de la verificación de la formación de cada uno de estos grupos por parte el RST.

2.2 Operadores de Centro de Control

Debe considerarse la posibilidad de utilizar de forma habitual por todos los operadores un simulador, así como el Gestor de Incidentes en modo simulador. El análisis con carácter constructivo de los incidentes o accidentes relevantes y su respuesta debe formar parte del contenido de los cursos para obtener un aprendizaje cercano y realista.

Es importante que el RST planifique visitas periódicas al túnel para los operadores y personal del Centro de Control en particular, con el fin de que ellos mismos comprueben en campo el funcionamiento de los equipos y así tener la misma óptica que los usuarios.

El RST debe realizar una evaluación continua de los conocimientos del operador sobre los protocolos de actuación en caso de emergencia, no siendo suficiente la formación inicial o de reciclaje sobre el Manual de Explotación. Se recomienda que esta evaluación compruebe los siguientes aspectos:

- Conocimiento teórico de los planes de emergencia tal y como están recogidos en el Manual de Explotación;
- Conocimiento sobre cómo llevar a la práctica e implementar cada plan en el SCADA;
- Seguimiento del protocolo para los planes más críticos, en especial el de incendio.

Además de la formación sobre los planes de respuesta, es importante que el RST capacite a los operadores en el conocimiento teórico del túnel, en su geometría, distribución, equipos instalados y funcionamiento de la ventilación. Los operadores deben conocer todos los detalles del túnel y saber discernir entre situaciones normales o anormales de funcionamiento de un equipo y entre comportamientos anormales de los vehículos.

También puede evaluarse la capacidad de reacción del operador ante situaciones de emergencia durante la inspección periódica que realiza el RST a la infraestructura y equipamiento del túnel. Así, por ejemplo:

- Si se comprueba el funcionamiento de un poste SOS, se puede evaluar el tiempo de respuesta del operador y comprobar si es capaz de localizar el origen de la llamada mediante las cámaras de CCTV;
- Si se comprueba el sistema de megafonía o de emisión de mensajes por radio, se puede comprobar que el operador es capaz de lanzar el mensaje que se esté probando y en la zona en la que se encuentra;
- En algunas situaciones, comprobar que el operador es capaz de lanzar manualmente un plan de ventilación contra incendio;

- Comprobar que el operador es capaz de manipular la señalización variable atendiendo instrucciones directas y siempre que no alteren el tráfico.

2.3 Personal de Explotación y Conservación y Mandos intermedios

La formación tiene que abarcar, todos o parte, de los siguientes aspectos:

- Recursos internos, incluyendo el conocimiento de los distintos servicios encargados de la explotación, procedimientos de trabajo, almacenamiento de datos, etc.;
- Conocimiento de la infraestructura y accesos, de los dispositivos técnicos y de las instalaciones existentes en el túnel;
- Herramientas o aplicaciones de gestión del mantenimiento;

- Procedimientos de intervención de emergencia;
- Procedimientos específicos de los trabajos de mantenimiento.

En el caso de considerarse necesario y para ampliación de conocimientos, la formación puede completarse mediante cursos impartidos por otros organismos.

Una buena opción para formar al personal de mantenimiento es permitirle adquirir experiencia en los diferentes equipamientos, trabajando con los instaladores y fabricantes de los equipos o de un sistema concreto.

La formación continua del personal de explotación debe considerar:

- Cursos técnicos sobre nuevos equipamientos o tecnologías;
- Fomento en el intercambio de habilidades y experiencias para

garantizar la mejora de los procedimientos;

- Análisis sistemático de averías corrientes o frecuentes: relación entre la calidad del mantenimiento y la fiabilidad resultante.

2.4 Servicios de emergencia

Todos los servicios de emergencia, al formar parte de los recursos que actúan en caso de incidente durante la explotación del túnel, deben estar organizados y disponer de la información y de los medios adecuados para garantizar la seguridad del tráfico.

El RST no debe entrar a valorar la profesionalidad del personal de los servicios de emergencia externos sino limitarse a su formación en la resolución de las incidencias que puedan presentarse en el túnel. Por ejemplo, valorar si un sanitario está



Trabajos de mantenimiento en túnel de Guadarrama

prestando el auxilio oportuno a una víctima o si un bombero está apagando bien un incendio.

Sin embargo, el RST sí que debe colaborar en la formación de los servicios externos, asegurando que la totalidad de los servicios de emergencia externos conocen el contenido básico del Plan de Autoprotección para que cuando acudan al túnel sepan de antemano las actuaciones y protocolos que se hayan podido llevar a cabo hasta su llegada, consiguiendo una intervención más rápida y eficaz y facilitándoles la información necesaria sobre la infraestructura e instalaciones, sus posibles accesos y las rutas alternativas en caso de desvíos del tráfico.

Esta labor es compleja debido a los numerosos servicios de emergencia externos y a que su organización y procedimientos pueden diferir dependiendo de la Comunidad Autónoma a la que pertenezcan principalmente en materia de Protección Civil y de Sanidad, siendo necesario determinar cómo están organizados estos servicios en el lugar de ubicación del túnel ya que pueden presentarse servicios de emergencia de ámbito autonómico, provincial y municipal. Por otra parte, por su magnitud o localización existe la posibilidad de situaciones que superen la competencia autonómica y que, puedan intervenir servicios de emergencia estatales, Delegaciones de Gobierno, Unidad Militar de Emergencias y otros organismos pertenecientes al Ministerio del Interior o de Defensa.

En una incidencia, en función del nivel de emergencia, podrían intervenir los siguientes organismos:

- Empresa explotadora;
- Central de emergencias 112;
- Servicios de Protección Civil (autonómicos, provinciales y municipales);



Reunión de análisis post-simulacro en el túnel de Petralba. Huesca

- Servicios de extinción de incendios (autonómicos, provinciales, municipales, voluntarios);
- Servicios sanitarios;
- Servicios de seguridad vial y ciudadana (Guardia Civil, Policía Autonómica, Policía Municipal);
- Grupos de apoyo técnico y logístico;
- Grupos de acción social.

Con relación a la realización de simulacros y análisis de incidentes relevantes también corresponde al RST la evaluación de los aspectos de disponibilidad, operatividad y de coordinación entre los diferentes servicios de emergencia externos y de éstos con el personal de explotación. Para ello el RST debe comprobar que los servicios de emergencia poseen documentación relativa a:

- Infraestructura, accesos, ubicación de instalaciones y equipamiento;
- Protocolos de actuación y respuesta ante incidencias.

La gran prueba de verificación sobre los conocimientos de los servicios externos se realiza en los simulacros. Estos simulacros, realistas y a escala natural, se realizarán al menos cada cuatro años, de los que se re-

dactará un informe que entre otros resultados evaluará la capacitación del personal interviniente y propondrá mejoras en caso necesario.

Aualmente, para comprobar el conocimiento de los protocolos de actuación, se deben realizar ejercicios de mesa con el personal de explotación, a los que se invitará a los servicios de emergencia externos. Estos ejercicios también deben ser sometidos a un informe de forma que sus conclusiones puedan difundirse y extenderse al resto del personal que no haya podido participar.

Cuando haya cambios en la ubicación o en la estructura de algún servicio externo de emergencia o en un determinado equipamiento, será necesario planificar ensayos y pruebas para determinar la:

- medición de los tiempos de respuesta y de llegada al lugar del incidente;
- verificación del funcionamiento de las instalaciones y equipamientos (megafonía, SOS, ventilación, hidrantes, etc.);
- cobertura para radio comunicaciones;
- dotación de los equipos de los servicios de emergencia (emisoras, equipos de respiración autónomos, etc.).

Finalmente es importante indicar que la formación debe completarse con visitas periódicas a los túneles y al centro de control, guiadas por parte de la empresa explotadora.

3. Conclusiones y Recomendaciones

En la actualidad no existe ninguna exigencia legal de formación ni certificación específica que acredite al Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera para desarrollar sus funciones, ni se requiere una titulación académica específica para su ejercicio, salvo en los Pliegos de Condiciones de algunas Administraciones.

De la Directiva 2004/54/CE y de su transposición en el Real Decreto 635/2006 se deduce que el RST debe tener conocimiento y experiencia, al menos, sobre los siguientes aspectos:

- Instalaciones y equipamiento de seguridad;
- Conservación y Explotación;
- Obra civil y estructuras;
- Manual de Explotación y Plan de Autoprotección;
- Análisis de riesgo;
- Simulacros de incidente;
- Análisis de incidencias.

Además, se considera necesario que conozca las competencias de las Administraciones en materia de seguridad y protección civil, tales como la gestión del tráfico, los procedimientos de los equipos de intervención y el factor humano

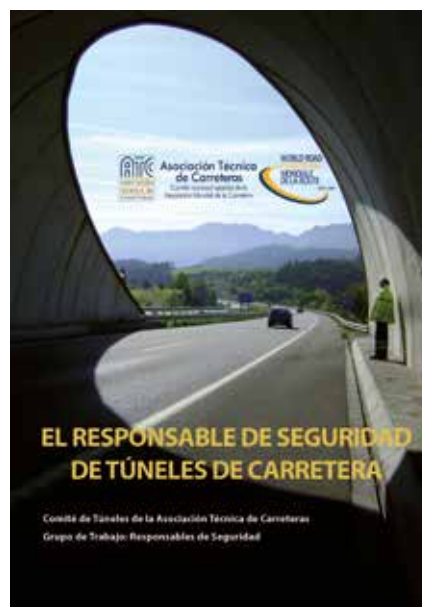
En cuanto a los aspectos formativos a supervisar por el RST debe considerarse que la seguridad depende en gran medida de las personas encargadas de aplicar los procedimientos y protocolos. El personal

de explotación debe recibir la obligatoria y adecuada formación. A partir de ello se establecen las siguientes recomendaciones:

- Cada Director de Explotación debe adaptar la formación a las características específicas del túnel o grupo de túneles que tenga a su cargo y al organigrama funcional de la empresa de conservación;
- Para evitar el peligro de desmotivación del personal de explotación, su capacidad técnica tiene que ser mantenida y mejorada, principalmente mediante formación continua y ejercicios periódicos;
- Antes de finalizar el año debe aprobarse el Programa Anual de Formación con la previsión de los cursos para el año siguiente con la colaboración del RST;
- Se recomienda que todos los cursos de formación evalúen a los participantes y que a su vez éstos sean evaluados por los participantes de forma individual. Debe hacerse un breve informe que incluya fecha y lugar, listado de docentes y asistentes y un resumen de las evaluaciones;
- Debe existir un registro que incluya los Planes de Formación Anuales y los informes de cada curso;
- Es importante que las visitas guiadas para los servicios de emergencia externos queden registradas ya que suponen en sí mismas una formación;
- No solo en los simulacros a escala real tienen que participar los servicios de emergencia externos. En los ejercicios anuales preceptivos es conveniente que participen o, al menos, sean invitados como observadores.

Referencias

- [1] PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO. "Directiva 2004/54/CE, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de la red transeuropea de transporte de carreteras". Diario Oficial de la Unión Europea.
- [2] MINISTERIO DE FOMENTO. "R.D. 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado". Boletín Oficial del Estado nº126 de 27 de mayo de 2006.
- [3] Asociación Técnica de Carreteras. "El Responsable de Seguridad de túneles de carretera". Comité de Túneles de la Asociación Técnica de la Carretera. Grupo de Trabajo: Responsables de Seguridad. 2015. ❖



PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto para las próximas fechas los siguientes eventos:

- **Cursos Semipresenciales Conservación y Explotación de Carreteras:**
 - **Gestión de la Vialidad**
 - **Gestión de la Conservación Ordinaria**
- **Recomendaciones para caracterizar el valor patrimonial de los puentes**
- **XVI Jornadas de Conservación y Explotación de Carreteras**
La Seguridad en la Carretera. Objetivo de la Conservación y la Explotación

**LAS FECHAS DE TODOS LOS
EVENTOS ESTÁN A LA ESPERA
DE CONFIRMACIÓN HASTA LA
RESOLUCIÓN DEL ESTADO DE
EMERGENCIA SANITARIA**

Composición de la Junta Directiva de la ATC

PRESIDENTE:	- D. María del Rosario Cornejo Arribas
CO-PRESIDENTES DE HONOR:	- D. Francisco Javier Herrero Lizano - D. Pere Navarro Olivella
VICEPRESIDENTES:	- D.ª Mª del Carmen Picón Cabrera - D.ª María Consolación Pérez Esteban - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
TESORERO:	- D. Pedro Gómez González
SECRETARIO:	- D. Pablo Sáez Villar
DIRECTOR:	- D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría
VOCALES:	



- Presidente Saliente:
 - D. Luis Alberto Solís Villa
- Designados por el Ministerio de Fomento:
 - D.ª María Rosario Cornejo Arribas
 - D.ª María del Carmen Picón Cabrera
 - D.ª Ana Cristina Trifón Arevalo
 - D. Alfredo González González
 - D. Ángel García Garay
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
 - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
 - D.ª Sonia Díaz de Corcuera Ruiz de Oña
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
 - D.ª María Consolación Pérez Esteban
 - D. Xavier Flores García
 - D. José María Pertierra de la Uz
 - D. Carlos Estefanía Angulo
 - D. Juan Carlos Alonso Monge
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
 - D.ª Ana de Diego Villalón
 - D. Antonio Sánchez Trujillano
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
 - D. Félix Edmundo Pérez Jiménez
 - D. Manuel Romana García
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
 - D. Bruno de la Fuente Bitaine
 - D. Rafael Gómez del Río
- Representantes de las empresas de consultoría:
 - D. Casimiro Iglesias Pérez
 - D. Juan Antonio Alba Ripoll
 - D. Fernando Argüello Álvarez
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
 - D. Jesús Díaz Minguela
 - D. Francisco José Lucas Ochoa
 - D. Sebastián de la Rica Castedo
 - D. Juan José Potti Cuervo
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
 - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
 - D. José Luis Álvarez Poyatos
 - D. Camilo José Alcalá Sánchez
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
 - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados:
 - D. Alonso Pérez Gómez
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
 - D. Alfredo García García
 - D.ª Anna París Madrona
 - D. Rafael Ángel Pérez Arenas
 - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
 - D. Pedro Gómez González
 - D. Francisco Javier Criado Ballesteros

Comités Técnicos de la ATC

COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

- | | |
|--------------|-------------------------|
| - Presidente | D. Luis Azcue Rodríguez |
| - Secretaria | D.ª Lola García Arévalo |

COMITÉ DE FINANCIACIÓN

- | | |
|--------------|-------------------------------|
| - Presidente | D. José Manuel Blanco Segarra |
|--------------|-------------------------------|

PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y TRÁFICO

- | | |
|--------------|--------------------------------------|
| - Presidente | D. Fernando Pedrazo Majarrez |
| - Secretario | D. Javier Sáinz de los Terreros Goñi |

TÚNELES DE CARRETERAS

- | | |
|------------------|-------------------------------|
| - Presidente | D. Rafael López Guarga |
| - Vicepresidente | D. Ignacio del Rey Llorente |
| - Secretario | D. Juan Manuel Sanz Sacristán |

CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| - Presidente | D. Alfredo González González |
| - Presidente Adjunto | D. Vicente Vilanova Martínez-Falero |
| - Secretario | D. Pablo Sáez Villar |

FIRMES DE CARRETERAS

- | | |
|--------------|--|
| - Presidente | D. Francisco Javier Payán de Tejada González |
| - Secretario | D. Francisco José Lucas Ochoa |

DOTACIONES VIALES

- | | |
|--------------|--------------------------|
| - Presidente | D. Carlos Azparren Calvo |
| - Secretario | D. Emiliano Moreno López |

PUENTES DE CARRETERAS

- | | |
|--------------|-------------------------|
| - Presidente | D. Álvaro Navareño Rojo |
| - Secretario | D. Gonzalo Arias Hofman |

GEOTECNIA VIAL

- | | |
|--------------|-----------------------------|
| - Presidente | D. Álvaro Parrilla Alcaide |
| - Secretario | D. Manuel Rodríguez Sánchez |

SEGURIDAD VIAL

- | | |
|--------------|-------------------------|
| - Presidente | D. Roberto Llamas Rubio |
| - Secretaria | D.ª Ana Arranz Cuenca |

CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

- | | |
|--------------|-------------------------------|
| - Presidente | D. Antonio Sánchez Trujillano |
| - Secretaria | D.ª Laura Crespo García |

CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

- | | |
|--------------|----------------------------------|
| - Presidente | D. Andrés Costa Hernández |
| - Secretaria | D.ª María del Mar Colas Victoria |

Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

- **Socios de número:**
 - Socios de Honor
 - Socios de Mérito
 - Socios Protectores
- **Otros Socios:**
 - Socios Senior
 - Socios Júnior
- **Socios Colectivos**
- **Socios Individuales**

Socios de Honor

2005 - D. ENRIQUE BALAGUER CAMPHUIS
 2005 - D. ÁNGEL LACLETA MUÑOZ (†)
 2008 - D. JOSÉ LUIS ELVIRA MUÑOZ
 2008 - D. FRANCISCO CRIADO BALLESTEROS
 2011 - D. SANDRO ROCCI BOCCALERI (†)
 2011 - D. JOSÉ MARÍA MORERA BOSCH
 2012 - D. LUIS ALBERTO SOLÍS VILLA
 2012 - D. JORDI FOLLIA I ALSINA (†)
 2012 - D. PEDRO D. GÓMEZ GONZÁLEZ
 2015 - D. ROBERTO ALBEROLA GARCÍA
 2019 - D. PABLO SÁEZ VILLAR

Socios de Mérito

2010 - D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA
 2010 - D. RAMÓN DEL CUBILLO JIMÉNEZ (†)
 2011 - D. CARLOS OTEO MAZO (†)
 2011 - D. ADOLFO GÜELL CANCELA
 2011 - D. ANTONIO MEDINA GIL
 2012 - D. CARLOS DELGADO ALONSO-MARTIRENA
 2012 - D. ALBERTO BARDESI ORUE-EHEVARRIA
 2013 - D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA
 2013 - D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO
 2013 - D.ª MERCEDES AVIÑO BOLINCHES
 2014 - D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO
 2014 - D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN
 2014 - D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ
 2014 - D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS
 2015 - D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA
 2015 - D. ROBERTO LLAMAS RUBIO
 2015 - D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ
 2017 - D. VICENTE VILANOVA MARTÍNEZ-FALERO
 2017 - D. ÁNGEL GARCÍA GARAY
 2018 - D. LUIS AZCUE RODRÍGUEZ
 2018 - D. FERNANDO PEDRAZO MAJÁRREZ
 2019 - D. ÓSCAR GUTÉRREZ-BOLIÍVAR ÁLVAREZ
 2019 - D. ALFREDO GARCÍA GARCÍA

Socios Protectores y Socios Colectivos

Administración General del Estado

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MINISTERIO DE FOMENTO
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR
- SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA. MINISTERIO DE FOMENTO

Comunidades Autónomas

- COMUNIDAD DE MADRID
- GENERALITAT DE CATALUNYA
- GENERALITAT VALENCIANA, CONSELLERIA DE VIVIENDA, OBRAS PÚBLICAS Y VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO.
- GOBIERNO DE ARAGÓN, DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
- GOBIERNO DE CANARIAS
- GOBIERNO DE CANTABRIA
- GOBIERNO DE NAVARRA. DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO
- GOBIERNO VASCO
- GOBIERNO VASCO. DIRECCIÓN DE TRÁFICO
- JUNTA DE ANDALUCÍA
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN
- JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA - LA MANCHA
- JUNTA DE EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE ECONOMÍA E INFRAESTRUCTURAS
- PRINCIPADO DE ASTURIAS
- XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Ayuntamientos

- AYUNTAMIENTO DE BARCELONA
- MADRID CALLE 30
- AREA METROPOLITANA DE BARCELONA

Diputaciones Forales, Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consells

- EXCMA. DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA
- EXCMA. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE BARCELONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE GIRONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE TARRAGONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ÁVILA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE HUESCA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE LEÓN
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SALAMANCA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SEGOVIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SEVILLA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALLADOLID
- CABILDO INSULAR DE TENERIFE
- CABILDO DE GRAN CANARIA
- CONSELL DE MALLORCA. DIRECCIÓN INSULAR DE CARRETERAS

Colegios Profesionales y Centros de investigación y formación

- INSTITUTO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
- CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE, CEDEX
- ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE BARCELONA. CÁTEDRA DE CAMINOS
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL

Asociaciones

- AGRUPACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA, OFICEMEN
- ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, ACEX
- ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE SEÑALES METÁLICAS DE TRÁFICO, AFASEMETRA
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, ASEFMA
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE ÁMBITO NACIONAL, SEOPAN
- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, ATEB
- FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA
- FUNDACIÓN REAL AUTOMÓVIL CLUB DE CATALUÑA, RACC

Sociedades Concesionarias

- ABERTIS AUTOPISTAS ESPAÑA, S.A.
- ACCIONA CONCESIONES, S.L.
- AUCALSA, AUTOPISTA CONCESIONARIA ASTUR - LEONESA, S.A.
- AUDENASA, AUTOPISTAS DE NAVARRA, S.A.
- AUTOPISTAS DEL ATLANTICO, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.
- CEDINSA CONCESIONARIA, S.A.
- CONCESIONARIA VIAL ANDINA, S.A.S. (COVIANDINA)
- SACYR CONCESIONES, S.L.
- TÚNEL D'ENVALIRA, S.A.

Empresas

- 3M ESPAÑA, S.L.
- A. BIANCHINI INGENIERO, S.A.
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- ACEINSA MOVILIDAD, S.A.
- AECOM INOCSA, S.L.U.
- A.E.R.C.O., S. A. SUCURSAL EN ESPAÑA
- AERONAVAL DE CONSTRUCCIONES E INSTALACIONES, S.A. (ACISA)
- AGUAS Y ESTRUCTURAS, S.A. (AYESA)
- ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.
- ALAUDA INGENIERÍA, S.A.
- ALVAC, S.A.
- AMIANTIT ESPAÑA S.A.U.
- API MOVILIDAD, S.A.
- APPLUS NORCONTROL S.L.
- ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
- ASFALTOS Y PAVIMENTOS, S.A.
- AUDECA, S.L.U.
- BARNICES VALENTINE, S.A.U.
- BASF CONSTRUCTION CHEMICALS, S.L.
- BECSA, S.A.U.
- BETAZUL, S.A.
- CAMPEZO OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
- CEPESA COMERCIAL PETROLEO, S.A.
- CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- CINTRA SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- COMSA INSTALACIONES Y SISTEMAS INDUSTRIALES, S.L.U.
- CONSERVACIÓN INTEGRAL VIARIA, S.L. (CONSVIA)
- CONSTRUCCIONES MAYGAR, S.L.
- CORSAN - CORVIAM, CONSTRUCCIÓN, S.A.
- CPS INFRAESTRUCTURAS MOVILIDAD Y MEDIOAMBIENTE, S.L.
- CYOPSA - SISOCIA, S.A.
- DILUS, INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS, S.A.
- DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
- DRAGADOS, S.A.
- DRIZORO, S.A.U.
- EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS GESTIÓN Y DESARROLLO, S.L.
- ELSAMEX, S.A.
- EMPRESA DE MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA M-30, S.A. (EMESA)
- ESTEYCO, S.A.
- ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
- ESTRUCTURAS TÉCNICAS Y SERVICIOS DE REHABILITACIÓN, S.L. (ETYSER)
- EUROCONSULT, S.A.
- FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.
- FCC INDUSTRIAL E INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS, S.A.U.
- FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- FERROVIAL AGROMÁN, S.A.
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIBERTEX ELEPHANT ESPAÑA, S.L. SOCIEDAD UNIPERSONAL
- FREYSSINET, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A. (GEOCISA)
- GINPROSA INGENIERÍA, S.L.
- GIRDER INGENIEROS, S.L.P.
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- HIDRODEMOLICIÓN, S.A.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
- IDEAM, S.A.
- IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, S.A.U.
- IKUSI, S.L.U.
- IMPLASER 99, S.L.L.
- INCOPE CONSULTORES, S.L.
- INDRA SISTEMAS, S.A.
- INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
- INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
- INGENIERÍA ESPECIALIZADA OBRA CIVIL E INDUSTRIA S.A.
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
- KAO CORPORATION, S.A.
- KAPSCH TRAFFICCOM TRANSPORTATION S.A.U.
- KELLER CIMENTACIONES S.L.U.
- LANTANIA, S.A.U.
- LGAI TECHNOLOGICAL CENTER, S.A.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- OBRAS HERGÓN, S.A.U.
- ORION REPARACION ESTRUCTURAL, S.L.
- ORYX OBRAS Y SERVICIOS, S.L.
- PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
- PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
- PINTURAS HEMPEL, S.A.U.
- PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
- PROES CONSULTORES, S.A.
- PROINTEC, S.A.
- PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
- RAUROSZM.COM, S.L.
- REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.
- RETINEO, S.L.
- SACYR CONSERVACIÓN, S.A.
- S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)
- S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)
- SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.
- SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.
- SERBITZU ELKARTEA, S.L.
- SISTEMAS Y MONTAJES INDUSTRIALES, S.A.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- SGS TECNOS, S.A.
- TALHER, S.A.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPASA)
- TECNIVIAL, S.A.
- TECYR CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES, S.A. (TECYRSA)
- TEKIA INGENIEROS, S.A.
- TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
- TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.
- TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
- ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA
- VSING INNOVA 2016, S.L.
- ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

Socios Individuales, Senior y Junior

Personas físicas (61) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.



RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



Si quiere suscribirse por un año a la revista **RUTAS**, en su edición impresa y digital, cuyo importe es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios (+ I.V.A. respectivamente) rellene sus datos en el formulario de abajo y envíelo por correo postal a la sede de la Asociación:
C/ Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:
Tel.: 91 308 23 18 info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com

La revista RUTAS ofrece la posibilidad de publicar aquellos trabajos o artículos del sector de las carreteras que resulten de interés.

Los artículos deberán enviarse por correo electrónico a la dirección info@atc-piarc.org

El Comité Editorial de la revista RUTAS se reserva el derecho de seleccionar dichos artículos y de decidir cuáles se publican en cada número.



www.atc-piarc.com/rutas

PORTADA RUTAS:

Si quiere que una imagen o fotografía aparezca como portada de la revista RUTAS, consultar en info@atc-piarc.com

Forma de pago:

Domiciliación bancaria CCC nº _____

Transferencia al numero de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa NIF

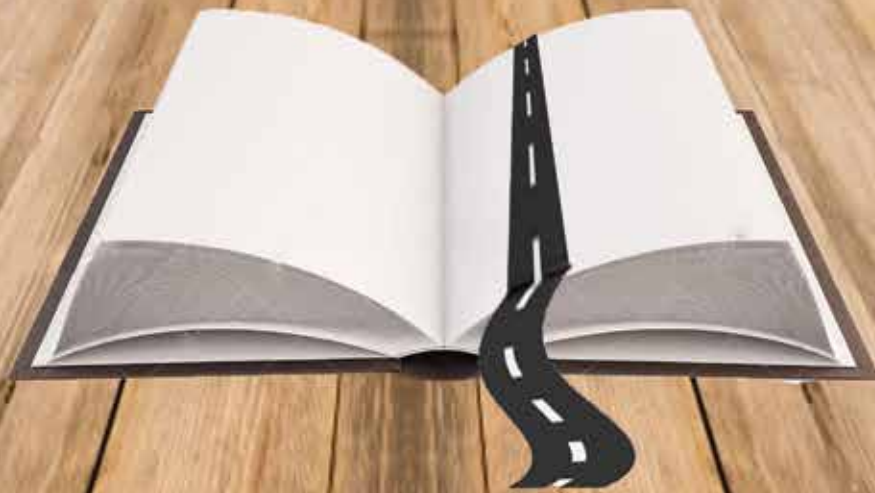
Dirección Teléfono

Ciudad C.P. e-mail

Provincia País

Fecha Firma

www.normativadecarreteras.com



Legislación y normativa técnica de carreteras

Acceso libre y gratuito



NUEVA GAMA DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Gracias a la **nueva y mejorada Gama de Emulsiones de Cepsa**, disfruta de soluciones específicas para cada aplicación y optimiza las prestaciones de cada tratamiento.

INFÓRMATE EN cepsa.es/asfaltos



Riegos de adherencia
Otros riegos auxiliares
Microaglomerados y Lechadas
Mezclas templadas

Riegos de adherencia termoadherente
Tratamientos superficiales con gravilla
Mezclas bituminosas en frío
Reciclados con emulsión

CEPSA

Tu mundo, más eficiente.