



CATIRI: ¿PUEDE LA ADMINISTRACIÓN LOCAL CONSEGUIR CARRETERAS INTELIGENTES?

Jesús Alfaro Villa
Grupo Bertolín S.A.U.

Ronda Gugliermo Marconi,11
Parque Tecnológico
46980 Paterna (Valencia)
96 384 12 34

jalfaro@grupobertolin.es



PALABRAS CLAVE (5):

*CARRETERAS INTELIGENTES, CATIRI, PAVIMENTOS 4.0.,
MANTENIMIENTO PREDICTIVO, SENSÓRICA.*

TEXTO DE LA COMUNICACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Grupo Bertolín S.A.U. es una empresa con más de 50 años de experiencia en el sector de la construcción, especializada tanto en el desarrollo de obra civil, edificación e industrial, como en la gestión integral de proyectos. Dentro de su área de actividad, destaca la participación y ejecución de numerosos proyectos en obras singulares, urbanización, obra civil, obra industrial, rehabilitación, edificación, entre otros muchos.

La clave del éxito ha estado siempre vinculada a su objetivo de satisfacer las necesidades del cliente, ajustándose siempre a los compromisos de calidad, servicio y eficiencia. Además, Grupo Bertolín cuenta con un amplio equipo humano altamente cualificado, con una amplia experiencia en el sector de la construcción de infraestructuras.

Actualmente, con un mercado continuamente cambiante y un sector de la construcción que se reinventa con la introducción de nuevas tecnologías (Big Data, Impresión 3D, Internet de las Cosas (IoT), Realidad Virtual, entre otras), Grupo Bertolín define como pilar fundamental de su objetivo empresarial el progreso y la innovación tecnológica. Sólo con una adaptación real e innovadora al mercado de la construcción, Grupo Bertolín conseguirá permanecer a la vanguardia de su principal sector de actividad, la construcción, posibilitando tanto la sostenibilidad como el crecimiento de su negocio actual.

Así en el ámbito de las infraestructuras viarias Grupo Bertolín ha abierto una nueva línea de desarrollo centrada en la obtención de novedosos sistemas que, aunando diferentes disciplinas (microelectrónica, telecomunicaciones, programación software, etc) aplicados en diferentes ámbitos de la construcción, consigan un mayor rendimiento y eficiencia, optimización de procesos y mantenimiento, entre otras. Se trata de conseguir soluciones tecnológicas novedosas que



posibiliten la evolución del sector de la construcción hacia el concepto CONSTRUCCIÓN 4.0.

Hoy en día, Grupo Bertolín ha empezado a investigar sobre el desarrollo de nuevos sistemas tecnológicos que aporten información en tiempo real en diferentes ámbitos de las obras de construcción: fraguado del hormigón, desgaste del pavimento, obtención del IRI del firme, entre otros, con el objetivo principal de obtener una optimización de procesos, inserción de filosofías de MANTENIMIENTO PREDICTIVO, siempre garantizando el máximo nivel de seguridad y desarrollo sostenible.

De todos ellos, los sistemas más avanzados en su estado de desarrollo son aquellos destinados a obtener información del firme ante el paso de vehículos, destinados a que la infraestructura carretera cumpla el requisito de "carretera del mañana"¹. Se trata de conseguir evolucionar hacia el concepto de CARRETERAS 4.0, unas plataformas de apariencia similar a las actuales pero que ofrecerán unas mayores prestaciones adaptadas a la era digital, pasando de meras infraestructuras inanimadas a auténticas CARRETERAS INTELIGENTES de servicios, proporcionando información a tiempo real para lograr un mejor uso, conservación y mantenimiento.

Dentro del binomio carretera-vehículo, ya destaca actualmente la evolución de la industria del automóvil consiguiendo vehículos eléctricos e incluso autónomos que demandan cambios en la infraestructura viaria, adaptándola a las necesidades y capacidades que ellos necesitan para su correcta operación, buscando siempre garantizar la seguridad y la fluidez de un tráfico que crece de forma continua, especialmente en las vías de ámbito local.

Visto la nueva línea de desarrollo de Grupo Bertolín, enfocado no sólo a construcción y gestión de proyectos sino a aportar servicios altamente tecnológicos para abordar las necesidades de sus clientes durante la explotación y servicio, se pasa ahora a explicar, con detalle técnico, la estructura de diseño de los sistemas tecnológicos desarrollados para el caso particular de firmes (PAVIMENTOS 4.0), concluyendo después con un

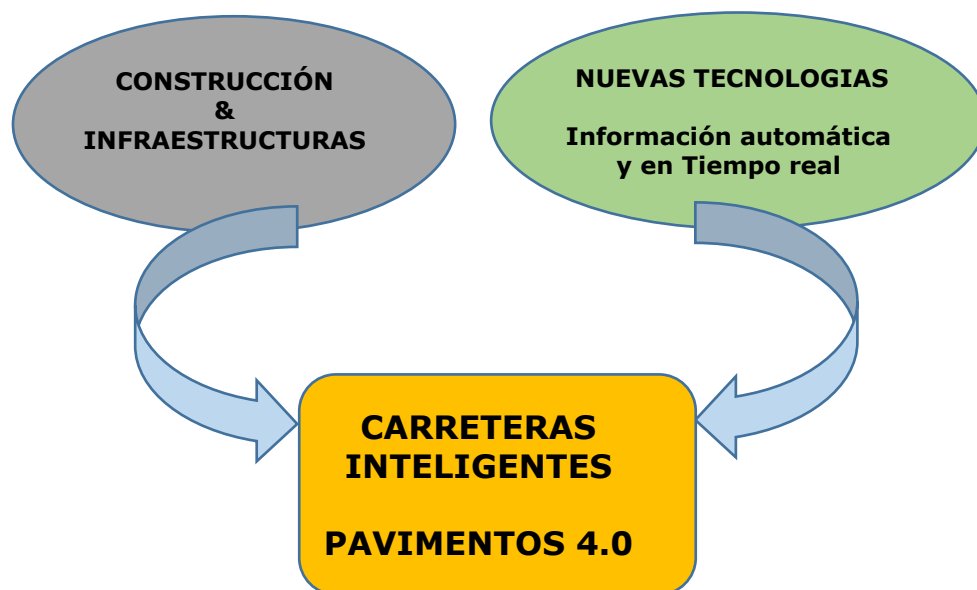
¹https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/267061C6-B1F5-45FC-8421-D8AB50E6D5E4/145324/Ex84_90.pdf



ejemplo particular de los sistemas, el sistema CATIRI, aún en fase de desarrollo.

2. PAVIMENTOS 4.0.

Se trata de conseguir, como objetivo general, una infraestructura de CARRETERA INTELIGENTE, con una capa de rodadura que ofrezca información de interés en tiempo real y de forma automática para diversos fines.



Para ello deberemos diseñar sistemas tecnológicos de última generación, como elementos de microelectrónica embebidos en el firme combinados con potentes softwares capaces de aportar información sobre parámetros indicativos de la calidad y la seguridad del firme, tales como el desgaste de la capa de rodadura, parámetros de rugosidad y confort como el IRI, gestión del tráfico, entre otros muchos. Toda esta información será aportada de forma automática, mediante comunicación inalámbrica, y en tiempo real, permitiendo conocer la evolución de las variables de interés a lo largo del tiempo. Así, además de obtener información del estado real de la infraestructura carretera, conseguiremos automatizar la obtención de planes de MANTENIMIENTO PREDICTIVO, optimizar las operaciones de mantenimiento, garantizar máxima seguridad y servicio en la infraestructura, entre otros.

Vista la finalidad de los sistemas tecnológicos de firmes diseñados por Grupo Bertolín, se destaca en este punto que



todos ellos se basan en la misma estructura de diseño, esto es; un sistema tecnológico formado por tres subsistemas claramente diferenciados: un subsistema hardware, un subsistema de comunicación y un subsistema software.

El subsistema hardware será el encargado de registrar las variables de interés del firme. Para ello, en función de las variables de interés a registrar estará formado por un conjunto diferente de elementos y sensores (acelerómetros, galgas de deformación, sensores de carga, microcontroladores, microprocesadores, sistema de alimentación energética, entre otros) combinados y montados de forma específica para garantizar las máximas prestaciones. El "packing" de todos estos elementos se realizará por especialistas en microelectrónica considerando, además de las variables a medir y elementos a utilizar, el tamaño final del diseño a obtener, la posible necesidad de protecciones físicas (de los diferentes elementos, así como del conocimiento del nodo sensor), la posición óptima de la diferente SENSÓRICA, así como sistemas de puesta en obra embebidos en el firme. A continuación, se pueden observar diferentes imágenes que muestran ejemplos de subsistemas hardware estudiados por el Grupo Bertolín S.A.U.



Figura 1 Ejemplo preparación sensórica para colocación embebida en firme (proceso de empastillado).



Figura 2 Ejemplo colocación sensórica embebida en firme.

En cuanto al subsistema de comunicación, como su nombre indica, se encargará de enviar la información registrada por el subsistema hardware al subsistema software para su procesado y análisis. Normalmente, este subsistema se dividirá a su vez



en dos tipos de comunicación: la comunicación de corta distancia y la comunicación de larga distancia.

La comunicación de corta distancia será aquella entre cada nodo sensor y el punto de acceso (sistema de recogida de información y procesado de información in situ), mientras que la de larga distancia será la que se encargará de enviar la información registrada por la totalidad del subsistema hardware (ya en el punto de acceso) a la nube.

Estos sistemas de comunicación podrán ser cableados o inalámbricos en corta distancia según las necesidades del sistema, e inalámbrica en la comunicación a larga distancia. Para su elección se valorarán criterios de robustez, fácil instalación, protocolos de comunicación disponibles, cobertura del emplazamiento, entre otros. Actualmente, los sistemas diseñados por el Grupo Bertolín, utilizan sistemas de comunicación de corta distancia basados en cableado (embebidos en firme) y subsistemas de comunicación de larga distancia basados en tecnología móvil 3G o 4G.

Téngase en cuenta que para obtener la comunicación deseada se deberá diseñar un punto de acceso formado por diferentes elementos (microcontroladores, microprocesadores, CPUs, Gateways, entre otros) según las necesidades. En función del tipo de sistema, el subsistema hardware y el subsistema de comunicación se podrán integrar en un mismo nodo sensor, o por el contrario de forma separada.

Finalmente, el subsistema software tendrá como función principal la de procesar y analizar la información recibida aportando los resultados deseados. Este software estará formado por diferentes algoritmos programados específicamente para cada sistema a diseñar en función del fenómeno que se analice.

Del mismo modo, todos ellos serán almacenados en la nube, de modo que sean fácilmente accesibles, tanto por el equipo técnico de Bertolín en su uso, como para que los propios clientes puedan acceder directamente a los resultados, previa obtención de las acreditaciones pertinentes.

Se trata pues, de automatizar el proceso de análisis y optimizar el contacto entre los diferentes agentes implicados en el proceso, permitiendo el acceso a la información desde cualquier dispositivo conectado a internet.



Figura 3 Subsistema de comunicación de corta distancia mediante cableado (izquierda), Ejemplo de nodo sensor que integra tanto el subsistema hardware como el de comunicación (derecha).

La información ofrecida a cada agente dependerá de las necesidades que éste en concreto tenga, para lo cual, en el desarrollo de cada sistema se crearán diferentes interfaces de usuario, de modo que cada uno de ellos tenga a su disposición la información deseada de forma clara y concisa.

3. CATIRI. EJEMPLO SOLUCIÓN PAVIMENTOS 4.0. DE GRUPO BERTOLIN

En este camino Grupo Bertolin ha buscado apoyo y aunar esfuerzos en una alianza estratégica con la Universitat Politècnica de València (UPV), creando un consorcio con el Grupo de Investigación en Ingeniería Civil IMM (Instituto de Investigaciones Matemáticas Multidisciplinar) para el desarrollo del proyecto CATIRI con el objetivo de lograr afianzar el concepto de PAVIMENTOS 4.0, desarrollando una completa línea de investigación destinada a la monitorización en tiempo real del firme ante el paso de los vehículos. CATIRI ha sido presentado a la convocatoria RETOS 2017 y está ejecutándose actualmente.

La solución CATIRI es un nuevo sistema de monitorización del pavimento de bajo coste, capaz de medir, de forma automática y a tiempo real, la regularidad que ofrece la capa de rodadura a través de la medida del Índice de Regularidad Internacional (IRI), el Coeficiente de Rozamiento transversal (CRT), entre otros parámetros de interés, de modo que aplicado a los Tramos de Concentración de Accidentes (TCA) o Puntos Negros (PN) garantice un alto nivel de seguridad a la vez que se optimicen las operaciones de mantenimiento del firme en dichos tramos.



Figura 4. Esquema funcionamiento solución CATIRI.

Así pues, en este caso en particular, la solución final desarrollada estará formada por tres subsistemas: hardware, comunicación y software, de modo que el subsistema software quedará implementado en una Plataforma Digital. La aplicación e integración de la información obtenida en tiempo real, los algoritmos que la procesen y los resultados que de ella se vayan obteniendo en sistemas propios (como el GISRoad de las Carreteras de la Diputación de Valencia, u otros sistemas propios en vías de ámbito local) permitirá un MANTENIMIENTO PREDICTIVO y de bajo coste para la conservación de las carreteras y vías con el objetivo de mejorar su seguridad y adaptar la infraestructura a la movilidad local e intensa del futuro.

El subsistema hardware, tendrá como función registrar la información de deformación del pavimento ante el paso de un vehículo, necesaria para la posterior obtención de distintos parámetros como el IRI y las deflexiones. Para ello, este subsistema consistirá en una red de sensores formada por dos tipologías, los sensores tipo PVDF "Polyvinylidene Fluoride" y los sensores magnéticos, todos ellos embebidos en el pavimento.

Registrada la información ante el paso de un vehículo, será el subsistema de comunicación el que de forma automática e instantánea, empaquetará los registros y los enviará, mediante el protocolo de comunicación de larga distancia que se decida, a la plataforma digital, donde éstos serán procesados y analizados. El punto de acceso se diseñará con toda la



tecnología (microprocesadores, CPU, Gateway, etc.) necesaria para poder transformar la señal registrada de los sensores en señal digital, empaquetar todos los datos identificando cada uno de ellos con su sensor y momento temporal en el que ha sido medido, y proceder a su envío. En este caso se plantea una comunicación SENSÓRICA -punto de acceso por cableado, y punto de acceso - plataforma digital mediante protocolo de comunicación inalámbrico de larga distancia.

Por último, será el software el encargado de procesar y analizar los datos registrados por la red de sensores. Para ello, este software estará formado por potentes algoritmos matemáticos capaces de transformar la señal registrada por los sensores PVDF a deformación, la cual reflejará el estado estructural en el que se encuentra el pavimento. Con los datos de deformaciones, y potentes algoritmos especialmente diseñados para ello, se obtendrá valores de la calidad del firme (valor de la rugosidad, coeficiente de rozamiento, entre otros) conociendo el estado real en el que se encuentra el pavimento tanto a nivel estructural como funcional (PAVIMENTOS 4.0-CARRETERAS INTELIGENTES). Este software será integrado en la Plataforma Digital CATIRI, la cual a partir de una algoritmia de automatización y biblioteca de datos, entre otros, se encargará de planificar y gestionar las operaciones de mantenimiento necesarias en cada momento para restablecer el nivel de seguridad en cada caso, es decir, ofrecerá un Plan de Actuación detallando la operación de mantenimiento que debe desarrollarse para mantener el nivel de seguridad en la infraestructura monitorizada, introduciendo así la filosofía de MANTENIMIENTO PREDICTIVO en el firme de carretera.

CONCLUSIONES

El contexto actual de cambio en el mercado de la construcción hace imprescindible que la investigación sea un pilar fundamental en las empresas del sector. Esta investigación será necesaria para buscar nuevas soluciones tecnológicas que satisfagan las necesidades de sus clientes potenciales, avanzando hacia CARRETERAS INTELIGENTES que aporten una monitorización continua y en tiempo real durante la fase de explotación/mantenimiento de las mismas.

Grupo Bertolín S.A.U., conocedor de esta oportunidad en el sector, participa actualmente en diferentes proyectos de investigación para la obtención de diferentes sistemas



tecnológicos que permitan la introducción del MANTENIMIENTO PREDICTIVO y garanticen la máxima seguridad en las construcciones que ellos mismos realizan, ofreciendo así un servicio y valor añadido a sus actuales clientes y a todos aquellos que muestren interés por la implantación de esta tipología de sistemas. Estos desarrollos son considerados como fundamentales por la empresa para poder garantizar su posición en el sector de la construcción en un futuro a corto-medio plazo.

Los métodos convencionales de adquisición de datos de parámetros de la calidad y seguridad del firme (IRI, CRT,..) requiere de vehículos instrumentados y técnicos con capacitación especializada para interpretar los resultados. La mano de obra extensa y los altos costes asociados provocan en las vías de ámbito local (con menos recursos económicos) la menor frecuencia de captación de datos lo que deriva en información escasa y poco actualizada. Grupo Bertolín con el desarrollo del proyecto CATIRI permitirá en tiempo real la evaluación de parámetros de calidad y seguridad del firme, de manera continua y con un bajo coste, durante la vida útil permitiendo un conjunto de datos inimaginables con las técnicas convencionales que hoy nos presenta el mercado, caminando hacia el concepto de PAVIMENTOS 4.0.

Finalmente, se destaca que las autoridades responsables del mantenimiento de las carreteras y vías de ámbito local preferirán este tipo de soluciones de bajo coste, frente a las soluciones existentes en el mercado, dado que éstas aportarán información en tiempo real durante la vida útil de la vía, permitiendo insertar la filosofía de mantenimiento predictivo, lo cual se traducirá en importantes beneficios.

Queda pues definido con todo ello, el inicio de la nueva era de la construcción inteligente, donde el Grupo Bertolín S.A.U. pretende posicionarse como ente de referencia.