

Documento registrado en la Agencia del ISBN en España.

ISBN: 978-84-09-45807-3

"INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN CONSTRUCCIÓN: EXPERIENCIAS Y PROPUESTAS PARA SUPERAR LOS RIESGOS TÉCNICOS ASOCIADOS" G.T. IMPULSO A LA INNOVACIÓN- AÑO 2022



"INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN CONSTRUCCIÓN: EXPERIENCIAS Y PROPUESTAS PARA SUPERAR LOS RIESGOS TÉCNICOS ASOCIADOS"

Entidades coordinadoras de la redacción del documento:



Entidades participantes en la redacción del documento:



ÍNDICE

1. Introducción	1
2. La importancia de innovar en construcción.....	1
2.1. Investigación, Desarrollo e Innovación	1
2.1.1. Qué es Investigación, Desarrollo e Innovación	1
2.1.2. El concepto de TRL en la I+D+i tecnológica	2
2.1.3. Otros tipos de innovación no tecnológica.....	3
2.2. Intensidad de I+D+i en el ámbito de la construcción en España	5
2.3. Retos y oportunidades para innovar en construcción identificadas por PTEC	6
2.4. Motivos para innovar.....	8
3. Barreras a la innovación en construcción.....	11
4. La gestión del riesgo técnico de la innovación en construcción	13
4.1. El riesgo.....	14
4.2. El Seguro.....	15
4.3. Normativa aplicable a las innovaciones en construcción.....	18
5. Experiencias de superación de riesgos técnicos de innovación en construcción	22
5.1. Sistemas de Refuerzo de Estructuras de Edificación de Hormigón Armado. SIKA	22
5.2. Fachada ventilada. SAINT GOBAIN.....	27
5.3. Elementos de superestructura de ferrocarril de A.V. MEDINA-LA MECA. LADICIM31	
5.4. Estructuras con composites. ACCIONA	34
5.5. Tecnología Cupipod OHLA/SATO.....	41
5.6. Procedimiento de instalación de vía en placa en túneles Bi-Tubo. FCC Construcción	45
5.7. Corrosímetro GECOR. GEOCISA e Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. CSIC.	50
5.8. Plataforma de inspección y evaluación de puentes GENIA by TECNALIA.....	54
6. Conclusiones	61
ANEXO. Riesgos y Coberturas aseguradoras en los seguros de construcción.	62

1. Introducción

Con este documento, desde el Grupo de Trabajo de Impulso a la Innovación de la PTEC, coordinado por OHLA y UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, confiamos en aportar nuestro granito de arena al difícil tránsito de las innovaciones técnicas y tecnológicas hacia su implementación real en el sector de la construcción en España.

Con este fin, el documento destaca, en primer lugar, la necesidad de nuestro sector de innovar en el día a día, de forma racional y segura. Se identifican a continuación algunas barreras y puntos de bloqueo a la innovación propios de nuestra actividad. Entre estos obstáculos se encuentra el **riesgo técnico asociado a la innovación en construcción**, que los autores entendemos que ha sido poco tratado en la literatura y que, a nuestro juicio, supone una importante dificultad muy específica de nuestro sector, motivo por el que el resto de este informe se centra de forma específica en su gestión. Superar el riesgo técnico es posible y por eso el documento detalla en su tramo final 8 casos de éxito y una serie de conclusiones que esperan aportar luz al sector.

2. La importancia de innovar en construcción

2.1. Investigación, Desarrollo e Innovación

2.1.1. Qué es Investigación, Desarrollo e Innovación

En el contexto actual, es muy frecuente tratar Investigación y Desarrollo (I+D) o incluso los tres conceptos (I+D+i) de manera conjunta, existiendo varias definiciones específicas para estos términos. Por simplicidad, se proporciona la definición generalista de I+D presente en el Manual de Frascati¹, que es una publicación de la OCDE de uso común para medir las actividades de ciencia, tecnología e innovación al armonizar la producción y tratamiento de indicadores de I+D.

Según dicho documento, la I+D comprende el trabajo creativo y sistemático realizado con el objetivo de aumentar el volumen de

¹ Manual de Frascati 2015. Guía para la recopilación y presentación de información sobre la Investigación y el Desarrollo experimental. [OCDE](#)

conocimiento (incluyendo el conocimiento de la humanidad, la cultura y la sociedad) e idear las nuevas aplicaciones de conocimiento disponible. Asimismo, existe un conjunto de características comunes que identifican las actividades de I+D destinadas a alcanzar objetivos generales o específicos, incluso cuando son llevadas a cabo por diferentes ejecutores. Para que una actividad se considere de I+D debe satisfacer cinco criterios básicos:

- Novedosa
- Creativa
- Incierta
- Sistemática
- Transferible y/o reproducible

Si tratamos ambos conceptos por separado, la **Investigación Científica** consistiría en el trabajo realizado para incrementar el volumen de conocimientos, a través de la recopilación, organización y análisis de información. El término «científica» es una referencia directa al Método Científico, del que parte y del que toma sus bases. Por otro lado, el **Desarrollo Tecnológico** consiste en el empleo de los conocimientos científicos disponibles para la producción de nuevos productos o servicios o productos o servicios mejorados sustancialmente.

Sin embargo, en los últimos años, y con el objetivo de incorporar la vertiente de la Tecnología a la Ciencia (representada por la Investigación) y a la Economía (Desarrollo), surge en España el concepto de I+D+i, incorporando la noción de **innovación**, que supone además la aplicación de un método de producción o suministro nuevo o significativamente mejorado, incluyendo cambios significativos en cuanto a técnicas, equipos y/o programas informáticos, aplicación de nuevos métodos organizativos a las prácticas comerciales, la organización del centro de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa, etc. (definición del Manual de Oslo²).

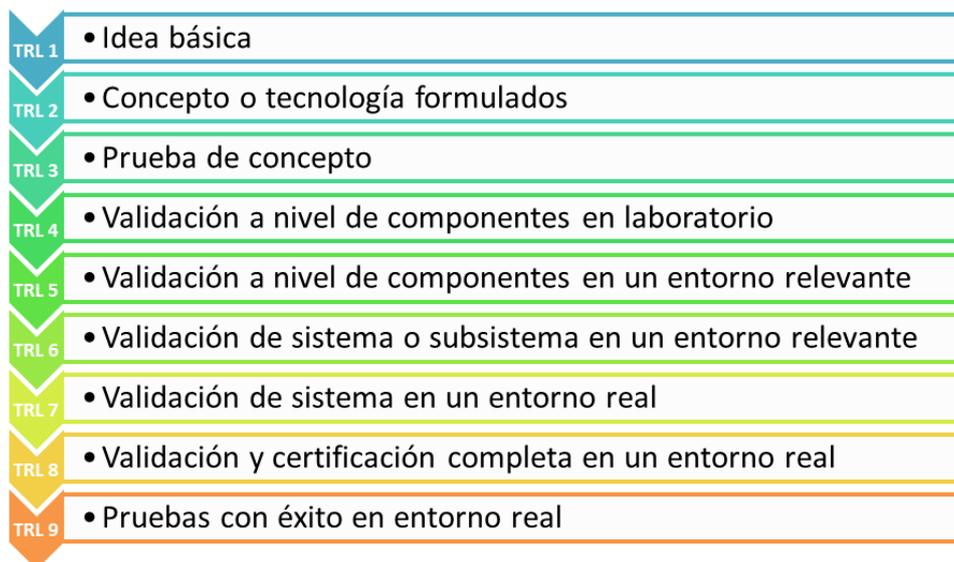
2.1.2. El concepto de TRL en la I+D+i tecnológica

En el ámbito de la innovación de carácter tecnológico, es importante considerar el concepto de **Nivel de Madurez de la Tecnología**, conocido

² Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, 3ª edición. [OCDE](#)

habitualmente por las siglas TRL –del inglés *Technology Readiness Level*–. Surgido en la NASA en la década de 1970, su uso se encuentra extendido actualmente a cualquier proyecto no ligado al sector aeroespacial. Tanto es así, que la Comisión Europea emplea la escala TRL como una herramienta de ayuda a la toma de decisión acerca de la financiación o no de varios de sus instrumentos de financiación de I+D e innovación.

Empleando este sistema, consistente en 9 escalas, es posible comparar la aportación al estado de la técnica de distintos proyectos en sectores diferentes, mejorar la gestión de riesgos y tomar decisiones sobre la adopción de nuevas tecnologías. A pesar de que, en función del autor, la denominación de cada nivel varía levemente, se proporciona a continuación una definición resumida de cada uno de los niveles:



A grandes rasgos, estas 9 escalas se suelen agrupar en:

- TRL 1-4: Investigación
- TRL 5-6: Desarrollo
- TRL 7-9: Innovación

Proporcionando, si se combinan ambos conceptos, un marco adecuado para la definición de las actuaciones en I+D+i.

2.1.3. Otros tipos de innovación no tecnológica

Como se desprende de la definición del Manual de Oslo citada anteriormente, no todas las innovaciones tienen necesariamente un carácter tecnológico, considerándose la implantación de cualquier

cambio significativo en el producto, el proceso, el marketing o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados. Por su parte, la Fundación COTEC lo resume bien en su definición de innovación: todo aquel cambio (no sólo tecnológico), basado en el conocimiento (no sólo científico), que genera valor (no sólo económico).

Bajo esta perspectiva y desde el punto de vista del sector de la construcción, cabe identificar varios tipos de innovación. Una clasificación, entre las varias posibles, sería la siguiente:

- Innovación en producto/servicio: Introducción en el mercado de nuevos (o significativamente mejorados) productos o servicios. Incluye alteraciones significativas en las especificaciones técnicas, en los componentes, en los materiales, la incorporación de software o en otras características - funcionales. Se trata del tipo de novedades más visibles para los usuarios finales y por tanto las que más se han identificado tradicionalmente con la innovación tecnológica. Dentro del sector construcción, son numerosas y constantes las innovaciones de esta categoría, especialmente en lo relativo a productos. Por ejemplo, en elementos estructurales (piezas prefabricadas, cimentaciones especiales...), elementos para edificación (p.e. ventanas, puertas, sistemas de aislamiento, placas prefabricadas...), instalaciones mecánicas y eléctricas (p.e. los sistemas domóticos, o los relacionados con la generación y acumulación de energía en viviendas), nuevos materiales (como el hormigón, los firmes de carretera o los composites) y un largo etcétera.
- Innovación en proceso: Implementación de nuevos (o significativamente mejorados) procesos de fabricación, logística o distribución. En nuestro sector, este tipo de innovaciones son especialmente visibles en los procesos de diseño (que ya se han visto transformados varias veces gracias a las tecnologías digitales) y en los de construcción (nuevas maquinarias, procesos constructivos nuevos o más eficientes, seguros, controlados, etc.). Además, cabría también considerar las innovaciones que acometen de forma continua los industriales del sector en sus propios procesos internos de negocio o soporte.

- *Innovación organizacional*: Implementación de nuevos métodos organizacionales en el negocio (gestión del conocimiento, formación, evaluación y desarrollo de los recursos humanos, gestión de la cadena de valor, reingeniería de negocio, gestión del sistema de calidad, etc.), en la organización del trabajo y/o en las relaciones hacia el exterior. Este tipo de innovaciones, al igual que las siguientes, son comunes y constantes en todas las empresas, incluidas lógicamente las del sector construcción.
- *Innovación de marketing*: Implementación de nuevos métodos de marketing, incluyendo mejoras significativas en el diseño meramente estético de un producto o embalaje, precio, distribución y promoción.

En todo caso, las tipologías de innovación objeto de atención en este informe son aquellas con carácter técnico/tecnológico, especialmente las dos primeras.

2.2. Intensidad de I+D+i en el ámbito de la construcción en España

El sector de la construcción es esencial en la economía y en la sociedad. La construcción representa casi el 10% del PIB y el 6,5% del total de ocupados en el conjunto de la economía española de forma directa. Hay que pensar adicionalmente en la actividad auxiliar o conexas a la construcción para ver su verdadera dimensión en términos socioeconómicos.

El sector de la construcción es, por tanto, un vector económico importante en la mayoría de los países desarrollados, lo que contrasta con su bajo nivel de inversión en innovación. La intensidad innovadora (cociente entre la inversión en innovación y la cifra de negocios) del sector de la construcción fue del 0,25%, muy lejos del 1,08% de la media nacional y del 1,36% del total de empresas del sector industrial, incluida la construcción, según datos de 2020 del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Consultando además el Informe sobre el Sector de la Construcción 2020³ del Observatorio Industrial de la Construcción, se puede extrapolar, por

³ Informe sobre el Sector Construcción. Año 2020. [Observatorio Industrial de la Construcción](#)

un lado, que la disminución en el peso relativo del sector sobre el PIB ha venido de la mano de una disminución en la inversión en I+D+i y, por otro lado, que el porcentaje de empresas del sector que invirtieron en innovación durante 2019, 11,27%, es inferior a la media nacional (16,41%), e incluso a los sectores más tradicionales, como la Agricultura (12,19%).

2.3. Retos y oportunidades para innovar en construcción identificadas por PTEC

La Plataforma Tecnológica de la Construcción tiene entre sus principales objetivos el promover la innovación en el sector en su conjunto. Con este objetivo, entre otras muchas actividades, realiza análisis periódicos para identificar y difundir tendencias, retos y oportunidades para innovar, apoyándose en la valiosa participación de sus numerosos socios de distintas tipologías (grandes empresas, PYMES, startups especializadas, administraciones públicas, centros tecnológicos y universidades).

En su **"Documento de Posicionamiento europeo del sector construcción español"**, publicado en 2020, la PTEC presenta las principales prioridades de I+D+i identificadas para resolver los retos globales del sector de la construcción. Estas prioridades se dirigen hacia 4 grandes retos globales definidos a partir de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas:

- Transición energética y descarbonización.
- Transición digital.
- Economía circular e industrialización.
- Entorno construido orientado a las necesidades del usuario.

El documento también presenta 5 líneas tecnológicas prioritarias para el sector:

- Transformación Energética.
- Materiales Sostenibles y Economía Circular.
- Digitalización y Procesos Productivos.
- Infraestructuras para movilidad sostenible e inteligente.
- Entorno Urbano.

Por último, en el documento también se listan una serie de claves para evolucionar en el sector:

- Apuesta por la innovación, tecnología y formación.
- Sostenibilidad como clave de los proyectos empresariales.
- Digitalización de procesos y digitalización e inteligencia de los "entregables" del sector.
- Seguridad y salud mejoradas.
- Nuevas técnicas constructivas y especialización en proyectos.
- Participación española como asesores en entidades públicas, privadas e inversionistas.
- Fortalecer la relación Público-Privada, proyectos PPP.
- Involucración de los fondos de inversión en infraestructuras desde el inicio de la planificación y/o estudio del proyecto.

Actualmente PTEC está trabajando sobre la actualización del documento de posicionamiento estratégico del sector construcción español. Una vez publicado, se actualizarán contenidos en el presente documento.

Para redactar la "**Agenda estratégica PTEC 2020-2023**", publicada igualmente en 2020, se siguió durante varios meses una metodología abierta con talleres, encuestas y entrevistas, con participación de numerosos entes de toda la cadena de valor. El resultado fue la definición de cinco líneas estratégicas a corto y medio plazo para el sector construcción y PTEC, con la definición de unos retos y acciones a realizar.

Línea estratégica 1: capacitación de personas.

- Reto 1. Actualización de los planes de estudio.
- Reto 2. Fomentar la transferencia del conocimiento.
- Reto 3. Especialización técnica.

Línea estratégica 2: cambio de cultura.

- Reto 1. Procesos colaborativos.
- Reto 2. Agrupaciones sectoriales.
- Reto 3. Visión e impulso de las pymes.

Línea estratégica 3: modelo de negocio.

- Reto 1. Visión del ciclo de vida del modelo de negocio.
- Reto 2, Fomento de la innovación y sostenibilidad.

Línea estratégica 4: adecuación normativa.

- Reto 1. Adaptación y estandarización normativa.

Línea estratégica 5: I+D+i.

- Reto 1. Evolución hacia nuevos productos y procesos de construcción.
- Reto 2. Adaptación de las metodologías de trabajo a nuevos ambientes data driven.

De igual forma que el documento de posicionamiento europeo del sector construcción español en Europa, PTEC está trabajando en la actualidad en la Agenda estratégica 2023-2026. Se incorporarán al presente documento, los contenidos más relevantes.

Otro documento relevante de PTEC, publicado en 2021, es el "**Informe sobre retos y barreras de la transformación digital del sector construcción**", cuyas principales conclusiones relacionadas con los retos del sector en el ámbito digital son:

- Corregir las vulnerabilidades existentes del sistema energético para garantizar la disposición de energía en todo momento.
- Lograr la adaptación la metodología BIM como base para la gestión del ciclo de vida y la economía circular.
- Mejorar la trazabilidad de los materiales a lo largo de la cadena de suministro a través de las tecnologías digitales.
- Mejorar la resiliencia y seguridad de los edificios e infraestructuras especialmente en aquellas de carácter público.
- Garantizar la privacidad de los datos (MyData, MyBIM)
- Utilizar el Internet de las cosas y la digitalización (enfoque centrado en el usuario).

2.4. Motivos para innovar

La innovación es el motor del cambio, se innova para mejorar. Sin innovación no existe progreso. Y cuando la innovación es exitosa, proporciona una ventaja competitiva sobre el sistema tradicional.

Atendiendo a la **Encuesta sobre innovación en las empresas 2020, del INE**, a pesar de que no se cuenta directamente con un epígrafe que englobe todas las innovaciones, sí que se mide, para aquellas empresas que han llevado a cabo innovaciones con beneficios medioambientales, el motivo principal para llevar a cabo la inversión. Restringiendo la búsqueda a empresas del sector de la Construcción, y ordenados de mayor a menor frecuencia, aparecen los siguientes motivos:

- Mejorar la reputación de la empresa.
- Altos costes de energía, materiales o agua.
- Acciones o iniciativas voluntarias de buenas prácticas medioambientales dentro del sector.
- Necesidad de cumplir con los requisitos de los contratos públicos.
- Regulaciones o tasas medioambientales esperadas en el futuro.
- Regulaciones medioambientales existentes.
- Impuestos, tasas o cargos medioambientales existentes.
- Subvenciones, subsidios u otros incentivos financieros de la Administración Pública para innovaciones medioambientales.
- La demanda de mercado existente o prevista de innovaciones medioambientales.

A partir de las respuestas de las empresas, se puede observar que el motivo principal es el ahorro económico sobre los insumos que emplean las empresas en sus procesos. La importancia de este motivo es específica de sectores industriales, muy intensivos en el uso de materias primas. En el caso del sector construcción, además, los costes de materiales acumulan largos períodos de subida sostenida, en parte debido a las restricciones medioambientales para su fabricación. En segundo plano, se podrían considerar las innovaciones que vienen impuestas, de una u otra manera, por las Administraciones (requisitos de contratos públicos, regulaciones medioambientales esperadas y existentes), que también juegan un importante papel como estímulo para las decisiones de inversión, sobre todo en un sector orientado, en muchos casos, a las licitaciones públicas.

También se puede observar que dos de las principales causas (mejorar la reputación y acciones voluntarias de buenas prácticas) vienen determinadas por la relación con la sociedad, que es una variable cada vez más relevante para las empresas, sobre todo las de mayor tamaño, dentro de sus políticas de Responsabilidad Social Corporativa.

Marcada como última opción figura la demanda de innovaciones medioambientales. Debido a que, en general, las empresas especializadas en la construcción no suelen ofertar ese tipo de bienes y servicios, se considera coherente con la realidad del sector.

También resulta llamativo el escaso efecto tractor de las subvenciones públicas sobre la innovación empresarial. Esto puede ser debido a diversos motivos: por falta de atractivo, no adecuación a los instrumentos de financiación disponibles, falta de conocimiento de las oportunidades existentes, etc.

No obstante, aparte de lo indicado en la encuesta, que está limitada a las opciones previstas por el equipo demoscópico, existen múltiples motivos para invertir en I+D+i en el sector de la construcción. Considerando las aportaciones de múltiples autores, se identifican los siguientes **motivos principales**:

- Posibilidades de difusión y popularización de la empresa y los bienes y servicios que ofrece. Las innovaciones que tienen cierto impacto proporcionan un escaparate hacia el resto de empresas del sector y clientes potenciales, proporcionando oportunidades nuevas, sobre todo en el caso de las pymes, que representan la mayor parte del sector (casi el 95% de las empresas cuentan con menos de 10 empleados).
- Establecimiento de sinergias con otras entidades. Cuando los proyectos de I+D+i se llevan a cabo con otras empresas (sobre todo de otros sectores), organismos de Investigación y Centros Tecnológicos, es posible obtener relaciones duraderas que permitan acceder a nuevos clientes y ofrecer productos y servicios conjuntos en el sector Construcción y otros afines, así como conocer mejor el Sistema Español de Ciencia y Tecnología.
- Acceso a bienes y servicios mejorados. Gracias a la Investigación, Desarrollo e Innovación, las empresas tienen la posibilidad de ofertar sus desarrollos con mejoras en eficacia, coste y automatización, permitiendo una diferenciación de la empresa frente a la competencia y mejorando las posibilidades de éxito en el mercado. Cuando estas innovaciones se certifican a través de Documentos de Idoneidad Técnica (DIT) o Documentos de Adecuación al Uso (DAU), es posible su utilización comercial con todas las garantías.

- Obtención de conocimientos nuevos que puedan ser útiles para adoptar cambios técnicos en el sector con anterioridad al resto de competidores y que permitan en el futuro desarrollar nuevos productos y servicios. Mediante la I+D es posible capacitar al personal técnico de la empresa en nuevas tecnologías aplicables a sus actividades actuales.
- Acceso a financiación, subvenciones y deducciones fiscales. Las Administraciones Públicas y la iniciativa privada ofrecen condiciones ventajosas de financiación, subvenciones y contratos públicos específicos (Compra Pública Innovadora) para empresas que desarrollan soluciones innovadoras. Asimismo, existen deducciones fiscales del Impuesto de Sociedades por actividades de investigación y desarrollo e innovación tecnológica.
- Obtención de fuentes de ingreso adicionales. Al patentar la tecnología o mediante la protección de la Propiedad Intelectual, las empresas pueden optar a nuevos métodos de facturación, ya sea mediante el establecimiento de acuerdos de licencia o por el cobro de regalías o *royalties*.

3. Barreras a la innovación en construcción

Como hemos querido visibilizar en los apartados anteriores, existen numerosos ámbitos en los que la innovación es posible y deseable en nuestro sector y también sobrados motivos en las empresas para acometer dichas innovaciones. ¿Por qué, entonces, se observan unas ratios tan bajas de innovación en el sector de la construcción? A las dificultades para innovar que podrían afectar a cualquier empresa, que se han tratado ampliamente en la literatura, en construcción se añaden una serie de barreras más específicas, que afectan especialmente a las innovaciones en productos y procesos. Entre las más importantes y recurrentes, de forma muy esquemática, podríamos citar las siguientes:

- Atomización de la cadena de valor: frente a otros sectores más integrados, la construcción adolece de un grado de fragmentación muy importante, tanto vertical (cliente, contratista general, subcontratistas, proveedores, etc.) como horizontal en el tiempo a lo largo del ciclo de vida (desde el promotor hasta el usuario final, pasando por el diseñador, el constructor o el

gestor/explotador). Esta atomización genera importantes conflictos de intereses, de forma que la gestión de la información se convierte en un elemento clave del negocio para muchos de sus actores, desincentivando la colaboración. Esta dificultad se extiende a la transferencia tecnológica entre los centros de conocimiento y las empresas, o incluso dentro de las propias empresas.

- Gestión por proyectos y cultura de empresa: hay una serie de características particulares de los proyectos de construcción que también generan dificultades para la innovación. Es ampliamente citado el aspecto "prototípico" de cada obra (suele decirse que no hay dos obras iguales, aunque sea sólo por las características del terreno a las que tendrían que enfrentarse dos edificios "gemelos"). También lo son la dispersión geográfica de la actividad (la obra debe ejecutarse donde toca), o la dificultad de recolectar y transmitir el conocimiento entre proyectos, dentro y fuera de las propias empresas. Estas circunstancias, unidas a otras características como la lenta evolución de las técnicas constructivas o la fuerte dependencia de la normativa, hacen que en el sector esté arraigada una cultura bastante conservadora en comparación con otros mucho más dinámicos.
- Procesos de contratación pública: cuando el proyecto constructivo (sea de obra civil o de edificación) es promovido por una Administración, aparecen nuevas barreras derivadas de la dificultad para abrir los procesos de contratación pública a la innovación. Tres aspectos habituales son:
 - La dificultad en cuanto a la admisibilidad de variantes que puedan presentar los licitadores con soluciones innovadoras en la ejecución del contrato, así como la dificultad de valorar la innovación entre los criterios de adjudicación de un contrato.
 - El principio de libre competencia, que, siendo garante de derechos, también supone trabas a la licitación de requisitos avanzados o de diseños con soluciones patentadas o accesibles a pocos actores.
 - La dificultad de articular escenarios que permitan la demostración de innovaciones sobre elementos o procesos constructivos y de asumir los riesgos técnicos y sociales

asociados, situación que suele desembocar en planteamientos anclados en lo ya conocido.

En el ámbito de la innovación de carácter más digital, la PTEC identificó también una serie de barreras en su informe de 2021 sobre "**Retos y barreras de la transformación digital del sector construcción**":

- Acercamiento conservador a la innovación (muchas entidades prefieren esperar a que otros impulsen la verdadera innovación y reaccionar más tarde).
- Falta de integración entre los sistemas (existen numerosas ineficiencias operativas procedentes de la falta de comunicación e interacción entre los diferentes sistemas y tecnologías).
- Competitividad Digital (falta de agilidad para adaptar los modelos de negocio al entorno digital y hacer frente a los "new entrants" tecnológicos).
- Falta de estandarización (baja inclusión de soluciones tecnológicas con foco en el sector dentro de normativas y otros estándares).
- Falta de personal entrenado y cualificado.

Abordar todas estas barreras requiere de acciones diversas, en el ámbito empresarial, sectorial y de la Administración. Sobre muchas de ellas es fácil encontrar referencias y buenas prácticas en la literatura y en la propia experiencia profesional. El presente informe se centra de forma específica en las barreras relacionadas con la gestión del riesgo técnico de las innovaciones en construcción, que los autores entendemos que han sido poco tratadas en la literatura y que, a nuestro juicio, suponen una importante dificultad muy específica de nuestro sector.

4. La gestión del riesgo técnico de la innovación en construcción

La innovación tecnológica en nuestro sector habitualmente lleva asociados riesgos técnicos relevantes, que muchas veces son difíciles de valorar y gestionar, convirtiéndose en las principales barreras para el éxito de un gran número de soluciones innovadoras prometedoras. Pensemos, por ejemplo, en la aplicación de nuevos materiales o elementos constructivos en infraestructuras o edificios. La adecuada gestión de esos riesgos técnicos en sus primeras aplicaciones es fundamental para lograr

que esas nuevas soluciones se conviertan en una realidad, puedan llegar al mercado y extender su uso.

En este apartado profundizaremos en los conceptos del riesgo y del seguro, para reflexionar después sobre la importancia de encontrar formas de valorar los riesgos asociados a ciertas innovaciones.

4.1. El riesgo

En terminología aseguradora, el riesgo es la posible ocurrencia por azar de un acontecimiento que puede tener consecuencias económicas y cuya aparición real o existencia se puede prevenir, aminorar, asumir y en su caso transferir y garantizar mediante una póliza de seguros, obligando al asegurador a efectuar la prestación, normalmente indemnización, que le corresponde. En cualquiera de los casos, la gerencia de riesgos es de vital importancia para tener un control de lo que pudiera ocurrir, ya que el riesgo siempre existe.

El **riesgo**, para serlo, tiene que cumplir con las siguientes características esenciales:

- Incierto o aleatorio. El conocimiento de su existencia haría desaparecer la aleatoriedad. Hay veces que se sabe que ocurrirá, pero no se sabe cuándo.
- Posible. Ha de existir posibilidad de riesgo. El siniestro debe poder existir. Con dos limitaciones extremas (frecuencia y la imposibilidad).
- Concreto. El riesgo ha de ser analizado y valorado. Medido y cuantificado.
- Lícito. No puede ir contra las reglas morales o de orden público, ni en perjuicio de terceros.
- Fortuito. Debe provenir de un acto ajeno a la voluntad humana de producirlo.
- Contenido económico. La necesidad económica se satisface con la indemnización.

La **Gerencia de Riesgos** es el conjunto de medidas destinadas a proteger los elementos y recursos de una empresa contra los daños y pérdidas derivadas de un posible siniestro.

Los aspectos básicos de la gerencia de riesgos son los siguientes:

- Identificación, análisis y cuantificación del riesgo.
- Medición de los costes y gastos financieros susceptibles de protección
- Elaboración de planes de emergencia y recuperación y reconstrucción en caso de siniestro.
- Análisis de la evolución constante de los riesgos.

El gerente de riesgos de la empresa tendrá que tomar la decisión sobre qué hacer con el riesgo. Una vez identificado, reducido o eliminado en lo previsible y controlado, podrá:

- Ignorarlo, con la incertidumbre de su posible aparición.
- Asumirlo o auto asegurarse, valorando la masa patrimonial disponible para ello o
- Transferirlo, mediante por ejemplo una póliza de seguro.

El papel del gerente de riesgos de la empresa es fundamental en la valoración del riesgo. Para ello podrá ayudarse de herramientas, informes de evaluación de riesgos, laboratorios, entidades acreditadas, modelos, publicaciones científicas, estadísticas o documentos de idoneidad técnica o de evaluación (DIT, DAU, TC, Evaluación Técnica Europea, etc).

En el caso de la **innovación** esta situación podría llegar a ser un poco más compleja por la falta de resultados o experiencia previa suficiente, por lo que el riesgo, debido a la incertidumbre y falta de datos, podría llegar a ser inicialmente mayor. Pero este mayor riesgo en la innovación no debe convertirse en un freno, sobre todo en un campo tan importante como el de la construcción. Es determinante el papel del promotor tanto privado como público en la innovación. La promoción/administración pública tiene, además, una cierta obligación de innovar, pues a largo plazo genera ahorros y desarrollo para la sociedad.

4.2. El Seguro

Es una operación financiera, por la que el asegurado, en caso de materialización del riesgo, recibirá una prestación económica por parte del asegurador, quién transforma el riesgo en base a las leyes de la estadística en un gasto periódico, presupuestable y soportable (**prima de riesgo**).

La única forma, por tanto, de transformar el riesgo en una cobertura del seguro, pasa por una identificación, análisis y cuantificación, es decir, un

conocimiento y una evaluación por parte del asegurador del riesgo que se le desea transferir. Una compañía aseguradora debe hacer su gerencia del riesgo, lo que pasa por un conocimiento del riesgo a asegurar.

Por la propia definición de riesgo, éste debe ser posible, pero con dos limitaciones en ambos extremos, en un lado la imposibilidad de ocurrencia y en el otro la frecuencia. Este último umbral es el que merece una más amplia reflexión, pues la frecuencia estaría más cerca de un servicio de conservación, mantenimiento o post venta que de una cobertura aseguradora. En cualquier caso, el seguro no es la fórmula para asegurar lo previsible, sólo se debe transferir el fallo o defecto imprevisible.

En el caso de la Innovación nos movemos en un terreno muy relacionado con la investigación y el desarrollo del producto o sistema, pero la gerencia de riesgos también es análisis de la evolución constante de los riesgos. En estos casos existen unos límites difíciles de concretar: ¿dónde empieza lo imprevisible y dónde termina la investigación y el desarrollo?, ¿existe el riesgo "cero"? ¿se puede acotar el riesgo? El problema principal es definir a priori, al contratar la póliza, qué es lo que se va a considerar siniestro al ser imprevisible y por tanto asegurable y qué es un riesgo empresarial o de desarrollo de producto.

La calidad debe preceder al seguro y no seguirlo. El seguro no debe ser el garante de la calidad, aunque de manera indirecta se pueda ver así. Deberían existir entidades de evaluación que sean capaces de medir esta innovación de tal manera que la incorporación al mercado de estos productos y/o sistemas innovadores, sea mucho más sencilla de lo que es actualmente. Sólo la ausencia de información podría hacer que el seguro se convirtiera en una barrera a la innovación. Desde el sector asegurador se ha dado solución a los retos planteados en este terreno, pero eso sí, es necesario que todos los implicados empleemos nuestros mejores recursos.

En el sector asegurador existen diferentes soluciones o tipos de seguros, en función de las necesidades de sus clientes, de tal manera que a grandes rasgos podríamos encontrarnos una primera clasificación de tipos de seguros, de **Responsabilidad Civil** o seguros de **Daños Materiales**. La diferencia más importante entre unos y otros, es que en el caso de los primeros se tiene que demostrar la culpabilidad del asegurado para que la compañía pueda indemnizar, mientras que, en los seguros de Daños

Materiales, la propia aparición del daño inicia el proceso de tramitación y en su caso indemnización del siniestro. En los primeros se pretende asegurar el daño que pueda sufrir el patrimonio del asegurado a consecuencia de la reclamación que le realice un tercero por la responsabilidad que pueda incurrir y en los segundos se asegura la reparación de la pérdida en el patrimonio propiedad del asegurado.

En el sector de la Construcción, por todo lo anterior, aparecen los siguientes seguros:

- **Todo Riesgo Construcción.** Asegura los **daños materiales** a la obra durante la fase de ejecución.
- **Seguro Decenal.** Asegura los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos en elementos estructurales, durante los diez primeros años desde la recepción de la obra.
- Seguros de **Responsabilidad Civil.** Aseguran los daños durante la fase de construcción, incluso después de finalizar los trabajos, que se produzcan a terceros. Hay otros tipos de seguros de RC en función del objeto asegurado:
 - Profesional, en la que se asegura la responsabilidad civil del desarrollo profesional de los técnicos, facultativos administrativos, sanitarios, etc.
 - De productos, en donde se asegura la reclamación de un consumidor por los daños sufridos en su persona como consecuencia de los defectos o vicios en un producto.
 - Otros como pérdidas de beneficio, caución, etc.

La repercusión de la innovación en el sector de seguros es importante y, por tipos de seguros, ha tenido una mayor repercusión en los seguros de Daños a la Edificación (decenal), debido principalmente a la obligación de asegurar que establece la LOE al promotor de viviendas; a la especial duración de la cobertura de estos seguros, diez años; y sobre todo a la necesaria presencia de un sistema de auditoría y evaluación del proceso de edificación de todas las fases e intervinientes en el proceso de edificación, mediante entidades independientes conocidas como Organismos de Control Técnico(OCT).

El seguro se tiene que ver como una herramienta, una ayuda, para el desarrollo de grandes proyectos y como complemento a una buena gerencia de riesgos. Siempre existe la posibilidad de autoasegurarse,

asumir los riesgos por parte de las constructoras, pero para ello antes hay que conocer las posibles consecuencias y tener reservas económicas en previsión del riesgo, que siempre existe.

Como anexo a este informe puede consultarse un resumen de los riesgos y coberturas más habituales en los seguros de construcción.

En el caso de la obra pública promovida por las administraciones no se recurre a los seguros como medio de transferencia del riesgo. La administración como ente promotor recurrirá por tanto a un esquema de autoseguro.

[Bibliografía consultada para este apartado: Diccionario MAPFRE de Seguros "Julio Castelo Matrán"]

4.3. Normativa aplicable a las innovaciones en construcción

No existe una reglamentación específica aplicable exclusivamente a los productos de construcción innovadores. El riesgo técnico asociado a la innovación en la construcción se genera por la incertidumbre de utilizar un nuevo material o componente y/o aplicar un procedimiento o proceso novedoso no implementados con anterioridad en una obra civil o edificación. Pero estos productos y procesos de construcción innovadores son, en todo caso, productos de construcción y como tales están sujetos a la misma reglamentación y normativa que cualquier otro producto de construcción.

No obstante, para facilitar la implantación de la innovación, la reglamentación en construcción ha evolucionado de códigos prescriptivos, que aceptaban exclusivamente lo ya probado en la práctica constructiva tradicional, a códigos prestacionales, donde lo importante es que el producto proporcione una serie de prestaciones consideradas el mínimo exigible para asegurar la calidad de la construcción, independientemente de cuál sea la solución constructiva empleada para alcanzarlas.

Aquellas soluciones consideradas tradicionales pueden llegar a ahorrarse el "peso de la prueba" y ser aceptadas directamente al estar incluidas en Catálogos de Soluciones, Documentos reconocidos o Decisiones de la Comisión Europea. Pero la reglamentación actual proporciona

mecanismos que permiten evaluar las soluciones innovadoras, de tal forma que su uso pueda ser aceptado. En nuestro país, la reglamentación de obligado cumplimiento más relevante, y que tanto productos innovadores como tradicionales deben cumplir, es la siguiente:

- Ley de Ordenación de la Edificación, Ley 38/1999 de 5 de noviembre (LOE). Básicamente regula el proceso edificatorio, buscando asegurar la calidad con la inclusión de los Requisitos Básicos de la Edificación. Aunque no menciona al producto innovador, sí sienta las bases de la evaluación de los productos al incluir aspectos como la obligatoriedad de los productos de cumplir las exigencias de la normativa técnica aplicable o la verificación en la recepción en obra de dichos productos "mediante ensayos y pruebas".
- Código Técnico de la Edificación (R.D. 314/2006 de 17 de marzo) (CTE). Marco normativo en el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, desarrollando en parte la LOE. Es importante recalcar de nuevo su enfoque prestacional, no cerrado a soluciones constructivas preestablecidas. Su Artículo 5, apartado 5.2, merece ser citado por su mención concreta a los productos innovadores: "Se considerarán conformes al CTE los productos, equipos y sistemas innovadores que demuestren que las exigencias básicas del CTE referentes a los elementos constructivos en los que intervienen, mediante una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto, (...)". Es por tanto este Artículo el que habilita la evaluación, y el uso, de productos innovadores. Establece además el CTE las condiciones que deben cumplir los organismos reconocidos para la emisión de este tipo de evaluaciones, básicamente imparcialidad, objetividad y experiencia contrastada.
- Reglamento (EU) 305/2011 de Productos de Construcción. Reglamento de obligado cumplimiento en toda la Unión Europea. Fija las condiciones para la libre circulación de los productos de construcción (mercado CE). Da una gran importancia a obtener una declaración fiable de las prestaciones de los productos, recayendo en el prescriptor la responsabilidad de decidir si son o no adecuados para su proyecto, en función de los niveles de prestación requeridos en el mismo. Aunque no cita expresamente los productos innovadores, sí establece una vía voluntaria para la evaluación de aquellos productos no cubiertos por norma

armonizada, la cual se entiende de aplicación a productos innovadores ya que rara vez están cubiertos por normas existentes. Esta vía pasa por el desarrollo de Documentos de Evaluación Europeo (DEE) específicos para el binomio producto/uso previsto y de la emisión de una Evaluación Técnica Europea (ETE) que cubra el producto, basada en el DEE desarrollado. El RPC sienta las bases del proceso de elaboración de los DEE y de las ETEs, estableciendo los requisitos para la designación de Organismos para su elaboración, prácticamente los mismos requisitos generales que los solicitados por el CTE.

- Normas armonizadas (hEN). Normas elaboradas por el CEN, con anexo ZA, y de obligada aplicación una vez han sido citadas como obligatorias para mercado CE en el Diario Oficial de la Unión Europea y una vez que ha finalizado su periodo de coexistencia. Son la base de la Declaración de Prestaciones y, muy importante, un producto cubierto por una de estas normas está obligado a llevar marcado CE y no puede ser comercializado sin él. Hay que tener en cuenta que, como ya hemos mencionado antes, un producto de construcción innovador, y a pesar de haber en este momento más de 500 normas armonizadas, rara vez está cubierto totalmente por una norma armonizada existente.
- Además, son de obligado cumplimiento otras reglamentaciones técnicas de carácter básico, como las Instrucciones de hormigón (EHE), la norma de construcción sismorresistente, el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI), otras normativas reglamentarias de seguridad industrial etc., que coexisten con el CTE y que en principio son referencias externas al mismo. Asimismo, puede existir normativa autonómica y local que complementen las exigencias del CTE. Generalmente estas reglamentaciones han sido redactadas (p. ej. RITE) o está en proyecto su modificación (p. ej. RIPCI) con un enfoque prestacional, reconociendo en su articulado la posibilidad de la innovación y estableciendo mecanismos similares al CTE (evaluación de la idoneidad para el uso por organismos reconocidos) para permitir la instalación del producto.

De carácter voluntario, también existen normas EN, UNE, ISO..., normas que desarrollan o bien los requisitos de aplicación al producto o bien

métodos de ensayo para su evaluación pero que, por lo general y dado el proceso de elaboración de este tipo de normas, se limitan a contemplar productos que llevan tiempo en el mercado y, por tanto, existe una experiencia en su empleo.

También en el ámbito voluntario se pueden encontrar marcas y sellos de calidad, que de forma general deberían ir más allá de las exigencias normativas, bien por la implantación de límites más estrictos o por la inclusión de nuevas exigencias técnicas y de calidad no cubiertas por las normas. Algunas de estas marcas voluntarias están reconocidas por las reglamentaciones nacionales, por ejemplo, el CTE.

En este marco reglamentario, y de forma general, un producto de construcción innovador puede ser puesto en el mercado al no estar sujeto al marcado CE obligatorio, pero deberá proporcionar información de sus prestaciones "mediante ensayos y pruebas", bien realizadas bajo la responsabilidad del fabricante (ficha técnica) o bien en la recepción del producto. Para facilitar su implantación se han previsto, en el marco del CTE y de otras reglamentaciones técnicas nacionales, las evaluaciones de idoneidad, evaluaciones a realizar por Organismos reconocidos. En el caso de que el fabricante desee marcar CE un producto innovador por las ventajas que el reconocimiento del marcado CE aporta a nivel europeo, existe la vía del Documento de Evaluación Técnica y la Evaluación Técnica Europea, también a elaborar por Organismos designados para ello.

En el siguiente apartado se presentan ejemplos exitosos de actuaciones innovadoras de nuestro sector, que ofrecen una variada e interesante muestra de posibles métodos para evaluar la innovación y el riesgo técnico asociados. En algunos de los ejemplos se recurrió a Organismos de Evaluación que expidieron Documentos de Idoneidad Técnica. En otros se acudió a laboratorios acreditados de Universidades o Centros de Investigación. Y en otros fueron las propias empresas las que desarrollaron el soporte técnico necesario para valorar adecuadamente el riesgo técnico asociado a sus innovaciones.

5. Experiencias de superación de riesgos técnicos de innovación en construcción

5.1. Sistemas de Refuerzo de Estructuras de Edificación de Hormigón Armado. SIKA

- Descripción de la tecnología

Los sistemas SIKA® CARBODUR® consisten en la adhesión superficial de un laminado consistente en una placa pultruida de fibra de carbono con matriz de resina termoestable.

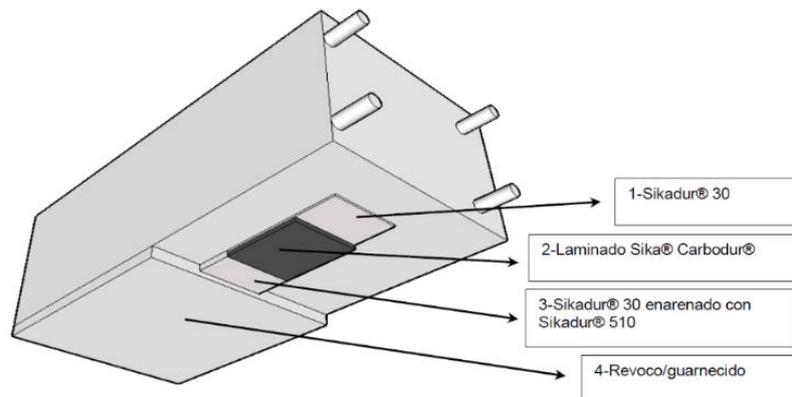
Dicho sistema es empleado para la reparación, recuperación de capacidad portante o incremento de resistencias de elementos estructurales de hormigón armado.

- Materiales y componentes

- Laminados SIKA® CARBODUR® E Y SIKA® CARBODUR® S
- Adhesivos epoxídicos SIKADUR®30 y SIKADUR®-330
- Tejido de carbono SIKAWRAP® C

Y algunos de sus productos complementarios, destinados a la protección del sistema de refuerzo y acabado estético de la ejecución son: SIKADUR®31 CF, SIKADUR®32 N, SIKADUR®41 CF, SIKADUR®510, SIKADUR®42 anclajes, SIKADUR®52 inyección, SIKA® MONOTOP® 412 S, SIKA® MONOTOP® 412 SFG, SIKAGARD® 670 W ELASTOCOLOR.





Revestimiento con revoco o guarnecido de yeso del sistema Sika® Carbodur® (Imagen real de sistema Sika® Carbodur® acabado).

- Principales campos de aplicación

- Incrementos de cargas.
- Incremento de la capacidad resistente en losas y vigas.
- Aumento de la capacidad de puentes para soportar un aumento de cargas axiales.
- Instalación de maquinaria pesada.
- Defectos del proyecto o de la ejecución.
- Dimensiones insuficientes de los elementos estructurales.
- Armadura insuficiente o mal colocada.
- Mala disposición de los elementos estructurales.
- Materiales de baja calidad.
- Renovación de estructuras antiguas.

- Conocimientos de insuficiencias del método de cálculo empleado.
- Consideración de refuerzos frente a sollicitaciones dinámicas.
- Envejecimiento de los materiales con pérdida de sus características iniciales.
- Adecuación del proyecto inicial a nuevas normas más exigentes.
- Cambios en la propia forma de la estructura.
- Apertura de huecos en forjados.
- Eliminación de pilares o muros de carga.
- Daños en la estructura.
- Impactos sobre la estructura.
- Incendios.
- Corrosión y pérdida de sección de las armaduras del hormigón.
- Sismo.
- Necesidad de mejora en las condiciones en servicio.
- Reducción en la tensión de las armaduras.
- Disminución en las deformaciones y flechas, utilizando laminados de alto módulo.
- Disminución de la abertura de las fisuras.
- Reducción de la fatiga.

La aplicación de los materiales deberá ser llevada a cabo por empresas cualificadas en la reparación y refuerzo estructural, convenientemente homologadas por SIKA SAU.

SIKA SAU proporcionará las herramientas necesarias para realizar el proyecto de ejecución; bajo solicitud podrá proporcionar asistencia técnica durante la redacción del proyecto o la fase de ejecución.

Las temperaturas (ambiente y soporte) estarán comprendidas entre +8 °C y +35 °C durante la ejecución de los trabajos con adhesivo SIKADUR®-30, y entre +10 °C y +35 °C durante la ejecución de los trabajos con adhesivo SIKADUR®-330. El SIKADUR®-300 es aplicable en un rango de temperaturas comprendido entre 15 y 40°C.

La humedad máxima del soporte será del 4 %. Además, la temperatura durante la aplicación deberá ser al menos +3 °C por encima del punto de rocío. Dicha comprobación se realizará a primera hora de la mañana, repitiendo dicha comprobación cada hora en caso de humedad ambiental alta (superior al 80 %).

Temperaturas superiores limitan sensiblemente el tiempo de trabajo de los materiales, dificultando su puesta en obra. En caso de preverse la ejecución de los trabajos a temperaturas próximas a los límites indicados, es recomendable atemperar los productos a valores próximos a los 20°C durante las horas anteriores a su aplicación.

- Proceso de implantación

Para asegurar la viabilidad del Sistema Sika®Carbodur® y su correcta introducción en el mercado, se inició la validación de las prestaciones del sistema propuesto a través de un Documento de Idoneidad Técnica (Nº 604/14) con el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, miembro de la Unión Europea para la Evaluación de la Idoneidad Técnica (UEAtc).

En dicho proceso se evalúa de forma holística todas las posibles fuentes de incertidumbre o error y se definen las acciones, con un nivel de intensidad proporcional a cada área requerida para poder así acotar dichas incertidumbres.

- 1.- Definir las condiciones generales o requisitos mínimos exigibles a los proyectos que contemplen esta solución.
- 2.- Condiciones de cálculo.
- 3.- Condiciones de fabricación y control de calidad.
- 4.- Condiciones de utilización y puesta en obra.
- 5.- Ámbito de validez.

Estas "condiciones de contorno" a las que hay que dar respuesta, vienen recogidas y compiladas en la Memoria Técnica del Sistema, en donde de forma exhaustiva se desglosan las características de los materiales por separados que componen el sistema Sika®Carbodur® y prestaciones del sistema Sika®Carbodur® tras su puesta en obra.

Además de dicha caracterización de materiales y sistema, se aporta una explicación detallada de las diferentes etapas y fases del proceso de aplicación y puesta en obra, así como en etapas posteriores de vigilancia y verificación del nivel de prestaciones del sistema Sika®Carbodur® implementado.

No obstante, resulta fundamental para una correcta introducción un programa de formación y homologación de posibles aplicadores del sistema, con material didáctico diseñado "ad hoc" para esta aplicación, así como formaciones teórico-prácticas para adquirir la capacitación a la hora de instalar el sistema Sika®Carbodur®.

Son igualmente necesarias el desarrollar una serie de herramientas que facilitan el acceso a la información, así como aquellas cuya finalidad sea la de reducir las incertidumbres del sistema, tales como:

Documentación técnica sobre sistema Sika®Carbodur®.

- <https://www.sika.com/en/construction/structural-strengthening.html>

Software de cálculo

- <https://www.sika.com/en/construction/structural-strengthening.html>

Material audiovisual con carácter formativo.

- <https://www.youtube.com/watch?v=2ZdojHToTNo>

- *Dónde se ha implantado*

Se resumen a continuación las referencias de obra que se utilizaron para la consecución del DIT. Existen mayor número de referencias a posteriori, pero se pretende dar una idea del trabajo de documentación y soporte que dicho proceso de validación y verificación requirió.

Con el sistema SIKA® CARBODUR® E:

- Centro Comercial Corte Ingles-Castellana, Calle de Raimundo Fernandez Villaverde, Madrid. 500 m. 2005.
- Oficina del Instituto Nacional de la Seguridad Social (INSS) en Barakaldo, Avda. Murrieta. 400 m. 2010.
- Oficinas centrales de la Agencia Tributaria de Navarra (Pamplona). 200 m. 2011.

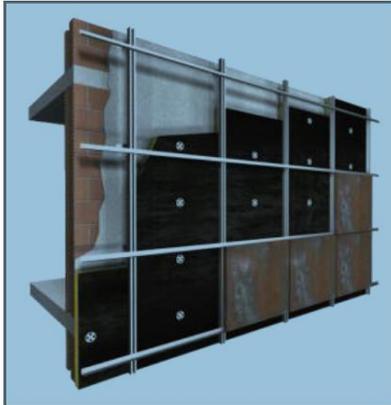
- Parking Castilleja de la Cuesta, Avda. del Rey Don Juan Carlos I (Sevilla). 800 m. 2011.
- 51 viviendas de VPO en Cudón, Cantabria. 150m.2011.
- Estación AVE Zaragoza-Delicias. 3000 m. 2008.
- Obras realizadas con el sistema SIKA@ CARBODUR@ S:
- Viviendas calle Filadors (Tarragona). 820 m. 1999.
- Edificio Iberia calle María de Molina (Madrid}.815 m. 1999.
- Instituto Seguridad Social (Leganés). 2400 m. 2007.
- Palacio de las Artes Reina Sofía (Valencia).1150 m.2008.
- Ciudad de la Justicia (Valencia). 544 m. 2002.
- Estadio Santiago Bernabéu (Madrid). 800 m.2003.
- Referencias de obras realizadas con el sistema SIKAWRAP@ C:
- Edificio Isaac Peral (Cartagena). 700 m. 1999.
- Fira Montjuich 2 (Barcelona). 130 m. 2000.
- Mercado Municipal (Alcazar de San Juan). 300 m. 2001.
- Estadio San Moix (Mallorca). 650 m. 2001.
- Ikea (Barcelona). 500 m. 2002.
- Archivos de la Seguridad Social (Barcelona). 3900 m. 2003.
- Centro Comercial Nassica (Madrid). 1600 m. 2008.
- Rectorado UPV (Vizcaya). 450 m. 2008.

5.2. Fachada ventilada. SAINT GOBAIN

- Descripción de la tecnología

Los orígenes de la fachada ventilada actual se remontan al siglo pasado en Inglaterra mediante los denominados Cavity Wall que en sus inicios eran un muro de doble hoja, cada una de ellas de medio pie, entre las que se dejaba una cavidad. La hoja interior era portante y por lo tanto apoyada entre los forjados. La hoja exterior se sujetaba a la primera a través de grapas de acero.

La principal función de este tipo de fachadas era la de evacuar la humedad por ventilación que atravesaba la hoja exterior a través de la cámara de aire. Este concepto ha evolucionado hasta las fachadas ventiladas como las conocemos hoy en día, cuya estructura se muestra en la siguiente imagen:



- Hoja exterior
- Cámara de Aire
- Aislamiento
- Subestructura Perfilera Auxiliar
- Subestructura Ménsulas
- Hoja interior o muro base

Componentes de una fachada ventilada.

Recientemente, SAINT-GOBAIN ISOVER, a través de un proceso de eco-innovación, ha diseñado un sistema para fachadas ventiladas. La implementación de medidas pasivas de este tipo conduce a una drástica disminución de la demanda energética de calefacción y refrigeración y aporta, al mismo tiempo, una mejora en las condiciones de confort en el interior de los edificios. Para llegar a los Edificios de Energía Casi Nula, es necesario disminuir la demanda energética como paso previo a la definición de otra serie de medidas que garanticen las necesidades energéticas del edificio.

Una de las soluciones de aislamiento por el exterior que proporciona un mayor ahorro energético (debido a que se minimizan los puentes térmicos de los frentes de forjado) y un mayor confort acústico es la instalación de una fachada ventilada. Para instalar este tipo de fachadas, sobre la pared exterior del edificio o aluminio, destinada a soportar la hoja exterior de acabado. Dicha estructura deja una cámara de aire de unos pocos centímetros entre el aislamiento y las placas que conforman la segunda piel por la que el aire puede circular y que le confiere sus especiales características. Además, las juntas entre las placas de terminación suelen ser abiertas, permitiendo también el flujo de aire a través de las mismas.

Los materiales utilizados como aislamiento en este tipo de sistemas son los que le confieren la capacidad de aislamiento, evitando las pérdidas

energéticas a través del muro. Durante el proceso de eco-innovación, además de dotar al sistema del correspondiente aislamiento acústico, se buscaba desarrollar un nuevo material de altas prestaciones acústicas y de protección contra incendios integrando un análisis de ciclo de vida del mismo desde la cuna a la tumba.

- Proceso de implantación

Como se ha comentado, para el proceso de implementación se ha seguido el procedimiento de eco-innovación definido por el grupo SAINT-GOBAIN. Este proceso se pone en marcha en el seno de la empresa en el año 2012 dentro de su política de eco-innovación motivado por la necesidad de favorecer el desarrollo sostenible reclamado por la creciente y rápida urbanización en los países más poblados del mundo.

Actualmente el grupo se encuentra desplegando este enfoque en los principales sistemas en desarrollo en su fase de I+D. El trabajo en la fase de I+D+i en soluciones con un menor impacto ambiental es un motor de la innovación real para cumplir con las expectativas de ecosostenibilidad en los productos y sistemas puestos en el mercado. El enfoque de la eco-innovación en SAINT-GOBAIN está basado en tres principios y cuatro factores clave que quedan recogidos en el siguiente esquema:

Los tres principios:

	Enfoque basado en el Análisis del Ciclo de Vida: Se consideran todas las etapas del ciclo de vida de un producto o una solución desde la cuna a la tumba integrando todas las fases desde la extracción de las materias primas hasta el final de vida.
	Enfoque basado en el Multicriterio: Se consideran todos los aspectos ambientales asociados a las actividades, productos, servicios y sistemas que pueden dar lugar a impactos ambientales desde el consumo de energía y agua, las emisiones de gases de efecto invernadero, la generación de residuos, etc.
	Enfoque Sistémico El modo de abordar los productos y sistemas que forman parte del edificio no puede ser aislado, sino que tienen que verse como parte de un todo. No es la suma de cada uno de los productos y sistemas que componen el edificio, sino un conjunto de elementos que se encuentran en interacción, de forma integral (distribución interior, fachadas, sistemas de climatización, etc).

Los cuatro factores clave:

	Comenzar desde el inicio en la fase de desarrollo Es básico e inherente al proceso de ECOINNOVACIÓN integrar los conceptos de ECOSOSTENIBILIDAD en las fases más tempranas del proyecto.
	Trabajo cruzado funcionalmente Es necesario que todas las funciones claves implicadas en el proceso de diseño y desarrollo se impliquen en el proceso de ecoinnovación (desde compras, pasando por producción, calidad, logística, etc).
	Orientación al cliente El modo de abordar los productos y sistemas que forman parte del edificio debe de estar siempre orientado a satisfacer las necesidades y expectativas del cliente desde todos los puntos de vista.
	Creatividad Existen muchas vías en el concepto de eco-innovación, desde el trabajo seleccionando las materias primas, los embalajes, optimizando los procesos logísticos, etc... cuando abordamos el proceso de eco-innovación es necesario integrar en todas las fases ideas y conceptos de alta creatividad.

El sistema dispone, entre otras de la siguiente documentación técnica reconocida relacionada con la eco-innovación:

Declaración ambiental de producto con la máxima certificación nacional/internacional (ISO 14025):

- Nº registro The International EPD® System: S-P-00756
- Nº registro AENOR GlobalEPD: GlobalEPD-IntEPD-S-P-00756
- Nº registro Ecoplatform: ECO EPD 00000244

Documento de Idoneidad Técnica:

- Instituto de ciencias de la Construcción Eduardo Torroja 608/14
- EPD Climate declaration
- The International EPD® System: S-P-00756
- Rating System Leed, Verde
- GBCe NBP2014RTEV

- Ejemplos de implantación



Bloque de viviendas Zaragoza.



Edificio oficinas Madrid - Complejo cuatro torres.



Hotel Princesa Sofia Barcelona.

5.3. Elementos de superestructura de ferrocarril de A.V. MEDINA-LA MECA. LADICIM

- Descripción de la tecnología

Componentes de alta responsabilidad, como lo son las traviesas de hormigón, los carriles y sus soldaduras, así como las sujeciones que aseguran la unión entre ellos, se encuentran regulados en el mercado europeo según la normativa vigente. Las normas UNE-EN_13146, UNE-EN_13230 y UNE-EN_13481 recogen la mayor parte de los ensayos que han de realizarse sobre los productos ferroviarios de alta velocidad. El Laboratorio de la División de Ciencia e Ingeniería de los Materiales de la Universidad de Cantabria (LADICIM), como entidad evaluadora, realiza estos ensayos al amparo de una acreditación otorgada por la Entidad Española de Acreditación (ENAC). En el LADICIM se han contrastado la bondad de traviesas, sujeciones y carriles para diversos fabricantes y se ha trabajado en el desarrollo de alguno de los productos. A través de esta entidad, los materiales objeto de estudio en este ejemplo han sido contrastados para su uso en las condiciones que exige la Unión Europea. No obstante, el consorcio de empresas a las que se le asigna la construcción del tren de alta velocidad Medina-La Meca necesitaba validar la citada tecnología a las condiciones meteorológicas de Arabia Saudí y, en particular, a las del desierto.

La propuesta innovadora de adaptación de la normativa y especificaciones técnicas de producto, producido en España y Alemania, que regulan el control de suministro de los elementos de la superestructura de vía de ferrocarril, a condiciones ambientales adversas en zonas desérticas, consistió en la evaluación del efecto de altas temperaturas y de la presencia de arena como agente abrasivo.

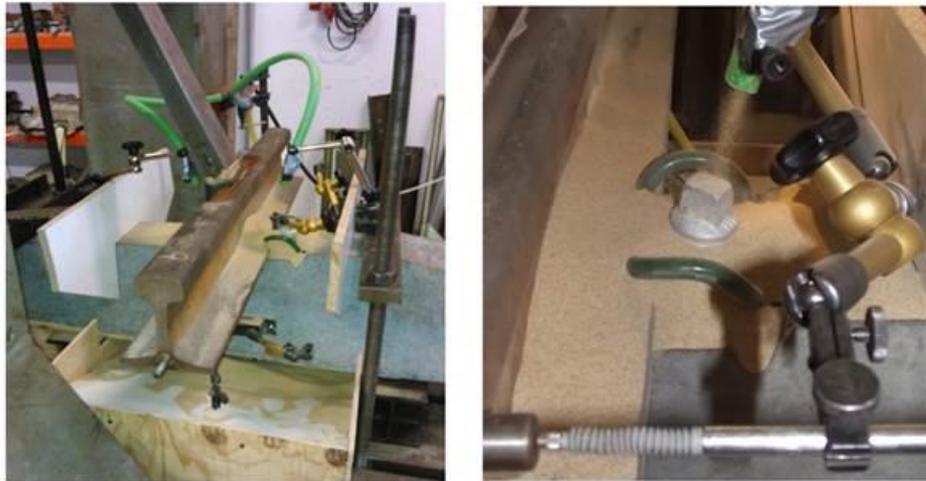
Se consideró el efecto de los ambientes agresivos sobre el comportamiento de:

- Traviesas
- Carriles
- Sistemas de sujeción

- Proceso de implantación

Se propuso incorporar en los procesos ensayos normalizados con condiciones que determinasen y regulasen la resistencia al desgaste de los elementos de la superestructura en presencia de arena depositada como consecuencia de tormentas típicas de áreas desérticas. Se ha comprobado que el efecto abrasivo, producido por el rozamiento de la arena con los componentes, genera en éstos un importante desgaste cuya evolución debería ser acotada.

En la siguiente figura se muestra el montaje de ensayo normalizado de certificación del producto, para el cual el LADICIM se encuentra acreditado, habiendo introducido unas nuevas condiciones de ensayo en las que se simule la presencia de arena del desierto con el objetivo de validar el producto o, en su defecto, conocer el alcance del efecto de las nuevas condiciones sobre los componentes que van a ser puestos en obra.



Ensayo de simulación de paso por vía, ensayo normalizado, en condiciones pésimas de presencia de arena.

La siguiente figura muestra el resultado del efecto de desgaste provocado por la presencia de arena entre la placa acodada y la propia traviesa de hormigón.



Desgaste producido por la arena del desierto sobre la traviesa de hormigón.

Estos dos aspectos comentados deberían de ser claves para asegurar la innovación que supone emplear un producto, ya contrastado en condiciones controladas, en una aplicación novedosa por desconocida y potencialmente hostil desde el punto de vista ambiental.

Complementariamente, desde el LADICIM, se propuso el uso de materiales con cambio de fase (PCM) para refrigerar las piezas poliméricas de sujeción de carril. El objetivo fue mantener su comportamiento mecánico y prolongar la vida útil bajo alta temperatura, ocasionada por la ambiental a la que se suma la producida por el efecto de las cargas dinámicas de la vía fluctuantes generadas al paso de los trenes. Con el uso del PCM inorgánico hidratado adecuado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), la temperatura de pico registrada en la vía de hasta 70°C , que supera la de transición vítrea de los polímeros empleados en los topes laterales de carril, es reducida a 48.5°C , valor de funcionalidad óptimo para los topes aislantes (Patentado LADICIM).

- Ejemplos de Implantación

Los elementos ferroviarios certificados para el mercado europeo, fabricados en España y Alemania, han sido evaluados para su utilización bajo las condiciones meteorológicas de Arabia Saudí y, en especial, para las condiciones de desierto arenoso. Esta innovación ha sido utilizada en más de 400 km de vía de alta velocidad entre Medina y La Meca, entre los que 40 km son desérticas extremas.

5.4. Estructuras con composites. ACCIONA

- Descripción de la tecnología.

ACCIONA desarrolla desde hace 20 años la tecnología necesaria para el diseño y fabricación de materiales compuestos aplicados a la construcción. El uso de estos materiales para la fabricación de estructuras nuevas o rehabilitación de existentes tales como puentes o pasarelas, supone importantes ventajas en cuanto a la reducción de los costes de mantenimiento que a menudo se dan en estas estructuras como consecuencia de los procesos de corrosión de acero. Pero además de esta ventaja, que se acentúa en ambientes agresivos costeros, fríos, o estructuras marinas o ambientes salinos, otras de sus ventajas más destacables son el carácter Inalterable e Impermeable, la facilidad de puesta en obra y medios de elevación ligeros para montaje, así como las altas prestaciones de estas estructuras con peso reducido.

El peso de los materiales compuestos, que generalmente se encuentra entre 15 y 20kN/m³, permite la fabricación de puentes que pesan menos que las correspondientes soluciones análogas pero realizadas en hormigón o acero. La ligereza de los materiales simplifica toda operación de transporte e instalación. Por tanto, esto representa una gran oportunidad para la aplicación de estos materiales en lugares de difícil acceso. Además, gracias a su ligereza, estas estructuras también ofrecen ventajas en regiones propensas a actividad sísmica puesto que tienen una menor fuerza de inercia a nivel de forjado. Los forjados ligeros de las vigas de materiales compuestos pueden también contribuir a reducir los costes de la subestructura del puente, sobre todo en los suelos con baja capacidad de carga.

El empleo de estas estructuras en materiales compuestos también favorece la introducción de estructuras prefabricadas en obra civil reduciendo los plazos de ejecución y congestiones y mejorando los aspectos de seguridad de las mismas.

El proceso de construcción de vigas de puentes en materiales compuestos se puede acelerar aún más mediante soluciones añadidas basadas también en estos materiales tales como el uso de encofrados, la estabilización de muros y el empleo de fibra corta en lugar de acero.

Para concluir, además de todo lo anterior, el empleo de materiales compuestos en obra civil está especialmente indicado para zonas urbanas. Relacionado con esto, ACCIONA participó en proyectos europeos de investigación del pasado programa de investigación FP7 tales como PANTURA y TRANS-IND, que tuvieron como objetivo mejorar los procesos de producción y construcción de prefabricados para estructuras de obra civil reduciendo las actividades de trabajo, máquinas y costes para lograr un uso más eficiente de recursos y reducir las emisiones de carbono asociadas a dichos trabajos.

Sin embargo, a pesar de todas las ventajas anteriormente expuestas, las principales barreras identificadas para la implantación de estos materiales son:

- Novedad del material
- Falta de normativa o respaldo a la propiedad
- Desconfianza del comportamiento en el tiempo: durabilidad y vida útil
- Falta de referencias
- Ausencia de incentivos o motivaciones para la implantación o introducción de tecnología en obra
- Tradición
- Y la multitud de agentes intervinientes...
- Administración (o propiedad correspondiente)
- Dirección facultativa
- Ingeniería / estudios de arquitectura
- Y las propias empresas (múltiples departamentos).

- Implantación de la tecnología

En cuanto a la implantación de la tecnología, no existe un procedimiento o vía única para implantación en obra.

Los pasos que se han seguido dentro de ACCIONA han sido diferentes en cada caso, dependido de quién fuera el cliente, y también de las referencias previas. Según éstas aumentan, los requisitos adicionales debido al carácter innovador de la tecnología se suavizan. En general, si

la obra está ya siendo ejecutada se presenta a la dirección de obra una propuesta de actuación innovadora que incluye:

Preparación de un dossier inicial informativo, incluyendo:

- Descripción de la investigación realizada
- Experiencias en otros campos
- Ensayos realizados (propios)
- Propuesta técnica (prediseño, cálculos, etc)

Si es requerido, se buscan opiniones expertas externas que avalen la propuesta realizada, bien mediante su propia experiencia, bien mediante ensayos realizados ex-profeso (IETcc, CEDEX, CBI, JRC-ELSA, etc.).

Si la dirección de obra acepta la propuesta innovadora, se redacta proyecto y se ejecutan los trabajos de producción y fabricación de los elementos, e instalación en obra.

Monitorización (si aplica).

- Ejemplos de implantación

El conocimiento de ACCIONA sobre materiales compuestos y su aplicación a construcción, le ha permitido la ejecución de muy diversas estructuras tales como:

- 3 puentes carreteros (1 de ellos fuera de España)
- 3 pasarelas peatonales
- 1 faro para el puerto de Valencia
- Placas de impermeabilización para túneles
- Diversas estructuras auxiliares (escaleras de emergencia, barras FRP)
- Numerosos (+50) refuerzos de estructuras existentes (varios a nivel internacional)

Algunos de estos proyectos más destacables se describen en más detalle a continuación.

→ *Puente en la autovía del Cantábrico - Asturias (tramo Vegarrozadas - Soto del Barco) en 2004*

En España, en 2004 se construyó el primer puente vehicular con vigas en materiales compuestos a lo largo de la carretera que conduce al aeropuerto de Asturias. Se trató de un puente de cuatro tramos con sus tres vigas de fibra de carbono de 46 m continuas sobre los tres soportes intermedios. Las vigas tienen una sección transversal trapezoidal y fueron construidas envolviendo pre-impregnado de fibra de carbono en un molde del poliuretano.

Fueron fabricadas en Madrid y luego transportadas en camión hasta el lugar de trabajo, situado en Asturias. Para facilitar el transporte, cada una de las vigas fue dividida en dos piezas que se unieron en el lugar de trabajo con adhesivo. La ligereza de las vigas, de 4.6 Tn cada una, permitió posicionar cada una de ellas sobre los soportes de una sola vez (Figura 1b), completando la operación en 3 horas.

Para acelerar aún más el proceso de construcción del puente, se utilizaron encofrados de fibra de vidrio. Estos encofrados se conectaron a las vigas en el taller, para ser colocados en la posición final al mismo tiempo que las vigas.

Durante la fase de diseño surgió la problemática inicial de los pre-impregnados disponibles en el mercado estaban desarrollados para la industria aeroespacial, y no específicamente para las estructuras de puentes consideradas, lo que afectó negativamente al coste del puente. Además, las vigas de materiales compuestos con secciones transversales cercanas, ideales desde el punto de vista mecánico, implicaron el uso de moldes permanentes en el lugar de ejecución de la obra lo que de nuevo resultó en un aumento de costes.



(a)



(b)

(a) Vista de las vigas de materiales compuestos en el Puente de Asturias Autovía del Cantábrico - Asturias (tramo Vegarrozadas - Soto del Barco);

(b) Posicionamiento de una de las vigas de materiales compuestos durante la fase de construcción.

→ *Pasarela peatonal sobre río Júcar en Cuenca. Año 2011.*

Es completamente diferente de los puentes de viga del ejemplo anterior. En este caso se presenta una tipología de pasarela peatonal con cinta estresada.

Este proyecto ofreció la posibilidad de estudiar el comportamiento de los cables de fibra de carbono en vista de sus futuras aplicaciones en otros tipos de puentes tales como puentes suspendidos. La pasarela tiene una longitud total de aproximadamente 216 m y está formada por tres vanos de 72 m. Su sección transversal está compuesta por una losa de hormigón armado de 0,25 m de espesor que está soportada sobre 16 cables de fibra de carbono con un diámetro de 42 mm (Figura 2b).

Cada cable tiene una longitud de 44 m con terminaciones en forma de anillo. En consecuencia, se unieron cinco cables para cubrir la distancia entre los dos extremos. Estos cables se fabricaron colocando dos anillos de acero inoxidable a una distancia igual a la longitud final de los cables y enrollando la fibra de carbono preimpregnada.

La sección transversal de los cables se formó y consolidó con una película de plástico que se contrae cuando se calienta. Como último paso, los cables fueron curados en un horno y cubiertos con fibras de aramida para protegerlos de impactos accidentales durante su manipulación. El lanzamiento del cable fue sencillo dada su ligereza.



(a)

(a) Vista de la Pasarela peatonal sobre el río Júcar en Cuenca.



(b)

(b) Vista de la pasarela peatonal justo después del cableado en material compuesto desplegado.

→ *Faro Puerto de Valencia. 2015.*

Se trata del primer faro del mundo construido íntegramente en composites y se autoalimenta con energías renovables. Ha sido el resultado es una infraestructura portuaria de vanguardia más ligera, sostenible y duradera que un faro tradicional.

Los procesos de producción de materiales compuestos empleados en la fabricación de las piezas requeridas del faro fueron:

El proceso de INFUSIÓN consiste en la utilización de vacío para lograr la impregnación de las fibras del laminado. Se trata de un proceso muy adecuado para la realización de piezas de grandes dimensiones y de cierto espesor.

El proceso de RTM (Resin Transfer Moulding) consiste en la inyección de resina a presión en el interior de un molde cerrado y calefactado en el que previamente se ha dispuesto la fibra seca, de modo que la fibra queda totalmente impregnada y la pieza presenta una geometría virtualmente perfecta.

El proceso de PULTRUSIÓN consiste en la fabricación de perfiles en sección constante en forma continua para lo cual las fibras pasan por un sistema de impregnación en resina y después pasa a un molde donde se produce el curado del material y por tanto la forma final.

De esta manera, los componentes fundamentales del faro fueron:

Los pilares y travesaños obtenidos en fibra de vidrio y carbono, que se obtuvieron mediante procesos de pultrusión.

Los forjados en fibra de vidrio y poliuretano, que se obtuvieron por infusión. El sistema estructural consta de cinco forjados que cumplen la doble función de conectar los tubos perimetrales y unirlos con el núcleo de la escalera, así como con las plataformas de descanso requeridas por la normativa actual de edificación (CTE).

Los 126 peldaños y 4 descansillos, que fueron igualmente fabricados en fibra de vidrio y poliuretano, pero por procesos RTM. Los peldaños de la escalera de caracol presentan una estructura tipo sándwich en la cual dos pieles de 6mm de espesor envuelven un núcleo de poliuretano ligero.

Los 32 nudos necesarios fueron fabricados en fibra de vidrio y carbono por procesos de infusión. Su función fundamental fue la de transmitir los

momentos de los tubos verticales a los tubos transversales. Los nudos de empotramiento constaron de dos mitades no simétricas que tenían que adherirse durante el montaje abrazando los tubos verticales y horizontales y una serie de refuerzos.

Las 120 cuñas en fibra de vidrio se obtuvieron de nuevo por RTM. Su función fue la de conectar los forjados con los pilares y constaron de tres piezas separadas idénticas que conformaban un tronco de cono de 200mm de altura.

Antes del envío de las piezas a obra, se sometieron las diferentes piezas anteriormente indicadas a los procesos de calidad necesarios que constaron en la realización de controles visuales y dimensionales a cada elemento fabricado, ensayos fisicoquímicos a la materia prima, elemento final y ensayos mecánicos que validen la funcionalidad del elemento final.



(a)



(b)

Faro de Valencia.

a) Posicionamiento para elevación del faro.

b) Vista del faro e instalado. Cubipod.

5.5. Tecnología Cupipod OHLA/SATO

- Descripción de la tecnología

Cubipod (www.cubipod.com) es un elemento innovador para la construcción de diques en talud. Desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia en colaboración con OHLA y su filial SATO especializada en obras marítimas, se trata de un bloque cúbico que incorpora protuberancias en las caras para impedir el acople cara contra cara y aumentar la fricción con la capa inferior.

Cubipod es una pieza masiva, no esbelta, que permite la construcción de mantos de abrigo monocapa o bicapa, con un coste unitario casi tan bajo como el del bloque cúbico convencional. Se fabrica con encofrados tipo flanera (dos puestas/día), se manipula con pinzas de presión dobles y se puede acopiar en disposición cerrada o abierta, de forma análoga a los bloques cúbicos convencionales. Tiene además tendencia al auto-posicionado aleatorio y presenta porosidades uniformes.

Cubipod mantiene así las ventajas del bloque cúbico tradicional (robustez, encofrado vertical, acopio denso, facilidad de puesta en obra, etc.), corrigiendo sus desventajas (ahorro de hormigón, menos rebase, sin adoquinamiento, una o dos capas, etc.). Todas estas características permiten ahorros económicos del 40% al 60% en el manto de diques medios-grandes.

Cubipod ha obtenido diversas distinciones por su carácter innovador. Entre ellas, destaca la Mellada de Oro con mención de honor (distintivo extra concedido en contadas ocasiones) recibida en el 39º Salón

Internacional de Invenciones de Ginebra (Suiza) en el año 2011.



Tanto la pieza como el encofrado necesario para su fabricación están patentados a nivel internacional, contando OHLA además con marcas y know-how que completan la protección de la propiedad industrial del sistema.

- El proceso de la primera implantación

La primera aplicación de Cubipod se produjo en 2011, en el marco del proyecto "Habilitación y mejora de la dársena exterior y abrigo exterior de San Andrés del Puerto de Málaga". Esta actuación supuso para la Autoridad Portuaria de Málaga el Premio Nacional de Innovación en su categoría de Compra Pública Innovadora, reconociendo la materialización de la primera aplicación real de una nueva tecnología española con enorme potencial de utilización futura en obras portuarias de todo el mundo.

En el momento de producirse, esta experiencia de compra pública innovadora fue pionera en el sistema portuario español y el pliego del concurso supuso una buena práctica para la compra pública de tecnología innovadora, permitiendo, a través de un procedimiento ordinario de contratación según lo dispuesto en la LCSP y utilizando el modelo de pliegos habitualmente empleado por las Autoridades Portuarias, incorporar tecnología innovadora en condiciones de libre competencia y garantizando técnicamente la solución adoptada mediante la realización de actividades de I+D previas a su ejecución (en este caso, a través de la ejecución de ensayos a escala del modelo).



(Dique de San Andrés del Puerto de Málaga, construido con Cubipod)

En las últimas décadas, las distintas autoridades portuarias españolas han proyectado y licitado sus diques de abrigo utilizando casi exclusivamente bloques cúbicos, de distintos pesos en función del tipo de obra. Y a pesar

de que los pliegos de condiciones generales de los concursos para construcción de puertos suelen admitir variantes, hasta 2011 nunca se había abierto en España la posibilidad de variantes en la morfología de los elementos constituyentes del manto de abrigo principal.

En el caso del concurso "Habilitación y mejora de la Dársena Exterior y Abrigo Exterior de San Andrés" se rompió esta tendencia, admitiéndose por primera vez variantes al Proyecto Base en la morfología del manto exterior de defensa de la sección en talud del dique de abrigo, permitiendo así la consideración de elementos innovadores que pudieran aportar ventajas sobre los habituales bloques cúbicos.

El Pliego no sólo permitía esta variante, sino que explicitaba que la Comisión Técnica valoraría positivamente las posibles mejoras técnicas, constructivas o estéticas (impacto visual) en el caso del manto exterior del dique de abrigo que aportasen las eventuales variantes presentadas.

El criterio fundamental contemplado en las Bases Técnicas para determinar los límites de las modificaciones propuestas por los licitadores era la debida justificación de que, con las mismas hipótesis de cálculo adoptadas en el Proyecto Base de la Autoridad Portuaria de Málaga, se superasen todos los coeficientes de seguridad mínimos exigidos en la Recomendaciones para las Obras Marítimas (Programa ROM).

Como garante de la solvencia técnica de la posible solución innovadora a incorporar al proyecto, la Autoridad Portuaria también se reservaba en el Pliego el requerimiento a la empresa adjudicataria de llevar a cabo, a su coste, los trabajos de I+D necesarios para acreditar la viabilidad de la solución que, finalmente, consistieron en la realización de ensayos de estabilidad en modelo reducido por parte del CEDEX. Estos trabajos permitieron que una tercera parte, de suficiente confianza para la Autoridad Portuaria, validase los resultados de los ensayos previos aportados por OHLA en el momento de la presentación de la oferta.

En definitiva, la clave para lograr esta primera implantación del Cubipod se centró en el procedimiento de contratación empleado, a través de un pliego de las siguientes características:

- Adaptado a los usos comunes de las Autoridades Portuarias, en el marco de la LCSP,

- Abierto, mediante la admisibilidad de variantes, a soluciones innovadoras en aspectos tradicionalmente cerrados en este tipo de proyectos,
- Con una identificación clara de los requisitos y aspectos a valorar en las variantes ofertadas, y
- Garantista técnicamente respecto a la solución a adoptar, al requerir actuaciones específicas de I+D (ensayos) que demostrasen su viabilidad antes de su construcción.

- Ejemplos de implantaciones

Hasta la fecha de redacción de este documento, pueden encontrarse aplicaciones exitosas de Cubipod en los siguientes puertos:

- Dársena Exterior y Abrigo Exterior de San Andrés en el Puerto de Málaga.
- Contradique del Puerto de Punta Langosteira, en La Coruña: fase 1 (diques Norte y Sur) y fase 2 (dique Oeste Langosteira).
- Cierre sur de la Dársena de La Esfinge en Las Palmas de Gran Canaria.
- Puerto de la Marina de Argel (Argelia).
- Contradique Sur del Muelle de Cruceros Naos en el Puerto de Las Palmas.
- Expansión del Puerto de Hanstholm (Dinamarca).
- Puerto de Elmina (Ghana).

Hay que destacar que en los proyectos desarrollados en Dinamarca, Argelia y Ghana, OHLA no participa como contratista, su posición natural, sino que se trata de una nueva línea de negocio de venta de tecnología y servicios técnicos asociados.



(Dique Sur del Puerto de Langosteira, de 1.350 m de longitud y 22 m de altura de ola, con piezas Cubipod de 25 y 45 toneladas).

5.6. Procedimiento de instalación de vía en placa en túneles Bi-Tubo. FCC Construcción

- Descripción de la tecnología.

El campo de aplicación de esta solución innovadora reside en la instalación de vías férreas sobre placa de hormigón en túnel bi-tubo. La vía en placa es un tipo de vía férrea que asienta sobre hormigón o asfalto, sustituyendo en su función al balasto convencional. Requiere una mayor precisión en la nivelación, alineación y ancho de vía, ya que la corrección posterior de posibles errores resulta muy costosa.

Por otro lado, tiene un mantenimiento menor, en torno al 20%, lo que permite disminuir los tiempos de intervención y, por lo tanto, incrementar la disponibilidad operativa de la infraestructura.



- Descripción del proceso

La instalación de vía en placa se desarrolla por etapas:

- Formación de la sección constructiva. Fundamental los gálibos de los que disponemos.
- Diseño y realización de playa de vías. Vías para carga de hormigón y traviesas y de taller.
- Montaje de vía auxiliar por andén de mantenimiento. Vías apartadero cada 3,5 Km.
- Acopio de traviesas en andén de evacuación. Con ayuda de un mini-tren de transporte.
- Ejecución de presolera. Por vertido directo desde la hormigonera.
- Montaje de la vía en placa. Reparto de traviesas, colocación de la vía y hormigonado.
- Transiciones vía en placa – balasto. Con dos cupones rigidizadores.
- Barra larga y soldadura. Con mini-tren o con carrilero en retroceso.



Este procedimiento de instalación de vía en placa para túneles de uso ferroviario optimiza las diversas fases constructivas del procedimiento, y permite un incremento considerable de los rendimientos del proceso hasta valores productivos muy superiores a los presentados por los procedimientos habituales.

- El proceso de la primera implantación

El proceso de la primera implantación se efectúa en los túneles de San Pedro de 9,5 km en la L.A.V Madrid-Segovia – Valladolid, Tramo Madrid-Miraflores.

¿Cómo surge la idea? Transformar la necesidad en virtud.

Ante la restricción de espacio que suponen estos túneles para la circulación de camiones y medios mecánicos tradicionales, se opta por el montaje de una vía auxiliar que vertebre la obra conectando los diferentes tajos y que permita el transporte de materiales, hormigón, traviesas y carriles.

Con este nuevo enfoque se diseña una solución que además suponga:

- Mejorar las condiciones de seguridad, reduciendo el riesgo de arrollamientos y colisiones, al reducirse los vehículos de transporte en movimiento dentro del túnel.
- Reducir la emisión de gases de combustión, mejorando los factores físicos en el ambiente de trabajo.
- Aumentar los rendimientos hasta medias de 240 m/días y puntas de 450 m/día.
- Disminuir tiempo y costes de ejecución como consecuencia del alto rendimiento.

- Prediseño:

Tras muchas vueltas a los procedimientos tradicionales, esta idea, proyectada por el equipo de trabajo, se define en un Procedimiento de Ejecución, que se presenta a la Dirección de Obra para su aprobación. Ésta ante una propuesta que reduce plazos y mejora la seguridad, manteniendo la misma calidad en el producto final, aprueba el Procedimiento sin dudar.

El Procedimiento de Ejecución presentado ya definía las características y requisitos necesarios de los equipos que cubran las necesidades y posibiliten ejecutar cada etapa constructiva:

- Esfuerzo de elevación de los pórticos de carril. (Potencia y capacidad portante)
- Capacidad de los vagones hormigonera del mini-tren para transporte de hormigón.
- Tracción de las locomotoras, en función de las rampas del proyecto y la carga.
- Velocidades de las mismas, en función del esfuerzo de tracción anterior.
- Análisis de tiempos estimados por ciclo, en función de las cargas y velocidades.
- Cálculo de rendimientos estimados.
- Cálculo, diseño y selección de equipos.

Una vez conocida la relación entre rendimientos y equipos, se seleccionan los equipos de entre las distintas opciones existentes en el mercado, y se calculan y diseñan otros, no existentes o no adecuados a los requisitos exigidos, cuya fabricación se encarga a colaboradores habituales de reconocida solvencia, exigiendo para todos ellos, el cumplimiento de toda la normativa técnica y de seguridad de aplicación.

- Elaboración de Propuesta:

Una vez finalizada la fase de selección, cálculo y diseño de equipos, se adjuntan los resultados como respaldo a la propuesta Técnica de Ejecución que se presenta a la Dirección de Obra.

- Ejecución de los trabajos (Innovación Continua):

Durante esta fase afloraron algunos fallos de diseño, situaciones no previstas, que fueron subsanadas y/o mejoradas. El proceso de innovación no se detiene y el aprendizaje adquirido por la experiencia permite la evolución y el ajuste del método. En definitiva, la innovación es permanente y de mejora continua.

- Monitorización:

La medición y el registro de datos durante la ejecución de los trabajos es una parte fundamental del proceso de innovación, ya que permite registrar empíricamente cualquier característica relevante del método in situ.

- Ejemplos de implantaciones

Se ha aplicado con éxito en los siguientes túneles ferroviarios:

-Túneles de Guadarrama (Segovia). Montaje de Vía del nuevo acceso ferroviario Norte-Noroeste, Madrid-Segovia-Valladolid/Medina del Campo. Túnel de Guadarrama.

-Túneles de San Pedro (Madrid). Montaje de vía del nuevo acceso ferroviario al Norte y Noroeste de España. Madrid-Segovia-Valladolid/Medina del Campo. Montaje de vía Madrid-Miraflores de la Sierra.

-Túneles de la Cabrera (Valencia) y Túnel de Torrent (Valencia). Montaje de vía e instalaciones auxiliares en el tramo entre Siete Aguas y Almussafes del nuevo acceso ferroviario de alta velocidad (AVE) Madrid-Castilla la Mancha-Comunitat Valenciana-Región de Murcia.

Este proceso dispone de las siguientes patentes:

- PA-ES 200901421 Procedimiento de instalación de vía en placa en túneles bitubo
- PA-DZ 100350 Procède d'installation des traverses en beton de chemin de fer en tunnels a double tubes.
- PA-USA 9157193 Method for the installation of slab tracks in twin tube tunnels.
- PA-FR 2010124421 Method for the installation of slab tracks in twin tube tunnels
- PA-MEX 339409 Procedimiento de instalación de vía en placa en túneles bitubo

- PA-CANADA 2707321 Method for the installation of slab tracks in twin tube tunnels



5.7. Corrosímetro GECOR. GEOCISA e Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. CSIC.

- Descripción de la tecnología

El equipo GECOR 8 es un corrosímetro para medida en campo de corrosión de armaduras hormigón que incluye cuatro técnicas de medida distintas en un solo equipo.

- Técnica avanzada de Confinamiento Modulado (MCT) con controladores de campo eléctrico para estructuras aéreas.
- Mapeo. Es un método rápido para medidas de potencial de corrosión y de resistividad eléctrica
- Técnica de la Atenuación del Potencial (APT) para estructuras sumergidas o muy húmedas.
- Técnica de Verificación de la Pasividad (PVT) para medida de la eficacia de la protección catódica (CP) sin necesidad de desconectar la corriente.

Las técnicas puestas en práctica por el equipo GECOR 8, tienen su origen en las investigaciones realizadas en los años 80 por el IETcc y el CENIM con financiación de la CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología). En el año 1989 se aprueba el primer proyecto EUREKA (EUREKA-401) financiado en España para trabajar en el desarrollo de esta tecnología. En el proyecto participan ya la empresa española GEOCISA y el Swedish Cement and Concrete Research Institute (CBI)



IETcc. CSIC.

En mayo de 1990 se presentó una solicitud de patente en España, que finalmente fue concedida en febrero de 1992, con la empresa GEOCISA y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) como titulares.

Además, a principios de 1993 se presentó una solicitud de patente en Estados Unidos, que fue aprobada a finales de ese mismo año tras un complejo proceso que incluyó la necesidad de defender personalmente la originalidad de la idea ante los funcionarios de la Oficina de Patentes de Estados Unidos.

Como parte de la estrategia de explotación del producto, se optó por conceder una licencia de fabricación y venta del producto a la empresa James Instruments Inc. (EEUU).

El GECOR 08 fue elegido uno de los 20 inventos más importantes del CSIC para el Programa Ingenio y se presentó en el Palacio de la Moncloa en 2005 con motivo del lanzamiento de este Programa.

El equipo GECOR 8 es considerado el más preciso de los que se han comercializado y se considera como referencia. Ha sido sometido a evaluaciones competitivas en EEUU y más recientemente en Francia. Se ha vendido durante más de 25 años en los 5 continentes, tanto por parte

de los titulares de la patente como por empresas licenciatarias, permitiendo a los titulares recobrar sobradamente los costes de desarrollo de la tecnología y de los procesos de protección. Como prueba del éxito del equipo se puede indicar que en la actualidad se han desarrollado y se siguen desarrollando nuevas versiones del equipo, como el GECOR 10.

Las principales ventajas señaladas en relación con el proceso de patente son:

- Se ha desarrollado con éxito una colaboración público-privada iniciada en los años 80 y que aún perdura.
- La patente es una herramienta jurídico legal para la explotación de la tecnología que, puede ser empleada por el titular para iniciar un proceso de defensa de sus derechos en caso de copia o reproducción no autorizada.
- La licencia a terceros, especialmente en el caso de colaboradores internacionales (de Estados Unidos en este caso), se hace mucho más viable al existir la figura de la patente que describe y delimita el objeto de un posible acuerdo de licencia o explotación.
- Desde el punto de vista de demostrar capacidad tecnológica, la referencia a la patente es mucho más efectiva que una descripción de tecnologías o equipos.

En cuanto a las principales desventajas:

- Una patente no impide intentos de copia. Ejemplo de esto son los casos identificados ocurridos en EEUU, Francia y Dinamarca.
- El proceso de concesión de la patente es complejo, costoso y lento. Especialmente difícil de asumir por entidades diferentes de grandes empresas o grandes centros de investigación o universidades.
- La potencial defensa supone también un proceso costoso en financiación y tiempo.

- Sólo cubre 20 años, en los que es vigente la patente. En este momento la patente ya no es efectiva al haber superado los 20 años desde su solicitud.

Los investigadores plantearon finalmente como mejoras a los procesos de patente:

- Reducción de la complejidad y los costes.
- Incremento de alcance de los acuerdos internacionales de patente.
- Articular herramientas específicas de protección (sencillas, baratas y rápidas).
- La vigencia temporal de la patente debería estar vinculada al grado de interés industrial o comercial a lo largo del tiempo. Debiendo valorarse que técnicas o conocimientos patentados y no explotados o sin interés quedasen libres antes de 20 años y por otro lado que patentes cuyo contenido se demuestra de interés industrial o comercial pasados 20 años se pudiese prorrogar.

- Evaluación técnica

A la hora de realizar la evaluación técnica de una tecnología objeto de un proceso de patente, tecnología que por definición será novedosa, se encontró con que no existían métodos de evaluación, verificación y calibración del equipo desarrollado y por lo tanto fue necesario desarrollar no sólo la tecnología a patentar sino los métodos necesarios para su evaluación como parte de la propia investigación.

La actual existencia de certificaciones de Eco Diseño o Mercado CE son de utilidad a la hora de introducir en el mercado un nuevo producto, pero se genera el inconveniente de que estos nuevos productos, precisamente por su novedad, no tienen cabida sencilla en los procesos de certificación. El lanzador de la nueva tecnología habitualmente debe recurrir a la colaboración con centros de investigación o laboratorios que realicen una validación experimental de producto y así lo certifiquen como entidades independientes y objetivas.

En el caso del equipo GECOR, la presencia de IETcc en el proceso de desarrollo de tecnología, solicitud y posterior explotación de la patente, aportó la posibilidad de ofrecer el respaldo técnico necesario para el producto más allá de si existían o no procedimientos estandarizados para su validación.

5.8. Plataforma de inspección y evaluación de puentes GENIA by TECNALIA

- Descripción de la tecnología

La Monitorización Estructural (Structural Health Monitoring, SHM) es el proceso de evaluar el estado de salud una estructura a partir de datos procedentes de la instrumentación. Supone cuatro fases o subprocesos:

- Instrumentación: es el conjunto de sensores y sistemas de adquisición de datos que recogen los parámetros estructurales físicos objeto de control y análisis.
- Monitorización: es el servicio, transmisión, publicación web y distribución en tiempo real.
- Análisis: es el conjunto de técnicas que permiten convertir los datos en conocimiento y comprender el comportamiento estructural. Implementación de sistemas de evaluación del estado de la estructura para la detección de daños y su localización.
- Gestión: ayuda a la toma de decisión sobre la actuación y el mantenimiento.

La finalidad de SHM (Structural Health Monitoring) es la detección de daño antes de que evolucione hasta alcanzar un valor límite consiguiendo así los siguientes impactos:

- Prolongación de la vida útil y ahorro económico en su ciclo de vida mediante la detección de daño antes de alcanzar el estado crítico.
- Reducción del tiempo en situación fuera de servicio de la estructura, minorizando el impacto socio-económico.

- Tecnificación/objetivación de los trabajos de inspección.
- Focalización de las inspecciones a zonas susceptibles de daño. Mejora de la eficiencia en los trabajos.

GENIA by TECNALIA se enmarca en la gestión integrada de las infraestructuras a lo largo de su ciclo de vida. Desde el punto de vista de las estructuras, la monitorización estructural adquiere un valor fundamental en la toma de decisiones respecto al diseño, operación y ciclo de vida, y facilita estrategias eficientes, fiables, seguras y optimizadas desde el punto de vista del mantenimiento y vida útil.

- Primera implantación integral a escala real

La primera implantación se ha desarrollado sobre el Viaducto de Bolueta (Bilbao). Este viaducto presenta un diseño estructural poco convencional y, además, dispone de un aparato de vía (bretelle) localizado en el Vano 5 (vano contiguo al arco en la margen derecha) del viaducto. Por estos motivos, Metro de Bilbao (el propietario de la infraestructura), mostró gran interés en que se estudiaran los problemas que pudieran derivarse por el paso de los convoyes reales sobre el viaducto.

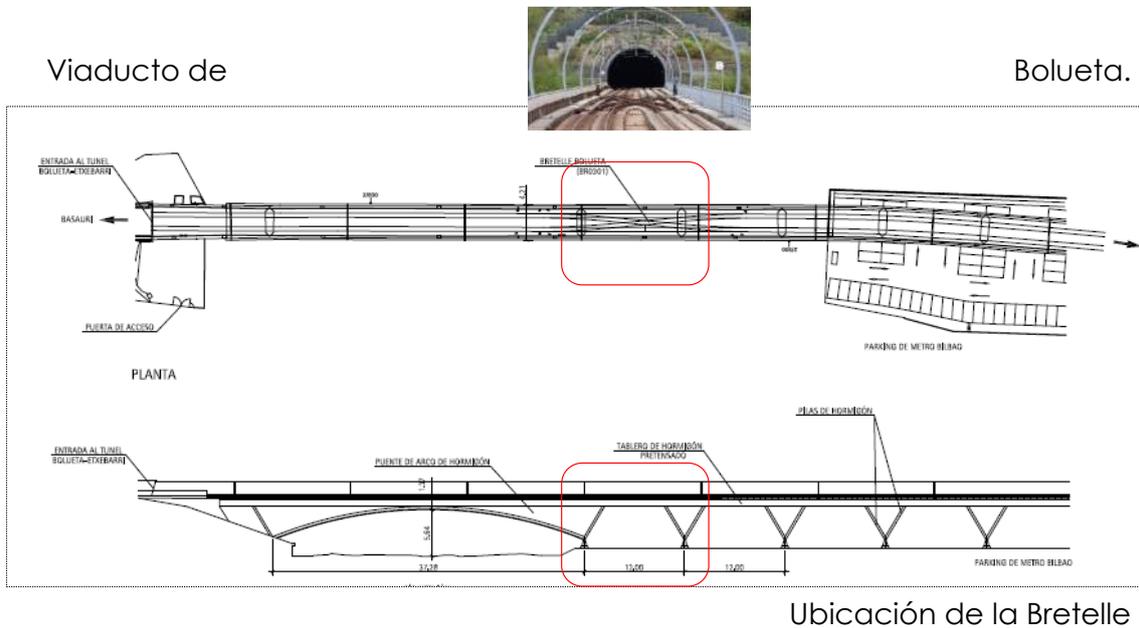


Viaducto de Bolueta

Esta primera implantación viene a demostrar que la experiencia acumulada tanto en el campo del diseño estructural como en el ferroviario justifican por sí mismas la necesidad de retroalimentarse con los datos obtenidos del análisis del comportamiento real de la estructura una vez puesta en servicio.

El Viaducto

El Viaducto queda inscrito en un acuerdo curvo tanto en planta como en alzado y presenta las siguientes características:



Fue construido en 2002.

La estructura es de hormigón armado y pretensado.

El viaducto consta de un arco sobre el río Nervión de 63 metros de luz, y de viaductos de acceso de 5 vanos (22m+3x24.5m+24m) en la margen derecha y de un vano (19,5 m) en la margen izquierda.

Las pilas en V son solidarias al tablero y articuladas en la base mediante apoyos de neopreno.

Los arcos son biempotrados, y se cimentan directamente sobre marga mediante macizos de hormigón. Las pilas inclinadas de los extremos del arco son solidarias de las cimentaciones y del tablero.

El punto fijo frente a fuerzas horizontales queda materializado en la clave del arco.

- Instrumentación:

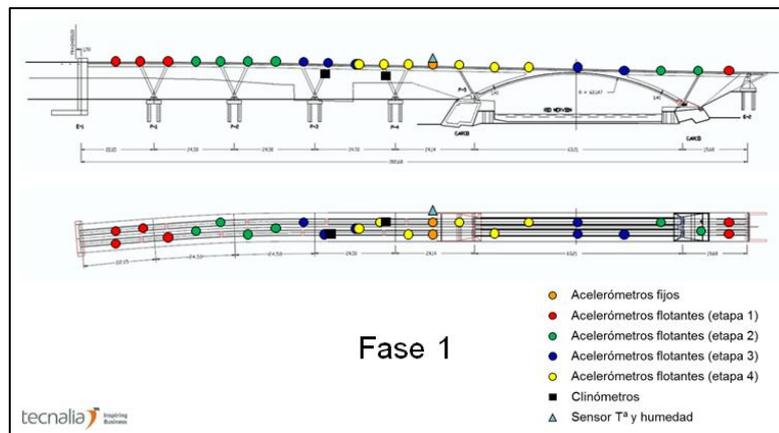
Se han identificado las variables a medir, que no son otras que las aceleraciones (m/s^2) en el tablero del viaducto, producidas por los convoyes a su paso por la bretelle situada en el vano 5.

Por lo tanto, el objetivo de la monitorización es el control del comportamiento dinámico del puente tanto en el dominio del tiempo como de las frecuencias. Las variables dinámicas en el dominio del tiempo (s) son las aceleraciones (m/s^2) y el amortiguamiento. Las variables en el dominio de las frecuencias son, precisamente, las frecuencias de libre oscilación (Hz) al paso de las circulaciones. Con el fin de completar el análisis de la estructura se han medido los desplazamientos (mm) de los apoyos de las pilas 5 y 6; temperatura ($^{\circ}C$) y humedad (%) existentes durante las medidas.

El plan de instrumentación consta, en definitiva, de 8 acelerómetros (8 x 3 ejes), 2 clinómetros (2 x 2 direcciones), sensor de temperatura y de humedad, lo que suma un total de 30 canales, para los que se han empleado 2

captadores de datos de 16 canales cada uno. Así mismo, para dotar a la instalación de autonomía propia se han dispuesto un kit de paneles solares y los datos son enviados a un servidor (FTP)

mediante un PC industrial y un router 4G.



Las lecturas se han realizado mediante 4 ventanas temporales diarias de 10 minutos programadas teniendo en cuenta el tráfico y frecuencia de trenes sobre el puente.

- Monitorización:

La señal eléctrica recibida de los diferentes sensores, una vez establecida la frecuencia de medida, es conducida mediante cableado a dos captadores de señal conectados a un PC industrial en el que se procesa

la señal mediante el software CATMAN desarrollado por HBM. CATMAN procesa la señal y reporta los ficheros que contienen la información de los acelerómetros (m/s²), de los inclinómetros (°) y de los sensores de temperatura (°C) y humedad (%) se recogen ambos datos. Estos datos son enviados a un servidor (FTP) mediante un PC industrial y un router 4G para tratarlos en gabinete.

- Análisis e interpretación de datos:

Conscientes de la complejidad del viaducto y buscando el máximo ajuste entre modelo y realidad, se ha realizado un modelo de cálculo de Elementos Finitos (FEM). Las características principales de este modelo son las siguientes:

30.412 elementos 3D para la definición de los componentes estructurales del Viaducto.

9.888 elementos 1D para la definición de masas concentradas (elementos de hormigón bajo vías y en los bordes de los voladizos).

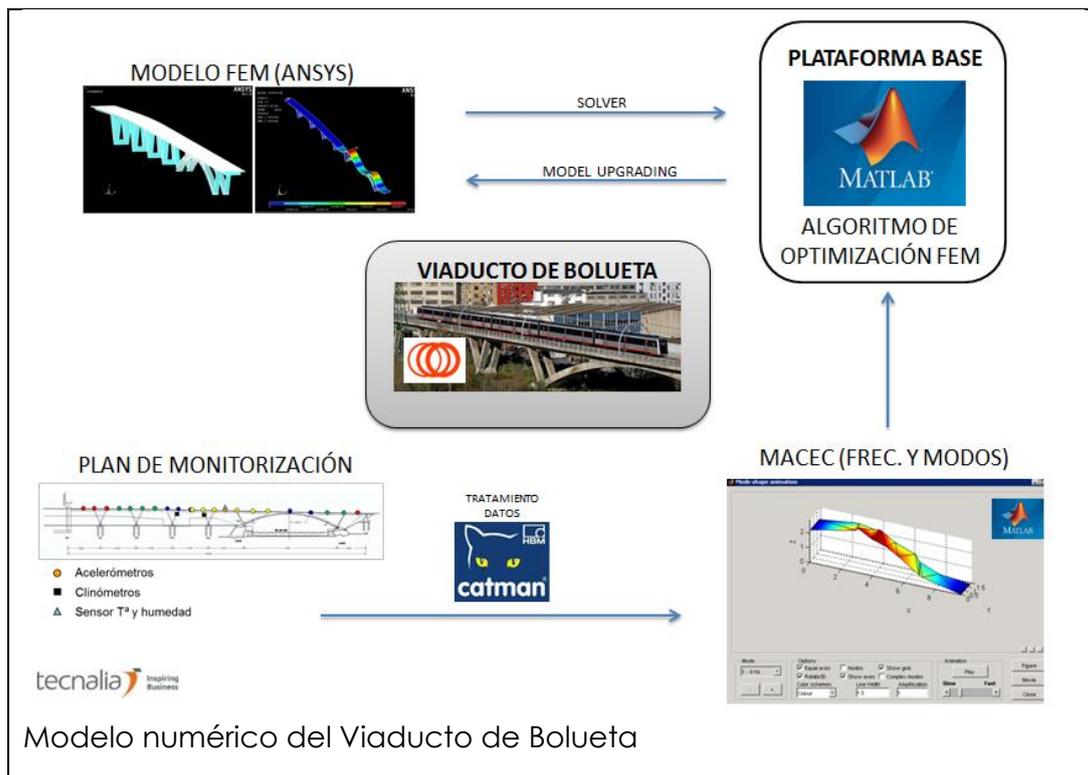
- Comportamiento elástico lineal de los materiales.

Análisis modal. Se han extraído los 20 primeros modos mediante el método de Block Lanczos.

Una vez modelizado el viaducto, se ha llevado el plan de instrumentación en dos fases:

La 1ª fase es de obtención de datos para la calibración del modelo numérico. Se ha llevado a cabo en cuatro etapas (3 días por etapa) mediante diferentes posiciones para los acelerómetros (dos de ellos se mantienen fijos).

Una vez calibrado el modelo se dio inicio a la 2ª fase para la detección de daños en el viaducto. Esta fase se ha llevado a cabo exclusivamente con 8 acelerómetros en el vano 5 (bretelle) y es a largo plazo.



Para el análisis de las aceleraciones (m/s^2) en el dominio de las frecuencias se ha optado por usar MACEC, una herramienta informática de MATLAB para el análisis modal de estructuras. Esta herramienta permite la extracción de las frecuencias, modos de vibración y coeficientes de amortiguamiento a partir de las aceleraciones medidas en campo. Estos valores se convierten en el objetivo a conseguir con el modelo de cálculo teórico el cual reajustará sus principales parámetros que caracterizan los materiales (módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, densidad,...) y deformaciones impuestas hasta ajustarse suficientemente a los valores objetivo (los obtenidos mediante la instrumentación). Este ajuste se desarrollará mediante la aplicación de un algoritmo de optimización en elementos finitos (FEM). Una vez alcanzado el ajuste buscado se habrá obtenido un nuevo modelo actualizado a ese instante.

Esta metodología permite que cada vez que se registre el paso de una circulación se pueda conocer las características estructurales parametrizadas en ese instante. La información recogida en cada instante va alimentando un registro histórico que será la base de la gestión.

- Gestión:

Los datos procedentes de la instrumentación (aceleraciones, temperatura,...) servirán para analizar la evolución de las principales parámetros que caracterizan los materiales (módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, densidad,...) y las posibles deformaciones impuestas.

La evolución en el tiempo de estos parámetros mencionados, junto con los umbrales admisibles (máximos y mínimos), dota a GENIA SHM de las características que se indican a continuación:

Capacidad de generación de la curva de deterioro de la estructura en el tiempo: Basado en un registro histórico de la información recabada.

Capacidad de generación de alertas tempranas: Programación de alertas si se rebasan los umbrales admisibles definidos.

Capacidad predictiva: Estimación de la evolución de los parámetros basándose en la tendencia de los mismos.

Metodología no invasiva: permite conocer las características resistentes de los materiales en un instante dado sin necesidad de realizar ensayos (destructivos o no destructivos).

Metodología continua-discreta: tiene la capacidad de medir con la frecuencia considerada las características de la estructura (discretizada según sea necesario) y durante el tiempo que dure la campaña de instrumentación.

La validación del procedimiento, tal y como se ha expuesto, se ha realizado considerando la relación realidad y modelo. En consecuencia, se propone un modo de trabajar fructuoso en el que se combina la realidad extraída en campo con un conglomerado de modelos de cálculo. De esta forma, ya no se consideran el modelo y la realidad como modalidades polarizadas, sino que ahora funcionan al mismo nivel, dándose la paradoja que ahora los modelos pasan a ser coproductores de la realidad.

6. Conclusiones

Mediante este documento, sus autores hemos querido enfatizar la importancia de innovar en construcción, hemos tratado de ofrecer un marco apropiado para reflexionar sobre el riesgo técnico asociado a las innovaciones de nuestro sector y, finalmente, hemos querido dejar una traza, mediante 8 diversos e interesantes ejemplos, de la amplia paleta de herramientas y estrategias disponibles para evaluar dicho riesgo y facilitar que nuestro sector siga avanzando por la senda del desarrollo.

Para que innovaciones como las expuestas hayan podido llegar al mercado, ha sido siempre necesaria, por un lado, la voluntad y cooperación de varios agentes (no sólo la del inventor) y, por otro, el empleo de algún mecanismo que permitiera evaluar los riesgos técnicos asociados con suficiente rigor y confianza para todos los involucrados.

En este sentido y especialmente en el caso de nuevos procesos o elementos constructivos, es de importancia capital la involucración del promotor del proyecto pionero en su implantación. Los agentes innovadores deben entender las inquietudes del promotor y éste debe estar abierto a opciones que puedan ayudar a valorar el riesgo real que suponen dichas innovaciones.

Sin duda, evaluar y gestionar el riesgo técnico asociado a innovaciones en nuestro sector requiere de una voluntad y esfuerzo complementarios por entender la tecnología y analizar las mejores opciones para su validación, pero los 8 casos expuestos demuestran de forma consistente que, en último término, es posible hacerlo.

Detrás de promotores, proyectistas, constructores, industria auxiliar, aseguradores o agentes del conocimiento, hay personas. Profesionales que, en casos como los expuestos, deciden apostar por hacer realidad innovaciones con el ánimo de mejorar sus proyectos y otros futuros.

El objetivo de los autores al redactar este documento ha sido contribuir de alguna forma a que más personas puedan iniciar y orientar sus reflexiones sobre cómo evaluar y gestionar el riesgo técnico asociado a las innovaciones que, una a una, son las que hacen avanzar nuestro sector. Confiamos en que efectivamente resulte de utilidad.

ANEXO. Riesgos y Coberturas aseguradoras en los seguros de construcción.

Las obras se ven expuestas a multitud de riesgos a lo largo del proceso constructivo, desde aquellos correspondientes a su concepción (proyecto) hasta los originados durante su ejecución, incluyendo los derivados de los propios materiales empleados. Además pueden verse afectados por causas ajenas a la técnica constructiva o por causas externas que pudiendo preverse técnicamente rebasan los parámetros preestablecidos.

La póliza de Construcción está configurada como una póliza de "Todo riesgo salvo..."; es decir como una póliza dirigida a cubrir todos los daños materiales que sufra la construcción por cualquier causa siempre que sea accidental e imprevisible con excepción de las que se disponen en las exclusiones. Por dicha amplitud de garantías es generalmente conocida como póliza de Todo Riesgo de Construcción.

Riesgos Cubiertos:

- **Cobertura Básica**

La cobertura garantiza el conjunto de trabajos de obra civil e instalaciones que integren la realización de la obra asegurada contra los daños materiales directos que tengan su origen en un hecho accidental, imprevisible y sobrevenido súbitamente, causados por:

1. Riesgos de la Naturaleza

Se encuadran dentro de este capítulo hechos tales como:

- a. Viento, tempestad, huracán, ciclón. Estos fenómenos producen gran frecuencia de siniestros, que se manifiestan generalmente por caídas de grúas-torre, cerramientos, arrastre de cubiertas, etc.
- b. Inundaciones, desbordamientos de curso de agua. Son frecuentes en nuestro país (Norte y Levante principalmente) los siniestros de este tipo que además de su peligrosidad ocasionan grandes pérdidas humanas y económicas.
- c. Terremotos, vulcanismo. España no es un país de alto riesgo sísmico, salvo zonas muy concretas.

d. Hundimientos, corrimientos y movimientos de tierra, desprendimientos de rocas. Este tipo de riesgos están ligados íntimamente al estudio del terreno, siendo frecuentes los siniestros que se producen, principalmente durante el período de excavación y consolidación de terrenos y taludes.

2. Riesgos Convencionales

Son los riesgos usuales comúnmente conocidos en la práctica aseguradora, tales como:

- a. Incendio, rayo y explosión.
- b. Robo.
- c. Daños por actos vandálicos o malintencionados.
- d. Colisión de vehículos.
- e. Otros Riesgos. Caídas de grúas, roturas de colectores o cañerías ajenas a la obra asegurada así como cualquier otro hecho accidental, no excluido, capaz de causar un daño a la obra asegurada quedará bajo la protección de la póliza.

3. Riesgos inherentes a la propia obra

Dentro de este apartado se incluyen los errores de proyecto (errores en cálculo, falta de definición de proyectos, ausencia de detalles constructivos, etc.), defectos de material (en fábrica o en obra) o de mano de obra o ejecución (falta de diligencia, pericia o negligencia), de forma separada o bien en una secuencia de acumulación de los mismos, son fuente de una multitud de daños o patologías en las obras.

La cobertura se limita a garantizar las consecuencias dañosas de tales hechos, no los propios errores o defectos, los cuales no pueden considerarse hechos accidentales.

• **Coberturas Complementarias.**

Maquinaria de construcción y equipo de construcción. La cobertura es la misma que daños a la obra limitándose a los daños externos de estas máquinas excluyendo daños mecánicos y eléctricos.

Efectos personales de los empleados. Se suele limitar a los efectos personales y vestuario estableciendo una limitación de suma asegurada por objeto y excluyendo expresamente efectivo, joyas (anillos, cadenas, relojes, etc.).

Gastos de remoción y demolición de escombros. La cobertura se extiende a los gastos necesarios para demoler y retirar los escombros habidos de la propia obra por un siniestro indemnizable.

Cobertura de Mantenimiento o Conservación. El contrato de obra incorpora una cláusula por la que el contratista se obliga a mantener en buen estado las obras realizadas o realizar las reparaciones o repasos necesarios durante un período de tiempo que suele ser generalmente de un año. Los aseguradores otorgan opcionalmente cobertura durante este periodo mediante las siguientes condiciones:

- a. Cobertura de Mantenimiento Limitado o de visitas. Se garantiza "Toda pérdida o daños ocasionados por el contratista durante la ejecución de los trabajos llevados a cabo con el propósito de cumplir con las obligaciones derivadas de la cláusula de mantenimiento o conservación estipulados en el contrato de obras, siempre que aquellos no sean objeto de exclusión en las Condiciones Generales o Particulares de la póliza". Es claro que los aseguradores no garantizan los defectos detectados en la obra después de su terminación, limitándose la cobertura a aquellos daños accidentales ocasionados por el personal del Asegurado durante su intervención en la obra para cumplir con las obligaciones del contrato de mantenimiento; es decir, se exige que el daño sea accidental, cometido por el personal del contratista y con motivo de trabajos relacionados con las disposiciones del contrato de obras.

- b. Cobertura de Mantenimiento amplio: Además de la cobertura de mantenimiento limitado, por la cobertura de mantenimiento amplio se garantiza "toda pérdida o daños provenientes de una causa que tuvo su origen antes de comenzar el período de mantenimiento o conservación, siempre que aquellos no sean objeto de exclusión de las Condiciones Generales o Particulares de la póliza. Con esta cobertura se garantizan las consecuencias dañosas en la construcción que teniendo su origen en el período de ejecución se manifiestan durante el período de mantenimiento.

La mala instalación de una caldera, materiales defectuosos, etc. puede ocasionar daños al edificio, que se manifiestan posteriormente durante el período de mantenimiento.