

Digitalización del flujo operativo asociado al servicio de inspecciones principales en puentes carreteros

Ignacio Piñero Santiago^{*, a}, Jesús Díez Hernández^a, Leire Garmendia Arrieta^b, José

Tomás San José Lombera^b

^a Dr. Ingeniero de Proyectos. TECNALIA R&I. Investigador Dpto. Infraestructuras. email: ignacio.pinero@tecnalia.com

^a Ingeniero Industrial. TECNALIA R&I. Director Técnico Dpto. Infraestructuras. email: jesus.diez@tecnalia.com

^b Dr. Ingeniera Industrial. Universidad del País Vasco UPV/EHU. Profesora Adjunta Dpto. Ing. Mecánica aplicada. email: leire.garmendia@ehu.eus

^b Dr. Ingeniero Industrial. Universidad del País Vasco UPV/EHU. Profesor Titular Dpto. Ing. de Materiales. email: josetomas.sanjose@ehu.es

RESUMEN

Las infraestructuras del transporte son elementos estratégicos para el desarrollo económico y social, ya que permiten la conexión entre las personas y los negocios. Entre los activos presentes en estas infraestructuras del transporte se encuentran los puentes, que son elementos clave en la red de carreteras y constituyen una fuente importante de inversión para las diferentes administraciones.

En TECNALIA trabajamos para conseguir que las infraestructuras de la sociedad sean seguras, resilientes, sostenibles e inclusivas. Por ello, conocedores de los problemas habituales de las administraciones y concesionarias a la hora de gestionar este tipo de activos, hemos desarrollado un innovador método, implementado en un aplicativo web llamado GENIA, para evaluar el índice de condición de los puentes basado en la digitalización del proceso de inspecciones principales. Este método aumenta la objetividad y la consistencia en la evaluación de puentes al establecer criterios generales para identificar daños y cuantificar automáticamente su importancia relativa.

ABSTRACT

Transport infrastructures are strategic elements for the economical and social development because they enable the connection between people and business. Among all the transport infrastructure assets, bridges are the key elements in road networks and represent high investments for public administrations.

TECNALIA works to achieve safe, resilient, sustainable and inclusive infrastructures. As a result of it, knowing the common issues that public administrations and concession companies face when managing these types of assets, we have developed an innovative methodology, implemented in a web application named GENIA, to evaluate bridges' Condition Index based on their main inspection process' digitalization. This methodology increases bridge evaluation's objectivity and consistency as it establishes general criteria to identify damages and automatically quantify their relative importance.

PALABRAS CLAVE: GENIA, Inspecciones principales, Índice de Condición, Puentes, MIVES.

KEYWORDS: GENIA, Main inspections, Condition Index, Road bridges, MIVES.

1. Introducción

Actualmente la importancia social y profesional que se le concede a la tarea de la inspección de puentes está en alza, aunque es todavía escasa. De hecho, existe una necesidad nacional e internacional para hacer estas inspecciones principales de una forma más eficiente, asequible y homogénea por parte de las empresas que las realizan.

La conservación de las estructuras es un punto importante a tener en cuenta para los organismos públicos que deben inspeccionar todas las estructuras que con el paso del tiempo se han ido deteriorando. Las inspecciones principales en las obras de paso siguen la recomendación de efectuarse cada cinco años, con una reducción del plazo en el caso de ocurrir situaciones imprevistas que puedan dañar a la estructura o afectar al entorno.

En este contexto se presenta GENIA como herramienta para un sistema sencillo y eficaz que implementa una metodología innovadora para la asignación del índice de condición de puentes derivada de las inspecciones principales.

2. Concepto GENIA

La metodología desarrollada permite la obtención objetiva y transparente del índice de condición del puente, una vez realizada la inspección principal, y en orden a la asignación previa de pesos según los diferentes indicadores.

GENIA ofrece un sistema de control adecuado y permite recabar cuáles serán los datos importantes en la realización del inventario. Además de ser un método sencillo y eficaz.

El sistema de gestión de GENIA resuelve los siguientes objetivos:

- Posee información operativa, congruente y fácilmente accesible sobre las características, el estado y el posible deterioro de cada uno de los puentes que gestiona.
- Evalúa la seguridad y el estado de conservación de los puentes de forma ágil y con un método claramente objetivo, independientemente del técnico que realice la inspección.
- Optimiza y prioriza la utilización de los presupuestos limitados para acometer las actuaciones que se requieran en función del estado de los puentes (en proceso).



Figura 1. Esquema conceptual de GENIA.

GENIA está preparado para integrar posteriormente módulos avanzados adicionales entre los que destacan, por ejemplo, los de SHM (monitorización estructural) y optimización de inversiones (en desarrollo). Estos módulos pueden entrar en juego, tanto por motivos asociados a alarmas derivadas de la superación de umbrales críticos, previamente establecidos, como por la realización de inspecciones basadas en la determinación, no convencional, de sus parámetros dinámicos.

De cara a los gestores de infraestructuras GENIA puede ayudar en diferentes aspectos:

- *Técnicamente*: ayuda a tener identificadas las características y tipologías constructivas, amén de conocer el estado real actualizado de los activos.

- *Servicios de atención al activo más necesitado*: se puede controlar en todo momento los activos de una infraestructura, conjunto de puentes, túneles, etc. y así poder ofrecer un mejor servicio a los que requieren mayor necesidad de acciones de emergencia. Ayudará, en definitiva, a conocer mejor las necesidades de actuación.
- *Elementos y materiales*: permite conocer los elementos más deteriorados y los materiales y productos que se deben disponer para conservarlos, repararlos, rehabilitarlos o sustituirlos.
- *Gestión de ciclo de vida / Histórico*: las inspecciones programadas darán origen a un histórico del activo que permitirá detectar rápidamente la evolución de las patologías existentes o aparición de nuevos daños, así como las reparaciones o actuaciones realizadas en los mismos.

2. GENIA: Metodología desarrollada

La experiencia recabada previa a la utilización de GENIA indica que, en este tipo de inspecciones, aun contando con expertos, resulta inevitable que las opiniones de los diferentes inspectores sean subjetivas y la importancia atribuible a los daños sea también diferente. En ese punto resulta determinante contar con la herramienta de inspección desarrollada que con su catálogo de daños permite, por una parte, establecer un criterio general de identificación de los defectos y, por otra, de valoración de su importancia en cuanto a gravedad, evolución e implicación. Así pues, el inspector señalará el daño que observa y su extensión respecto al elemento en el que se encuentra y, de esta forma, la herramienta le asigna un valor ponderado en función de su ubicación y/o el material que, a su vez, lleva intrínseco los valores de gravedad, evolución e implicación.

3.1 Caracterización del deterioro

En todo este proceso resulta indispensable que los inspectores sean técnicos experimentados y con formación en el ámbito de

las estructuras (de todas las tipologías y todos los materiales), de la durabilidad de los materiales y de los equipamientos de los puentes.

GENIA alberga librerías de daños en función de los materiales (actualmente hormigón, acero y fábrica). Se trabaja con más de 300 tipos de daños en el hormigón, en fábrica y en acero, distinguiéndose entre daños asociados a un mal comportamiento resistente y asociados a una deficiente durabilidad. También se han tenido en cuenta más de 100 tipos de daños en elementos de conexión (aparatos de apoyo y juntas) y en el equipamiento (calzadas y aceras, barreras, sistemas de drenaje, etc.).

Dicho lo cual, se ha definido con detalle cada daño, el significado de cada indicador y los límites del alcance de los mismos. Una vez realizada esta labor se han asignado los pesos a cada indicador (gravedad, implicación, evolución y extensión) y se les han atribuido funciones de valor a cada una de sus alternativas.

3.1 Indicadores

Los indicadores que definen la importancia del daño son los siguientes:

- *Gravedad*: evalúa la disminución de la capacidad del elemento en el cumplimiento de su función como consecuencia del daño.
- *Implicación*: evalúa la repercusión de la patología existente en un elemento, sobre el resto de los elementos de la estructura.
- *Evolución*: evalúa la probabilidad de que el daño avance con mayor o menor rapidez.
- *Extensión*: evalúa la superficie afectada por la patología, respecto a la superficie total del elemento analizado.

3.1 Asignación de pesos

Para la asignación de pesos a los indicadores de gravedad, evolución, implicación y extensión se ha partido de la base de que el peso no era equitativo, es decir, que el peso de cada uno de ellos no era del 25%. Cosa que la mayor parte de sistemas de evaluación así lo contemplan. Se ha realizado el cálculo de pesos

mediante Analytical Hierarchy Process – Proceso Analítico Jerárquico (en adelante, AHP) [1]. AHP se basa en que una serie de decisores determinen cuál es, a su juicio, la importancia relativa de cada indicador con respecto al resto, según una escala de prioridades como la reflejada en la siguiente Figura 2. A este proceso se le denomina comparación por pares. Posteriormente, a partir de esa valoración, se realiza una serie de cálculos matriciales que dan como resultado los pesos (vectores propios) de cada uno de los indicadores.

Escala Verbal	Gravedad	Extension	Evolucion	Implicacion
Gravedad	1 (igual importancia)	7 (mucho más importancia)	5 (más importancia)	3 (ligeramente más importancia)
Extension	1/7	1 (igual importancia)	1 (igual importancia)	1/3 (ligeramente menos importancia)
Evolucion	1/3	1	1 (igual importancia)	1/3 (ligeramente menos importancia)
Implicacion	1/3	3	3	1 (igual importancia)

Figura 2. Matriz de comparación por pares de los diferentes indicadores.

Como resultado de dicha consulta a expertos con diferente perfil técnico en materia de inspección de puentes, cálculo de estructuras, expertos en materiales y de rehabilitación de puentes, se obtuvieron los pesos.

Para cada entrevista se ha tenido en cuenta la consistencia de los resultados obtenidos por parte de cada decisor. Y se ha hecho tratando de actualizar la coherencia (o incoherencia) de los valores establecidos por los decisores para la matriz de decisión, con el fin de evitar valoraciones incoherentes. La consistencia se encuentra relacionada con dos características diferentes, que son la transitividad y la proporcionalidad [4], así como el índice de consistencia aleatoria (RI) que es la media de todos los índices de consistencia (CI) de una matriz de comparación generada de forma aleatoria. Sólo depende del tamaño de la matriz y toma los valores establecidos en [2]:

3.1 Valorización de alternativas

Para definir el valor de la alternativa a nivel de indicadores, se introduce el rango de respuesta de la alternativa en la función de valor

obteniéndose, para cada alternativa, un valor mínimo y máximo posible en el indicador, que servirán para definir el valor en los otros niveles.

Para la fase de valoración de los indicadores, se plantean sus funciones de valor respectivas (figura 3). Estas funciones de valor, que varían entre 0 y 1 en el eje de ordenadas, representan el estado de valoración nula o valoración máxima (saturación), respectivamente, para cada uno de los indicadores. En el eje de las abscisas se encuentra la variable del indicador que, en el caso de ser un atributo, puede convertirse en una variable mediante una tabla de puntuación.

El otro aspecto importante de las funciones de valor es su forma. Para interpolar los puntos de mínima y máxima satisfacción, normalmente se usan los cuatro tipos de función:

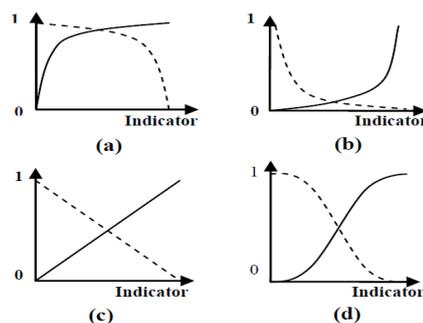


Figura 3. Funciones de valor tipo (a) Convexa, (b) Cóncava, (c) Lineal y (d) Tipo “S”.

Con arreglo a definir las diferentes funciones de valor de cada indicador, GENIA está basado en la metodología MIVES [1, 2 y 3], habida cuenta de los óptimos resultados cosechados con ella y no habiéndose aportado otras con parecido nivel de aplicación a la fecha.

A modo de ejemplo, en la siguiente Figura 4 se muestra el resultado de la función de valor asignada por uno de los decisores, según las diferentes 6 alternativas de gravedad del daño:

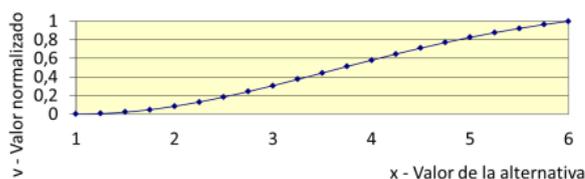


Figura 4. Función de valor tipo “S” del indicador de gravedad para las diferentes 6 alternativas.

2.1 Obtención del Índice de Condición

Los resultados de la evaluación del estado del puente indicarán un índice a cada estructura u obra de fábrica que sigue los parámetros de la Tabla 1.

Tabla 1. Definición de los índices de condición de un puente.

Índice	Definición
0	No inspeccionado
1	Defecto sin consecuencias importantes "a priori".
2	Defecto que indica que el elemento pudiera tener riesgo de tener una evolución patológica.
3	Defecto que indica el comienzo de una evolución patológica.
4	Defecto que indica que se está produciendo una evolución patológica.
5	Defecto que se puede traducir en una modificación del comportamiento de la estructura, o parte de ella.
6	Defecto que se traduce en la proximidad del estado límite de servicio de toda la estructura, o parte de ella, debiendo restringir su uso o puesta fuera de servicio.

* Referencia de índices de condición establecidos por el ministerio de fomento hasta 2011 [4]. Adaptable con un cambio de escala a diferentes normativas y referencias.

Finalmente, y como complemento al índice de condición de la propia estructura, la herramienta muestra también los índices de condición, con sus respectivos colores, de cada elemento y/o grupo de elementos. Así mismo, indica aspectos y observaciones relevantes relativos a la última inspección.

En esta fase se obtienen los resultados aportados por la herramienta. Esto es, cada puente con su índice de condición, y el decisor (gestor de activos) observará la evaluación de los diferentes activos evaluados según el valor numérico de la evaluación en conjunto y, finalmente, tomará la decisión de actuación destinada al mantenimiento y conservación del activo.

Así pues, el resultado de estos no es decisión del inspector que realiza la inspección. El inspector deberá indicar el daño, su ubicación y la extensión y será la herramienta quien asigne

el valor ponderado del daño teniendo en cuenta la información anteriormente mencionada. El resultado tendrá una componente mucho más objetiva ya que la labor de asignación de pesos a los diferentes daños, así como las funciones de valor asignadas a cada alternativa, se realiza de forma previa.

Posteriormente, el gestor elegirá la alternativa que mejor cumpla todos los requisitos que existan. Esto no quiere decir que necesariamente adopte la alternativa de mayor índice, ya que puede haber otra que también tenga un índice suficientemente alto y cumpla mejor otros requisitos diferentes de los que influyen en la decisión (indicadores de red, valor patrimonial o índice IMQ). Nótese que, en rigor, si el modelo de decisión generado fuese completo y considerase todos los aspectos relativos a la toma de decisión, debería elegirse siempre la alternativa resultante de este análisis; de lo contrario dicho modelo no sería completo o correcto.

2. GENIA: Aplicativo WEB

Analizadas las funcionalidades requeridas en cuanto a escalabilidad, diseño y usabilidad, se plantea GENIA como un innovador proyecto digital que potencia el rendimiento y cumple los objetivos en dos direcciones:

- *Hacia fuera*, mejorando el diseño y la experiencia de usuario (cliente/gestor).
- *Hacia dentro*, facilitando los procesos de gestión de datos, mejora de procesos y explotación de información (trabajos de inspección).

El aplicativo GENIA presenta dos modos de trabajo. Por un lado, el modo "Desktop" orientado al trabajo en gabinete; por el otro lado, el modo "Tablet" dirigido a los trabajos de campo.

Este formato optimiza los trabajos de campo al tratarse de una herramienta que funciona "on line" y que permite su uso de manera concurrente, por lo que puede haber

varios equipos realizando inspecciones en diferentes puentes o incluso varios equipos de inspección en el mismo trabajando sobre elementos diferentes. También, ofrece al gestor la posibilidad de acceder al aplicativo durante la fase de inspección pudiendo observar la evolución de los trabajos en activo, así como el estado de las estructuras ya inspeccionadas.

2.1 Seguridad y Confidencialidad

Aun tratándose de una herramienta web GENIA sigue protocolos de confidencialidad y de seguridad:

Cifrado de información sensible: Para garantizar el cifrado de las comunicaciones durante la navegación de toda la página, se sirve tanto el “front-end” como el “back-end” bajo el protocolo https, con certificado SSL.

Autorización: Los sistemas de autenticación estarán basados en los propios de Drupal CMS que permiten gestionar roles y grupos de usuarios. Se definirán los permisos de cada rol requeridos y el nivel de acceso a los diferentes contenidos, además, esta configuración podrá ser modificada a posteriori de manera sencilla desde de “back-end”.

2.2 Usuarios y roles

GENIA conecta todas las fases del proyecto de la auscultación de puentes, desde la gestión del proyecto, como la inspección y análisis de estructura, así como la visualización para el cliente. Para esto, se establecen cuatro roles de usuario:



Figura 5. Diferentes roles y atribuciones en GENIA.

En Tecnalía, el **administrador** del aplicativo asignará un jefe de proyecto que será el encargado de gestionar las inspecciones de las estructuras y obras de fábrica, asignando

recursos y medios a los inspectores que realizarán las inspecciones.

El **jefe de proyecto o mánager** introducirá en la herramienta las estructuras y obras de fábrica a inspeccionar con los datos básicos de ubicación, nombre, tipología, etc. A su vez, el jefe de proyecto, con su rol de mánager, generará la revisión del puente en la herramienta, dotando a la estructura introducida de todos los elementos que deberán inspeccionarse, así como la denominación de todos sus elementos. También será el encargado de redactar los aspectos relevantes de la inspección, así como de previsualizar el informe final previo a dar la inspección por concluida.



Figura 6. Interfaz durante la fase de evaluación.

El **inspector**, una vez en el puente, lo identificará en la herramienta y comenzará su inspección asignando los daños en los diferentes elementos de la superestructura, subestructura, elementos de conexión y equipamiento. Los daños observados, serán introducidos mediante las librerías existentes a medida que se vaya avanzando.

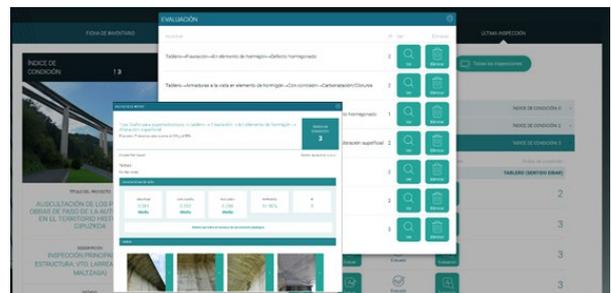


Figura 7. Interfaz durante la fase de inspección.

El rol de cliente (gestor) permitirá gestionar y visualizar el estado y los informes correspondientes a sus puentes. Para ello, se entregará al cliente un nombre de usuario y una contraseña, de forma que pueda consultar los

puentes y descargar los informes asociados a las inspecciones.

El rol de **cliente (gestor)** permitirá gestionar y visualizar el estado y los informes correspondientes a sus puentes. Para ello, igualmente, se entregará al cliente un nombre de usuario y una contraseña, de forma que pueda consultar los puentes y descargar los informes asociados a las inspecciones.

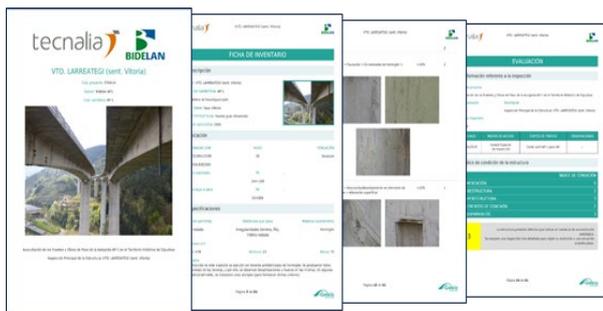


Figura 8. Información tipo extraída de un informe.

GENIA es la conexión de las diferentes fases del proyecto, conectando bidireccionalmente a todos los agentes. Esto facilita todos los trabajos y establece una conexión en tiempo real. A su vez, incorpora una búsqueda con filtros por nombre, índice de condición, tipo de estructura o código de carretera, entre otros, y una navegación por mapa para acceder a la estructura.

2.3 Dinámica de trabajo y ventajas

Una vez que el administrador haya distribuido los roles, el mánager introducirá los puentes en un inventario asignando a cada uno su configuración. La estructuración y denominación de los componentes del puente seguirán un orden establecido, así como la tipología y definición de elementos.

Una vez generado el puente en la herramienta con la definición y denominación de todos los elementos a inspeccionar, el jefe de proyecto activará la inspección asignando a los inspectores, así como las fechas para su realización.

Una vez asignados los inspectores y los puentes a inspeccionar, los trabajos de campo se realizarán por técnicos especializados, mediante

la utilización de una Tablet. Estos asignarán a los puentes los daños observados en los elementos correspondientes, pudiendo adjuntar las fotografías con la Tablet.

En esta primera fase, todos los elementos aparecerán como “no evaluados”. Los daños observados, así como su extensión, serán introducidos mediante las librerías existentes pasando a estar como “evaluados” a medida que se vaya avanzando.

GENIA irá asignando índices de condición a cada daño introducido en cada elemento y grupo de elementos, proporcionando de esta manera índices de condición por niveles hasta llegar al índice del puente en general. Para la asignación de estos índices, el sistema aplica los cálculos pertinentes sobre los datos recogidos en función de los algoritmos de Tecnalía ya mencionados en apartados anteriores.

Una vez que los inspectores hayan concluido la inspección de un puente o la parte del puente que le ha sido asignada, indicarán en la herramienta la finalización de la misma. Cuando todos los inspectores a los que les ha sido asignado la inspección de un puente indiquen la finalización de la misma, el jefe de proyecto recibirá un email en el que se le indicará que ese puente está inspeccionado. El jefe de proyecto revisará dicha inspección y anotará los aspectos más relevantes de ella extraídos, antes de darla por concluida.

La herramienta interactuará para el jefe de proyecto y para el cliente proporcionando en tiempo real el estado de avance de los trabajos de cada estructura. Adicionalmente, mostrará los índices de condición de la última inspección realizada, con su color correspondiente. Señalar, además, cómo la herramienta posee unas etiquetas que indican el grado de avance de los trabajos en cada estructura.

GENIA, a su vez, incorpora una búsqueda con filtros por nombre, tipo de estructura o código de carretera, entre otros, y una

navegación por mapa para acceder a la estructura.

Cuando la inspección haya terminado tanto el mánager, como el cliente podrán genera el informe del mismo, en “pdf” con sus daños, índices y fotos.

2.3.1. Trabajos de campo

En los trabajos de inspección de la estructura es preciso llevar un orden en la observación y anotación, distinguiendo de forma adecuada sus elementos. Para esto los inspectores se ayudarán del aplicativo GENIA para Tablet, lo que otorga unas ventajas significativas en las tareas de campo:

- Mayor conocimiento de la estructura. Cuando se realizan las tareas de campo, en la Tablet accedes a la configuración del puente pudiendo detectar puntos con mayor riesgo, además de las patologías halladas en anteriores inspecciones, observando su evolución.



Figura 9. Aplicativo GENIA en trabajos de campo.

- Agilización del proceso. Mientras se realiza la inspección GENIA permite anotar los defectos de forma sencilla y clara, acompañados de las fotos que adjuntas con la misma Tablet.
- Reducción del tiempo de formación para los inspectores. La extensa librería de daños permite al inspector distinguir las patologías de forma clara y sencilla.
- Veracidad de los datos. El hecho de digitalizar los datos in situ, reduce el fallo humano de anotación y su posterior lectura en el gabinete.
- Objetivación de la inspección. Las inspecciones de puentes están sujetas a cierta subjetividad, a la

hora de que los expertos atribuían valores a una patología.

2.3.2. Trabajos de gabinete

En el trabajo de gabinete también encontramos gran utilidad a la herramienta, al tratarse de una base de datos con una interfaz vistosa y sencilla de manejar.

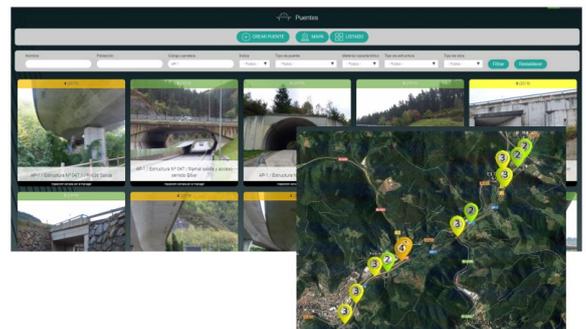


Figura 10. Listado o mapa de activos gestionados en GENIA.

- Obtener información precisa de forma ágil: permite ahondar en las patologías, accediendo a toda la información de manera muy rápida.
- Avance del proyecto: gracias a las etiquetas informativas que tiene cada puente se puede saber cuánto del trabajo está terminado, conociendo en todo momento cual es el avance del proyecto.
- Evolución de la estructura: a la hora de hacer la valoración de los daños GENIA aporta una gran ventaja a la hora de mostrar la evolución de los daños de cada estructura, permitiendo comprender con mayor facilidad la gravedad de las patologías y de la estructura completa.
- Creación automática de informes.

2.3.3. Inspecciones sucesivas

Entre las ventajas a tener en cuenta en sucesivas inspecciones, es decir, las posteriores a

la inspección cero realizada con GENIA, cabe mencionar:

- Migración de daños. La herramienta permite realizar la migración de daños para una inspección posterior de modo que los daños no mueren y permite visualizar su evolución. Es decir, que se mantenga igual que en la anterior inspección, que sea total o parcialmente reparado o que haya evolucionado y se encuentre en peor estado. Esto facilita mucho la labor del inspector y, por otro lado, da cuenta de la evolución de los daños.
- Interacción Manager-gestor. La herramienta facilita la comunicación escrita entre gestor (cliente) y manager (jefe de proyecto), de forma que, en caso de haber realizado reparaciones o algún tipo de actuación durante las inspecciones, el gestor puede indicárselas en la herramienta. Esta información será de gran utilidad para la siguiente campaña de inspecciones.
- Inventario y configuración hecha. Uno de los aspectos a tener en cuenta es que solo se realiza el inventario de un puente una sola vez. El resto de inspecciones de un mismo puente estarán asociados a ésta. La configuración del mismo no suele cambiar, aunque puede darse (ampliaciones de carril, refuerzos...), por lo que una vez que el puente está inventariado y su configuración hecha, para posteriores inspecciones esta labor no hay que realizarla.
- Evolutivo. GENIA permite visualizar si el puente ha obtenido un índice similar, superior o inferior respecto a la anterior inspección. También se pueden configurar gráficos que permitan visualizar la evolución de los daños de cara a predecir la vida útil remanente de ciertos elementos (juntas de dilatación o aparatos de apoyo) o para gestionar y planificar de forma más eficiente futuras campañas de mantenimiento y conservación.

3. Conclusiones

La herramienta presentada en el presente artículo nació de una necesidad interna dentro del propio departamento de Infraestructuras en

su proceso de digitalizar el flujo operativo asociado a las inspecciones principales y prestar un servicio que permita, por un lado, mayor objetividad y transparencia en los resultados y, por otra, ir generando una base de datos que permita al cliente un mayor control de las inversiones de cara a optimizar sus presupuestos.

Dado que ninguna de las herramientas satisfacía las exigencias del equipo y dada la experiencia, finalmente se optó por realizar una herramienta ad-hoc, basada en la experiencia y conocimiento del área de negocio en el ámbito de las inspecciones principales en puente carreteros.

Esta herramienta ha sido testada en más de 200 puentes carreteros. Durante las distintas fases de trabajo se ha podido constatar que por ejemplo al inicio de los trabajos, la primera vez que se realiza con dicha herramienta, requiere el esfuerzo de alimentarla introduciendo la configuración del puente. Una vez hecha la configuración en la mayoría de los casos el puente no suele tener cambios en su configuración (salvo ampliaciones de carril, desplazamiento de pilas,...). Estos cambios de configuración pueden introducirse en la herramienta. Durante la fase de trabajos de campo, requiere un tiempo el acostumbrarse a la nueva manera de recabar la información y siempre es bueno que el personal esté familiarizado con las tablets y la propia herramienta. La herramienta requiere conexión a internet. Una vez están metidos todos los daños que se hayan observados en todos los diferentes elementos de un puente, habrá una fase de oficina en la que se verifican los daños, sus correctas evaluaciones, las fotos y se redactan los aspectos más relevantes de la inspección. Hay que señalar, que estos daños quedan en la base de datos de la herramienta de modo que para la siguiente inspección el daño no muere. Esto es, el daño se migra a la nueva inspección y evoluciona (es decir, permanece igual, empeora o desaparece si es reparado). Permitiendo

observar la evolución de los daños a lo largo del tiempo tras las inspecciones realizadas.

realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado” ISBN: 978-84-498-0907-1. 2012.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a los grupos de investigación del Gobierno Vasco IT1314-19 y UPV/EHU PPGA19/61, y al Grupo Nacional MIVES por sus constantes contribuciones y difusión de aplicaciones. También se quiere mencionar de forma personal por la ayuda prestada a la hora de disponer de recursos e información al equipo de Infraestructuras (Building Technologies) de TECNALIA (Jesús Isoird, Laura Pérez, Xabier Sierra, Laura Barriuso, Eduardo Lucena y Casimir Muñoz, por nombrar algunos de los que más cerca han estado del proyecto). Así mismo, se quiere agradecer la financiación de la UPV/EHU PPGA19/61 y extenderlo al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y a los fondos por los proyectos RTI2018-097079-B-C31 (MCIU/AEI/FEDER, EU) del Ministerio y EMAITEK del Gobierno Vasco.

Referencias

- [1] Saaty, Thomas L. “Fundamentals of decision making and priority theory with the Analytic Hierarchy Process (Vol. VI of AHP Series)”. RWS Publications. Pittsburg, PA, USA. ISBN: 978-0962031762. 2006
- [2] Piñero Santiago, Ignacio. “Metodología para priorizar y planificar, de manera sostenible, la rehabilitación de estructuras degradadas. Caso extremo del Centro Histórico de La Habana”. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco. 2013.
- [3] Alarcon, D. Bibiana; Aguado, Antonio; Manga, Resmundo; Josa, Alejandro. “A Value Function for Assessing Sustainability: Application to Industrial Buildings”. Sustainability, 2011(3), pp. 35-50. 2011.
- [4] Ministerio de Fomento. “Guía para la