

## El sistema informático para la administración de estructuras de puentes de Costa Rica (SAEP): ¿Vamos en la dirección correcta?

Jose Alonso Murillo Madrigal, Candidato a Lic. en Ingeniería Civil

Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD

Unidad de Puentes, PITRA, LanammeUCR

### Introducción

En Costa Rica existe un total desconocimiento sobre la condición estructural y funcionalidad de sus puentes. Sin embargo, no es un secreto que muchos puentes de nuestro país exhiben problemas estructurales como no estructurales lo cual ha quedado demostrado en los informes que rutinariamente prepara la Unidad de Puentes del LanammeUCR sobre el estado de nuestros puentes. Entonces la pregunta que uno se hace es: ¿Cómo un gobierno puede mantener en buen estado sus puentes si no conoce la condición de estas estructuras?

Para entender la problemática antes expuesta, solo basta mencionar el daño o colapso a estructuras de puentes que han ocurrido en años recientes. Por ejemplo, recordemos el colapso del Puente de Turrubares en el 2009 que dejó un saldo de 5 personas fallecidas (ver Figura 1), el colapso de la alcantarilla sobre la quebrada la Guaría en la Autopista General Cañas en el 2012, la falla de la losa de concreto del paso superior sobre la fuente de la Hispanidad en ese mismo año y los daños provocados por la colisión e incendio de un camión cisterna debido a un hueco en la losa del puente sobre el río Lagarto en el 2010 lo cual dejó un saldo de 2 muertos. Estas situaciones son clara evidencia de que el país debe mejorar su gestión de puentes.

La Gestión de Puentes se define como el “proceso integral que une las actividades de inspección y evaluación de puentes con las necesidades de la comunidad y con las fuentes de financiación, para planificar, priorizar, financiar y procurar la operación, el mantenimiento, la rehabilitación, mejora y sustitución de los activos de puentes existentes” [1]. Esta definición pone en evidencia las actividades que nuestro gobierno debe realizar para asegurarse

el buen estado de sus puentes. Sin embargo, es claro que la mayoría de estas acciones no se llevan a cabo o, en el mejor de los casos, se realizan sin existir de por medio una priorización o plan establecido que justifique las intervenciones.

Los departamentos de transporte de países organizados que realizan gestión de puentes generalmente utilizan Sistemas de Gestión de Puentes (SGP) los cuales no son más que programas informáticos bastante completos que permiten el procesamiento de información recopilada por parte de los diferentes profesionales involucrados en la administración de estas estructuras. Estos sistemas son de desarrollo propio o han sido desarrollados por terceros pero adaptados a las necesidades del país o estado que

Figura 1. Colapso de Puente de Turrubares.



Fuente: Periódico Al Día 2009

lo adopta y son diseñados para apoyar la toma de decisiones sobre el uso óptimo de los recursos humanos y económicos para el mantenimiento, reparación y rehabilitación de puentes con base en información registrada en el sistema [1].

El país cuenta, desde el año 2007, con su propio programa informático para gestión de puentes denominado Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Este sistema fue desarrollado por JICA como resultado del convenio de cooperación técnica con el gobierno de Japón. A pesar de éste gran esfuerzo, el MOPT, al día de hoy, no ha logrado implementarlo porque no cuenta con un departamento de gestión de puentes con recurso económico y humano asignado que se dedique tiempo completo a esta labor. La falta de implementación del sistema, y aun más grave, la falta de personal realizando labores de inspección y evaluación, entre muchas otras actividades que involucra la gestión de puentes, hace que Costa Rica siga sin contar con planes concretos para mantenimiento y rehabilitación de puentes existentes definidos a partir de una priorización, la cual permita una administración eficientemente de recursos.

La experiencia de la Unidad de Puentes en el uso del SAEP ha demostrado que este programa informático presenta muchas limitaciones como serán expuestas más adelante. Resolver estas limitaciones es una responsabilidad del MOPT y deberían ser solucionadas en el corto plazo.

Con base en lo expuesto anteriormente, surge la interrogante de si a Costa Rica le conviene continuar por el camino elegido de implementar su propio sistema de gestión de puentes como lo es el SAEP, o si es preferible adoptar un sistema foráneo y de reconocida trayectoria que pueda ser adaptado con facilidad a las necesidades locales como ya lo han hecho otros países alrededor del mundo. Es por ello que en este boletín se presenta una comparación general de las capacidades de los programas

informáticos SAEP de Costa Rica y el sistema de gestión de los Estados Unidos, Pontis (renombrado AASHTOWare Bridge Management), por ser este último el sistema utilizado por la gran mayoría de sus departamentos de transporte.

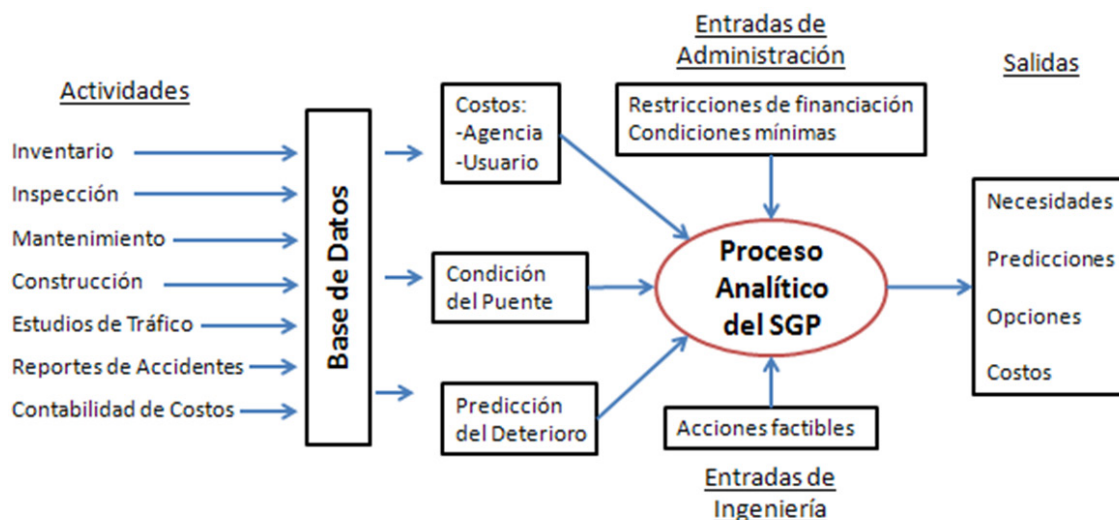
## Los SGP como parte de un Modelo de Gestión de Puentes

El departamento de transporte de un estado o país se encarga de definir su propio Modelo de Gestión de Puentes, es decir, la forma como realizará la gestión de puentes de su red local. Un esquema general de un modelo para la gestión de puentes podría ser el sugerido por la Asociación del Transporte por Carretera y Autoridades del Tráfico de Australia y Nueva Zelanda (Austroads) [2] el cual se muestra en la Figura 2. De acuerdo con este modelo, la gestión de puentes inicia con la recolección de información por parte de un ingeniero de puentes calificado para su respectivo almacenamiento en una base de datos. Seguidamente, el SGP o programa informático analiza la información de manera automática con base en una calibración de variables, definida por profesionales calificados en las áreas de la administración y la ingeniería de puentes, que permite definir prioridades y costos. Como producto final, se obtiene información relevante que sería analizada y utilizada por los ingenieros de puentes para ejecutar acciones que buscan brindar mantenimiento o rehabilitar puentes existentes.

## Los sistemas de gestión de puentes a nivel internacional

La Asociación Internacional para el Mantenimiento y Seguridad de Puentes (IABMAS), publicó en el 2012 un reporte titulado "Resumen

Figura 2. Esquema general de un modelo para la gestión de puentes.



Fuente: [Austroads 2002]

Tabla 1. Sistemas de Gestión de Puentes en distintos países.

País	Abrev.	Nombre	Nombre en español	Primera Versión	Versión Actual
Canadá	OBMS	Ontario Bridge Management System	Sistema de Gestión de Puentes de Ontario	2002	2011
Dinamarca	DANBRO	Danish BMS	SGP Danés	1975	2010
Japón	RPIBMS	Japanese BMS	SGP Japonés	2006	2009
España	SGP	Spanish Management System	Sistema de Gestión de Puentes	2005	2011
USA	Pontis	Pontis (Latin)	Pontis	1992	2011
Reino Unido (UK)	HiSMIS	Highways Structures Management Information System	Sistema de información para la gestión de estructuras de carreteras	1990	No hay informac.
Finlandia	FinnRA BMS	Finnish National Roads Administration	SGP para la Gestión de Carreteras Nacionales	1996	No hay informac.

Nota: la terminación “-BMS” se refiere a “Bridge Management System” que en español es equivalente a “Sistema de Gestión de Puentes” y a las siglas “SGP”.

Fuentes: [Austroads 2002 y IABMAS 2012]

de Sistemas de Gestión de Puentes Existentes” [3] donde se compila la información básica del funcionamiento, características y alcance de estos sistemas de gestión a nivel mundial. Dentro de este informe se encontró una lista de sistemas de gestión de puentes vigentes en distintos países del mundo. La Tabla 1 muestra algunos de los sistemas descritos donde se observa que los SGP son relativamente recientes, siendo DANBRO el pionero.

## El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes de Costa Rica, SAEP

En el año 2007 y como resultado del convenio de cooperación técnica solicitado al gobierno de Japón, JICA completó un estudio para el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) el cual se reporta en el informe titulado “El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación de rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica” [4]. Este estudio presenta una propuesta de modelo de gestión de puentes para Costa Rica la cual incluye un SGP específico para el país denominado SAEP y varias publicaciones técnicas de apoyo.

El sistema de administración de estructuras de puentes de Costa Rica, SAEP, fue desarrollado para facilitar las labores del MOPT en la gestión de los puentes de la red vial nacional y para apoyar a las municipalidades en la gestión de las estructuras bajo su responsabilidad. En la Figura 3 se muestra la pantalla de inicio del SAEP en su versión de acceso remoto. Actualmente se encuentra en proceso la implementación de este sistema.

## ¿Cómo funciona el SAEP?

El SAEP funciona a partir de una base de datos de puentes existentes la cual registra la información de todos los puentes

debidamente inspeccionados [4]. En la Figura 4 se observa el diagrama que resume el funcionamiento del SAEP y enmarcado en línea punteada roja se encuentran los procesos que el mismo puede realizar a lo interno de su programación. Los procesos que están fuera de la línea son los que dependerán de la estructura administrativa que defina el MOPT.

Una vez registrada la información de inventario e inspección de los puentes, el programa informático SAEP la procesa para generar salidas de información que sirvan de apoyo para la toma de decisiones. Estas salidas de información son:

Evaluación de las deficiencias del puente: Es un proceso mediante el cual se determina el daño general de un puente a partir del deterioro observado en la inspección visual de cada uno de sus componentes.

Priorización de las reparaciones: Realiza una asignación de pesos de importancia relativa, comparando tanto la importancia de un puente sobre otro, como la importancia de encontrar daños en diferentes elementos de un mismo puente. Toma en cuenta factores como: deficiencia estructural, obsolescencia funcional, importancia de la vía y tipo de estructura.

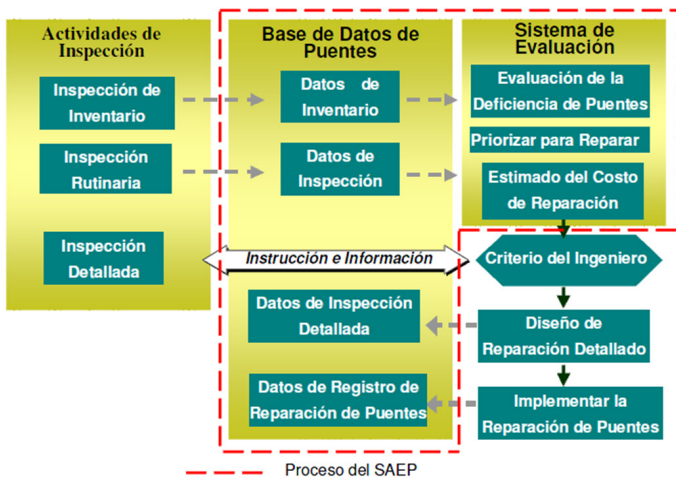
Estimación de costos para reparación de puentes: Una vez definido el tipo de reparación, el programa asocia los volúmenes, áreas y longitudes de los elementos por reparar con una base de datos actualizada de costos unitarios de materiales, para obtener así el costo total aproximado de la reparación.

La implementación del SAEP por parte del MOPT le permitirá contar con un inventario de puentes que incluya dimensiones, planos, fotografías, una base de datos histórica de inspección y un historial de reparación y rehabilitación de puentes convencionales [4]. Sin embargo, la capacidad del programa, hoy en día, es limitada y requiere ser mejorada en el corto plazo.

Figura 3. Pantalla de inicio del SAEP



Figura 4. Diagrama de funcionamiento del SAEP.



Fuente: [JICA - MOPT 2007]

El MOPT ha brindado, de manera verbal, dos razones técnicas para justificar el desarrollo de su propio sistema informático de gestión de puentes. Estas razones son: (a) existe un ahorro porque no se incurre en suscripciones anuales asociadas con el uso de un programa foráneo y (b) porque se tiene acceso a la programación del sistema informático permitiendo con ello modificar los cálculos que realiza a lo interno con la información registrada.

A pesar de que los argumentos expuestos arriba son válidos, estos no son suficientes para justificar una decisión tan importante como fue desarrollar su propio sistema de administración de puentes. Es evidente que faltó analizar las ventajas y desventajas de varios sistemas de gestión desarrollados internacionalmente y realizar

una comparación del costo-beneficio asociado con el desarrollo de un programa propio contra la implementación de uno existente. Vale la pena comentar que, al día de hoy, no existe un solo país latinoamericano que haya creado su propio sistema informático para realizar gestión de puentes.

Esta falta de justificación fue la que llevó a la Unidad de Puentes del LanammeUCR a iniciar investigaciones sobre los diferentes SGP utilizados a nivel mundial. Se tomó el informe del IABMAS [3] como referencia para identificar el estado del arte de los SGP y se determinó que uno de los referentes más importantes en cuanto a SGP de alto nivel es el SGP Pontis de los EUA, el cual se describe en la siguiente sección.

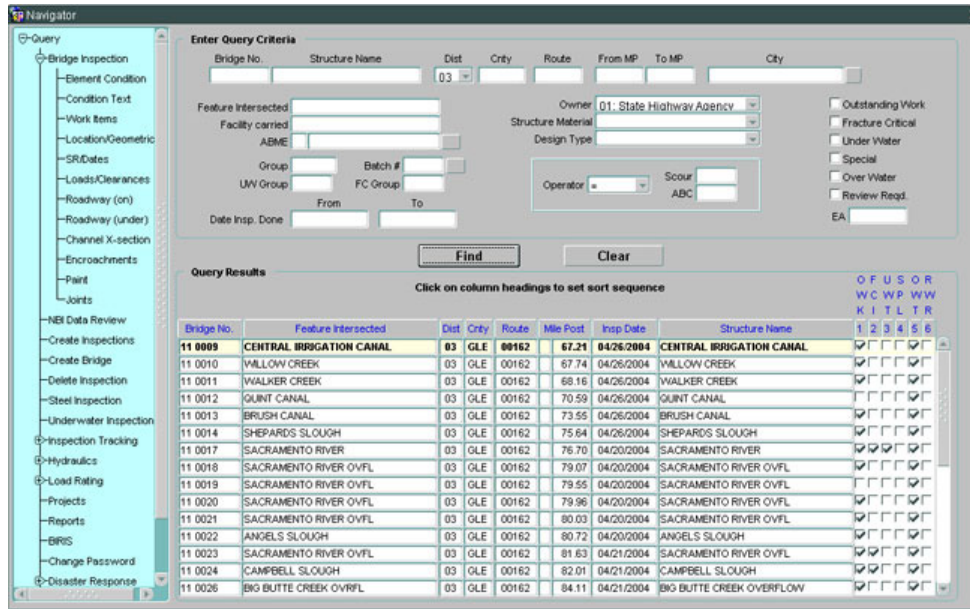
## El Sistema de Gestión de Puentes: Pontis

El sistema de gestión de puentes, Pontis, recientemente denominado AASHTOWare Bridge Management (BrM), es el programa informático o SGP utilizado por 44 Departamentos de Transporte de los EUA [6] para apoyar su labor de gestión de puentes. Ha sido desarrollado durante los últimos 20 años por la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte, conocida en inglés como la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Este sistema internacional es considerado uno de los sistemas de gestión de puentes más complejos que existen [3] y también es utilizado por múltiples agencias de transporte de países alrededor del mundo como Hungría, Italia y varias agencias australianas [2]. Este programa informático ha sido actualizado en múltiples ocasiones y tiene una gran capacidad de almacenamiento y análisis de información.



Figura 5. Pontis en su modulo de acceso remoto.



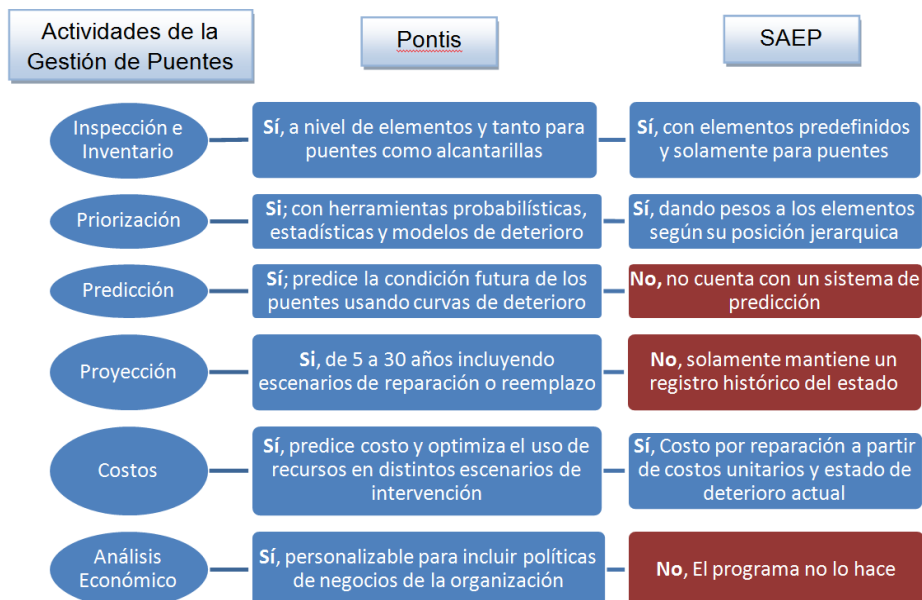
Fuente: [AASHTO 2005]

## Ventajas comparativas del Pontis con el SAEP

Algunos de los módulos que conforman al Pontis desarrollan actividades equivalentes a las del SAEP, en cuanto a concepto y objetivo. En la Figura 6, se enmarcan algunas actividades que desarrolla el Pontis en comparación con el sistema SAEP, con lo cual se evidencian algunas de las limitantes del programa informático costarricense.

Como se observa en la Figura 6, existen grandes diferencias entre estos dos sistemas. Por ejemplo, el Pontis utiliza metodologías más elaboradas para realizar las actividades que ambos sistemas realizan en común. El Pontis permite realizar la programación completa de las actividades de reparación, rehabilitación y mantenimiento de la red de puentes a lo largo del tiempo mientras que el SAEP solo permite realizar una priorización de los puentes con mayor necesidad de mantenimiento. Con la programación que realiza el Pontis se puede definir si es preferible la reparación

Figura 6. Comparativa de capacidades del Pontis y el SAEP con base en las actividades típicas de la gestión de puentes



Fuentes: [Austroads 2002, IABMAS 2012 y JICA-MOPT 2007]

o el reemplazó de un puente, y en qué año dicha intervención resultaría a un costo económico menor y con un mayor beneficio para los usuarios. Estas características más las que se resaltan con rojo en la Figura 6 no están disponibles en el SAEP y su desarrollo puede ser difícil por la falta de recurso económico y personal calificado.

Es necesario además mencionar que AASHTO ha invertido más de 6 millones de dólares a lo largo de 20 años para el desarrollo del Pontis [7], lo cual da una idea de la inversión necesaria para desarrollar un sistema de gestión de puentes.

## Experiencia de la Unidad de Puentes con el SAEP

La experiencia de la Unidad de Puentes con el uso del SAEP ha mostrado que las actividades de inventario son poco flexibles. Esto porque la información que se puede incluir está limitada por una lista predefinida de elementos, que en muchas ocasiones no corresponde a los elementos del puente inspeccionado, por lo que el inspector se ve forzado a utilizar una categoría genérica denominada "Otros". Además, el programa se limita a ciertos puentes convencionales y no considera otras estructuras tales como alcantarillas, puentes colgantes o atirantados, puentes tipo cercha, muros de retención, entre otros.

Por el contrario, el Pontis permite incluir información de cualquier componente que la entidad requiera registrar [8], pensado precisamente en que el sistema pueda considerar elementos atípicos específicos. Esto puede resultar en un análisis más representativo de la totalidad de estructuras del país.

Bajo esta perspectiva, el SAEP, en su estado actual, resulta ser un SGP muy limitado en comparación con el sistema Pontis. Las ventajas comparativas del Pontis que se han descrito lo convierten en un sistema atractivo para su posible implementación en Costa Rica. Sin embargo, es necesario evaluar más a fondo sus

capacidades, su facilidad de uso y adaptación a las necesidades del país e inclusive evaluar otros programas como el desarrollado por STANTEC para varias provincias de Canadá.

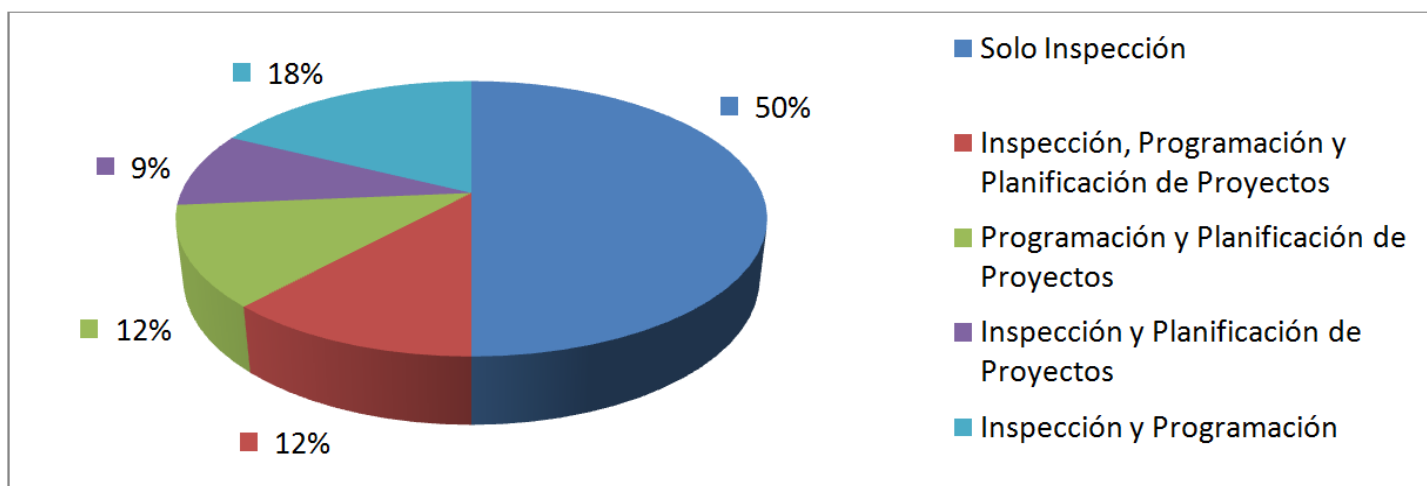
## Experiencias de entidades internacionales que adquirieron Pontis

La Asociación del Transporte por Carretera y Autoridades de Tráfico Australiano y Neozelandés (Austroads) en el año 2002, publicó un informe sobre el estado del arte de los SGP [2]. En esta publicación se menciona que los departamentos de transporte australianos que utilizan el programa informático Pontis se enfocan en utilizar, principalmente, los módulos de inventario e inspección pero no utilizan el resto de las herramientas que el sistema ofrece [2].

El uso parcial del Pontis también está presente en muchos de los Departamentos de Transporte (DOT) de los EUA. El informe de William E. Robert, et al [12] concluye que aproximadamente el 50 % de las entidades americanas solo utilizan el Pontis para la recolección de datos de inspección a través del módulo de inventario e inspección y solamente el 12 % de ellas han implementado todos los módulos que ofrece el programa (ver Figura 7). Esto por un lado demuestra que incluso un programa tan completo como el Pontis, no puede ser implementado en su totalidad si no se cuenta con personal capacitado y experimentado en administración de puentes.

El especialista en SGP, Ing. Paul Thompson [7], indica que el Pontis le permite a las entidades utilizar solo parte de los módulos disponibles en el programa, de modo que las tareas más complejas como el cálculo de prioridades o programación de actividades las hacen a partir de hojas de cálculo propias. De esta manera se aseguran el control de los cálculos y se evitan utilizar una herramienta que se convierte en una "caja negra" de la cual no conocen su forma de realizar los cálculos.

Figura 7. Funcionalidad utilizada por agencias con licencia Pontis.



Fuente: [William 2003]

Sea cual sea el motivo del uso parcial del Pontis, queda claro que toda implementación de un SGP, sea foráneo o local, debe venir acompañado de especialistas y personal capacitado trabajando a tiempo completo brindando apoyo continuo y certero para poner a funcionar el programa en el menor tiempo posible.

## ¿Le conviene a Costa Rica implementar un SGP foráneo como el PONTIS?

En la actualidad, el gobierno no ha logrado implementar el SAEP para mejorar la administración de sus puentes y es de esperar que la inversión en costo y tiempo para lograr el nivel de funcionalidad requerido vaya en aumento. El SAEP en su estado actual y en comparación con el Pontis, es un programa con una capacidad limitada y es de esperar que la inversión necesaria para convertirlo en un programa con la capacidad mínima requerida, o mejor aún, que cuente con la capacidad de un programa como el mismo Pontis, sea muy grande.

La investigación realizada a la fecha por la Unidad de Puentes sobre sistemas de gestión de puentes y considerando las limitaciones del SAEP y los obstáculos burocráticos para desarrollarlo, hacen pensar que la implementación en Costa Rica de un SGP foráneo es una idea que se debe considerar seriamente. En especial si el programa puede ser adaptado fácilmente a los requerimientos del país. La Unidad de Puentes se ha dado a la tarea de examinar varios sistemas de gestión de puentes que podrían ser implementados en Costa Rica con el fin de determinar si al país le conviene implementar un sistema desarrollado por un tercero y de fácil adaptación a las necesidades del país, en el corto plazo, y con ello mejorar el desempeño de las actividades de gestión de puentes del país.

Costa Rica no sería el único país que considere la implementación de un SGP foráneo. Varios países alrededor del mundo han adaptado programas como el Pontis y han aprovechado exitosamente sus beneficios. Como ejemplo se pueden citar a países como Irlanda, Colombia, Honduras y México; los cuales utilizan como base el sistema DANBRO para apoyar sus actividades de gestión de puentes. El LanammeUCR ya se encuentra haciendo esfuerzos para adquirir versiones de prueba y estudiar a fondo las alternativas del país en la adquisición y uso de un SGP foráneo. Entre ellos se estudian el Pontis de EUA, el DANBRO de Dinamarca y el SGP de Ontario Canadá (desarrollado por Stantec).

Por último, es necesario enfatizar que la decisión de desarrollar un programa informático propio será exitosa siempre y cuando se asuman con seriedad las responsabilidades que implican el

desarrollo y mantenimiento de un programa que va a requerir ser actualizado y adaptado a las necesidades del MOPT con el fin de mantener en buen estado el inventario de puentes de Costa Rica. No obstante, el contar con una estructura administrativa ineficiente así como la urgencia que tiene el país de contar con un programa informático que garantice un nivel de desempeño óptimo de las estructuras de puentes y una ejecución eficiente de los recursos económicos asignados a estas estructuras, hace inevitable que se busquen alternativas que doten al país de tan necesaria herramienta.

## Conclusiones

Los programas informáticos para la gestión de puentes, facilitan el registro, la organización y el análisis de los datos de inventario e inspección. Su uso traería beneficios importantes a Costa Rica si éste sistema formara parte de un modelo de gestión de puentes el cual incluya personal capacitado como ingenieros de puentes, técnicos, inspectores, informáticos, y además se cuenta con recursos económicos asignados y un departamento que ejecute los trabajos de mantenimiento, reparación y rehabilitación establecidos con criterio técnico.

La responsabilidad que conlleva desarrollar, mejorar y administrar un sistema de gestión propio, como el SAEP, obliga a la creación de un equipo de trabajo con conocimiento especializado y calificado trabajando tiempo completo para brindar el mantenimiento y las mejoras constantes al sistema.

En cuanto a los esfuerzos que realiza el país para implementar el SAEP, se debería valorar la conveniencia de implementar un sistema desarrollado por terceros como el Pontis que podría ser adaptado a las necesidades del país. Pero para ello, se requiere realizar un estudio más a fondo de éste y otros sistemas disponibles en el mercado para conocer sus capacidades, su facilidad de uso y adaptabilidad a las necesidades del país.

El SAEP o cualquier otro sistema para la gestión de puentes que pueda ser adaptado a las necesidades del país, sería una herramienta de apoyo en la toma de decisiones que vendría a beneficiar y facilitar significativamente los procesos de inspección, evaluación, mantenimiento y rehabilitación de puentes en Costa Rica, así como el uso eficiente de los recursos económicos destinados a este tipo de infraestructura. A pesar de conocer todos los beneficios que conllevan este tipo de sistemas, el gobierno no ha logrado implementar, después de 5 años, el sistema de gestión que tanto requiere el país; y aun más grave, no ha logrado implementar un modelo de gestión de puentes.

## Bibliografía

1. Austroads Incorporated. Guidelines for Bridge Management: Structure Information. Austroads. [En línea] 2004. [Citado el: 19 de Abril de 2013.] <http://www.austroads.com.au>. ISBN 0 85588 704 4.
2. Austroads Incorporated. Bridge Management Systems: the State of the Art. Austroads. [En línea] 2002. [Citado el: 1 de Abril de 2013.] <http://www.austroads.com.au/>. ISBN 0 85588 611 0.
3. The IABMAS Bridge Management Committee. Overview of existing bridge management systems. International Association for Bridge Maintenance and Safety. [En línea] 2012. <http://128.180.11.237/IABMAS/bodies/IABMAS-BMC-BMS-Report-20120717.pdf>.
4. Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA). El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación de rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica. San José : s.n., 2007.
5. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección de Puentes. Lineamientos para Mantenimiento de Puentes. Primera edición. San José : s.n., 2007.
6. American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTOWare. [En línea] <http://www.aashtoware.org>.
7. Thompson, Paul D. Congreso Infraestructura de Transporte (2° : 2013 : San José, Costa Rica). Bridge Management Systems in the USA and Canada. Bellevue, WA: s.n., 2013. Comunicación personal.
8. American Association of State Highway and Transportation Officials, Inc. Pontis Release 4.4 User's Manual. Oklahoma Department of Transportation. [En línea] Enero de 2005. [http://www.okladot.state.ok.us/pontis\\_files/Pontis4\\_User\\_Manual.pdf](http://www.okladot.state.ok.us/pontis_files/Pontis4_User_Manual.pdf).
9. Robert, William E., y otros. PONTIS Bridge Management System: State of the practice in implementation and development. [aut. libro] Transportation Research Board. 9th International Bridge Management Conference. Orlando : s.n., 2003, págs. 49-60.

## Programa de Infraestructura del Transporte - PITRA

Ing. Luis Guillermo Loría, PhD.  
Coordinador General

Ing. Fabián Elizondo  
Subcoordinador

### Unidades

#### Unidad de Auditoría Técnica

Ing. Jenny Chaverri, MScE.  
Coordinadora

#### Unidad de Materiales y Pavimentos

Ing. José Pablo Aguiar, PhD.  
Coordinador

#### Unidad de Evaluación de la Red Vial

Ing. Roy Barrantes  
Coordinador

#### Unidad de Gestión Municipal

Ing. Jaime Allen, MSc.  
Coordinador

#### Unidad de Desarrollo y Actualización de Especificaciones Técnicas

Ing. Jorge Arturo Castro  
Coordinador

#### Unidad de Puentes

Ing. Rolando Castillo, PhD.  
Coordinador

#### Unidad de Seguridad Vial y Transporte

Ing. Diana Jiménez, MSc., MBA  
Coordinadora