

# **PROPOSICIÓN DE UN SUB SISTEMA DE INFORMACION PARA EL SISTEMA DE GESTION DE PUENTES MAPRA**

**TOMAS ECHAVEGUREN N., Mg. Ingeniero Civil**

Universidad de Concepción. [techaveg@udec.cl](mailto:techaveg@udec.cl)

**MARCOS SUBIABRE A, Ingeniero Civil (E)**

Universidad de Concepción. [msubiabr@udec.cl](mailto:msubiabr@udec.cl)

**ESTEBAN ECHAVEGUREN N., Ingeniero Civil**

XI Dirección Regional de Vialidad. [esteban.echaveguren@moptt.gov.cl](mailto:esteban.echaveguren@moptt.gov.cl)

**CESAR LEON G., Dip. Ingeniero de Ejecución en Estructuras**

Universidad de Concepción. [cleon@udec.cl](mailto:cleon@udec.cl)

## **RESUMEN**

El enfoque utilizado para el tratamiento de información en el sistema MAPRA es insuficiente desde un punto de vista sistémico, por lo cual se ha ampliado el concepto desde su actual enfoque estático, hacia uno dinámico, dando origen al Sistema de Información de Puentes SIDEPA. El sistema está compuesto por una componente de adquisición de datos, almacenamiento y síntesis. En la adquisición de datos, el Inventario e Inspección son los instrumentos de mayor relevancia.

Se analiza en particular el proceso de inspección, el cual está constituido por cinco tipos agrupados en cuatro niveles. Se enfatiza la necesidad de reducir la variabilidad en la inspección visual a través del uso de elementos de apoyo, entre los cuales los más importantes son el Sistema de Numeración de Atributos (SINAT), el catálogo de daños (CODES) y el procedimiento de calificación de estado (PRECISO). Estos últimos se encuentran actualmente en desarrollo.

## **1.- INTRODUCCION**

La Región de Aysén posee una extensa y abrupta geografía con una amplia diversidad climática. Su red vial, es de aproximadamente 2700 Km., de los cuales apenas el 10 % se encuentra pavimentado. La red vial primaria consta aproximadamente de 1500 Km., y posee una densidad de puentes de uno cada 6 Km. (Vega, 1997, Subiabre, 2002).

Las condiciones geomorfológicas y climáticas de la región han determinado una morfología fluvial compleja y regímenes hídricos que varía desde el pluvial puro hasta el nivopluvial. En este escenario, el diseño y construcción de puentes es una tarea costosa pero necesaria para mantener la continuidad de la red vial regional. Así, es posible encontrar una amplia diversidad de diseños para salvar los obstáculos que significa el cruzar cursos de agua de gran anchura y regímenes de

torrente. Se conjugan elementos tales como la condición climática, la extensión territorial de la red, la necesidad de accesibilidad y la abrupta geografía, en un marco de referencia para la gestión vial en la región, en la cual las estructuras se constituyen en muchos casos en los puntos vulnerables de la red.

La gestión de estructuras no está ajena a esta referencia. Producto de la necesidad de preservar en buenas condiciones de servicio en la Dirección Regional de Vialidad (DRV) desde 1997 se ha estado trabajando en mejorar las tareas de gestión de estructuras, interés que motivó la creación de un Sistema de Gestión de Puentes denominado MAPRA (**M**antenimiento de **P**uentes de la **R**ed Vial **A**ustral).

El sistema MAPRA fue desarrollado en su marco general por Vega *et al* (1997) con el propósito de apoyar las tareas que desarrolla habitualmente la DRV. Hasta la fecha, se han ido elaborando progresivamente componentes del sistema, entre los que resalta la definición conceptual del soporte decisional (Echaveguren *et al*, 2000a), y procedimientos de cálculo de costos de los usuarios bajo un enfoque de red vial (Echaveguren *et al*, 2000b). Paralelamente, se ha avanzado en la confección de un inventario de estructuras para la red vial primaria (Vega *et al*, 1997; Subiabre, 2002) a fin de contar con antecedentes básicos para la implementación del sistema.

Un Sistema de Gestión de Puentes (SGP) se compone de tres elementos: Un sistema administrativo, una base de datos, y un soporte decisional, los cuales interactúan entre sí en diversas ventanas de tiempo. En este artículo, la atención se centra en la base de datos.

La base de datos por sí misma, no constituye un sistema, sino que más bien un “almacén” en donde se guardan los datos de inventario, inspección y evaluación que el sistema genera. Este enfoque es insuficiente desde un punto de vista sistémico, dado que operativamente existen procesos de intercambio con esa base de datos que son soportados en parte por los componentes administrativo y analítico del SGP.

Con este aspecto en vista, en una investigación reciente, se ha propuesto la ampliación del concepto desde su actual enfoque estático, hacia uno dinámico, como es el concepto de Sistema de Información (en adelante SIDEPA, Sistema de Información de Puentes).

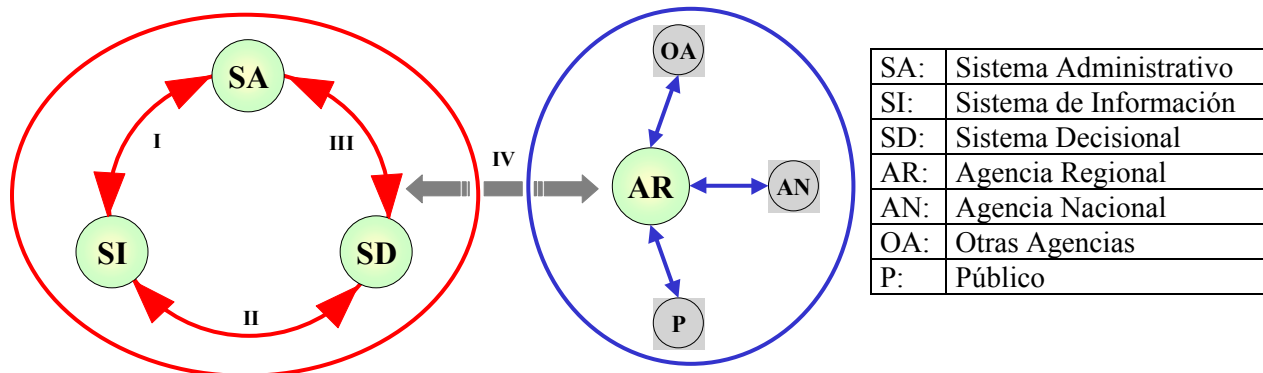
## **2.- EL SISTEMA DE INFORMACION DE MAPRA**

Un SIDEPA, se define como un conjunto de tareas que integradas entre sí, permiten realizar la adquisición, procesamiento, almacenamiento y síntesis de información. Es un sistema abierto, que permite la interacción con los otros sistemas de MAPRA y con los diversos niveles administrativos de la agencia vial regional (Echaveguren y León, 2002). Como sistema dinámico, admite almacenamiento y flujo de información, ambos sustentados sobre una plataforma que permite su tratamiento.

### **2.1.- Diagrama general**

El sistema posee cuatro tipos de flujo de información, siendo tres de ellos internos a MAPRA y el cuarto de tipo externo, como se muestra en Figura 1.

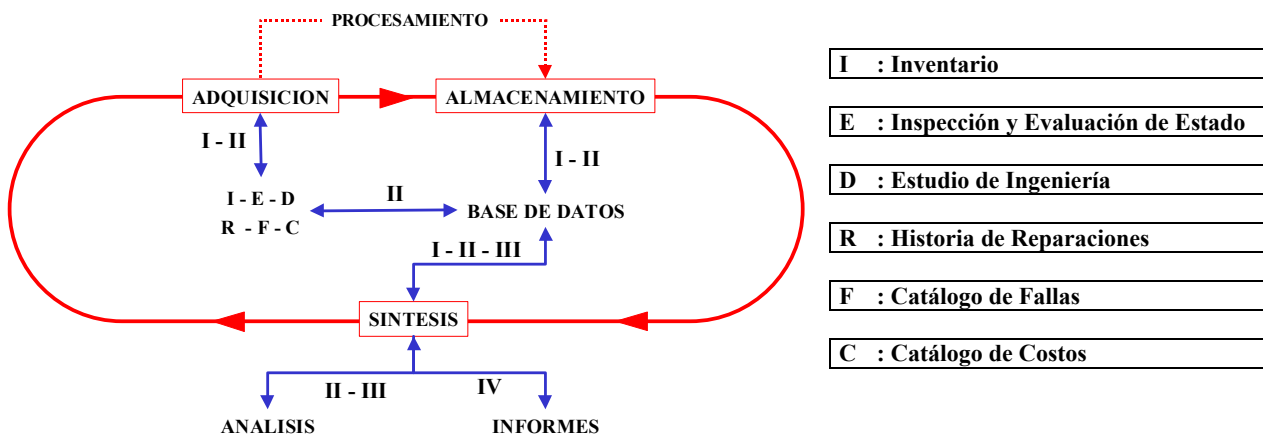
**Figura 1: Tipología de Flujos de información entre entorno MAPRA y entorno Externo**



Las relaciones tipo I, tiene que ver con flujos de información al interior de las diversas unidades que componen la agencia regional, como por ejemplo la Unidad de Ingeniería, de mantenimiento, de construcción, etc.. Las relaciones tipo II, tiene que ver con el flujo de información interpretada contenida en la base de datos desde/hacia el sistema decisional, la cual consta de todos aquellos datos que utiliza este sistema para la evaluación y diseño de estrategias de intervención. Las relaciones de tipo III, tiene que ver con los resultados parciales de evaluaciones obtenidas en el Sistema Decisional y las unidades de la agencia regional involucradas en el proceso decisional, a la manera de retroalimentación. Las relaciones de tipo IV, son externas al entorno de MAPRA. Corresponden a información con un nivel de detalle ad hoc para cada entidad externa, a fin de vincular los diversos niveles del proceso decisional entre la agencia regional y nacional, e integrar los procesos con la planificación de otras agencias del Estado; y, a la vez, incluir la participación del público en el proceso.

En tanto que proceso, un SIDEPA permite realizar las tareas básicas que son: adquisición, procesamiento y síntesis de información. En la actualidad, y debido a la existencia de una mejor tecnología, el proceso de depuración (entendiéndose este como un proceso de eliminación de errores) puede ser ejecutado en el mismo momento de la adquisición de información, especialmente en el caso de toma de datos de terreno, sean estos de inventario, inspección u otro. En la Figura 2 se muestra el proceso del sistema, relacionándolo con los tipos de flujos de información, explicados anteriormente.

**Figura 2: Flujos de información asociados a tareas dentro de MAPRA.**



En ella se muestra las diversas actividades de gestión en el marco del proceso del sistema de información. En el proceso de adquisición, las entradas al sistema están dadas por los datos obtenidos de las fuentes indicadas en Figura 2. En la etapa de Almacenamiento, los datos se almacenan en la base de datos, la cual sirve de elemento vinculante para las tareas de inventario e inspección y la síntesis de información, sea para el análisis al interior de la agencia o para la elaboración de informes hacia agencias externas.

## 2.2.- COMPONENTES DEL SISTEMA DE INFORMACION

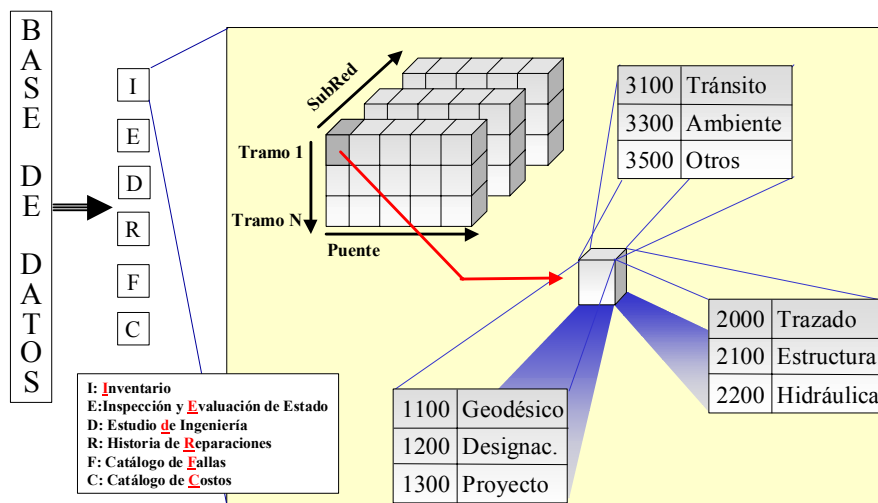
### 2.2.1.- La Adquisición de Datos

La adquisición de datos corresponde a un trabajo esencialmente de terreno, destinado a obtener la información de inventario e inspección, que permita determinar el stock y estado de los puentes de una red. La selección de técnicas para la adquisición de datos depende del nivel de eficiencia que busca obtener la agencia vial. La variedad de técnicas abarcan desde la inspección visual, la inspección visual automatizada hasta la inspección profunda con técnicas no destructivas (Elzarka *et al*, 1999). En el entorno de MAPRA, la adquisición de datos se realiza mediante técnicas de inspección visual, no descartándose complementarla con apoyo de equipos computacionales portátiles y soporte multimedial.

### 2.2.2.- El Almacenamiento de Datos

El almacenamiento de datos es un aspecto importante dentro de un sistema de información, dado que es la base de datos almacenada la que permite mediante ciclos de E/S, la operación de todo el sistema. Actualmente se ha desarrollado una plataforma computacional para el ingreso de datos de fichas de inspección, basada en MS Access. Sin embargo, la creación de un entorno para el ingreso de datos basado en Visual Basic es de mayor utilidad y flexibilidad bajo el prisma del sistema de información. En la figura 3 se muestra un ejemplo esquemático de la arquitectura de la base de datos de MAPRA. En ella se muestra el caso del Inventario de una estructura en particular, que posee un arreglo de datos tridimensional que a su vez posee vectores y arreglos de datos según el tipo de información a incorporar.

**Figura 3: Esquema del módulo de Inventario de la Base de Datos de MAPRA**  
(Adaptado de Hayter y Allison, 1999; Echaveguren y León, 2002; Subiabre, 2002).



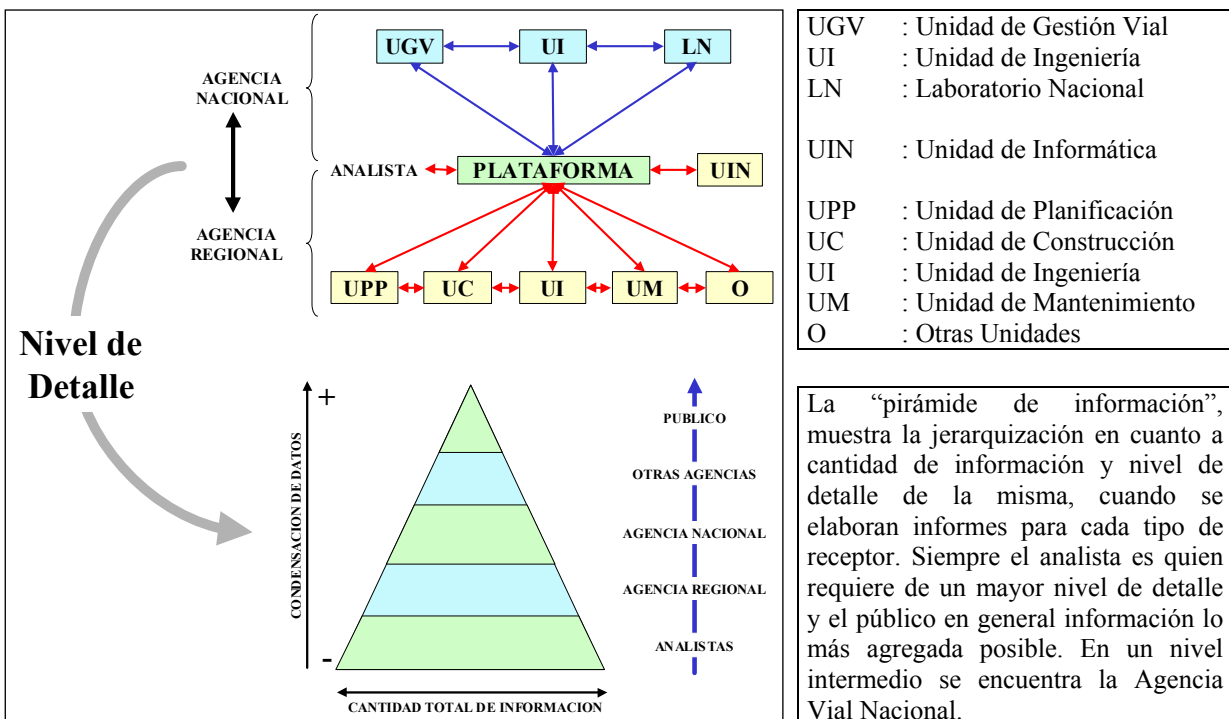
Un aspecto central que ha sido destacado por diversos autores, es el contar con un Sistema de Numeración de Atributos (SINAT) (Haque, 1997; Hearn, 1998; Hacke y Pongponrat, 2000). Este sistema, compuesto por cadenas alfanuméricas, permite no solamente identificar elementos para aplicar inspección e inventario, sino que además, facilita la creación de informes y actualizar la base de datos en forma específica en el caso de aplicar alguna intervención, y a la vez construir indicadores de calificación de estado para la evaluación. Este punto se analiza más adelante.

### 2.2.3.- La Síntesis de Información

La síntesis de información, tiene por objetivos el generar informes y elaborar una base de datos interpretada para la aplicación del SD de MAPRA. Teniendo en cuenta la tipología de flujos de información, a quién va dirigida y el propósito, es necesario diferenciar el nivel de detalle con el que se efectúa la síntesis de información.

En la figura 4 se muestra el enfoque conceptual, para el caso en donde el traspaso de información se realiza mediante una plataforma computacional, que puede ser un SIG o un entorno WEB. Se muestra la comunicación vertical entre los niveles nacional y regional y la comunicación horizontal al interior de cada nivel y el grado de detalle según el receptor de la información.

**Figura 4: Jerarquización de la Síntesis de Información.**



### 3.- LA ADQUISICION DE DATOS EN EL SISTEMA MAPRA

Bajo el concepto de sistema de información, la adquisición de datos corresponde a la actividad de recolección de información relevante para la aplicación del Sistema MAPRA. La información a recopilar, se puede agrupar según su origen en: Datos de Inventario, de Inspección; y de Proyecto (II&P). En cada caso, un elemento que estructura estas fuentes de datos en torno a un ordenamiento común, es el SINAT.

#### 3.1.- Sistema de numeración de atributos

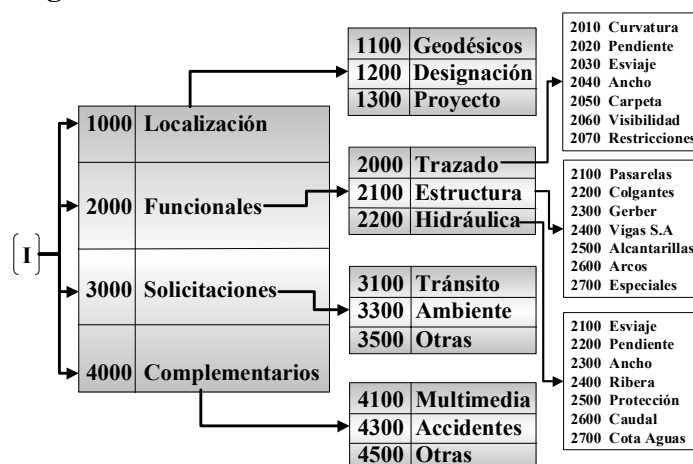
Consiste en un sistema de numeración de características de una unidad de muestreo. Tiene por objetivo proporcionar una regla común para el inventario, inspección, calificación de estado, almacenamiento y uso interno de información. Constituye el punto de partida para el diseño de un sistema de gestión (Haque, 1997; Hayter y Allison, 1999).

Para definir un SINAT, es necesario definir el sujeto en análisis. En MAPRA, se plantea una definición más amplia que la estructura misma, a fin de lograr la integración de tres elementos: El Trazado, La Estructura, El Cauce. Así, el sujeto de estudio no es la estructura en si misma, sino que todos aquellos componentes que integrados entre si proporcionan un servicio eficiente al usuario (Echaveguren y otros, 2000b).

Cada sistema de gestión posee un sistema de numeración propio. Sin embargo, no existe una gran variabilidad entre ellos. El criterio más extendido es el de clasificación elemento a elemento de la unidad de evaluación, según un diagrama de árbol que permite calificar cada elemento por separado. Este sistema es usado en PONTIS y BRIDGIT, de Estados Unidos (Thompson *et al*, 1998; Elzarka *et al*, 1999) y la Agencia de Carreteras de Inglaterra (Hayter y Allison, 1999). Una variante de este método es la inspección segmental, en la cual un mismo elemento se subdivide en elementos más pequeños para realizar una auscultación detallada (Hearn, 1998; Narasimhan y Wallbank, 1999; Ryall, 2001).

En MAPRA, se tomó como base el sistema de numeración de PONTIS, incorporando las variantes necesarias para considerar el Trazado y Cauce. El sistema considera la codificación y numeración tanto para inventario como para inspección, según el esquema que se muestra en Figura 5.

**Figura 5: Sistema de Numeración de Atributos**



### 3.2.- El Inventario

El Inventario puede definirse como un conjunto de acciones técnicas ejecutadas de acuerdo a un plan previo, que permiten obtener los datos necesarios para identificar en un instante de tiempo dado, los elementos una cierta unidad de muestreo, las solicitudes a la que está sometida, su localización y entorno (Subiabre, 2002). Se realiza tomando como referencia el SINAT (Ver Figura 5), de acuerdo a un procedimiento sistemático. El resultado inmediato del Inventario es una base de datos de identificación de cada unidad de muestreo de la red vial, que será utilizada durante el proceso de gestión.

Desde el punto de vista de la tecnología empleada, los métodos para realizar inventario pueden clasificarse en manuales y automatizados. En el primero la información se obtiene mediante el llenado de fichas de inventario, las cuales deben ser posteriormente ingresadas a algún medio computacional para su utilización en el sistema de gestión. En el segundo tipo, los datos se ingresan en terreno a bases de datos electrónicas dispuestas en un computador portátil, para posteriormente realizar el traspaso de información a un computador central. En este caso, es necesario contar con un software administrador de información, que permita realizar la interpretación de datos y actualización de la Base de Datos en el computador central (Itoh *et al*, 1997).

### 3.3.- La Inspección

La inspección puede definirse como un conjunto de acciones técnicas ejecutadas de acuerdo a un plan previo, que permite obtener los datos necesarios para conocer en un instante de tiempo dado, el estado de una cierta unidad de muestreo (Subiabre, 2002).

En un SGP, la inspección permite evaluar el estado de una unidad de muestreo en diferentes instantes de tiempo, información de relevancia para la elaboración de modelos de comportamiento de las estructuras, la predicción de costos de los usuarios, de la agencia vial y la elaboración de catálogos de fallas (AASHTO, 1993; Larsen y Holst, 1998; AUSTROADS, 2002).

Existen diversos niveles y secuencias de inspección dependiendo de la técnica, nivel de detalle, precisión y recurrencia con que se toman los datos. Cada SGP define su propia secuencia de inspección para lo cual debe establecer un manual de operaciones que permita efectuar en forma sistemática el proceso. A continuación se analizan estos puntos.

En la inspección se utilizan técnicas no destructivas para la evaluación. Puede clasificarse, según la técnica utilizada, en tres grupos: Inspección Visual (IV), Ensayos no Destructivos (EnD) y Evaluación Estructural (EE) (Moore *et al*, 2001b). La Inspección Visual es la técnica más empleada y cubre una proporción importante de los niveles de inspección empleado en los SGP (Godart y Vassie, 1999; AUSTROADS, 2002). Tiene las ventajas que es de bajo costo, de rápida aplicación y de fácil aprendizaje. En contraparte, posee la desventaja que está sujeta a una variabilidad importante dependiendo de factores humanos, ambientales, del entorno de trabajo y de la rigurosidad con que el inspector ejecute al inspección (Moore *et al*, 2001a). Esto se traduce en una variabilidad importante en la estimación de la calificación de estado de las estructuras (Moore *et al*, 2001b).

La inspección como proceso se puede agrupar en diversos niveles, que dependen del SGP que en cada caso se utilice. En la Tabla 1 se muestra una síntesis de clasificaciones homologadas a los tres niveles definidos para MAPRA (Subiabre, 2002): Rutinaria, Periódica y Especial (RP&E).

La mayoría de los SGP, emplean un grado de precisión creciente en la medida que se avance desde un nivel a otro superior. En todos los casos, la inspección visual es el punto de partida. Es necesario precisar en este punto, que la inspección visual puede estar apoyada o no por equipos de ensayo de diversa sofisticación, caso en el cual se clasifica como inspección mediante ensayos no destructivos (Moore *et al*, 2001a y b).

Tabla 1: Clasificación de Niveles de Inspección (Highways Agency, 1994; FHWA, 1998; Larsen y Holst, 1998; INVIAS, 1999; Lauridsen y Larsen, 1999; Narasimhan y Wallbank, 1999; Ornskov, 1999; MOP, 2000; Ryall, 2001; Solminihaç, 2001).

| Origen                       | Nivel de Inspección | Tipo de Inspección (1) | Homologación MAPRA (2) | Periodicidad (años) |
|------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| Highways Agency (Inglaterra) | General             | V                      | P                      | 2 a 6               |
|                              | Benchmark           | V                      | B                      | 6 a 24              |
|                              | Superficial         | V                      | R                      | no programada       |
|                              | Particular          | V/EnD                  | P / E                  | 0.5 a 12            |
|                              | Especial            | V/EnD                  | E                      | no programada       |
| PONTIS (Estados Unidos)      | Rutinaria           | V                      | R                      | 2 a 4               |
|                              | Subacuática         | V/EnD (3)              | E                      | 2 a 5               |
|                              | Daños               | V/EnD                  | P                      | 2                   |
|                              | Detallada           | EnD/EE                 | E                      | no programada       |
| RIMES (Comunidad Europea)    | General             | V                      | R                      |                     |
|                              | Principal           | V                      | P                      | no programada       |
|                              | Especial            | V /EnD                 | E                      |                     |
| DANBRO (Dinamarca)           | Rutinaria           | V                      | R                      | 15 días a 1 año (4) |
|                              | Principal           | V                      | P                      | 1 a 6               |
|                              | Especial            | V/EnD/EE               | E                      | no programada       |
| SIPUCOL (Colombia)           | Rutinaria           | V                      | R                      | 15 días a 1 año (5) |
|                              | Principal           | V                      | P                      | 1 a 6               |
|                              | Especial            | V/EnD/EE               | E                      | no programada       |
| MOP (Chile)                  | Rutinaria           | V                      | R / P                  | 1 (4)               |
|                              | Extraordinaria      | V                      | E                      | no programada (6)   |

Notas: (1) V: Visual; EnD: Ensayos no Destructivos; EE: Evaluación Estructural.

(2) R: Rutinaria; P: Periódica; E: Especial; B: Benchmark; C: Cuenca.

(3) El tipo de inspección depende del nivel de detalle. Clase I: Rutinaria; Clase II y III: Detallada.

(4) Se clasifica en Frecuente y Rutinaria. La Inspección Frecuente se realiza cada 15 días y la Rutinaria cada 1 año o ante incidentes especiales.

(5) Depende del tipo de estructura, régimen de limitación de carga; determinación especial de la Dirección de Vialidad.

(6) Inmediatamente después de eventos naturales importantes, accidentes, paso de cargas especiales.

### **3.4.- Los Estudios De Ingeniería**

Los Proyectos constituyen una fuente de información importante en los casos en que estos implican un cambio en el stock de estructura de un tramo de una red. El aumento de stock de estructuras puede deberse a la construcción de caminos nuevos, proyectos de mejoramiento o cambio de estándar que incorporan el reemplazo de estructuras, o proyectos específicos de rehabilitación o reparación de estructuras. En todos los casos, es necesario contar con planos de construcción con los cuales incorporar las nuevas estructuras al inventario o las modificaciones mayores en caso de reemplazo.

## 4.- EL PROCESO DE INSPECCIÓN DE MAPRA

### 4.1.- Niveles De Inspección

En el sistema MAPRA, se definen cinco tipos de inspección agrupados en cuatro niveles. De los cinco tipos de inspección, tres conforman el núcleo principal. Estos son: la Inspección Rutinaria, Periódica y Especial por un lado, y La Inspección *Benchmark* e Inspección de la Cuenca por otro (Subiabre, 2002). En la Tabla 2 se muestra un resumen de las características de cada uno de los niveles de inspección.

**Tabla 2: Niveles de Inspección de MAPRA (Subiabre, 2002).**

| Nivel |                  | Tipo (2)     | Periodicidad       |
|-------|------------------|--------------|--------------------|
| I     | Rutinaria        | V            | Máximo cada 1 año  |
| II    | Periódica        | V/EnD (1)    | de 1 a 5 años      |
| III   | Cuenca           | V            | Depende del Riesgo |
| IV    | <i>Benchmark</i> | V – EnD – EE | Cada 10 años       |
| IV    | Especial         | V – EnD      | Cuando se requiera |

(1) Optativa; (2) V: Visual; EnD: Ensayo no Destructivo; EE: Evaluación Estructural

La Inspección Rutinaria, se lleva a cabo en dos etapas. Una denominada Inspección Recurrente que corresponde a una inspección superficial sin periodicidad. Consiste básicamente en una revisión general que se realiza en la medida que personal de la agencia vial desarrolle tareas de carácter rutinario en el lugar. No requiere equipamiento especial. La inspección rutinaria de más largo plazo, es también superficial pero se aplica considerando los primeros niveles de codificación. Asimismo, el resultado principal es la identificación preliminar de daños, que permita priorizar una determinada estructura en la planificación de inspección de nivel II.

El ciclo de Inspección Periódica se realiza cada 1 a 3 años y es de tipo sistemática. Es decir, requiere del diseño de un proceso de inspección a nivel de sub red en el cual se diseñe un plan de inspección. Es de tipo Visual y dependiendo de la disponibilidad de recursos pueden utilizarse ensayos no destructivos. Se aplica el Sistema de Numeración de Atributos y se requiere de elementos de apoyo tales como (Subiabre, 2002): Fichas de Inspección, Catálogo de Daños; Manuales de Procedimiento y Manuales de Trabajo de Terreno. Con el nivel de detalle de éste ciclo es posible determinar si es necesario una inspección de nivel IV, si es necesario la reconstrucción, una rehabilitación inmediata o ingresar al modulo de selección de intervenciones de MAPRA.

La Inspección Especial se realiza cada vez que se necesita. En ciertos casos se requiere un mayor nivel de detalle en el estudio de elementos, motivo por el cual en algunas ocasiones es necesario aplicar criterios de inspección por segmentos de un mismo elemento. En general constituye una extensión de la inspección extraordinaria que recomienda el MOP, dado que no solamente se aplica cada vez que ocurre un incidente, sino que además en el caso que se requiera en función de la evaluación resultante de la Inspección Periódica. En este sentido, el concepto de inspección especial planteado en este trabajo, es de carácter preventivo.

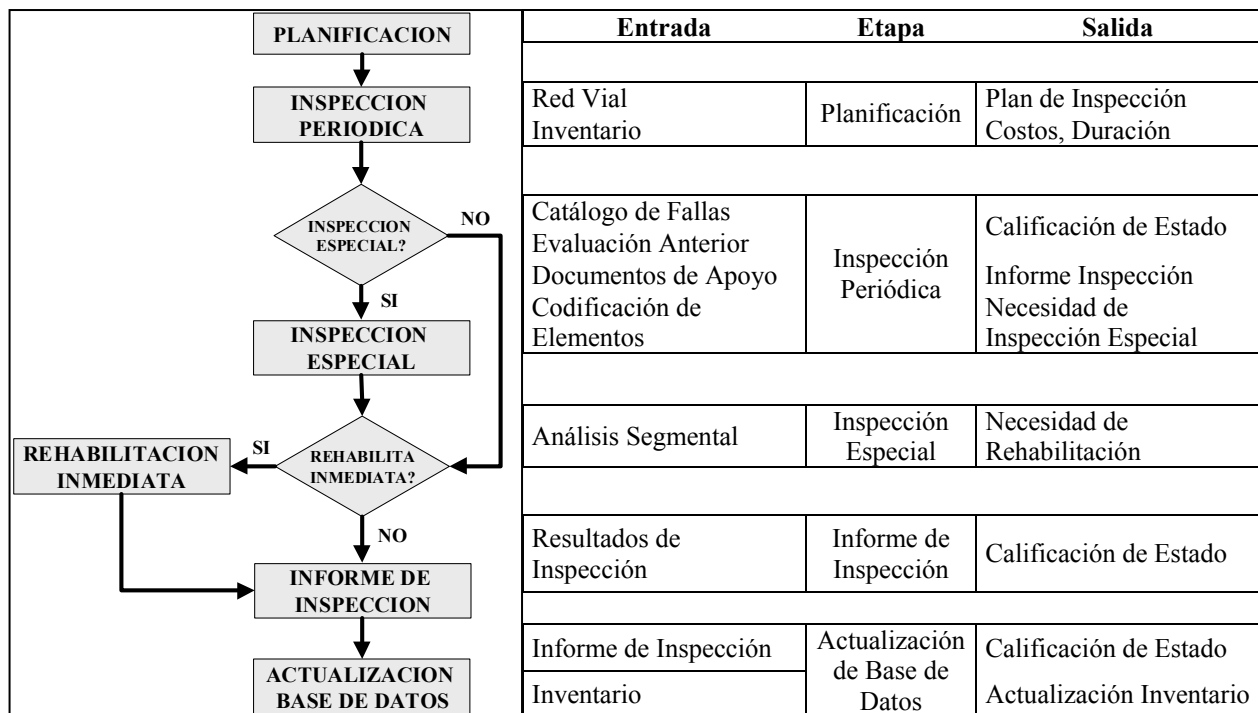
La Inspección de Cuenca y Benchmark, corresponden a complementos de la inspección. La primera, se realiza en forma esporádica en función del periodo de retorno de las crecidas de diseño o niveles de aguas máximas que revista algún tipo de riesgo, de variables climáticas y morfológicas de la cuenca. Tiene el propósito de estimar la probabilidad de movimientos en masa especialmente en época de deshielo. La Inspección Benchmark, se realiza esencialmente en estructuras especiales que no constituyen la normalidad de los puentes presentes en la Región. Dado su periodicidad y el objetivo que persigue, requiere de un nivel de detalle tal que permita diseñar intervenciones a nivel de proyecto. Adicionalmente, en el caso en que se requiera una rehabilitación mayor en cualquier tipo de estructura, debe realizarse una Inspección Benchmark.

#### 4.2.- El Proceso

El proceso de inspección utilizado en MAPRA se aplica esencialmente a la Inspección Periódica en conjunto con la Especial. Considera 4 etapas: Planificación, Inspección, Calificación de Estado e Informe de Inspección. En la primera etapa se realiza el diseño de un plan de inspección, tomando como datos de entrada la red vial jerarquizada y la base de datos de inventario actualizada. Asimismo, se realiza en cada caso la preparación del trabajo de terreno. En la segunda etapa se realiza la inspección propiamente tal según el tipo requerido; en la tercera se realiza la calificación de estado y en la cuarta, se realizan los informes de inspección y la actualización de la base de datos.

En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo del proceso con las subetapas desarrolladas en cada caso.

**Figura 6: Proceso de Inspección Rutinaria y Especial de MAPRA (Subiabre, 2002)**



#### **4.2.1.- Planificación**

Esta etapa tiene por objetivo el diseñar un plan de inspección a nivel de red para la inspección periódica. Los principales antecedentes requeridos para esta etapa son: Red o sub red vial jerarquizada y el inventario actualizado. Con estos antecedentes, se diseña un plan de inspección que incluye el programa de inspección, los costos asociados, la duración, los equipos e insumos y el personal requeridos.

#### **4.2.2.- Inspección**

Esta etapa consta de dos pasos: Preparación de Trabajo de Terreno e Inspección. El primer paso se realiza cada vez que se ejecuta una “campana” de inspección. Consta de la aplicación de listas de revisión que permiten planificar las actividades de terreno en cada día de inspección, y de la preparación de una bitácora de inspección en donde se registra antecedentes del trabajo de terreno adicionales a la inspección. El segundo paso, se realiza en sitio aplicando los procedimientos de los instructivos *ad hoc* recopilados en una guía de procedimientos de terreno y el uso de fichas de inspección. La guía de procedimientos considera: Procedimiento para fijar Kilometrajes, Procedimiento de Numeración de Elementos, Procedimiento de Inspección, Procedimiento de toma de Fotografías o Filmaciones.

#### **4.2.3.- Calificación Estado**

El objetivo de la inspección periódica puede resumirse en tres aspectos: determinar la necesidad de Rehabilitación inmediata; Determinar la necesidad de una Inspección Especial; Realizar Calificación de Estado para incluir la unidad de muestreo en la evaluación a nivel de red. Para esto, es necesario contar con un sistema de calificación de estado que permita en base a datos de inspección visual, decidir sobre una de las tres posibilidades anteriores, a través de la identificación de daños y calificación del estado asociado a ellos. Para ello, se encuentra en elaboración un **catálogo de daños (CODES)**, en donde se identifica, describe y determina forma de medir el daño en términos visuales.

La Calificación de Estado, es un proceso que permite determinar elemento a elemento cuál es el estado de deterioro en que se encuentra, y ponderar en base a la importancia relativa de cada uno de los elementos, el estado global de la unidad de muestreo. Actualmente se encuentra en desarrollo un **Procedimiento de Calificación de Estado (PRECISO)** que permite desarrollar esta etapa del proceso de inspección.

#### **4.2.4.- Informe de Inspección**

El informe de inspección está conformado por tres partes: Resumen de Inspección, con resultados globales de esta; Bitácora, con aspectos tales como duración, rendimientos, consumo real de insumos, actualización de inventario, etc. y Fichas de Inspección. Estos elementos, permiten mejorar paulatinamente el proceso de planificación de inspección y producir planes de inspección costo eficientes. También permiten sistematizar la información para su ingreso a la base de datos y para la revisión global por parte de la agencia vial.

#### 4.2.5.- Actualización de Base de Datos

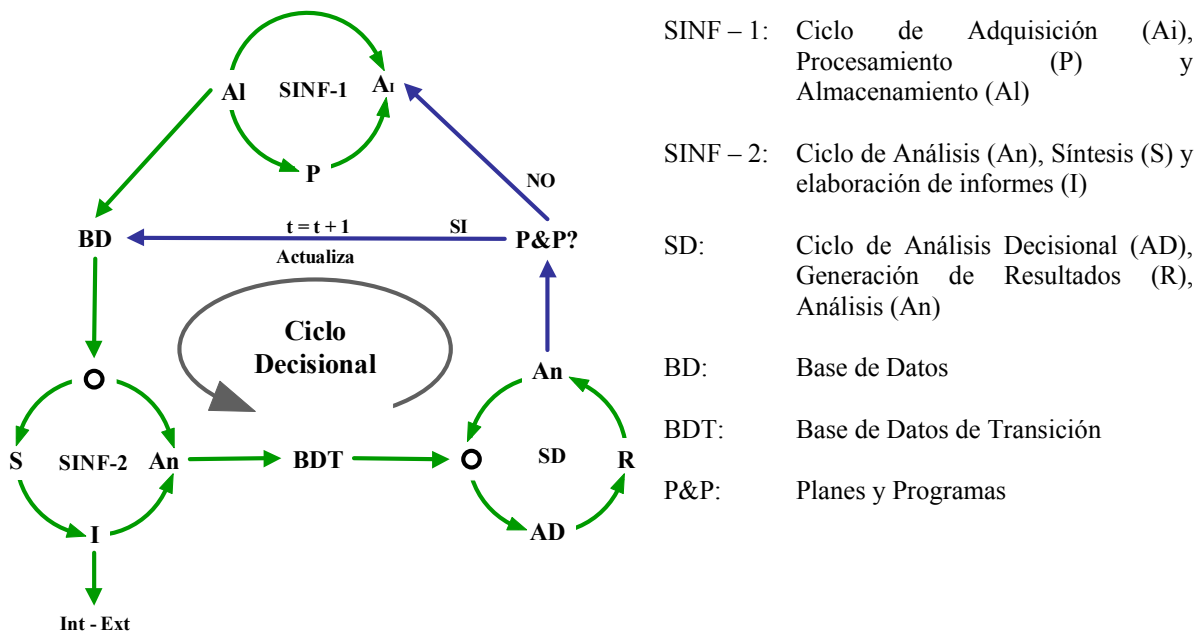
En esta etapa se realiza la actualización de la base de datos, que consiste básicamente en incluir en esta los resultados del proceso de inspección a partir del procesamiento del informe de terreno. Los datos que se actualizan pueden referirse a completar datos faltantes de inventario, resultados de la calificación de estado, entre otros antecedentes.

#### 4.3.- Integración Del Sistema De Información En La Agencia Vial

La integración del sistema de información en la agencia vial se analiza en dos etapas. En la primera etapa, se analiza los flujos de información entre el sistema de información y el sistema decisional. En la segunda, según los objetivos de cada unidad de la agencia vial, se analiza quien ejecuta cada tarea dentro del proceso de gestión.

En figura 7 se muestran los flujos de información. En ella se aprecia que existen flujos internos a cada subsistema y flujos vinculantes a través de las bases de datos inicial y de transición. Por otro lado se identifican tres procesos, de los cuales dos pertenecen al sistema de información y uno al sistema decisional. Los flujos vinculantes, se realizan a través de la entradas y salidas de datos desde las bases de datos.

**Figura 7: Flujos de Información entre Sistema de Información y Sistema Decisional**



En cada caso, las tareas de ejecución de cada uno de los procesos están radicadas en una o más de las unidades de la agencia vial. En particular, se identificaron 5 unidades que participan del proceso. La Unidad de Planificación y Estudios, encargada de ejecutar Inventarios. La Unidad de Informática, encargada de la administración de la base de datos. La Unidad de Ingeniería encargada de administrar los datos de proyecto del catálogo de fallas y las inspecciones de tipo III y IV; La Unidad de Construcción, encargada de la Inspección de Construcción y de Catálogo

de costos; La Unidad de Mantenimiento, encargada de administrar en conjunto con las inspectorías la inspección de nivel I, y II. Estas tareas específicas, permiten actualizar las Bases de Datos en los dos procesos asociados al sistema de información.

## **5.- CONCLUSIONES**

El sistema MAPRA está sustentado por tres componentes que interactúan entre sí, los que le dan el carácter sistémico. Estos son el sistema administrativo, el sistema decisional y el sistema de información. En particular, El sistema de información, ordena y amplía el concepto de Base de Datos, pasando desde un enfoque estático hacia uno dinámico en donde se establecen relaciones al interior del entorno del sistema MAPRA y hacia su exterior, estructurando y jerarquizando los diversos flujos de información. De este modo, la base de datos pasa a formar parte del núcleo de almacenamiento de información.

La estructuración de la información requiere del uso de codificación y de la extensión del sujeto de gestión. En MAPRA se ha propuesto un sistema de numeración de atributos (SINAT) que permite jerarquizar los diversos atributos de una unidad de muestreo. Asimismo, se amplió el concepto de estructura aislada hacia un concepto que integra el puente, el trazado y el cauce en un todo, denominado unidad de muestreo.

La adquisición de datos es el paso esencial para el sistema de información. Los datos provienen de diversas fuentes. En MAPRA se ha realizado una distinción de dichas fuentes, en concordancia con los conceptos de SINAT y unidad de muestreo y con la necesaria integración de las etapas de diseño, construcción y mantenimiento de puentes.

De las fuentes de información para la adquisición de datos, la que demanda mayor cantidad de recursos y costo para la agencia vial es la inspección. Debido a esto, se propusieron cuatro niveles de inspección, con lo cual es posible planificar las tareas de inspección según las necesidades de la red vial y la disponibilidad de recursos de la agencia vial.

La Inspección Visual, está presente en todos los niveles de inspección. Se ha comprobado que posee una variabilidad importante, por lo cual son necesarios elementos de apoyo tales como manuales de terreno y fichas de inspección que tienden a reducir la variabilidad de las observaciones. En la actualidad se está diseñando un catálogo de daños (CODES) y un procedimiento de calificación de estado (PRECISO) con el mismo objetivo. Considerando lo anterior, es importante además que los encargados de inspección de puentes posean una capacitación adecuada en el uso de los medios requeridos para la inspección.

La integración y aplicación del sistema de información en los otros sistemas de MAPRA, está condicionado por la estructura organizacional de la agencia vial. En la presente investigación se realizó un análisis de lo anterior, determinándose que, dados los objetivos de cada componente de la organización, se requiere de una integración de las Unidades de Planificación y Estudio, de Ingeniería, Construcción y Mantenimiento, recayendo en la primera la coordinación y administración de los sistemas de información y decisional de MAPRA.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- AASHTO. "Guidelines for Bridge Management Systems". American Association of State Highway and Transportation Officials. Estados Unidos. 1993.
- AUSTROADS. "Bridge Management Systems. The State of the art". AP-R198. Sydney. 2002.
- Echaveguren, T Cifuentes, O y Echaveguren, E. "Gestión del Mantenimiento de Puentes. Una Revisión Conceptual". VI Congreso PROVIAL 2000. 243 - 258. La Serena. 2000a.
- Echaveguren, T Cifuentes, O y Echaveguren, E. "Costos Directos de los Usuarios en Sistema de Gestión de Puentes MAPRA". VI Congreso PROVIAL 2000. 259 - 274. La Serena. 2000b.
- Echaveguren, T León C. "Proposición de un Sistema de Gestión de Infraestructura Portuaria para Aysén". Aysén Obras Portuarias. No 6, Año 4, 1 – 11. Enero – Abril. 2002.
- Elzarka, H Bell, L y Floyd, R. "Automated data acquisition for bridge inspection". Journal of Transportation Engineering, Vol 4 No 4, 258 - 262. 1999.
- FHWA. "Revision to the National Bridge Inspection Standards (NBIS)". Technical Advisory T5140.21. [<http://www.fhwa.dot.gov/legisregs/directives/techadvs/t514021.htm>]. 1998.
- Feuer, T Little, J. "Bridge Inspection". En Silano, L (Ed). "Bridge Inspection and Rehabilitation", Ch 1, 1 - 23, 1st Edition. Wiley. Estados Unidos. 1993.
- Godart, B y Vassie P. "Bridge Management Systems: Extended Review of Existing Systems and Outline Framework for European System". Deliverable D13 for BRIME Project P97 – 2220. 1999.
- Haque, M. "Uniform Bridge element identification system for database management for roadway bridges". Journal of Bridge Management. Vol 2, No 4, 183 - 188. 1996.
- Hacke, M y Pongponrst, K. "Integrated Multimedia Uniform Bridge Element Identification System Database for Bridge Inspection and Maintenance". Transportation Research Record 1697. Paper 00 – 0596. 1 – 5. 2000.
- Hayter, G y Allison, B. "Structures Management Information System (SIMS)". En Das, P (Ed.) "Management of Highways Structures". 153 - 162. 1st Edition. Ed. Thomas Telford. 1999.
- Hearn, G. "Segmental Inspection for Improved Condition Reporting in BMS". 8<sup>th</sup> TRB Conference on Bridge Management. IBMC99 - 032. B – 3. TRC 498. Denver. 2000.
- INVIAS "SIPUCOL. Sistema de Puentes de Colombia". Ministerio de Transporte. Instituto Nacional de Vías. Colombia. 1999.

- Itoh, Y Hammad, A Liu, Ch y Shintoku, Y. "Network Level Bridge Life Cycle Management System". ASCE Journal of Infrastructure Systems. Vol 3, No 1, 31 – 39. 1997.
- Larsen, E y Holst, J. "Inspection, Monitoring, and Priority Ranking of Bridges". 8<sup>th</sup> TRB Conference on Bridge Management". IBMC99 – 007. F – 3. TRC 498. Denver. 2000.
- Moore, M Phares, B Graybeal, B Rolander, D y Washer, G. "Reliability of Visual Inspection for Highways Bridges". Report FHWA – RD – 01 - 020. Estados Unidos. 2001a.
- Moore, M Rolander, D Graybeal, B Phares, B y Washer, G. "Highway Bridge Inspection. State of Art Practice Survey". Report FHWA – RD – 01 – 033. Estados Unidos. 2001b.
- MOP. "Inspección de Puentes y Estructuras". Manual de Carreteras. Vol 7, 7.204.307. Santiago de Chile. 2000.
- Narasimhan, S y Wallbank, J. "Inspection manual for bridges and associated structures". En Das, P (Ed.) "Management of Highways Structures". 121 - 129. 1st Edition. Ed. Thomas Telford. 1999.
- Ornskov, J (Ed). "Life Cycle Analysis for Bridges". Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study. Final Report. Pavement and Structure Management System. RIMES. RTD Programme. 1999.
- Ryall, M "Bridge Management". 1<sup>st</sup> Edition. Butterworth and Heinemann. Great Britain. 2001.
- Solminihaç, H de. "Gestión de Infraestructura Vial". 2a Edición. Ediciones Universidad Católica. Chile. 2001.
- Subiabre, M. "Metodología de Inspección de Puentes para MAPRA". Memoria de Título. Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción. 2002.
- Thompson, P Small, E Johnson, M y Marshall, A. "The Pontis Bridge Management System". Structural Engineering International. 4/98, 303 - 308. 1998.
- Vega, F Echaveguren, T y Echaveguren, E. "Mantenimiento de Puentes en la XI Región". Obras Públicas. Vol 24, Año 7, 28 - 36. 1999.