

PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN GENERAL Y VISUAL DE PUENTES DE HORMIGÓN ARMADO APLICADO AL CAMINO QUEBRADAS LAS VACAS – SALINAS

Ramos Huarachi Jesús Manuel ¹; Gamarra Mendoza Mario Carmelo ²; Mamani Tórrez Jairo ³

¹. Ing. Civil – Investigador Junior - Facultad de Ciencias y Tecnología – UAJMS - Tarija, Bolivia

². Ing. Civil – Docente Departamento de Obras Hidráulicas y Sanitaria – Carrera de Ing. Civil Facultad de Ciencias y Tecnología – UAJMS - Tarija, Bolivia

³. Investigador Junior – Carrera de Ing. Civil – Facultad de Ciencias y Tecnología - UAJMS - Tarija, Bolivia

Correo electrónico: ernesto-217@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo trata de una propuesta metodológica para la evaluación de patologías en puentes de Hormigón Armado, basados en una inspección visual. Si bien existen diferentes métodos propuestos por distintas instituciones, dicho análisis se lo realiza de forma cualitativa, por lo que es necesario tener conocimiento y a su vez experiencia para tomar la decisión de acciones a tomar luego de la inspección. En este trabajo se presenta una alternativa análisis tanto en forma cualitativa como cuantitativamente y de esa forma tener una idea de las acciones necesarias que se requieren en el puente en estudio. Los resultados obtenidos mediante esta propuesta de análisis no son absolutos, sino que son para mostrar una idea de las acciones a adoptar en el puente en estudio.

ABSTRACT

The present work deals with a methodological proposal for the evaluation of pathologies in bridges of Armed Concrete, based on a visual inspection. Although there are different methods proposed by different institutions, this analysis is done in a qualitative way, so it is necessary to have knowledge and experience to take the decision of actions to take after the inspection. In this work, an alternative analysis is presented both qualitatively and quantitatively and thus to have an idea of the necessary actions that are required in the bridge under study. The results obtained by this proposal of analysis are not absolute, but are to show an idea of the actions to adopt in the bridge under study.

INTRODUCCIÓN

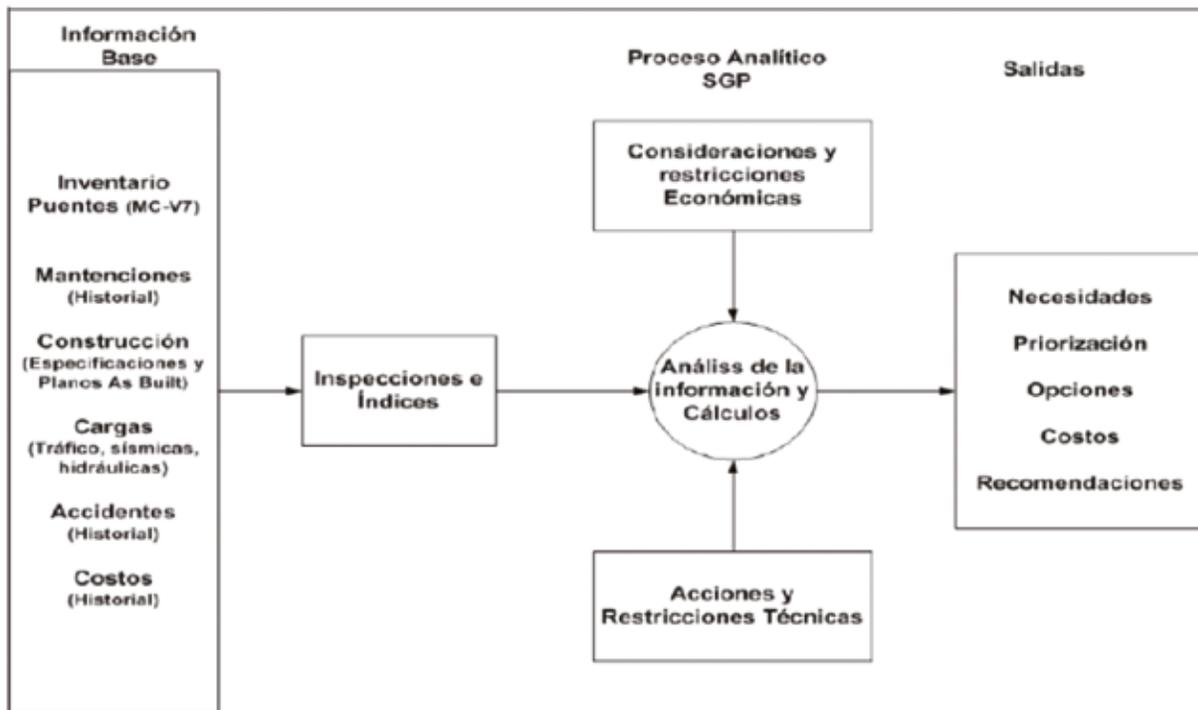
Los puentes son, junto a los túneles, las estructuras de mayor costo de construcción y mantenimiento dentro de una red vial. El mantenimiento incluye los costos directos de la ingeniería y construcción, más los costos de los usuarios y externalidades generadas por trabajos de mantenimiento. Adicionalmente, estos elementos determinan la conectividad que ofrece una red y son su principal fuente de vulnerabilidad, ya que al no estar operativos se pierde un parte importante de las posibilidades de transporte. El colapso de un puente tiene un elevado riesgo de pérdida de vidas humanas por lo que es necesario realizar la inspección para evaluar desde la formación de fisuras y grietas hasta cambios de coloración, deformaciones, descascarillamientos, aplastamientos, erosiones, hinchazones, exfoliaciones, etc.

A la hora de localizar las causas mecánicas de las lesiones estructurales, hay que tener en cuenta que éstas pueden hallarse en una acción interna o directa, que actúa sobre la propia estructura o muro; o pueden haberse producido por una causa externa al elemento estructural.

METODOLOGÍA

Método de la inspección del puente.- El sistema propuesto, de acuerdo a los elementos de un Sistema de Gestión de Puentes (SGPu) se observa en la figura 1

Figura 1: Metodología de Gestión de Puentes Propuesta



Para la elaboración de la metodología, se consideran los componentes que debe poseer un Sistema de gestión: un sistema de manejo de datos, procesos de recolección de información, índices y parámetros de gestión, un método de priorización y la elección de técnicas de conservación. Según la figura 1 se tiene

- Información: corresponde al manejo de toda la información incluida en el sistema. En este caso debe incluir la información de inventario, estructuración y estado de los puentes, inspecciones realizadas, historial de daños y reparaciones, costos, políticas de agencias y estándares exigidos, acciones de mantención y rehabilitación.
- Inspecciones e índices se utilizarán distintos tipos de inspección basados en inspección visual más un nivel de mayor detalle basado en la ejecución de ensayos y estudios detallados. La información obtenida pasa a la base de datos de las estructuras. Los índices usados en este caso entregarán un Índice combinado del Puente (IP), éste cambiará de un nivel a

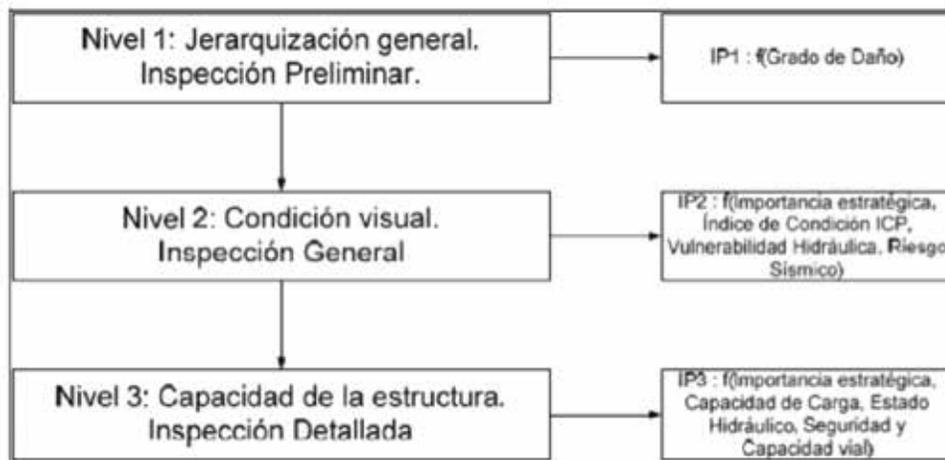
otro según la información disponible, pero en el nivel de inspección visual combina un Índice de Condición del Puente que refleja su estado de deterioro, un Índice de Vulnerabilidad Hidráulica, Índice de Riesgo Sísmico e Índice de Importancia Estratégica de la estructura. Cada índice individual será desarrollado en los capítulos siguientes.

- Análisis y cálculos: consiste en una sub metodología de toma de decisiones para priorizar inversiones en conservación. Se basa en la priorización de acuerdo al Índice del Puente.

Niveles de gestión e índice combinado del puente

Los SGPu trabajan en distintos niveles de profundidad, buscando optimizar los recursos utilizados. En este método se han desarrollado detalladamente los niveles que no requieren el uso de ensayos destructivos. Sin embargo, el sistema completo cuenta con tres niveles jerárquicamente establecidos. La Figura 2 muestra los niveles considerados.

Figura 2: Niveles de Gestión e Inspección



Cada nivel posee un índice combinado que representa el estado global del puente, según la información disponible para ese nivel de detalle.

El primer nivel es un nivel de alerta temprano basado en el Grado de Daño estimado. El Grado de Daño es una aproximación subjetiva del estado de un puente determinada anualmente por personal no experto, pero con capacitación en la detección de deterioros fácilmente visibles.

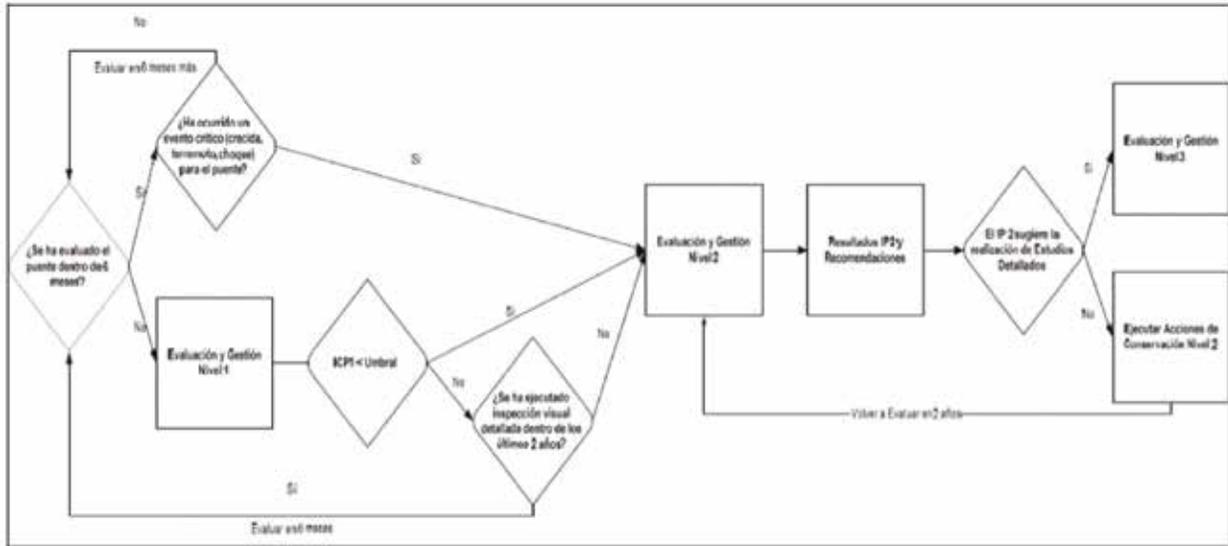
El segundo nivel se basa en la inspección general de las estructuras, a través de esta actividad, realizada cada 2 años, se determina el Índice de Condición del Puente ICP, que representa el nivel de deterioro de la estructura. Adicionalmente, se inspecciona el estado hidráulico del sistema puente-río y se determina el Índice de Vulnerabilidad Hidráulica. El análisis de las probabilidades de daño del puente por potenciales sismos nos entrega el Índice de Riesgo Sísmico y, por último, se determina el Índice de Importancia Estratégica para cada puente. La combinación de esta información permite obtener el IP2, que prioriza estructuras para estudios más

detallados y recomienda acciones de acuerdo al estado observado. Debido a que gran parte del desarrollo se centra en este nivel, el sistema se bautizará como GEPUBIV sistema de Gestión de Puentes Basado en la Inspección Visual.

El tercer nivel considera estudios desarrollados por expertos en áreas específicas como tecnología de materiales de construcción, hidrología, análisis sísmico u otro, según los problemas detectados previamente. Este nivel no está diseñado para aplicarse de manera masiva, sólo ante eventos o detección previa de problemas.

La combinación de estos índices generarán los IP de cada nivel de gestión. El uso de cada nivel de gestión se puede activar por un resultado preocupante al realizar un análisis en un nivel previo, por el paso del tiempo y la necesidad de actualizar la información disponible o por la ocurrencia de algún evento natural que revista un daño mayor a las estructuras como un terremoto o el rebalse de un río. En la Figura 3 se muestra el diagrama de flujo del sistema desarrollado.

Figura 3: Modelo de Activación de Niveles de Inspección



Para el nivel de inspección visual el IP se calcula según:

$$IP = -1,411 + 1,299ICP + 0,754VH + 0458RS - 0,387IE$$

Sujeto a la restricción: IP mayor o igual a 1.

Donde:

- **ICP:** Índice de Condición del puente. Se evalúa según los resultados de inspección visual segmentada.
- **VH:** Vulnerabilidad Hidráulica. Se evalúa según inspección visual.
- **RS:** Riesgo Sísmico. Se calcula de acuerdo a la amenaza del lugar y el posible nivel de daño que sufre el puente ante esa amenaza.

- **IE:** Importancia Estratégica. Se calcula de acuerdo a características geométricas y funcionales del puente.

Cálculo del índice de condición del puente (ICP)

El ICP es un indicador cuantitativo del estado del puente en un momento determinado, es análogo al Grado de Daño, pero con mayor información. El ICP sirve como un primer indicador para priorizar puentes dentro de una red.

Para el cálculo del ICP, cada elemento recibirá una calificación en términos de cinco condiciones de estado actual. Las condiciones de estado posibles son las que se observan en la Tabla 1.

Tabla 1: Condición de los Elementos de un Punte

Condición del Elemento		Descripción
1	Peligroso	Deterioro avanzado y pérdida de sección efectiva. No se puede asegurar la integridad de la estructura, existe riesgo de colapso del elemento.
2	Malo	El elemento tiene un nivel avanzado de deterioro. Presenta un riesgo real para la estructura y los usuarios. Según el material: <ul style="list-style-type: none"> • Acero: grietas de fatiga y pérdida importante de sección. • Hormigón: agrietamiento severo o pérdida de recubrimiento de armadura. • Madera: rajaduras, aplastamiento o degradación importante. • Albañilería: agrietamiento severo, pérdida de alineamiento.
3	Regular	Los deterioros presentan deterioros que puedan estar afectando la capacidad del elemento y la serviciabilidad que entrega. Comienza a existir riesgo para los usuarios. Según el material: <ul style="list-style-type: none"> • Acero: corrosión general, grietas de fatiga sin afectar zonas críticas. • Hormigón: agrietamiento general, pérdida de recubrimiento o de laminación moderada • Madera: rajaduras generales, aplastamiento moderado. Defectos superficiales. • Albañilería: Grietas generales.
4	Bueno	El elemento presenta deterioros menores. Defectos superficiales no involucran pérdida de sección y una pérdida mínima de resistencia No afecta la serviciabilidad. Según el material: <ul style="list-style-type: none"> • Acero: corrosión menor sin pérdida de sección • Hormigón: grietas no estructurales. Otros defectos aislados • Madera: rajaduras aisladas. • Albañilería: agrietamiento menor.
5	Como nuevo	El elemento presenta poco o ningún deterioro. Grietas superficiales o defectos superficiales que no afecten la resistencia y serviciabilidad del elemento

Para calcular el ICP de un puente se debe considerar tanto los elementos que aportan capacidad estructural como los que afectan sólo la serviciabilidad y seguridad, ponderando la importancia de cada uno para la estructura, enfatizando los que revisten un mayor peligro para el puente. El ICP considera el estado de los diferentes elementos de un tipo, el aporte a la estabilidad global del elemento y propensión a fallas de los diversos materiales que pueden conformar un puente. EL ICP se calcula de la siguiente manera:

- Se determina el Índice de Condición del Elemento (ICE) para cada elemento.
- Cuando un puente presente diversos elementos del mismo tipo, por ejemplo varias pilas, se deberá seleccionar como índice

representativo de ese tipo de elementos al peor calificado de ellos.

- El ICP del puente se calcula ponderando los índices de cada elemento según su importancia en la estabilidad y seguridad de la estructura. Para esto se adaptará la metodología propuesta por la agencia de carreteras de Australia (Austroads, 2004)
- Se utilizan los pesos ponderados de cada elemento
- Cada peso ponderado de elemento se multiplica por un factor determinado por el material que compone el elemento. El factor refleja la vulnerabilidad del material y el tipo de falla que puede presentar un elemento de ese material. Los factores por material se observan en la siguiente tabla 2:

Tabla 2: Factor de peso por material del elemento

Tabla de Factores por material	
Material	Factor
Hormigón pre o postensado	1
Hormigón armado tradicional	2
Acero	3
Madera	4
Otro	1,5

Para calcular el ICP de cada puente se utiliza la siguiente expresión:

$$ICP = \frac{\sum_{i=1}^n ICE_i * w_i * m_i}{\sum_{i=1}^n w_i * m_i}$$

Donde:

- ICE: Índice de Condición del Elemento.
- w: Peso ponderado del elemento dentro de la estructura.
- m: Factor por el material del elemento.

Cálculo del índice de vulnerabilidad hidráulica

La inspección visual es una manera económica y rápida de obtener información sobre el estado de la vulnerabilidad de un puente. La inspección permite obtener información del entorno, el puente y el canal a través de la observación de patrones de flujo, marcas de crecidas anteriores y de elementos que denoten la socavación.

Los principales elementos que se deben considerar para una inspección hidráulica en terreno son (Woodward, 2000) (DICTUC, 2006):

- Forma del río: tal como se indicó anteriormente se relaciona con la estabilidad de la posición del flujo y posibles cambios de dirección.

- Ángulo de ataque: define el potencial de socavación adicional por problemas de ubicación en el encuentro del río con el puente.
- Riberas: las riberas determinan la posibilidad de arrastre de material y socavación. Se debe observar la estabilidad, presencia de elementos de protección y el tipo de suelo si se puede.
- Planicies de inundación: su presencia se asocia a las posibilidades de aumento del nivel de agua ante crecidas. Se debe observar si existen planicies de inundación bien definidas que aumenten la sección del canal ante estos eventos.
- Presencia de desechos en el lecho: son obstáculos al flujo restringiendo la sección con el respectivo aumento de nivel o velocidad. También evidencian el transporte de material por parte del río.
- Disminución de sección por parte del puente: se debe observar el estado de las aberturas de escurrimiento y el efecto de la pérdida de sección en las condiciones de flujo
- Tipos de pilas y socavación: las pilas deben cumplir los criterios de diseño enunciados previamente. Se debe observar su orientación y forma. Se debe tratar de calificar el nivel de socavación en las pilas de los puentes.
- Socavación del lecho: se debe observar el efecto de socavación local o general en el lecho bajo el puente y en las zonas contiguas.
- Evidencias de impacto y abrasión: tanto en la subestructura como en la superestructura.
- Evidencias de altura de agua alcanzada: se deben observar restos de elementos vegetales o marcas del nivel de agua en el puente para determinar la altura alcanzada por el agua en crecidas anteriores.
- Condiciones aguas arriba y aguas abajo: ver características generales del flujo como cambios e velocidad, turbulencias y cambios de niveles de agua.

Tabla 3: Calificación de las condiciones del canal

Calificación	Descripción de la condición del canal y el flujo
5	Las riberas y el canal no presentan erosión y están protegidos. Las estructuras de protección se encuentran en excelente estado. Pocos desechos. El flujo bajo el puente es normal, sin mayores obstáculos ni aumentos en el nivel de agua.
4	Evidencias menores de erosión o depósito de materiales. Erosión de las riberas y el canal son menores. Escasos desechos en el canal. El nivel de agua no se aproxima al tablero sin problemas para el tráfico ni generando daños.
3	El depósito y erosión de materiales es moderado. Existe erosión leve en las riberas y elementos de protección. Los desechos causan problemas menores y deben ser removidos. El nivel de agua ha alcanzado niveles cercanos al tablero.
2	Ocasionalmente el nivel de agua ha alcanzado el nivel crítico del tablero y causado retrasos o riesgos al tránsito. Se han generado daños por las crecidas.
1	Frecuentemente las crecidas llegan al nivel crítico de la superestructura causando riesgo para el tráfico. El puente presenta marcas de daños importantes debido a las crecidas.

Tabla 4: Calificación de la socavación
(Adaptado de MDOT, 2007)

Calificación	Descripción de la condición del canal
5	No existe socavación o es muy poca. No hay riesgo de falla.
4	Socavación localizada menor. Existe bajo riesgo de falla por este concepto.
3	Se observa socavación moderada. El aumento de la socavación pondría en riesgo a la estructura por lo que se deben tomar medidas y realizar estudios más detallados.
2	Existen evidencias de socavación general o socavación localizada grave. Existe riesgo para los usuarios. Se deben tomar medidas para contrarrestar este efecto.
1	El nivel de socavación es crítico. La inspección indica que existe socavación extensiva en una o más fundaciones poniendo en riesgo a los usuarios. Se requieren acciones inmediatas.

Una vez realizada la calificación del estado hidráulico siguiendo ambas escalas se debe definir la vulnerabilidad hidráulica general del puente. La vulnerabilidad hidráulica general será la menor de las dos calificaciones del puente, ya que la falla de la estructura se puede producir por cualquiera de los dos factores.

Cálculo de la importancia estratégica

La IE debe ser un elemento diferenciador entre estructuras que se encuentren en similares condiciones estructurales al momento de asignar fondos para mantenimiento, rehabilitación o mejora de estándar.

Para determinar la IE se ha desarrollado un índice multivariable. Las variables incluidas en este índice se determinaron en base a la recopilación del conocimiento experto de profesionales del área. Este índice pondera la importancia de cada factor que compone la IE, la ponderación se realiza en base a pesos ponderados según la opinión de expertos. Cada variable es calificada con una nota de acuerdo a una apreciación cuantitativa o cualitativa. Las notas por cada variable varían de 1 a 5, siendo 1 el caso donde el puente reviste menor importancia y 5 el de mayor. Se propone un

Índice que conjuga las siguientes variables:

- **Existencia de rutas alternativas:** el análisis de rutas alternativas se realiza según las perturbaciones al tránsito normal que significa la limitación del uso del puente.
- **Tránsito:** se estima a través del TMDA. Esta variable, junto a la anterior, es un representante de los costos de usuario a nivel agregado. La rentabilidad de un proyecto a nivel de costo social tiene como principal parámetro el TMDA de la vía.
- **Entorno socioeconómico:** representa el medio social en el que se encuentra la estructura de acuerdo al tipo de locación geográfica en que se encuentra.
- **Ancho del puente:** se evaluará las condiciones geométricas del ancho del puente frente a la funcionalidad que otorga.
- **Largo del puente:** se evalúa el largo del puente, basados en el principio de que un puente más largo reviste mayor importancia debido a un mayor costo y a las dificultades ante un proceso de reconstrucción o de alternativas para sortear el obstáculo si el puente pierde funcionalidad.
- **Restricciones de peso:** se considera más importante un puente que está exento de limitaciones al paso de vehículos pesados a uno que si las posee debido a las posibilidades de transporte de mercaderías.

$$IE = 0,261 * Ae + 0,206 * TMDA + 0,193 * Ese + 0,093 * An + 0,133 * L + 0,114 * R$$

Donde:

Ae = Alternativas existentes.

TMDA = Calificación según Tránsito Medio Diario Anual.

Ese = Entorno Socio-económico.

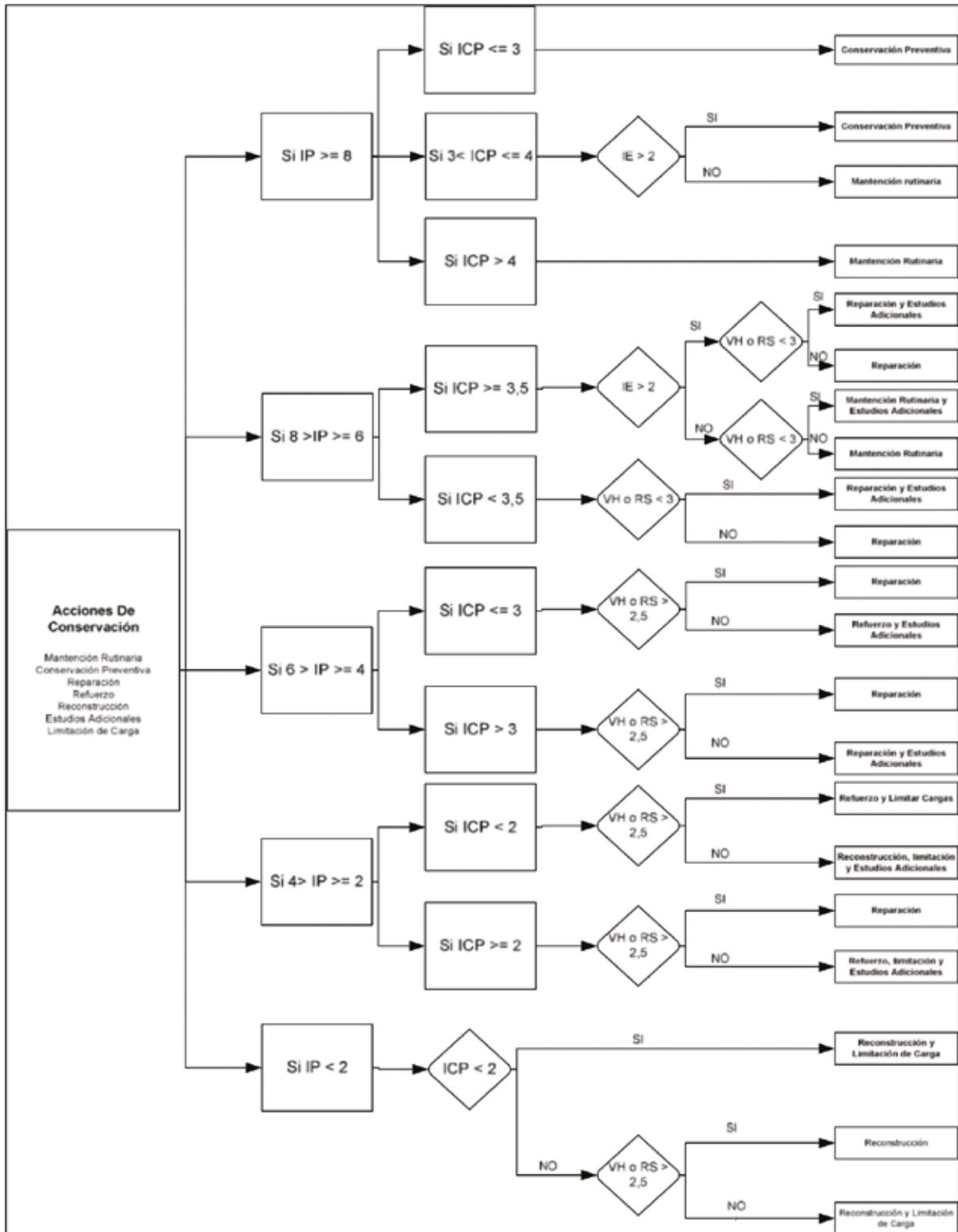
An = Evaluación del ancho del puente.

L = Largo del puente.

R = Restricciones de paso.

ASIGNACIÓN DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Figura 4: Árbol de asignación de acciones de conservación



Basados en la priorización y los índices que entregan una imagen del estado del puente se deben recomendar acciones a seguir a nivel agregado. Se consideran las siguientes posibles acciones sobre la oferta:

- Hacer nada: el estado actual del puente no amerita ejecutar acciones de mantención y/o reparación.
- Mantención rutinaria: es la mantención llevada a cabo regularmente durante la vida de la estructura. El tipo de mantención depende del tipo de estructura pero suelen ser limpieza de juntas de expansión y drenaje de la estructura, renovación de la pintura anticorrosión de los elementos metálicos, barreras de seguridad e iluminación del puente.
- Conservación preventiva: corresponde a actividades de conservación menores: sello de grietas, reparación de barandas que no tienen como fin devolver capacidad a la estructura, pero sí prevenir que siga perdiéndola o disminuir la tasa de deterioro.
- Estudios detallados: es la base del sistema de gestión escalonado. La salida de un nivel de gestión puede ser recomendar la ejecución de estudios correspondientes a un nivel superior de detalle.
- Reparación: corresponde a actividades para recuperar la capacidad original perdida debido a deterioros que están afectando la resistencia o funcionalidad del puente.
- Refuerzo: son actividades de conservación orientadas a recuperar la capacidad del

puente y aumentarla respecto al estándar original para evitar que recupere el estado de deterioro actual.

- Reconstrucción: consiste en el reemplazo de la estructura por una de mayor estándar o de estándar similar cuando los deterioros impiden recuperar la actual de manera económica.

Sobre la demanda se pueden recomendar las siguientes acciones:

- Limitación al paso de carga: consiste en limitar el tránsito de vehículos pesados cuando no se puede asegurar la integridad de la estructura ante su circulación.
- Estudios detallados sobre la demanda: se puede recomendar estudios más profundos sobre el tránsito, limitaciones de paso u otro.

La asignación de acciones se basa en un criterio técnico, ya que no se cuenta con información necesaria para cuantificar los costos detallados, lo que se debe realizar a nivel de proyecto.

PLANILLAS DE INSPECCIÓN Y METODOLOGÍA

Para la elaboración de la metodología, se consideran los componentes que debe poseer un sistema de gestión: un sistema de manejo de datos, procesos de recolección de información, índices y parámetros de gestión, un método de priorización y la elección de técnicas de conservación.

FICHA DE INDICE DE CONDICION DEL PUENTE											
PUENTE		N°									
UBICACIÓN											
Tipo de daño y evaluación del grado de daño											
Ítem	Evaluación	Ondulación	Surcos	Agrietamiento	Baches				mi	Pond.	ICE Tipo
Capa de rodadura	Evaluación										
Viga de Concreto	Ítem	Grietas en una dirección	grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Acero de refuerzo	Nidos de piedra	Eflorescencia				
	Evaluación										
Losa	Ítem	Grietas en una dirección	grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Acero de refuerzo	Nidos de piedra	Eflorescencia	Agujeros			
	Evaluación										
Estribos	Ítem	Grietas en una dirección	grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Acero de refuerzo	Nidos de piedra	Eflorescencia	Perdida del talud			
	Evaluación										
	Ítem	Inclinación	Socavación								
	Evaluación										
Baranda (concreto)	Ítem	Agrietamiento	Acero de refuerzo	faltante							
	Evaluación										
Baranda (acero)	Ítem	Deformación	Oxidación	Corrosión	faltante						
	Evaluación										
Señalización vertical	Evaluación										
CALCULO ICP											
ICP ESTRUCTURA											
ICP SUBESTRUCTURA											
ICP SUPERESTRUCTURA											
ICP COMPLEMENTARIOS											

INSPECCION DE PUENTES (FOTOGRAFIA)									
NOMBRE DEL PUENTE		LOCALIDAD		DEPARTAMENTO PROVINCIA		N° DE PUENTE			
TIPO DE PUENTE		UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN			
UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN			
NOTA		NOTA		NOTA		NOTA			
UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN			
NOTA		NOTA		NOTA		NOTA			
UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN			

FICHA DE INSPECCIÓN HIDRÁULICA					
DATOS DE LA ESTRUCTURA					
Punto GPS:	Río:	Largo Puente:			
Inspector:		Fecha:			
EVALUACIÓN DE ELEMENTOS					
Forma del Río:					
Estado de las Riberas:					
Planicies de Inundación:					
Presencia de Desechos:					
Altura de Aguas:					
Condición Aguas Arriba-Abajo:					
Tipos de Pilas:					
Ángulo de Ataque:					
Disminución de Sección:					
Evidencia de Impacto y Abrasión:					
Socavación del Lecho:					
Socavación de la Estructura:					
CLASIFICACIÓN DEL ESTADO HIDRÁULICO					
Condiciones del Canal	5	4	3	2	1
Socavación	5	4	3	2	1
Vulnerabilidad Hidráulica	5	4	3	2	1
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES					

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN GENERAL

Para la ejecución de la inspección general se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Corroborar que se tienen los elementos fundamentales para la inspección.
- Planificar la ruta a realizar, chequear accesos a puentes y zonas de detención posibles.
- Estacionar el vehículo de forma segura en la berma u otra zona. De ser posible dejar un cono de seguridad vial advirtiendo el peligro.
- Definir zona de acceso al puente y su subestructura.
- Medir longitud y ancho del puente y registrar su ubicación.
- Medir deterioros de la cubierta y elementos complementarios ubicados en superficie.

- Acceder a la zona inferior del tablero y subestructura cuidando utilizar los implementos de seguridad requeridos según sea el acceso.
- Medir y registrar condiciones y deterioros de la subestructura y zona inferior del tablero.
- Asegurarse de contar con fotografías generales del puente lateral, superficie en ambos sentidos, curso hidráulico aguas abajo y aguas arriba.
- 10. Una vez registrados todos los deterioros calificar cada elemento y verter la información en la ficha Resumen de Inspección General.

RESULTADOS

Aplicando el método de análisis propuesto se obtuvieron los siguientes resultados con los cuales se ingresó a la figura 4:

Tabla 5:

PUENTE	ICP	VH	RS	IE	IP	Acciones de Conservación
1	3.4	4	4	3.072	6.665	Reparación
2	2.538	2	4	3.072	4.037	Refuerzo y estudios adicionales
3	3	4	4	3.072	6.145	Reparación
4	2.4	2	4	3.072	3.858	Refuerzo, limitación y Estudios adicionales
5	3	4	4	3.072	6.145	Reparación
6	2.4	3	4	3.072	4.612	Reparación
7	3	1	4	3.072	3.883	Refuerzo, limitación y Estudios adicionales
8	2.6	1	4	3.072	3.364	Refuerzo, limitación y Estudios adicionales
9	2.538	2	4	3.072	4.037	Refuerzo y estudios adicionales
10	3.538	3	4	3.072	6.090	Reparación y estudios adicionales
11	3.231	3	4	3.072	5.691	Reparación
12	3.538	2	4	3.072	5.336	Reparación y estudios adicionales

CONCLUSIONES

- Se realizó la inspección visual de cada elemento del puente. Elementos inspeccionados: Losa principal, Estribos, Fundaciones, Accesorios y Juntas.
- La losa principal de todos los puentes inspeccionados eran de hormigón armado, Los estribos estaban constituidos de hormigón excepto un puente que sus estribos son de mampostería de piedras y las barandas son de acero galvanizados elementos para los cuales no se aplicó esta metodología.
- Los puentes presentan patologías severas en los diferentes elementos estructurales tanto en las

superestructuras, subestructuras y fundaciones, debido en varios casos a la acción erosiva del río o quebrada, descascamiento de la losa del puente en algunos casos se puede observar que la armadura principal de la losa está sometido al intemperismo.

- Se determinó que existen tres puentes (4, 7 y 8) con patologías muy severas que requieren una atención más cuidadosa en su estructura ya que presentan índices próximos a 2.5 de la condición estructural del puente.

La condición estructural del puente se califica de 1 a 5. 5 significa que la estructura esta como nueva y 1 es un estado de peligro para los usuarios y requieren reparación con urgencia.

- El puente que presenta patologías críticas es el puente "8", debido a la alta vulnerabilidad hidráulica y condición de la estructura de sus fundaciones que presentan erosión de las mismas. Este puente representa un peligro para los usuarios por lo que se debe tomar las acciones correspondientes.
- De acuerdo a la inspección visual realizada y para la asignación de acciones a realizar se obtuvieron las opiniones de distintos ingenieros entendidos en el área, de los cuales se obtuvieron las siguientes opiniones:

Para los puentes 4, 7 y 8 Se recomienda limitación de carga (17%), estudios adicionales (17%), reparar (17%) y reforzar (29%) y reconstruir (20%) por tener IP entre 2 y 4.

Para los demás puentes Se recomienda mantención rutinaria (11%), estudios adicionales (27%), reparar (38%) y reforzar (14%). Por tener IP entre 4 y 6.

RECOMENDACIONES

- Los diferentes métodos de inspección visual muestran resultados más cualitativos que cuantitativos que no permiten determinar con más precisión las condiciones de los puentes por lo que se ve necesario la calificación de estas mediante valores de acuerdo al estado actual en la que estas se encuentran.
- Para realizar la inspección visual de cada elemento del puente se debe conocer previamente el tipo de material para conocer que patologías se van a presentar y así preparar planillas de inspección más eficientes.
- En el estado actual del conocimiento, no es posible evaluar con precisión la vida residual de los puentes en el caso de un análisis más profundo debido a un deterioro significativo. Es sólo un asunto de criterio de ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

- Dirección general de Carreteras – Gobierno de España (2012) Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado
- SEDANO G. y Parra S. (2011) - Desarrollo de Una Metodología para la Evaluación del Estado de Puentes Existentes –Pontificia Universidad Javeriana – Facultad de Ingeniería
- GRATTESAT G. (1978) Traducido por Fernando Baquedano - Vida Útil de Puentes
- VALENZUELA S. (2008) -Metodología de gestión de puentes a nivel de red basada en inspección visual – Pontificia Universidad Católica de Chile
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2007) - Manual de Inspección de Puentes
- Universidad de Cauca (2001) - Inspección de Puentes
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires – Dirección de Vialidad (2007) - Manual para inspecciones rutinarias de puentes y alcantarillas en servicio