



Stella Grijalba Lancheros

Ingeniera Civil, Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia Tunja
stellagrijalba@hotmail.es

Fuente Fotográfica: http://lb4.ggpht.com/bsapou/SDpFH9HkAAAAAABHQ/V_5QApk-7U/Construyendo.jpg?imgd=1

Rehabilitación Puente Sobre el Río Súnuba

Vía Guateque- Guayatá, Departamen-
to de Boyacá

RESUMEN

El presente artículo es el resultado de una investigación llevada a cabo en el segundo semestre del año 2009 y el primer semestre de 2010. Se hizo una inspección visual detallada de todos los elementos de la estructura del puente, se efectuaron estudios de suelos junto a los estribos, topográficos del sector y a la estructura, ensayos químicos, de penetración y levantamiento de cada una de las piezas de la estructura. Se determinó la naturaleza y extensión de los daños, grietas, fisuras, flechas y grado de corrosión de la estructura y de la placa. Se hizo el estudio de profundidades de carbonatación de la infraestructura y de la placa y el grado de socavación de la cimentación, luego se propuso un reforzamiento de la estructura metálica, para lo cual se llevó a cabo el diseño correspondiente. Finalmente, se recomendó colocar un muro en bolsacreto a la cimentación para protegerla de la socavación y construir una nueva placa, diseñada de acuerdo con los requisitos del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP-95), a partir de la reparación de las vigas, incluyendo la instalación de conectores de cortante.

Palabras clave- Cimentación puente, estructura metálica, infraestructura, puente río Súnuba, patología de puentes.

ABSTRACT

This article is the result of research carried out in the second half of 2009 and the first half of 2010. It was a detailed visual inspection of all elements of the bridge structure, soil studies were conducted with temper, and topographic structure sector, chemical, penetration and removal of each piece of the structure. We determined the nature and extent of damage, cracks, arrows and degree of corrosion of the structure and plate. It was the carbonation depth study of the infrastructure and the plate and the degree of undermining of the foundations, then proposed a strengthening of the metal structure, for which was carried out for design. Finally, it was recommended to put a wall in bolsacreto to the foundation to protect against scour and build a new plate, designed according to the requirements of the Colombian Seismic Design of Bridges (CCDSP-95), from repairing the beams, including the installation of shear connectors.

Keywords-bridge foundation, steel structure Infrastructure Súnuba River Bridge, bridge Pathology.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo reviste importancia dado que la vía en la que se halla ubicado el puente, pasa sobre el río Súnuba, que comunica a los municipios de Guateque y Guayatá, en el departamento de Boyacá. Constituye un factor esencial en la movilidad, comodidad y desarrollo económico de la población de la provincia de Oriente, que genera un alto beneficio para la región. Este ponteadero es el paso obligado, pues no hay otra vía alterna. Por allí transita un número significativo de volquetas cargadas de materiales de construcción.

Para garantizar la circulación de los vehículos y aumentar el bienestar de la población, se planteó rehabilitar la estructura metálica, construir una nueva placa y proteger la cimentación de la socavación, por lo cual se formuló una patología donde se evaluó y se diagnosticó la estructura, identificando donde estaba el daño, luego se efectuaron estudios y diseños mediante los cuales se planteó reparar y reforzar la estructura con el propósito de aumentar la capacidad funcional y resistente del puente, ya que éste ha sido debilitado y se ha disminuido la capacidad de carga prevista inicialmente.

En primer lugar, se recopiló la información necesaria del sitio en estudio como parámetro fundamental, junto con la información tomada en las visitas de campo a partir de las cuales se llevó a cabo un diagnóstico de las fallas estructurales, el tipo de daño de las partes del puente y se sugirieron las estrategias de rehabilitación.

En el trabajo de campo se llevó a cabo la limpieza de la estructura metálica del puente, a través de chorro de arena, Grado Metal Blanco SSPC – SP5. Así mismo, se revisó y analizó la superestructura del puente, se realizó un inventario de las piezas y un levantamiento detallado de los elementos existentes en la superestructura metálica del puente y de la placa, con el fin de establecer cuáles de ellos se deben reemplazar por deterioro, corrosión, presencia de fisuras y/o grietas u otros defectos. Se hizo evaluación y análisis estructural de la infraestructura del puente, se evaluó la cimentación actual, se efectuó un estudio de suelos y un levantamiento topográfico. Una vez obtenida la geometría y las secciones transversales de los elementos, se procedió a elaborar el análisis y diseño de la estructura del puente para las condiciones de servicio que se especifican, según el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP - 95) y así poder determinar el refuerzo necesario.

Para realizar las actividades descritas anteriormente se efectuaron en forma detallada los procesos de diseño, se tomaron fotografías, también se obtuvieron memorias de cálculo, planos de diseño, rehabilitación y refuerzo de dicho puente y los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

Los resultados arrojados de rehabilitación permitieron ofrecer una superficie de tránsito vehicular limpia, cómoda, segura y duradera. Además, el puente rehabilitado puede prestar mejor beneficio a la región, puesto que se pueden transitar materiales de construcción y así se genera progreso en el comercio. También, se puede pensar en un avance del turismo y de la parte agrícola y pecuaria.

En el desarrollo del proyecto se determinaron de forma clara aquellos factores para garantizar factibilidad, rentabilidad y seguridad de la estructura, los cuales son parámetros para asegurar la vida útil del puente. También, se ilustra acerca de lo que se conoce hasta la fecha sobre la estructura, se dan algunas especificaciones a la luz del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes de 1995.

Por último, resta mencionar la importancia que tiene llevar a cabo actividades de mantenimiento a cualquier tipo de estructura. En este caso, un puente en estructura metálica en el que el mantenimiento se convierte en una actividad de gran prioridad, pues, hay que recordar que la mayoría de los aceros estructurales presentan gran susceptibilidad a padecer de corrosión al encontrarse expuestos día y noche a los abatimientos del sol, el aire y la lluvia. Estas condiciones se reúnen en este caso, razón suficiente para tener en cuenta en los próximos años de vida de servicio de esta estructura tan importante para el progreso y desarrollo de los municipios de Guateque y Guayatá.

El alcance del proyecto propuesto fue el de determinar las estructuras geológicas presentes en el área del proyecto, determinar el tipo de cimentación de la estructura del puente, establecer las obras de protección de cauce y taludes, necesarias en el sitio de ponteadero y en el área adyacente. Por último, determinar los parámetros y las metas para reparar la estructura metálica, la construcción de la placa y la protección de la cimentación.

II ESTUDIOS PREVIOS

Entre las actividades que se llevaron a cabo, las más importantes, se pueden resumir como:

A. Antecedentes

Para poder efectuar la rehabilitación sobre el puente en estudio se identificaron primero los antecedentes, entre los cuales están el diseño para tráfico liviano, dado a que en aquel tiempo la vía pertenecía a una vía terciaria. Para ser una estructura antigua la cimentación presenta buen comportamiento ante el paso de cargas pesadas. La superestructura está diseñada para soportar tráfico de 20 toneladas y en la actualidad transitan camiones con 30 toneladas de peso. No se construyó de acuerdo con las normas actuales y no existe estudio de suelos, solo la información geológica de la región que se encuentra en el POT.

B. Recopilación de información

Las fuentes de información consultadas para el desarrollo del estudio fueron: Esquema de Ordenamiento Territorial de Guatemala, Esquema de Ordenamiento Territorial de Guayatá, visitas de campo a la zona de estudio en las que se inspeccionó y se tomó la geometría de cada uno de los elementos de la estructura y registro fotográfico.

1) Toma de muestras y ensayos de laboratorio

Con el fin de determinar las propiedades geomecánicas del subsuelo en el sitio del proyecto, se realizaron las exploraciones por medio de equipo manual en dos sitios. Cada sondeo se hizo al lado de cada estribo del puente. Se profundizó a 3 m en el sondeo 1, y a 2.5 m en el sondeo 2. Por prospección con los niveles de topografía y las excavaciones que hizo la maquinaria que explotó material de río para obtener gravas y arena para trituración, fue posible determinar el nivel de la roca Cretácea. Sobre el estrato de suelo Cuaternario se tomaron muestras alteradas con el fin de determinar la humedad natural y la clasificación de los suelos. También, se tomaron muestras inalteradas con tubo Shelby, con el fin de realizar ensayos de compresión inconfiada, corte directo y determinar la densidad natural del terreno. Del estrato de roca Lutita se extrajo un bloque para obtener en laboratorio un núcleo para realizar un ensayo de compresión no confinada.

Se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades geomecánicas de los estratos de suelo y roca obtenidos en los trabajos de exploración del subsuelo. Además, se realizaron ensayos a la estructura metálica y de la placa. La totalidad de muestras representativas fueron identificadas en campo y en el laboratorio y sobre un número representativo de ellas se efectuaron los diferentes ensayos.

a) Límites de Atterberg, compresión inconfiada y ensayos no destructivos con tintas penetrantes.

Los límites de Atterberg se llevaron a cabo sobre el suelo que pasa el tamiz ASTM N° 40. Durante este ensayo se tomó el límite líquido y el límite plástico para saber el contenido de humedad y para ello se utilizó la cazuela de Casagrande. Los ensayos de compresión inconfiada se realizaron en cilindros de muestras de suelo inalteradas y alteradas, con la finalidad de determinar la resistencia a la compresión no confinada, resistencia al corte y la cohesión. Por último, se determinó: humedad natural, densidad natural y densidad seca.

Los ensayos no destructivos se tomaron sobre la estructura metálica. Primero se tuvo que practicar sand blasting a la estructura, con el fin de retirar el material diferente al acero. Tal actividad se realizó con chorro de arena, grado metal blanco SSPC – SP5. El procedimiento del ensayo inició con la preparación de la superficie. En esta actividad fue preciso higienizar muy bien la lámina en estudio, con ayuda del líquido limpiador, para retirar impurezas como residuos de agua, aceite u otros contaminantes. Posteriormente, se secó la superficie para que no quedaran residuos de líquido limpiador y afectara los resultados del ensayo. Así mismo, se aplicó el líquido penetrante de manera uniforme para formar una película de tinta reveladora, que se encargó de penetrar la superficie del elemento. El tiempo que reposó la tinta penetrante, sobre el elemento en estudio fue de aproximadamente 15 minutos. Así



FIGURA 1. APLICACIÓN DE LA TINTA REVELADORA DE FISURAS EN EL METAL.
Fuente: Autora del proyecto

se procedió a limpiar el exceso de tinta penetrante muy superficial.

Como última parte del ensayo, se aplicó la tinta reveladora como se muestra en la figura 1 y se extrajo la tinta penetrada en la superficie defectuosa. Entonces, se descubrieron los daños en el elemento de estudio. La aplicación de esta tinta se dejó reposar entre 5 a 10 min aproximadamente gracias a lo cual se descubrieron muy bien las irregularidades existentes. En este momento se pudo examinar la superficie visualmente y de esta manera se detectaron las indicaciones de fisuras o poros presentes en el elemento. También, se efectuaron ensayos no destructivos consistentes en esclerometría a los estribos y a la placa, con esclerómetro, para conocer la resistencia a la compresión del concreto. Así mismo, se hizo una prueba de carbonatación con fenolftaleína.

2) Levantamiento topográfico, geométrico y estructural

Se efectuó un levantamiento topográfico del área en estudio y del puente con estación y nivel de precisión. Así mismo, se realizó un inventario de las piezas y un levantamiento detallado de los elementos existentes de la superestructura y la infraestructura del puente.

C. Evaluación de la estructura del puente

1) Evaluación de la infraestructura, de la estructura metálica y de la placa

Se llevaron a cabo con las fuentes de información, los resultados de laboratorio y el levantamiento topográfico y estructural. La estructura de los estribos se inspeccionó para revisar su estado general, particularmente, el cuerpo del estribo, las aletas y la cimentación. Se diagnosticó la cimentación y se determinó el tipo de daño producido por el nivel del cauce del río. Con la geometría de los miembros estructurales y el levantamiento de cada pieza, se clasificaron los elementos en mal estado, los que se podían reparar y los que se debían cambiar, por efectos de corrosión y por sobreesfuerzos producidos por el tráfico de materiales de construcción. Se determinó el espesor, el grado de corrosión y de deterioro de la losa para saber si se podía rehabilitar o se cambiaría.

D. Análisis de la evaluación

1) Información existente y geotécnica

Con este análisis y con las visitas de campo se determinó la morfología, la estratigrafía y la caracte-

rización geotécnica de la zona del proyecto, el deterioro de la estructura metálica y de la placa, con el fin de llegar a las conclusiones y recomendaciones del estudio. Se elaboró el análisis y diseño geotécnico, en el cual se hizo la correlación de información entre los trabajos de campo y los resultados de laboratorio, con el fin de determinar las variables geotécnicas para determinar el nivel de fundación, la capacidad admisible del suelo de fundación, los análisis de estabilidad, los niveles de deformación del suelo bajo la estructura, la estabilidad de taludes adyacentes y demás análisis geotécnicos necesarios para el proyecto.

2) Infraestructura

a) Cuerpo de los estribos

De acuerdo con los resultados de la inspección se encontró que los estribos del puente consisten en piedra mampuesta pegada con argamasa y materiales utilizados en la época de construcción del puente, en el año 1940. Los estribos del puente en piedra mampuesta no muestran índices de manifestación de falla como grietas o fisuras, por lo tanto, se puede concluir que el comportamiento de los estribos es satisfactorio. En la inspección de la estructura de los estribos no se observó ningún índice de movimientos, derivados de asentamientos excesivos o de asentamientos diferenciales, lo que indica un buen comportamiento del suelo de fundación.

b) Cimentación

La cimentación, al igual que el estribo, está construida en piedra mampuesta y de acuerdo con la indagación en el estudio geotécnico, se concluye que está construida sobre un manto rocoso de la formación Fómeque, constituido por lutitas con buen comportamiento a la capacidad portante, pero que se ve afectada por los cambios de humedad bajo presencia de agua en procesos de humedecimiento



FIGURA 2. DETERIORO DE LA PLACA.
Fuente: Autora del proyecto



y seco. Sin embargo, se puede concluir que la roca se ha mantenido permanentemente húmeda, por lo tanto, no ha sufrido cambios en su comportamiento físico, mecánico y por tal razón la cimentación se muestra estable.

De la inspección no se encontraron índices de manifestación de falla como grietas o fisuras, ni evidencias de movimientos por asentamientos diferenciales, por lo tanto, se puede concluir que el comportamiento de la cimentación ha sido satisfactorio.

c) Aletas de los estribos

Las aletas de los muros del estribo consisten en muros de concreto reforzado, los cuales fueron inspeccionados por medio de ensayos no destructivos, consistentes en esclorometría y carbonatación. Se encontró que la resistencia a la compresión del concreto medida indirectamente es mayor a 21 MPa (210 kgf/cm², 3000 psi) y que el concreto presenta carbonatación de 1,5 cm y considerando que el recubrimiento es de 2,5 cm, aún presenta una reserva antes de ser atacado el refuerzo por la corrosión.

3) Estructura metálica

a) Estructura en condiciones originales de diseño

Este análisis consistió en considerar la estructura con sus elementos en condición ideal, como si se tratara de elementos nuevos, tal como el momento en que fue puesta en servicio la estructura. Para el efecto se utilizó el criterio de índice de sobreesfuer-

zos, que consiste en determinar la acción a la cual se ve sometido cada elemento de la estructura y en determinar la capacidad nominal resistente del elemento en condiciones de diseño. El resultado de dividir la fuerza actuante sobre la resistencia nominal resistente del elemento, es el índice de sobreesfuerzos. Si el índice de sobreesfuerzos es mayor que uno, se considera que el elemento soporta las cargas de diseño de manera satisfactoria, si es menor que uno, se considera que el elemento no es capaz de soportar las cargas de diseño de manera satisfactoria.

b) Estructura en condiciones actuales

Este análisis consistió en considerar la estructura con sus elementos en condición actual, teniendo en cuenta las afecciones patológicas encontradas en el estudio realizado a la estructura. El procedimiento para el análisis fue igual que el del inciso del paso anterior.

4) Placa de piso

Conociendo el estado actual en que se encontraba el puente, se pudo ver que la losa se encuentra en estado crítico, tal como se muestra en la figura 2. Su proceso de deterioro, en el cual se formaron baches y no tenía rigidez adecuada para distribuir las cargas móviles en las vigas longitudinales, le impide proporcionarle una superficie de rodadura uniforme al puente, causándole impactos a la estructura metálica, los cuales pueden producir el colapso total de ella y se generaría una gran pérdida económica al tener que construir un nuevo puente, con un aislamiento prolongado de las actividades económicas de la provincia.

III. PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DEL PUENTE

A. Infraestructura

Después de los estudios se llegó a la conclusión que para los estribos se recomienda construir una pantalla en concreto reforzado, con el fin de mejorar las condiciones de flexión derivadas de acciones sísmicas. Así mismo, para la cimentación se sugirió construir una pantalla en muro bolsacreto, para proteger la cimentación de los efectos de la socavación.

El muro consiste en colocar elementos bolsacreto de un metro cúbico, cada uno, dispuestos al frente de la cimentación de los estribos y las aletas en dimensiones de 5 m de altura por 5 m de ancho en la base y un metro en la corona, a lo largo de toda la cimentación en ambos estribos. También, se propuso proteger las aletas de la socavación mediante un muro bolsacreto de las mismas dimensiones del recomendado para los estribos.

B. Superestructura

1) Estructura metálica

Para la estructura metálica en los elementos de la cercha se propuso reemplazar los elementos del cordón inferior de la cercha cambiando las C por Vigas IPE300, instaladas de la misma manera como están dispuestos los elementos I del cordón superior. Así mismo, para los elementos del sistema de piso se recomendó reemplazar todos los patines superiores de las vigas del sistema de piso por platinas de 8mm de espesor instalando conectores de cortante para lograr la colaboración entre las vigas y el concreto de la placa de piso. Las dimensiones de los elementos por instalar son:

Vigas traviesas, para reemplazar los patines superiores por platinas de 8 mm de espesor, por 185 mm de ancho. Las vigas longitudinales para reemplazar patines superiores por platinas de 8 mm de espesor por 165 mm de ancho. Para los conectores de cortante se propuso colocar perfiles canales C4" de 5.8 mm. El espesor del alma tendrá 100 mm de longitud cada uno, instalados cada 30 cm. Los conectores deben reemplazar todos los remaches de $\frac{3}{4}$ " por pernos de 1 $\frac{1}{4}$ " de alta resistencia, grado ASTM A490. Las platinas de conexiones se deben reemplazar todas por platinas de $\frac{3}{8}$ " de espesor. El reemplazo de platinas y remaches se puede hacer retirando los remaches de cada conexión y reemplazando las platinas una a una, sin necesidad de desarmar la totalidad de la estructura.

2) Placa de piso

Para lograr lo expuesto anteriormente y también para proteger la estructura metálica del agua, fue conveniente plantear una solución alternativa para construir una losa maciza en concreto reforzado de 17 cm de espesor, previa la reparación de las vigas del sistema de piso y la instalación de conectores de cortante. Para construir la nueva placa se utilizará concreto de resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 3000 psi y acero de refuerzo con resistencia a la fluencia de 60.000 psi. El refuerzo principal se debe instalar perpendicular al tráfico.

III. ANÁLISIS DE PATOLOGÍA

A. Estructura metálica

Los daños en la estructura se presentaron en elementos estructurales, principalmente, en los nudos de las cerchas, conexiones, cordones inferiores de las cerchas, vigas traviesas, vigas longitudinales, apoyos del puente, elementos no estructurales (como la baranda) y las conexiones de las barandas a la estructura metálica principal.

Las principales lesiones que se presentaron fueron de tipo químico, seguidas de las lesiones físicas, mecánicas y, en menor porcentaje, las biológicas. La lesión química que más se presentó fue la oxidación, seguida de las manchas y de la corrosión, que fue la que más afectó a la estructura metálica. La lesión física que representó el 100% del grupo de daños de este tipo fue la suciedad, dado que allí cruzan las volquetas cargadas de material que ocasionan el constante desprendimiento de partículas de polvo de roca, que con el sol y la lluvia se fijan a la estructura dándole un aspecto desagradable a la vista. La lesión de tipo mecánico más importante en la estructura fue el pandeo, que se ve en las dos vigas en perfil C del elemento central de las cerchas. Otra lesión mecánica que se presentó fue la fractura de las vigas traviesas en la parte inferior de la estructura. La estructura también presentó lesión biológica que se sucedió por la presencia de algunos organismos que se aposentaron en la estructura causando diferentes reacciones sobre los materiales que la conforman. En este caso, los principales organismos biológicos encontrados sobre la estructura fueron el musgo, los hongos y la planta de helecho.

También, se presentaron lesiones indirectas. La causa más frecuente son acciones no previstas, como el paso de vehículos más pesados sobre el puente, la falta de mantenimiento y limpieza que es necesario para evitar la formación de actividad biológica, la mala aplicación de la pintura comienzo, promoviendo la aparición de la corrosión.

B. Placa

Los daños en la estructura se presentaron en el concreto y el acero de refuerzo. Las lesiones que se presentaron fueron de tipo químico, seguidas de las lesiones físicas y mecánicas. La lesión química que más se presentó fue la oxidación y de corrosión en las barras de acero. La lesión física más representativa es la misma que se presentó en la estructura metálica. La lesión de tipo mecánico más importante en la placa fue el desprendimiento. De igual manera, se incluye como causa indirecta la mano de obra mal trabajada, pues en el momento de fundir la placa no se dejó suficiente espacio entre la formaleta y el refuerzo transversal y longitudinal de la placa, ocasionándose una gran exposición de las varillas que actualmente están sufriendo un proceso continuo de corrosión.

Otra causa indirecta es la calidad de los materiales. En este caso se hace referencia a la calidad del concreto de la placa, pues no tuvo la suficiente resistencia para soportar el paso más frecuente de vehículos pesados. Aquí también se incluye como causa indirecta las deficiencias de diseño, pues la placa presenta un espesor de 8 cm a 10 cm considerándose insuficiente para resistir el tránsito de los vehículos.

C. infraestructura

La cimentación y los estribos sufrieron daños por acción del agua, que fue la causa principal de la socavación, vista fundamentalmente como un problema de hidráulica fluvial.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según el compendio de datos y el análisis se percibió que el puente sobre el río Súmba, no era capaz de soportar las cargas de los vehículos que transitaban por allí con materiales de construcción, dado a que la estructura fue diseñada para cargas hasta de 20 toneladas y las que transitan en la primera década del siglo XXI son de 30 toneladas.

Se dedujo que la placa de piso del puente no cumple con los requerimientos del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes 1995. El espesor de 12 cm no era suficiente para soportar los esfuerzos producidos por las cargas vehiculares, por lo cual la losa se agrietó hasta llegar a deteriorarse.

Se notó que la estructura metálica sufrió grandes impactos causados por los esfuerzos producidos al paso de los vehículos, dado que la losa de piso se encontraba con baches de dimensiones significativas.

Se observó que todas las vigas del sistema de piso, los elementos de los cordones inferiores de las cerchas y todos los remaches y conectores de la estructura metálica no están en capacidad de soportar las exigencias de cargas actuales, pues han perdido sección por efectos de la corrosión. Además, no fue diseñado para soportar dichas cargas.

Se concluyó que la infraestructura se encontraba socavada por los efectos del cauce del río. Se pudo observar que el ambiente en el que se encuentra el puente es húmedo, pues del río se desprende vapor de agua con contenido de sales y amoníaco. Es probable que el proceso de corrosión se dé con más facilidad. También, se vio que la sociedad es un factor muy presente en el sitio del puente, pues fue la lesión física más frecuente.

Se sugirió no transitar vehículos por el puente mientras no esté reparado, con el fin de evitar que colapse la estructura metálica, generando grandes pérdidas económicas.

Se recomendó reforzar la estructura metálica y reemplazar los patines de las vigas por platinas de 8 mm. Los elementos de los cordones inferiores de las cerchas se deben cambiar los perfiles C por Vigas IPE300, instaladas de la misma manera como están dispuestos los elementos I de los cordones superiores e instalar conectores de cortante.

También, se propuso reemplazar todos los remaches de $\frac{3}{4}$ " por pernos de $1\frac{1}{4}$ ", de alta resistencia, grado ASTM A490 y todas las platinas de conexión por platinas de $\frac{3}{8}$ " de espesor. Así mismo, es esencial que las soldaduras aplicadas cumplan con las especificaciones de la AWS D1.5 Código de Soldadura para Puentes.

Se recomendó reemplazar las platinas y remaches retirando los remaches de cada conexión y reemplazar las platinas una a una, sin necesidad de desarmar la totalidad de la estructura. Se planteó proteger la infraestructura de la socavación colocando muros en bolsacreto.

Para ejecutar la obra se deben utilizar materiales seleccionados que cumplan con todos los requisi-

tos de calidad estipulados en el proyecto. Así mismo, cumplir con los requisitos del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP-95) y las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

La mezcla del concreto, debe ser homogénea y preparada en forma mecánica, para lograr un papel importante en la uniformidad del producto terminado y así producir concreto de calidad. Se debe basar en la relación agua-cemento necesaria para obtener una mezcla plástica y manejable según las condiciones específicas de colocación de tal manera que se logre un concreto de durabilidad.

Se sugirió hacer mantenimientos periódicos al puente, inspeccionándolo cada seis meses aproximadamente, con el fin de evitar que se aposenten organismos biológicos en la estructura como hongos o plantas, incluso animales, dado que el ataque biológico también puede inducir a corrosión (biocorrosión). La limpieza de la superficie es muy importante.

Se propuso que las actividades que se desarrollen en el momento de la rehabilitación de la estructura fueran efectuadas por profesionales y personal calificado, por tratarse de un trabajo especializado.

VI. REFERENCIAS

- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010) Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, Bogotá
- Colombia, Ministerio del Transporte. (2009, 30 de Junio). Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. Bogotá.
- Guevara, M.E. (1998). Socavación en puentes, Popayán: Universidad del Cauca.
- Vallecilla, C. (2009). Manual de Diseño de Puentes Reforzados, Bogotá: Universidad Nacional

