

Por **Freddy Piña B.**

Académico
Depto. de Ingeniería en Obras Civiles
Universidad de Santiago de Chile

El nuevo material utilizado en puentes en Estados Unidos cuenta con adecuadas propiedades de soldabilidad, resistencia y tenacidad, que permiten disminuir costos en soldadura y prevenir fracturas a bajas temperaturas.

Acero HPS 70W

Supermaterial para puentes carreteros

Ante la creciente demanda de puentes carreteros, viaductos y pasarelas, por renovación o construcción de nuevos proyectos viales, se deben estudiar otras alternativas de material en superestructuras de puentes. No tan sólo para reemplazar a los materiales convencionales, como hormigón prefabricado (post y pre-tensado) y el acero estructural de alta resistencia (A52-34ES), sino como un mercado adicional y una solución a superestructuras de grandes vanos. Esto último, permite distintas variantes de diseño geométrico y en algunos casos ahorros importantes en el costo total de un puente.

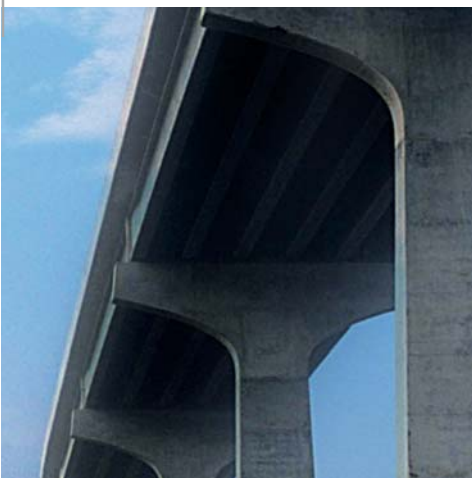
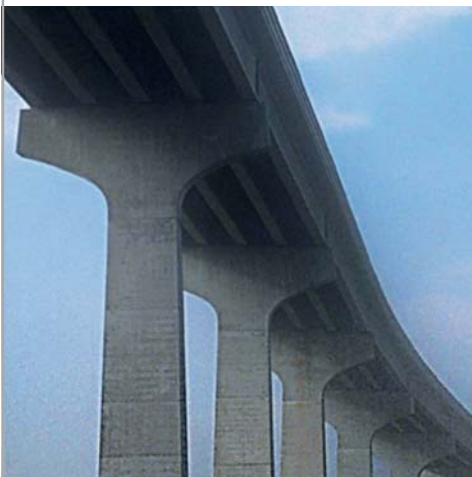
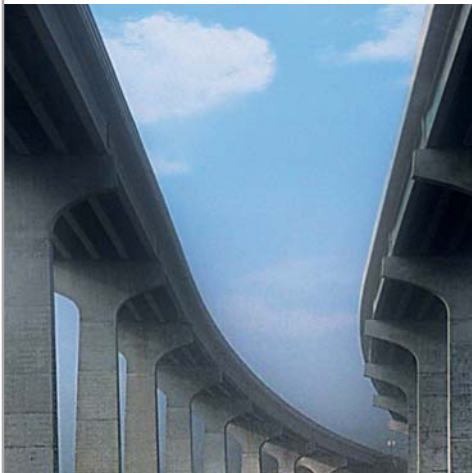
Otro aspecto en favor de nuevas tecnologías, es la condición climática y geomorfológica de nuestro país, encontrando una cantidad considerable de accidentes geográficos que intervienen constantemente nuestras vías terrestres. Esta situación se ve reflejada en los más de 8.000 puentes que Chile, a través del Ministerio de Obras Públicas, ha construido hasta la fecha. Entonces, surge la siguiente interrogante: ¿Existen nuevos materiales y tecnologías que permitan superar estos desafíos? Sin duda que parte de la respuesta se encuentra en la experiencia de haber construido un gran número de puentes, y su buen comportamiento ante acciones extremas. Pero, actualmente los mercados cambian por las nuevas necesidades y, en conse-

cuencia, se crean materiales y tecnologías innovadoras, los cuales apuntan a optimizar tanto técnica como económicamente los proyectos.

De esta forma, surge el HPS 70W como una alternativa de acero estructural válida, sustentada en la experiencia existente en Estados Unidos, tanto a nivel técnico como económico. Este acero nace a partir de estudios corporativos americanos hace más de una década para responder a los requerimientos de contar con nuevas tecnologías que beneficien la construcción de puentes, ya sea en calidad, economía y duración en el tiempo, siendo actualmente estudiado en países como Japón (1).

HPS 70W

Al igual que la caracterización de nuestros aceros estructurales, este material se define por su nombre, el cual indica que se trata de un Acero de Alto Comportamiento o *High Performance Steel* (HPS) (2) con una tensión de fluencia de 70 Ksi o 4920 Kg/cm² (70) y propiedades de resistencia a condiciones ambientales o *weathering* (W). La fortaleza que posee este acero en comparación con el ASTM A709 con grado 70W, consiste en sus mejores propiedades de soldabilidad, resistencia y tenacidad. Estas características permiten disminuir los costos de soldadura y



prevenir fracturas a bajas temperaturas, traduciéndose estos beneficios en disminución de costos asociados a la fabricación y mantenimiento de los puentes. Con respecto a la resistencia, este acero presenta una película de color café anaranjado que previene la corrosión atmosférica en ambientes normales (libres de cloruros), disminuyendo así costos de pintura y mantenimiento.

Una serie de ejemplos se pueden encontrar en las referencias, las cuales avalan los positivos resultados de este material al ser incorporados en las superestructuras de puentes carreteros en Estados Unidos ⁽²⁾. Entre estos destacan el Puente Snyder, Nebraska (1997), con vigas doble T de un vano de 45 metros; el Puente del Río Martin, Tennessee (1996), con tres vigas continuas de dos vanos de 70 metros cada uno; y el Puente Ford City, Pennsylvania (2000), con cuatro vigas continuas híbridas de tres tramos de 97 m, 120 m y 98 m. Tal como se concluyó en los ejemplos anteriores, los principales beneficios se obtienen en puentes de grandes luces, superiores a 40 metros y con vigas híbridas y continuas, pero se estima que con la masividad de este producto el uso de vigas homogéneas no acarrearán costos adicionales por sobre las híbridas.

Objetivos del estudio

Esta investigación pretende demostrar la factibilidad, en cuanto a costo, de introducir en Chile un nuevo acero (HPS 70W) para vigas de superestructuras de puentes carreteros considerando distintas variables que puedan influir en esta demostración.

En la figura 1 se observan dos grupos. El cuadro superior corresponde a un puente con 4 luces de 45 metros cada una y el inferior a un puente de 3 luces de 60 metros cada una. Con esto se tienen dos grupos comparativos, es decir, manteniendo la condición original del puente con 3 cepas y luego (cuadro inferior) eliminando una cepa, tratando así de equilibrar el gasto de agregar una nueva viga longitudinal. Además, cada cuadro presenta distintos tipos de diseño los que se agrupan en cuatro tipos generales:

Diseño Original. Viga Homogénea en acero A52-34ES, rediseñado con el método de tensiones admisibles o ASD (Allowable Stress Design) actualizado.

Diseño 1. Viga Homogénea en acero A52-34ES, diseñado con el método de factores de carga y resistencia o LRFD (Load Resistance Factor Design).

(1) Wilson, A., «Current Status of Highway Performance Steel Program», Agosto 2003, 1-17.

(2) Lwin, M., «High Performance Steel Designers' Guide», U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Western Resource Center, Segunda Edición, Abril 2002, 1-26.

(3) AISI, «High Performance Steel is becoming the material of choice for Bridge Design and Construction. 30 states are using the new steel to meet their bridge design and construction challenges». Latest Press Release, Steel Work, Mayo 2001, 1-4.

Figura 1

Tipos de diseño

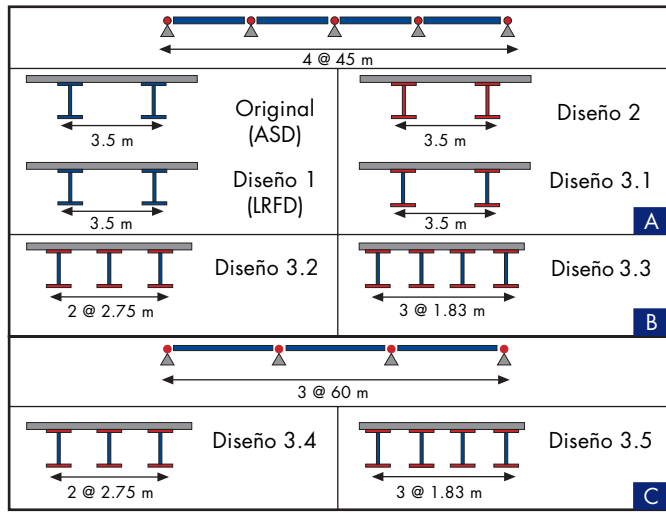


Figura 2

Peso total (ton) de las vigas del Puente

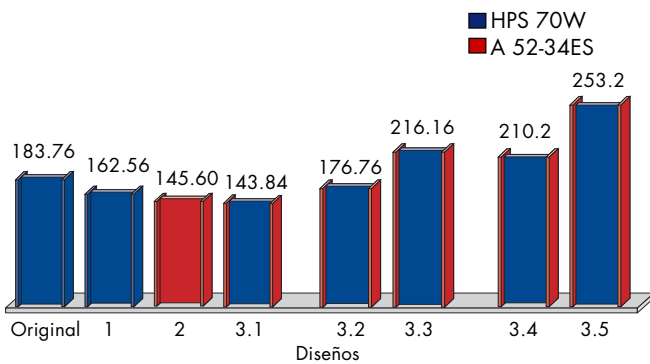
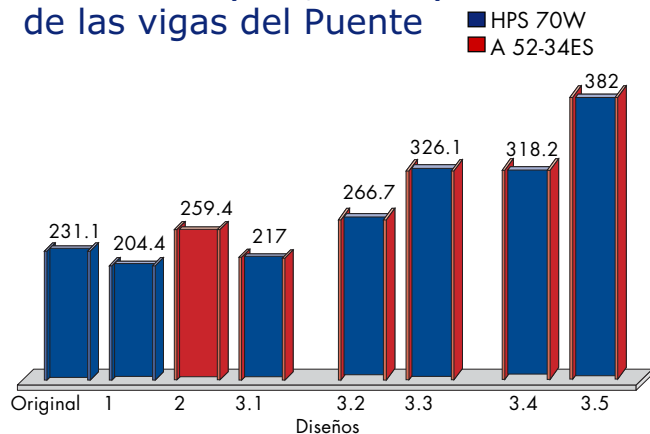


Figura 3

Costo total (MM\$ + IVA) de las vigas del Puente



Diseño 2. Viga Homogénea en acero HPS 70W, diseñado con el método LRFD.

Diseño 3. Viga Híbrida que combina A52-34ES en el alma y HPS 70W en las alas, diseñado con el método ASD.

Para realizar comparaciones se han establecido tres grupos comparativos (A, B y C):

Grupo A (separación de 3,5 metros entre vigas):

1. Se pretende comparar el costo final utilizando dos filosofías de diseño diferentes (Original vs Diseño 1).
2. Se pretende encontrar la disminución de peso de la superestructura variando el grado de acero y el método de diseño (Original y Diseño 1 vs Diseño 2).
3. Se pretende optimizar el uso del material (Original, Diseño 1 y 2 vs Diseño 3.1).

Grupo B

1. Se pretende encontrar la disminución de peso y costo al agregar una nueva viga híbrida, disminuyendo la separación entre ellas (Diseño 3.2 vs 3.3).

Grupo C

1. Se pretende evaluar la disminución de costo eliminando una cepa para distintas configuraciones de vigas (Diseño 3.2 vs 3.4 y Diseño 3.3 vs 3.5).

Análisis de los diseños propuestos

Assumiendo condiciones idénticas de los elementos secundarios (arriostramientos, pavimento, losa, pasillos y barras) se establece en la figura 2 la variación de los pesos de la superestructura, comparando sólo la estructuración en acero, con respecto a cada uno de los diseños.

Existe una disminución progresiva del peso total en los diseños donde no se modificó la estructuración del puente original. En cambio, en el caso de los diseños donde se modificaron el número de vigas y/o la longitud de los vanos, resulta que sólo la alternativa de diseño 3.2 presenta una disminución en el peso total respecto del proyecto original. Este último, resultó con un peso muy similar con sólo un 3,8% por debajo del proyecto original. Si bien este porcentaje puede representar un porcentaje poco significativo, se debe aclarar que la estructuración en base a un mínimo de tres vigas es la tendencia actual del diseño de superestructuras, lo que representa un aumento en la seguridad estructural del puente.

Con respecto a los costos totales de superestructura, comparando los distintos diseños, se puede notar que los ahorros en peso no son suficientes para establecer ahorros en costos importantes al plantear otras alternativas (ver figura 3). Esto se debe fundamentalmente a dos factores negativos, el primero corresponde a la situación actual del mercado del acero, el cual ha incrementado sus costos de producción

(4) González, H., y Salvatierra, J., «Análisis de costo en superestructura de puente carretero, utilizando acero hps-70w y método de diseño por factores de carga y resistencia», Departamento de Ingeniería en Obras Civiles, USACH, Mayo 2004.

debido a condiciones de demanda actual, y el segundo a un mercado aún no desarrollado (HPS). Incluso dentro de estas condiciones desfavorables, se pueden establecer ahorros en costo de 11,5% variando la filosofía de diseño y de un 6,1% modificando la materialidad de las vigas.


Con respecto a los diseños que plantean la eliminación de una cepa, se puede establecer que existe un aumento en los costos para ambas alternativas (3 y 4 vigas) ya que este proyecto contempla cepas de sólo 6 metros de altura. Realizando algunas modificaciones a la altura del puente, se pueden lograr ahorros considerables en proyectos de puentes a partir de alturas superiores a 9 y 16 metros para el diseño con tres y cuatro vigas híbridas, respectivamente (4).

Conclusiones

En cuanto al peso de la superestructura, el uso de estos aceros de alto comportamiento en diseños híbridos es conveniente. Se pueden establecer disminuciones en el peso de un 21,7% en condiciones similares con respecto al puente original, siendo en el caso de vigas homogéneas en HPS 70W una disminución del 20%. Estas reducciones de peso aumentan la seguridad de la infraestructura, disminuyendo considerablemente las fuerzas y desplazamientos sísmicos del puente. En cuanto a costos, éstas pueden generar ahorros adicionales en transporte, montaje y fundaciones, los cuales

están directamente relacionados con el peso de la estructura. Además, este acero permite diseñar puentes de grandes luces (superiores a 45 metros), siendo una de las pocas alternativas para lograr estos requerimientos.

Por otra parte y aun considerando situaciones desfavorables del mercado del acero internacional, se pueden establecer ahorros en cuanto al costo del 6% con respecto al proyecto original. Si consideramos que el precio del HPS es castigado por tratarse de un producto desconocido y con nula demanda nacional, el costo final de las soluciones con este acero puede reducirse considerablemente y ser altamente atractivo como solución a superestructuras de puentes carreteros.

Si bien es cierto, aumentan considerablemente los pesos y costos al aumentar el número de vigas, se debe establecer que los diseños actuales parten como condición mínima con tres vigas para este tipo de proyectos. Por lo tanto, se recomienda comparar estos resultados con un proyecto de similares características con vigas homogéneas A52-34ES. En este nuevo escenario, se puede establecer como hipótesis un ahorro importante en costos y pesos a medida que aumente la longitud del vano del puente y la altura de sus cepas, tomando como referencia el grupo A comparativo de este estudio. 

freddypibu@hotmail.com

