

CAPÍTULO 3

NORMAS PARA EL DISEÑO DE PUENTES METÁLICOS

3.1. Generalidades.

En Estados Unidos la primera norma nacional ampliamente reconocida para el diseño y la construcción de puentes fue publicada en 1931 por la American Association of State Highway Officials (AASHO), organismo antecesor de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Esta primera publicación llevaba por título Standard Specifications for Highway Bridges and Incidental Structures. Rápidamente se convirtió de hecho en una norma nacional y, como tal, fue adoptada y utilizada no sólo por los departamentos de vialidad sino también por otras autoridades y agencias tanto en Estados Unidos como en otros países. Este documento ha sido reeditado en ediciones consecutivas a intervalos de aproximadamente cuatro años bajo el título Standard Specifications for Highway Bridges.

En el Ecuador, para el diseño de puentes se toma como guía a las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes, las cuales han sido elaboradas por el ministerio de obras públicas (MOP) en base a códigos, normas y especificaciones internacionales con el fin de estandarizar las prácticas y procedimientos de diseño en todo el país.

3.2. Estudio y análisis de normas aplicables.

Mediante el estudio general de las normas que gobiernan el diseño de puentes podemos obtener nuevos criterios que nos ayudarán a realizar diseños seguros y confiables. A continuación se indica en forma resumida las respectivas especificaciones y códigos que serán considerados en el desarrollo de este proyecto.

3.2.1. The AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges Design, Edition 17^a, 2002.

Estas especificaciones rigen el diseño de la mayor parte de los puentes de los Estados Unidos. Por lo general, los departamentos estatales de carreteras adoptan estas especificaciones de puentes de la AASHTO como sus normas mínimas para el diseño de puentes de carretera.

Las especificaciones estándar para el diseño de puentes de carretera del AASHTO están constituidas de tres divisiones. La primera división establece los requisitos para diseño, la segunda proporciona los requerimientos para el diseño sísmico, y la tercera división hace referencia a los requisitos de la construcción.

La división que corresponde al diseño se encuentra dividida en 17 secciones, mientras que la de diseño sísmico y construcción se encuentran divididas en 7 y 30 secciones respectivamente.

Las secciones correspondientes a la división de diseño tratan temas referentes a: las disposiciones generales, características generales de diseño, cargas, cimientos, paredes de retención, alcantarillas, subestructuras, hormigón reforzado, hormigón pre-esforzado, acero estructural, diseño de aluminio, estructuras de madera, soportes, etc. La segunda división correspondiente al diseño sísmico da a conocer los temas relacionados a la : introducción, símbolos y definiciones, requerimientos generales, requerimientos para análisis, requerimientos de diseño para puentes en comportamiento sísmico categoría A, B, C y D. Finalmente en la división correspondiente a la construcción realiza la descripción de los siguientes enunciados: excavación, remoción de estructuras existentes, trabajos temporales, pilotes, pilotes perforados y pozos, anclaje, sistemas de contención de tierra, estructuras de hormigón, acero reforzado, pre-esforzado, estructuras de acero, pintura, bloques de hormigón y ladrillo, estructuras de madera, tratamientos preservantes para la madera, apoyos, plataforma, barandas, protecciones,

metales misceláneos, alcantarillas de metal, alcantarillas de hormigón, superficie de rodadura, etc.

Para el desarrollo de este proyecto de tesis, no se considerarán los requisitos para los puentes de hormigón, madera u otros materiales contenidas en estas especificaciones ni tampoco las secciones relacionadas con el diseño de la subestructura ya que ese no es el objetivo de este proyecto, únicamente se hará uso de los requerimientos necesarios para el diseño de puentes metálicos, como son las secciones correspondiente a las cargas de diseño, diseño sísmico, acero estructural, estructuras de acero.

Estas especificaciones del AASHTO, concretamente la sección 3 correspondiente a las cargas ubicada en la división I Diseño, nos permitirá obtener los requisitos necesarios para la consideración de las cargas para el diseño de puentes, además trata la forma como realizar la combinación y distribución de las mismas. La sección 10 correspondiente al acero estructural indica las propiedades mínimas que deben cumplir los aceros estructurales para aplicaciones de puentes, además hace referencia a los parámetros límites para las deflexiones. En esta sección también se da ha conocer las consideraciones tanto para el diseño para cargas de servicio o esfuerzos admisibles (ASD) como para el diseño por resistencia o coeficientes de carga (LFD).

3.2.2. AASHTO LRFD Bridge Design Specification, 3ª Edición 2004.

Estas especificaciones contienen los requisitos para el diseño, evaluación y rehabilitación de puentes carreteros tanto fijos como móviles, pero no se incluyen requisitos para puentes ferroviarios ni para puentes usados exclusivamente para el tendido de servicios públicos. Además, los aspectos mecánicos, eléctricos y otros especiales relacionados con la seguridad de los vehículos y peatones no están cubiertos con estas especificaciones.

Los requisitos de estas especificaciones se pueden aplicar a los puentes que no están totalmente cubiertos por este documento, cuidando de incluir criterios de diseño adicionales cuando sea necesario.

No es la intención de estas especificaciones reemplazar la capacitación y el criterio profesional del diseñador; sólo establecen requisitos mínimos necesarios para velar por la seguridad pública.

Los requisitos de diseño de estas especificaciones emplean la metodología del diseño por factores de carga y resistencia (LRFD). Los factores fueron desarrollados a partir de la teoría de la confiabilidad en base al conocimiento estadístico actual de las cargas y el comportamiento de las estructuras.

La edición 2004 incluye métodos de análisis adicionales, diferentes a los incluidos en especificaciones anteriores, junto con las técnicas de modelado inherentes a las mismas.

Las especificaciones AASHTO para el diseño de puentes por el método LRFD esta constituida de catorce secciones que se indican a continuación:

1. Introducción
2. Características generales y de ubicación
3. Cargas y factores de carga
4. Análisis y evaluación estructural
5. Estructuras de hormigón
6. Estructuras de acero
7. Estructuras de aluminio
8. Estructuras de madera
9. Tableros y sistemas de tablero
10. Fundaciones
11. Estribos, pilas y muros
12. Estructuras enterradas y revestimientos para túneles
13. Barandas
14. Juntas y apoyos

3.2.3. Código de soldadura de puentes AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2002 (Bridge Welding Code).

Este código contiene los requisitos de la AASHTO para la fabricación de puentes de carretera por soldadura con aceros al carbono y de baja aleación. Además, cubre lo referente a inspección, calificación, detalles estructurales, soldadura con espárragos, detalles de las juntas soldadas y otros.

El código de soldadura de puentes debe ser usado conjuntamente con las especificaciones estándar para el diseño de puentes de carreteras o con las especificaciones para el diseño de puentes por el método LRFD, ambas del AASHTO.

Este código no se aplica para:

1. Aceros con esfuerzos de cedencia mínimos mayores que 690 MPa.
2. Recipientes y tuberías a presión.
3. Otros metales base diferentes a los aceros al carbono y de baja aleación.
4. Reparaciones de estructuras de tubería estructural.

Además, Las instrucciones de este código no son aplicables a la soldadura de metales base de espesores menores a 3 mm.

La edición 2002 del Bridge Welding Code consta de 12 secciones, además de sus respectivos anexos y recomendaciones. Esta edición contiene dimensiones en unidades del sistema internacional y sistema ingles. A continuación se indica las respectivas secciones que contiene este código:

1. Provisiones generales
2. Diseño de conexiones soldadas.
3. Mano de obra
4. Técnicas.
5. Calificación.
6. Inspección.
7. Soldadura de pernos.

8. Estructuras estáticamente cargadas.
9. Puentes de acero soldados.
10. Estructuras tubulares.
11. Reforzamiento y reparación de estructuras existentes
12. Plan de control de fractura para miembros no redundantes

3.2.4. Normas ASTM.

Por lo extenso que resulta realizar el estudio completo de todas de las normas ASTM, se ha creído conveniente limitar el estudio únicamente a las especificaciones siguientes que hacen referencia a los aceros estructurales de aplicación en la construcción de puentes.

3.2.4.1. ASTM A709: Especificaciones estándar para aceros estructurales para puentes.

Esta especificación cubre a los aceros de baja aleación de alta resistencia para perfiles, placas y barras estructurales y a los aceros aleados templados y revenidos para perfiles estructurales destinados para el uso en puentes.

En este grupo están los aceros de grado 36, 50, 50w, 100,100w, que son equivalentes al A36, A572, A588 y A 514 respectivamente. Todos estos aceros son soldables, además los denominados como grado 50W y 100W presentan gran resistencia a la corrosión atmosférica.

En resumen, esta especificación nos indica los requerimientos generales para la entrega, los procesos de manufactura recomendados para la obtención de los aceros, el tratamiento térmico, los requerimientos químicos, los requerimientos de tensión, los requerimientos de dureza Brinell para aceros de grado 100 y 100w únicamente, las muestras para ensayos y el numero de ensayos de tensión, los reensayos, la resistencia a la corrosión atmosférica y la marca.

3.2.4.2. ASTM A36: Especificaciones estándar para aceros estructurales al carbono.

Esta especificación cubre a los perfiles de acero al carbono, placas, y barras de calidad estructural para el uso en remachado, empernado o construcción soldada de puentes y edificios, y para los propósitos estructurales generales.

En las tablas contenidas en esta especificación se indican los materiales de los accesorios tales como remaches, pernos, pernos de alta resistencia, tuercas, acero fundido, etc. Además en estas tablas encontramos los requerimientos químicos y de tensión que deben cumplir los aceros estructurales al carbono.

3.2.4.3. ASTM A572: Especificaciones estándar para aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación de Columbio-Vanadio.

Esta especificación cubre 4 grados de aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación para perfiles, placas, y barras.

Se establece en esta especificación que los aceros de los grados 42 y 50 son adecuados para remachado, empernado o construcción soldada de puentes, edificios y otras estructuras, además se indica que los aceros de los grados 60 y 65 son recomendados para construcciones remachadas o empernadas en puentes, o para el remachado, empernado o construcción soldada en otras aplicaciones.

En las tablas contenidas en esta especificación encontramos los espesores máximos del producto, las aleaciones contenidas y los requerimientos químicos y de tensión de este grupo de aceros.

3.2.4.4. ASTM A588: Especificaciones estándar para aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación con un límite de fluencia mínimo de 50 KSI hasta espesores de 4 in.

Esta especificación cubre a los aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación para perfiles, placas y barras para construcción soldada, remachada o

empernada pero principalmente destinados para el uso en puentes soldados y edificios donde los ahorros en peso y la durabilidad son importantes.

Los aceros cubiertos por esta especificación presentan en la mayoría de los ambientes una mejor resistencia a la corrosión atmosférica, con respecto de los aceros estructurales al carbono.

Es importante dar a conocer también que esta especificación se limita a materiales de espesores de hasta 8 in. [200 mm]

En las tablas presentes en esta especificación únicamente se indican los requerimientos químicos y de tensión de este tipo de aceros.

3.2.4.5. ASTM A852: Especificaciones estándar para placas de acero estructural de baja aleación, templados y revenidos con un límite de fluencia mínimo de 70 KSI hasta espesores de 4 in.

Esta especificación cubre a placas de acero estructural de baja aleación y alta resistencia, templados y revenido para construcciones soldadas, remachadas o empernadas.

Los aceros cubiertos por esta especificación están destinados para el uso en puentes soldados y edificios donde los ahorros en el peso, la durabilidad y una buena tenacidad de muesca son importantes, además como en los aceros A588, la resistencia a la corrosión atmosférica de este tipo de acero es substancialmente mejor que el de los aceros estructurales al carbono.

Esta especificación se limitada a materiales de espesores de hasta 4 in. [100mm]

3.2.4.6. ASTM A514: Especificaciones estándar para placas de acero aleado de alta resistencia a la cedencia, templados y revenidos, apropiados para soldadura.

Esta especificación cubre a los aceros aleados de alta resistencia templados y revenidos para placas de calidad estructural en espesores de 6 in y destinadas principalmente para el uso en puentes soldados y otras estructuras.

El contenido de estas especificaciones trata acerca del alcance de la misma, los documentos aplicables, los requerimientos generales para la entrega, los procesos de fabricación, los tratamientos térmicos, los requerimientos químicos y de tensión, los requerimientos de dureza Brinell, las muestras para ensayos, el número de ensayos, los reensayos y las marcas.

Las tablas que se presentan en esta especificación indican los requerimientos químicos, de dureza y de tensión que deben cumplir este grupo de aceros.

3.2.5. Especificaciones para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío. (AISI)

Estas especificaciones han sido desarrolladas por el Comité del American Iron and Steel Institute, con el fin de presentar información precisa, confiable y útil relacionada con el diseño de acero conformado en frío.

Esta especificación se aplica al diseño de miembros estructurales conformados en frío a partir de láminas, planchas, planchuelas, o barras de acero al carbono o de baja aleación de no más de una pulgada (25,4 mm) de espesor y utilizadas para soportar cargas en un edificio. Está permitido utilizarla para estructuras que no sean edificios siempre que los efectos dinámicos se consideren adecuadamente.

La especificación AISI para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío presenta un tratamiento integrado de dos métodos de diseño, el diseño por tensiones admisibles (ASD) y el diseño por factores de carga y resistencia (LRFD). Ambos métodos son igualmente aceptables, aunque es posible que no produzcan idénticos resultados. Sin embargo, al

diseñar los diferentes componentes de acero conformado en frío de una estructura no se deben mezclar estos dos métodos.

Las Especificaciones para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío esta constituida de seis secciones que se indican a continuación:

1. Requisitos generacionales
2. Elementos
3. Miembros
4. Conjuntos estructurales
5. Uniones y conexiones
6. Ensayos para casos especiales

3.2.6. Código de práctica normalizada para edificios y puentes de acero. (AISC)

El American Institute of Steel Construction ha realizado un control continuo de la industria del acero estructural para determinar las prácticas estándares, y a partir de 1924 ha publicado su código de práctica normalizada. A partir de esa fecha, el código ha sido actualizado periódicamente para reflejar las nuevas tecnologías y prácticas de la industria.

Las prácticas definidas en este código han sido adoptadas por el AISC como las normas comúnmente aceptadas por la industria del acero estructural. En ausencia de otras instrucciones en la documentación técnica, las prácticas definidas en este código de práctica normalizada gobiernan la fabricación y construcción de estructuras de acero estructural.

La intención del AISC a través del código de práctica normalizada es proporcionarles a los propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas y demás personas asociadas con la construcción un marco útil para lograr un entendimiento común de las normas aceptables al contratar una construcción de acero estructural.

El código de práctica normalizada para edificios y puentes de acero esta constituido de diez secciones que se indican a continuación:

1. Requisitos generales.
2. Clasificación de los materiales.
3. Planos y especificaciones técnicas.
4. Planos de taller y planos de armado.
5. Materiales.
6. Fabricación y entrega.
7. Armado.
8. Control de la calidad.
9. Contratos.
10. Acero estructural expuesto arquitectónicamente.

3.2.7. Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. (MOP)

Las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes han sido desarrolladas por el Ministerio de Obras Públicas del Ecuador con el fin de proveer a diseñadores, contratistas, ingenieros, arquitectos y demás personas vinculas con el campo de la construcción, una guía con los requerimientos mínimos para el diseño y construcción de caminos y puentes.

Estas especificaciones se encuentran divididas en 8 capítulos que se indican a continuación:

1. Disposiciones generales
2. Medidas generales de control ambiental
3. Movimiento de tierras
4. Estructura del pavimento
5. Estructuras
6. Instalaciones de drenaje y alcantarillado
7. Instalaciones para control del transito y uso de la zona del camino
8. Materiales