

“ Procedimientos de Control e Inspección Aplicados en la Fabricación de la Estructura de un Puente Soldado de acuerdo al Código AWS D1.5”

AUTORES

Héctor Acosta Herrera.¹, Omar Serrano V.²

¹Ingeniero Mecánico 2006.

²Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politecnica del Litoral, 1973, Master en Metalurgia EEUU, Colorado School of Mines 1980, Master en Soldadura EEUU, Ohio State University 1990, Profesor ESPOL desde 1973.

RESUMEN

El objetivo primordial de la presente tesis es la de presentar un método de control de calidad inspección aplicados a la fabricación de un puente y de esta manera crear una cultura de calidad en todo el proceso de fabricación, dándole mayor énfasis al control e inspección de la soldadura.

Para obtener mejores resultados en el control de calidad durante la fabricación, se ha adaptado un programa de Inspección el cual incluirá los diferentes controles e inspecciones que deben realizarse. Se inspeccionará la calidad de las uniones soldadas mediante los métodos: Visual, Líquidos Penetrantes, Ultrasonido y Partículas Magnéticas. Los resultados de estos ensayos deben encontrarse dentro de los criterios de aceptación y rechazo de la AWS D 1.5.

Finalmente se analizará el control de reparaciones, si es que el caso así lo amerita, y luego se verificará que se realice un correcto despacho de los elementos fabricados. Esta tesis puede ser utilizada como una guía para el control e inspección de puentes soldados que sean fabricados bajo el código AWS D1.5.

ABSTRACT

The primordial objective of the present thesis, is to present a method of control of quality inspection applied to the production of a bridge and of this way to create a culture of quality in the whole process of production, giving bigger emphasis to the control and inspection of the welding.

To obtain better results in the control of quality during the production, a program of Inspection has been adapted which will include the different controls and inspections that should be carried out. The quality of the unions

welded will be inspected by means of the methods: Visual, Penetrant Liquids, Ultrasonic and Magnetic Particles. The results of these testing should be inside the approaches of acceptance and rejection of the AWS D 1.5.

Finally the control of repairs will be analyzed, if it is necessary, and then it will be verified the correct shipment of the manufactured elements. This thesis can be used as a guide for the control and inspection of welded bridges that are manufactured under the code AWS D1.5.

INTRODUCCION

La necesidad de mejorar el sistema vial en nuestro país con el fin de desarrollar la comunicación y la producción en zonas en las cuales el acceso es difícil, ha hecho que se comience a fabricar puentes que utilicen estructuras metálicas soldadas durante su proceso de fabricación.

Un factor primordial para el funcionamiento correcto de cualquier organización es la calidad de sus productos y servicios. Actualmente existe una creciente toma de conciencia, en la cual todas las organizaciones tienen muy claro que para la obtención de buenos rendimientos económicos es necesario un mejoramiento continuo de la calidad.

La manera de garantizar que se está cumpliendo con todos los requisitos de fabricación es mediante la elaboración de un Programa de Puntos de Inspección, el mismo que debe cumplirse rigurosamente en todas las etapas de fabricación.

La calificación de procedimientos de soldadura y la aplicación de ensayos no destructivos, así como también la correcta selección de los soldadores asegura la calidad estructural del proceso de soldadura.

CONTENIDO

1. Consideración General.

En el presente trabajo se realizará el control e inspección de un puente ubicado en el sector Norte de Quito, el cual pasará sobre una Quebrada denominada "Gualo". Este puente unirá dos sectores importantes de la ciudad, y forma parte de la Nueva Vía Oriental.

1.1 Elementos que constituyen el puente.

El puente a fabricarse está constituido por vigas denominadas también dovelas. La longitud total del puente es de 135 metros, con un ancho total de 13 metros y está formado por dos calzadas. Cada una de estas calzadas

consta de 4 columnas de vigas. Cada columna esta constituido por 3 tramos de vigas: 2 laterales y uno central. Los tramos laterales consisten de 4 vigas, y el tramo central de 5 vigas.

La estructura del puente consta de las siguientes partes principales como son:

- Tornapuntas
- Articulaciones
- Vigas con sus arriostramientos.

2. Análisis del Programa de Inspección.

El proceso de construcción del puente se basa en un plan o programa de inspección durante todas sus etapas de fabricación desde el recibo de la materia prima hasta el despacho del producto terminado.

El programa de inspección que se presenta a continuación esta dividido de acuerdo a las inspecciones que deben realizarse, respaldados en los códigos, especificaciones o documentos correspondientes según el proceso que se este realizando y se detallan en la tabla I.

3. Tolerancias

Las dimensiones de los elementos estructurales soldados deberán cumplir con las siguientes tolerancias:

- Para las planchas cortadas se debe cumplir con lo indicado en la tabla II.
- La máxima variación en la rectitud de los tornapuntas será de:

Para:

- Longitudes menores a 9 m

1mm X No. de metros de la longitud total.

**TABLA I
PROGRAMA DE INSPECCION**

ITEM	PROCESOS	INSPECCION Y PRUEBAS	NORMA, ESPECIFICACION O DOCUMENTO DE REFERENCIA
1	Fabricación	Marcas de Identificación en cada Plancha provenientes de fabrica	ASTM A6
		Procedimientos de Soldadura	AWS D1.5
		Calificación de Soldadura y Soldadores	AWS D1.5
		Armado de Tornapuntas y articulaciones	Planos
		Armado de las Vigas	Planos
		Control de Longitudes	Planos
		Preparación de Biseles y Dimensiones	Planos
2	Soldadura Terminada	Inspección Visual de Acabado (Poros, escorias, mordeduras, etc)	AWS D1.5
		Control Dimensional de Soldaduras	AWS D1.5
		Ensayos No Destructivos	AWS D1.5
3	Pintura	Inspección Visual : Preparación de Superficie Aplicación del Recubrimiento	SSPC - SP 1 SSPC - SP 2 SSPC – SP 3

Longitudes entre 10 y 15 metros.

- La variación puede ser de 10mm.
- La máxima variación entre la línea central del alma y la línea central del patín en la superficie de contacto no debe exceder los 4 mm.
- En la tabla III se especifican las tolerancias permisibles que debe existir en la sección transversal de las vigas.
- Cuando se especifique el ajuste de rigidizadores verticales en el alma, es permisible una abertura de 2 mm entre el patín y el rigidizador.
- La tolerancia permisible de los rigidizadores horizontales en lo que respecta a su longitud será de ± 1 mm.
- La variación en rectitud de los rigidizadores verticales y horizontales no debe exceder de 1 mm.

4. Especificaciones del Metal Base.

La norma AWS D1.5 para BRIDGE WELDING CODE, estipula que el material a usarse en construcciones metálicas, entre ellas esta Puentes de Uso Vial, debe cumplir los requisitos de composición, comportamiento y calidad. Para la fabricación del puente se utilizaran planchas de acero ASTM A 588 Grado A.

TABLA II

TOLERANCIAS PERMISIBLES EN LA SECCION TRANSVERSAL DE LAS VIGAS.

Tamaño de Sección Transversal	A'', Altura (mm)	B, Ancho. (mm)	Cuadratura CD, (mm)	E (mm)	C (mm)
Hasta 300 mm, incl.	± 3	± 3	± 2	± 4	5
Sobre los 300 mm	± 5	± 3	± 5	± 4	5

TABLA III
TABLA DE TOLERANCIAS PARA EL CORTE DE PLANCHAS

Longitud (L), mm	Tolerancia (mm)	
L < 3000	± 1,5	
3000 ≤ L ≤ 6000	± 2	
L > 6000	± 3	
	Espesor (e)	
Ancho (A), mm	e ≤ 8mm	e > 8 mm
A ≤ 125	± 1.5	± 2.5
A > 125	± 2	± 3
Longitud (L), mm	Cuadratura, (mm)	
L < 3000	± 2	
3000 ≤ L ≤ 6000	± 5	
L > 6000	± 8	

5. Control de Planos de Taller

Los planos de taller deben contener información mucho más sencilla en detalle de lo que se va a realizar, de tal manera que la persona que va a utilizar estos planos pueda entenderlos de una manera clara y pueda desempeñar en forma correcta su trabajo. El diagrama de la **figura 1** muestra la secuencia de planos de taller que deben realizarse en las etapas de fabricación del puente.

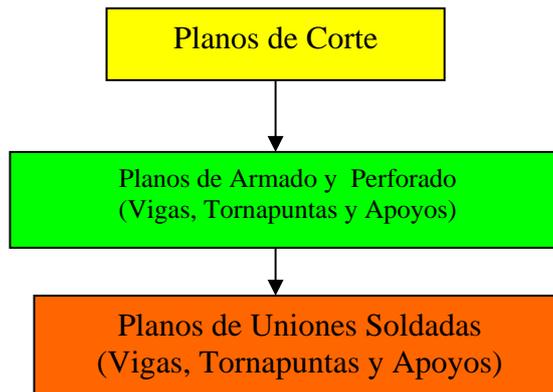


FIG. 1 SECUENCIA DE USO DE PLANOS DE TALLER

6. Calificación de Procedimientos de Soldadura.

El objetivo de la calificación de los procedimientos es verificar que las uniones soldadas posean las propiedades mecánicas necesarias para un comportamiento adecuado en servicio.

Los datos que se deben tener muy en cuenta en la elaboración de los WPS que no se encuentran precalificados, son entre los más importantes: material base, diseño de junta, material de aporte, tratamientos, gas protector, corriente, voltaje, posición de soldadura, etc. Para la selección de estos datos es necesario conocer el proceso de soldadura que se va a calificar.

La especificación o procedimiento de soldadura es el documento que describe todos los requisitos mencionados anteriormente y detalles necesarios para la realización de algún tipo de unión de soldadura. Esta unión es sometida a varios ensayos, y luego de esto se elabora el registro correspondiente, el cual acredita, en su caso, que la unión reúne las propiedades requeridas.

Antes del inicio de la fabricación del puente, se deben realizar los procedimientos (WPS) para soldaduras en filete en las posiciones 2F y 3F proceso SMAW. A continuación se anexa una muestra de los

procedimientos realizados. En la figura 2 se muestran 2 de las 3 pruebas de macro ataque que se realizaron para la calificación del procedimiento en 2F.

En la figura 3 se muestra las dimensiones de la probeta que se utiliza para realizar la calificación del procedimiento de soldadura en filete de acuerdo al AWS D1.5. En la tabla IV se indican los espesores de las placas que conforman la probeta de acuerdo al tamaño de soldadura utilizado en el proceso de fabricación.



Fig. 2 PRUEBAS DE MACROATAQUE PARA SOLDADURAS EN FILETE.

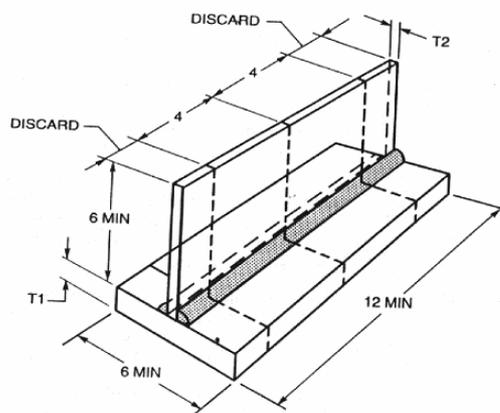


FIG. 3 PROBETA PARA CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA EN FILETE.

TABLA IV
ESPEORES (T1 Y T2) DE LAS PLACAS PARA PROBETA DE CALIFICACIÓN DE WPS
EN FILETE DE ACUERDO AL TAMAÑO DE SOLDADURA, mm (in)

Tamaño de Soldadura.	T1 MIN	T2 MIN
5 (3/16)	12 (1/2)	5 (3/16)
6 (1/4)	20 (3/4)	6 (1/4)
8 (5/16)	25 (1)	8 (5/16)
10 (3/8)	25 (1)	10 (3/8)
12 (1/2)	25 (1)	12 (1/2)
16 (5/8)	25 (1)	16 (5/8)
20 (3/4)	25 (1)	20 (3/4)
>20 (>3/4)	25 (1)	25 (1)

7. Calificación de Soldadores.

Una vez que se establece el procedimiento de soldadura a ser utilizado se procede a la selección de los soldadores, quienes deben tener la habilidad de ejecutar las uniones utilizando los parámetros señalados en el procedimiento de soldadura. En el caso de operadores, la única variable esencial es el proceso de soldadura.

Los resultados de los ensayos para la calificación de soldadores, junto con las características de identificación del soldador, metal de aporte, tipo de inspecciones y resultados que se obtengan, se presentan en un documento llamado WPQ (Registro de Calificación de Soldadores).

8. Plan de Control de Inspección de Soldaduras.

Las especificaciones del contrato indican el tipo de inspección de soldadura y los sitios donde deben ser realizadas tanto en las vigas como en los tornapuntas. En base a estas especificaciones se ha elaborado el Plan de Control de Inspección de Soldaduras que se muestra en la tabla V.

TABLA V
PLAN DE CONTROL DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA

ELEMENTOS	TORNAPUNTAS
Alma-Patín	Inspección Visual 100% y 3% tintas penetrantes
Juntas Dovela	Inspección Visual 100% y 25% Partículas de soldas tornapuntas y tapas
Patín con Junta a tope de Taller	Inspección Visual 100% y 100% de Ultrasonido.
Articulaciones	Inspección Visual 100% y 100% Partículas Magnéticas
Indicaciones Generales	Todos los elementos deben ser completamente alineados (sin torsión)
ELEMENTOS	VIGAS
Alma-Patín	Inspección Visual 100% y 3 % tintas penetrantes
Platabandas - Cubreplacas	Inspección Visual 100% y en zona de cacho 100% Partículas
Nudo (Cacho)	Inspección Visual 100% y 100% Partículas en soldaduras. Todo el nudo debe ser soldado totalmente en taller.
Rigidizadores	Inspección Visual 25%
Juntas a Tope en Patines	Inspección Visual 100% y 100% Partículas Magnéticas y Ultrasonido.
Indicaciones Generales	Todos los elementos deben ser completamente alineados (sin defectos de torsión)

9. CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DEL PUENTE.

Un buen control de calidad asegura que el producto fabricado cumpla con todas las especificaciones y normas correspondientes, brindando seguridad a las personas que lo utilicen. Las planchas deben venir con sus respectivos certificados de calidad.

9.1 Preparación del Metal Base.

Las superficies a ser soldadas deberán ser uniformes, planas y libres de imperfecciones, escamas finas, óxidos, grasa rasgaduras, fisuras y otras discontinuidades que afectarían adversamente la calidad o resistencia de la soldadura.

El método empleado para la preparación de los biseles es cortar con soplete utilizando la tortuga y ubicando el ángulo de bisel indicado en los planos. La figura 4 indica el biselado del alma de una viga.

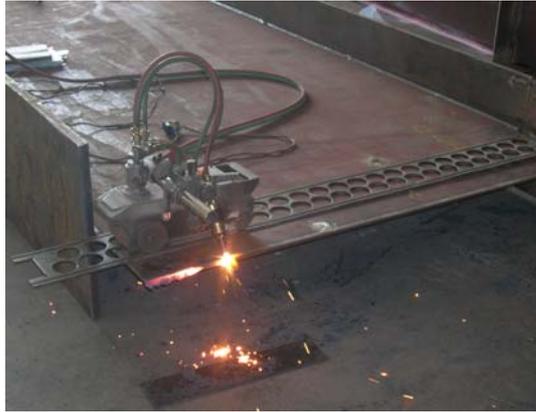


FIG. 4 BISELADO DE PLANCHAS

9.2 Control Dimensional Previo y Post – Corte.

El control dimensional es elaborado en base a las especificaciones de contrato y de acuerdo al plan de aseguramiento de calidad, este trabajo debe ser hecho bajo la responsabilidad de un supervisor.

9.3 Control en la Soldadura de las Tornapuntas y Vigas.

Para garantizar la calidad de las soldaduras, es necesario realizar los siguientes controles: Control de Maquinas, de Juntas Preparadas, de Soldadores y Operadores y de Soldaduras.

9.4 Marcas de Identificación en los Tornapuntas y Vigas.

Los elementos principales como vigas y tornapuntas deben ser identificados antes de ser despachados. Esta identificación debe ser coordinada por el personal de Control de Calidad y el Fiscalizador de la Obra.

9.5 Inspección de Soldaduras.

Para el control de las soldaduras realizadas en taller, se deben realizar las inspecciones en los sitios indicados en el Plan de Control de Inspección de Soldaduras, y de esta manera asegurar que las uniones soldadas cumplen con los requerimientos del AWS D1.5 y la satisfacción del cliente.

Los métodos de inspección que deben utilizarse son los siguientes: Inspección Visual, Líquidos Penetrantes, Partículas Magnéticas y Ultrasonido. Los criterios de aceptación y rechazo para las inspecciones por Ultrasonido, Partículas Magnéticas y Líquidos Penetrantes se fundamentan en el código AWS D1.5

9.6 Control de Reparaciones.

Cuando las soldaduras se encuentren deficientes en cuanto a su calidad y no cumplan con las especificaciones y normas, tendrán que ser removidas por medio de procesos adecuados y efectuarse nuevamente.

9.7 Preparación de Superficie previa Aplicación del Recubrimiento.

La selección del método apropiado de preparación del sustrato depende de la naturaleza del mismo, del medio ambiente y de la vida útil de servicio que se espera. El tipo de limpieza que se utilizará en taller para las vigas, tornapuntas, apoyos, etc. será SS PC – SP 1, SSPC – SP 2, SSPC – SP 3.

9.8 Aplicación del Recubrimiento.

El tipo de pintura que se aplicara en los diferentes elementos del puente es Anticorrosivo, la cual proporciona una excelente protección para toda clase de superficie de hierro. Esta formulada con pigmentos inhibidores de la corrosión y resinas alquídicas. Tiene buena resistencia a la interperie y adhesión a las superficies ferrosas.

9.9 Inspección Final y Despacho de los Elementos del Puente.

Cuando se haya finalizado con la fabricación de toda la estructura del puente, es una obligación del contratista proporcionar a la Fiscalización los certificados de análisis que comprueben la calidad de la materia prima utilizada en la fabricación del puente.

CONCLUSIONES

1. Los elementos fabricados en planta por la función que van a desempeñar, deben ser altamente confiables y por lo tanto deben cumplir con todas las especificaciones, normas y tolerancias que contractualmente hayan sido determinadas para su fabricación.
2. La manera de garantizar que se esta cumpliendo con todos los requisitos de fabricación es mediante la elaboración de una Programa de Inspección durante el proceso de fabricación, en donde se ejecutaran inspecciones y ensayos; de tal manera que se tenga seguridad de que solo se utilizan productos que hayan pasado satisfactoriamente las inspeccione o ensayos previstos.
3. La calificación de Procedimientos de Soldadura y Soldadores, constituyen una forma de asegurar que las uniones soldadas van a poseer las propiedades mecánicas necesarias para un comportamiento adecuado en servicio y la ejecución del control de calidad de las uniones soldadas, utilizando métodos de inspección no destructivas como partículas magnéticas, líquidos penetrantes y ultrasonido es de gran importancia para lograr que la fabricación de la estructura del puente tenga mayor confiabilidad y seguridad.

4. La aplicación de los distintos métodos de inspección originara un aumento en los costos de fabricación, pero estos se justifican si se toma en consideración la inversión que demanda una obra de tal magnitud y el beneficio que prestaría.

REFERENCIAS

a) Tesis

1. Héctor Acosta, "Procedimientos de Control e Inspección Aplicados en la Fabricación de la Estructura de un puente Soldado de acuerdo al Código AWS D1.5" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)

b) Especificaciones del Proyecto

2. INTERMETAL; Especificaciones Contractuales del Proyecto de Fabricación de la Estructura Soldada sobre la Quebrada Gualo.

c) Artículo de un Libro

3. AISC; Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges. USA 2000

d) Volúmenes de una colección

4. MARKS; Manual del Ingeniero Mecánico; Vol. II y III; 1993.

e) Norma

5. ASTM; American Society for Testing Materials; 1976

f) Código de Soldadura

6. AWS D1.5; American Welding Society (Bridge Welding Code), USA ; 2002.

g) Reporte Técnico

7. ESPOL; Ensayos Mecánicos realizados en el Laboratorio de Sólidos de la FIMCP

h) Libro

8. HORWITZ HENRY; Soldadura Aplicaciones y Práctica; México; 1976.

i) Reporte Técnico

9. SHERWIN WILLIAMS; Preparación de Superficies; 2005

j) Libro

10. AISC; Manual of Steel Construction (LRFD); USA 1994

k) Libro

11. LINCOLN ELECTRIC COMPANY; The Procedure Handbook of Arc Welding. - J.F. Lincoln Foundation; USA 2000

l) Reporte Técnico

12. AGA; Catálogos y Manuales de Soldadura; 2005

m) Volumen de una Colección

13. WELDING HANDBOOK; Fundamentals of Welding Vol. 1, Miami, 1976

