



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES**

**“Verificación del Programa de Puntos de Inspección (PPI)
Ejecutado para la Estructura Metálica del Nuevo Puente sobre el
Río Virilla en la Ruta Nacional N° 147”**

Práctica Dirigida para optar por el título de Ingeniero en Materiales con Énfasis en
Procesos Industriales con el grado académico de Bachiller

REALIZADO POR: JUAN PABLO QUIRÓS LEIVA

Profesor Guía: Ing. Mario Conejo Solís

Profesor Lector: Ing. Ronald Brenes Brenes

Asesor: Ing. Álvaro Solís Ramírez

Cartago; junio, 2018



Escuela Acreditada por Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

RESUMEN

Quirós Leiva, Juan Pablo. Junio, 2018. Verificación del Programa de Puntos de Inspección (PPI) ejecutado para la Estructura Metálica del Nuevo Puente sobre el Río Virilla en la Ruta Nacional N° 147, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Profesor Guía: Ing. Mario Conejo Solís. Profesor Lector: Ing. Ronald Brenes Brenes. Asesor: Ing. Álvaro Solís Ramírez.

Se desarrolla, en el CONAVI, una verificación del Programa de Puntos de Inspección (PPI) efectuado sobre la estructura metálica que compone el nuevo puente ubicado sobre el Río Virilla en la Ruta Nacional N° 147. El CONAVI no cuenta con asesoría en los procesos de fabricación de estructuras metálicas, por lo que resulta importante corroborar que los procedimientos realizados por la empresa contratista cumplan con las exigencias de la norma AWS D1.5 y del contrato de la obra. Esto conlleva analizar ensayos destructivos y no destructivos con el objeto de verificar la calidad del acero de suministro (ASTM A709) y de las uniones soldadas de la estructura, respectivamente. Los informes de las pruebas analizados cumplen con los estándares de calidad de las normas pertinentes. El material del puente cumple con los requerimientos deseados de resistencia, dureza y elongación; mientras que, los cordones de soldadura que unen la estructura no poseen defectos de importancia o que puedan afectar negativamente las condiciones de trabajo del puente.

ABSTRACT

In CONAVI, an Inspection Points Program's verification is carried out on the metal structure that makes up the new bridge located on the Virilla River on National Route No. 147. CONAVI does not have advice on the processes of manufacture of metal structures, so it is important to confirm that the procedures performed by the contractor obey with the requirements of AWS D1.5 code and the work's contract. This involves analyzing destructive and non-destructive tests in order to verify the quality of the supply steel and the welded joints of the structure, respectively. The test reports analyzed meet the quality standards of the mentioned code. The bridge material meets the desired strength, hardness and elongation requirements; while, the structure's welds do not have major defects that may negatively affect the working conditions of the bridge.

ACTA DE ENTREGA

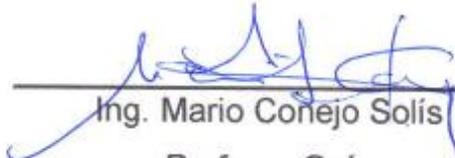
Se certifica que se ha recibido el Informe Final de la Práctica Dirigida, realizada por el estudiante Juan Pablo Quirós Leiva, carné 201303098, la cual se titula: Verificación del Programa de Puntos de Inspección (PPI) ejecutado para la Estructura Metálica del Nuevo Puente sobre el Río Virilla en la Ruta Nacional N° 147 y que se realizó en el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) en el Primer Semestre de 2018.

La Práctica Dirigida es un requisito académico del Programa de Bachiller en Ingeniería en Materiales de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Este documento ha sido declarado

Público

Confidencial


Ing. Mario Conejo Solís
Profesor Guía


Juan Pablo Quirós Leiva
Estudiante


Ing. Ronald Brenes Brenes
Profesor Lector


MSc. Oscar Chaverri Quirós
Director de Escuela de Ciencia e
Ingeniería de los Materiales

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Señores

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Biblioteca José Figueres Ferrer

Yo Juan Pablo Quirós Leiva, carné 2013030981, autorizo (X) no autorizo () a la Biblioteca José Figueres Ferrer del Instituto Tecnológico de Costa Rica, disponer del trabajo final realizado por mi persona, con el título: “Verificación del Programa de Puntos de Inspección (PPI) Ejecutado para la Estructura Metálica del Nuevo Puente sobre el Río Virilla en la Ruta Nacional N° 147”, para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC para su acceso a través de la red de internet.



Juan Pablo Quirós Leiva

Cédula: 304900311

AGRADECIMIENTO

A Dios. Por todo.

Al Ing. Álvaro Solís Ramírez por su apoyo, consejo, guía, orientación y tutela a lo largo de la pasantía en el CONAVI.

Al Ing. Andrés Muñoz Piedra por su ayuda en el ingreso al CONAVI.

Al Ing. Oldemar Sagot González por su cordial recibimiento en la Unidad Ejecutora BCIE/CONAVI

Al inspector Kevin Porras, por su orientación y ayuda en los trabajos en campo.

A todos los demás compañeros de la Unidad Ejecutora BCIE/CONAVI y compañeros del proyecto en campo, por su amabilidad, apoyo y ayuda.

Al Ing. Mario Conejo Solís, por su ayuda, guía y orientación en el desarrollo de la practica dirigida.

A todos mis familiares y seres queridos que me han brindado apoyo durante todo este tiempo.



DEDICATORIA

*Para mis papás, Carlos y Taos.
Porque les debo absolutamente todo.*



*“Los errores son el puente
entre la inexperiencia
y la sabiduría”.*

-Phyllis Theroux.

ÍNDICE

RESUMEN	ii
ABSTRACT	ii
CARTA DE ENTENDIMIENTO	iii
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	14
A. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	14
B. JUSTIFICACIÓN.....	15
C. OBJETIVOS.....	17
1. Objetivo General	17
2. Objetivos Específicos	17
D. ALCANCES Y LIMITACIONES	18
1. Alcances.....	18
2. Limitaciones	19
II. MARCO TEÓRICO	21
A. NUEVO PUENTE EN LINDORA	21
1. Descripción del Proyecto	21
2. Materiales y Recursos.....	23
3. Metodología del Proyecto	24
B. PROCESO DE FABRICACIÓN	26
1. Generalidades.....	26
2. Corte y Armado	26

3.	Procesos de Soldadura	27
4.	Acabado y Pintura	31
C.	TIPOS DE DEFECTOS EN LA SOLDADURA	32
D.	CONTROL DE CALIDAD.....	36
1.	Ensayos Destructivos o Mecánicos	36
2.	Ensayos No Destructivos (END)	40
3.	Calidad en Pinturas	50
III.	METODOLOGÍA	52
IV.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	55
A.	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.....	55
B.	IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL DE LA ESTRUCTURA	57
1.	Ensayo de Dureza.....	57
2.	Ensayos de Tensión e impacto (prueba charpy)	59
C.	CONTROL DE PROCESOS DE CORTE Y ARMADO.....	61
D.	CONTROL DE CALIDAD EN PROCESOS DE SOLDADURA	63
1.	Soldadura en Pila Uno	64
2.	Soldadura en Pila Dos	75
3.	Soldadura en Tablero.....	83
E.	CONTROL DE CALIDAD EN PROCEDIMIENTOS DE ACABADO.....	90
1.	Mediciones de Perfil de Anclaje	90
2.	Mediciones de Espesor de Capa	92
V.	CONCLUSIONES	95
VI.	RECOMENDACIONES.....	96
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
TABLA 1.	Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A709.....	23
TABLA 2.	Registro de Ensayos de Tensión e Impacto para Diferentes Grosos de Láminas de Acero ASTM A709.	60

ÌNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
FIGURA 1.	Representación del Puente Tipo Pórtico y sus Conjuntos	22
FIGURA 2.	Vista Transversal de la Estructura del Puente.	22
FIGURA 3.	Proceso Inicial de Montaje de la Estructura Metálica.	25
FIGURA 4.	Equipo de Trabajo para el Proceso SMAW.	28
FIGURA 5.	Equipo de Trabajo de Máquina MIG.	29
FIGURA 6.	Equipo de Trabajo para Proceso SAW.	31
FIGURA 7.	Porosidad Dispersa.	32
FIGURA 8.	Porosidad Alongada.	33
FIGURA 9.	Inclusión de Escoria.....	33
FIGURA 10.	Falta de Fusión.	33
FIGURA 11.	Falta de Fusión entre el Metal de Soldadura y el Metal base.	34
FIGURA 12.	Falta de Llenado.	34
FIGURA 13.	Socavación.	34
FIGURA 14.	Traslape.....	35
FIGURA 15.	Laminaciones.....	35
FIGURA 16.	Grietas Longitudinales.	36
FIGURA 17.	Grietas Transversales.....	36
FIGURA 18.	Máquina Universal para Ensayo de Tensión.	38
FIGURA 19.	Máquina para Ensayo de Impacto (Charpy).	40
FIGURA 20.	Perfiles de Soldadura Deseables y Aceptables para Filete.	42
FIGURA 21.	Perfiles de Soldadura Inaceptables para Soldaduras a Filete.	42
FIGURA 22.	Perfiles de Soldadura Inaceptables para Soldaduras a Ranura.	43
FIGURA 23.	Tamaño máximo aceptable de la discontinuidad para determinada penetración de cordón de soldadura sometido a tracción.	45
FIGURA 24.	Tamaño máximo aceptable de la discontinuidad para determinada penetración de cordón de soldadura sometido a compresión.	45

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
FIGURA 25.	Categorización de las Indicaciones para Soldadura Sometida a Tracción.....	47
FIGURA 26.	Categorización de las Indicaciones para Soldadura Sometida a Compresión.....	48
FIGURA 27.	Manual de Procedimientos Confeccionado para CONAVI.....	56
FIGURA 28.	Resultados de Ensayo de Dureza para ASTM A709.....	57
FIGURA 29.	Gráfica de Mediciones para Operación de Corte.....	62
FIGURA 30.	Gráfica de Mediciones para Operación de Armado.....	62
FIGURA 31.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Inspección Visual de Autocontrol para la Pila Uno.....	65
FIGURA 32.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Autocontrol para la Pila Uno.....	67
FIGURA 33.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Ultrasonido de Autocontrol para la Pila Uno.....	68
FIGURA 34.	Indicación de Reparación de Salpicadura como Método de Verificación para la Pila Uno.....	71
FIGURA 35.	Indicación de Inspección Visual Completada y Aprobada para la Verificación de la Pila Uno.	71
FIGURA 36.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Verificación para la Pila Uno.	72
FIGURA 37.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Radiografía de Verificación para la Pila Uno.	74
FIGURA 38.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Inspección Visual de Autocontrol para la Pila Dos.....	76
FIGURA 39.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Autocontrol para la Pila Dos.....	77
FIGURA 40.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Ultrasonido de Autocontrol para la Pila Dos.....	79
FIGURA 41.	Indicación de Reparación para Pila Dos.....	80

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
FIGURA 42.	Indicación de Porosidad para Pila Dos.	81
FIGURA 43.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Verificación para la Pila Dos.	81
FIGURA 44.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Radiografía de Verificación para la Pila Dos.....	82
FIGURA 45.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Inspección Visual de Autocontrol para el tablero.	84
FIGURA 46.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Autocontrol para el tablero.	85
FIGURA 47.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Ultrasonido de Autocontrol para el tablero.	86
FIGURA 48.	Indicación de Falta de Soldadura en Tablero.	87
FIGURA 49.	Indicación de Reparación en Tablero.	87
FIGURA 50.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Verificación para el tablero.....	88
FIGURA 51.	Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Radiografía de Verificación para el tablero.	89
FIGURA 52.	Gráfica de Mediciones de Perfil de Anclaje para los Tres Principales Conjuntos de la Estructura.	91
FIGURA 53.	Gráfica de Mediciones de Espesor de las Tres Capas de Pintura para los Tres Principales Conjuntos de la Estructura.	93

I. INTRODUCCIÓN

A. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre: Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI)

Actividad a la que se dedica: planificación, programación, administración, financiación y control de proyectos de infraestructura vial en Costa Rica.

Apartado postal: 616-2010, Zapote, San José, Costa Rica.

Dirección exacta: 50 m Este y 10 m Norte de la Rotonda Betania, Montes de Oca, San José.

Teléfono: 22025300

Número de fax: 22535705 (Unidad ejecutora BCIE)

Correo electrónico: contraloría.servicios@conavi.go.cr

De acuerdo a su sitio web (www.conavi.go.cr), el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) inició operaciones en el año 1999 como un órgano con desconcentración máxima y adscrito al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Este Consejo tiene personalidad jurídica instrumental y presupuestaria para administrar el Fondo de la red vial nacional, de forma que es capaz de contratar y suscribir empréstitos para velar por los proyectos de infraestructura vial de Costa Rica.



B. JUSTIFICACIÓN

Se desarrolla un proyecto de verificación orientado al aseguramiento de la calidad de la estructura metálica del nuevo puente sobre el Río Virilla ubicado sobre la ruta nacional N° 147 Radial Lindora. Se ejecuta una inspección sobre la realización de ensayos mecánicos, ensayos no destructivos y pruebas de pintura con el objeto de velar por el correcto cumplimiento de las normas especificadas en el contrato de la construcción de la obra. De esta manera, se revisan los resultados obtenidos de los ensayos mecánicos efectuados sobre el material de suministro con el fin de corroborar sus propiedades con el certificado de calidad suministrado por el suplidor. Asimismo, se analizan los resultados de las pruebas no destructivas desarrolladas sobre las uniones soldadas de forma que la aprobación o rechazo de dichas juntas, sea conforme a lo que estipulan las normas *AWS D1.1* y *AWS D1.5*. Además, se comprueba la calidad del acabado superficial y pintura de la estructura gracias a las pruebas de perfil de anclaje y mediciones de espesores que se comparan con lo que señalan los planos de fabricación de la estructura, así como también las fichas técnicas de las pinturas. Finalmente, se elabora un manual de procedimientos que enliste las principales operaciones que lleva el control de calidad de una estructura metálica de un puente, esto con el objeto de poseer una base de verificación para futuros proyectos del CONAVI.

La responsabilidad del aseguramiento de la calidad de la estructura metálica del puente de Lindora se adjudica a las empresas contratistas. No obstante, el CONAVI, como ente rector de los proyectos de infraestructura vial, se encuentra en necesidad de velar por el buen desarrollo de los procesos de transformación del acero, de la misma manera que lo hace con las obras de concreto y pavimento. Dado a que el tipo de estructura que compone el nuevo puente de Lindora es, en su mayoría, fabricada en acero; se debe tener un riguroso control de los procesos a los que es sometido este material desde su suministro hasta sus operaciones de acabado. Sin embargo, el CONAVI no cuenta con personal especializado en el área de procesos de fabricación de estas estructuras por lo que, es importante la realización de este proyecto con la finalidad de supervisar los procedimientos a los

que se somete el metal. Con esto, no se pretende que el CONAVI se involucre directamente en la ejecución de ensayos y pruebas, sino que se analicen los resultados obtenidos de estos procedimientos desarrollados por las empresas contratistas.

Las empresas contratistas y subcontratistas de este proyecto se convierten, entonces, en los principales ejecutores de las pruebas de verificación y autocontrol que busquen garantizar la calidad del conjunto metálico. Por lo tanto, la finalidad de este proyecto es inspeccionar la realización de los ensayos, sus resultados y el cumplimiento de los códigos respectivos con el objeto de asegurar la calidad de la estructura y generar un registro para el CONAVI. Por tanto, se implementa el uso de normas de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) para conocer las pautas que se deben cumplir en el desarrollo de estructuras metálicas de puentes, o bien, para ensayos a los materiales que las componen. Estos códigos se obtienen de la base de datos del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Por su parte, los resultados de los ensayos y pruebas son suministrados por las mismas empresas contratistas encargadas de su realización.

Igualmente, la redacción de un manual de procedimientos para el CONAVI es un instrumento de gran importancia con vistas a futuros proyectos a cargo de la institución. Como se mencionó, el CONAVI no cuenta con equipo especializado en el apartado de procesos de fabricación de estructuras metálicas por lo que una guía de lineamientos básicos resulta una buena herramienta para conocer los principales puntos a considerar en una inspección de calidad. Para este documento, se hace uso de las mismas normas que rigen la aceptación de los ensayos mencionados con el fin de adaptarlo de la mejor forma posible a las exigencias que se solicitan en esta clase de obras. Asimismo, se utiliza como base el plan de calidad suministrado por la empresa contratista (COPISA), el cual permite establecer un lineamiento de los principales puntos de inspección que se deben verificar en la fabricación de la estructura metálica. Cabe destacar que, a pesar del uso de este plan de calidad, el manual de procedimientos se adecua a estructuras metálicas de puentes en general y no exclusivamente para el nuevo puente de Lindora.

C. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Verificar el Programa de Puntos de Inspección (PPI) efectuado sobre la estructura metálica que compone el nuevo puente ubicado sobre el Río Virilla en la ruta nacional N° 147 Radial Lindora, para un correcto cumplimiento del contrato del proyecto y las normas AWS D1.1 y AWS D1.5.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1.** Confeccionar un manual de procedimientos que permita el establecimiento de una guía para una correcta inspección de calidad de una estructura metálica, con vistas a futuros proyectos que conlleven la implementación de acero, así como también, para el empleo en la evaluación de la estructura de la ampliación del puente en la radial indicada.
- 2.2.** Inspeccionar la realización de ensayos mecánicos, no destructivos u otro tipo de prueba; de forma que, se garantice un eficiente control de calidad de la estructura metálica del nuevo puente de Lindora.
- 2.3.** Comparar los resultados obtenidos de los ensayos mecánicos efectuados al acero ASTM A709, en su condición de suministro, con respecto a las propiedades que se establecen en su certificado de calidad.
- 2.4.** Corroborar el correcto cumplimiento de las normas AWS D1.5 y AWS D1.1 en las uniones soldadas de la estructura por medio

de los ensayos no destructivos realizados por la empresa contratista.

- 2.5. Verificar la calidad del proceso de acabado y pintura en la estructura metálica del puente con base en lo que establece el contrato del proyecto y el proveedor de la pintura en los certificados de calidad y fichas técnicas.

D. ALCANCES Y LIMITACIONES

1. ALCANCES

Como se ha detallado, este proyecto busca velar por un adecuado cumplimiento de las normas y el contrato del proyecto para el aseguramiento de la calidad de la estructura metálica del nuevo puente de Lindora. El tiempo en el que se trabaja en dicha obra es de aproximadamente seis meses a partir del momento que las primeras estructuras metálicas empiezan su fabricación. El proyecto se involucra con la manufactura de las diferentes secciones de la estructura desde el ingreso de la materia prima hasta la entrega y colocación de la misma en su correcta ubicación. Por tanto, se abarcan todas aquellas operaciones que pueden llegar a interferir con la calidad del conjunto a corto, mediano o largo plazo.

Consecuentemente, esta labor implica verificación e inspección de los materiales a utilizar (validados por su certificado de calidad), las operaciones de corte y armado y los procesos de soldadura a utilizar (WPS, QPR). Posterior a esto, se asegura el correcto cumplimiento de los procesos de soldadura y todas las operaciones que estos conllevan en conforme a las normas de la AWS, específicamente, los códigos *AWS D1.1* y *AWS D1.5*. Asimismo, se analizan todos los ensayos mecánicos realizados sobre el acero en suministro, así como también los ensayos no destructivos efectuados sobre las uniones soldadas, tales como inspección visual,



partículas magnéticas, ultrasonidos y radiografías. Finalmente, las operaciones de acabado y pintura componen la fase final de la estructura antes de ser entregada. Por lo tanto, estas operaciones deben poseer un apartado específico en este proyecto donde se analice su correcta ejecución. Este proceso de pintado es regido por el contrato del proyecto y por lo que estipula el proveedor de la pintura.

2. LIMITACIONES

El proceso de ampliación del puente sobre el Río Virilla en la Radial Lindora es una obra de una escala bastante grande, por lo que resulta importa delimitar el área de estudio de esta verificación de calidad para poder ajustarse de mejor forma a los requerimientos de este proyecto. Igualmente, es importante destacar que, existen muchas funciones que se excluyen del proyecto puesto que no se encuentran dentro de los parámetros que el CONAVI maneje directamente puesto que son funciones específicas de las empresas contratistas. Es decir, hay atribuciones propias de las empresas COPISA y Steel, incluso UNOPS, en las que CONAVI no tiene que involucrarse de forma inmediata, debido a que ese es el objetivo de las licitaciones.

En primera instancia, no se estarán realizando ensayos mecánicos, destructivos, no destructivos sobre los materiales o uniones soldadas por parte del CONAVI debido a que ya se cuentan con dos empresas distintas que se encargan de dichas operaciones: STEEL para autocontrol y UNOPS para verificación. De esta manera, teniendo ya dos procesos de autocontrol y verificación, resultaría redundante la ejecución de más pruebas de esta índole. No obstante, este proyecto si estará analizando los resultados obtenidos de todos los ensayos realizados, tanto los de verificación como los de autocontrol.

Por motivos de amplitud del proyecto, no habrá una verificación del cumplimiento de lo que estipula la norma AWS en cuanto a la calificación de



los soldadores (WPQ). De esta forma, se pretende dar un mayor énfasis a los procedimientos de soldadura diseñados (WPS) y sus respectivas calificaciones (QPR).

II. MARCO TEÓRICO

Para mayor claridad del panorama que se tiene, es importante dividir de una forma adecuada las principales bases teóricas que se afrontan. Con esto, se pretende buscar una mayor comprensión de los resultados y el análisis de los mismos en el posterior apartado. Consecuentemente, en esta sección se inicia con una explicación de proyecto del nuevo puente en Lindora, en donde se detallan los materiales implementados en la estructura metálica, así como también la metodología con la que se lleva a cabo por parte de la empresa contratista. Seguidamente, se expone el proceso de fabricación que sigue la estructura, puntualizando en sus operaciones de corte, armado, procedimientos de soldadura y acabado. Finalmente, se enfatiza en los procedimientos de control de calidad que se realizaron sobre el conjunto, desde ensayos mecánicos y no destructivos hasta las pruebas de calidad en el acabado y la pintura.

A. NUEVO PUENTE EN LINDORA

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) inicia, a mediados del año 2017, la duplicación del puente sobre el Río Virilla en la Ruta Nacional N° 147 Radial Lindora. El proyecto se realizó bajo el financiamiento del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). Asimismo, la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) se encargó de la supervisión y del proceso de licitación, en el que, contrató a la empresa Constructora Pirenaica S.A. (COPISA) para la fabricación del puente.

El Anexo N° 8 del *Diseño de Detalle de la Duplicación del Puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional N° 147 “Radial Lindora”* (2016, p. 462) manifiesta que, la solución que se implementa para el cruce sobre el cauce del Río Virilla, es la construcción de un puente tipo pórtico con una estructura mixta

entre concreto y acero. Esta estructura de acero se puede tratar seccionándola en tres grandes conjuntos: Pila uno, Pila dos y Tablero. Estos grandes elementos pueden apreciarse de una mejor forma siguiendo las siguientes figuras:

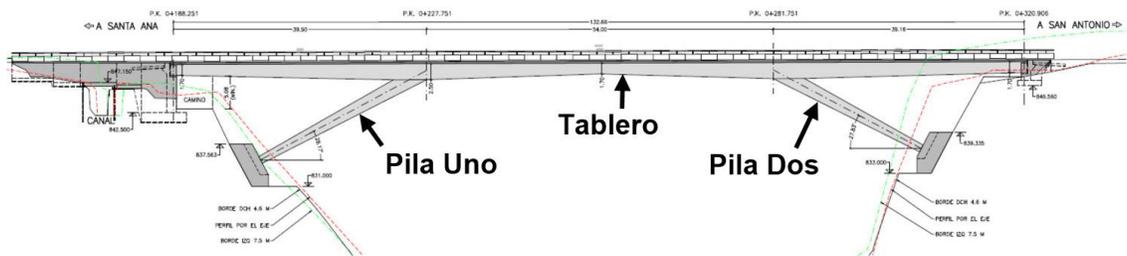


FIGURA 1. Representación del Puente Tipo Pórtico y sus Conjuntos

Fuente: Diseño de Detalle de la Duplicación del Puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional N° 147 “Radial Lindora” (2016).

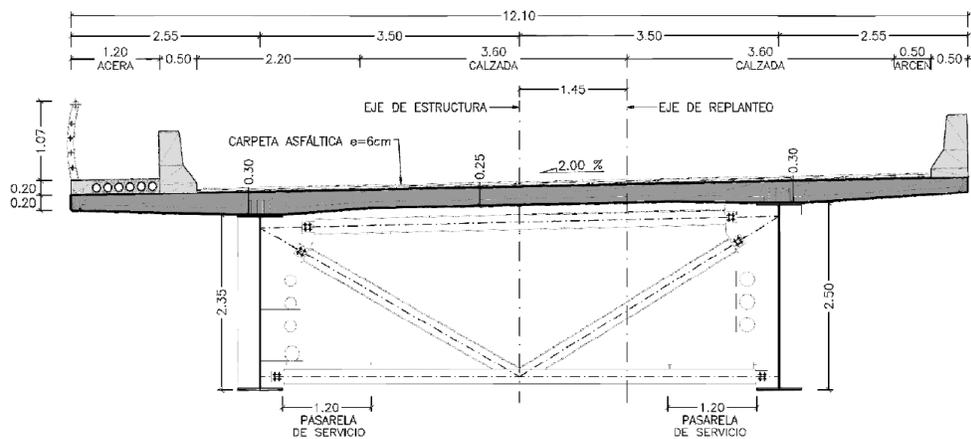


FIGURA 2. Vista Transversal de la Estructura del Puente.

Fuente: Diseño de Detalle de la Duplicación del Puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional N° 147 “Radial Lindora” (2016).

Con base en El Anexo N° 8 del *Diseño de Detalle de la Duplicación del Puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional N° 147 “Radial Lindora” (2016, p. 463)*, el tablero de la estructura metálica es una sección de dos vigas doble T de canto (espesor) variable, pero de peralte constante. Estas vigas se

encuentran unidas, además de la losa superior, por diafragmas transversales intermedios en K, los cuales consisten en perfiles metálicos que buscan satisfacer las condiciones de carga a las que se encuentra sometido el puente.

Por su parte, las pilas también se encuentran formadas por dos vigas doble T las cuales poseen un sistema de arriostramientos excéntricos que brindan de estabilidad lateral a estos elementos. Es importante mencionar que las pilas no son exactamente iguales entre sí puesto que, debido a variaciones de terreno, presentan diferencias en dimensiones. De igual forma, por motivos de montaje y colocación la pila uno se divide en dos tramos unidos por una junta de pernos, en contraste con la pila dos que presenta solo uniones soldadas.

2. MATERIALES Y RECURSOS

Para la fabricación de la estructura metálica del puente, se utiliza un acero en conformidad con la norma *ASTM A709 (2002)*. Este material se obtiene en forma de láminas con diversos espesores, entre los cuales están: 10 mm, 16 mm, 19 mm, 22 mm, 25 mm, 32 mm, 38 mm, 44 mm, 51 mm, 63 mm y 76 mm. Para la obtención de este acero, se cuenta con proveedores estadounidenses y chinos. Las propiedades mínimas que debe cumplir este material, de acuerdo a la norma *ASTM A709 (2002, p. 2)*, se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 1. Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A709

Propiedad	Valor
Resistencia a la fluencia (MPa)	345
Resistencia a la tracción (MPa)	450
Elongación (%)	18
Energía absorbida (J)	34

Fuente: ASTM A709 (2002).

Por otro lado, la pintura se suministra por medio de la empresa Hempel. Este recubrimiento se da, según el contrato del proyecto, en tres capas: base, intermedia y acabado. Por tanto, se utiliza la pintura Hempadur Fast Dry 17410 para la capa base, Hempadur Mastic 45880 para la capa intermedia y Hempthane HS 55610 para la capa de acabado.

3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

La metodología que llevó a cabo la empresa contratista COPISA para la fabricación y montaje del puente conlleva una serie de fases interconectadas que aseguran productividad y eficacia. Primeramente, se subcontrató a la empresa conocida como STEEL para la construcción de la estructura metálica y todas las operaciones y procedimientos que esta requiera. De esta forma, la empresa STEEL se encargó de la obtención del acero de suministro, las operaciones de corte, armado, los procesos de soldadura, la calificación de los procedimientos de soldadura, la calificación de los soldadores y los procesos de acabado y pintura. Asimismo, STEEL es responsable del autocontrol de calidad de la estructura, por lo que realiza los ensayos mecánicos y no destructivos pertinentes. Una vez que STEEL finalizará con la fabricación de la estructura con base en los planos de diseño y taller del proyecto, la empresa COPISA se encarga de realizar el montaje de los conjuntos en la zona donde se pretende la colocación del puente.

Las estructuras de las pilas y tableros se ensamblaron y pintaron casi en su totalidad en el taller de STEEL en el cantón de Orotina de Alajuela. De esta forma, conforme se fueron finalizando los conjuntos, se fueron enviando a la zona de Lindora para su correspondiente colocación.

Primeramente, se dio la colocación de la pila dos (lado Santa Ana) la cual se sujeta desde uno de sus extremos para evitar contacto con las líneas de tensión eléctrica. Esta se posiciona en sección vertical sostenida por unos perfiles metálicos y cables tensores a lo largo de su longitud. De la misma manera se realizó con la pila uno (lado Belén), con la excepción de que el

montaje se ejecutó en dos partes puesto que se trataron por separado ambos tramos de la pila debido a su unión pernada.

Conforme se iban terminando la fabricación de los tramos de tablero, se fueron enviando a la zona de Lindora. El proceso de montaje de tablero se dio en tres partes: lado Santa Ana, lado Belén y tramo central. Para esto, se procedió con el volteo de ambas pilas hasta colocarlas en su ángulo correspondiente. Luego, con colaboración de la empresa ALE, se realiza el lanzamiento de tablero en cada una de sus partes. Finalmente, se ejecutan los procedimientos de soldadura correspondientes a las uniones entre tablero y pilas y se obtiene la totalidad de la estructura metálica en posición. El proceso de montaje se representa mediante los siguientes diagramas:

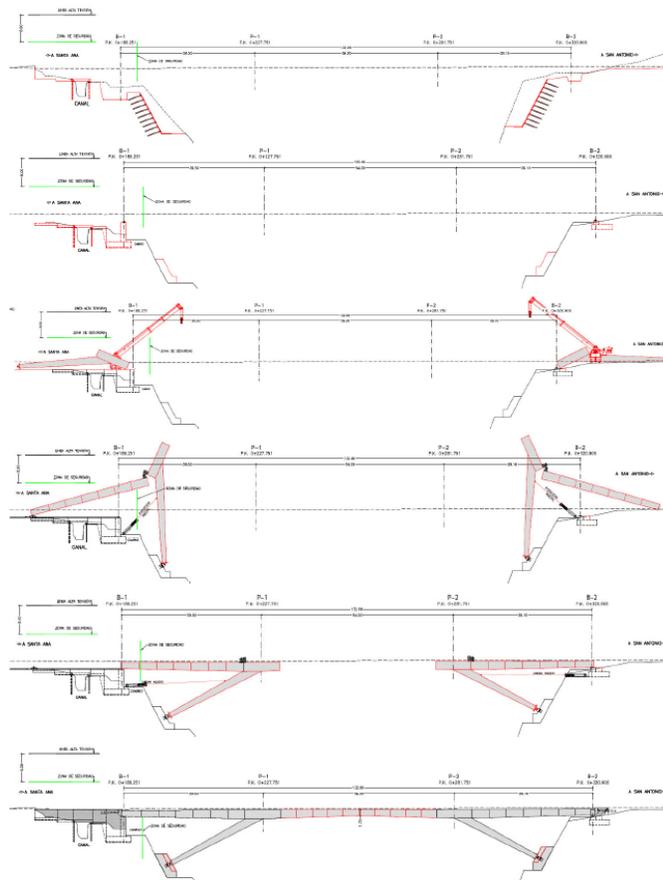


FIGURA 3. Proceso Inicial de Montaje de la Estructura Metálica.

Fuente: Diseño de Detalle de la Duplicación del Puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional N° 147 “Radial Lindora” (2016).

B. PROCESO DE FABRICACIÓN

1. GENERALIDADES

El proceso de fabricación de la estructura metálica del nuevo puente que une San Antonio de Belén y Santa Ana conlleva una serie de etapas, las cuales deben ser trabajadas con especial cuidado para asegurar la calidad de todo el conjunto. Primeramente, después de la obtención del material de suministro, se debe iniciar con las operaciones de dimensionamiento del mismo. Para esto, se deben ejecutar los procesos de corte, biselado y posteriormente el armado para lo que corresponde al ensamblaje de las partes. La unión del conjunto debe ser permanente en su mayoría, por lo que se emplean procesos de soldadura, específicamente, los métodos de electrodo revestido, alambre y arco sumergido. Finalmente, se le aplican las operaciones de acabado a la estructura, donde se ejecuta un proceso de “sandblasting” para la limpieza de la superficie. Una vez limpia y sin impurezas, la superficie es sometida a diversas capas de pintura para buscar durabilidad y protección.

2. CORTE Y ARMADO

Según el *Anexo 1: P.ST.TA.01-1* del oficio *R147-17-COP-UNOPS-131*, el proceso de corte empleado para la estructura metálica del puente sobre el Río Virilla consiste en corte térmico. Asimismo, este oficio manifiesta que el método debe aplicarse asistido por computadora y solo se ejecutaría manualmente con la aprobación del ingeniero. Para *AWS A3.0 (2015)*, el corte térmico es aquel proceso de corte que se encarga de remover metal mediante la fusión localizada de material en la pieza. El corte del metal debe realizarse con base en lo que se dicta en los planos de taller, respetando las tolerancias respectivas.



AWS A3.0 (2015) describe el proceso de armado como aquella acción de preparar uno o más elementos, miembros o partes de un conjunto para su respectiva unión. El *Anexo 1: P.ST.TA.01-1* del oficio *R147-17-COP-UNOPS-131* indica que, para el armado, resulta importante verificar los biseles de soldadura y las uniones correspondientes. Luego, se deben colocar los elementos de sujeción (fixtures) que se requieran para alinear y montar las estructuras que deberán ser sometidas a un proceso de soldadura.

Es importante destacar la presencia de un inspector de calidad en cada uno de los procesos u operaciones mencionadas puesto que cualquier pequeña variación en alguna de estas tereas puede traer repercusiones que complique la unión del conjunto. Por tanto, una vez corroborada la calidad de ejecución de dichos procesos, se puede dar inicio al método de ensamblaje que corresponde, en este caso, el proceso de soldadura.

3. PROCESOS DE SOLDADURA

Para la *AWS D1.5 (2015, p. 217)*, la soldadura o el procedimiento de soldadura es aquel método de unión que genera la coalescencia de materiales, calentándolos a su temperatura de soldeo, con o sin la aplicación de presión y con o sin la utilización de metal de aporte. Es un procedimiento altamente utilizado puesto que se caracteriza por la excelente unión de los materiales, la hermeticidad y la confiabilidad que se alcanza.

La unión de los conjuntos que componen la estructura metálica del puente sobre el Río Virilla, se da utilizando tres procesos de soldadura distintos según el tipo de junta que se diseñó. Estos procesos son: soldadura por electrodo revestido, soldadura por alambre y soldadura con arco sumergido. Por este motivo, es necesario detallar las principales características de cada uno de estos métodos.

3.1. Soldadura por Electrodo Revestido (SMAW)

Conforme a *AWS WHB-1.9 (2001)* y a *Inspección y Sistemas de Calidad, S.A. de C.V. (2003, p. 8.4)*, la soldadura de arco metálico con electrodo revestido (SMAW) es aquel método que produce la unión entre dos piezas metálicas mediante la aplicación de calor de un arco eléctrico que se forma entre la punta de un electrodo recubierto y la superficie del metal base. El electrodo revestido corresponde a una varilla que se encarga de conducir la corriente y entregar el metal de aporte.

El equipo requerido para este proceso se compone de portaelectrodos, conexión a tierra (pieza), el electrodo y la fuente.

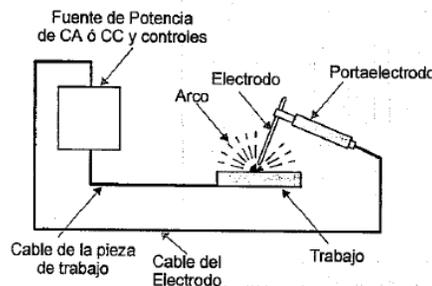


FIGURA 4. Equipo de Trabajo para el Proceso SMAW.

Fuente: Inspección y Sistemas de Calidad, S.A de C.V. (2003).

Entre las ventajas que tiene el proceso de soldadura SMAW destacan: equipo sencillo y económico, el electrodo y su fundente garantiza una correcta protección del baño de posibles oxidaciones, no se requiere protección con gas, ideal para trabajos en campo, se puede aplicar en áreas de difícil acceso, aplicable a la mayoría de metales y aleaciones y permite soldar en todas las posiciones.

Por su parte, las limitaciones del proceso son: es un proceso lento debido al cambio constante de electrodos, requiere gran habilidad del soldador dado su carácter manual, no aplicable a

espesores menores a 2 mm y no productivo a espesores mayores de 38 mm, gran volumen de gases y humos generados.

3.2. Soldadura con Alambre (GMAW/FCAW - MIG)

Para AWS WHB-1.9 (2001) e *Inspección y Sistemas de Calidad, S.A. de C.V. (2003, p. 8.6)*, el proceso de soldadura de arco metálico con gas (GMAW o MIG) hace uso del calor producido por un electrodo consumible y el metal base, dentro de una atmósfera con protección gaseosa.

El proceso FCAW es un método cercano al GMAW con la diferencia que el alambre del electrodo es una sección tubular, rellena de fundente que le garantiza una protección mejor que la generada por el gas. Esta protección genera una escoria sobre el charco que permite la eliminación de óxidos y puede emplearse con o sin la acción de gas protector. Además, la acción del fundente puede brindarle mejores cualidades metalúrgicas al baño por la adición de distintos elementos.

Para ambos procesos el equipo está compuesto por electrodo, varilla (en ocasiones), sistema de alimentación de electrodo, fuente, pistola, gas de protección y material de aporte.

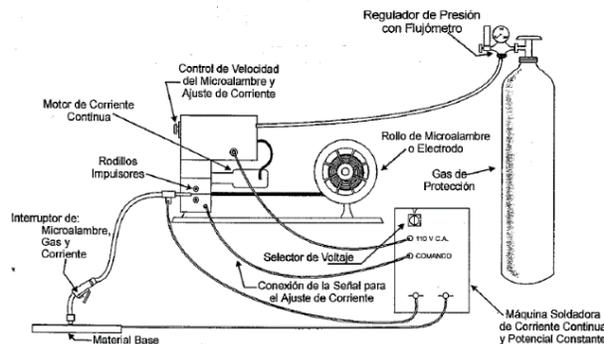


FIGURA 5. Equipo de Trabajo de Máquina MIG.

Fuente: Inspección y Sistemas de Calidad, S.A de C.V. (2003).



Las ventajas que se pueden encontrar cuando se suelda con GMAW o FCAW son: aplicable a todos los metales y aleaciones (GMAW), permite soldar en todas las posiciones, requiere menor habilidad de soldador que SMAW, mayores velocidades de deposición que SMAW y GTAW, no hay necesidad de eliminación de escoria (GMAW), poca cantidad de gases y humos, puede soldar espesores pequeños (< 6 mm) sin necesidad de bisel, mejor penetración que SMAW, tolerables para trabajos en campo por protección de fundente (FCAW), gran aprovechamiento de metal de aporte en GMAW e intermedio para FCAW.

En cuanto a desventaja, se pueden mencionar: equipo más costoso y menos portátil que SMAW, no recomendable para zonas de difícil acceso, susceptible a fisuramiento porque no hay escoria que reduzca velocidad de enfriamiento (GMAW), no apto para campo (GMAW), hay escoria que debe eliminarse (FCAW), solo aplicable a aleaciones ferrosas o con base en níquel (FCAW), electrodos tubulares (FCAW) son más costosos que los sólidos (GMAW).

3.3. Soldadura por Arco Sumergido (SAW)

Con respecto a *AWS WHB-1.9 (2001)* y a *Inspección y Sistemas de Calidad, S.A. de C.V. (2003, p. 8.13)*, la soldadura por arco sumergido (SAW) es aquel proceso que genera la coalescencia de metales calentándolos con un arco entre un electrodo de metal desnudo y una pieza de trabajo. Tanto el metal fundido como el arco se encuentran sumergidos dentro de un manto de fundente granular sobre la pieza. Este fundente granular es favorable porque concede al arco de una gran estabilidad, mejora las propiedades mecánicas y químicas de la soldadura y puede llegar a definir la calidad de la soldadura.

El equipo de un proceso SAW consta de sistema de control de alimentación de alambre, fundente y sistema de suministro, sistema de reciclado de fundente, fuente, sistema de avance y electrodo.

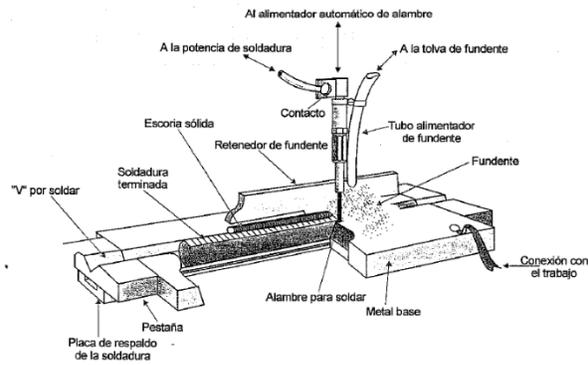


FIGURA 6. Equipo de Trabajo para Proceso SAW.

Fuente: Inspección y Sistemas de Calidad, S.A de C.V. (2003).

También, se destacan las ventajas del proceso, entre las cuales están: aplicable a uniones con bisel poco profundos o sin bisel, elevadas tasas de deposición y velocidades de soldeo, buen acabado, calidad y sin salpicaduras, no hay emisión de humos o gases, arco invisible por lo que la protección del operario es mínima, no existen pérdidas a causa del material de aporte, mejor para aplicaciones de campo que SMAW, no requiere gran habilidad por parte del operario.

Mientras tanto, sus limitaciones comprenden que: solo es aplicable para posición plana y horizontal, solo se utiliza para aceros, requiere una eliminación de la escoria y no es apto para espesores pequeños.

4. ACABADO Y PINTURA

Cuando el proceso de ensamblaje finaliza, lo que procede es iniciar con la ejecución de las operaciones de acabado con el objeto de entregar la estructura en perfectas condiciones y que se garantice su calidad por un

tiempo prolongado. El *Anexo 4: P.ST.TA.06-1* del oficio *R147-17-COP-UNOPS-131* expone al proceso de “sandblasting” como el indicado para la limpieza de superficies. Este documento lo define “sandblasting” como aquella limpieza mecánica superficial que se da mediante un abrasivo de granallas (partículas diminutas) que son disparadas con una presión suficiente para limpiar el elemento con el que impactan. Este ataque provoca un buen acabado superficial que permite al material poseer una rugosidad adecuada para recibir la aplicación de pintura.

El procedimiento de pintura inicia después de las operaciones de limpieza, debido a que se requiere la mejor calidad de superficie posible antes de aplicar las capas de película. El proceso de aplicación de pintura se divide en diferentes capas según lo estipulo el contrato del proyecto.

C. TIPOS DE DEFECTOS EN LA SOLDADURA

Los defectos más destacados en los procesos de soldadura de acuerdo con *AWS D1.5 (2015, pp. 265-268)* y *AWS B1.11 (2000, p. 5-18)* son:

Porosidad: Discontinuidad producida cuando queda gas atrapado en el cordón de soldadura en el momento que este empieza a solidificarse. Tiene forma esférica o esférica alargada. Normalmente puede indicar presencia de hidrógeno en la soldadura que puede conducir a la generación de grietas.



FIGURA 7. Porosidad Dispersa.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

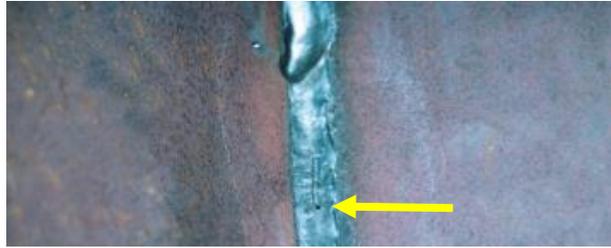


FIGURA 8. Porosidad Alongada.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

Inclusión: Es el resultado de material sólido atrapado en el metal de soldadura. La aparición de inclusiones puede deberse a una pobre técnica de soldadura, una inadecuada limpieza entre pasadas o a soldadura en condiciones de difícil acceso. Pueden ser metálicas o no metálicas.



FIGURA 9. Inclusión de Escoria.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

Falta de fusión: La fusión incompleta es un defecto de las soldaduras ocasionado por una deficiente técnica de soldeo, una inadecuada preparación de los materiales base o un mal diseño de la junta.



FIGURA 10. Falta de Fusión.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

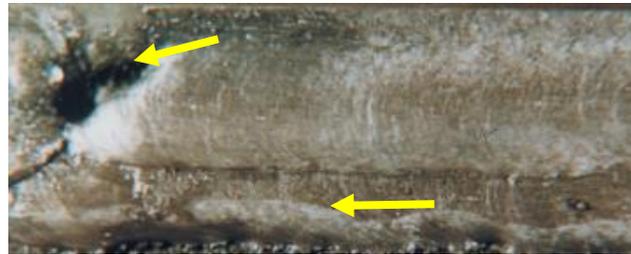


FIGURA 11. Falta de Fusión entre el Metal de Soldadura y el Metal base.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

Falta de llenado: Consiste en una depresión en la cara de soldadura que se extiende por debajo de la superficie del metal base adyacente. Es originada por el soldador cuando esté no llena correctamente según la WPS.



FIGURA 12. Falta de Llenado.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

Socavación: Es una muesca mecánica en el borde de la fusión de soldadura en ranura o en el pie de las soldaduras a filete. La socavación es generada por un exceso calor de soldadura, o bien, por la mala técnica del soldador.



FIGURA 13. Socavación.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

Traslape: Forma una muesca mecánica grave en la que el metal de soldadura sobresale o fluye más allá del pie o la cara de la soldadura sin fusión. Esta discontinuidad puede originarse por mala preparación del metal base, selección errónea de los materiales de soldadura, falta de control del proceso o por la generación de óxidos.



FIGURA 14. Traslape.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

Laminaciones: Son discontinuidades planas alargadas en la dirección del laminado. Pueden ser internas o externas. Se forman cuando las porosidades, inclusiones o cavidades de contracción son laminadas y pueden ser una fuente de más porosidad o grietas.



FIGURA 15. Laminaciones.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

Grietas o fisuras: Generadas cuando las tensiones en la pieza superan la resistencia del material. Las grietas pueden clasificarse según su orientación, en longitudinales o transversales y, según su origen, en frío y en caliente. Las grietas en frío se generan tiempo después del proceso de soldadura ya que son producidas por la fragilidad de la soldadura. Por su parte, las grietas en caliente se originan en el momento de la solidificación del proceso.



FIGURA 16. Grietas Longitudinales.

Fuente: AWS B1.11 (2000).



FIGURA 17. Grietas Transversales.

Fuente: AWS B1.11 (2000).

D. CONTROL DE CALIDAD

1. ENSAYOS DESTRUCTIVOS O MECÁNICOS

Con la finalidad de identificar o caracterizar materiales, se realizan diversas pruebas que permiten conocer las propiedades mecánicas de los mismos. Entre estas propiedades destaca la dureza, la resistencia a la fluencia, la resistencia máxima, la elongación, el módulo de elasticidad y entre otras más necesarias para el diseño o análisis de los materiales. Se trabajan con los ensayos mecánicos de tensión e impacto como herramientas para la validación de los certificados de calidad que acompañan el material de suministro.

1.1. Ensayo de Dureza

De acuerdo con *Inspección y Sistemas de Calidad, S.A. de C.V. (2003, p. 6.6)*, la dureza se define como la oposición que presenta un material a ser indentado. Para *ASTM A370 (2017, p. 11)*, el ensayo de dureza es utilizado en algunas ocasiones para aproximar la resistencia a la fluencia del material. Las pruebas de dureza se ejecutan por medio de indentadores que, son forzados dentro de la superficie de una determinada pieza, bajo una cierta carga con el objetivo de analizar el tamaño de la huella que este genera y verificar el valor de dureza en tablas especializadas. La dureza corresponde a una de las propiedades que menos inconvenientes presenta por determinar puesto que sus métodos son sencillos. Uno de los más comunes corresponde al método o escala Rockwell.

Para *ASTM A370 (2017, p. 15)*, la prueba de dureza para Rockwell hace uso de diferentes tipos de indentadores puesto que se encarga de medir dureza en distintos rangos y escalas. Se utilizan puntas de diamante o acero como material de los indentadores. Normalmente, se suele trabajar con una precarga de 10 Kg para dejar una pequeña huella en la pieza y que el indentador se posicione de forma correcta. Luego, se aplica la totalidad de la carga correspondiente.

Para el ensayo de dureza Rockwell, se trabaja con dos escalas distintas: Rockwell B (HRB) y Rockwell C (HRC). La primera de ellas hace uso de un penetrador de 2 mm [1/16 in] fabricado en tungsteno y con una carga máxima de 100 Kg. Por su parte, la escala HRC si hace uso del indentador de punta de diamante con una carga máxima de 150 Kg. La diferencia entre ambas escalas radica en que HRC caracteriza materiales con una dureza más elevada que los medidos por HRB.

Por este motivo, se conoce que los materiales con durezas mayores a 40 HRC y hasta 60 HRC son extremadamente duros, mientras que los materiales en escala HRB poseen durezas inferiores.

Los ensayos de dureza Rockwell son ejecutados por medio de la norma *ASTM E18 (2017)*.

1.2. Ensayo de Tensión o Tracción

Inspección y Sistemas de Calidad, S.A. de C.V. (2003, p. 6.1) indica que la prueba de tracción corresponde al ensayo destructivo que más se utiliza para determinar las propiedades mecánicas de un material. De este, se puede conocer importante información para el diseño como lo es la resistencia última, punto de cedencia, elongación, porcentaje de reducción de área, ductilidad, módulo de elasticidad, límite elástico y tenacidad.

La prueba se ejecuta por medio de una probeta fabricada con las dimensiones estipuladas según la norma *ASTM A370 (2017)*, la cual es sujeta en sus extremos por mordazas de una máquina que aplicara una fuerza de forma que se intenta “estirar” el material hasta que falle. La configuración es la siguiente:

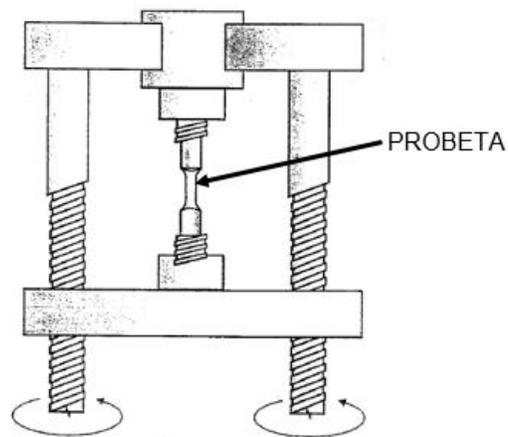


FIGURA 18. Máquina Universal para Ensayo de Tensión.

Fuente: Inspección y Sistemas de Calidad, S.A de C.V. (2003).



Cuando la probeta falla, se puede estimar la resistencia última del material mediante cálculos de la carga aplicada y el área transversal de la probeta. Asimismo, con esta prueba es posible establecer un gráfico del esfuerzo aplicado sobre la probeta contra la deformación que sufre la misma. La curva generada permite identificar otras propiedades del material que no son medibles directamente del ensayo.

Es importante destacar que los materiales dúctiles (metales) poseen dos comportamientos: elástico y plástico. El primero de ellos consiste en aquella región del material al que se le puede aplicar un esfuerzo y la deformación que sufre el material es mínima; y este vuelve a su condición inicial una vez que la fuerza se deja de ejecutar. Por el contrario, si la fuerza se sigue aplicando, llegará un momento en el que el material rompa su límite elástico y entre en su estado plástico, donde las deformaciones son permanentes.

1.3. Ensayo de Impacto (Prueba Charpy)

Este tipo de ensayo, tal y como lo menciona *Inspección y Sistemas de Calidad, S.A. de C.V. (2003, p. 6.8)*, permite determinar la disminución en resistencia a la fractura causada por una carga repentina en presencia de una muesca o incisión.

El ensayo consiste en golpear una probeta rectangular sujeta en sus extremos con un péndulo que se deja caer desde una altura específica. La probeta posee una pequeña incisión o muesca perfectamente dimensionada con respecto a las indicaciones que define la norma para la prueba Charpy. La energía que se absorbe al fracturar la probeta es medida e interpretada como una disminución en la energía del péndulo.

A continuación, se ejemplifica el desarrollo del ensayo:

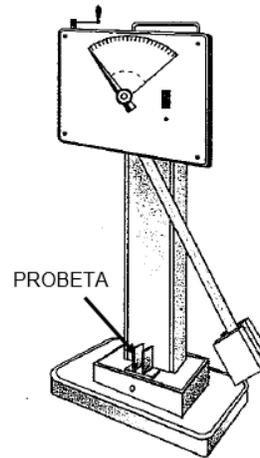


FIGURA 19. Máquina para Ensayo de Impacto (Charpy).

Fuente: Inspección y Sistemas de Calidad, S.A de C.V. (2003).

2. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

En esta sección, se abordarán los principales tipos de controles tecnológicos que se ejecutan en la actualidad. Específicamente, se enfocará en la descripción de estas pruebas estrictamente para uniones soldadas.

2.1. Inspección Visual (VT)

De acuerdo con el código *AWS B1.11 (2000, p. 2)*, la inspección visual es aquel método de examinación que se realiza en uniones soldadas con el objeto de revelar fallencias superficiales por lo que resulta ser un valioso instrumento para conocer la calidad del cordón de soldadura. Es un método no destructivo accesible, de bajo costo y eficaz, pero requiere de un inspector calificado. El código *AWS D1.5 (2015, pp. 135)* indica que algunos de los defectos que se pueden encontrar mediante inspección visual son: porosidades, grietas, fisuras, socavaciones, traslapes, salpicaduras y golpes de arco.

2.1.1. Metodología

Para la inspección visual de estructuras metálicas de puentes, la norma *AWS D1.5 (2015, p.135)*, el encargado debe verificar que los materiales cumplan los requisitos de los documentos del contrato. De igual forma, debe asegurar que la WPS cumpla con los requisitos estipulados en la sección 5 de la norma en cuestión antes de que este alcance las manos de los soldadores. Asimismo, es importante que se inspeccione el equipo de soldadura y de corte que se utilizará en el trabajo.

2.1.2. Criterios de Aceptación

AWS D1.5 (2015, p. 149) establece que todas las juntas soldadas de la estructura metálica deben someterse al ensayo de inspección visual. En esta prueba, la soldadura se considera como aprobada si solo si:

- El cordón no presenta grietas.
- Debe existir fusión completa entre capas.
- La socavación no debe tener más de 0,25 mm [0,01 in] de profundidad para soldaduras transversales a tracción. Para todo lo demás, la socavación no debe ser mayor de 1 mm [1/32 in].
- Las porosidades no deben poseer un diámetro mayor a 2,4 mm [3/32 in] y no deben ser más de una para cada 100 mm [4 in] ni de 6 para cada 1200 mm [4 ft].
- Las soldaduras a filete pueden reducir su tamaño nominal en 2 mm [1/16 in], siempre que la porción de menor tamaño de la soldadura no supere el 10 % de la longitud de la misma.

- No debe existir porosidad en las juntas de ranura con penetración completa sometidas a tracción. En todas las demás soldaduras a ranura, se permite una porosidad cada 100 mm [4 in] de longitud y su diámetro debe ser menor a 2,4 mm [3/32 in].

Igualmente, el código *AWS D1.5 (2015, p. 58)* en su sección 3.6 indica los requerimientos en cuanto a perfiles de soldadura y que deben ser verificados por inspección visual. En primera instancia, los perfiles de soldadura aceptados y no aceptados para uniones a filete se detallan en las siguientes figuras:

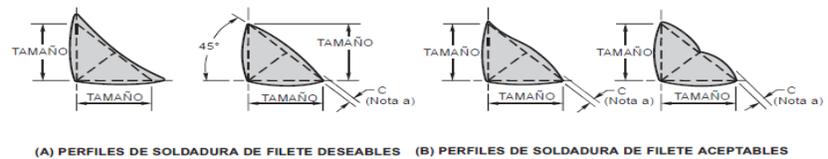


FIGURA 20. Perfiles de Soldadura Deseables y Aceptables para Filete.

Fuente: AWS D1.5. (2010).

Donde “C” no debe superar $0,07x + 1,5$ mm [0,06 in], siendo “x” el ancho real de la cara de la soldadura o del cordón individual.



FIGURA 21. Perfiles de Soldadura Inaceptables para Soldaduras a Filete.

Fuente: AWS D1.5. (2010).

Para las juntas a ranura, se tienen las siguientes condiciones de perfiles de soldadura:

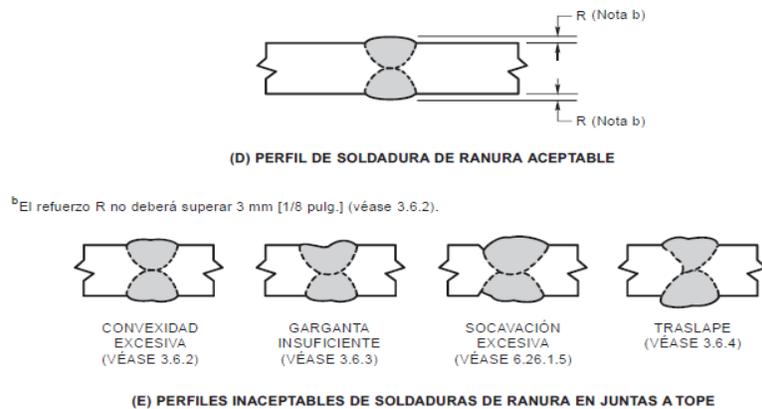


FIGURA 22. Perfiles de Soldadura Inaceptables para Soldaduras a Ranura.

Fuente: AWS D1.5. (2010).

2.2. Partículas Magnéticas (MT)

ASTM E709 (2015, p. 2) define el ensayo de partículas magnéticas como aquel método basado en la creación de un campo magnético con una alta densidad de flujo en un material ferromagnético. De esta manera, se pretende que las líneas del campo magnético se dispersen en el momento que pasan por un material no ferromagnético como lo podría ser el aire en una discontinuidad de la soldadura. El ensayo permite que, si la desviación de flujo es suficientemente elevada, pequeñas partículas magnéticas puedan depositarse en dicha región y representar la discontinuidad que se pretende encontrar.

2.2.1. Metodología

Para el caso de estructuras metálicas de puentes, AWS D1.5 (2015, p. 138) señala que se deben utilizar partículas



magnéticas de polvo seco mediante el método del yugo, preferiblemente. Esta prueba debe efectuarse con corriente continua rectificada de media onda, o bien, con corriente alterna. Es importante verificar que la superficie a examinar se encuentre completamente seca y libre de contaminantes tales como aceite, grasa, óxidos, arena o pintura con espesor mayor a 50 μm [2 mil].

2.2.2. Criterios de Aceptación

La sección 6.26.2 del código *AWS D1.5 (2015, p. 149)* menciona los criterios para aprobar un cordón ensayado mediante partículas magnéticas:

- La soldadura debe estar libre de grietas.
- Las discontinuidades que tienen una dimensión mayor de menos de 2 mm [1/16 in] deben ser inaceptables si la suma de sus dimensiones más grandes excede de 10 mm [3/8 in] de un tramo de 25 mm de longitud de soldadura. Para defectos mayores a 2 mm se tiene las siguientes condiciones, basadas en las siguientes figuras:

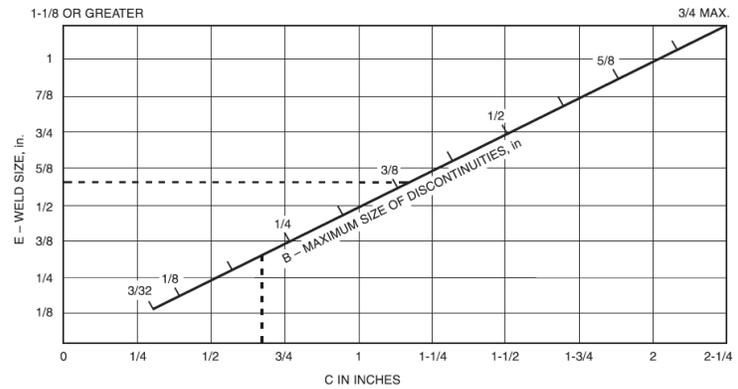


FIGURA 23. Tamaño máximo aceptable de la discontinuidad para determinada penetración de cordón de soldadura sometido a tracción.

Fuente: AWS D1.1 (2015).

Donde E es la garganta de penetración, B el tamaño máximo aceptado de la discontinuidad y C el espacio mínimo permitido entre discontinuidades.

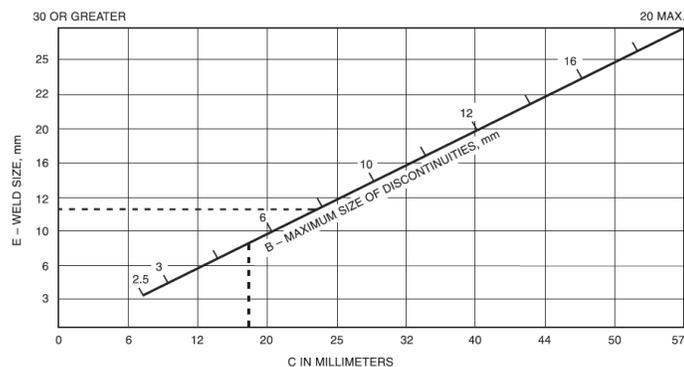


FIGURA 24. Tamaño máximo aceptable de la discontinuidad para determinada penetración de cordón de soldadura sometido a compresión.

Fuente: AWS D1.1 (2015).

Donde E es la garganta de penetración, B el tamaño máximo aceptado de la discontinuidad y C el espacio mínimo permitido entre discontinuidades.

2.3. Ultrasonidos (UT)

La norma *ASTM E1316 (2018, p. 34)*, referente a términos y definiciones de ensayos no destructivos, define al ensayo ultrasónico como aquel método de examinación que introduce ondas ultrasónicas dentro, a través o sobre el material que desea inspeccionar. Estas ondas permiten detectar varios atributos, defectos o discontinuidades en el material. Es importante destacar lo que menciona *AWS D1.1 (2015, pp. 199)* en su sección 6.19.1, en la que señala que los ensayos ultrasónicos solo se ejecutan a soldaduras a ranura y nunca a filete.

2.3.1. Metodología

La norma *AWS D1.5 (2015, p. 142)* indica que todas las soldaduras a ranura con penetración completa en juntas tipo T y en esquina deben ser inspeccionadas y ensayadas por medio de la prueba ultrasónica. La extensión del análisis de las juntas debe realizarse en conformidad con lo que se estipula en la sección 6.7.1.2 del código mencionado. Al igual que para los otros ensayos, antes de la ejecución del ultrasonido, el operario encargado debe poseer la información vinculante a geometría de la junta, espesor de material y procesos de soldadura aplicados.

Es importante resaltar que, para la inspección de soldadura mediante ensayo ultrasónico, existen muchos valores geométricos y trigonométricos que facilitan la identificación de discontinuidades y su precisa ubicación. Entre estas variables destacan el nivel de indicación, el nivel de referencia, el factor de atenuación, rating de indicación y la longitud de la indicación. Para efectos de interpretación de ensayos, estos valores numéricos no representan una gran

importancia puesto que son utilizados para clasificar las imperfecciones dentro de las categorías que estipula la norma; de las cuales se llega a concluir si tal defecto es aprobado o no.

2.3.2. Criterios de Aceptación

Como se destaca en el apartado anterior de metodología, los valores obtenidos de una prueba ultrasónica permiten la categorización de las indicaciones en cuatro grandes clases: A, B, C y D. Estas imperfecciones se logran clasificar mediante el rating de indicación obtenido del ensayo y en conjunto con las siguientes figuras.

Clase de severidad de la imperfección	Espesor de la soldadura ^a (mm [pulg.]) y ángulo de la unidad de búsqueda													
	8 [5/16] hasta 20 [3/4]		>20 [3/4] hasta 38 [1-1/2]			>38 [1-1/2] hasta 60 [2-1/2]			>60 [2-1/2] hasta 100 [4]			>100 [4] hasta 200 [8]		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°			
Clase A	+10 e inferior	+8 e inferior	+4 e inferior	+7 e inferior	+9 e inferior	+1 e inferior	+4 e inferior	+6 e inferior	-2 e inferior	+1 e inferior	+3 e inferior			
Clase B	+11	+9	+5 +6	+8 +9	+10 +11	+2 +3	+5 +6	+7 +8	-1 0	+2 +3	+4 +5			
Clase C	+12	+10	+7 +8	+10 +11	+12 +13	+4 +5	+7 +8	+9 +10	+1 +2	+4 +5	+6 +7			
Clase D	+13 y superior	+11 y superior	+9 y superior	+12 y superior	+14 y superior	+6 y superior	+9 y superior	+11 y superior	+3 y superior	+6 y superior	+8 y superior			

FIGURA 25. Categorización de las Indicaciones para Soldadura Sometida a Tracción.

Fuente: AWS D1.5. (2015).

Clase de severidad de la imperfección	Espesor de la soldadura ^a (mm [pulg.]) y ángulo de la unidad de búsqueda											
	8 [5/16] hasta 20 [3/4]	>20 [3/4] hasta 38 [1-1/2]	>38 [1-1/2] hasta 60 [2-1/2]			>60 [2-1/2] hasta 100 [4]			>100 [4] hasta 200 [8]			
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	
Clase A	+5 e inferior	+2 e inferior	-2 e inferior	+1 e inferior	+3 e inferior	-5 e inferior	-2 e inferior	0 e inferior	-7 e inferior	-4 e inferior	-1 e inferior	
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1	
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 a +2	+1 +2	+3 +4	-4 a +2	-1 a +2	+2 +3	
Clase D	+8 y superior	+5 y superior	+3 y superior	+6 y superior	+8 y superior	+3 y superior	+3 y superior	+5 y superior	+3 y superior	+3 y superior	+4 y superior	

FIGURA 26. Categorización de las Indicaciones para Soldadura Sometida a Compresión.

Fuente: AWS D1.5. (2015).

Las figuras de clasificación anteriores poseen, además, una serie de notas que se pueden apreciar en las tablas 6.3 y 6.4 de la norma *AWS D1.5 (2015, p. 154-155)*. No obstante, para efectos de aprobación o rechazo basta con las categorías postuladas en las figuras presentadas. Cada categoría tiene su criterio de aceptación con base en la norma y es tal como se indica a continuación:

- Todas las imperfecciones en Clase A (grandes) deben ser rechazadas.
- Toda indicación en Clase B (mediana) con longitud mayor a 20 mm [3/4 in] debe ser rechazada.
- Toda indicación en Clase C (pequeñas), a tensión, con una longitud mayor a 50 mm [2 in] en la mitad central, o, 20 mm [3/4 in] en el cuarto superior o inferior debe ser rechazada.

- Toda indicación en Clase C (pequeñas), a compresión, con una longitud mayor a 50 mm [2 in] debe ser rechazada.
- Toda indicación en Clase D (menores) debe ser aceptada.

2.4. Radiografías (RT)

La ASTM en su norma *ASTM E1316 (2018, p. 16)* define el ensayo radiográfico como aquel proceso no destructivo que busca identificar defectos y discontinuidades en un material mediante el uso de rayos X o rayos gamma. Además, se caracteriza por presentar sus imágenes en un medio de grabación que permite su posterior análisis. De acuerdo con el código *ASTM E1032 (2012)*, la elección de la fuente de radiación (rayos X o gamma) se encuentra en función de la soldadura por analizar, específicamente de su composición y su espesor. Cuando se selecciona una fuente, es vital comprobar su idoneidad.

2.4.1. Metodología

El ensayo de radiografía, al igual que el ensayo ultrasónico, debe realizarse en conformidad con la sección 6.7.1.2 del código *AWS D1.5 (2015, p. 139)*.

La norma establece que las radiografías deben efectuarse mediante el uso de una fuente única de rayos X o gamma. Es importante considerar los requisitos de seguridad aplicables a la hora de realizar la prueba.

2.4.2. Criterios de Aceptación

Para *AWS D1.5. (2015, p. 149)*, los criterios de aceptación del ensayo de radiografía son los mismos aplicados al ensayo de partículas magnéticas. Consecuentemente, la aprobación o rechazo de las soldaduras inspeccionadas por radiografía se explica en el punto 2.2.2 de la sección C del este marco teórico.

3. CALIDAD EN PINTURAS

3.1. Medición de Perfil de Anclaje

Los planos de diseño del proyecto de duplicación del puente sobre el Río Virilla definen que, la rugosidad de la superficie sometida al proceso de “sandblasting”, debe ser de 30 a 50 μm , lo que es equivalente a entre 1 y 2 milésimas de pulgada (mil), respectivamente. A esta medición de rugosidad se le conoce con el nombre de perfil de anclaje de la superficie. La preparación de la superficie para alcanzar el perfil de anclaje indicado en el contrato de obra y definido por el diseñador, se ejecuta en conformidad a la norma *SSPC-SP-10*. Esta norma hace referencia al tipo de limpieza con chorro abrasivo, es decir, el proceso de “sandblasting” que aplica la subcontratista STEEL.

3.2. Medición de Espesores de Capa

La pintura de la estructura metálica debe poseer una capa base, una capa intermedia y otra de acabado. Cada una de estas capas debe cumplir con un espesor mínimo de película que corresponde a un valor designado en los planos de diseño de la estructura metálica. Para la placa base se tiene que debe cumplir un espesor de 75 μm [3 mil], la



placa intermedia un grosor de 100 μm [4 mil] y la capa de acabado otro espesor de 80 μm [3 mil]. Con esto, al finalizar el proceso de pintura de la estructura se debe contar con un espesor de capas de pintura total de aproximadamente 255 μm [10 mil].

Es importante destacar el tipo de preparación de superficie que se utiliza para cada una de las capas aplicadas. Con respecto a la anticorrosiva base, se realiza una preparación en conformidad a *SSPC-SP-10*, la cual consiste en el proceso de “sandblasting” aplicado para el perfil de anclaje. Por su parte, para las capas intermedia y de acabado, se realiza una limpieza manual con cepillos y ligas para así eliminar residuos del proceso de soldadura u algún otro tipo de incrustación. Este tipo de preparación se ejecuta con base en la norma *SSPC-SP-2*.

III. METODOLOGÍA

El proyecto se llevó a cabo con la colaboración de otras empresas externas a CONAVI, que se encargan de la construcción del puente. Entonces, para conocer de mejor forma la metodología, es necesario explicar la división de funciones que se tuvo en el proyecto del puente.

Primeramente, es necesario esclarecer que el puente fue impulsado por el Gobierno de Costa Rica, específicamente por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), con el apoyo económico del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). Esta obra fue supervisada por la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS), la cual se encargó del proceso de licitación para la construcción del cruce sobre el cauce del Río Virilla. Esta empresa contratista tiene el nombre de Constructora Pirenaica S.A. (COPISA), que, a su vez, subcontrató a la empresa STEEL para lo que corresponde al proceso de fabricación de la estructura metálica que compone el puente. Asimismo, STEEL es la empresa que se hizo responsable de realizar todos los ensayos pertinentes al autocontrol de las piezas para asegurar la calidad de los materiales y de los procesos de transformación implementados. No obstante, UNOPS contrató a otras empresas como lo son DICCOC, Laboratorios de Vieto y Asociados S.A. y JAM S.A., para ejecutar los trabajos de verificación e inspección de calidad de los materiales, pruebas y procesos. Consecuentemente, la estructura metálica del nuevo puente de Lindora sufrió dos procesos de control de calidad: el ejecutado por STEEL como autocontrol y el realizado por UNOPS de verificación.

Con base en esto, se puede tener una mejor visualización de a quién perteneció cada función dentro la construcción del puente de Lindora y, por tanto, se puede orientar la metodología utilizando eso como primicia. Además, es importante destacar que el CONAVI fue impulsor del proyecto, por lo que se contó con acceso a cualquier tipo de información, procedimientos y operaciones que se realizaron en el transcurso del este.

En primera instancia, con respecto a la elaboración del manual de procedimientos para CONAVI, se realizó una búsqueda de información acerca de las normas que intervienen en la construcción de puentes, estructuras metálicas, ensayos destructivos, ensayos no destructivos, pruebas de calidad, pruebas a pinturas, procedimientos de soldadura, técnicas y parámetros de selección; esto con el objetivo de tener un amplio conocimiento sobre los temas a tratar en el manual. Estos datos se indagaron en las bases de datos que posee el Instituto Tecnológico de Costa Rica, específicamente utilizando como fuentes las normas de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). Asimismo, se consultó en libros y literatura que pueda obtenerse de cursos efectuados en el ITCR o, propiamente, de la Biblioteca José Figueres Ferrer del ITCR.

Seguidamente, se utilizó el plan de calidad implementado por la empresa COPISA con el objeto de determinar ciertos detalles que sean de importancia para el CONAVI en futuros proyectos. Con base en la información y en el plan de calidad que se tuvo de las empresas contratistas, fue posible confeccionar un manual de procedimientos para el CONAVI que trabaje como guía para la inspección metalúrgica de futuras construcciones.

La realización de ensayos mecánicos, no destructivos u otro tipo de prueba resultaron ser procedimientos complejos en cuanto a cronograma, puesto que se ejecutaron en diversos períodos de tiempo dependiendo de la disponibilidad de la estructura metálica con la que se contaba. Esta estructura se componía de tres grandes conjuntos principales (Pila uno, Pila dos y Tablero), por lo que los ensayos se realizaron para cada una de estas partes y no en la totalidad del elemento. Por este motivo, las inspecciones de las pruebas realizadas sobre el acero fueron efectuadas en distintas fechas de acuerdo a la disponibilidad de las secciones del conjunto.

Como se mencionó, la parte de autocontrol de calidad fue ejecutada por STEEL mientras que la de verificación fue realizada por UNOPS. Consecuentemente, para velar por el correcto cumplimiento de las normas respectivas, fue necesario realizar visitas en campo y en taller en los momentos de

ejecución de cada una de las pruebas. En campo, como ya se ha venido mencionado, se trató de la ubicación del puente nuevo en Lindora de Alajuela. Mientras tanto, las visitas en taller se realizaron en el recinto o taller de STEEL, ubicado en Orotina de Alajuela. Debido a la gran cantidad de ensayos que se realizaron y al gran número de juntas que componen la estructura del puente, existieron ciertos ensayos que no se pudieron presenciar directamente. Consecuentemente, fue necesario solicitar la información de cada una de las pruebas a las empresas encargadas con el fin de recopilar todos los resultados de los diferentes ensayos de autocontrol y verificación

Por último, se realizó una inspección de las pruebas ejecutadas sobre las pinturas en cada una de sus capas. Estas pruebas consistieron en mediciones del perfil de anclaje y mediciones de espesores. Para estas, se tomó en consideración las pruebas de autocontrol y verificación realizadas por STEEL y DICCO, respectivamente. La intención fue velar por el cumplimiento del contrato del proyecto, así como lo estipulado por los planos de la estructura en temas de acabado superficial.

Finalmente, una vez que se realizó una recopilación de todos los ensayos mecánicos, no destructivos y pruebas de pintura ejecutadas, tanto en autocontrol como verificación, se pudo establecer un análisis de estos con respecto a los lineamientos que estipulan los códigos ya mencionados. De esta manera, se aseguró de que no se presentó ningún tipo de anomalía que pudiera perjudicar el buen funcionamiento de la estructura del puente.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El control de calidad, realizado sobre la estructura metálica del puente que constituye la ampliación a cuatro carriles en la Radial Lindora, arroja diversos resultados que deben ser interpretados de la mejor forma posible para garantizar una correcta comprensión de los procesos realizados. De esta forma, se asegura un buen cumplimiento de los objetivos propuestos al inicio del proyecto. Por este motivo, este apartado se subdividirá con base en dichas metas establecidas en la introducción, por lo que se inicia con el manual de procedimientos, seguido por los ensayos mecánicos, luego los ensayos no destructivos y finalmente, las operaciones de acabado y pintura.

Es importante recordar que el control de calidad para este proyecto se da en dos vertientes: autocontrol y verificación. El autocontrol realizado por la misma empresa que fabrica la estructura: STEEL. Mientras tanto, la verificación se hace por medio de empresas subcontratadas por UNOPS para el mismo fin. Resulta adecuado señalar que el control de calidad de verificación, dada sus condiciones, es un procedimiento en menor escala que el de autocontrol. Esto con la finalidad de ahorrar costos y tiempo puesto que su única finalidad es corroborar el autocontrol.

Todos los reportes de resultados, tanto de autocontrol como verificación, fueron suministrados por UNOPS.

A. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

Como se menciona en el apartado de metodología, el manual de procedimientos realizado para el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) se realizó utilizando como base el plan de calidad proporcionado por la empresa contratista COPISA en conjunto con las normas de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) conocidas como *AWS D1.1 (2015)* y *AWS D1.5 (2015)*. Debido a su extensión, este documento se adjunta a este informe y se maneja de forma

independiente. El CONAVI recibe una copia de este manual, con la finalidad de cumplir lo que se detalla en el objetivo específico 2.1.

El manual de procedimientos confeccionado se compone de dos grandes secciones que funcionan como una base sólida para la verificación de la calidad de estructuras metálicas de puentes. La primera consiste en generalidades sobre la tecnología de la soldadura, los ensayos mecánicos y los ensayos no destructivos. Mientras tanto, la segunda sección se compone de un Programa de Puntos de Inspección (PPI). A continuación, la estructura diseñada para el manual:

INDICE	
<p>I. PRESENTACIÓN 5</p> <p>II. GENERALIDADES 7</p> <p>A. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA 7</p> <p>1. Conceptos y Definiciones 7</p> <p>2. Sistemas de Protección 13</p> <p>2.1. Gaseoso 13</p> <p>2.2. Fundente 14</p> <p>3. Corrientes y Polaridades 15</p> <p>3.1. Corriente Continua 15</p> <p>3.2. Corriente Alterna 16</p> <p>4. Procesos de Soldadura 17</p> <p>4.1. Soldadura por Electrodo Revestido (SMAW) 17</p> <p>4.2. Soldadura por Electrodo de Tungsteno (GTAW - TIG) 19</p> <p>4.3. Soldadura con Alambre (GMAW/FCAW - MIG) 22</p> <p>4.4. Soldadura con Arco Sumergido (SAW) 25</p> <p>5. Defectos 27</p> <p>B. ENSAYOS DESTRUCTIVOS O MECÁNICOS 33</p> <p>1. Ensayo de Dureza 33</p> <p>1.1. Brinell 34</p> <p>1.2. Rockwell 34</p> <p>1.3. Vickers y Knoop 35</p> <p>2. Ensayo de Tracción 35</p> <p>3. Ensayo de Impacto (Prueba Charpy) 37</p> <p>C. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS 38</p> <p>1. Inspección Visual (VT) 38</p>	<p>2. Líquidos Penetrantes (PT) 39</p> <p>3. Partículas Magnéticas (MT) 39</p> <p>4. Ultrasonido (UT) 40</p> <p>5. Radiografía (RT) 40</p> <p>III. PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCION (PPI) 41</p> <p>A. PLANOS 41</p> <p>1. Revisión Planos de Diseño 41</p> <p>1.1. Generalidades 41</p> <p>1.2. Simbología de Soldadura 42</p> <p>2. Realización y Aprobación de Planos de Taller 45</p> <p>B. MATERIAL DE SUMINISTRO 46</p> <p>1. Identificación del material 46</p> <p>2. Determinación de composición química 47</p> <p>3. Determinación de propiedades mecánicas 48</p> <p>C. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA 48</p> <p>1. Realización de Procedimientos de Soldadura (WFS) 48</p> <p>2. Calificación de Procedimientos de Soldadura (PQR) 49</p> <p>3. Calificación de Soldadores (WPSQ) 50</p> <p>D. PREPARACIÓN DEL MATERIAL 51</p> <p>1. Corte y biselado 51</p> <p>2. Armado 52</p> <p>E. PROCESO DE SOLDADURA 53</p> <p>1. Precalentamiento 54</p> <p>2. Técnica y Ejecución 54</p> <p>2.1. Preparación y Montaje del Metal Base 55</p> <p>2.2. Control de Contracciones y Tolerancias 55</p> <p>2.3. Perfiles de Soldadura 56</p>
<p>2.4. Reparaciones 58</p> <p>2.5. Martillado 59</p> <p>2.6. Sellado con la Soldadura 59</p> <p>2.7. Golpes de Arco 59</p> <p>2.8. Limpieza y Acabado de la Soldadura 60</p> <p>2.9. Respaldo de la Soldadura 60</p> <p>3. Tratamiento Térmico Post-soldadura 61</p> <p>4. Inspección 62</p> <p>4.1. Inspección Visual (VT) 62</p> <p>4.2. Partículas Magnéticas (MT) 64</p> <p>4.3. Ultrasonido (UT) 66</p> <p>4.4. Radiografía (RT) 70</p> <p>F. PINTURA Y ACABADO 71</p> <p>1. Limpieza 71</p> <p>2. Pintura 72</p> <p>3. Inspección y aceptación 73</p> <p>3.1. Perfil de Anclaje 74</p> <p>3.2. Medición de Espesores 74</p> <p>3.3. Prueba de Adhesión 75</p> <p>G. ENTREGA 75</p> <p>1. Elaboración de Planos de Construcción 75</p> <p>2. Entrega Final de la Estructura 76</p> <p>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 77</p> <p>V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 78</p>	

FIGURA 27. Manual de Procedimientos Confeccionado para CONAVI.

Fuente: Propia.

B. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL DE LA ESTRUCTURA

La empresa STEEL fue la encargada de la obtención del acero con el que se conforma la estructura metálica del puente. No obstante, UNOPS, como supervisor de obra, realizó una verificación de este acero de suministro con el objeto de comparar las propiedades mecánicas de este material con respecto al certificado de calidad brindado por el proveedor. Para esto, UNOPS contrató a Laboratorios VIETO y a inspectores de DICCOC para la realización e interpretación de ensayos de dureza, tracción y prueba Charpy. Estos ensayos se ejecutaron para distintos espesores y lotes de las láminas del acero ASTM A709.

1. ENSAYO DE DUREZA

La prueba de Dureza se realizó como parte del proceso de verificación de UNOPS. Para esto, esta entidad se encargó de contratar a Laboratorios de Vieto y Asociados S.A que, a su vez, subcontrató al Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción (CIVCO) del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Ver *Anexo 1* para el informe completo.

UNOPS solicitó diez mediciones de dureza para nueve muestras distintas. Los resultados fueron recogidos en la siguiente figura:

<i>Muestra</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>M8</i>	<i>M9</i>	<i>M10</i>	<i>Promedio [HRB]</i>
1	88,59	86,73	87,95	83,18	85,59	86,61	88,72	81,63	86,79	86,59	86±2
2	89,28	86,64	87,54	87,49	88,09	83,71	89,63	82,75	90,41	91,07	88±3
3	82,80	83,14	84,23	82,60	82,97	84,24	83,38	83,97	85,53	83,14	83.6±0.9
4	82,00	77,45	82,70	83,41	88,93	88,38	91,43	80,19	86,56	80,40	84±4
6	90,00	85,88	73,07	83,93	83,38	84,38	79,60	88,55	83,55	80,71	83±5
7	105,42	100,95	104,62	105,10	109,25	86,27	99,07	103,85	86,85	85,84	99±9
8	93,62	92,59	95,72	94,56	92,73	95,14	95,48	95,81	93,63	90,74	94±2
9	87,76	86,47	85,98	85,70	88,67	88,00	90,00	84,73	86,77	88,28	87±2
10	82,03	80,26	86,93	83,81	85,26	84,08	82,90	88,25	88,83	89,67	85±3

FIGURA 28. Resultados de Ensayo de Dureza para ASTM A709.

Fuente: Informe CIVCO-FG-30.



De acuerdo con la norma *ASTM A709 (2002)*, en la tabla 1 estipula que, para aquellos aceros catalogados dentro de la norma como grado 50, no existen requerimientos de dureza. Por tanto, es posible establecer que el valor de la dureza del material no corresponde a una propiedad significativa en la identificación de un acero de grado 50. Por tanto, los ensayos solicitados por UNOPS no son más que pruebas con la finalidad de caracterizar el material ya que no representa un parámetro válido para aprobar o rechazar un lote de este acero.

Anteriormente se dijo que los ensayos de dureza son métodos utilizados mayormente para control de calidad de materiales, mediante confirmaciones de dureza con una ficha técnica. No obstante, existen métodos que permiten correlacionar la dureza con la resistencia a la tensión de un metal que, aunque no son recomendables debido a que no son exactos, proveen una buena aproximación al valor real. Por tanto, como la norma *ASTM A709 (2002)* no establece un valor de dureza mínimo, se estima un valor de resistencia a la tensión por medio de las mediciones de dureza. De esta forma, es posible corroborar si este valor de esfuerzo cumple con los parámetros mínimos de resistencia que sí dicta la norma en cuestión.

Para esto, se toma el valor promedio de dureza con base en las mediciones de la figura 28, el cual corresponde a 87,7 HRB. Ahora, aplicando la tabla 3 de la norma *ASTM A370 (2017)* e interpolando para el valor promedio, se obtiene una aproximación de la resistencia a la tensión de 587 MPa.

Este valor de resistencia supera al valor mínimo de resistencia a la tracción que se aprecia en la tabla 1, el cual es de 450 MPa. Por lo tanto, con base en los ensayos de dureza es posible aproximar que el acero cumple con los requisitos mínimos que exige la norma *ASTM A709 (2002)*, por lo que se encuentra en condiciones de calidad aceptables para el uso en la fabricación de la estructura metálica.

2. ENSAYOS DE TENSIÓN E IMPACTO (PRUEBA CHARPY)

Al igual que la ejecución del ensayo de dureza, las pruebas de tracción e impacto fueron solicitadas por la UNOPS a Laboratorios de Vieto y Asociados S.A. Esto tenía por objetivo conocer ciertas propiedades mecánicas del acero ASTM A709, como lo son límite elástico (fluencia), esfuerzo último (tracción), elongación, energía absorbida, entre otros. De esta manera, fue posible verificar los datos que se tienen en el certificado de calidad del acero y así, asegurar la calidad del material que se está obteniendo. La empresa encargada de verificar el cumplimiento de las condiciones del acero, con base en los ensayos efectuados, fue DICCOC, también subcontratada por UNOPS. Para este análisis, se tomó en cuenta la recopilación de datos que realizó DICCOC donde aprobó o rechazó cada uno de los materiales ensayados según su espesor. Esta recopilación de datos se puede apreciar en el *Anexo 2*.

Para interpretar mejor el proceso de verificación que aplicó UNOPS, es necesario observar la tabla 2. En ella, se especifica el número de muestras ensayadas para los diferentes espesores de láminas que se trabajan. Se reportan los resultados de tensión e impacto en conjunto debido a que así fueron tratados por DICCOC en el informe presentado en el *Anexo 2*. Igualmente, el veredicto final de los ensayos para cada uno de los espesores no varió dependiendo el tipo de prueba, por lo que no se presenta ninguna dificultad si se referencian de forma conjunta.

Cabe destacar que, en el reporte de DICCOC, se detalla el número de lotes que se trabajó para cada uno de los espesores, con el fin de observar la variedad de coladas que se sometieron a la prueba. Igualmente, es importante recordar que el ensayo basa su aceptación en comparar el esfuerzo a la fluencia, el esfuerzo último, la elongación y la energía absorbida con respecto a la norma *ASTM A709 (2002)* y al certificado de calidad del material; resumidos en la tabla 1 del marco teórico.

TABLA 2. Registro de Ensayos de Tensión e Impacto para Diferentes Grososres de Láminas de Acero ASTM A709.

Espesor (mm)	Muestras Ensayadas	Número de Lotes	Aprobadas	Rechazadas
10	1	1	1	0
16	13	4	13	0
19	4	2	4	0
22	6	1	6	0
25	12	3	12	0
32	1	1	1	0
38	3	3	3	0
44	5	2	5	0
51	5	2	5	0
63	1	1	1	0
76	3	3	3	0
Porcentaje (%)			100	0

Fuente: Propia. Datos: Informe Anexo 2

La tabla anterior compila los resultados de tensión que se presentan en el informe adjuntado en el *Anexo 2*. Es evidente como de todas las muestras del acero en su condición de suministro ensayadas, el 100 % fueron aprobadas ya que todas cumplen con las propiedades resaltadas en la tabla 1 del marco teórico. Como se mencionó, al ser un proceso de verificación, no es necesario someter a ensayo de tensión e impacto a una gran cantidad de muestras, puesto que hay que recordar que todo el material se encuentra avalado por el certificado de calidad. Este certificado posee un carácter legal donde el proveedor debe asumir toda la responsabilidad en caso de que presente falla alguna.

Es importante la verificación que hizo UNOPS puesto que tomó una muestra representativa del material para asegurar las condiciones de este. Esto se observa con claridad en la tabla 2, donde se presentan diversas muestras y lotes para cada uno de los espesores de láminas que se trabajaron. La cantidad de lotes que se ensayaron es igual de importante que el número de muestras porque cada lote representa una colada distinta.

Entonces, si el objetivo era tomar muestras “clave”, seleccionar diferentes lotes fue una buena estrategia.

En el *Anexo 2* se muestra como los valores mínimos de esfuerzo a la fluencia, esfuerzo último, elongación y energía absorbida son sobrepasados contundentemente por las muestras ensayadas (de ahí su aceptación). Sin embargo, es posible notar como los valores difieren entre sí, tanto para diferentes espesores como para un mismo espesor, dependiendo del número de lote o colada ensayado. Esto se debe a que el proceso de fabricación de un metal contempla muchas variables que pueden llegar a hacer que este altere, en pequeñas medidas, sus propiedades. Con esto, se avala la justificación anterior con relación a la necesidad de ensayar distintos lotes.

Con respecto a la prueba Charpy, esta se ejecutó con una temperatura de $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y alcanzando valores de energía que superan ampliamente el intervalo mínimo que requiere la norma *ASTM A709 (2002)*.

C. CONTROL DE PROCESOS DE CORTE Y ARMADO

La inspección de calidad de las operaciones de corte y armado de la estructura fue responsabilidad del autocontrol, es decir, la empresa STEEL. Para esto, la empresa ejecutó una serie de mediciones que permitieron verificar si las dimensiones de las láminas de material cumplen con las tolerancias solicitadas en los planos de taller de la estructura. Esta operación se aplicó tanto para corroborar que el corte de las piezas cumpliera con las tolerancias dimensionales exigidas, como también para supervisar que el armado fuera realizado con las medidas correctas.

Los resultados que arrojan los reportes de inspección se exponen en el *Anexo 3* de este documento. Es correcto señalar que estos informes se subdividen en los tres conjuntos principales, es decir, pila uno, pila dos y tablero. No obstante, por motivos de facilidad en el manejo de datos, en este análisis se contabilizan estas mediciones de forma total para la estructura y solo se hace diferencia en las comprobaciones que son de corte y las que corresponden a armado.

El proceso de autocontrol, con el número de mediciones, porcentaje de aprobadas y rechazadas se puede apreciar con mejor claridad en las siguientes figuras:

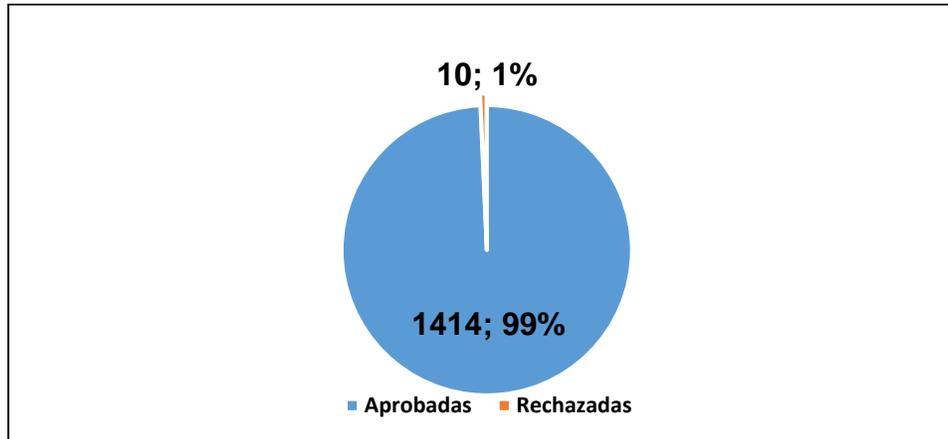


FIGURA 29. Gráfica de Mediciones para Operación de Corte.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

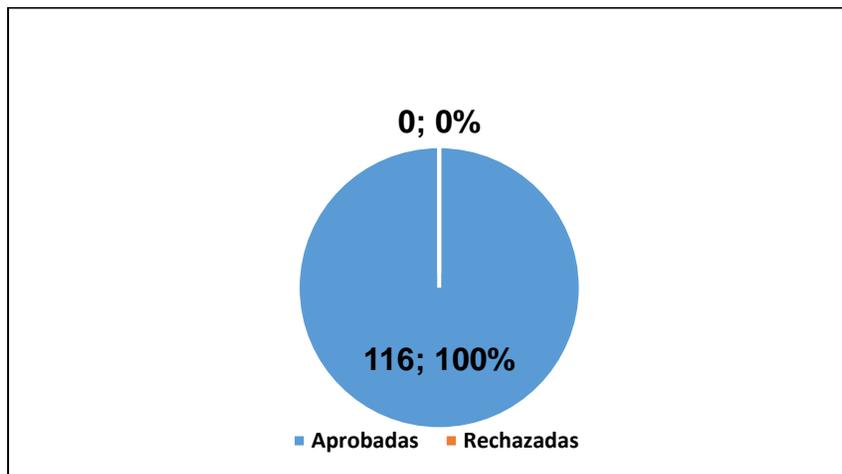


FIGURA 30. Gráfica de Mediciones para Operación de Armado.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

De acuerdo con los datos de las anteriores figuras, se puede ver como las mediciones ejecutadas por STEEL permiten conocer el rendimiento de las operaciones de corte y armado. Es necesario resaltar que estas mediciones se

hacen para diversas láminas de material con diferentes números de colada, espesor y dimensiones.

Por ejemplo, en la figura 29 se expresa como de un total de 1424 mediciones, 1414 fueron aprobadas y solo 10 de ellas rechazadas; para un porcentaje total de aprobación de un 99,3 %. Estas dimensiones rechazadas se evidencian en el Anexo 3, específicamente, para la subdivisión de la pila dos, para la colada 7504929 de 22 mm de espesor. En ese reporte se puede ver cómo, para cada una de las piezas designadas como PL2-35-1.2 A y PL2-35-1.2 B, se realizaron cinco dimensiones; las cuales fueron rechazadas justamente puesto que violan los límites impuestos en las tolerancias dimensionales de los planos de taller. Las medidas teóricas de los planos superaron en gran medida a las medidas reales que se obtuvieron, lo que puede indicar algún error en la programación del corte más que una mala ejecución de la operación. Un error de programación en el corte puede conllevar desde mal ingreso de los datos en el programa, hasta una selección errónea del mismo en el momento que se inicia la operación.

Por su parte, la figura 30 demuestra como para la operación de armado, se obtuvo un porcentaje de aprobación del 100 %. Esto indica que todas las mediciones realizadas en el momento del armado se encontraban en el rango establecido por los planos de taller. Consecuentemente, tanto el armador como el inspector se encontraron atinados en el proceso de armado de la estructura.

D. CONTROL DE CALIDAD EN PROCESOS DE SOLDADURA

El proceso de soldadura es la operación que mayor amplitud tiene dentro de la fabricación de la estructura metálica del nuevo puente. Consecuentemente, para entender con la mejor claridad los reportes de control de calidad, es vital seccionar cada uno de los resultados de forma que se puedan analizar los datos por secciones y dependiendo del método utilizado. Por este motivo, este análisis se orienta para cada uno de los tres conjuntos principales de la estructura: Pila uno, Pila dos y Tablero. Igualmente, se dividen estos conjuntos dependiendo del control de calidad que corresponda, es decir, los procesos de autocontrol y los procesos de

verificación. Finalmente, los procesos realizados por STEEL y UNOPS se subdividen en cada uno de los métodos de detección de fallas que emplearon cada uno de estos entes. Por tanto, para el autocontrol de STEEL se tienen la inspección visual, el ensayo por partículas magnéticas y el ensayo ultrasónico. Mientras tanto, el proceso de verificación de UNOPS se subdivide en inspección visual, ensayo por partículas magnéticas y el ensayo radiográfico.

1. SOLDADURA EN PILA UNO

1.1. Autocontrol (STEEL)

La empresa STEEL decidió aplicar la inspección visual, las partículas magnéticas y el ensayo de ultrasonidos con el fin de verificar la calidad del proceso de soldadura que recién realizaban. Para esto, seleccionaron una cierta cantidad de juntas que, bajo criterio técnico, debieron ser las más críticas en caso de falla. El proceso de autocontrol permitió a la empresa realizar las reparaciones de sus soldaduras antes de entregar la estructura final. De esta forma, STEEL se aseguró que cada uno de sus cordones de soldadura se entreguen con las condiciones requeridas y sin defecto significativo alguno.

1.1.1. Inspección Visual (VT)

Los reportes de inspección visual para el autocontrol de la pila uno, fueron elaborados por la empresa STEEL. Estos informes se pueden observar de forma completa en el *Anexo 4.1* de este documento. La inspección visual de autocontrol la realizaron inspectores calificados y fueron aprobadas por un inspector superior certificado como CWI.

Por motivos de formato, STEEL dividió la inspección en las diferentes partes de la pila, que incluyen montantes, placa

base y vigas. No obstante, para verificar el control de calidad, se toman todos los informes en conjunto de forma general para la pila uno.

Como bien lo estipula AWS D1.5 (2015), STEEL realizó esta prueba a un 100 % de las juntas. Los resultados que obtuvo la empresa se ejemplifican en el siguiente gráfico:

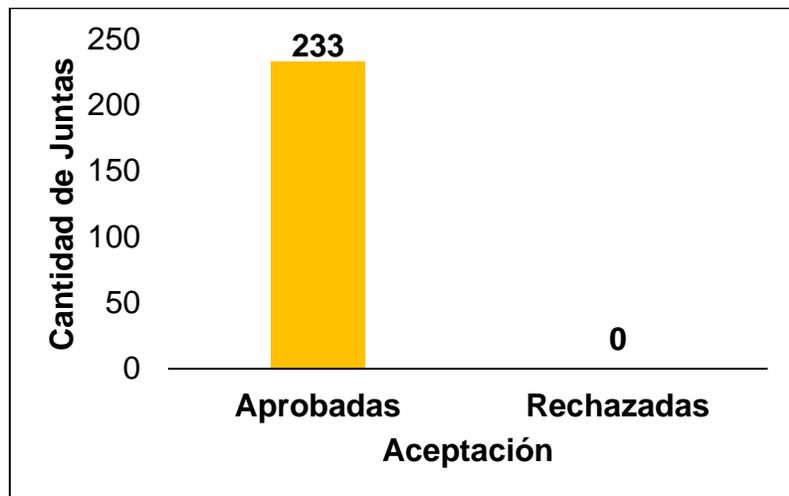


FIGURA 31. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Inspección Visual de Autocontrol para la Pila Uno.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

De la anterior figura, el 100 % de las juntas inspeccionadas visualmente cumplieron con todos los requisitos establecidos en la norma *AWS D1.5 (2015)*, indicados en el punto 2.1.2 de la sección D del marco teórico de este documento (pág. 41). De acuerdo con el *Anexo 4.1*, los informes de la inspección visual, realizada por STEEL, indican que los procesos involucrados para la realización de estas juntas fueron FCAW y SAW.

El formato de los informes de inspección visual cumple correctamente con las normativas del código puesto que especifican con claridad la identificación de la junta, el tipo de



proceso, espesor de las placas, la WPS utilizada y otros variables como lo son corriente, voltaje y posición. No obstante, no especifican la presencia de defectos, aceptados bajo norma, que se pueden haber encontrado en el cordón de soldadura.

Asimismo, es vital resaltar que estos informes realizados por STEEL suelen ser redactados tiempo después de la inspección. Por tanto, es probable que la empresa identifique defectos notables antes de la redacción de los informes y los corrija de forma que, en el informe final, se logre la aprobación del 100 %.

1.1.2. Partículas Magnéticas (MT)

STEEL aplicó el método de partículas magnéticas para ensayar sus cordones de soldadura y garantizar que no existan defectos significativos en los mismos. Los informes de estos ensayos para el autocontrol de la pila uno, se reúnen en el *Anexo 4.2*. En cuanto a la metodología del ensayo, los reportes indican que se utilizó el método del yugo magnético con un tipo de magnetización longitudinal. Comparando este método con lo que se comentó en el marco teórico más lo que impone el código *AWS D1.5 (2015)*, se puede expresar que STEEL cumplió adecuadamente con los requerimientos.

Asimismo, según código y plan de calidad del proyecto, STEEL debió realizar una inspección por partículas magnéticas de un 10 % de la totalidad del conjunto. Este porcentaje fue controlado por inspectores de DICCO como parte de la supervisión de UNOPS. Los resultados de los informes se pueden ver resumidos en la siguiente figura:

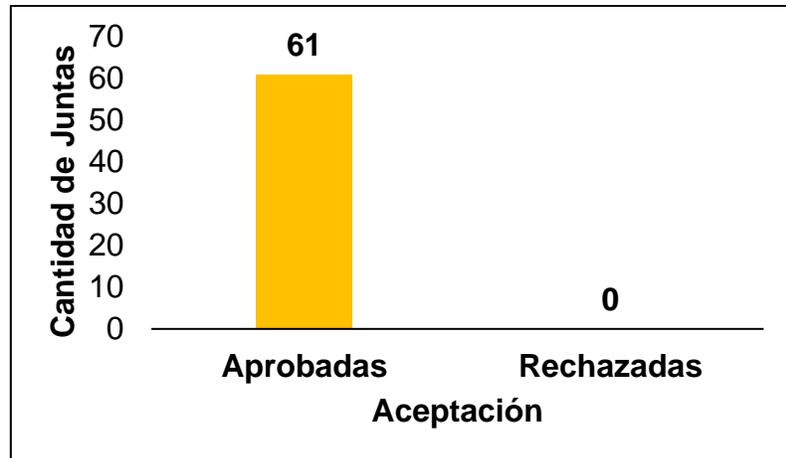


FIGURA 32. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Autocontrol para la Pila Uno.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

Al igual que para la inspección visual, la pila uno presenta un 100 % de aprobación en los ensayos de partículas magnéticas de autocontrol. Esto indica que estas juntas cumplen con lo requerido según las figuras 23 y 24.

Asimismo, los informes del *Anexo 4.2* desmienten la presencia de cualquier otro tipo de defecto que se considere como aceptable. Esto puede indicar que, efectivamente no se encontró defecto alguno, o, que la presencia de otros defectos aceptables fue omitida de los informes para evitar confusiones de algún tipo en la lectura de ellos.

1.1.3. Ultrasonidos (UT)

Como tercer método de inspección de soldadura, STEEL aplicó el ensayo ultrasónico en conformidad con la norma *AWS D1.5 (2015)*. Por tanto, lo ejecutó a un 25 % de las juntas de las almas de las vigas de la pila. El reporte de resultados expresa la información pertinente a datos del equipo utilizado y las

condiciones de examinación pertinentes como lo son el ángulo aplicado, el acoplante (glicerina), la posición de soldadura, el porcentaje de inspección y la temperatura máxima de aplicación del ensayo. Asimismo, el informe manifiesta los parámetros de medición como lo son el nivel de referencia, la atenuación, el nivel de indicación y el rating de la indicación. De igual forma, si se descubrió una indicación en el ensayo, el informe provee de casillas respectivas para caracterizar dicho defecto.

El formato presentado cumple satisfactoriamente con los requisitos impuestos en la norma. Este se puede apreciar en el *Anexo 4.3* de este documento.

Los resultados para la examinación de la pila uno como parte del autocontrol se presentan en el siguiente gráfico de barras:

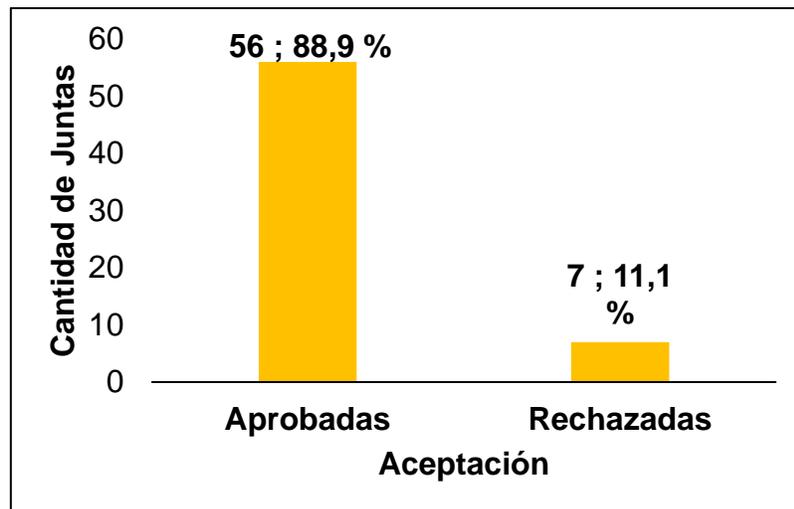


FIGURA 33. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Ultrasonido de Autocontrol para la Pila Uno.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

La figura 33 muestra como el ensayo ultrasónico realizado sobre las juntas de la pila uno, logró exponer siete

cordones de soldadura inaceptables de acuerdo con los parámetros mínimos requeridos. Esto quiere decir que el porcentaje de juntas aprobadas es de un 88,9 %.

Estos defectos se pueden observar especificados en el informe de la viga dos de la pila uno del Anexo 4.3. El reporte muestra siete indicaciones con un rating desde -7,3 hasta +2,7. Con base en la figura 25, estos ratings son menores a +8, por lo que, para un ángulo de 70°, son categorizados dentro de la Clase A. Consecuentemente, en el marco teórico y en la norma *AWS D1.5 (2015)*, se especifica como toda indicación dentro de esta categoría debe ser rechazada sin excepción, tal y como se realizó en este informe.

Estos defectos se llegaron a encontrar mediante el ensayo ultrasónico y no en los métodos de partículas magnéticas e inspección visual debido a que, estos últimos son pruebas superficiales. De esta forma, el ultrasonido, al analizar a ciertas profundidades del cordón, permitió encontrar defectos que los otros dos métodos no pudieron hallar. Esto ejemplifica la importancia que tiene la realización del ensayo ultrasónico dentro del control de calidad.

Cabe destacar que los informes presentados en el Anexo 4.3, también compilan análisis ultrasónicos realizados sobre los nuevos cordones reparados de las siete juntas rechazadas. Estos ensayos se contabilizaron dentro de las juntas aprobadas de la figura 33 por considerarse cordones diferentes a los que ya se encontraban.

1.2. Verificación (UNOPS)

Una vez que la empresa STEEL liberó una estructura del taller con el proceso de autocontrol finalizado y aprobado,

UNOPS, por intermedio de sus inspectores y empresas subcontratistas, ejecutó un proceso de verificación de calidad sobre una muestra representativa de las juntas soldadas. Este procedimiento, como bien lo menciona su nombre, buscaba inspeccionar ciertas uniones soldadas, bajo ciertos ensayos no destructivos, con el fin de asegurar que la información suministrada en los reportes de STEEL sea verídica y que las juntas cumplan con los estándares de calidad correspondientes.

De esta forma, UNOPS utiliza inspectores de DICCO para realizar inspecciones visuales a la estructura y para seleccionar cuales juntas deben someterse a ensayos de partículas magnéticas y radiografía, realizados por la subcontratista JAMSA.

1.2.1. Inspección Visual (VT)

La UNOPS no redactó un informe de inspección visual tal cual lo hizo la empresa STEEL. Esto se debe a que la UNOPS utilizó a los inspectores de la subcontratista DICCO para realizar revisiones en campo y en sitio de las condiciones de la estructura. Estos se encargaron de señalar en diversas zonas de la estructura donde consideraban que se violaba lo que estipula la norma. Con esto, se garantizaron que los operarios y soldadores observaran la señalización y corrigieran la imperfección.

Algunos de los defectos señalizados que demuestran la verificación visual de UNOPS en la Pila uno se muestra en las siguientes figuras:



FIGURA 34. Indicación de Reparación de Salpicadura como Método de Verificación para la Pila Uno.

Fuente: Propia.



FIGURA 35. Indicación de Inspección Visual Completada y Aprobada para la Verificación de la Pila Uno.

Fuente: Propia.

1.2.2. Partículas Magnéticas (MT)

A diferencia de la inspección visual, UNOPS solicitó a la empresa JAMSA un informe con los resultados de la prueba de partículas magnéticas que se realizaron. Este reporte tiene sus diferencias con respecto al que presenta STEEL como

autocontrol. Específicamente, porque no indica junta por junta los resultados del ensayo, sino que los expresa para una longitud de cordones determinada dentro de un subconjunto de la estructura. Es decir, una cantidad de metros para vigas, montantes y placas.

Al igual que para el proceso de autocontrol, en esta sección del análisis se va reunir todos los subconjuntos para presentar los resultados generales para la pila uno. No obstante, los informes de JAMSA para cada uno de las partes que componen la pila se presentan en el *Anexo 4.4*. Por su parte, los resultados generales se representan en la siguiente figura:

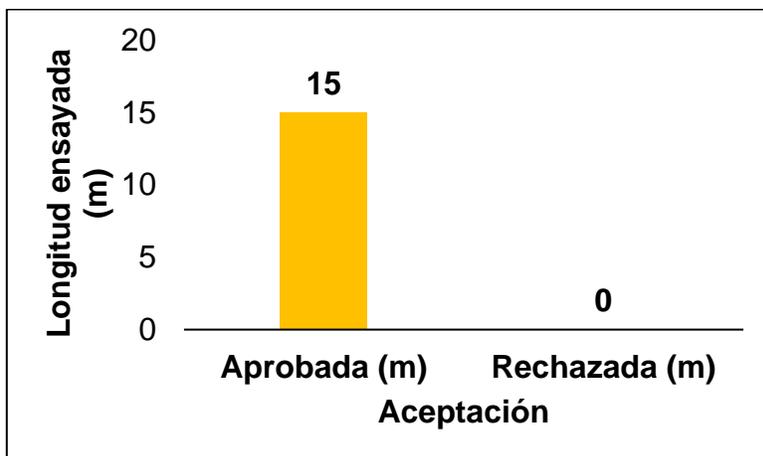


FIGURA 36. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Verificación para la Pila Uno.

Fuente: Propia, Datos: UNOPS.

Los resultados de verificación muestran un 100 % de aprobación, de la misma forma que se presentó en el método de partículas magnéticas del autocontrol. Como se mencionó para el autocontrol, el ensayo de partículas magnéticas no se aplicó a la totalidad de la longitud de la junta ya que no se cumpliría el 10 % comentado. Por este motivo, la verificación de



UNOPS para este ensayo trabajó como un complemento del de autocontrol ya que buscó analizar aquella sección de la junta que no fue ensayada por el autocontrol. De esta manera, la UNOPS se garantiza de una inspección del 100 % sobre la junta.

Por lo tanto, es necesario aclarar que los resultados de las juntas presentados en la figura 36 son para secciones distintas a los presentados en la figura 32. Con esto, no es posible verificar directamente que lo que reportó STEEL es correcto, pero si se puede tener una idea de la veracidad de estos datos ya que el resto de la junta no presentó defecto alguno en su inspección.

1.2.3. Radiografías (RT)

La UNOPS opta por el ensayo no destructivo conocido como radiografía para conocer la calidad de las juntas en ranura en su interior. Este método también lo hace por intermedio de la empresa JAMSA que, para esta ocasión, si presenta un formato de informe más detallado por especificación de junta. El ensayo radiográfico es ejecutado, según norma, a un mínimo de 25 % de la junta de las almas de vigas. No obstante, como sucede con el ensayo de partículas magnéticas, UNOPS buscó una complementación de las pruebas de autocontrol y ensayó sectores diferentes de la junta que fue sometida a ultrasonido.

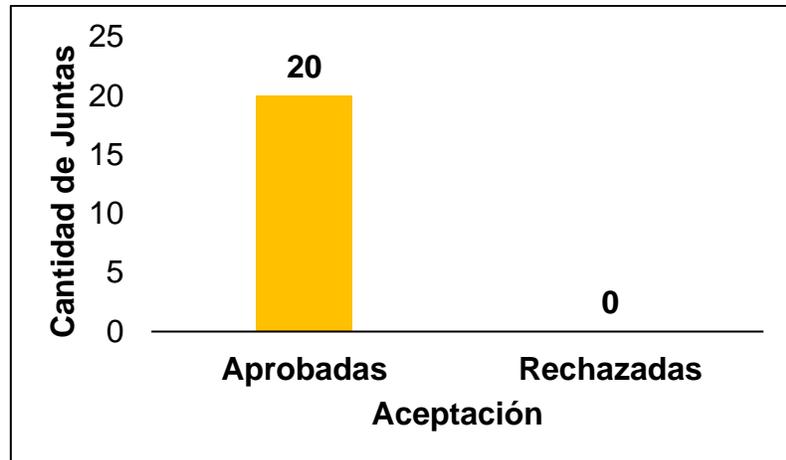


FIGURA 37. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Radiografía de Verificación para la Pila Uno.

Fuente: Propia, Datos: UNOPS.

La figura 37 muestra el 100 % de aprobación de las juntas sometidas a radiografía. Se puede observar en los informes de JAMSA en *Anexo 4.5* que, existen ciertas juntas que presentan porosidades. Sin embargo, estas son aceptadas en estos informes. Por lo tanto, y a pesar de que no se expresan indicaciones características de estos defectos, se puede pensar que estos poros presentados cumplen con los parámetros que se tienen en las figuras 23 y 24 de este documento.

A pesar de que el ensayo radiográfico no identifique exactamente lo que logra el ensayo ultrasónico, ambos se deben realizar a los mismos tipos de juntas. Sin embargo, trabajan como complemento uno del otro puesto que son diferentes las longitudes de juntas ensayadas por cada uno de ellos.

Los ensayos radiográficos para la estructura de la pila uno fueron bastante acertados puesto que no suelen encontrar defectos significativos. Esto se ve ayudado con el hecho de que la inspección visual, las partículas magnéticas y el ultrasonido

fue realizado previamente, por lo que, si se llegó a encontrar una imperfección en uno de ellos, se reparó de forma casi inmediata. De esta forma, cuando se realizó la prueba radiográfica, se podía tener casi la seguridad de que la junta se encuentra en perfectas condiciones. Consecuentemente, el ensayo por radiografía dio una buena sensación de que la soldadura de la pila uno cumple con los parámetros de calidad que se solicitaron.

2. SOLDADURA EN PILA DOS

2.1. Autocontrol (STEEL)

La empresa STEEL ejecutó el proceso de autocontrol de la pila dos de la misma manera en la que lo realizó para la pila uno. Sin embargo, existió la excepción que gran cantidad de las piezas de la pila dos, a diferencia de la pila uno, fueron ensambladas en campo. Por este motivo, muchos ensayos de calidad de la pila dos fueron realizados en campo también.

2.1.1. Inspección Visual (VT)

Los informes de inspección visual de autocontrol de la pila dos siguieron el mismo formato que los presentados para la pila uno. Estos se pueden apreciar a detalle en el *Anexo 5.1*.

Estos informes reconocen que cierta cantidad de piezas fueron ensambladas en campo a diferencia de la pila uno. Esto se demuestra con la indicación de que los procesos utilizados fueron FCAW y SMAW. Este último sustituye al SAW de la pila uno puesto que, por manejo de equipo y espacio en campo, resulta difícil aplicar este método. Por tanto, se opta por SMAW

dada su gran aplicación en sitio debido a su protección por fundente. No obstante, este proceso, al ser más lento, disminuyó los niveles de productividad y el ensamble de la pila requirió más tiempo que el de la pila uno. El motivo por el cual la pila uno si fue ensamblada en sitio por SAW se debe a que esta, a pesar de su denominación, fue armada y soldada tiempo después que la pila dos.

Los resultados que se presentan en los informes, son igualmente resumidos en la siguiente gráfica de barras:

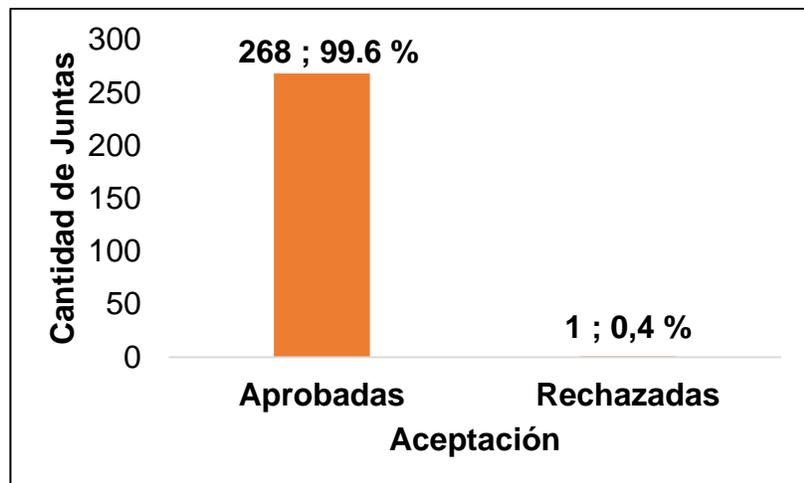


FIGURA 38. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Inspección Visual de Autocontrol para la Pila Dos.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

En la figura anterior es posible notar como una sola junta impidió tener un porcentaje de aprobación del 100 % en la inspección visual de la pila dos. Este defecto se presenta en el informe de la sección del tramo uno derecha de las vigas de la pila dos presentado en el *Anexo 5.1*. En él se muestra como, para la junta 27, soldada bajo FCAW y los parámetros presentados, se le impone un resultado de rechazo bajo un defecto el cual no se detalla. A pesar de no conocer a ciencia

cierta el tipo de imperfección que corresponde, es posible observar en ese mismo informe como otras juntas son soldadas bajo los mismos parámetros operacionales que la junta defectuosa. Por lo tanto, se puede deducir en un error de operación del soldador en esa junta en específico, ya que las demás juntas le fueron aprobadas sin problema alguno.

2.1.2. Partículas Magnéticas (MT)

La empresa subcontratista STEEL aplicó el proceso de partículas magnéticas para la pila dos de igual forma en la que lo realizó para la pila uno. Los informes se presentan en el *Anexo 5.2* y se resumen en el siguiente gráfico de barras:

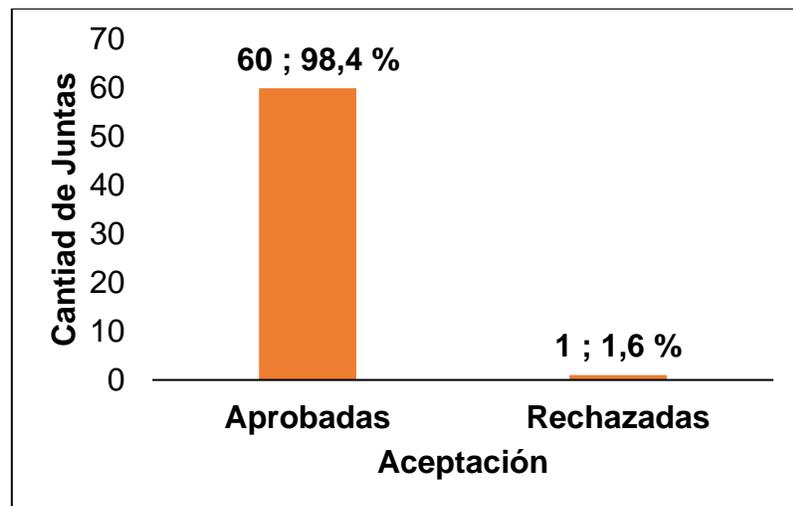


FIGURA 39. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Autocontrol para la Pila Dos.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

Al igual que para la inspección visual de la pila dos, solo una junta impidió el 100 % de aprobación en la estructura. Este defecto se muestra en el *Anexo 5.2* para el informe del tramo

dos izquierdo de viga. El defecto encontrado por el ensayo de partículas magnéticas corresponde a una fisura alargada de 1,9 mm de longitud en la junta seis.

Para el rechazo de esta imperfección no es necesario observar las figuras 23 y 24 del criterio de aceptación para partículas magnéticas. Esto se debe a que, en los criterios de aceptación de inspección visual de este marco teórico, o bien, propiamente en la norma *AWS D1.5 (2015)*, se establece que las fisuras o grietas deben ser rechazadas inmediatamente sin excepción alguna.

Las grietas funcionan como concentradores de esfuerzos en un cordón de soldadura por lo que, bajo la aplicación de carga, la grieta puede no soportar el esfuerzo presentado y tenderá a alargarse aún más. Finalmente, una grieta propensa a alargarse de esa manera, puede ocasionar la falla del cordón y del ensamble que este una. De esta forma, es vital rechazar cualquier grieta que se presente en las juntas, tal y como se hizo en esta ocasión.

El mismo informe presentado por STEEL muestra una casilla siguiente denominada por J6-R, la cual representa la revisión de la junta una vez reparada. Esta nueva junta reparada fue aceptada y aprobada con base en el código correspondiente.

2.1.3. Ultrasonidos (UT)

El ensayo ultrasónico de la pila dos realizado por STEEL se hizo igual que el mostrado en el punto 1.1.3 de la pila uno. Los resultados de los informes se resumen en la siguiente figura y se pueden encontrar detallados en el *Anexo 5.3*.

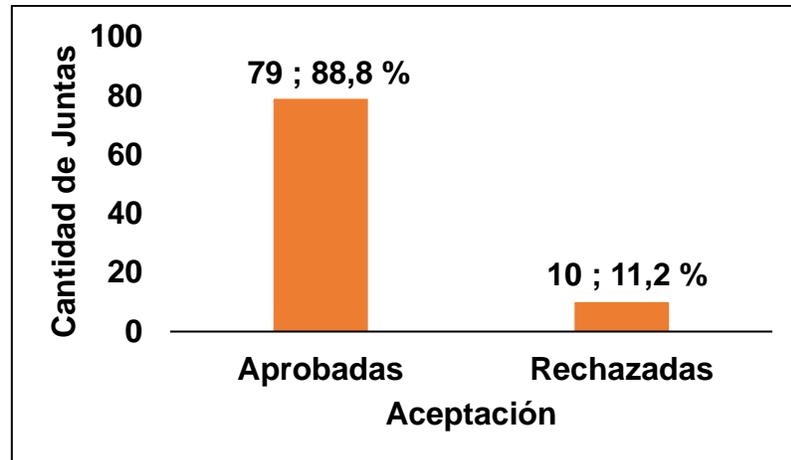


FIGURA 40. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Ultrasonido de Autocontrol para la Pila Dos.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

Los resultados del ultrasonido, reflejados en la figura 40, representan varias juntas de soldadura rechazadas para un porcentaje de aprobación de 88,8 %. Estas soldaduras rechazadas se muestran a lo largo de los informes del Anexo 5.3. De la misma manera que lo ocurrido en los ultrasonidos de la pila uno, los resultados arrojan rating de indicaciones menores a +8 por lo que, según norma, son categorizados como clase A y, por ende, rechazados.

Es importante destacar como, para esta ocasión, existieron cuatro juntas rechazadas más de las que se obtuvieron para la pila uno. Esto puede deberse a diferentes condiciones de operación. No obstante, los diez defectos de la pila dos se presentaron de forma distribuida en diferentes secciones de la pila. Por lo tanto, los errores en la soldadura pudieron provenir de creación de óxidos debido a las condiciones atmosféricas del trabajo en campo. Esta oxidación pudo provocar porosidades u otros defectos que impiden la aceptación de la junta.

Al igual que para la pila uno, el informe también presenta las reparaciones respectivas y aprobadas de cada uno de los cordones anteriormente rechazados.

2.2. Verificación (UNOPS)

La verificación para este conjunto de la estructura metálica también fue ejecutada por la UNOPS de la misma forma en la que se realiza para la pila uno. No obstante, al igual que para el autocontrol de la pila dos, la verificación se da mayoritariamente en campo.

2.2.1. Inspección Visual (VT)

La inspección visual también trabajó bajo las observaciones que realizaron los inspectores de DICCO. Algunas de las observaciones que se realizaron sobre la pila dos se ven reflejadas en las siguientes imágenes:



FIGURA 41. Indicación de Reparación para Pila Dos.

Fuente: Propia.



FIGURA 42. Indicación de Porosidad para Pila Dos.

Fuente: Propia.

2.2.2. Partículas Magnéticas (MT)

El reporte de JAMSA sobre el ensayo de partículas magnéticas aplicado en la pila dos se observa detalladamente en el Anexo 5.4. El número de juntas ensayadas con las aprobadas y rechazadas, según norma, se observan en la siguiente figura:

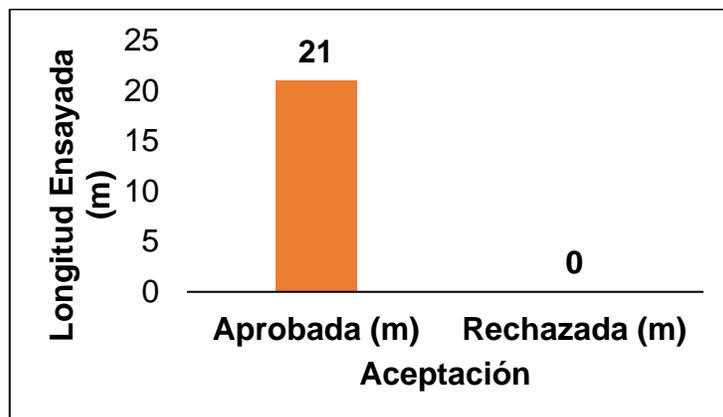


FIGURA 43. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Verificación para la Pila Dos.

Fuente: Propia, Datos: UNOPS.

Con base en la figura anterior, se muestra que toda la longitud ensayada por partículas magnéticas cumple con las condiciones de las figuras 23 y 24. En el proceso de autocontrol, se identificó una fisura por la que una junta fue rechazada en primera instancia. Sin embargo, el proceso de verificación se da en diferentes longitudes que el de autocontrol, por lo que se debe confiar en la reparación indicada en el informe de STEEL. Igualmente, el ensayo de verificación no brinda otro defecto existente en la longitud ensayada por lo que se considera que, la totalidad de esta se encuentra de la misma forma.

2.2.3. Radiografías (RT)

El ensayo radiográfico que realizó UNOPS permitió complementar los resultados arrojados por el ensayo ultrasónico ya que la norma impone realizar estos ensayos a los mismos tipos de juntas para la identificación de defectos no superficiales, especialmente.

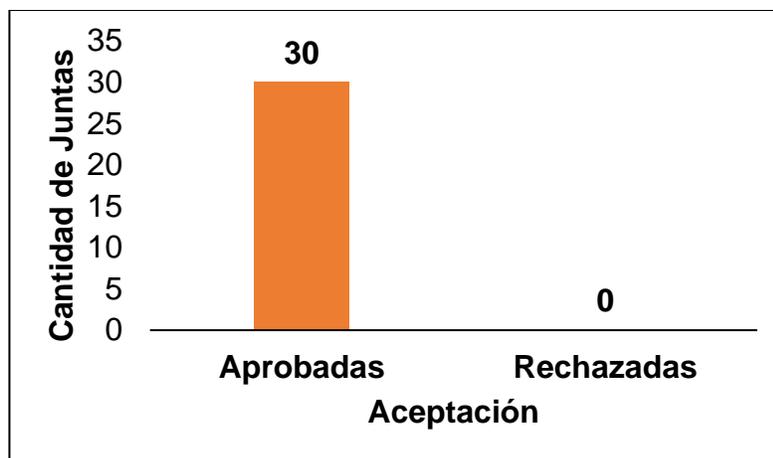


FIGURA 44. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Radiografía de Verificación para la Pila Dos.

Fuente: Propia, Datos: UNOPS.

En esta ocasión, el ensayo radiográfico de verificación para pila dos aprueba todas las juntas ensayadas. No se señala la presencia de algún defecto significativo dentro de los cordones de soldadura. Sin embargo, los informes presentados en el *Anexo 5.5* demuestran como si hay presencia de porosidades en las juntas, las cuales no son consideradas peligrosas con base en las figuras 23 y 24 del marco teórico. Asimismo, es posible corroborar que las juntas sometidas a ensayos aseguran el buen comportamiento de la unión que también fue sometida a ultrasonido como método de autocontrol.

3. SOLDADURA EN TABLERO

El proceso de soldadura en el tablero y, específicamente, su respectivo control de calidad se dividió en varias secciones tanto para el autocontrol como para la verificación. Estas divisiones permitieron a las empresas centrarse de mejor forma en diferentes partes de la estructura para tener un mayor enfoque en problemas de calidad, productividad o de costos y cronograma. Sin embargo, tal y como se ha venido haciendo para este análisis, se considera la estructura del tablero como una sola.

3.1. Autocontrol (STEEL)

El autocontrol de STEEL para el tablero se hizo con similitud al proceso llevado a cabo con la pila uno, donde se pretendió ensamblar la mayoría en taller para ejecutar el control de calidad en el mismo lugar y luego, ser trasladadas al sitio del proyecto.

3.1.1. Inspección Visual (VT)

La inspección visual presenta el mismo formato que las dos pilas anteriores. Según estos informes, presentados en el Anexo 6.1, los métodos utilizados para ensamblar el tablero son FCAW y SAW.

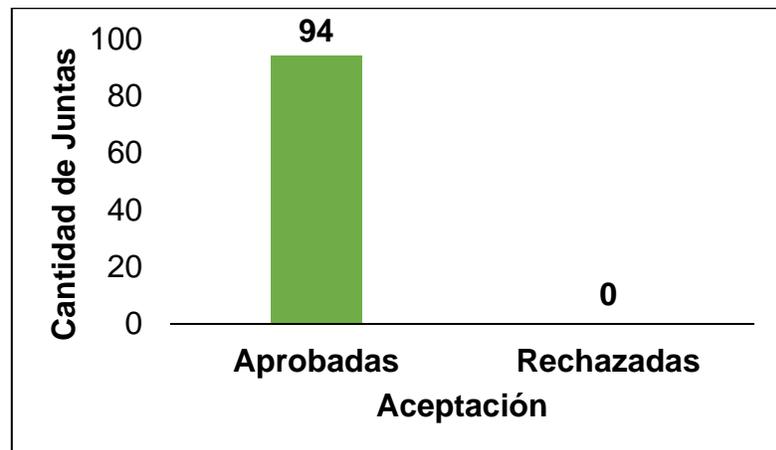


FIGURA 45. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Inspección Visual de Autocontrol para el tablero.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

La figura 45, muestra la inspección visual con un 100 % de aprobación. Esto brinda una noción de que el cordón de soldadura se encontró correcto superficialmente. Sin embargo, fue necesaria la realización del ensayo de partículas magnéticas para descubrir pequeños defectos que el ojo humano sea incapaz de detectar.

3.1.2. Partículas Magnéticas (MT)

Se ejecutó la prueba de partículas magnéticas tal y como se aplicó a la pila uno y dos.

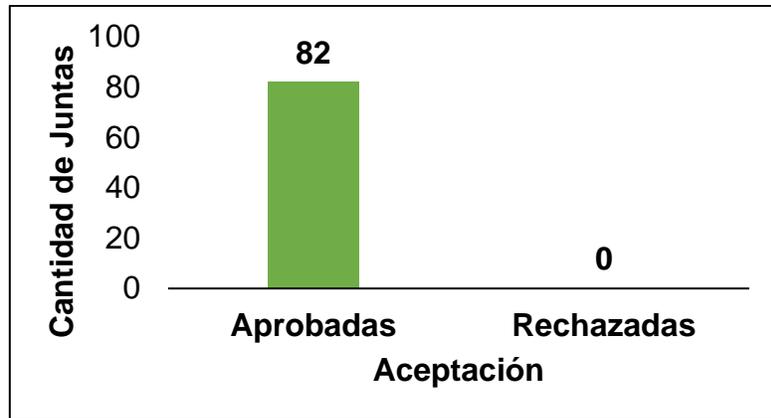


FIGURA 46. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Autocontrol para el tablero.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

El ensayo indicó que ninguna de las once juntas inspeccionadas presenta defectos considerables por lo que todas fueron aprobadas satisfactoriamente. Esto comprobó la no presencia de imperfecciones superficiales en el tablero de la estructura metálica. El informe detallado del ensayo se registra en el *Anexo 6.2*.

3.1.3. Ultrasonidos (UT)

Se aplica la prueba radiográfica de la misma forma en la que se implementó para la pila uno y dos.

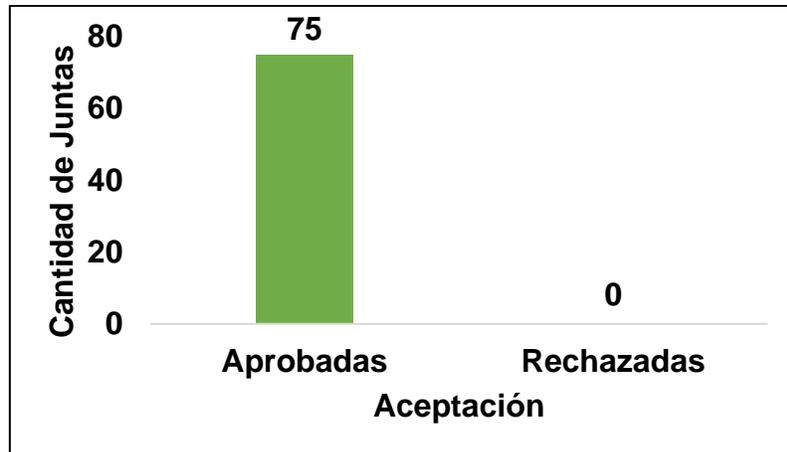


FIGURA 47. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Ultrasonido de Autocontrol para el tablero.

Fuente: Propia, Datos: STEEL.

Para un total de 75 juntas ensayadas en la totalidad del tablero de la estructura, se obtiene un 100 % de aceptación. Esto ejemplifica de buena manera como, el proceso de autocontrol sobre el tablero, indica que la soldadura realizada en este tramo de la estructura fue realizada eficazmente por la empresa STEEL. Esto garantiza la no presencia de defectos significativos en los cordones de soldadura, al menos para los porcentajes de longitud ensayados.

3.2. Verificación (UNOPS)

La verificación la ejecutó UNOPS mayoritariamente en campo, conforme los tramos de tablero fueron arribando al sitio del proyecto.

3.2.1. Inspección Visual (VT)

La inspección visual ejecutada por la subcontratista DICCOC no se registró más que en las bitácoras de campo de

los inspectores. Sin embargo, estas imágenes demuestran que el proceso si fue ejecutado:



FIGURA 48. Indicación de Falta de Soldadura en Tablero.

Fuente: Propia.



FIGURA 49. Indicación de Reparación en Tablero.

Fuente: Propia.

3.2.2. Partículas Magnéticas (MT)

El ensayo no destructivo de partículas magnéticas de verificación fue realizado bajo la misma metodología que los anteriores ensayos de la misma índole. Los resultados

obtenidos para el tablero se resumen en la siguiente gráfica, pero se detallan con amplitud en el Anexo 6.4 de este documento.

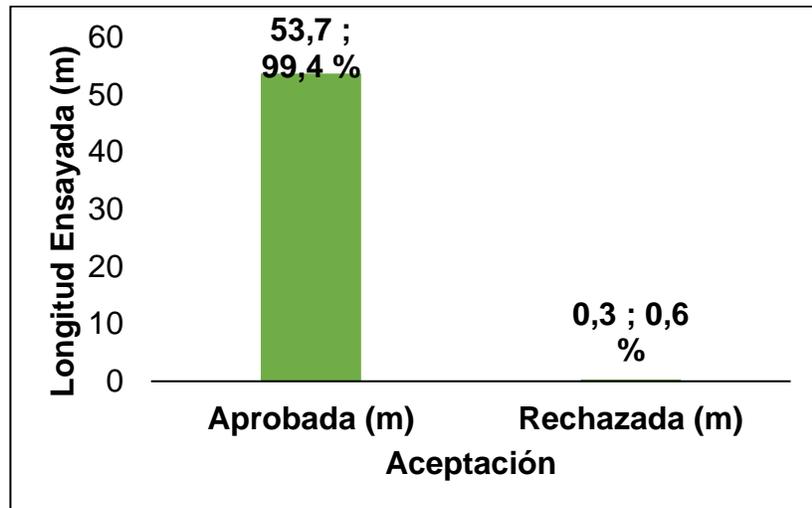


FIGURA 50. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Partículas Magnéticas de Verificación para el tablero.

Fuente: Propia, Datos: UNOPS.

La figura 50 muestra como los resultados de partículas magnéticas de verificación poseen una peculiaridad. Según el informe, se detectó una fisura de 300 mm de longitud en la viga dos derechas del tablero. El informe indica que se reparó de forma inmediata por lo que se procede con la posterior aprobación de la unión.

Como se vio en la sección 3.1.2, esta imperfección no fue hallada cuando se realizó el ensayo de partículas magnéticas de autocontrol. La razón por la cual no se encontró en primera instancia fue debido al porcentaje de inspección del 10 % que se ha comentado. De esta manera, el ensayo de autocontrol no fue seleccionada para esta longitud en particular por lo que nunca se encontró tal defecto. Sin embargo,

resaltando la importancia de la supervisión, los ensayos de verificación permitieron conocer la presencia de este defecto puesto que analizó un tramo de junta distinto al que se estudió en autocontrol. Esto permitió realizar la reparación de una discontinuidad que el fabricante de la estructura no contempló.

3.2.3. Radiografías (RT)

UNOPS ejecuto, al igual que para la pila uno y dos, la verificación de defectos en el interior de la junta por medio de radiografía. El reporte enviado por la empresa subcontratista se encuentra especificado en el *Anexo 6.5* y resumido en la siguiente figura:

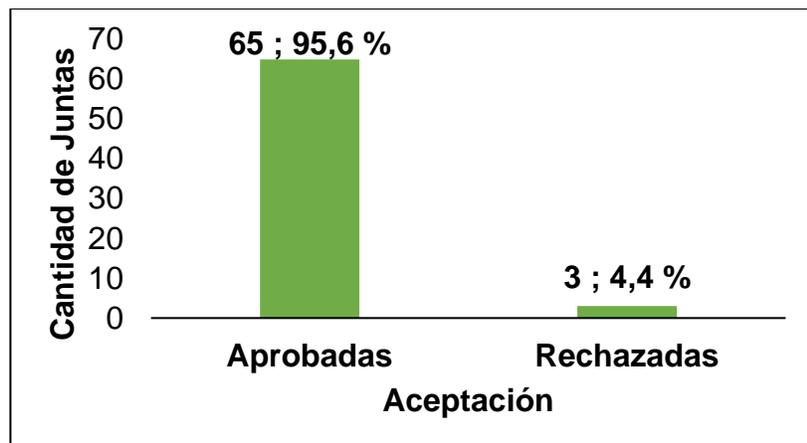


FIGURA 51. Gráfica de Cordones de Soldadura Sometidos a Ensayo de Radiografía de Verificación para el tablero.

Fuente: Propia, Datos: UNOPS.

En los ensayos radiográficos ha sido habitual poseer un 100 % de aprobación de la soldadura. Sin embargo, para el tablero, se destaca la presencia de imperfecciones como lo son faltas de fusiones e inclusiones en el interior de la soldadura. Estos defectos se consideran inaceptables y son rechazados en



el informe que se muestra en el *Anexo 6.5* ya que no cumplen con las exigencias estipuladas en las figuras 23 y 24. No obstante, en dicho informe también se especifica como las juntas vuelven a ser ensayadas posterior a su reprobación por lo que, una vez reparadas, son aceptadas y el conjunto es aprobado.

Como ya se ha venido comentando, la detección de anomalías en los ensayos radiográficos no supone una mala realización de los ensayos de autocontrol. Esto se debe principalmente a que las regiones de los cordones de soldadura son distintas para cada tipo de ensayo, ya que así lo prefirió trabajar UNOPS. Los defectos conocidos gracias al ensayo radiográfico habrían sido indetectables si UNOPS hubiera preferido ensayar las mismas juntas examinadas en el autocontrol. Por tanto, se puede establecer que esta metodología de trabajo resulta ser más eficaz para asegurar la mayor cantidad de soldadura posible.

E. CONTROL DE CALIDAD EN PROCEDIMIENTOS DE ACABADO

1. MEDICIONES DE PERFIL DE ANCLAJE

El perfil de anclaje, como se mencionó en el marco teórico, corresponde a aquella medida de rugosidad de las superficies sometidas al proceso de “sandblasting”. En dicha sección también se indica que los requerimientos del contrato con la empresa contratista exigen una un perfil de anclaje entre 1 y 2 mil (milésimas de pulgada).

Para el control de calidad de estos parámetros, la empresa STEEL aplica un proceso de autocontrol, en donde por medio de sus inspectores y, en presencia de inspectores de DICCOC (para supervisión de UNOPS),

realiza cierta cantidad de mediciones en las secciones de la estructura metálica. Estas medidas buscan obtener un valor promedio de perfil de anclaje del subconjunto de la estructura para así, verificar que se cumpla con lo que se menciona en los planos de diseño y el contrato de la obra. Los resultados de las mediciones para cada uno de los principales conjuntos de la estructura se resumen con el siguiente gráfico de barras:

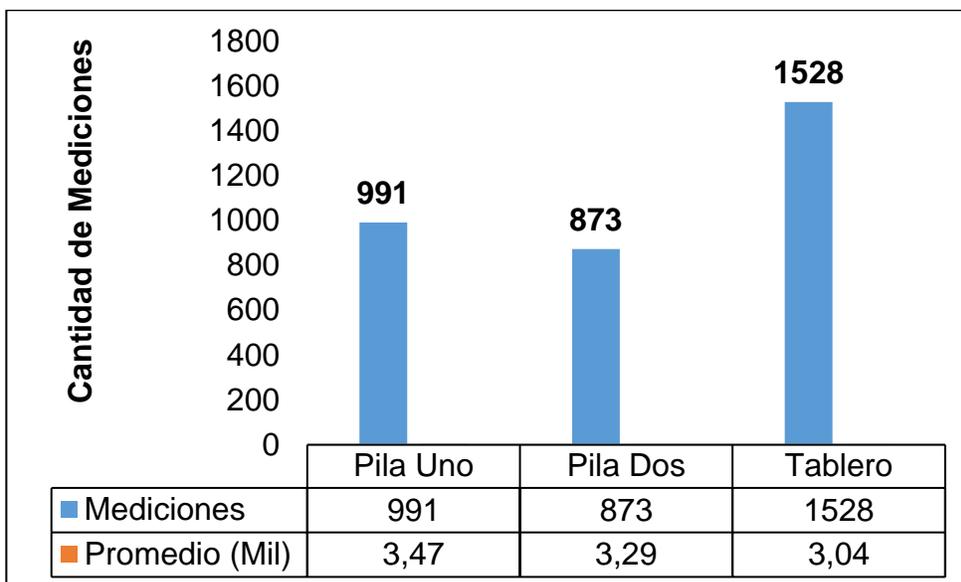


FIGURA 52. Gráfica de Mediciones de Perfil de Anclaje para los Tres Principales Conjuntos de la Estructura.

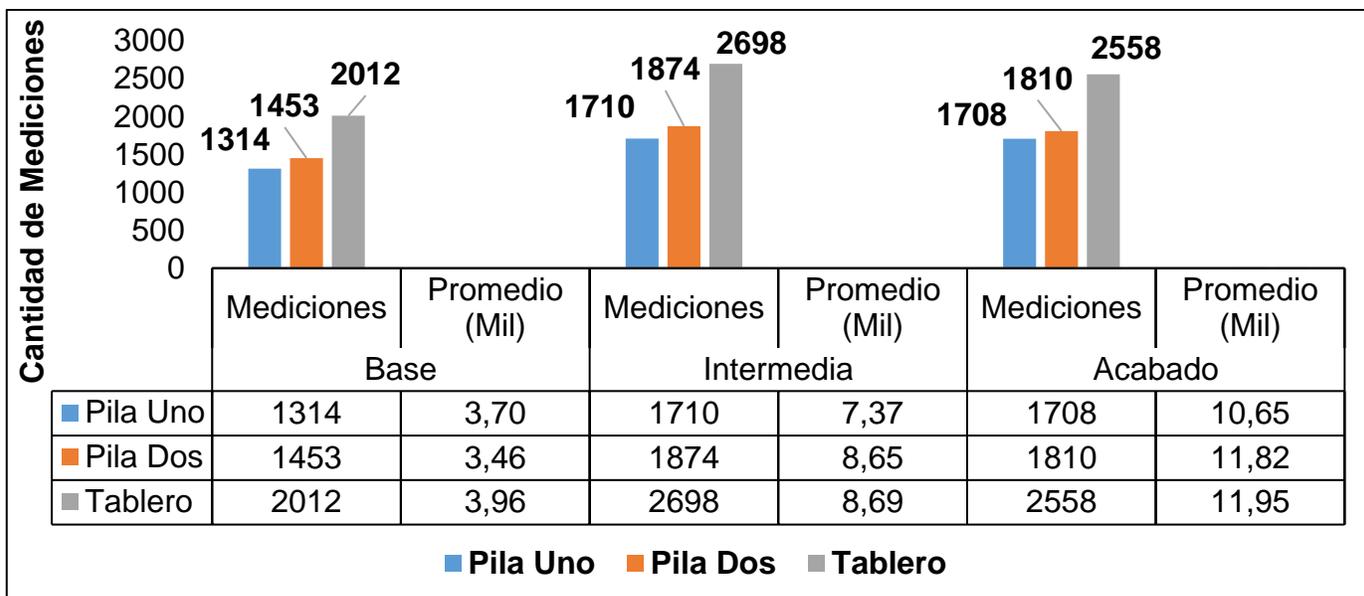
Fuente: Propia, Datos: STEEL.

La figura 45 detalla el número de mediciones que se realizaron para cada uno de los conjuntos de la estructura metálica. Cada una de estas mediciones posee un valor promedio de perfil de anclaje que se puede observar en la tabla adjunta al gráfico anterior. De esta forma se tiene un perfil de anclaje promedio de 3,47; 3,29 y 3,04 mil para la pila uno, la pila dos y el tablero; respectivamente. Por lo tanto, es posible declarar que cada uno de estos conjuntos supera correctamente los valores expuestos en el marco teórico de este documento. Consecuentemente, la superficie se encuentra en condiciones aceptables para ser sometida al proceso de pintura.

Es importante resaltar que, los valores expuestos en la figura 45, corresponden a un promedio de una gran cantidad de mediciones. Por tanto, si se desean conocer todos los valores de perfil de anclaje tomados, es necesario dirigirse al *Anexo 7*. En dicho anexo, se puede apreciar cómo, en algunas ocasiones, el perfil de anclaje no supera lo que estipula el contrato de obra. En estos casos, y cuando haya mediciones cercanas que no sobrepasen el valor mínimo, es necesario volver a ejecutar el proceso de “sandblasting” en dichas zonas. Con esto, se busca homogeneidad en la superficie y que no existan secciones que no cumplan con los parámetros estipulados, a pesar que el valor promedio así lo indique.

2. MEDICIONES DE ESPESOR DE CAPA

Cuando se comprobó el perfil de anclaje, se inició con el proceso de aplicación de las tres capas de pintura: base, intermedia y acabado. La metodología a seguir fue la impuesta por el proveedor (HEMPEL) en las fichas técnicas de cada uno de sus productos. Se tomaron mediciones del espesor de capa para cada una de las pinturas aplicadas con el fin de corroborar si los valores cumplen con lo que se menciona en la sección 3.2 del marco teórico. Los valores obtenidos son:



Fuente: Propia, Datos: STEEL.

FIGURA 53. Gráfica de Mediciones de Espesor de las Tres Capas de Pintura para los Tres Principales Conjuntos de la Estructura.

En la figura anterior se observa ampliamente resumido todas las mediciones realizadas de espesor de pintura para cada una de las tres capas para cada uno de los tres conjuntos principales de la estructura metálica del puente (informes en *Anexo 7*). Con base en la sección 3.2 del marco teórico, la capa base debe tener un espesor de 3 mil, la capa intermedia 4 mil y la de acabado otros 3 mil. De esta forma, en la realización de las mediciones correspondientes, cuando se obtenga el espesor de la capa base se debe tener 3 mil, para la capa intermedia 7 mil (3 mil de base más 4 mil de intermedia) y la de capa de acabado 10 mil (3 mil de base más 4 mil de intermedia más 3 mil de acabado).

Ahora bien, analizando los resultados de la figura 46, se aprecia cómo, para la capa base, el valor promedio de los tres conjuntos supera los 3 mil establecidos en los planos. De igual forma lo hace la capa intermedia que supera los 7 mil en todos sus conjuntos y la capa de acabado que sobrepasa los 10 mil. Es importante señalar que estas mediciones se realizaron en el transcurso del proceso, de forma que no se puede aplicar la capa intermedia si la capa base no cumple con lo impuesto por los planos. Existen inspectores



de STEEL bajo supervisión de inspectores de DICCOC realizando constantes mediciones en las estructuras con la finalidad de que esto se cumpla correctamente.

Igualmente, como se detalló para el perfil de anclaje, la existencia de zonas con espesores de capas menor es señalada y notificada a los obreros para su posterior reparación, a pesar de que se cumpla en promedio con los valores. Asimismo, si una sección de la estructura sobrepasa en gran medida el valor estipulado para el espesor, es necesario notificar al operario con el fin de evitar grandes desperdicios de material innecesarios.

De igual forma, como parte del proceso de verificación de UNOPS, los inspectores de DICCOC estuvieron presentes en los momentos de aplicación de la pintura. Con esto, se pretende asegurar que la operación se ejecute bajo los parámetros ambientales apropiados y según la ficha técnica que provee el suplidor del recubrimiento.

V. CONCLUSIONES

Los resultados de los informes permiten establecer la eficiencia que tuvieron los procedimientos de control de calidad aplicados en la estructura metálica del nuevo puente en Lindora. Con esto, se puede llegar a evaluar el correcto cumplimiento de las normas AWS D1.1, AWS D1.5, el contrato de obra y los planos del conjunto. Por tanto, una vez que se finaliza el análisis de estos informes de autocontrol y verificación, se puede establecer que:

- El material de suministro, normado por ASTM A709 (2002), es aprobado justamente por cumplir con los requerimientos de dureza, esfuerzo de fluencia, esfuerzo último, elongación y cortante; establecidos en su correspondiente certificada de calidad.
- Las operaciones de corte y acabado se ejecutaron de una forma limpia y eficaz ya que se respetaron las tolerancias dimensionales presentadas en los planos de taller. Además, solo diez mediciones en la operación de corte incumplen dichas tolerancias y son rechazadas inmediatamente.
- La soldadura del conjunto tiene una aprobación final adecuada donde todos los defectos significativos encontrados fueron rechazados y reparados de forma inmediata. Asimismo, cada soldadura con defectos importantes detectados en los diferentes ensayos, tanto de autocontrol como de verificación, es correctamente establecida como inaceptable con respecto a la norma AWS D1.5.
- Las mediciones de perfil de anclaje y de espesor de pintura cumplen con las exigencias establecidas en el contrato de la norma, donde superan el valor mínimo de micras o mills predefinido.

VI. RECOMENDACIONES

Una vez que se establecen las principales conclusiones de la supervisión del proceso de control de calidad de la estructura, es posible enumerar ciertas recomendaciones que pueden llegar a ser convenientes cuando se trabaje en la fabricación de estructuras metálicas:

- Establecer una fecha límite en presentación de informes de calidad de autocontrol y verificación. Esto debido a que, en muchas ocasiones, se pueden perder, confundir u omitir informes de calidad debido a la gran cantidad de pruebas que se aplican en estructuras como estas.
- Proveer de un plano que contenga las juntas inspeccionadas para cada uno de los ensayos de calidad realizados. De esta forma, se puede conocer la ubicación exacta de la junta en el mismo informe de calidad.
- Levantar un informe de inspección visual de verificación donde se registren todas las juntas examinadas y aprobadas. Esto con el objeto de realizar estos ensayos de la misma forma que para el autocontrol y no solamente mediante el registro de una bitácora.
- Como el proceso de verificación se trabaja complementando el de autocontrol, sería recomendable especificar el porcentaje total de longitud de junta inspeccionado al finalizar los dos procesos de control de calidad.
- Registrar y redactar en un informe las mediciones de perfil de anclaje y espesor de pintura para el proceso de verificación. De esta manera, se puede contrarrestar la información obtenida en la verificación con la medida en el autocontrol.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] American Society for Testing and Materials (ASTM). (2002). *ASTM A709/A709M Standard Specification for Carbon and High-Strength Low-Alloy Structural Steel Shapes, Plates, and Bars and Quenched-and-Tempered Alloy Structural Steel Plates for Bridges*. PA 19428-2959.
- [2] American Society for Testing and Materials (ASTM). (2012). *ASTM E1032 Standard Test Method for Radiographic Examination of Weldments*. PA 19428-2959.
- [3] American Society for Testing and Materials (ASTM). (2015). *ASTM E709 Standard Guide for Magnetic Particle Testing* . PA 19428-2959.
- [4] American Society for Testing and Materials (ASTM). (2017). *ASTM A370 Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*. PA 19428-2959.
- [5] American Society for Testing and Materials (ASTM). (2018). *ASTM E1316 Standard Terminology for Nondestructive Examinations*. PA 19428-2959.
- [6] American Welding Society (AWS). (2000). *AWS B1.11 Guide for the Visual Inspection of Welds*. Miami, FL 33166.
- [7] American Welding Society (AWS). (2001). *AWS WHB-1.9 Welding Handbook Volume 1 - Welding Science and Technology - Ninth Edition*. Miami, FL 33166.
- [8] American Welding Society (AWS). (2010). *AASHTO/AWS D1.5M/D1.5 Código de Soldadura para Puentes*. Doral, FL 33166.
- [9] American Welding Society (AWS). (2015). *AASHTO/AWS D1.5M/D1.5 Bridge Welding Code*. Miami, FL 33166.
- [10] American Welding Society (AWS). (2015). *AWS A3.0M/A3.0 Standard Welding Terms and Definitions, Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying*. Miami, FL 33166.
- [11] American Welding Society (AWS). (2015). *AWS D1.1/D1.1M Structural Welding Code - Steel*. Miami, FL 33166.



- [12] Consorcio GINPROSA - FHECOR. (2016). *Diseño de Detalle de la Duplicación del Puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional N° 147 "Radial Lindora"*. Costa Rica.
- [13] Constructora Pirenaica S.A. (COPISA). (2017). *R147-17-COP-UNOPS-131 Procedimientos Definidos en el Plan de Control de Calidad*. San José, Costa Rica.
- [14] Inspección y Sistemas de Calidad, S.A de C.V. (2003). *Inspección de Soldadura*. Monterrey, México.

ANEXOS

A continuación, se destacan los principales informes de laboratorio y taller con respecto a las diferentes pruebas realizadas con el objeto de asegurar la calidad de los procesos que se aplicaron a la estructura metálica del puente. Cabe mencionar que, por practicidad, se detalla una muestra representativa de cada uno de los informes. Esto se debe principalmente a que se trata de informes de gran extensión y con cierta repetitividad. La lista de anexos con su respectivo título corresponde a:

- **Anexo 1:** Informes de Mediciones de Dureza para Acero ASTM A709.
- **Anexo 2:** Informes de Ensayos de Tracción e Impacto (Charpy) para Acero ASTM A709.
- **Anexo 3:** Informes de Medición de Operaciones de Corte y Armado.
- **Anexo 4:** Informes de Soldadura de la Pila Uno.
 - **Anexo 4.1:** Informes de Inspección Visual de Autocontrol para la Pila Uno.
 - **Anexo 4.2:** Informes de Partículas Magnéticas de Autocontrol para la Pila Uno.
 - **Anexo 4.3:** Informes de Ultrasonido de Autocontrol para la Pila Uno.
 - **Anexo 4.4:** informes de Partículas Magnéticas de Verificación para la Pila Uno.
 - **Anexo 4.5:** Informes de Radiografía de Verificación para la Pila Uno.
- **Anexo 5:** Informes de Soldadura de la Pila Dos.



- **Anexo 5.1:** Informes de Inspección Visual de Autocontrol para la Pila Dos.
- **Anexo 5.2:** Informes de Partículas Magnéticas de Autocontrol para la Pila Dos.
- **Anexo 5.3:** Informes de Ultrasonido de Autocontrol para la Pila Dos.
- **Anexo 5.4:** informes de Partículas Magnéticas de Verificación para la Pila Dos.
- **Anexo 5.5:** Informes de Radiografía de Verificación para la Pila Dos.

- **Anexo 6:** Informes de Soldadura del Tablero.
 - **Anexo 6.1:** Informes de Inspección Visual de Autocontrol para el tablero.
 - **Anexo 6.2:** Informes de Partículas Magnéticas de Autocontrol para el tablero.
 - **Anexo 6.3:** Informes de Ultrasonido de Autocontrol para el tablero.
 - **Anexo 6.4:** informes de Partículas Magnéticas de Verificación para el tablero.
 - **Anexo 6.5:** Informes de Radiografía de Verificación para el tablero.

- **Anexo 7:** Informes de Mediciones de Operaciones de Acabado y Pintura.

- **Anexo 8:** Carta del Asesor.



ANEXO 1. INFORMES DE MEDICIONES DE DUREZA PARA ACERO ASTM A709

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

Muestra	Descripción	Imagen
1	<i>Muestra 1-A</i>	
2	<i>Muestra 2-A</i>	
3	<i>Muestra 3-A</i>	
4	<i>Muestra 4-A</i>	

<u>Informe para servicios de laboratorio</u>	Código N°: CIVCO-FG-30
	Versión: 3

5	<i>Muestra 6-A</i>	
6	<i>Muestra 7-A</i>	
7	<i>Muestra 8-A</i>	
8	<i>Muestra 9-A</i>	
9	<i>Muestra 10-A</i>	

**RESULTADOS DE ENSAYO
DUREZA ROCKWELL ESTÁNDAR**

<i>Muestra</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>M8</i>	<i>M9</i>	<i>M10</i>	<i>Promedio [HRB]</i>
1	88,59	86,73	87,95	83,18	85,59	86,61	88,72	81,63	86,79	86,59	86±2
2	89,28	86,64	87,54	87,49	88,09	83,71	89,63	82,75	90,41	91,07	88±3
3	82,80	83,14	84,23	82,60	82,97	84,24	83,38	83,97	85,53	83,14	83.6±0.9
4	82,00	77,45	82,70	83,41	88,93	88,38	91,43	80,19	86,56	80,40	84±4
6	90,00	85,88	73,07	83,93	83,38	84,38	79,60	88,55	83,55	80,71	83±5
7	105,42	100,95	104,62	105,10	109,25	86,27	99,07	103,85	86,85	85,84	99±9
8	93,62	92,59	95,72	94,56	92,73	95,14	95,48	95,81	93,63	90,74	94±2
9	87,76	86,47	85,98	85,70	88,67	88,00	90,00	84,73	86,77	88,28	87±2
10	82,03	80,26	86,93	83,81	85,26	84,08	82,90	88,25	88,83	89,67	85±3



ANEXO 2. INFORMES DE ENSAYOS DE TRACCIÓN E IMPACTO (CHARPY) PARA ACERO ASTM A709



Diseño, Inspección y Consultoría
En Carreteras y Obras Civiles
INF-M-UNOPS VIRILLA LINDORA03-11-2017
Verificación de material

Heat Number	Batch Number	Cantidades	Espesor	Ensayos de tensión			Resultados de Charpy			UT Standard
				R1- Fluencia	R2- Tracción	% Elon	1-	2-	3-	
17207087D	201707130559	1(12)	25mm	440 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25 (18-21)	(-12) 179 (34-41 J)	(-12) 177 (34-41 J)	(-12) 171 (34-41 J)	A 578
17207087D	201707130559	2(12)	25mm	440 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25 (18-21)	(-12) 179 (34-41 J)	(-12) 177 (34-41 J)	(-12) 171 (34-41 J)	A 578
17207087D	201707130559	3(12)	25mm	440 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25 (18-21)	(-12) 179 (34-41 J)	(-12) 177 (34-41 J)	(-12) 171 (34-41 J)	A 578
17207087D	201707130559	4(12)	25mm	440 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25 (18-21)	(-12) 179 (34-41 J)	(-12) 177 (34-41 J)	(-12) 171 (34-41 J)	A 578
17206877D	201707140167	5(12)	25mm	420 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25.5 (18-21)	(-12) 181 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	A 578
17206877D	201707140167	6(12)	25mm	420 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25.5 (18-21)	(-12) 181 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	A 578
17206877D	201707140167	7(12)	25mm	420 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25.5 (18-21)	(-12) 181 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	A 578
17206877D	201707140167	8(12)	25mm	420 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25.5 (18-21)	(-12) 181 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	A 578
17206877D	201707140167	9(12)	25mm	420 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25.5 (18-21)	(-12) 181 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	A 578
17206877D	201707140167	10(12)	25mm	420 (345 min/Mpa)	590 (450 min/Mpa)	25.5 (18-21)	(-12) 181 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	(-12) 204 (34-41 J)	A 578
17207087D	201707130688	11(12)	25mm	435 (345 min/Mpa)	570 (450 min/Mpa)	22.5 (18-21)	(-12) 176 (34-41 J)	(-12) 157 (34-41 J)	(-12) 171 (34-41 J)	A 578
17207087D	201707130688	12(12)	25mm	435 (345 min/Mpa)	570 (450 min/Mpa)	22.5 (18-21)	(-12) 176 (34-41 J)	(-12) 157 (34-41 J)	(-12) 171 (34-41 J)	A 578
				tabla 1			Tabla S1.3 Zona 3			

Observaciones, Solicitudes, Comentarios

Ensayos mecanicos de verificación.

Lote: 201707130559 (1 Tensión,1Charpy,1 Analisis Quimico).

201707140167 (1 Tensión,1Charpy,1 Analisis Quimico).

201707130688 (1 Tensión,1Charpy,1 Analisis Quimico).

* Color VERDE valor del Codigo ASTM A709 (Aprobado).

* Color ROJO valor del Codigo ASTM A 709 (Rechazado).

TABLE S1.1 Impact Testing Temperature Zones

Zone	Minimum Service Temperature, °F [°C]
1	0 [-18]
2	below 0 to -30 [-18 to -34]
3	below -30 to -60 [-34 to -51]



Diseño, Inspección y Consultoría
En Carreteras y Obras Civiles
INF-M-UNOPS VIRILLA LINDORA03-11-2017
Verificación de material

Heat Number	Batch Number	Cantidades	Espesor	Ensayos de tensión			Resultados de Charpy			UT Standard
				R1- Fluencia	R2- Tracción	% Elon	1-	2-	3-	
17206964A	201707140163	1	10mm	400 (345 min/Mpa)	545 (450 min/Mpa)	25 (18-21)	(-12) 116 (34-41 J)	(-12) 130 (34-41 J)	(-12) 118 (34-41 J)	A 578
				tabla 1			Tabla S1.3 Zona 3			

Observaciones, Solicitudes, Comentarios

Ensayos mecanicos de verificación.

Lote: 201707140163 (1 Tensión,1Charpy,1 Analisis Quimico).

* Color VERDE valor del Codigo ASTM A709 (Aprobado).

* Color ROJO valor del Codigo ASTM A 709 (Rechazado).

TABLE S1.1 Impact Testing Temperature Zones

Zone	Minimum Service Temperature, °F [°C]
1	0 [-18]
2	below 0 to -30 [-18 to -34]
3	below -30 to -60 [-34 to -51]



Diseño, Inspección y Consultoría
En Carreteras y Obras Civiles
INF-M-UNOPS VIRILLA LINDORA03-11-2017
Verificación de material

Heat Number	Batch Number	Cantidades	Espesor	Ensayos de tensión			Resultados de Charpy			UT Standard
				R1- Fluencia	R2- Tracción	% Enlon	1-	2-	3-	
17106063D	201707130690	1(3)	38mm	395 (345 min/Mpa)	595 (450 min/Mpa)	24.5 (18-21)	(-12) 152 (34-41 J)	(-12) 129 (34-41 J)	(-12) 157 (34-41 J)	A 578
17106063D	201707130691	2(3)	38mm	445 (345 min/Mpa)	600 (450 min/Mpa)	23.5 (18-21)	(-12) 152 (34-41 J)	(-12) 156 (34-41 J)	(-12) 152 (34-41 J)	A 578
17105857D	201707130692	3(3)	38mm	400 (345 min/Mpa)	580 (450 min/Mpa)	24 (18-21)	(-12) 204 (34-41 J)	(-12) 194 (34-41 J)	(-12) 189 (34-41 J)	A 578
				tabla 1			Tabla S1.3 Zona 3			

Observaciones, Solicitudes, Comentarios

Ensayos mecanicos de verificación.

Lote: 201707130690 (1 Tensión, 1Charpy, 1 Analisis Quimico).

201707130691 (1 Tensión, 1Charpy, 1 Analisis Quimico).

201707130692 (1 Tensión, 1Charpy, 1 Analisis Quimico).

* Color VERDE valor del Codigo ASTM A709 (Aprobado).

* Color ROJO valor del Codigo ASTM A 709 (Rechazado).

TABLE S1.1 Impact Testing Temperature Zones

Zone	Minimum Service Temperature, °F [°C]
1	0 [-18]
2	below 0 to -30 [-18 to -34]
3	below -30 to -60 [-34 to -51]



Diseño, Inspección y Consultoría
En Carreteras y Obras Civiles
INF-M-UNOPS VIRILLA LINDORA03-11-2017
Verificación de material

Heat Number	Batch Number	Cantidades	Espesor	Ensayos de tensión			Resultados de Charpy			UT Standard
				R1- Fluencia	R2- Tracción	% Enlon	1-	2-	3-	
17106063D	201707140165	1(13)	16mm	385 (345 min/Mpa)	535 (450 min/Mpa)	26 (18-21)	(-12) 114 (34-41 J)	(-12) 123 (34-41 J)	(-12) 118 (34-41 J)	A578
17106063D	201707140165	2(13)	16mm	385 (345 min/Mpa)	535 (450 min/Mpa)	26 (18-21)	(-12) 114 (34-41 J)	(-12) 123 (34-41 J)	(-12) 118 (34-41 J)	A578
17106063D	201707140165	3(13)	16mm	385 (345 min/Mpa)	535 (450 min/Mpa)	26 (18-21)	(-12) 114 (34-41 J)	(-12) 123 (34-41 J)	(-12) 118 (34-41 J)	A578
12106063D	201707140164	4(13)	16mm	430 (345 min/Mpa)	550 (450 min/Mpa)	29 (18-21)	(-12) 152 (34-41 J)	(-12) 173 (34-41 J)	(-12) 172 (34-41 J)	A578
12106063D	201707140164	5(13)	16mm	430 (345 min/Mpa)	550 (450 min/Mpa)	29 (18-21)	(-12) 152 (34-41 J)	(-12) 173 (34-41 J)	(-12) 172 (34-41 J)	A578
12106063D	201707140164	6(13)	16mm	430 (345 min/Mpa)	550 (450 min/Mpa)	29 (18-21)	(-12) 152 (34-41 J)	(-12) 173 (34-41 J)	(-12) 172 (34-41 J)	A578
17206964A	201707140166	7(13)	16mm	390 (345 min/Mpa)	545 (450 min/Mpa)	27 (18-21)	(-12) 156 (34-41 J)	(-12) 194 (34-41 J)	(-12) 196 (34-41 J)	A578
17206964A	201707140166	8(13)	16mm	390 (345 min/Mpa)	545 (450 min/Mpa)	27 (18-21)	(-12) 156 (34-41 J)	(-12) 194 (34-41 J)	(-12) 196 (34-41 J)	A578
17206964A	201707140166	9(13)	16mm	390 (345 min/Mpa)	545 (450 min/Mpa)	27 (18-21)	(-12) 156 (34-41 J)	(-12) 194 (34-41 J)	(-12) 196 (34-41 J)	A578
17206964A	201707140166	10(13)	16mm	390 (345 min/Mpa)	545 (450 min/Mpa)	27 (18-21)	(-12) 156 (34-41 J)	(-12) 194 (34-41 J)	(-12) 196 (34-41 J)	A578
17106063D	201707130687	11(13)	16mm	385 (345 min/Mpa)	535 (450 min/Mpa)	23.5 (18-21)	(-12) 171 (34-41 J)	(-12) 199 (34-41 J)	(-12) 169 (34-41 J)	A 578
17106063D	201707130687	12(13)	16mm	385 (345 min/Mpa)	535 (450 min/Mpa)	23.5 (18-21)	(-12) 171 (34-41 J)	(-12) 199 (34-41 J)	(-12) 169 (34-41 J)	A 578
17106063D	201707130687	13(13)	16mm	385 (345 min/Mpa)	535 (450 min/Mpa)	23.5 (18-21)	(-12) 171 (34-41 J)	(-12) 199 (34-41 J)	(-12) 169 (34-41 J)	A 578
				tabla 1			Tabla S1.3 Zona 3			

Observaciones, Solicitudes, Comentarios

Ensayos mecanicos de verificación.

Lote: 201707140165 (1 Tensión, 1Charpy, 1 Analisis Quimico).

201707140164 (1 Tensión, 1Charpy, 1 Analisis Quimico).

201707140166 (1 Tensión, 1Charpy, 1 Analisis Quimico).

201707130687 (1 Tensión, 1Charpy, 1 Analisis Quimico).

* Color VERDE valor del Codigo ASTM A709 (Aprobado).

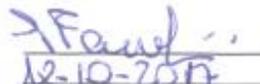
* Color ROJO valor del Codigo ASTM A 709 (Rechazado).

TABLE S1.1 Impact Testing Temperature Zones

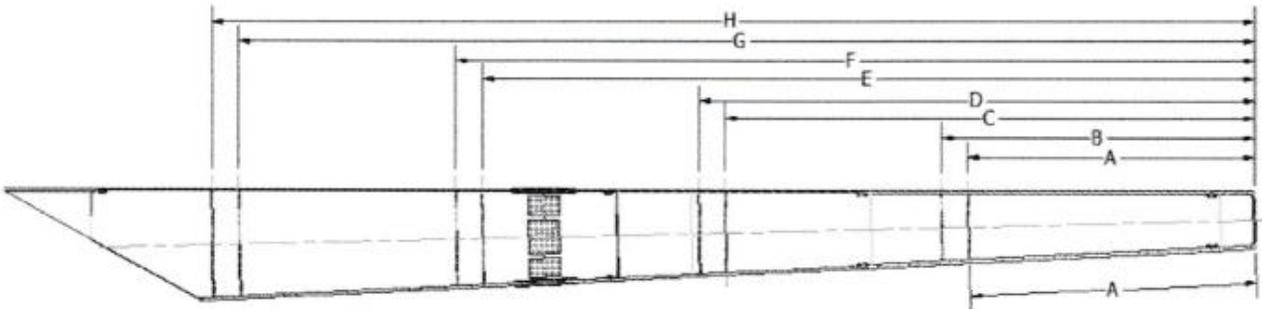
Zone	Minimum Service Temperature, °F [°C]
1	0 [-18]
2	below 0 to -30 [-18 to -34]
3	below -30 to -60 [-34 to -51]



ANEXO 3. INFORMES DE MEDICIÓN DE OPERACIONES DE CORTE Y ARMADO

 STEEL Construcción Montaje Servicios		REPORTE INSPECCION DE DIMENSIONES CUADRATURA DE LÁMINA			FECHA: 20-9-2017		
					REP. N°: R-ST-01 (16)		
PROYECTO		SECTOR	CLIENTE		CONSTRUCTOR		
PUENTE LINDORA		PILA 2	COPISA		STEEL C.M.S.		
CERTIFICADO DE CALIDAD							
FABRICANTE		N°CERTIFICADO	FECHA		ESPECIFICACION		
NUCOR		478660	27 02 2017		AASHTO M270-2017GR50/345 F2&F1/ASTM A709-16a GR50/345F2&F1/A572-50-15		
N°COLADA - N° DE PLACA		EVALUACIÓN CONFORME			ESPESOR	ANCHO	LARGO
7504929-04-1-01		ISO 13920 // AASHTO/AWS D1.5M/D1.5, 2010			22	2440	12192
PIEZA MEDIDA	POSICION MEDIDA	MEDIDA REAL (mm)	MEDIDA TEÓRICA (mm)	DIFERENCIA (mm)	TOLERANCIA (mm)	RESULTADO (A/R)	
PL2- 35-1.2 A	LARGO 1	3175	4708	-1534	± 8	R	
	LARGO 2	3176	4781	-1605	± 8		
	ANCHO 1	184	196	-12	± 2		
	ANCHO 2	184	196	-12	± 2		
	DIAGONAL 1	3180	4713	-1533	± 8		
PL2- 35-1.2 B	LARGO 1	3178	4709	-1531	± 8	R	
	LARGO 2	3178	4781	-1603	± 8		
	ANCHO 1	183	196	-13	± 2		
	ANCHO 2	184	196	-12	± 2		
	DIAGONAL 1	3183	4713	-1530	± 8		
PL2- 33-1.2 A	LARGO 1	4241	4242	-1	± 8	A	
	LARGO 2	4208	4208	0	± 8		
	ANCHO 1	195	196	-1	± 2		
	ANCHO 2	196	196	0	± 2		
	DIAGONAL 1	4245	4246	-1	± 8		
PL2- 33-1.2 B	LARGO 1	4238	4242	-4	± 8	A	
	LARGO 2	4205	4208	-3	± 8		
	ANCHO 1	196	196	0	± 2		
	ANCHO 2	196	196	0	± 2		
	DIAGONAL 1	4242	4246	-4	± 8		
OBSERVACIONES: PL2- 35-1.2 A y B, sus dimensiones no están de acuerdo a lo indicado en el plano Vigas Pila 2 Rev 2. Se utilizan en Pila 1 según corresponda con el ajuste dimensional requerido.							
INSPECTOR (STEEL)		APROBADO (STEEL)		V. B. (CLIENTE)			
FIRMA:  FECHA: 17/10/17		FIRMA:  FECHA: 17/10/17		FIRMA:  FECHA: 18-10-2017			

 STEEL <small>Construcción Montaje Servicio</small>		REPORTE INSPECCION DE DIMENSIONES DE CUADRATURA DE LÁMINA			FECHA: 12/12/17		
					REP. No. R-ST-02 (60)		
PROYECTO		SECTOR	CLIENTE		CONSTRUCTOR		
Puente Lindora		VIGAS PILA 1	COPISA		STEEL C.M.S.		
CERTIFICADO DE CALIDAD							
FABRICANTE		CERTIFICADO	FECHA	ESPECIFICACIÓN			
Minemetals Yingkou		D070015082017B091561	09/25/2017	AASHTO M270-2017G50/348 F26F1/ASTM A709-18a G50/345F2 & F1 A572-50-15			
N° DE COLADA DE LA PLACA		EVALUACIÓN CONFORME		ESPESOR	ANCHO	LARGO	
17308688C		ISO 13920 // AASHTO AWS D1.5M/D1.5, 2010		76	3048	12192	
PIEZA MEDIDA	POSICIÓN MEDIDA	MEDIDA REAL (mm)	MEDIDA TEÓRICA (mm)	DIFERENCIA (mm)	TOLERANCIA (mm)	RESULTADO (A/R)	
POS 1A	A	964	965	-1	±3	A	
	B	820	823	-3	±3	A	
	C	1031	1034	-3	±4	A	
	D	788	788	0	±3	A	
	E	76	76	0	±2	A	
POS 1S-A	A	964	965	-1	±3	A	
	B	820	823	-3	±3	A	
	C	1034	1034	0	±4	A	
	D	785	788	-3	±3	A	
	E	76	76	0	±2	A	
POS 1B	A	963	965	-2	±3	A	
	B	820	823	-3	±3	A	
	C	1033	1034	-1	±4	A	
	D	785	788	-3	±3	A	
	E	76	76	0	±2	A	
POS 1S-B	A	965	965	0	±3	A	
	B	821	823	-2	±3	A	
	C	1032	1034	-2	±4	A	
	D	788	788	0	±3	A	
	E	76	76	0	±2	A	
OBSERVACIONES:							
INSPECTOR (STEEL)		APROBÓ (STEEL)			V.B. CLIENTE		
FIRMA: Joel Bonilla R.  FECHA: 8-2-18		FIRMA:  FECHA: _____			FIRMA: _____ FECHA: _____		

 STEEL <small>Construcción Montaje Servicios</small>	REPORTE INSPECCION DE DIMENSIONES DE COMPONENTES DE UN PUEBTE			FECHA: 12/2/18		
				REP. No. R-ST-02 (10)		
PROYECTO	SECTOR	N° SOPORTE	CLIENTE	CONSTRUCTOR		
Puente Lindora	PILA 1	DISTANCIAS DE LOS ATIZADORES	COPISA	STEEL C.M.S.		
						
Ítem #	Medición	Medida Real (mm)	Medida según Plano (mm)	Diferencia (mm)	Tolerancia (mm)	Resultado (A / R)
VIGA DERECHA	A	6611	6610	1	±8	A
	B	7210	7210	0	±8	A
	C	12205	12199	6	±12	A
	D	12807	12799	8	±14	A
	E	17792	17788	4	±14	A
	F	18392	18388	4	±14	A
	G	23381	23377	4	±16	A
	H	23982	23977	5	±16	A
VIGA IZQUIERDA	A	6614	6610	4	±8	A
	B	7214	7210	4	±8	A
	C	12206	12199	7	±12	A
	D	12804	12799	5	±14	A
	E	17785	17788	-3	±14	A
	F	18392	18388	4	±14	A
	G	23382	23377	5	±16	A
	H	23982	23977	5	±16	A
OBSERVACIONES:						
INSPECTOR (STEEL)		APROBÓ (STEEL)		V.B. CLIENTE		
FIRMA: <u>Joel Bonilla</u> FECHA: <u>12/2/2018</u>		FIRMA: <u>Luis Diego Segura A.</u> FECHA: <u>12/2/2018</u>		FIRMA: _____ FECHA: _____		

 STEEL Construcción Tecnología Servicios		REPORTE INSPECCION DE DIMENSIONES DE COMPONENTES INDIVIDUALES			FECHA: 06 10 2017 REP. No. R-ST-02 (01)	
					CONSTRUCTOR STEFI C.M.S.	
PROYECTO	SECTOR	SOPORTE	CLIENTE			
Puente Lindora	Pila 2	Viga Montante	COPISA			
						
Ítem #	Medición	Medida Real (mm)	Medida según Plano (mm)	Diferencia (mm)	Tolerancia (mm)	Resultado (A / R)
PL2 - 29	L1	2934	2935	-1	±5	A
	L2	2934	2935	-1	±	A
	A1	240	240	0	±2	A
	A2	241	240	1	±2	A
	D1	270	271	-1	±2	A
	D2	270	271	-1	±2	A
PL2 - 30 A	L1	1350	1352	-2	±4	A
	L2	1351	1352	-1	±4	A
	A1	250	250	0	±2	A
	A2	378	380	-2	±2	A
	D1	270	271	-1	±2	A
	D2	271	271	0	±2	A
PL2 - 30 B	L1	1351	1352	-1	±4	A
	L2	1351	1352	-1	±4	A
	A1	250	250	0	±2	A
	A2	378	380	-2	±2	A
	D1	270	271	-1	±2	A
	D2	269	271	-2	±2	A
OBSERVACIONES:						
INSPECTOR (STEEL)		APROBÓ (STEEL)		V.B. CLIENTE		
FIRMA: 		FIRMA: 		FIRMA: 		



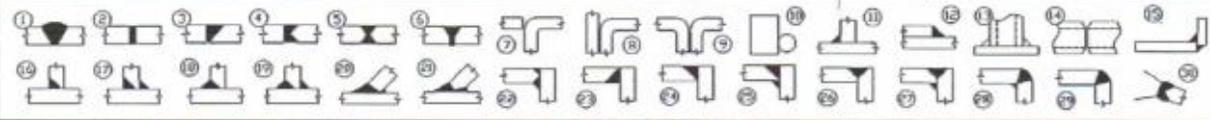
ANEXO 4. INFORMES DE CONTROL DE CALIDAD EN LA SOLDADURA DE LA PILA UNO



ANEXO 4.1. INFORMES DE INSPECCIÓN VISUAL DE AUTOCONTROL DE LA PILA UNO

TECNODES INGENIERÍA S.A

REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL		FECHA: 16 DE ENERO, 2018	
COMPONENTE: PILA 1 - VIGA 1 / VIGA 2 DERECHA		CLIENTE: STEEL CMS REPORTE N°: VT18-LIND-STEEL-R020 MATERIAL: ASTM A 709 GR.50 PROCESO DE SOLDADURA: SAW / FCAW SUPERFICIE: COMO SOLDADA	
LUGAR	(X) TALLER () CAMPO		



INFORMACION GENERAL		
PROCEDIMIENTO #	REV.	CÓDIGO/EDICIÓN
P.CC.END.VT-01	1	AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015

INDICACIONES																
ID JUNTA	TIPO JUNTA	MATERIAL BASE				WPS No.	CORRIENTE (A)	VOLTAJE (V)	TRATAMIENTO TERMICO	POSICIÓN	SOLDADOR	W. No.	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADO		
		TIPO	ESPESOR (mm)													
J1	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-31	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT - MT	APROBADO
J1	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-31	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J2	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-31	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J2	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J3	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J4	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J5	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	30	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J6	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	3G	Nelson Ruiz	W4	VT	APROBADO
J6	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	3G	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J7	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	57	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	Miguel Sanchez	W13	VT	APROBADO
J8	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	57	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	Angel Morán	W10	VT	APROBADO
J9	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-31	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J9	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J10	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-31	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT - MT	APROBADO
J10	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J11	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	30	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J12	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J13	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J14	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	51	ST-AWS-31	561	32	N/A	1G	Manuel Nuñez	W7	VT - UT	APROBADO
J15	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	51	ST-AWS-31	561	32	N/A	1G	Manuel Nuñez	W7	VT - UT	APROBADO
J26	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	57	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT - UT	APROBADO
J27	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT - UT	APROBADO
J28	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT - UT	APROBADO
J29	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-31	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J29	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J30	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-31	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J30	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J31	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J32	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J33	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-31	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT - MT	APROBADO
J33	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J34	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-31	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J34	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J35	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J36	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO

Observaciones: Informe de inspección visual correspondiente a la viga 1 y viga 2 derecho.

RESULTADOS		
ACEPTADO <input checked="" type="checkbox"/>	CRITERIO DE ACEPTACIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015	RECHAZADO <input type="checkbox"/>
INSPECCIONADO POR FIRMA	APROBADO POR FIRMA	RECIBIDO POR FIRMA
NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791	NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791	NOMBRE: Ing. Luis Diego Sequeira A. CARGO: Gerente de Taller

Freddy E Villalobos González
 CWI 14071791
 OCT EXP 7/1/2020

TECNODES INGENIERÍA S.A

REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL										FECHA: 11 DE ENERO, 2018						
COMPONENTE: PILA 1 - VIGA 1 / VIGA 2 IZQUIERDA					CLIENTE: STEEL CMS REPORTE N°: VT18-LIND-STEEL-R019 MATERIAL: ASTM A 709 GR.50 PROCESO DE SOLDADURA: FCAW / SAW SUPERFICIE: COMO SOLDADA											
LUGAR		(X) TALLER			() CAMPO											
INFORMACIÓN GENERAL																
PROCEDIMIENTO # P.CC.END.VT-01					REV. 1			CÓDIGO/EDICIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015								
INDICACIONES																
ID LÍNEA	TIPO JUNTA	MATERIAL BASE		ESPESOR (mm)		WPS No.	CORRIENTE (A)	VOLTAJE (V)	TRATAMIENTO TÉRMICO	POSICIÓN	SOLDADOR	W. No.	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADO		
		TIPO														
J1	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-21	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT - MT	APROBADO
J1	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J2	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-11	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J2	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J3	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J4	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J5	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	57	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	M.Sanchez/C. Obando	W13/W3	VT - UT	APROBADO
J6	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	3G	Horacio Herrera	W8	VT - UT	APROBADO
J6	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	3G	Jason Varela	W9	VT - UT	APROBADO
J7	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	57	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	C.Obando / N.Ruiz	W3/W4	VT - UT	APROBADO
J8	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-11	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J8	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J9	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-11	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J9	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J10	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J11	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J12	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	32	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT - UT	APROBADO
J21	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT - UT	APROBADO
J22	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT - UT	APROBADO
J23	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	32	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J24	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	32	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J27	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J27	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-11	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT - MT	APROBADO
J28	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J28	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	ST-AWS-11	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J29	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J30	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J31	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J31	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-11	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT - MT	APROBADO
J32	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J32	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	51	ST-AWS-11	561	32	N/A	2F	Manuel Nuñez	W7	VT	APROBADO
J33	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT - MT	APROBADO
J34	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	57	X	19	ST-AWS-21	258	23,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
Observaciones: Informe final de inspección visual.																
RESULTADOS																
ACEPTADO <input checked="" type="checkbox"/>				CRITERIO DE ACEPTACIÓN					RECHAZADO							
				AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015												
INSPECCIONADO POR				APROBADO POR					RECIBIDO POR							
FIRMA: NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791				FIRMA: NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791					FIRMA: NOMBRE: Ing. Luis Diego Sequeira A. CARGO: Gerente de Taller							



ANEXO 4.2. INFORMES DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE AUTOCONTROL DE LA PILA UNO

TECNODES INGENIERÍA S.A

REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS				FECHA: 1G DE ENERO, 2018		
COMPONENTE: PILA 1 - VIGA 1 / VIGA 2 DERECHA		CLIENTE: STEEL CMS				
		REPORTE N°: MT18-LIND-STEEL-R020				
		MATERIAL: ASTM A709 GR.50				
		PROCESO DE SOLDADURA: FCAW / SAW				
LUGAR:	<input checked="" type="checkbox"/> TALLER <input type="checkbox"/> CAMPO	SUPERFICIE: COMO SOLDADA				
TIPO DE PARTÍCULA		TÉCNICA USADA		TIPO DE CAMPO MAGNÉTICO		
VISIBLE <input checked="" type="checkbox"/> FLUORESCENTE <input type="checkbox"/>		SECO <input checked="" type="checkbox"/> HÚMEDO <input type="checkbox"/>		CONTINUO <input checked="" type="checkbox"/> RESIDUAL <input type="checkbox"/>		
TIPO DE MAGNETIZACIÓN		INSTRUMENTO DE MAGNETIZACIÓN		MARCA	MODELO	No. DE SERIE
LONGITUDINAL		YUGO MAGNÉTICO		PARKER	DA-400	23967
INFORMACIÓN DE EXAMINACIÓN						
PROCEDIMIENTO # P.CC.END.MT-01		REV. 1		CÓDIGO/EDICIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015		
CORRIENTE (A) 6A		INTENSIDAD CAMPO MAGNÉTICO (G) 20 G		VOLTAJE-FRECUENCIA 115V – 60 Hz		
MAGNETISMO RESIDUAL 0 Gauss		PORCENTAJE DE LA PRUEBA 10%		INTENSIDAD LUMINOSA 1420 Lx		
INDICACIONES						
ID JUNTA	FORMA		DIMENSIONES	A	R	OBSERV.
	ALARGADA	REDONDEADA				
J1	-	-	-	X	-	-
J3	-	-	-	X	-	-
J4	-	-	-	X	-	-
J10	-	-	-	X	-	-
J11	-	-	-	X	-	-
J13	-	-	-	X	-	-
J30	-	-	-	X	-	-
J31	-	-	-	X	-	-
J33	-	-	-	X	-	-
J35	-	-	-	X	-	-
-	-	-	UL	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="color: red; font-size: small;"> Freddy E Villalobos González CWI 14071791 OCT EXP. 7/1/2020 </div> </div>						
OBSERVACIONES: Se inspeccionaron 10,6 metros de soldadura por MT						
RESULTADOS						
ACEPTADO <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: auto; text-align: center;">X</div>		CRITERIO DE ACEPTACIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015			RECHAZADO <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: auto; text-align: center;">-</div>	
EVALUADO FIRMA:		APROBADO FIRMA:			RECIBIDO FIRMA:	
NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791		NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791			NOMBRE: Luis Diego Sequelra A. CARGO: Gerente de Taller	

TECNODES INGENIERÍA S.A

REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS				FECHA: 16 DE ENERO, 2018		
COMPONENTE: PILA 1 - VIGA 1 / VIGA 2 IZQUIERDA		CLIENTE: STEEL CMS				
		REPORTE N°: MT18-LIND-STEEL-R019				
		MATERIAL: ASTM A709 GR.50				
		PROCESO DE SOLDADURA: FCAW / SAW				
LUGAR:	(X) TALLER () CAMPO	SUPERFICIE: COMO SOLDADA				
TIPO DE PARTÍCULA		TÉCNICA USADA		TIPO DE CAMPO MAGNÉTICO		
VISIBLE <input checked="" type="checkbox"/> FLUORESCENTE <input type="checkbox"/>		SECO <input checked="" type="checkbox"/> HÚMEDO <input type="checkbox"/>		CONTINUO <input checked="" type="checkbox"/> RESIDUAL <input type="checkbox"/>		
TIPO DE MAGNETIZACIÓN		INSTRUMENTO DE MAGNETIZACIÓN		MARCA	MODELO	No. DE SERIE
LONGITUDINAL		YUGO MAGNÉTICO		PARKER	DA-400	23967
INFORMACIÓN DE EXAMINACIÓN						
PROCEDIMIENTO #		REV.	CÓDIGO/EDICIÓN			
P.CC.END.MT-01		1	AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015			
CORRIENTE (A)		INTENSIDAD CAMPO MAGNÉTICO (G)		VOLTAJE-FRECUENCIA		
6A		20 G		115V – 60 Hz		
MAGNETISMO RESIDUAL		PORCENTAJE DE LA PRUEBA		INTENSIDAD LUMINOSA		
0 Gauss		10%		1420 Lx		
INDICACIONES						
ID JUNTA	FORMA		DIMENSIONES	A	R	OBSERV.
	ALARGADA	REDONDEADA				
J1	-	-	-	X	-	-
J3	-	-	-	X	-	-
J4	-	-	-	X	-	-
J10	-	-	-	X	-	-
J11	-	-	-	X	-	-
J23	-	-	-	X	-	-
J24	-	-	-	X	-	-
J27	-	-	-	X	-	-
J29	-	-	-	X	-	-
J30	-	-	-	X	-	-
J31	-	-	-	X	-	-
J33	-	-	-	X	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
OBSERVACIONES: Se inspeccionaron 11,2 metros de soldadura por MT						
RESULTADOS						
ACEPTADO		CRITERIO DE ACEPTACIÓN			RECHAZADO	
<input checked="" type="checkbox"/>		AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015			<input type="checkbox"/>	
EVALUADO		APROBADO			RECIBIDO	
FIRMA:		FIRMA:			FIRMA:	
NOMBRE: Freddy Vilalobos González		NOMBRE: Freddy Vilalobos González			NOMBRE: Luis Diego Sequera	
NIVEL: CWI 14071791		NIVEL: CWI 14071791			CARGO: Gerente de Taller	



ANEXO 4.3. INFORMES DE ULTRASONIDOS DE AUTOCONTROL DE LA PILA UNO

**REPORTE DE INSPECCIÓN CON ENSAYO ULTRASÓNICO (AWS)
R-P.CC.END.UT-02-1**

1- INFORMACIÓN GENERAL				
Fecha de inspección	24/01/2018	Foja: 1 de 1		
Cliente:	STEEL CMS			
Descripción del ensamble:	PILA 1	Núm. Reg.	UT18-PILA1-V1_V2-R020	
Tipo de elemento	VIGA 2 (ALAS / ALMA)	Espesor:	57-51 mm / 32-51mm	
Área Inspeccionada:	Cordón de soldadura y ZAC			
Tipo de junta:	Junta de ranura a tope	Proceso de soldadura	FCAW / SAW	

2-DATOS DEL EQUIPO							
Marca:	OLYMPUS	Modelo:	EPOCH 600	Número de serie:	110158007		
Tipo de unidad de rastreo:	AWS	Tamaño:	5/8" X 5/8"	Frecuencia:	2,25 MHz	Ángulo:	60°
Tipo de unidad de rastreo:	AWS	Tamaño:	5/8" X 5/8"	Frecuencia:	2,25 MHz	Ángulo:	70°
Tipo de conectores:	BNC - BNC	Longitud:	1,2 m	Palpador Standard/Bliedado:	Standard		

3 - CONDICIONES DE EXAMINACIÓN						
Tipo de inspección(100%, spot, etc):						100%
Procedimiento de inspección	P.CC.END.UT-02	Revisión:	0	Código/Edición:	AWS D1.5 / 2015	
Bloque de calibración:	Bloque de referencia IIW, tipo 2 (Número de serie 15-3050)					
Ajuste de sensibilidad:	1/16"					
Condición superficial:	Tal como soldado. Acero desnudo.					
Etapas del proceso:	Entrega de producto terminado	Acoplante:	Glicerina			
Temperatura máxima de aplicación:	35° C					
Observaciones:	Posición de soldo: 1G					

4 - RESULTADOS																
Línea número	Junta soldada #	Soldador responsable	Dist al punto de referencia (cm)	Cara de exposición	# plasma	DECIBELES				Longitud indicación (mm)	Recorrido sónico (mm)	Profundidad desde cara A (mm)	Distancia frente palpador (mm)	Aceptado	Rechazado	OBSERVACIONES
						Nivel de indicación	Nivel de referencia	Factor de atenuación	Rating de indicación							
						a	b	c	d							
1	VIGA 1 DER / PATIN SUPERIOR	W3 / W13	-	A-B	1	-	58,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	VIGA 1 DER / PATIN SUPERIOR	W3 / W13	-	A-B	1	59,2	58,2	-1	2	10	102	21	69	-	X	-
3	VIGA 1 DER / ALMA SUPERIOR	W7	-	A-B	1	-	58,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	VIGA 1 DER / ALMA SUPERIOR	W7	-	A-B	1	54	58,2	-3	-1,4	250	50,3	23,2	32,5	-	X	-
5	VIGA 1 DER / ALMA INFERIOR	W7	-	A-B	1	-	58,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	VIGA 1 DER / ALMA INFERIOR	W7	-	A-B	1	54	58,2	-3	-1,4	190	50,3	21,4	32,5	-	X	-
7	VIGA 1 DER / PATIN INFERIOR	W10 / W13	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	-	X	-	-
8	VIGA 1 DER / PATIN INFERIOR	W10 / W13	-	A-B	1-2	-	58,2	-	-	-	-	-	-	X	-	-
9	VIGA 2 DER / PATIN SUPERIOR	W3 / W13	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	-	X	-	-
10	VIGA 2 DER / PATIN SUPERIOR	W3 / W13	-	A-B	1-2	-	58,2	-	-	-	-	-	-	X	-	-
11	VIGA 2 DER / ALMA SUPERIOR	W7	-	A-B	1	54	58,2	3	-7,3	24	64,4	32,6	44,8	-	X	-
12	VIGA 2 DER / ALMA SUPERIOR	W7	-	A-B	1	60,9	58,2	1	1,4	36	76,4	38,2	55,2	-	X	-
13	VIGA 2 DER / ALMA INFERIOR	W7	-	A-B	1	63,1	58,2	2	2,7	15	55,9	28	37,4	-	X	-
14	VIGA 2 DER / ALMA INFERIOR	W7	-	A-B	1	60,2	58,2	2	-0,1	13	50,3	25,1	32,5	-	X	-
15	VIGA 2 DER / PATIN INFERIOR	W10 / W13	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	-	X	-	-
16	VIGA 2 DER / PATIN INFERIOR	W10 / W13	-	A-B	1-2	-	58,2	-	-	-	-	-	-	X	-	-
17	-	-	-	-	-	-	UL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

X Freddy E Villalobos Gonzalez
 CWI 14071791
 GC1 EXP. 7/1/2020

ELABORADO Y EVALUADO: Nombre: Ing. Freddy Villalobos González Nivel: II SNT-TC-1A, Reg CPND-257/015 Fecha: 24-01-2018	APROBADO: Nombre: Ing. Freddy Villalobos González Nivel: II SNT-TC-1A, Reg CPND-257/015 Fecha: 24-01-2018	RECIBIDO: Nombre: Ing. Jorge Arredondo S. Cargo: Director de Proyectos Fecha: 24-01-2018
---	---	--

REPORTE DE INSPECCIÓN CON ENSAYO ULTRASONICO (AWS) R-
P.CC.END.UT-02-1

1- INFORMACIÓN GENERAL			
Fecha de inspección	26/01/2018	Hoja: 1 de 1	
Cliente:	STEEL CMS		
Descripción del ensamble:	PILA 1	Núm. Reg.	UT18-PILA1-V1_V2-R020
Tipo de elemento	VIGA 1 / VIGA 2 (ALAS / ALMA)	Espesor:	57-53 mm / 32-31mm
Area Inspeccionada:	Cordón de soldadura y ZAC		
Tipo de junta:	Junta de ranura a tope	Proceso de soldadura	FCAW / SAW



2-DATOS DEL EQUIPO							
Marca:	OLYMPUS	Modelo:	EPOCH 600	Número de serie:	110158007		
Tipo de unidad de rastreo:	AWS	Tamaño:	5/8" X 5/8"	Frecuencia:	2,25 MHz	Ángulo:	60°
Tipo de unidad de rastreo:	AWS	Tamaño:	5/8" X 5/8"	Frecuencia:	2,25 MHz	Ángulo:	70°
Tipo de conectores:	BNC - BNC	Longitud:	1.2 m	Palpador Standard/Blindado	Standard		

3 - CONDICIONES DE EXAMINACIÓN			
Tipo de inspección(100%, spot, etc):	100%		
Procedimiento de inspección	P.CC.END.UT-02	Revisión:	0
Código/Edición:	AWS D1.5 / 2015		
Bloque de calibración:	Bloque de referencia IIW, tipo 2 (Número de serie 15-3050)		
Ajuste de sensibilidad:	1/16"		
Condición superficial:	Tal como soldado. Acero desnudo.		
Etape del proceso:	Entrega de producto terminado	Acoplante:	Glicerina
Temperatura máxima de aplicación:	35° C		
Observaciones:	Posición de soldo: 1G		

4 - RESULTADOS																
Línea número	Junta soldada #	Soldador responsable	Dist al punto de referencia (cm)	Cara de exploración	# piezas	DECIBELES				Longitud indicación (mm)	Recomido sónico (mm)	Profundidad desde cara A (mm)	Distancia frente palpador (mm)	Aceptado	Rechazado	OBSERVACIONES
						Nivel de indicación	Nivel de referencia	Factor de atenuación	Rating de indicación							
						a	b	c	d							
1	VIGA 1 DER / PATIN SUPERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	-	X	-	-
2	VIGA 1 DER / PATIN SUPERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,2	-	-	-	-	-	-	X	-	-
3	VIGA 1 DER / ALMA SUPERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	-	X	-	-
4	VIGA 1 DER / ALMA SUPERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,2	-	-	-	-	-	-	X	-	-
5	VIGA 1 DER / ALMA INFERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	-	X	-	-
6	VIGA 1 DER / ALMA INFERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,2	-	-	-	-	-	-	X	-	-
11	VIGA 2 DER / ALMA SUPERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	-	X	-	-
12	VIGA 2 DER / ALMA SUPERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,2	-	-	-	-	-	-	X	-	-
13	VIGA 2 DER / ALMA INFERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	-	X	-	-
14	VIGA 2 DER / ALMA INFERIOR / R1	W10	-	A-B	1-2	-	58,2	-	-	-	-	-	-	X	-	-
17	-	-	-	-	-	-	UL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

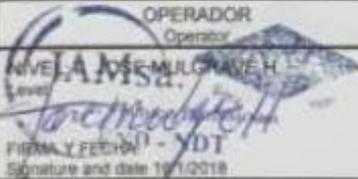
Freddy E Villalobos González
CWI 14071791
OC1 EXP. 7/1/2020

Nota: Se realizó la reinspección del 100% de las almas las cuales no presentan indicaciones relevantes.

ELABORADO Y EVALUADO:		APROBADO:		RECIBIDO:	
Nombre:	Ing. Freddy Villalobos González	Nombre:	Ing. Freddy Villalobos González	Nombre:	Ing. Jorge Arredondo S.
Nivel:	II SNT-TC-1A, Reg CPND-257/015	Nivel:	II SNT-TC-1A, Reg CPND-257/015	Cargo:	Director de Proyectos
Fecha:	26-01-2018	Fecha:	26-01-2018	Fecha:	26-01-2018



ANEXO 4.4. INFORMES DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE VERIFICACIÓN DE LA PILA UNO

		INFORME DE INSPECCIÓN POR PARTICULAS MAGNÉTICAS Magnetic Particles Test Report		HOJA 1 DE 1 Sheet of	Rev.00									
				INFORME-MT-UNOPS-007 Report No.										
				JOB NUMBER:										
CLIENTE: UNOPS Customer														
DIRECCIÓN: Address														
PEDIDO: n/a P. order														
OBJETO ENSAYADO: Estructura Puente RN 147 Tested object			PLANO: n/a Drawing											
PROCEDIMIENTO: JAMSA MT rev00 Procedure			CALIF. / ESPECIFICACIÓN: Specification mark											
FECHA DE RECEPCIÓN: _____ Reception date		FECHA DE ENSAYO: 16/1/2018 Test date		EXTENSIÓN EXAMEN: 6 m Control extension										
DATOS DE LA PIEZA: (SOLDADURA <input checked="" type="checkbox"/> / PLACA <input type="checkbox"/> / FUNDICIÓN, FORJA, REDONDO <input type="checkbox"/> / OTROS <input type="checkbox"/>) Specimen (Weld / Plate / Casting, Forging and bars / Other)														
IDENTIFICACIÓN: VIGA 1 IZQUIERDA Identification														
MATERIAL - CALIDAD: A709 Gr 50 Material - Specification			ESPESOR (mm): 3 - 15 mm Thickness											
ZONA A INSPECCIONAR: SOLDADURA FILLETE Inspection area			ESTADO SUPERFICIAL: ACEPTABLE - CEPILLADO Surface condition											
TRATAMIENTO TÉRMICO: _____ Heat treatment			TIPO DE UNIÓN: n/a Type of joint											
PROCEDIMIENTO DE SOLDEO: n/a Welding procedure			TEMPERATURA (°C): 28 Temperature											
MEDIOS DE INSPECCIÓN Inspection Equipments			TIPO DE ENSAYO Testing type											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3">EQUIPO: YOKE Equipment</td> </tr> <tr> <td>MARCA: PARKER Trade Mark</td> <td>MODELO: DA-400 Model</td> <td>CÓDIGO: 18737 Code No.</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE CORRIENTE: AC Current Type</td> <td>INTENSIDAD (Amp): 5 Intensity</td> <td></td> </tr> </table>						EQUIPO: YOKE Equipment			MARCA: PARKER Trade Mark	MODELO: DA-400 Model	CÓDIGO: 18737 Code No.	TIPO DE CORRIENTE: AC Current Type	INTENSIDAD (Amp): 5 Intensity	
EQUIPO: YOKE Equipment														
MARCA: PARKER Trade Mark	MODELO: DA-400 Model	CÓDIGO: 18737 Code No.												
TIPO DE CORRIENTE: AC Current Type	INTENSIDAD (Amp): 5 Intensity													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3">PARTÍCULAS: Particles</td> </tr> <tr> <td>TIPO: T-C Type</td> <td>MARCA: MAGNAFLUX Trade Mark</td> <td>CÓDIGO: 01-111G-GG Code No.</td> </tr> <tr> <td>COLOR: NEGRO Colour</td> <td>LOTE: 09F038</td> <td></td> </tr> </table>						PARTÍCULAS: Particles			TIPO: T-C Type	MARCA: MAGNAFLUX Trade Mark	CÓDIGO: 01-111G-GG Code No.	COLOR: NEGRO Colour	LOTE: 09F038	
PARTÍCULAS: Particles														
TIPO: T-C Type	MARCA: MAGNAFLUX Trade Mark	CÓDIGO: 01-111G-GG Code No.												
COLOR: NEGRO Colour	LOTE: 09F038													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3">MAGNETIZACIÓN: Magnetization</td> </tr> <tr> <td>METODO: Continuo Method</td> <td colspan="2">INTENSIDAD DE CAMPO (A/m): 8.6 Field Intensity</td> </tr> <tr> <td>SEP. ELECTRODOS / POLOS (mm): VARIABLE Electrodes / Pole spacing: 75 - 125 mm</td> <td colspan="2">DIRECCIONES: MULTIDIRECCIONAL Directions</td> </tr> </table>						MAGNETIZACIÓN: Magnetization			METODO: Continuo Method	INTENSIDAD DE CAMPO (A/m): 8.6 Field Intensity		SEP. ELECTRODOS / POLOS (mm): VARIABLE Electrodes / Pole spacing: 75 - 125 mm	DIRECCIONES: MULTIDIRECCIONAL Directions	
MAGNETIZACIÓN: Magnetization														
METODO: Continuo Method	INTENSIDAD DE CAMPO (A/m): 8.6 Field Intensity													
SEP. ELECTRODOS / POLOS (mm): VARIABLE Electrodes / Pole spacing: 75 - 125 mm	DIRECCIONES: MULTIDIRECCIONAL Directions													
ILUMINACIÓN: * Natural / <input type="checkbox"/> Artificial / <input type="checkbox"/> U.V. Lighting type: >1000 LUX		Código: _____ Black Light code number		Lámpara U.V.: _____										
LUGAR DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO: En Obra Testing place														
RESULTADOS DE LA PRUEBA: SIN INDICACIONES RELEVANTES Test results														
(CROQUIS ANEXO <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>). OTROS ANEXOS: (Nº DE ANEXOS QUE ACOMPAÑAN A ESTE INFORME): 1 Added Sketch (Other Annex (Nº of annexes attached to this report))														
OBSERVACIONES GENERALES: Se realizan los ensayos en las secciones indicadas por el cliente General notes														
OPERADOR Operator		INSPECTOR CLIENTE Customer		SUPERVISOR Supervisor										
 FIRMA Y FECHA: Signature and date: 16/1/2018		FIRMA Y FECHA: Signature and date		FIRMA Y FECHA: Signature and date										



ANEXO 4.5. INFORMES DE RADIOGRAFÍAS DE VERIFICACIÓN DE LA PILA UNO



ANEXO 5. INFORMES DE CONTROL DE CALIDAD EN LA SOLDADURA DE LA PILA DOS



ANEXO 5.1. INFORMES DE INSPECCIÓN VISUAL DE AUTOCONTROL DE LA PILA DOS

TECNODES INGENIERÍA S.A

REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL										FECHA: 1 DE NOVIEMBRE, 2017						
COMPONENTE: VIGAS PILA 2 - TRAMO 1 DER.					CLIENTE: STEEL CMS REPORTE N°: VT-LIND-STEEL-003-B MATERIAL: ASTM A 709 GR.50 PROCESO DE SOLDADURA: FCAW											
LUGAR: <input checked="" type="checkbox"/> TALLER <input type="checkbox"/> CAMPO					SUPERFICIE: COMO SOLDADA											
INFORMACION GENERAL																
PROCEDIMIENTO # P.CC.END.VT-01						REV. 1			CÓDIGO/EDICIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015							
INDICACIONES																
ID LINEA	TIPO LINEA	MATERIAL BASE				WPS No.	CORRIENTE (A)	VOLTAGE (V)	TRATAMIENTO TERMICO	POSICIÓN	SOLDADOR	W. No.	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADO		
		TIPO	ESPESOR (mm)													
J24	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	57-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J25	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	57-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J26	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	57-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J27	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	76	57-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	RECHAZADO
J28	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	32	57-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J29	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	32	57-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J30	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	32	57-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J31	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	32	57-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J32	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	57	57-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Cristian Obando	W3	VT-UT	APROBADO
J33	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	57	57-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Cristian Obando	W3	VT-UT	APROBADO
OBSERVACIONES: Informe parcial de inspección visual. J27 - PORO 2 mm La estructura paso a pintura con la presencia de indicaciones relevantes. Queda retenida.																
RESULTADOS																
ACEPTADO <input type="checkbox"/>				CRITERIO DE ACEPTACIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015				RECHAZADO <input checked="" type="checkbox"/>								
INSPECCIONADO POR				APROBADO POR				RECIBIDO POR								
FIRMA				FIRMA				FIRMA								
NOMBRE: Freddy Villalobos Gonzalez NIVEL: CWI 14071791				NOMBRE: Freddy Villalobos Gonzalez NIVEL: CWI 14071791				NOMBRE: Ing. Luis Diego Sequeira A. CARGO: Gerente de Taller								

TECNODES INGENIERÍA S.A

REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL										FECHA: 30 DE OCTUBRE, 2017						
COMPONENTE: VIGAS PILA 2 - TRAMO 2 IZQ.						CLIENTE: STEEL CMS										
						REPORTE N°: VT-LIND-STEEL-001										
						MATERIAL: ASTM A 709 GR.50										
						PROCESO DE SOLDADURA: FCAW / SMAW										
LUGAR: () TALLER () CAMPO						SUPERFICIE: COMO SOLDADA										
INFORMACIÓN GENERAL																
PROCEDIMIENTO # P.CC.END.VT-01						REV. 1				CÓDIGO/EDICIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015						
INDICACIONES																
ID JUNTA	TIPO JUNTA	MATERIAL BASE		ESPESOR (mm)		WPS No.	CORRIENTE (A)	VOLTAGE (V)	TRATAMIENTO TERMICO	POSICIÓN	SOLDADOR	W. No.	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADO		
J1	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	264	25	N/A	2F	Carlos Menéndez	W6	VT	APROBADO
J2	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	250	23,9	N/A	2F	Minor González	W2	VT-MT	APROBADO
J3	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	250	23,9	N/A	2F	Minor González	W2	VT	APROBADO
J4	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	250	23,9	N/A	2F	Minor González	W2	VT	APROBADO
J5	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	264	25	N/A	2F	Carlos Menéndez	W6	VT-MT	APROBADO
J6	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	250	23,9	N/A	2F	Minor González	W2	VT-MT	APROBADO
J7	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J8	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-11	125	-	N/A	2F	Marvin Palma	W1	VT	APROBADO
J9	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT-MT	APROBADO
J10	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	250	23,9	N/A	2F	Minor González	W2	VT-MT	APROBADO
J11	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	250	23,9	N/A	2F	Minor González	W2	VT	APROBADO
J12	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	264	25	N/A	2F	Carlos Menéndez	W6	VT	APROBADO
J13	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	250	23,9	N/A	2F	Minor González	W2	VT-MT	APROBADO
J14	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	264	25	N/A	2F	Carlos Menéndez	W6	VT-MT	APROBADO
J15	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	250	23,9	N/A	2F	Minor González	W2	VT	APROBADO
J16	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	264	25	N/A	2F	Carlos Menéndez	W6	VT	APROBADO
J17	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	250	23,9	N/A	2F	Minor González	W2	VT-MT	APROBADO
J18	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	51	ST-AWS-21	264	25	N/A	2F	Carlos Menéndez	W6	VT-MT	APROBADO
J19	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	19	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT-MT	APROBADO
J20	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	19	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J21	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	19	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J22	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	19	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J23	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	19	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J24	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	19	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J25	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	19	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J26	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	19	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J27	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	32	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J28	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	32	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J29	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	32	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
J30	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	32	X	32	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
Observaciones: Informe final de inspección visual.																
RESULTADOS																
ACEPTADO <input checked="" type="checkbox"/>				CRITERIO DE ACEPTACIÓN				RECHAZADO								
				AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015												
INSPECCIONADO POR				APROBADO POR				RECIBIDO POR								
FIRMA NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791				FIRMA NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791				FIRMA NOMBRE: Ing. Luis Diego Sequeira A. CARGO: Gerente de Taller								



ANEXO 5.2. INFORMES DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE AUTOCONTROL DE LA PILA DOS

TECNODES INGENIERÍA S.A

REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS				FECHA: 30 DE OCTUBRE, 2017		
COMPONENTE: VIGAS PILA 2 - TRAMO 2 IZQ.		CLIENTE: STEEL CMS REPORTE N°: MT-LIND-STEEL-001 MATERIAL: ASTM A709 GR.50 PROCESO DE SOLDADURA: FCAW SUPERFICIE: COMO SOLDADA				
LUGAR:	(X) TALLER () CAMPO					
TIPO DE PARTÍCULA		TÉCNICA USADA		TIPO DE CAMPO MAGNÉTICO		
VISIBLE <input checked="" type="checkbox"/> FLUORESCENTE <input type="checkbox"/>		SECO <input checked="" type="checkbox"/> HÚMEDO <input type="checkbox"/>		CONTINUO <input checked="" type="checkbox"/> RESIDUAL <input type="checkbox"/>		
TIPO DE MAGNETIZACIÓN		INSTRUMENTO DE MAGNETIZACIÓN		MARCA	MODELO	No. DE SERIE
LONGITUDINAL		YUGO MAGNÉTICO		PARKER	DA-400	23967
INFORMACIÓN DE EXAMINACIÓN						
PROCEDIMIENTO #		REV.		CÓDIGO/EDICIÓN		
P.CC.END.MT-01		1		AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015		
CORRIENTE (A)		INTENSIDAD CAMPO MAGNÉTICO (G)		VOLTAJE-FRECUENCIA		
6A		20 G		115V – 60 Hz		
MAGNETISMO RESIDUAL		PORCENTAJE DE LA PRUEBA		INTENSIDAD LUMINOSA		
0 Gauss		10%		1650 Lx		
INDICACIONES						
ID JUNTA	FORMA		DIMENSIONES	A	R	OBSERV.
	ALARGADA	REDONDEADA				
J2	-	-	-	X	-	-
J5	-	-	-	X	-	-
J6	X	-	1.9 mm	-	X	FISURA
J6-R	-	-	-	X	-	-
J9	-	-	-	X	-	-
J10	-	-	-	X	-	-
J13	-	-	-	X	-	-
J14	-	-	-	X	-	-
J17	-	-	-	X	-	-
J18	-	-	-	X	-	-
J19	-	-	-	X	-	-
J33	-	-	-	X	-	-
	-	-	UL	-	-	-
OBSERVACIONES: Se inspeccionaron 14 metros de soldadura por MT						
RESULTADOS						
ACEPTADO <input checked="" type="checkbox"/>	CRITERIO DE ACEPTACIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015				RECHAZADO <input type="checkbox"/>	
EVALUADO	APROBADO				RECIBIDO	
FIRMA:  NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791	FIRMA:  NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791				FIRMA:  NOMBRE: Luis Diego Sequeira A. CARGO: Gerente de Taller	



ANEXO 5.3. INFORMES DE ULTRASONIDOS DE AUTOCONTROL DE LA PILA DOS

**REPORTE DE INSPECCIÓN CON ENSAYO ULTRASÓNICO (AWS)
R-P.CC.END.UT-02-1**

1- INFORMACIÓN GENERAL			
Fecha de inspección:	24/10/2017	Foja: 1 de 3	
Cliente:	STEEL CMS		
Designación del ensamble:	PLA 2 TRAMO 2 (ZQUIERDO)	Núm. Reg: UT17-PL_PLA2-TR22/004	
Tipo de elemento:	Junta de ranura (CJP)	Espesor: de 50,8 mm a 50,8 mm	
Área inspeccionada:	Cordón de soldadura y ZAC		
Tipo de junta:	Doble bisel (X)	Proceso de soldadura: FCAW	

2-DATOS DEL EQUIPO			
Marca:	OLYMPUS	Modelo:	EPOCH 600
Tipo de unidad de rastreo:	AWS	Tamaño:	5/8" X 5/8"
Tipo de unidad de rastreo:	AWS	Tamaño:	5/8" X 5/8"
Tipo de conectores:	BNC - BNC	Longitud:	1,2 m

3 - CONDICIONES DE EXAMINACIÓN			
Tipo de inspección(100%, spdt, etc):	100%		
Procedimiento de inspección:	P.CC.END.UT-02	Revisión:	0
Bloque de calibración:	Bloque de referencia IIW, tipo 2 (Número de serie 15-3050)		
Ajuste de sensibilidad:	1/16"		
Condición superficial:	Tal como soldado. Acero desnudo		
Etapas del proceso:	Entrega de producto terminado	Acoplante:	Glicerna
Temperatura máxima de aplicación:	35° C		
Observaciones:	Posición de soldes: 1G		

4 - RESULTADOS																
Línea número	Junta soldada #	Soldador responsable	Dist. a junta de referencia (cm)	Cara de exploración	# píeiza	DECIBELES				Longitud indicación (mm)	Recomdo mínimo (mm)	Profundidad desde cara A (mm)	Distancia frente palpador (mm)	Aceptado	Rechazado	OBSERVACIONES
						Nivel de indicación	Nivel 99 referencial	Factor de atenuación	Rating de indicación							
						a	b	c	d							
1	J05 (CJP)	W08	-	A	1-2	-	55,3	-	-	-	-	-	-	X	-	-
2	J05 (CJP)	W08	-	A	1-2	-	58,2	-	-	-	-	-	-	X	-	-
3	J06 (CJP)	W08	-	A	1-2	-	55,3	-	-	-	-	-	-	X	-	-
4	J06 (CJP)	W08	-	A	1-2	62,3	58,2	2	2,1	8	51,8	25,9	33,8	-	X	Se debe realizar la reparación de la marca con una prof. de 26 mm
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Freddy E Villalobos Gonzalez
CW 14071791
QC1 EXP. 7/1/2020

ELABORADO Y EVALUADO: Nombre: Ing. Freddy Villalobos González Nivel: II SNT-TC-1A, Reg CPMD-237/015 Fecha: 24-10-2017	APROBADO: Nombre: Ing. Freddy Villalobos González Nivel: II SNT-TC-1A, Reg CPMD-237/015 Fecha: 24-10-2017	RECIBIDO: Nombre: Ing. Luis Diego Sequeira A. Cargo: Gerente de Planta Fecha: 01-12-2017
---	---	--

**REPORTE DE INSPECCIÓN CON ENSAYO ULTRASÓNICO (AWS)
R-P.CC.END.UT-02-1**

1- INFORMACIÓN GENERAL			
Fecha de Inspección	08/12/2017	Hoja: 1 de 1	
Cliente	STEEL CMS		
Descripción del ensamble	PLA 2 TRAMO 1 IZQUIERDO	Núm. Reg	UT17-PL_PLA2-TR1Z002
Tipo de elemento	Junta de ranura (CJP)	Espesor	76,2 mm a 50,8 mm
Área Inspeccionada:	Cordón de soldadura y ZAC		
Tipo de junta:	Doble bisel (X)	Proceso de soldadura	FCAW



2-DATOS DEL EQUIPO			
Marca:	OLYMPUS	Modelo:	EPOCH 600
Número de serie:	110158007		
Tipo de unidad de rastreo:	AWS	Tamaño:	5/8" X 5/8"
Frecuencia:	2,25 MHz	Ángulo:	60°
Tipo de unidad de rastreo:	-	Tamaño:	5/8" X 5/8"
Frecuencia:	2,25 MHz	Ángulo:	70°
Tipo de conectores:	BNC - BNC	Longitud:	1,2 m
Falpaador Standard/Minidato	Standard		

3 - CONDICIONES DE EXAMINACIÓN			
Tipo de inspección(100%, spot, etc)	100%		
Procedimiento de inspección *	P.CC.END.UT-02	Revisión:	0
Código/Edición:	AWS D1.5 / 2015		
Bloque de calibración	Bloque de referencia (RV, tipo 2 (Número de serie 15-3050))		
Ajuste de sensibilidad:	1/16"		
Condición superficial:	Tal como soldado. Acero desnuda		
Etapas del proceso:	Entrega de producto terminado	Aceptante:	Glorina
Temperatura máxima de aplicación:	35° C		
Observaciones:	Posición de soldes: 1G		

4 - RESULTADOS																
Línea número	Junta soldada #	Soldador responsable	Dist. al punto de referencia (cm)	Cara de exploración	# piezas	DECIBELES				Longitud indicación (mm)	Requiere sónico (mm)	Profundidad desde cara A (mm)	Distancia frente palpador (mm)	Aceptado	Rechazado	OBSERVACIONES
						Nivel de indicación	Nivel de referencia	Factor de atenuación	Rating de indicación							
						a	b	c	d							
1	J32	W03	-	A	1-2	-	55,3	-	-	-	-	-	-	X	-	-
2	J32	W03	-	A	1	60,4	58,2	0	2,2	7	31	15,5	15,8	-	X	-
3	J32	W03	-	A	1	61,8	58,2	1	2,5	6	35,8	17,9	20	-	X	-
4	J32	W03	-	A	1	62	58,2	1	2,8	6	33,8	16,9	18,3	-	X	-
5	J33	W03	-	A	1	56,2	55,3	0	0,9	6	31,5	15,6	15,9	-	X	-
6	J33	W03	-	A	1-2	-	55,3	-	-	-	-	-	-	X	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Freddy E Villalobos Gonzalez
 CWI 14071791
 QC1 EXP. 7/1/2020

ELABORADO Y EVALUADO: Nombre: Ing. Freddy Villalobos González Nivel: II SNT-TC-3A, Reg. CPN-257/015 Fecha: 08-12-2017	APROBADO: Nombre: Ing. Freddy Villalobos González Nivel: II SNT-TC-3A, Reg. CPN-257/015 Fecha: 08-12-2017	RECIBIDO: Nombre: Ing. Luis Diego Sequera A. Cargo: Gerente de Planta Fecha: 13-12-2017
--	--	--



ANEXO 5.4. INFORMES DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE VERIFICACIÓN DE LA PILA DOS

 <p>JAMSA Servicios Técnicos Profesionales END-NDT</p>	INFORME DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS Magnetic Particles Test Report		HOJA 1 DE 1 Sheet of Rev.00									
			INFORME: MT-UNOPS-005 Report No.									
				JOB NUMBER:								
CLIENTE: UNOPS Customer												
DIRECCIÓN: Address												
PEDIDO: n/a P. order												
OBJETO ENSAYADO: Estructura Puente RN 147 Tested object		PLANO: n/a Drawing										
PROCEDIMIENTO: JAMSA MT rev00 Procedure		CALIF. S/ESPECIFICACIÓN: Specification mark										
FECHA DE RECEPCIÓN: ----- Reception date	FECHA DE ENSAYO: 6/1/2018 Test date	EXTENSIÓN EXAMEN: 0.5 m Control extensión										
DATOS DE LA PIEZA. (SOLDADURA <input checked="" type="checkbox"/> / PLACA <input type="checkbox"/> / FUNDICIÓN, FORJA, REDONDO <input type="checkbox"/> / OTROS <input type="checkbox"/>) Specimen Weld Plate Casting, Forging and bars Other												
IDENTIFICACIÓN: TRAMO 1 M1-1 M1-2 Identification												
MATERIAL – CALIDAD: A709 Gr.50 Material – Specification		ESPESOR (mm): 3 – 15 mm Thickness										
ZONA A INSPECCIONAR: SOLDADURA FILLETE Inspection area		ESTADO SUPERFICIAL: ACEPTABLE - CEPILLADO Surface condition										
TRATAMIENTO TÉRMICO: ----- Heat treatment		TIPO DE UNIÓN: n/a Type of joint										
PROCEDIMIENTO DE SOLDEO: n/a Welding procedure		TEMPERATURA (°C): 28 Temperature										
MEDIOS DE INSPECCIÓN. Inspection Equipments		TIPO DE ENSAYO Testing type										
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3">EQUIPO: YOKE Equipment</td> </tr> <tr> <td>MARCA: PARKER Trade Mark</td> <td>MODELO: DA-400 Model</td> <td>CÓDIGO: 16737 Code No.</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE CORRIENTE: AC Current Type</td> <td>INTENSIDAD (Amp): 6 Intensity</td> <td></td> </tr> </table>				EQUIPO: YOKE Equipment			MARCA: PARKER Trade Mark	MODELO: DA-400 Model	CÓDIGO: 16737 Code No.	TIPO DE CORRIENTE: AC Current Type	INTENSIDAD (Amp): 6 Intensity	
EQUIPO: YOKE Equipment												
MARCA: PARKER Trade Mark	MODELO: DA-400 Model	CÓDIGO: 16737 Code No.										
TIPO DE CORRIENTE: AC Current Type	INTENSIDAD (Amp): 6 Intensity											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3">PARTÍCULAS: Particles</td> </tr> <tr> <td>TIPO: 7-C Type</td> <td>MARCA: MAGNAFLUX Trade Mark</td> <td>CÓDIGO: 01-111G-GG Code No.</td> </tr> <tr> <td>COLOR: NEGRO Colour</td> <td>LÓTE: 09FO38</td> <td></td> </tr> </table>				PARTÍCULAS: Particles			TIPO: 7-C Type	MARCA: MAGNAFLUX Trade Mark	CÓDIGO: 01-111G-GG Code No.	COLOR: NEGRO Colour	LÓTE: 09FO38	
PARTÍCULAS: Particles												
TIPO: 7-C Type	MARCA: MAGNAFLUX Trade Mark	CÓDIGO: 01-111G-GG Code No.										
COLOR: NEGRO Colour	LÓTE: 09FO38											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3">MAGNETIZACIÓN: Magnetization</td> </tr> <tr> <td>MÉTODO: Continuo Method</td> <td colspan="2">INTENSIDAD DE CAMPO (kA/m): 8.6 Field Intensity</td> </tr> <tr> <td>SEP. ELECTRODOS / POLOS (mm): VARIABLE Electrodes / Pole spacing 75 – 125 mm</td> <td colspan="2">DIRECCIONES: MULTIDIRECCIONAL Directions</td> </tr> </table>				MAGNETIZACIÓN: Magnetization			MÉTODO: Continuo Method	INTENSIDAD DE CAMPO (kA/m): 8.6 Field Intensity		SEP. ELECTRODOS / POLOS (mm): VARIABLE Electrodes / Pole spacing 75 – 125 mm	DIRECCIONES: MULTIDIRECCIONAL Directions	
MAGNETIZACIÓN: Magnetization												
MÉTODO: Continuo Method	INTENSIDAD DE CAMPO (kA/m): 8.6 Field Intensity											
SEP. ELECTRODOS / POLOS (mm): VARIABLE Electrodes / Pole spacing 75 – 125 mm	DIRECCIONES: MULTIDIRECCIONAL Directions											
ILUMINACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> Natural / <input type="checkbox"/> Artificial / <input type="checkbox"/> U.V. Código Lámpara U.V.: Lighting type >1000 LUX Black Light code number												
LUGAR DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO: En Obra Testing place												
RESULTADOS DE LA PRUEBA: SIN INDICACIONES RELEVANTES Test results												
(CROQUIS ANEXO <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>). OTROS ANEXOS. (Nº DE ANEXOS QUE ACOMPAÑAN A ESTE INFORME): 1 Added Sketch Other Annex (Nº of annexes attached to this report)												
OBSERVACIONES GENERALES: Se realizan los ensayos en las secciones indicadas por el cliente General notes												
OPERADOR Operator		INSPECTOR CLIENTE Customer	SUPERVISOR Supervisor									
NIVEL: II JOSE MULGRAVE Level 		FIRMA Y FECHA: Signature and date	FIRMA Y FECHA: Signature and date									



ANEXO 5.5. INFORMES DE RADIOGRAFÍAS DE VERIFICACIÓN DE LA PILA DOS



ANEXO 6. INFORMES DE CONTROL DE CALIDAD EN LA SOLDADURA DEL TABLERO



ANEXO 6.1. INFORMES DE INSPECCIÓN VISUAL DE AUTOCONTROL DEL TABLERO

TECNODES INGENIERÍA S.A.

REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL										FECHA: 14 DE FEBRERO, 2018						
COMPONENTE: TRAMO 1 / VIGA 1 - 2 / LADO IZQUIERDO					CLIENTE: STEEL CMS REPORTE N°: VT18-LIND-STEEL-R034A MATERIAL: ASTM A 709 GR.50 PROCESO DE SOLDADURA: FCAW/SAW SUPERFICIE: COMO SOLDADA											
LUGAR: (X) TALLER () CAMPO																
INFORMACIÓN GENERAL																
PROCEDIMIENTO # P.C.C.END.VT-01						REV. 1			CÓDIGO/EDICIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015							
INDICACIONES																
SIJUNTA	TNO.JUNTA	MATERIAL BASE		ESPESOR (mm)		WPS No.	CORRIENTE (A)	VOLTAJE (V)	TRAT. JABERTO TORMACO	POSICIÓN	SOLDADOR	W. No.	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADO		
		TIPO														
J1	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	44	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J2	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	44	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT-MT	APROBADO
J3	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	44	ST-AWS-31	560	33	N/A	1F	Lidier Herrera	W19	VT-MT	APROBADO
J4	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	44	ST-AWS-31	560	33	N/A	1F	Lidier Herrera	W19	VT-MT	APROBADO
J5	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	44	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT-MT	APROBADO
J6	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	76	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J7	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	76	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J8	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	44	X	22	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Miguel Sánchez	W13	VT-MT	APROBADO
J9	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	38	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J10	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	22	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W10	VT-MT	APROBADO
J11	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	38	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J12	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	22	X	38	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J13	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	38	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J14	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	22	X	38	ST-AWS-31	560	33	N/A	1F	Lidier Herrera	W19	VT	APROBADO
J15	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	76	ST-AWS-31	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J16	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	22	ST-AWS-31	560	33	N/A	1F	Lidier Herrera	W19	VT	APROBADO
J17	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	76	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J18	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	38	X	25	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J19	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	38	X	25	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J20	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	51	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J21	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	51	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J22	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	25	X	16	ST-AWS-31	560	33	N/A	1F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J23	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	16	ST-AWS-31	560	33	N/A	1F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J24	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	16	X	25	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J25	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	16	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J26	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	44	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
J27	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	44	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT-MT	APROBADO
J28	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	44	ST-AWS-31	560	33	N/A	1F	Lidier Herrera	W19	VT	APROBADO
J29	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	44	ST-AWS-31	560	33	N/A	1F	Lidier Herrera	W19	VT-MT	APROBADO
J30	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	44	ST-AWS-21	248	26,9	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
OBSERVACIONES																
RESULTADOS																
ACEPTADO <input checked="" type="checkbox"/>				CRITERIO DE ACEPTACIÓN AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015					RECHAZADO <input type="checkbox"/>							
INSPECCIONADO POR				APROBADO POR					RECIBIDO POR							
FIRMA NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791				FIRMA NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791					FIRMA NOMBRE: Ing. Luis Diego Espinosa A. CARGO: Gerente de Taller							

TECNODES INGENIERÍA S.A

REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL										FECHA: 14 DE FEBRERO, 2018						
COMPONENTE:					CLIENTE: STEEL CMS											
TRAMO 1 / VIGA 1 - 2 / LADO IZQUIERDO					REPORTE N°: VT18-LIND-STEEL-R034B MATERIAL: ASTM A 709 GR.50 PROCESO DE SOLDADURA: FCAW/SAW SUPERFICIE: COMO SOLDADA											
LUGAR: (X) TALLER () CAMPO																
INFORMACION GENERAL																
PROCEDIMIENTO #						REV.			CÓDIGO/EDICIÓN							
P.CC.END.VT-01						1			AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015							
INDICACIONES																
ID. NOTA	TIPO DEFECTA	MATERIAL BASE		ESPAESOR (mm)	WPS No.	CORRIENTE (A)	VOLTAJE (V)	TRATAMIENTO TERMICO	POSICIÓN	SOLDADOR	W. No.	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADO			
131	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	76	ST-AWS-21	248	27	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
132	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	76	ST-AWS-21	258	25	N/A	1G	Angel Morán	W10	VT	APROBADO
133	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	44	X	22	ST-AWS-21	264	25	N/A	2F	Miguel Sánchez	W13	VT	APROBADO
134	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	22	ST-AWS-21	248	27	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT-MT	APROBADO
135	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	38	ST-AWS-21	248	27	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
136	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	38	ST-AWS-21	254	26	N/A	1G	Nelson Ruiz	W4	VT	APROBADO
137	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	38	ST-AWS-21	258	25	N/A	1G	Angel Morán	W10	VT	APROBADO
138	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	22	X	38	ST-AWS-21	248	27	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
139	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	22	X	38	ST-AWS-21	260	25	N/A	2F	Lidier Herrera	W19	VT	APROBADO
140	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	22	ST-AWS-21	250	25	N/A	2F	Lidier Herrera	W19	VT	APROBADO
141	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	76	ST-AWS-21	348	27	N/A	1G	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
142	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	76	ST-AWS-21	348	27	N/A	1G	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
143	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	51	ST-AWS-21	348	27	N/A	1G	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
144	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	76	X	51	ST-AWS-21	348	27	N/A	1G	Cristian Obando	W3	VT	APROBADO
145	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	38	X	25	ST-AWS-21	264	25	N/A	2F	Miguel Sánchez	W13	VT	APROBADO
146	5	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	38	X	25	ST-AWS-21	264	25	N/A	2F	Miguel Sánchez	W13	VT	APROBADO
147	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	22	X	16	ST-AWS-21	248	27	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT-MT	APROBADO
148	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	25	X	16	ST-AWS-21	260	25	N/A	2F	Lidier Herrera	W19	VT	APROBADO
149	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	16	ST-AWS-21	260	25	N/A	2F	Lidier Herrera	W19	VT	APROBADO
150	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	25	X	16	ST-AWS-21	348	27	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
151	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	51	X	16	ST-AWS-21	348	27	N/A	2F	Jason Varela	W9	VT-MT	APROBADO
152	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	19	X	44	ST-AWS-21	248	27	N/A	1G	Jason Varela	W9	VT	APROBADO
153	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	19	X	44	ST-AWS-21	264	25	N/A	1G	Miguel Sánchez	W13	VT	APROBADO
154	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	22	X	19	ST-AWS-21	264	25	N/A	1G	Miguel Sánchez	W13	VT	APROBADO
155	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	16	X	19	ST-AWS-21	264	25	N/A	1G	Miguel Sánchez	W13	VT	APROBADO
156	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	19	X	44	ST-AWS-21	258	25	N/A	1G	Angel Morán	W10	VT	APROBADO
157	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	19	X	44	ST-AWS-21	258	25	N/A	1G	Angel Morán	W10	VT	APROBADO
158	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	22	X	19	ST-AWS-21	264	25	N/A	1G	Miguel Sánchez	W13	VT	APROBADO
159	11	ASTM A709 GR.50	X	ASTM A709 GR.50	16	X	19	ST-AWS-21	264	25	N/A	1G	Miguel Sánchez	W13	VT	APROBADO
OBSERVACIONES:																
RESULTADOS																
ACEPTADO				CRITERIO DE ACEPTACIÓN				RECHAZADO								
X				AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015				---								
INSPECCIONADO POR				APROBADO POR				RECIBIDO POR								
FIRMA: NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791				FIRMA: NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791				FIRMA: NOMBRE: Ing. Luis Diego Sequeira A. CARGO: Gerente de Taller								



ANEXO 6.2. INFORMES DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE AUTOCONTROL DEL TABLERO

TECNODES INGENIERÍA S.A

REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS				FECHA: 14 DE FEBRERO, 2018		
COMPONENTE: TRAMO1 VIGA IZQUIERDA		CLIENTE: STEEL CMS				
		REPORTE N°: MT18-TRAMO_1-R024				
		MATERIAL: ASTM A709 GR.50				
		PROCESO DE SOLDADURA: FCAW/SAW				
LUGAR:	<input checked="" type="checkbox"/> TALLER <input type="checkbox"/> CAMPO	SUPERFICIE: COMO SOLDADA				
TIPO DE PARTÍCULA		TÉCNICA USADA		TIPO DE CAMPO MAGNÉTICO		
VISIBLE <input checked="" type="checkbox"/>	FLUORESCENTE <input type="checkbox"/>	SECO <input checked="" type="checkbox"/>	HÚMEDO <input type="checkbox"/>	CONTINUO <input checked="" type="checkbox"/>	RESIDUAL <input type="checkbox"/>	
TIPO DE MAGNETIZACIÓN		INSTRUMENTO DE MAGNETIZACIÓN		MARCA	MODELO	No. DE SERIE
LONGITUDINAL		YUGO MAGNÉTICO		PARKER	DA-400	23967
INFORMACIÓN DE EXAMINACIÓN						
PROCEDIMIENTO #	REV.	CÓDIGO/EDICIÓN				
P.CC.END.MT-01	1	AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015				
CORRIENTE (A)	INTENSIDAD CAMNPO MAGNÉTICO (G)	VOLTAJE-FRECUENCIA				
6A	20 G	115V – 60 Hz				
MAGNETISMO RESIDUAL	PORCENTAJE DE LA PRUEBA	INTENSIDAD LUMINOSA				
0 Gauss	10%	1680 Lx				
INDICACIONES						
ID JUNTA	FORMA		DIMENSIONES	A	R	OBSERV.
	ALARGADA	REDONDEADA				
J2	-	-	-	X	-	-
J4	-	-	-	X	-	-
J5	-	-	-	X	-	-
J8	-	-	-	X	-	-
J10	-	-	-	X	-	-
J27	-	-	-	X	-	-
J29	-	-	-	X	-	-
J30	-	-	-	X	-	-
J34	-	-	-	X	-	-
J47	-	-	-	X	-	-
J51	-	-	-	X	-	-
-	-	-	UL	X	-	-
				 Freddy F Villalobos Gonzalez CWI 14071791 QC1 EXP. 7/1/2020		
OBSERVACIONES: Se inspeccionaron 15.5 metros de soldadura por MT						
RESULTADOS						
ACEPTADO		CRITERIO DE ACEPTACIÓN			RECHAZADO	
<input checked="" type="checkbox"/>		AWS D1.5/D1.5M WELDING BRIDGE CODE ED. 2015			<input type="checkbox"/>	
EVALUADO		APROBADO			RECIBIDO	
FIRMA: NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791		FIRMA: NOMBRE: Freddy Villalobos González NIVEL: CWI 14071791			FIRMA: NOMBRE: Luis Diego Sequeira A. CARGO: Gerente de Taller	



ANEXO 6.3. INFORMES DE ULTRASONIDOS DE AUTOCONTROL DEL TABLERO

**REPORTE DE INSPECCIÓN CON ENSAYO ULTRASÓNICO (AWS)
R-P.CC.END.UT-02-1**

1- INFORMACIÓN GENERAL				
Fecha de inspección	30/11/2017	Hoja: 1 de 1		
Cliente:	STEEL CMS			
Descripción del ensamble:	PLACA BASE DE RÓTULA	Núm. Reg:	UT17-PL_PILA2-PBRO	
Tipo de elemento:	PLACA - PATÍN / ALMA	Espesor:	76,2 mm a 50,8 mm / 76,2 mm a 76,2 mm	
Area Inspeccionada:	Cordón de soldadura y ZAC			
Tipo de junta:	Junta a tope en "T" (CJP)	Proceso de soldadura:	FCAW	

2-DATOS DEL EQUIPO			
Marcas:	OLYMPUS	Modelo:	EPOCH 600
Tipo de unidad de rastreo:	AWS	Tamaño:	5/8" X 5/8"
Tipo de unidad de rastreo:	AWS	Tamaño:	5/8" X 5/8"
Tipo de conectores:	BNC - BNC	Longitud:	1,2 m
		Palpador Standard/Blindado:	Standard

3 - CONDICIONES DE EXAMINACIÓN			
Tipo de inspección(100%, spot, etc):	100%		
Procedimiento de inspección	P.CC.END.UT-02	Revisión:	0
Bloque de calibración:	Bloque de referencia IWV, Tipo 2 (Número de serie 15-3050)		
Ajuste de sensibilidad:	1/16"		
Condición superficial:	Tal como soldado. Acero desnudo.		
Etapas del proceso:	Entrega de producto terminado	Acoplante:	Glicerina
Temperatura máxima de aplicación:	35° C		
Observaciones:	Posición de soldo: 2G		

Línea número	Junta soldada a	Soldador responsable	Dist al punto de referencia (cm)	Cara de exploración	# pluma	DECIBELES				Longitud indicación (mm)	Recorrido adorno (mm)	Profundidad desde cara A (mm)	Distancia firme palpador (mm)	Aceptado	Rechazado	OBSERVACIONES
						Nivel de indicación	Nivel de referencia	Factor de atenuación	Rating de indicación							
						a	b	c	d							
1	J7 / JB (PATIN)_R1	W4	-	A-B	1-2	-	44,2	-	-	-	-	-	X	-	-	-
2	J7 / JB (PATIN)_R1	W4	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	X	-	-	-
3	J31 / J32 (PATIN)_R1	W4	-	A-B	1-2	-	44,2	-	-	-	-	-	X	-	-	-
4	J31 / J32 (PATIN)_R1	W4	-	A-B	1-2	-	58,8	-	-	-	-	-	X	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	UL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ELABORADO Y EVALUADO: Nombre: Ing. Freddy Villalobos González Nivel: II SNT-TC-1A, Reg. CPND-257/015 Fecha: 30-11-2017	APROBADO: Nombre: Ing. Freddy Villalobos González Nivel: II SNT-TC-1A, Reg. CPND-257/015 Fecha: 30-11-2017	RECIBIDO: Nombre: Ing. Luis Diego Sequerra A. Cargo: Gerente de Planta Fecha: 01-12-2017
--	--	--



ANEXO 6.4. INFORMES DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE VERIFICACIÓN DEL TABLERO

 <p>JAMSA Servicios Técnicos Profesionales END-NDT</p>	INFORME DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS Magnetic Particles Test Report		HOJA 1 DE 1 Sheet of	Rev.00									
				INFORME: MT-UNOPS-011 Report No.									
				JOB NUMBER:									
CLIENTE: UNOPS Customer													
DIRECCIÓN: Address													
PEDIDO: n/a P. order													
OBJETO ENSAYADO: Estructura Puente RN 147 Tested object			PLANO: n/a Drawing										
PROCEDIMIENTO: JAMSA MT rev00 Procedure			CALIF. S/ESPECIFICACIÓN: Specification mark										
FECHA DE RECEPCIÓN: ----- Reception date		FECHA DE ENSAYO: 15/02/2018 Test date		EXTENSIÓN EXAMEN: 6.3 m Control extension									
DATOS DE LA PIEZA. (SOLDADURA <input checked="" type="checkbox"/> / PLACA <input type="checkbox"/> / FUNDICIÓN, FORJA, REDONDO <input type="checkbox"/> / OTROS <input type="checkbox"/> Specimen Weld Plate Casting, Forging and bars Other													
IDENTIFICACIÓN: Viga 2 D (cara interna patín inferior) (cara externa Patín Inferior) Identification													
MATERIAL – CALIDAD: A709 Gr.50 Material – Specification			ESPESOR (mm): 76 – 50 mm Thickness										
ZONA A INSPECCIONAR: SOLDADURA FILLETE Inspection area			ESTADO SUPERFICIAL: ACEPTABLE - CEPILLADO Surface condition										
TRATAMIENTO TÉRMICO: ----- Heat treatment			TIPO DE UNIÓN: n/a Type of joint										
PROCEDIMIENTO DE SOLDEO: n/a Welding procedure			TEMPERATURA (°C): 28 Temperature										
MEDIOS DE INSPECCIÓN. Inspection Equipments		TIPO DE ENSAYO Testing type											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3">EQUIPO: YOKE Equipment</td> </tr> <tr> <td>MARCA: PARKER Trade Mark</td> <td>MODELO: DA-400 Model</td> <td>CÓDIGO: 16737 Code No.</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE CORRIENTE: AC Current Type</td> <td>INTENSIDAD (Amp): 6 Intensity</td> <td></td> </tr> </table>					EQUIPO: YOKE Equipment			MARCA: PARKER Trade Mark	MODELO: DA-400 Model	CÓDIGO: 16737 Code No.	TIPO DE CORRIENTE: AC Current Type	INTENSIDAD (Amp): 6 Intensity	
EQUIPO: YOKE Equipment													
MARCA: PARKER Trade Mark	MODELO: DA-400 Model	CÓDIGO: 16737 Code No.											
TIPO DE CORRIENTE: AC Current Type	INTENSIDAD (Amp): 6 Intensity												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3">PARTÍCULAS: Particles</td> </tr> <tr> <td>TIPO: 7-C Type</td> <td>MARCA: MAGNAFLUX Trade Mark</td> <td>CÓDIGO: 01-111G-GG Code No.</td> </tr> <tr> <td>COLOR: NEGRO Colour</td> <td>LOTE: 09F038</td> <td></td> </tr> </table>					PARTÍCULAS: Particles			TIPO: 7-C Type	MARCA: MAGNAFLUX Trade Mark	CÓDIGO: 01-111G-GG Code No.	COLOR: NEGRO Colour	LOTE: 09F038	
PARTÍCULAS: Particles													
TIPO: 7-C Type	MARCA: MAGNAFLUX Trade Mark	CÓDIGO: 01-111G-GG Code No.											
COLOR: NEGRO Colour	LOTE: 09F038												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3">MAGNETIZACIÓN: Magnetization</td> </tr> <tr> <td>MÉTODO: Continuo Method</td> <td colspan="2">INTENSIDAD DE CAMPO (kA/m): 8.6 Field Intensity</td> </tr> <tr> <td>SEP. ELECTRODOS / POLOS (mm): VARIABLE Electrodes / Pole spacing 75 – 125 mm</td> <td colspan="2">DIRECCIONES: MULTIDIRECCIONAL Directions</td> </tr> </table>					MAGNETIZACIÓN: Magnetization			MÉTODO: Continuo Method	INTENSIDAD DE CAMPO (kA/m): 8.6 Field Intensity		SEP. ELECTRODOS / POLOS (mm): VARIABLE Electrodes / Pole spacing 75 – 125 mm	DIRECCIONES: MULTIDIRECCIONAL Directions	
MAGNETIZACIÓN: Magnetization													
MÉTODO: Continuo Method	INTENSIDAD DE CAMPO (kA/m): 8.6 Field Intensity												
SEP. ELECTRODOS / POLOS (mm): VARIABLE Electrodes / Pole spacing 75 – 125 mm	DIRECCIONES: MULTIDIRECCIONAL Directions												
ILUMINACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> Natural / <input type="checkbox"/> Artificial / <input type="checkbox"/> U.V. Código Lámpara U.V.: Lighting type >1000 LUX Black Light code number													
LUGAR DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO: En Obra Testing place													
RESULTADOS DE LA PRUEBA: Reparación cara externa fisura 300mm largo, se reparo de inmediato Aceptable Test results													
(CROQUIS ANEXO <input type="checkbox"/> X N/A <input type="checkbox"/>), OTROS ANEXOS. (Nº DE ANEXOS QUE ACOMPAÑAN A ESTE INFORME): 1 Added Sketch Other Annex (Nº of annexes attached to this report)													
OBSERVACIONES GENERALES: Se realizan los ensayos en las secciones indicadas por el cliente General notes													
OPERADOR Operator		INSPECTOR CLIENTE Customer		SUPERVISOR Supervisor									
NIVEL: II JOSE MULGRAVE H Level  FIRMA Y FECHA: 15/02/2018 Signature and date		FIRMA Y FECHA: Signature and date		FIRMA Y FECHA: Signature and date									

7/ AQCM-PM



ANEXO 6.5. INFORMES DE RADIOGRAFÍAS DE VERIFICACIÓN DEL TABLERO

		SERVICIOS TECNICOS PROFESIONALES Apdo.1989 Tibás, Zona Postal 1100 San José Costa Rica Teléfono: (506) 8392-0770 Fax / Tel: (506) 2271-3509 E-mail jammul@racesa.co.cr																	
ACTA SOBRE LA PRUEBA												Nº:	UNOPS-006	Página Page:	1 de 1				
Cliente :	UNOPS		MIP No:	N/A		Nº de Orden / Shop Order Nº:	N/A		Fuente de Radiación:	IR -152									
Proyecto:	PUENTE RN 147		Nº Fabricación:	N/A		Materia:	ASTM A709 Gr.50		Tipo de Película	D7									
QP-Procedimiento:			Proceso de Soldadura:	FCAW / SMAW		Tipo de Soldadura:	A TOPE		Lugar de Prueba:	En obra - Belen		Actividad -Corriente:	84	Cl					
Producto / Elemento:	ESTRUCTURA		Tratamiento Térmico:	N/A		Pantalla de Plomo Delantera-Trasera:	Si		Energía - Voltage / :										
Plano:	ADJUNTO		END Procedimiento:	JAMSA NDT-RT		Dimension Punto Foco:	3X3		Exposición:										
Extensión de la Prueba:			Espesor del Material:	0,5 / 1 / 2 / 3		Distancia Puento a Película:	12		Inspección:										
Identificación:	UNOPS RN 147		Penetrometro ICT:	ASTM-E-747 SET 8		Tamaño de la Película:	100x300		Exposición:	7:00/1:30/0:40									
PRUEBA DE RADIOGRAFIA / RADIOGRAPHIC EXAMINATION																			
Nº Secuencial	Identificación de la Película	Soldador - W	Nº de Películas	Nº Películas en el Casete	Nivel de Calidad	Nº Alambre / Wire No.	Densidad de la Película	Defectos								Clasificación		Notas / Notes	
								Porosidad	Cracks de gas atrapados	Inclusiones de Escoria	Inclusiones de Escoria Dabadas	Falla de Fusión	Falla de Penetración	Grieta Longitudinal	Grieta Transversal	Grieta Ramificada	Sovacaciones deficientes Spay/ Inclusion de tungsteno		Alto-Bajo
TC VI	P1		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0											A	
	P2		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0											A	
	P3		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0											A	
	P4		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0											A	
	P5		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0											A	
TC VD	P1		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0											A	
	P2		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0												R
	P3		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0											A	
	P4		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0												R
	P5		1	1	2-2t	7-11	2.0 - 4.0												R

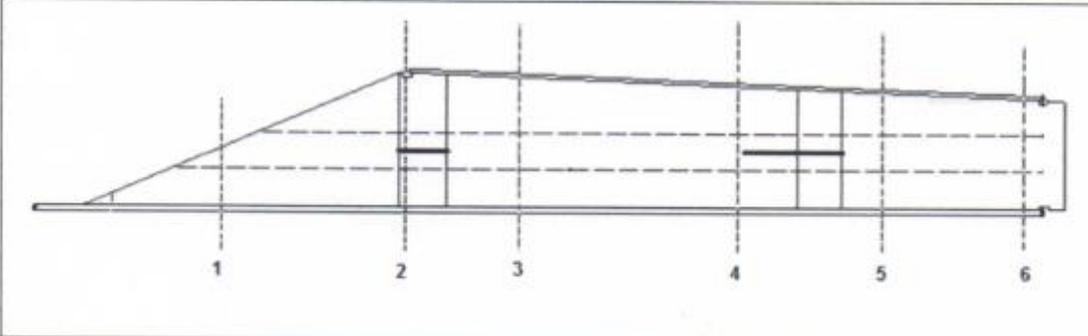


Abreviaturas / Abreviatures: C: Curies / Curies, MeV: Megaelectron Volt, Kv: Kilovoltaje, S.W.E.: Exposición Pared Sencilla (Single Wall Exposure) D.W.E.: Exposición Doble Pared (Dual Exposure Wall)
 Ch/MA min: Curies Hora / Milliamperios Minutos (Curies Hour/Milliamper Minutes), D.W.V: Vista a Doble Pared (Double Wall View) S.W.V: Vista a una Pared (Single Wall View)

Operador END: JAMES PERAZA Nivel: I Fecha de Prueba / Date of Examination: 18/05/2018
 Jefe END: JOSE MULGRAVE / KENNETH CARVAJAL Nivel: II Fecha del reporte / Report date: 19/05/2018
 Receptor: Cliente:



ANEXO 7. INFORMES DE CONTROL DE CALIDAD DE OPERACIONES DE ACABADO Y PINTURA

 STEEL Construcción Montaje Servicios		REPORTE INSPECCION DE LIMPIEZA				REP. N° R-ST-06 (01)			
						FECHA: 08 12 17			
PROYECTO		SECTOR		CLIENTE		CONSTRUCTOR			
PUENTE LINDORA		PILA 2 TRAMO 2		COPISA		STEEL			
ESPECIFICACIONES									
Limoieza conforme a: NORMA SSPC-SP10				Mecanismo usado: SANDBLASTING					
Elemento Inspeccionado: Tramo 2 Izquierdo				Material empleado Granalla Metálica G 40 - G50					
Acero: ASTM A709 Gr50				Perfil de anclaje requerido: de 1,2 a 3,0 mils					
									
ELEMENTO	AREA INSP. C.	MEDICION DE PERFIL DE ANCLAJE						PERFIL PROMEDIO (mils)	RESULTADO (A/R)
		PUNTOS DE MEDIDA							
		1	2	3	4	5	6		
TR2-Iz	1	2,9	3,5	2,9	4,3	4,1	3,6	3,9	A
		5,4	4,5	5,2	3,6	3,4	3,4		
	2	3,7	2,2	2,9	4,7	4,3	3,7	3,6	A
		2,3	2,3	3,3	3,7	4,1	4,6		
	3	5,2	4,4	4,1	4,1	3,2	4,0	4,2	A
		5,1	4,7	3,6	3,2	4,2	4,1		
	4	3,5	3,6	4,9	2,6	5,8	3,4	3,8	A
		2,9	2,7	6,7	2,7	3,8	2,4		
	5	2,7	3,2	5,2	3,4	3,9	5,4	3,7	A
		2,3	4,4	2,3	2,8	2,4	6,3		
	6	4,0	4,1	3,4	3,9	3,4	2,3	3,5	A
		3,3	3,4	2,3	3,2	2,9	5,0		
OBSERVACIONES:									
INSPECTOR: (STEEL)		APROBÓ (STEEL)			V. B. (CLIENTE)				
FIRMA: 		FIRMA: 			FIRMA: _____				
08/12/2017									



STEEL
Construcción | Montaje | Servicios

REPORTE DE PREPARACION DE SUPERFICIE Y PINTURA
Painting and Surface Preparation Report

R-ST-09

APLICACION		INT	EXT	NA	APLICACION		INT	EXT	NA	APLICACION		INT	EXT	NA
IDENTIFICACION DEL PRODUCTO					IDENTIFICACION DEL PRODUCTO					IDENTIFICACION DEL PRODUCTO				
ELEMENTO : TRAMO 3 VIGA DERECHA MONTANTE 32-2 Y 35-2					ELEMENTO : TRAMO 3 VIGA DERECHA MONTANTE 32-2 Y 35-2					ELEMENTO : TRAMO 3 VIGA DERECHA MONTANTE 32-2 Y 35-2				
DIBUJO: VIGAS PILA1					DIBUJO: VIGAS PILA1					DIBUJO: VIGAS PILA1				
CANTIDAD: 1 ARMADO					CANTIDAD: 1 ARMADO					CANTIDAD: 1 ARMADO				
PREPARACION DE SUPERFICIE: SSPC SP10					PREPARACION DE SUPERFICIE: SSPC SP2					PREPARACION DE SUPERFICIE: SSPC SP2				
ESQUEMA DE PINTURA: BASE HEMPADUR FAST DRY 17410					ESQUEMA DE PINTURA: INTERMEDIO HEMPADUR MASTIC 45880					ESQUEMA DE PINTURA: ACABADO HEMPATANE HS 55610				
MEDICIONES DEL PERFIL DE ANCLAJE														
HORA :		FECHA: 19/1/2018			MEDIDA MAYOR :		7,7			PROMEDIO DE MEDICIONES :		3,62		
CANTIDA DE MEDICIONES:		100			MEDIDA MENOR :		2,2							
INFORMACION TECNICA					INFORMACION TECNICA					INFORMACION TECNICA				
PROVEEDOR :		HEMPEL			PROVEEDOR :		HEMPEL			PROVEEDOR :		HEMPEL		
COLOR:		GRIS			COLOR:		GRIS			COLOR:		AZUL		
NUMERO DE LOTE COMP A: 427031104					NUMERO DE LOTE COMP A: 427061788					NUMERO DE LOTE COMP A: 427080803T				
NUMERO DE LOTE COMP B: 427071762					NUMERO DE LOTE COMP B: 427060136					NUMERO DE LOTE COMP B: 427061665				
DILUYENTE		NA			DILUYENTE		NA			DILUYENTE		NA		
APLICACION DE RECUBRIMIENTO					APLICACION DE RECUBRIMIENTO					APLICACION DE RECUBRIMIENTO				
FECHA:		2/12/18			FECHA:		2/12/18			FECHA:		2/13/18		
HORA DE INICIO:		17:00 PM			HORA DE INICIO:		21:00 PM			HORA DE INICIO:		7:30 AM		
HORA DE FIN:		18:00 PM			HORA DE FIN:		22:00 PM			HORA DE FIN:		8:30 AM		
HUMEDAD RELATIVA:		53,2 %			HUMEDAD RELATIVA:		59,2 %			HUMEDAD RELATIVA:		60,4 %		
TEMPERATURA DE SUPERFICIE:		29,7 °C			TEMPERATURA DE SUPERFICIE:		24,8 °C			TEMPERATURA DE SUPERFICIE:		24,7 °C		
TEMPERATURA AMBIENTE :		30 °C			TEMPERATURA AMBIENTE :		25,3 °C			TEMPERATURA AMBIENTE :		24,8 °C		
PUNTO DE ROCIO:		19,4 °C			PUNTO DE ROCIO:		16,7 °C			PUNTO DE ROCIO:		16,6 °C		
DIFERENCIA DE TEMPRATURA :		10,3 °C			DIFERENCIA DE TEMPRATURA :		8,1 °C			DIFERENCIA DE TEMPRATURA :		8,1 °C		
MEDICION DE ESPESOR					MEDICION DE ESPESOR					MEDICION DE ESPESOR				
ESPESOR ESPECIFICADO		3 DMS µm			ESPESOR ESPECIFICADO		7 DMS µm			ESPESOR ESPECIFICADO		10 DMS µm		
CANTIDAD DE MEDICIONES		112			CANTIDAD DE MEDICIONES		140			CANTIDAD DE MEDICIONES		120		
PROMEDIO		3,45			PROMEDIO		7,49			PROMEDIO		11,71		
RESULTADO		APPROVED			RESULTADO		APPROVED			RESULTADO		APPROVED		
OBSERVACIONES:														
PROYECTO :		PUENTE LINDORA			INFORMACION		REALIZADO			VERIFICADO		APROVADO POR TERCERA PARTE		
CLIENTE :		CORISA			NOMBRE:		Joel Bonilla			Luis D. Sequeira				
LOCALIZACION :		RUTA NACIONAL 147			FECHA:		2/13/18			2/13/18				
					FIRMA :									

 STEEL Construcción Montaje Servicios		REPORTE DE PREPARACION DE SUPERFICIE Y PINTURA Painting and Surface Preparation Report				R-ST-09					
APLICACION		INT	EXT	NA	APLICACION		INT	EXT	NA		
IDENTIFICACION DEL PRODUCTO			IDENTIFICACION DEL PRODUCTO			IDENTIFICACION DEL PRODUCTO			IDENTIFICACION DEL PRODUCTO		
ELEMENTO : SECCION #3			ELEMENTO : SECCION #3			ELEMENTO : SECCION #3			ELEMENTO : SECCION #3		
DIBUJO : TABLERO			DIBUJO : TABLERO			DIBUJO : TABLERO			DIBUJO : TABLERO		
CANTIDAD : 1 ARMADO			CANTIDAD : 1 ARMADO			CANTIDAD : 1 ARMADO			CANTIDAD : 1 ARMADO		
PREPARACION DE SUPERFICIE : SSPC SP10			PREPARACION DE SUPERFICIE : SSPC SP2			PREPARACION DE SUPERFICIE : SSPC SP2			PREPARACION DE SUPERFICIE : SSPC SP2		
ESQUEMA DE PINTURA : BASE HEMPADUR FAST DRY 17410			ESQUEMA DE PINTURA : INTERMEDIO HEMPADUR MASTIC 45880			ESQUEMA DE PINTURA : ACABADO HEMPATHANE HS 55610			ESQUEMA DE PINTURA : ACABADO HEMPATHANE HS 55610		
MEDICIONES DEL PERFIL DE ANCLAJE											
HORA : 15:30		FECHA : 17/02/18		MEDIDA MAYOR : 7,6		PROMEDIO DE MEDICIONES : 3,25					
CANTIDA DE MEDICIONES : 80				MEDIDA MENOR : 1,8							
INFORMACION TECNICA			INFORMACION TECNICA			INFORMACION TECNICA			INFORMACION TECNICA		
PROVEEDOR : HEMPEL			PROVEEDOR : HEMPEL			PROVEEDOR : HEMPEL			PROVEEDOR : HEMPEL		
COLOR : GRIS			COLOR : GRIS			COLOR : GRIS			COLOR : AZUL		
NUMERO DE LOTE COMP A : 427031104			NUMERO DE LOTE COMP A : 427061788			NUMERO DE LOTE COMP A : 427080803T			NUMERO DE LOTE COMP A : 427080803T		
NUMERO DE LOTE COMP B : 427071762			NUMERO DE LOTE COMP B : 427060136			NUMERO DE LOTE COMP B : 427061665			NUMERO DE LOTE COMP B : 427061665		
DILUYENTE : NA			DILUYENTE : NA			DILUYENTE : NA			DILUYENTE : NA		
APLICACION DE RECUBRIMIENTO			APLICACION DE RECUBRIMIENTO			APLICACION DE RECUBRIMIENTO			APLICACION DE RECUBRIMIENTO		
FECHA : 2/17/18			FECHA : 2/18/18			FECHA : 2/18/18			FECHA : 2/18/18		
HORA DE INICIO : 03:00:00 p.m. PM			HORA DE INICIO : 08:30:00 a.m. AM			HORA DE INICIO : 02:30:00 p.m. PM			HORA DE INICIO : 02:30:00 p.m. PM		
HORA DE FIN : 04:00:00 p.m. PM			HORA DE FIN : 09:30:00 a.m. AM			HORA DE FIN : 03:30:00 p.m. PM			HORA DE FIN : 03:30:00 p.m. PM		
HUMEDAD RELATIVA : 53,3 %			HUMEDAD RELATIVA : 54,4 %			HUMEDAD RELATIVA : 50,1 %			HUMEDAD RELATIVA : 50,1 %		
TEMPERATURA DE SUPERFICIE : 28,8 °C			TEMPERATURA DE SUPERFICIE : 25,6 °C			TEMPERATURA DE SUPERFICIE : 31,4 °C			TEMPERATURA DE SUPERFICIE : 31,4 °C		
TEMPERATURA AMBIENTE : 29,1 °C			TEMPERATURA AMBIENTE : 25,8 °C			TEMPERATURA AMBIENTE : 30,8 °C			TEMPERATURA AMBIENTE : 30,8 °C		
PUNTO DE ROCIO : 18,6 °C			PUNTO DE ROCIO : 15,9 °C			PUNTO DE ROCIO : 19,2 °C			PUNTO DE ROCIO : 19,2 °C		
DIFERENCIA DE TEMPERATURA : 10,2 °C			DIFERENCIA DE TEMPERATURA : 9,7 °C			DIFERENCIA DE TEMPERATURA : 12,2 °C			DIFERENCIA DE TEMPERATURA : 12,2 °C		
MEDICION DE ESPESOR			MEDICION DE ESPESOR			MEDICION DE ESPESOR			MEDICION DE ESPESOR		
ESPESOR ESPECIFICADO 3 <input checked="" type="checkbox"/> mm <input type="checkbox"/> μm			ESPESOR ESPECIFICADO 7 <input checked="" type="checkbox"/> mm <input type="checkbox"/> μm			ESPESOR ESPECIFICADO 10 <input checked="" type="checkbox"/> mm <input type="checkbox"/> μm			ESPESOR ESPECIFICADO 10 <input checked="" type="checkbox"/> mm <input type="checkbox"/> μm		
CANTIDAD DE MEDICIONES 90			CANTIDAD DE MEDICIONES 90			CANTIDAD DE MEDICIONES 90			CANTIDAD DE MEDICIONES 90		
PROMEDIO 4,64			PROMEDIO 8,25			PROMEDIO 11,66			PROMEDIO 11,66		
RESULTADO APPROVED			RESULTADO APPROVED			RESULTADO APPROVED			RESULTADO APPROVED		
OBSERVACIONES:											
PROYECTO :		PUENTE LINDORA		INFORMACION		REALIZADO		VERIFICADO		APROVADO POR TERCERA PARTE	
CLIENTE :		COPISA		NOMBRE:		JOEL BONILLA		LUIS DEGO SEGUERA			
LOCALIZACION :		RUTA NACIONAL 147		FECHA:		2/18/18		2/18/18			
				FIRMA :							



ANEXO 8. CARTA DEL ASESOR EN CONAVI



UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel: (506) 2202 5350 Fax: (506) 2299 4702 univ@conavi.mpti.gob.cr

San José, 5 de junio de 2018

POE-08-2018-0522

Ingeniero,
Fabián Araya Mora,
Coordinador de prácticas y proyectos.

ASUNTO: Finalización de práctica profesional del señor Juan Pablo Quirós Leiva.

Estimado Ingeniero:

Reciba un cordial saludo, acto seguido le precedo a manifestar que el señor Juan Pablo Quirós Leiva portador de la cedula 3-0490-0311 ha cumplido cabalmente con todas las tareas que se le han asignado para su práctica dirigida, a su vez le informo que el señor Quirós ha entregado el "Manual de procedimientos para la verificación de la calidad de estructuras metálicas en puentes", un insumo que será de mucho provecho no solo para esta unidad ejecutora sino para todo el MOPT/CONAVI. A la entrega del señor Quirós se le suma el informe final del proyecto el cual lleva como nombre "Verificación del programa de puntos de Inspección (PPI) ejecutado para la estructura metálica del nuevo puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional 147", obra en cual me desempeñe como ingeniero de proyecto por parte de la administración.

Sin más por el momento.

Ing. Álvaro Soís Ramírez.

Ingeniero de proyecto

Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial

Cc:

Archivo

