

Universidad Nacional
“José Faustino Sánchez Carrión”

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



TESIS

Para Optar el Título de
INGENIERO METALURGICO

APLICACIÓN DEL CODIGO AWS D1.1/D1.1M:2015 EN LA
INSPECCION DE JUNTAS SOLDADAS DE LAS ESTRUCTURAS
METALICAS DEL PROYECTO AMPLIACION DEL MERCADO
MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CHANCAY - 2018

Autor

IRVIN JOEL DIAZ RODRIGUEZ

Asesor

Mg. Máximo Tomas SALCEDO MEZA

CIP: 15140

Huacho - Perú

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi pequeño hermano Fabian por ser el motivo de superación.

A mi familia por darme la confianza, la tolerancia e inculcarme la importancia que es la educación para la vida enseñándome día a día que todas las cosas hay que valorarlas, trabajar y luchar para lograr los objetivos, metas y anhelos.

Irvin Joel Diaz Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda la vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi familia, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

Irvin Joel Diaz Rodríguez

INDICE GENERAL

Portada.	1
Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Índice general.	4
Índice de figuras.	8
Índice de tablas.	9
Índice de anexos.	10
Resumen.	11
Abstract.	13
Introducción.	15
CAPITULO I: Planteamiento del Problema.	
1.1. Descripción de la realidad problemática.	17
1.2. Formulación del problema.	18
1.2.1. Problema general.	18
1.2.2. Problemas específicos.	18
1.3. Objetivos.	19
1.3.1. Objetivo general.	19
1.3.2. Objetivos específicos.	19
1.4. Justificación de la investigación.	20
1.4.1. Justificación técnica.	20
1.4.2. Justificación económica.	20
1.5. Delimitación del estudio.	20
1.5.1. Delimitación temporal.	20
1.5.2. Delimitación espacial.	21
1.5.3. Delimitación académica.	21
1.6. Viabilidad del estudio.	21
1.6.1. Viabilidad de recurso teórico.	21
1.6.2. Viabilidad de recurso humano.	22
1.6.3. Viabilidad de recurso temporal.	22

1.6.4. Viabilidad de recurso financiero.	22
CAPITULO II: Marco Teórico.	
2.1. Antecedentes de la investigación.	23
2.1.1. Investigación relacionada con el estudio.	23
2.1.2. Otras publicaciones.	26
2.2. Bases Teóricas.	28
2.2.1. Estructuras metálicas.	28
2.2.1.1. Selección de tipo de estructura.	29
2.2.1.2. Ventajas de las estructuras metálicas.	30
2.2.2. Inspección.	30
2.2.3. Ensayos No Destructivos.	31
2.2.3.1. Tipos de Ensayos No Destructivos.	31
2.2.3.1.1. Ensayo Visual (VT).	32
2.2.3.1.2. Líquidos penetrantes (PT).	33
2.2.3.1.3. Partículas magnéticas (MT).	35
2.2.3.1.4. Ultrasonido (UT).	36
2.2.3.1.5. Radiografía industrial (RT).	38
2.2.4. Tipos de juntas de soldadura.	42
2.2.5. Discontinuidades en juntas soldadas.	44
2.2.5.1. Porosidad.	45
2.2.5.2. Fusión incompleta.	47
2.2.5.3. Penetración incompleta de la junta.	48
2.2.5.4. Socavación.	48
2.2.5.5. Falta de llenado.	49
2.2.5.6. Traslape.	50
2.2.5.7. Laminación.	51
2.2.5.8. Costuras y solapes.	52
2.2.5.9. Grietas.	52
2.2.5.10. Inclusiones de escoria.	53
2.2.5.11. Golpes de arco.	54
2.2.5.12. Salpicadura.	55

2.2.6.	Código, especificaciones y estándares.	56
2.2.6.1.	Código.	56
2.2.6.2.	Especificaciones.	57
2.2.6.3.	Norma o Estándar.	57
2.2.7.	Código AWS.	58
2.2.7.1.	AWS D1.1/D1.1M:2015.	59
2.2.7.2.	Inspección requeridos por AWS D1.1/D1.1M:2015.	60
2.3.	Definiciones conceptuales.	61
2.4.	Formulación de hipótesis.	63
2.4.1.	Hipótesis general.	63
2.4.2.	Hipótesis específicas.	63
CAPITULO III: Metodología.		
3.1.	Diseño metodológico.	64
3.1.1.	Tipo de investigación.	65
3.1.2.	Nivel de investigación.	65
3.1.3.	Diseño de investigación.	65
3.1.4.	Enfoque de la investigación.	66
3.2.	Población y muestra.	66
3.2.1.	Población.	66
3.2.2.	Muestra.	66
3.3.	Operacionalización de variables e indicadores.	66
3.4.	Técnica e instrumentos de recolección de datos.	67
3.4.1.	Técnicas a emplear.	67
3.4.2.	Descripción de los instrumentos.	68
3.5.	Técnicas para el procesamiento de la información.	68
CAPITULO IV: Resultados.		
4.1.	Procedimiento de inspección de las juntas soldadas.	70
4.1.1.	Procedimiento de inspección visual.	72
4.1.1.1.	Alcance.	72
4.1.1.2.	Objetivo.	72
4.1.1.3.	Responsables.	72

4.1.1.4.	Documentos de referencias.	73
4.1.1.5.	Desarrollo del procedimiento de inspección visual.	73
4.1.1.5.1.	Equipos a emplearse.	73
4.1.1.5.2.	Procedimiento.	73
4.1.1.6.	Condiciones de la superficie de soldadura.	75
4.1.1.7.	Criterios de aceptación.	76
4.1.1.8.	Reporte de inspección.	76
4.1.2.	Procedimiento de inspección por líquidos penetrantes.	76
4.1.2.1.	Alcance.	76
4.1.2.2.	Objetivo.	77
4.1.2.3.	Responsables.	77
4.1.2.4.	Documentos de referencias.	77
4.1.2.5.	Desarrollo del procedimiento de inspección visual.	78
4.1.2.5.1.	Equipos a emplearse.	78
4.1.2.5.2.	Técnica aplicada.	78
4.1.2.6.	Criterios de aceptación.	80
4.1.2.7.	Reparaciones.	80
4.1.2.8.	Reporte de inspección.	81
4.2.	Aplicación del código en la inspección de juntas soldadas	81
4.2.1.	Resultado de la inspección visual.	82
4.2.2.	Resultado de la inspección por líquidos penetrantes.	86
CAPITULO V: Discusión, conclusiones y resultados.		
5.1.	Discusión.	89
5.2.	Conclusiones.	90
5.3.	Recomendaciones.	91
CAPITULO VI: Fuentes de información.		
6.1.	Fuentes bibliográficas.	93
Anexos.		94

INDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Estructura metálica, techos.	28
Figura 2:	Aplicación de la inspección visual.	33
Figura 3:	Aplicación de líquido penetrante.	34
Figura 4:	Ensayo por partículas magnéticas.	36
Figura 5:	Ensayo por ultrasonido.	37
Figura 6:	Ensayo por radiografía industrial.	41
Figura 7:	Tipos básicos de juntas.	42
Figura 8:	Formas básicas de las ranuras de unión.	44
Figura 9:	Porosidad dispersa.	46
Figura 10:	Varias localizaciones de fusión incompleta.	47
Figura 11:	Fusión incompleta.	47
Figura 12:	Penetración incompleta de junta.	48
Figura 13:	Esquema de ejemplo de socavación.	49
Figura 14:	Esquema de ejemplo de falta de llenado.	50
Figura 15:	Traslape.	50
Figura 16:	Laminación.	51
Figura 17:	Esquema de tipos de grietas.	53
Figura 18:	Inclusión de escoria.	54
Figura 19:	Golpe de arco.	55
Figura 20:	Salpicadura.	55
Figura 21:	Flujograma del procedimiento de control de calidad.	71

INDICE DE TABLAS

Tabla	1: Ejemplo de códigos.	56
Tabla	2: Ejemplo de especificaciones.	57
Tabla	3: Ejemplo de estándares.	58
Tabla	4: Variables e Indicadores.	67
Tabla	5: Resultados inspección visual de las vigas ejes 16-17.	82
Tabla	6: Resultados inspección visual de las vigas ejes 16-18.	83
Tabla	7: Resultados inspección visual de las vigas de la nave central 14-10.	84
Tabla	8: Resultados inspección visual de las vigas de la nave central 15-11.	85
Tabla	9: Resultados inspección por líquidos penetrantes de las vigas de la nave lateral sur.	86
Tabla	10: Resultados inspección por líquidos penetrantes de las vigas de la nave lateral norte.	87
Tabla	11: Resultados inspección por líquidos penetrantes de las vigas de la nave central.	88

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1:	Nomenclaturas empleadas en uniones soldadas.	97
Anexo 2:	Extracto Código AWS B1.11M/1.11:2015 – Tipos comunes de discontinuidades.	98
Anexo 3:	Extracto Código AWS D1.1/D1.1M: 2015 – Tabla 6.1.	99
Anexo 4:	Extracto Código AWS D1.1/D1.1M: 2015 – Tabla 9.16.	100

RESUMEN

El desarrollo de la tesis se basa en la aplicación del Código AWS D1.1/D1.1 M: 2015 durante los trabajos de inspección que se realizan a las juntas soldadas de las estructuras metálicas en la construcción del proyecto de ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay, ejecutada por la empresa Bhc Contratistas S.A.C.

En el capítulo I, se sustenta la realidad problemática motivo por el cual se basa el siguiente trabajo de investigación; se define los objetivos del estudio, la justificación y la delimitación con la que se enmarca el estudio y la viabilidad del trabajo de investigación.

El capítulo II contiene los antecedentes de la investigación que se usaron como referencia para el presente trabajo, también el marco teórico donde se recopila las principales teorías utilizada en el presente trabajo de investigación. Se formulan la hipótesis general y específicas bases para el inicio de la investigación.

El capítulo III, contiene el diseño metodológico, los tipos de investigación, el nivel y enfoque que se da al presente trabajo de investigación. Se limita la población y muestra que se va a abarcar; se describe las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos necesarios para realizar el presente trabajo.

En el capítulo VI, se detalla y presenta los resultados obtenidos durante el tiempo que se realizó el trabajo de investigación, mediante cuadros, gráficas y la realización de las interpretaciones de las mismas.

En el capítulo V, se realizó la discusión que se generaron al realizar el análisis de los resultados obtenidos; se determina las conclusiones y se da las recomendaciones necesarias en base a los resultados obtenidos.

Las fuentes bibliográficas o de información que se usaron y fueron de apoyo durante la realización del presente trabajo se detalla en el capítulo VI; como parte final se anexa datos que son relevantes durante la ejecución del trabajo.

Palabras claves: *AWS, Código, Estructuras Metálicas, Juntas Soldadas, Inspección.*

ABSTRACT

The development of the thesis is based on the application of the AWS Code D1.1 / D1.1 M: 2015 during the inspection works that are carried out to the welded joints of the metallic structures in the construction of the extension project of the Municipal Market of the District of Chancay, executed by the company Bhc Contratistas SAC

In chapter I, the problematic reality is based on which the following research work is based; the objectives of the study are defined, the justification and the delimitation with which the study is framed and the viability of the research work.

Chapter II contains the background of the research that was used as a reference for the present work, as well as the theoretical framework where the main theories used in this research work are compiled. The general hypothesis and specific bases for the initiation of the investigation are formulated.

Chapter III contains the methodological design, the types of research, the level and focus given to the present research work. The population is limited and shows that it will be included; The techniques and instruments used to collect the data necessary to carry out the present work are described.

In chapter VI, the results obtained during the time of the research work are detailed and presented by means of tables, graphs and the realization of the interpretations of them.

In chapter V, the discussion that was generated when performing the analysis of the results obtained was carried out; the conclusions are determined and the necessary recommendations are given based on the results obtained.

The bibliographical or information sources that were used and were supportive during the realization of this work are detailed in chapter VI; As a final part, data that is relevant during the execution of the work is attached.

Keywords: AWS, Code, Metallic Structures, Welded Joints, Inspection.

INTRODUCCION

Los nuevos proyectos de infraestructuras y proyectos de ampliación que se ejecutan en el país se dan en vista a la gran necesidad que requieren las empresas en todos los rubros de contar con las infraestructuras necesarias para enfrentar la demanda que el mercado en general les exige.

Suplementario a las obras civiles que se realizan dentro de un proyecto como es el caso de las ampliaciones del mercado municipal del Distrito de Chancay, se realizan las coberturas de las mismas en base a estructuras metálicas de acero soldadas, tanto por su facilidad y versatilidad como lo económico que resulta fabricarlas y montarlas.

Durante la fabricación de las estructuras metálicas se debe de tener en cuenta la calidad de las juntas soldadas, estas pueden contener discontinuidades que podrían mermar las propiedades mecánicas que requiere la estructuras haciendo que estas sean inseguras.

Las discontinuidades que pueden presentar las juntas soldadas se dan por varios factores como es el caso del tipo y calidad del material base y de aporte usado, el Procedimiento de Soldadura aplicado, parámetros de los procesos de soldadura, personal de soldadura, etc.

Para evaluar la criticidad de las discontinuidades que puedan presentarse en las juntas soldadas se realizan las inspecciones necesarias para determinar el

estado de la junta; la aplicación del Código AWS D1.1/D1.1M: 2015 en el capítulo 6, detalla los procedimientos y alcance que se deben de aplicar durante la inspección de las juntas; en la parte C del capítulo en mención, el Código especifica los criterios de aceptación que se deben de cumplir para que una junta soldada se considere sana y de calidad.

La inspección de juntas soldadas en base a un código de fabricación, respalda la calidad de las juntas soldadas y en general la calidad y sanidad de toda la estructura fabricada.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Debido a la creciente demanda en las construcciones con estructuras soldadas para edificaciones comerciales y la seguridad estructural con la que deben de contar, es necesario que las juntas soldadas deban de cumplir con los requisitos exigidos por los códigos, normas o estándares de calidad que se exigen de parte de las autoridades competentes. En vista que estas estructuras están sometidas a grandes esfuerzos mecánicos en donde de presentarse alguna falla durante su fabricación o funcionamiento, ésta podría ocasionar grandes costos económicos y a la vez costos humanos por discontinuidades que no se detectaron en las etapas pertinentes o por una deficiente inspección de control de calidad.

El propósito de la empresa Bhc Contratistas S.A.C. ejecutora de las estructuras soldadas montadas en el Proyecto de Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay, es de asegurar la calidad de las mismas, es por ello que la aplicación del Código AWS D1.1/D1.1M:2015 para la inspección de las juntas soldadas realizadas en las estructuras es fundamental en el cumplimiento de los lineamientos que el código estipula, tanto para determinar el método de ensayo, tipo de ensayo y los procedimientos a aplicarse dependiendo el caso que se presente, y la determinación y evaluación de las discontinuidades de acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo exigidos por el código.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema General.

¿En qué medida la aplicación del Código AWS D1.1/D1.1M:2015 en la inspección de las juntas soldadas determinan el buen control de calidad durante la fabricación de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿En qué medida el Código AWS D1.1/D1.1M:2015 determina el método de Ensayo No Destructivo aplicable a la inspección de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay?
- ¿En qué medida el Código AWS D1.1/D1.1M:2015 determina la aplicación de procedimiento de Ensayo No Destructivo aplicable a la juntas soldadas de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay?

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General.

Aplicar el Código AWS D1.1/D1.1M:2015 en la inspección de las juntas soldadas para determinar el buen control de calidad durante la fabricación de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Aplicar el Código AWS D1.1/D1.1M:2015 para determinar el método de Ensayo No Destructivo aplicable a la inspección de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay.
- Aplicar el Código AWS D1.1/D1.1M:2015 para determinar la aplicación de procedimiento de Ensayo No Destructivos aplicable a las juntas soldadas de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay.

1.4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Justificación técnica.

La aplicación del Código AWS D1.1/D1.1M:2015 para las inspecciones de las juntas soldadas de las estructuras metálicas, se realiza para determinar que las juntas soldadas cumplan con los requisitos exigidos por el código de construcción y asegurar así su adecuada calidad; identificando en forma oportuna fallas en la estructura y poder corregirlas antes de su montaje.

1.4.2. Justificación económica.

El compromiso de pagos por penalidades en atraso de las obras o mala calidad de la misma generan un costo económico tanto a la empresa fabricante como al proyecto en sí, la aplicación de código AWS en la inspección de las juntas soldadas nos ayuda a obtener resultados confiables y evitar los atrasos ocasionados por fallas en las estructuras o tiempo de reparación de las mismas.

1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

1.5.1. Delimitación temporal.

El presente trabajo de investigación comprende el periodo de fabricación y montaje de las estructuras soldadas en el periodo de abril a noviembre del 2018.

1.5.2. Delimitación espacial.

El presente trabajo de investigación se realiza dentro de las instalaciones de Proyecto de Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay, en la provincia de Huaral.

1.5.3. Delimitación académica.

El informe de investigación cumple con los lineamientos exigidos por la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión plasmado en la resolución que hace referencia al grado de investigación y el esquema de presentación para el trabajo de tesis, esto se sustenta en bibliografías, textos, informes, reportes y estudios que proporcionan conceptos y teorías sobre la Implementación de Sistemas de Gestión de Calidad.

1.6. VIABILIDAD DEL ESTUDIO

1.6.1. Viabilidad de recurso teórico.

El tema de investigación del estudio “APLICACIÓN DEL CODIGO AWS D1.1/D1.1M:2015 EN LA INSPECCION DE JUNTAS SOLDADAS DE LAS ESTRUCTURAS METALICAS DEL PROYECTO AMPLIACION DEL MERCADO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CHANCAY - 2018”; cuenta con el suficiente acceso de información primaria tanto en libros, revistas, código, normas, internet, etc.

1.6.2. Viabilidad de recurso humano.

El estudio es viable, los recursos que el trabajo de investigación requiere es asumido por el tesista conjuntamente con apoyo del personal encargado de la empresa Bhc Contratistas S.A.C.

1.6.3. Viabilidad de recurso temporal.

El presente trabajo de investigación se realizó en un corto plazo de aproximadamente ocho meses dentro del año 2018, por la ejecución de todos los procesos de investigación tales como: el planteamiento del problema, marco teórico, diseño de la investigación, metodología aplicada, adecuaciones a las variables exigidas, tabulaciones, conclusiones y recomendaciones.

1.6.4. Viabilidad de recurso financiero.

Si es viable, por medio de recursos económicos propios del tesista y de parte de la empresa auspiciadora, de manera que el proyecto es cofinanciado haciendo más viable debido al alto costo que genera la implementación del Sistema de Gestión de Calidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

2.1.1. Investigación relacionada con el estudio.

- a) Según Gutierrez Chuquispuma, R. (2017) , en el trabajo de investigación: ***Aplicación de la Norma AWS D1.1 en la Inspección de Soldaduras en las Uniones de las Estructuras, del Proyecto de Ampliación de la Refinería de Talara***; concluye que Según lo mostrado en 3.3.4 se demostró que con la aplicación de los procedimientos de inspección desarrollados según la norma AWS D1.1 2010, mejoró la calidad de las estructuras metálicas del Proyecto de Ampliación de la Refinería de Talara. Se concluye que, si es posible la aplicación de los procedimientos de ensayo no destructivos por Líquidos Penetrantes, por Ultrasonido y por Partículas Magnéticas sobre las uniones de las soldaduras de las estructuras metálicas del Proyecto de Ampliación de la Refinería de Talara. Finalmente se concluye que se logró verificar que mediante la aplicación correcta de la Normas AW D1.1 2010 en la inspección de soldadura en las uniones de estructuras metálicas del Proyecto de Ampliación de la Refinería de Talara, mejora la calidad de las mismas.
- b) Según Meza Betteta, E. (2014) en el trabajo de investigación: ***Gestión de Calidad en la Fabricación y Montaje de una Nave Industrial y Puente Grúa***

para Talleres de Equipos Mineros en Arequipa; concluye que Implementar este nuevo sistema de calidad permitió cumplir con los plazos de entrega del proyecto "Nave Industrial Supercenter" de la empresa FLSmith, situado en la ciudad de Arequipa. La implementación del sistema de calidad de una empresa metalmecánica es un cambio que no se da rápidamente y requiere la colaboración de todas las áreas. La implementación del sistema de gestión se logró mejores resultados con lo que conseguimos reducir costos y tiempo.

La entrega de un dossier de calidad al cliente garantiza la trazabilidad del producto, los certificados de todos los materiales de su contenido garantizan una mayor seguridad de un buen trabajo hacia el cliente. Durante la fabricación y edificación de estructuras metálicas, hay que tener el conocimiento de las tolerancias a utilizar, no se puede llevar un control si no se conoce el proceso. Bajo criterio del área de calidad, se acepta o rechaza los procesos que incumplan las tolerancias indicadas, si un proceso cumple con las tolerancias, pero por algún motivo este proceso perjudica o imposibilita una acción, es el deber del control de calidad, en conjunto con todas las partes involucradas redefinir estas tolerancias. Si un proceso está fuera de las tolerancias, y no es posible corregirlo, se estudia el caso en coordinación con todas las partes, incluidos el cliente, para hacer una excepción o un reproceso, en caso de excepción a la norma, se genera un documento de aprobación de la desviación.

- c) Según Caisaguano Vega, D. (2013) en el trabajo de investigación: **Desarrollo de Procedimientos de Soldadura, Calificación de Soldadores y Control de Calidad de Estructuras Soldadas de acuerdo con AWS D1.1.**; concluye

que se desarrolló una metodología para una adecuada comprensión del código AWS D1.12010, y en función de esto se ha podido realizar los procedimientos-guía para:

- Las WPS's precalificadas y calificadas.
- La calificación de la habilidad del personal de soldadura.
- El control de calidad de soldaduras de producción en estructuras de acero.
- Los criterios de aceptación para inspección de soldadura para los métodos de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, y ultrasonidos.
- La inspección de soldadura en una estructura soldada, para los métodos de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, y ultrasonidos.

Se realizó un sistema de procedimientos para el control de calidad de las soldaduras de producción, las mismas que se deben usar de forma paralela.

Los procedimientos del sistema son: (Caisaguano Vega, 2013)

- El procedimiento de control de calidad.
- El procedimiento de criterios de aceptación para el método en particular.
- El procedimiento de inspección para el método correspondiente.

Se elaboraron instructivos para el llenado de los siguientes formatos:

(Caisaguano Vega, 2013)

- Las WPS's precalificadas y calificadas.
- La calificación de la habilidad del personal de soldadura.
- La inspección de la soldadura, para los métodos de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonidos.

2.1.2. Otras publicaciones.

- a) Según Zambrano Crespín, V. y Zavaleta Cordova, B. (2018); en la publicación del artículo titulado: ***Defectología de Uniones Soldadas Evaluadas mediante Inspección Visual de acuerdo al Código AWS D1.1***; concluyen que la defectología en uniones soldadas, evaluadas mediante inspección visual de acuerdo al código AWS D1.1, muestra una gran variación que llevan a falsas interpretaciones, en cuanto a que muchas de las discontinuidades, encontradas, después de su evaluación no constituyen defecto. Se evaluó el tipo y tamaño de discontinuidades, los tamaños de soldadura de filete, ranura, el tamaño de las discontinuidades, mediante el uso de varios tipos de calibradores de soldadura. Recomendados por la sociedad americana de soldadura. y la evaluación se realizó con el código AWS D1.1.

Determinándose discontinuidades del tipo: porosidad, socavado, falta de llenado, solapamiento, grietas, golpe de arco, convexidad excesiva. Se han utilizado de manera adecuada los instrumentos de medición y el uso correcto de la normativa para la evaluación de discontinuidades en uniones soldadas mediante la técnica de inspección visual. Se logró elaborar un procedimiento de inspección visual para la evaluación de discontinuidades en uniones soldadas en base al código AWS D1.1. (Zambrano Crespín & Zavaleta Cordova, 2018)

- b) Según Abanto Ríos, C. y Horna Rivera P. (2017); en la publicación del artículo titulado: ***Calidad Superficial de Uniones Soldadas Evaluadas mediante***

Inspección Visual de acuerdo al Código AWS D1.1.; concluyen que la calidad superficial de uniones soldadas, evaluadas mediante inspección visual de acuerdo al código AWS D1.1, muestra una gran variación que llevan a falsas interpretaciones, en cuanto a que muchas de las discontinuidades, encontradas, después de su evaluación no constituyen defecto. Se evaluó el tipo y tamaño de discontinuidades, los tamaños de soldadura de filete, ranura, el tamaño de las discontinuidades, mediante el uso de varios tipos de calibradores de soldadura. Recomendados por la sociedad americana de soldadura. y la evaluación se realizó con el código AWS D1.1. Determinándose discontinuidades del tipo: porosidad, socavado, falta de llenado, solape, gritas, golpe de arco, convexidad excesiva. Se han utilizado de manera adecuada los instrumentos de medición y el uso correcto de la normativa para la evaluación de discontinuidades en uniones soldadas mediante la técnica de inspección visual.

- c) Según Cedeño Moreira, C., Solorzano Loor, J. y Vergara Ruiz, E. (2015), en publicación del artículo titulado: **Análisis de los Cordones de Soldadura de la Estructura Metálica del Centro de Investigaciones de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí**; concluyen que se detectaron que los cordones tienen porosidades y falta de penetración que puede ocasionar inconvenientes a largo plazo en la estructura si no se reparan. Los métodos empleados nos permiten tener una visión clara de las afectaciones de los cordones de soldadura. Para definir resultados confiables es necesario la calibración de los equipos.

2.2. BASES TEORICAS.

2.2.1. Estructuras metálicas.

Las estructuras metálicas en la actualidad se han convertido en uno de los más notables símbolos de nuestra evolución dentro del marco de la ingeniería; el propósito general de diseñar una estructura metálica es lograr que dicha estructura sea segura, económica y que cumpla con los requerimientos estéticos y funcionales. Las estructuras metálicas están conformadas a base de perfiles de acero, material que posee gran resistencia y un costo no muy alto el cual hace factible la construcción de la misma, sobre todo cuando se requiere urgencia de montaje y características especiales como son alto nivel de luz y esbeltez de los elementos que la conforman. (Cedeño Moreira, Solorzano Loor, & Vergara Ruiz, 2015)



Figura 1. Estructura metálica, techos.

2.2.1.1. Selección de tipo de estructura.

El tipo de estructura metálica se selecciona considerando aspectos funcionales, módicos, estéticos y de servicio. Los diseñadores y los propietarios deben de llegar a un acuerdo en cuanto a los requerimientos generales del proyecto; basados en ellos, el diseñador examinara las opciones más adecuadas sobre el tipo de estructura que se ajusta al caso, y preparar los planos y detalles que describirán el proyecto. (Cely, Sotomayor, Monar, & Castro, 2018)

Las Estructuras Metálicas forman parte de un sistema muy popular en varios países, cuyo empleo suele ascender en función de la industrialización alcanzada en la región donde se utiliza. En la actualidad se la adopta por sus ventajas en que la construcción no demanda mucho tiempo, costo de materiales y costo de mano de obra. Las estructuras metálicas poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero. Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura, como cubrir grandes luces, cargas importantes. (Cely, Sotomayor, Monar, & Castro, 2018)

Al ser sus piezas prefabricadas, y con medios de unión de gran flexibilidad, se acortan los plazos de obra significativamente. La estructura característica es la de entramados con nudos articulados, con vigas simplemente apoyadas o continuas, con complementos singulares de celosía para arriostrar el conjunto. (Cely, Sotomayor, Monar, & Castro, 2018)

2.2.1.2. Ventajas de las estructuras metálicas. (Cedeño Moreira, Solorzano Loor, & Vergara Ruiz, 2015)

- Vigas reticuladas permiten cubrir grandes luces.
- Construcciones a realizar en tiempos reducidos de ejecución.
- Construcciones en zonas muy congestionadas como centros urbanos o industriales en los que se prevean accesos y acopios dificultosos.
- Edificios con probabilidad de crecimiento y cambios de función o de cargas.
- Edificios en terrenos deficientes donde son previsibles asentamientos diferenciales apreciables; en estos casos se prefiere los entramados con nudos articulados.
- Construcciones donde existen grandes espacios libres, por ejemplo: locales públicos, salones.

2.2.2. Inspección.

La inspección que se desarrolla en estructuras tiene un rol importante al determinar discontinuidades de las soldaduras de esta, sin alterar sus propiedades mecánicas, garantizando el funcionamiento y la calidad del servicio que ofrecen como elementos contruidos. (Cely, Sotomayor, Monar, & Castro, 2018)

La inspección es una parte importante dentro de la construcción en estructuras de acero, por lo cual se vuelve necesario elaborar procedimientos de inspección en los que se pueda analizar y controlar la calidad de los elementos que van a estar sometidos a cargas para que se garantice su utilización. (Cely, Sotomayor, Monar, & Castro, 2018)

2.2.3. Ensayos No Destructivos.

Los ensayos no destructivos surgen como una necesidad de poder asegurar la funcionalidad y confiabilidad de los componentes de tal forma que estos se encuentren dentro de los límites de diseño; es por ello que a los ensayos no destructivos se les conoce a las pruebas realizadas a materiales las cuales no afectan de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de tal forma que no repercuten en su utilidad futura. Los ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, capilaridad, absorción, etc. (Ly Medina, 2015)

2.2.3.1. Tipos de Ensayos No Destructivos.

Existen numerosos los tipos de ensayos no destructivos actualmente en uso, los cuales están permanentemente en evolución. Entre los que aplican en el campo de la soldadura, se pueden citar los siguientes: (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

- Inspección o ensayo visual.
- Ensayo por líquidos penetrantes.
- Ensayo por partículas magnéticas.
- Ensayos radiográficos.
- Inspección o ensayo por ultrasonido.

2.2.3.1.1. Ensayo Visual (VT).

Es probablemente el tipo de ensayo no destructivo más ampliamente utilizado. Es el más fácil de aplicar, acarrea resultados rápidos y normalmente tiene un costo bajo. Usualmente, una pieza antes de ser sometida a otros tipos de ensayo no destructivos, debe ser inspeccionada visualmente. Por ejemplo, la inspección visual de una soldadura por un inspector entrenado, puede revelar entre otras las siguientes informaciones sobre la calidad de la misma: La presencia o ausencia de discontinuidades superficiales, la orientación de estas en relación a las varias regiones de la soldadura, porosidades superficiales, mordeduras, etc. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

De esta manera, los resultados de la inspección visual pueden auxiliar, en mucho, la aplicación posterior de otras pruebas no destructivas. El principio básico de la prueba no destructiva visual es iluminar bien la zona de la pieza a inspeccionar. La pieza será examinada, entonces, directamente al ojo o a través de algún accesorio como un endoscopio o fibroscopio. El equipo requerido para la inspección visual es extremadamente simple, siendo, por tanto, primordial una buena iluminación de la pieza. Conviene observar también que la superficie de la pieza este limpia antes de efectuar el examen. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)



Figura 2. Aplicación de la inspección visual.

2.2.3.1.2. Líquidos penetrantes (PT).

La inspección por líquidos penetrantes es un método de END usado para la detección de discontinuidades que aparezcan en la superficie de la pieza. El uso de líquidos penetrantes puede ser considerado como una extensión de la inspección visual. Muchas discontinuidades reveladas por el método de líquidos penetrantes no podrían ser detectadas a través de la inspección visual realizada por un inspector experimentado. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

Los líquidos penetrantes revelan una discontinuidad en una gran extensión haciendo que la inspección dependa menos del elemento humano, esto hace que este método sea más adaptado a un sistema de producción, aumentando la credibilidad en la rapidez de inspección. El método de los líquidos penetrantes es utilizado en materiales magnéticos como no magnéticos ofreciendo así, una ventaja en relación con la prueba de partículas magnéticas que no pueden ser empleadas en el último caso. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

La prueba de líquidos penetrantes tiene la ventaja de ser un ensayo rápido, fácilmente aplicable y relativamente barato. Sin embargo, ofrece la desventaja de que solamente revela discontinuidades existentes en la superficie de la pieza. Todas las fallas encontradas a través de los líquidos penetrantes dan solamente una indicación aproximada de la profundidad y tamaño del defecto. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)



Figura 3. Aplicación de líquido penetrante.

La técnica por líquidos penetrantes consiste en la aplicación sobre la pieza, luego de la limpieza de la misma, de un líquido “penetrante” de un color generalmente rojo de baja viscosidad que, en función de esto, penetra en las discontinuidades existentes en la superficie, bajo principios de capilaridad, después, se limpia nuevamente la pieza por medio de un líquido removedor cuya función es la de eliminar el exceso de líquido penetrante que ha quedado en la superficie, para aplicar posteriormente otro líquido llamado “revelador” que normalmente tiene talco en suspensión. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

El líquido penetrante aprisionado en la discontinuidad de la pieza será absorbido por el revelador y como el primero posee una coloración roja, mostrará las discontinuidades existentes en la pieza. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

2.2.3.1.3. Partículas magnéticas (MT).

La inspección por partículas magnéticas es un método para la localización de defectos superficiales y subsuperficiales (próximos a la superficie más no abiertos a la misma) en materiales ferro-magnéticos. Su operación está basada en el hecho de que, cuando la pieza a examinar es magnetizada, las discontinuidades existentes causan un campo de fuga, en el flujo magnético. Este campo de fuga, generado por discontinuidades, será detectada a través del uso de partículas ferro-magnéticas finamente divididas, aplicadas sobre la superficie, pues las mismas serán atraídas por el campo de fuga y se aglomerarán en el contorno del mismo, indicando su localización, forma y extensión. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

Estas partículas son aplicadas en la superficie de forma seca o húmeda en suspensión en líquidos como agua o aceite, pueden ser visibles con luz blanca o con luz ultravioleta. Hay, no obstante, ciertas limitaciones en cuanto a este método que deben ser de conocimiento del inspector. Entre estas limitaciones se pueden destacar las siguientes: (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

- Películas de pintura u otra capa no magnética sobre la pieza que puedan ocultar los resultados.

- El método sólo es aplicable a materiales ferromagnéticos (aleaciones ferrosas exceptuando aceros inoxidable austeníticos).
- Para mejores resultados, el campo magnético debe tener una dirección que intercepte el plano principal de la discontinuidad. Debido a esto, normalmente son requeridas dos o más secuencias de operaciones en una misma región de la pieza, en diferentes direcciones.
- Es necesario desmagnetizar la pieza después de realizado el ensayo.
- Para piezas de gran tamaño son requeridas altas corrientes eléctricas.



Figura 4. Ensayo por partículas magnéticas.

2.2.3.1.4. Ultrasonido (UT).

La inspección ultrasónica es un método de ensayo no destructivo para el cual grupos de ondas de alta frecuencia introducidas en el material inspeccionado son utilizados para detectar defectos superficiales e internos. Las ondas atraviesan el material con cierta atenuación y son reflejadas en las interfaces. Este haz reflejado

es detectado y analizado definiendo entonces la presencia y la localización de las discontinuidades. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

El ensayo ultrasónico es basado en el hecho de que la presencia de una discontinuidad o un cambio en la densidad del material actuará como si fuese reflector de propagaciones de alta frecuencia en ese punto. El equipo de ultrasonido posee un cabezal o palpador, que contiene un cristal de cuarzo (u otro material piezo-eléctrico). (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

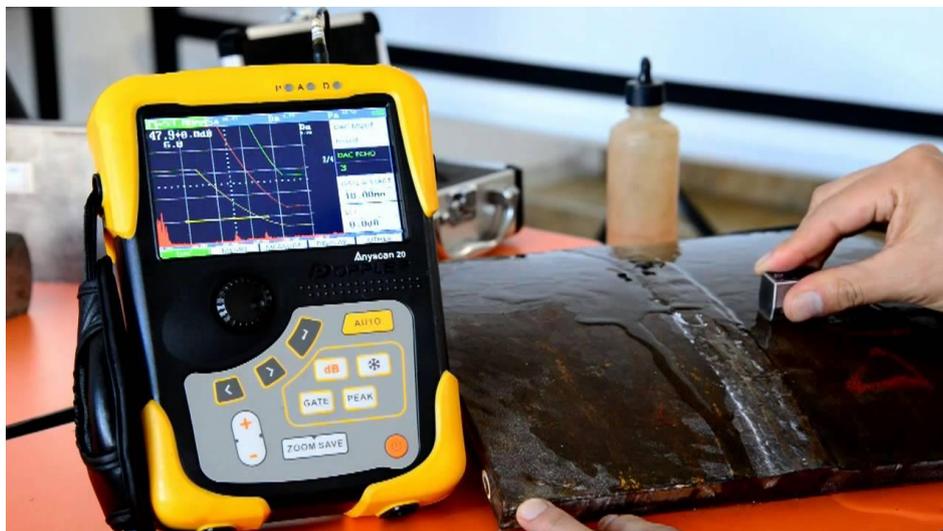


Figura 5. Ensayo por ultrasonido.

Cuando un voltaje es aplicado, el cristal vibra a alta frecuencia. Cuando el cabezal ultrasónico es colocado sobre la pieza con su acoplante adecuado, esta vibración es transmitida a la misma hasta encontrar una discontinuidad o cambio de densidad. En este punto, parte de esta energía (vibración) es reflejada de vuelta, llegando nuevamente al cabezal, transmitiendo la vibración al cristal el cual la transformará en pulsos eléctricos que podrán ser visualizados en la pantalla del osciloscopio. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

Ventajas:

- Alto poder de penetración, el cual permite la detección de discontinuidades en grandes espesores.
- Alta sensibilidad permitiendo la detección de discontinuidades sumamente pequeñas.
- Mayor capacidad que otros métodos de ensayo no destructivo en la determinación de la posición de discontinuidades externas, estimando su forma, orientación, dimensión y naturaleza.
- Necesidad de acceso únicamente a una de las superficies de la pieza.

Desventajas:

- La operación requiere conocimientos y experiencia profundos por parte del operador.
- No es apropiado para la inspección de superficies mal terminadas.
- Discontinuidades que se presentan muy próximas a la superficie, no pueden ser detectadas.
- Requiere siempre la calibración del equipo, la cual no siempre es simple.
- Solo da información de la indicación instantánea de las discontinuidades en equipos convencionales (Scan tipo A).

2.2.3.1.5. Radiografía industrial (RT).

La radiografía es un método usado para la inspección no destructiva, que se basa en la absorción diferencial de radiación penetrante por la pieza que ésta siendo inspeccionada. Debido a diferencias en las características de absorción

causada por las variaciones de masa, composición y estructura del material, diferentes regiones de una misma pieza absorberán cantidades diferentes de radiación penetrante. Esa absorción diferencial de radiación penetrante podrá ser detectada a través de una película, o a través de un tubo de imagen, o la misma podrá ser medida por tipos de detectores electrónicos de radiación. Esa variación de la cantidad de radiación absorbida, detectada a través de un medio, indicará entre otras cosas la existencia de una discontinuidad interna en un material. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

La radiografía industrial, es entonces usada para detectar características de una región de un determinado material, comparada con una región cercana. Diferencias muy grandes son más fácilmente detectadas, generalmente, la radiografía puede detectar solamente aquellas características diferentes de una región que presente una variación en el espesor, en el plano paralelo a la dirección del haz de radiación. Esto quiere decir que la capacidad del proceso de detectar discontinuidades con varios espesores en planos perpendiculares al haz, como fisuras, dependerá mucho de la técnica de prueba realizada. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

Discontinuidades como poros e inclusiones que presenten un espesor variable en todas las direcciones, serán fácilmente detectadas siempre que no sean muy pequeñas en relación al espesor de la pieza. En general, variaciones que presentan el 2% o más de la variación de absorción en relación al espesor total, podrán ser detectadas. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

La inspección radiográfica es muy usada en la inspección de fundiciones, forja y soldaduras, particularmente donde se exige la necesidad de evitar discontinuidades internas en el material. Dada su capacidad de revelar discontinuidades en una variedad de materiales, la radiografía industrial es actualmente uno de los principales ensayos no destructivo en uso. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

El ensayo radiográfico, generalmente requiere de las siguientes etapas en su proceso: (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

- La exposición de una película a la radiación X o gamma que atraviesa un cuerpo cualquiera.
- El procesamiento de esta película.
- La interpretación de la radiografía resultante.

Ventajas y limitaciones del ensayo radiográfico.

Como ventajas de aplicación del ensayo radiográfico, como un medio de inspección y control de calidad, se pueden citar las siguientes:

- Puede ser aplicado a la mayoría de los materiales.
- Puede dejar un registro permanente del resultado del examen.
- Revela la naturaleza interna del material.
- Puede ser aplicado en un proceso, indicando la acción correctiva necesaria en caso de defectos.

Existen tanto limitaciones físicas, como económicas en la utilización del ensayo radiográfico, así requisitos geométricos hacen que dicho ensayo sea impracticable en piezas de forma compleja. Cuando una orientación apropiada de la fuente de radiación, de la pieza y de la película, no pueden ser obtenidas, la prueba radiográfica es de poco valor. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)

De la misma forma, cualquier pieza que no permita la colocación de la película de lado opuesto a la fuente, no puede ser evaluada por este método. Debemos considerar también, que la radiografía se basa en las diferencias de densidad y de absorción de los materiales y por esto mismo tienen poco valor en la detección de pequeñas discontinuidades que no sean paralelas a la línea de radiación. Defectos laminares difícilmente son detectados. Las condiciones de seguridad radiológica impuesta para rayos X y gamma también pueden ser consideradas como limitaciones. (Ospina, Trujillo, & Parra, 2011)



Figura 6. Ensayo por radiografía industrial.

2.2.4. Tipos de juntas de soldadura.

Se consideran los siguientes tipos de juntas básicas: junta tope, junta en esquina, junta en "T", junta de traslape, junta de borde o de orilla. Una descripción gráfica de los tipos básicos de juntas se presenta en las figuras. (Zambrano Flores, 2015)

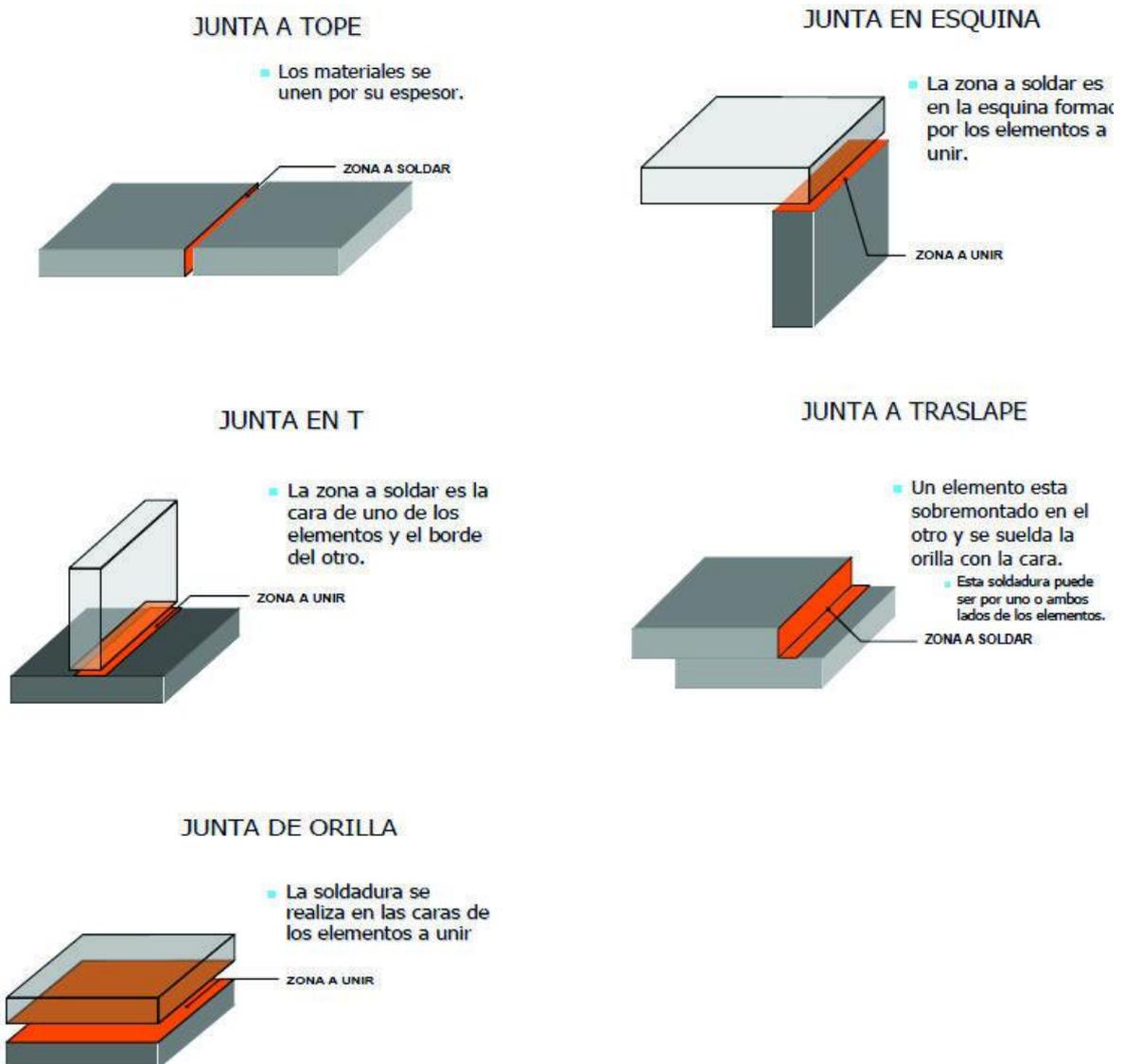


Figura 7. Tipos básicos de juntas.

Existen tipos de uniones según la sección transversal y otras características como son: (Zambrano Flores, 2015)

- De filete.
- De tapón.
- De pernos.
- De botón.
- De proyección.
- De borde.
- De recubrimiento.
- De respaldo.
- De costura.

La unión de los elementos a soldarse, dependiendo de la geometría de sus extremos, se las clasifica de la siguiente manera: (Zambrano Flores, 2015)

- Ranura en "V".
- Ranura en "J".
- Ranura en "Ü".
- Ranura a escuadra.
- Ranura en bisel sencillo.
- Ranura con abocinado en "V".
- Ranura en bisel abocinado.

RANURA A ESCUADRA



- SE EMPLEA PARA ESPESORES DELGADOS.
- LAS DOS CARAS SON PARALELAS.
- ES FACIL DE APLICAR.

RANURA EN BISEL SENCILLO



- SE EMPLEA PARA ECONOMIZAR SOLDADURA.
- SOLO SE BISELA UNO DE LOS MIEMBROS A SOLDAR.

RANURA EN "V"



- ES LA RANURA MAS CONOCIDA.
- SU ANGULO PUEDE VARIAR DESDE 15° HASTA 60°.
- ES FACIL DE PREPARAR.

RANURA EN J



- ES SIMILAR AL BISEL SENCILLO PERO TIENE UN RADIO EN LA ZONA DE LA RAIZ.

RANURA EN "U"



- SE EMPLEA PARA GRANDES ESPESORES.
- AYUDA A REDUCIR LA CANTIDAD DE SOLDADURA A DEPOSITAR.

FILETE



- NO ES PROPIAMENTE UNA RANURA.
- SE EMPLEA PARA LA SOLDADURA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.
- NO SE RECOMIENDA PARA ESFUERZOS CORTANTES.

Figura 8. Formas básicas de las ranuras de unión.

2.2.5. Discontinuidades en juntas soldadas.

Una discontinuidad es una interrupción de la estructura típica de un material, tal como una falta de homogeneidad en sus características mecánicas, metalúrgicas o físicas. Una discontinuidad no es necesariamente un defecto. Las

discontinuidades son rechazables solamente si no cumplen con los requisitos de la especificación en tipo, tamaño, distribución o ubicación. Un defecto es una discontinuidad o discontinuidades que por su naturaleza o por efecto acumulado (por ejemplo, la longitud total de una grieta) hacen que una pieza o un producto no cumplan con las normas o especificaciones mínimas de aceptación. El termino defecto designa una discontinuidad rechazable. (American Welding Society, 2015)

Los tipos específicos de discontinuidades del metal de soldadura y del metal base son más comunes cuando se utilizan ciertos procesos de soldadura y configuraciones de la junta. Ciertas condiciones, como una gran restricción o acceso limitado a partes de la junta soldada, pueden dar lugar a una incidencia mayor de lo normal para las discontinuidades del metal de soldadura o del metal base. (American Welding Society, 2015)

2.2.5.1. Porosidad.

La porosidad es una discontinuidad de tipo cavidad formada por el gas atrapado durante la solidificación o en un depósito de termorrociado. Por lo general, la discontinuidad que se forma es esférica y puede ser elongada. La contaminación durante la soldadura es una causa común de porosidad. (American Welding Society, 2015)

La porosidad puede presentarse de distintos tipos en los cordones de soldadura.



Figura 9. Porosidad dispersa.

- **Porosidad dispersa.** Es la que está distribuida uniformemente en todo el metal de soldadura.
- **Porosidad agrupada.** La porosidad agrupada es un conjunto localizado de porosidad que tienen una distribución geométrica aleatoria.
- **Porosidad vermicular.** Una forma de porosidad cuya longitud es mayor que su ancho y se extiende aproximadamente perpendicular a la cara de la soldadura. La porosidad vermicular también se denomina porosidad en tubería.
- **Porosidad alineada.** Se presenta como un conjunto localizado de porosidad orientado en línea. Los poros pueden ser esféricos o elongados. La porosidad alineada también se denomina porosidad lineal.
- **Porosidad elongada.** Es una forma de porosidad cuya longitud es mayor que su ancho y se extiende aproximadamente paralela al eje de la soldadura.

2.2.5.2. Fusión incompleta.

La fusión incompleta es una discontinuidad de la soldadura en la cual no se produjo la fusión entre el metal de soldadura y las caras de fusión o los cordones de soldadura adyacentes. (American Welding Society, 2015)

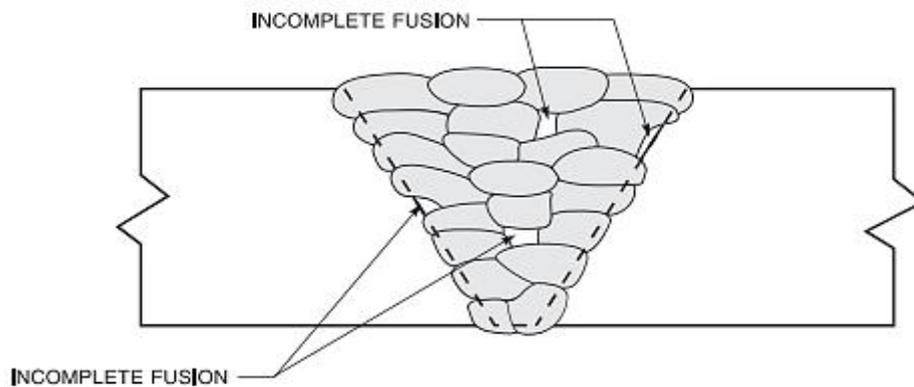


Figura 10. Varias localizaciones de fusión incompleta.

Es el resultado de técnicas de soldadura, preparación del metal base o diseño de la junta incorrectos. Las deficiencias que causan la fusión incompleta incluyen temperatura de soldadura insuficiente, falta de acceso a todas las caras de fusión o ambas. (American Welding Society, 2015)



Figura 11. Fusión incompleta.

2.2.5.3. Penetración incompleta de la junta.

La penetración incompleta de la junta es una condición de la raíz de la junta en la cual el metal de soldadura no se extiende en todo el espesor de la junta. El área no penetrada ni fundida es una discontinuidad que se describe como penetración incompleta de la junta. (American Welding Society, 2015)

La penetración incompleta de la junta puede ser el resultado de temperatura de soldadura insuficiente, diseño incorrecto de la junta (por ej., un espesor en el cual el arco de soldadura no puede penetrar) o control lateral incorrecto del arco de soldadura. (American Welding Society, 2015)



Figura 12. Penetración incompleta de junta.

2.2.5.4. Socavación.

La socavación es una ranura fundida en el metal base adyacente al pie o raíz de la soldadura que el metal de soldadura no ha llenado. Esta ranura crea una

entalla mecánica que se convierte en un concentrador de esfuerzo. (American Welding Society, 2015)

Cuando la socavación está controlada dentro de los límites de las especificaciones no se considera un defecto de la soldadura. Una socavación esta generalmente asociada con una técnica de soldadura incorrecta, corriente de soldadura excesiva o ambas. (American Welding Society, 2015)

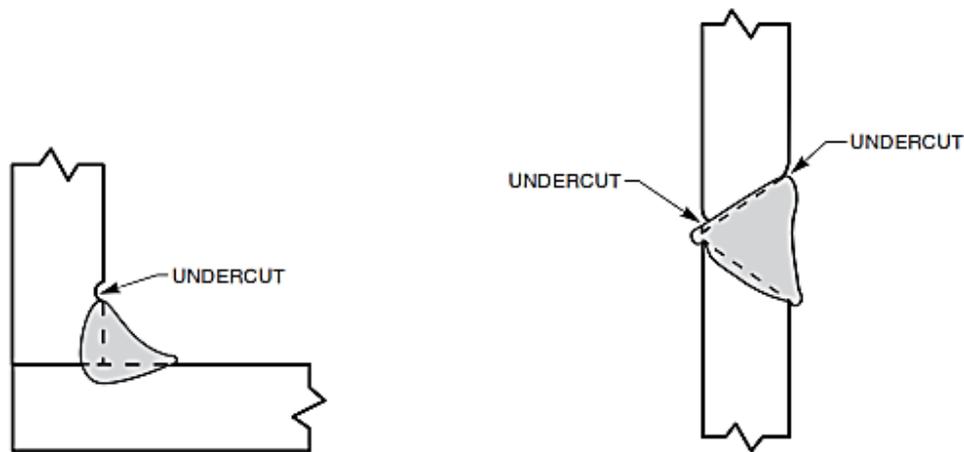


Figura 13. Esquema de ejemplo de socavación.

2.2.5.5. Falta de llenado.

La falta de llenado es una condición de la soldadura de ranura en la cual la cara de la soldadura o la superficie de la raíz se extienden por debajo de la superficie adyacente del metal base. Se produce cuando el soldador no rellena completamente la junta soldada. (American Welding Society, 2015)

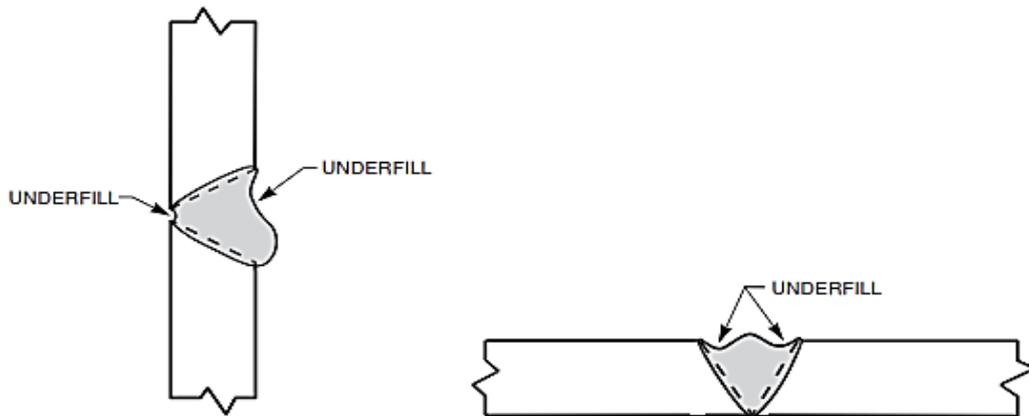


Figura 14. Esquema de ejemplo de falta de llenado.

2.2.5.6. Traslape.

El traslape es la protuberancia del metal de soldadura no fundido más allá del pie o la raíz de la soldadura. El traslape es una discontinuidad de superficie que forma una entalla mecánica y, casi siempre, se lo considera rechazable. Dos causas comunes de traslape pueden ser la velocidad de desplazamiento insuficiente y una incorrecta preparación del metal base. (American Welding Society, 2015)



Figura 15. Traslape.

2.2.5.7. Laminación.

La laminación es un tipo de discontinuidad del metal base con separación o debilidad generalmente alineada paralela a la superficie trabajada de un metal. Las laminaciones se forman por las cavidades de gas o de contracción o inclusiones no metálicas laminadas en el lingote, barra o bloque original. (American Welding Society, 2015)



Figura 16. Laminación.

Las laminaciones pueden ser totalmente internas y, usualmente, se detectan mediante un ensayo no destructivo, con ultrasonido. También se pueden extender hasta un borde o extremo, donde son visibles en la superficie y pueden detectarse mediante examen visual, ensayo con líquido penetrante o partículas magnéticas. (American Welding Society, 2015)

2.2.5.8. Costuras y solapes.

Las costuras y solapes son discontinuidades del metal base que se encuentran en productos forjados, trefilados y laminados. Difieren de las laminaciones en que aparecen en la superficie del producto trabajado. La gravedad de las costuras y solapes depende de su orientación, tamaño y la aplicación del conjunto soldado. (American Welding Society, 2015)

A pesar de que las costuras y solapes son discontinuidades de superficie, solo se pueden detectar después de operaciones de construcción como doblado, laminado o chorro de arena. La soldadura sobre costuras y solapes puede ocasionar agrietamiento, porosidad o ambos. (American Welding Society, 2015)

2.2.5.9. Grietas.

Las grietas se definen como una discontinuidad de tipo fractura caracterizada por una punta afilada y una elevada proporción entre longitud-ancho y desplazamiento de la abertura. Pueden ocurrir en el metal de soldadura, la zona afectada por el calor y el metal base cuando los esfuerzos localizados superen la resistencia última del material. (American Welding Society, 2015)

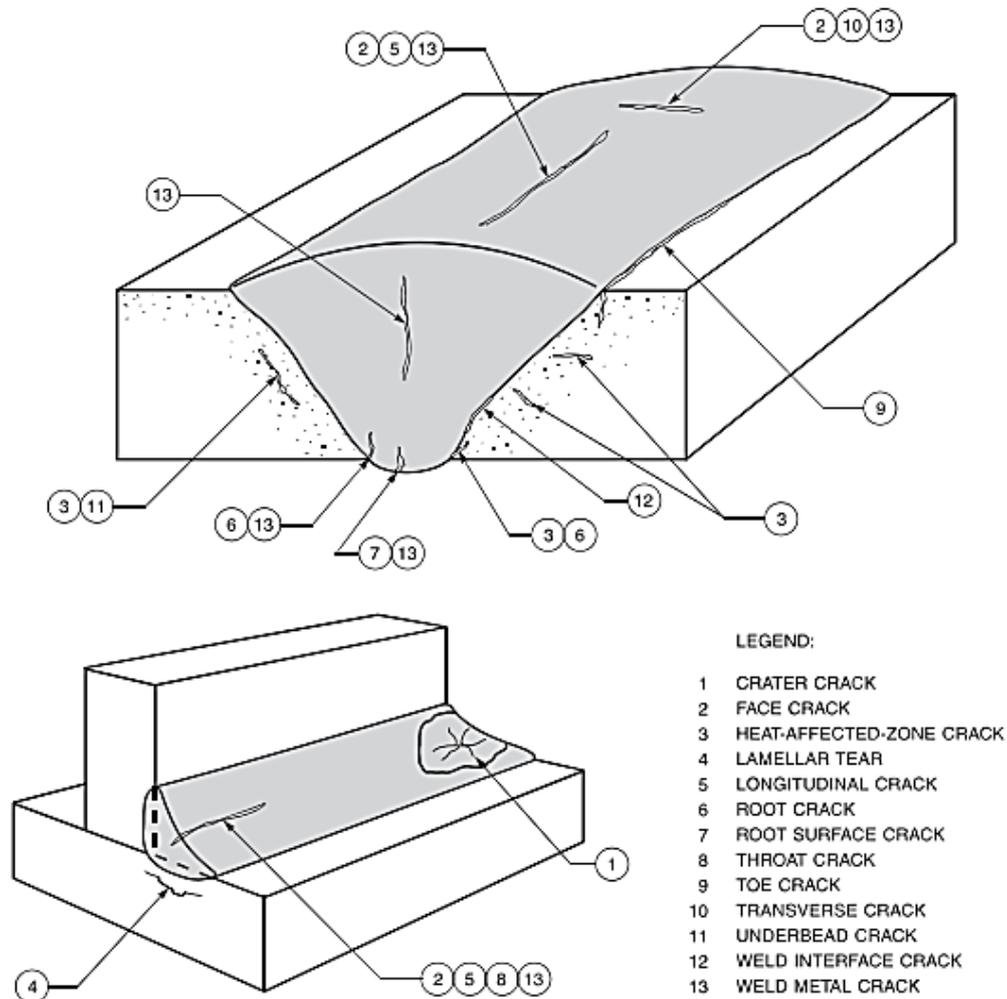


Figura 17. Esquema de tipos de grietas.

2.2.5.10. Inclusiones de escoria.

Las inclusiones de escoria son productos no metálicos que provienen de la disolución mutua de las impurezas no metálicas y del fundente en algunos procesos de soldadura y soldadura fuerte. (American Welding Society, 2015)

En general, las inclusiones de escoria se pueden encontrar en las soldaduras realizadas con cualquier proceso de soldadura por arco que emplee fundente como medio de protección. En general, las inclusiones de escoria son el resultado de

técnicas de soldadura incorrectas, falta de acceso adecuado para soldar la junta o la limpieza incorrecta de la soldadura entre pasadas. (American Welding Society, 2015)



Figura 18. Inclusión de escoria.

2.2.5.11. Golpes de arco.

Un golpe de arco es una discontinuidad, producida por un arco, que consiste en cualquier metal refundido, metal afectado por el calor o cambio en el perfil de la superficie de cualquier parte de un metal base o de soldadura. Los golpes de arco se producen cuando se inicia el arco sobre la superficie del metal base lejos de la junta soldada, ya sea intencionalmente o por accidente. Cuando esto ocurre, existe un área localizada de la superficie del metal base que se funde y se enfría rápidamente debido a la gran disipación de calor que crea el metal base circundante. Los golpes de arco no son deseables ni aceptables ya que podrían contener grietas. (American Welding Society, 2015)

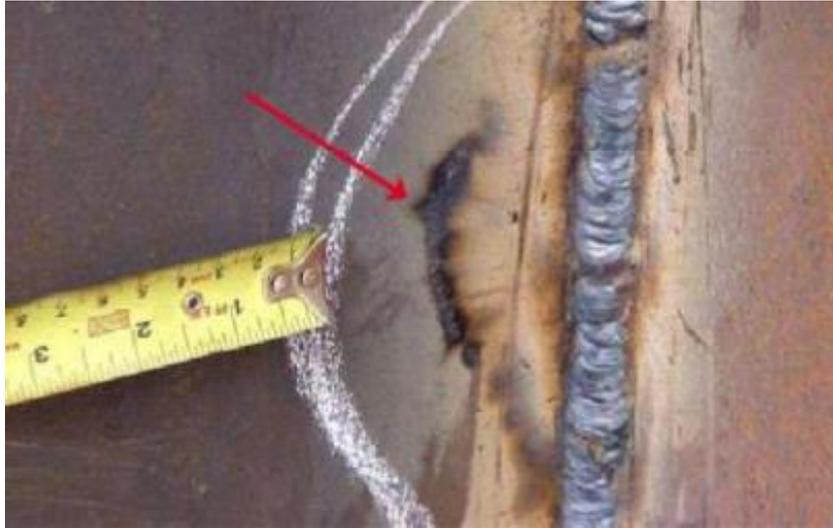


Figura 19. Golpe de arco.

2.2.5.12. Salpicadura.

La salpicadura consiste en partículas metálicas expulsadas durante la soldadura por fusión que no forman parte de la soldadura. Solo deben preocupar al inspector visual las salpicaduras que se adhieren al metal base. (American Welding Society, 2015)



Figura 20. Salpicadura.

2.2.6. Código, especificaciones y estándares.

Los códigos, normas y especificaciones son documentos que rigen y regulan actividades industriales; existe una variedad muy amplia de áreas, productos, servicios y sistemas objeto a las normas, y el alcance, campo de aplicación, extensión y estructura de estas también son muy variados. (Gutierrez Chuquispuma, 2017)

2.2.6.1. Código.

Es un conjunto de requisitos y condiciones generalmente aplicables a uno o más procesos, que regulan de manera integral el diseño, materiales, fabricación, construcción, montaje, instalación, inspección, pruebas, reparación, operación y mantenimiento de instalaciones, equipos, estructuras y componentes específicos. Es un cuerpo de leyes de una nación, estado o industria y constituyen un soporte legal, están organizados en forma sistemática para su fácil referencia en concordancia con los procesos, procedimientos, materiales y personal involucrado. Es el documento más importante, pues siempre se considerará obligatorio o mandatorio. (Gutierrez Chuquispuma, 2017)

Tabla 1
Ejemplo de códigos

ANSI / AWS D1.1	Código de soldadura estructural.
ANSI / API 1104	Soldadura de líneas de tubería e instalaciones relacionadas.
ANSI / ASME Sec. IX	Calificaciones de soldadura y brazing.

2.2.6.2. Especificaciones.

Es una forma que describe clara y concisamente los requisitos esenciales y técnicos para un material, producto, sistema o servicio. También indica los procedimientos, métodos, clasificaciones o equipos a emplear para determinar si los requisitos especificados por el producto han sido cumplidos o no. Consiste en el documento de soporte que contiene una detallada descripción de las partes de un conjunto, allí se ubican características específicas tales como: dimensiones, espesores, composición química, resultados de ensayos, etc. (Gutierrez Chuquispuma, 2017)

Tabla 2
Ejemplo de especificaciones

ANSI / AWS A5.1 a A5.30	Especificaciones para electrodos y materiales de aporte.
ANSI / AWS A2.4	Símbolos normalizados para soldadura y ensayos.
API 12B	Para tanques cilíndricos para fluidos.

2.2.6.3. Norma o Estándar.

Es un documento utilizado como bitácora, su aplicación adquiere carácter mandatorio cuando se referencia a un código específico, de igual forma se utiliza como norma o base de comparación en la ejecución de diferentes actividades. Aunque el estándar ha sido clasificado independiente con el término “norma”, tal y como es empleado por la AWS, ASTM, ASME y ANSI, es el nombre genérico que se asigna a diferentes documentos y se aplica de manera indistinta a los códigos,

especificaciones, métodos, prácticas recomendadas, definiciones de términos, clasificaciones y símbolos por un comité patrocinador (vigilante) de cierta sociedad técnica y adoptados por esta y la combinación de esta. (Gutierrez Chuquispuma, 2017)

Tabla 3
Ejemplo de estándares

ANSI / ASME	B31.3
ANSI / AWS	D1.1
ANSI / AWS	D1.3

2.2.7. Código AWS.

La American Welding Society - AWS ha desarrollado estándares, códigos, prácticas recomendadas y guías relacionadas con la construcción de elementos soldados, aportes para soldadura y procedimientos de soldadura. Para establecer la calidad de un producto, estos documentos son consultados. (Gutierrez Chuquispuma, 2017)

Todas las normas de la AWS son normas consensuadas voluntariamente que han sido desarrolladas de conformidad con las reglas de la American National Standards Institute - ANSI. En todos los casos, estas normas llevan la completa autoridad legal del contrato u otro documento que invoque la norma AWS. (Gutierrez Chuquispuma, 2017)

2.2.7.1. AWS D1.1/D1.1M:2015.

Este código contiene los requisitos para fabricar y montar estructuras de acero soldadas. Cuando este código se estipule en los documentos del contrato, se exigirá el cumplimiento de todas las disposiciones del código, excepto aquellas que el ingeniero o los documentos del contrato modifiquen o eximan específicamente. (American Welding Society, 2015)

El siguiente es un resumen de las secciones del código: (American Welding Society, 2015)

1. **Requisitos generales.** Esta sección contiene información básica sobre el alcance y las limitaciones del código, las definiciones clave y las principales responsabilidades de las partes involucradas en las construcciones de acero.
2. **Diseño de conexiones soldadas.** Esta sección contiene los requisitos para el diseño de conexiones soldadas compuestas de miembros tubulares o no tubulares.
3. **Precalificación de las WPS.** Esta sección contiene los requisitos para eximir una WPS (Especificación del procedimiento de soldadura) de los requisitos de calificación de la WPS de este código.
4. **Calificación.** Esta sección contiene los requisitos para la calificación de la WPS y las pruebas de calificación de rendimiento que debe aprobar todo el personal de soldadura (soldadores, operadores de soldadura y soldadores punteadores) para realizar soldaduras de conformidad con este código.

5. **Fabricación.** Esta sección contiene los requisitos generales de fabricación y montaje aplicables a estructuras de acero soldadas que se rigen por este código, incluidos los requisitos para metales base, consumibles de soldadura, técnicas de soldadura, detalles soldados, preparación de materiales y montaje, mano de obra, reparación de soldaduras y otros requisitos.
6. **Inspección.** Esta sección contiene los criterios para las calificaciones y responsabilidades de los inspectores, los criterios de aprobación para soldaduras de producción y los procedimientos estándar para realizar inspecciones visuales y ensayos no destructivos (NDT).
7. **Soldadura de pernos.** Esta sección contiene los requisitos para la soldadura de pernos a acero estructural.
8. **Refuerzo y reparación de estructuras existentes.** Esta sección contiene la información básica relacionada con la modificación o la reparación por soldadura de estructuras de acero existentes.
9. **Estructuras tubulares.** Esta sección contiene requisitos exclusivos para estructuras tubulares. Asimismo, los requisitos de las demás secciones se aplican a las estructuras tubulares, a menos que se especifique lo contrario.

2.2.7.2. Inspección requeridos por AWS D1.1/D1.1M:2015.

Los END son la aplicación práctica del conocimiento técnico-científico logrados en el campo de la física y de las demás ciencias naturales, para la detección y evaluación de discontinuidades y fallas de los materiales, pero también se puede llegar a estudiar la composición y las variaciones de la estructura de los materiales usados en ingeniería. (Gutierrez Chuquispuma, 2017)

El código AWS D1.1/D1.1M: 2015 provee en su sección 6 de inspección para el control de calidad de soldaduras de producción, cinco su documentación, criterios de aceptación y procedimientos de inspección. (Gutierrez Chuquispuma, 2017)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.

Las definiciones conceptuales se han tomado de la siguiente referencia bibliográfica American Welding Society (2010)

- **Ángulo de bisel.** El ángulo entre el bisel de un miembro de la junta y un plano perpendicular a la superficie del miembro.
- **Bisel.** Una forma de borde en ángulo.
- **Defecto.** Una discontinuidad o discontinuidades que por su naturaleza o por efecto acumulado convierte a una parte o producto en incapaz de cumplir los estándares mínimos de aceptación aplicables o especificaciones. El término designa rechazo.
- **Discontinuidad.** Una interrupción de la estructura típica de un material, como una falta de homogeneidad en sus características mecánicas, metalúrgicas o físicas. Una discontinuidad no es necesariamente un defecto.
- **Geometría de unión.** La forma, dimensiones y configuración de una unión antes de la soldadura.
- **Golpe de arco.** Una discontinuidad resultante de un arco, consistente en cualquier lugar de metal refundido, metal afectado térmicamente, o cambio en el perfil de la superficie de cualquier objeto metálico.

- **Imperfección.** Una discontinuidad no deseable.
- **Material base.** El material que es soldado por soldadura, soldadura fuerte, soldadura blanda o que es cortado.
- **Metal base.** El metal o aleación que es soldado por soldadura, soldadura fuerte, soldadura blanda o que es cortado.
- **Metal de aporte.** El metal o aleación que se agregará en la fabricación de la unión mediante soldadura fuerte, soldadura blanda o soldadura.
- **Preparación de borde.** La preparación de los bordes de los miembros de la unión, realizada por corte, limpiado, pintado u otro mecanismo.
- **Procedimiento de soldadura.** Los métodos y prácticas detalladas involucrados en la producción de una unión por soldadura.
- **Unión a tope.** Una unión entre dos miembros alineados aproximadamente en el mismo plano.
- **Zona afectada por el calor (ZAC).** La porción del metal base cuyas propiedades mecánicas o microestructura se han alterado por efecto del calor de la soldadura, soldadura fuerte, soldadura blanda ó del corte térmico.
- **Zona de fusión.** El área de metal base fundido, determinada sobre la sección transversal de una soldadura.
- **Zona de metal base.** La porción del metal base adyacente a la unión de soldadura, soldadura fuerte o soldadura blanda o corte térmico que no ha sido afectada por la soldadura, soldadura fuerte, soldadura blanda o corte térmico.

2.4. FORMULACION DE HIPOTESIS.

2.4.1. Hipótesis general.

La aplicación del Código AWS D1.1/D1.1M:2015 en la inspección de las juntas soldadas determinaran el buen control de calidad durante la fabricación de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay.

2.4.2. Hipótesis específicas.

- La aplicación del Código AWS D1.1/D1.1M:2015 permitirá determinar el método de Ensayo No Destructivo aplicable a la inspección de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay.
- La aplicación del Código AWS D1.1/D1.1M:2015 permitirá determinar la aplicación de procedimiento de Ensayo No Destructivos aplicable a las juntas soldadas de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. DISEÑO METODOLOGICO.

Teniendo como finalidad obtener resultados confiables durante la aplicación de inspección de las juntas soldadas de las estructuras soldadas, es prescindible seguir ciertos lineamientos estipulados en los códigos de construcción para poder determinar una metodología de trabajo adecuada.

Los requerimientos que son necesarios para la inspección de las juntas soldadas se establecen en el Código AWS D1.1/D1.1M:2015, donde en su sección 6 establece los procedimientos que se deben de seguir; la aplicación de este Código para la inspección de las estructuras se debe a su alcance con lo requerimientos de la obra.

La presente investigación se enfocó en el análisis Cuantitativa - Descriptiva, este método consiste en la evaluación de los resultados obtenidos de los Ensayos No Destructivos durante el proceso de inspección de las estructuras soldadas para determinar las condiciones de mejoramiento del proceso en base a la corrección y modificación de parámetros aplicados durante la construcción de las estructuras soldadas. Durante la evaluación, se debe considerar los procedimientos normalizados, procedimiento de toma de muestras, así como el análisis de datos y de resultados. Se debe tomar en cuenta que para cada tipo de mineral a procesar

arrojara datos distintos, dependiendo del flux y/o reactivos a aplicar durante la etapa de estudio.

3.1.1. Tipo de investigación.

En el presente trabajo de investigación se clasifica como una investigación Cuantitativa – Descriptiva, por ser un trabajo donde se busca determinar las condiciones de calidad de las estructuras metálicas, donde se deben describir los procesos, medir resultados mediante criterios de aceptación y rechazo para poder determinar el nivel de calidad de las estructuras.

3.1.2. Nivel de investigación.

Se realizará una investigación descriptiva, donde se busca realizar una relación casual de los elementos, caracteres o propiedades para la aplicación de la variable dependiente.

3.1.3. Diseño de investigación.

El diseño a aplicarse es de investigación no experimental; el propósito de este método es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. El Diseño transversales descriptivos que tiene como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables.

3.1.4. Enfoque de la investigación.

Se aplicará el Método correlacional, donde se basará en la observación, no obstante, se emplea una correlación de Pearson para el análisis de los datos.

3.2. POBLACION Y MUESTRA.

3.2.1. Población.

La población sobre la cual se basa la investigación está constituida por las estructuras Metálicas del Proyecto de la Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay, con el objeto de obtener certeros sobre su calidad.

3.2.2. Muestra.

La muestra de nuestra investigación son las juntas soldadas de las estructuras Metálicas del Proyecto de la Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay.

3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES.

Aplicación del Código AWS D1.1/D1.1m:2015 en la Inspección de Juntas Soldadas de las Estructuras Metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay - 2018

Tabla 4
Variables e Indicadores

Variable Independiente	Indicador
Juntas soldadas de las estructuras metálicas del Proyecto Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos de soldadura. - Tipo de junta. - Tipo de material base.
Variable Dependiente	Indicador
Aplicación del Código AWS D1.1/D1.1M:2015.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de Ensayos No Destructivos. - Método de ensayos. - Procedimientos de Ensayos No Destructivos - Criterios de aceptación.

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

Para la recolección de la información se realizará mediante la comunicación directa con los técnicos e ingenieros, para poder identificar los puntos donde se realizan las inspecciones de las estructuras, al mismo tiempo poder determinar las variables que se deben de tomar en cuenta durante el trabajo de campo a realizarse tanto en el proyecto como en los talleres de la empresa ejecutora.

3.4.1. Técnicas a emplear.

La técnica que se aplicará es una técnica descriptiva, debido a que la evaluación y recolección de datos se realiza a las juntas soldadas de la estructura metálica.

A la vez se usará la técnica documental, para la recopilación de datos e informaciones útiles para la investigación.

- Registros de inspecciones de los ensayos no destructivos para el análisis según los criterios de aceptación y rechazo del Código AWS D1.1/D1.1M:2015 de las discontinuidades detectadas en las juntas soldadas.

3.4.2. Descripción de los instrumentos.

- Consulta a expertos.
- Revisión de archivos y documentos.
- Revisión de literatura.
- Trabajo de campo.
- Internet.
- Captación de información directa de la fuente.
- Informes técnicos.
- Códigos, estándares, especificaciones.
- Filmadora.
- Cámara fotográfica y grabadora.

3.5. TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.

De acuerdo con los datos observados y de los resultados que se obtendrán en las pruebas y ensayos de laboratorio, su procesamiento se ejecutará:

- De acuerdo con la técnica de ensayo se verificará la validez del formato dispuesto de acuerdo con la norma correspondiente.
- De acuerdo con el propósito específico, estas serán recolectadas y analizadas según el requerimiento previsto.
- Se verificará la correcta disposición de los puntos de toma de muestra y los instrumentos y aparatos requeridos.
- Se llevará por escrito, un control de las observaciones, en el formato referido para prueba realizada, incluyendo fotografías si así se requiere y detalles específicos.
- De acuerdo a los informes, estos serán analizados e interpretados de acuerdo con los requerimientos bajo su respectiva normalización.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION DE LAS JUNTAS SOLDADAS

Las Estructuras Metálicas del Mercado Municipal del Distrito de Chancay cuenta con coberturas para la cubierta de los techos, estas constan de vigas, cerchas y correas que están unidas mediante procesos de soldadura, siendo los puntos críticos de las estructuras las juntas soldadas las cuales se deben de examinar para determinar su resistencia a las condiciones de trabajo a las cuales van a estar sometidas.

Para la inspección de las juntas soldadas se realizaron los métodos de inspección visual y líquidos penetrantes, de acuerdo a lo especificado dentro del Código AWS D1.1/D1.1M: 2015.

Para la aplicación de la inspección de los cordones de soldadura se realiza siguiendo un orden apropiado a fin de efectuarlo correctamente; el procedimiento se realizo de la manera siguiente:

- a) Inspección visual de las estructuras metálicas del proyecto de la ampliación de Mercado Municipal del Distrito de Chancay.
- b) Verificación de las especificaciones de las estructuras soldadas en los planos de construcción.

- c) Verificación dimensional de las estructuras metálicas.
- d) Evaluación del cumplimiento del Código AWS D1.1/D1.1M: 2015 de acuerdo a la inspección para la generación de reportes:
 - Reporte de fallas (NCR) y posible corrección de la falla.
 - Informe de aceptación.
- e) Aplicación de ensayo no destructivo a posibles fallas o fallas detectadas:
 - Inspección visual.
 - Líquidos penetrantes.

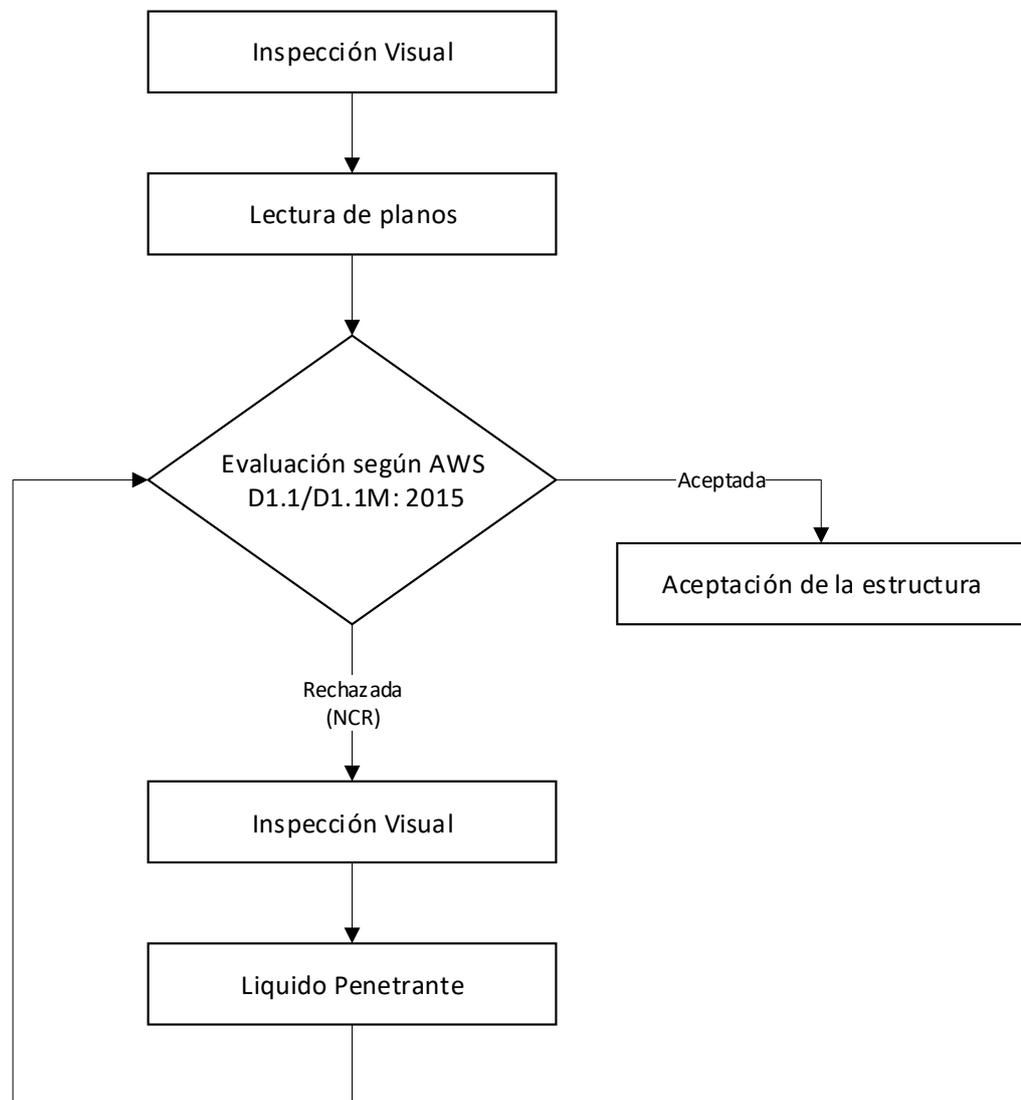


Figura 21. Flujograma del procedimiento de control de calidad.

4.1.1. Procedimiento de inspección visual.

4.1.1.1. Alcance.

Este procedimiento se aplica a la inspección visual de todas las juntas soldadas que se realizarán en las etapas de fabricación y montaje del proyecto de Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay, de acuerdo con los requerimientos del Código AWS D1.1/D1.1M: 2015.

4.1.1.2. Objetivo.

Determinar los lineamientos generales aplicables a la ejecución de la inspección visual de las estructuras metálicas para asegurar la calidad de las juntas soldadas.

4.1.1.3. Responsables.

- **Inspector de Control de Calidad.**

Responsable por el monitoreo permanente de la inspección, emisión del registro de la inspección y reportar el hallazgo de alguna discontinuidad para la toma de las acciones correctivas necesarias.

- **Supervisor de soldadura.**

Responsable del control de los parámetros de los procedimientos de soldadura. Establecer la coordinación con el inspector de calidad para la ejecución de la inspección de las juntas soldadas. Ejecutar las acciones correctivas necesarias que se determinen.

4.1.1.4. Documentos de referencias.

- Código AWS D1.1/D1.1M: 2015.
- Especificaciones técnicas aplicables.
- Registros de calibración de instrumentos.

4.1.1.5. Desarrollo del procedimiento de inspección visual.

4.1.1.5.1. Equipos a emplearse.

- Escobillas de acero.
- Solvente limpiador.
- Bridge Cam.
- Reglas metálicas, winchas.
- Linterna.
- Lupa.
- Calibrador.

4.1.1.5.2. Procedimiento.

El procedimiento se divide en 3 partes:

a) Inspección antes del proceso de soldadura.

Verificar los siguientes puntos antes de realizar el proceso de soldadura en los puntos siguientes:

- Revisión de planos y especificaciones.
- Revisión de los procedimientos y del personal involucrado.
- Establecimiento de los puntos de inspección.
- Verificación de discontinuidades en el material base.
- Verificar las tolerancias dimensionales según planos.
- Verificar la preparación de biseles y alineamientos de las juntas soldadas.
- Verificación de los instrumentos de medición.
- Revisión de los WPS.
- Aseguramiento de la secuencia de soldeo.
- Verificación de los equipos de soldadura.
- Verificación de los suministros y materiales de aportes.

b) Inspección durante el proceso de soldadura.

Comprobar la conformidad de las especificaciones del proceso de soldadura.

Verificar que el proceso de soldadura cumpla con los WPS aplicado para cada trabajo. Entre las variables que se deben de considerar están:

- Velocidad del alambre.
- Posición del soldador.
- Amperaje / Voltaje.
- Características eléctricas.
- Flujo de gas.
- Velocidad de deposición de los electrodos.
- Tipo de corriente y polaridad.
- Tipo de flujo de gas protector.

- Calidad de pase.
- Secuencia de soldadura.
- Temperatura de precalentamiento.
- Temperatura entre pases.
- Regulación de parámetros de soldadura.
- Selección de material de aporte.

c) Inspección después del proceso de soldadura.

Verificar los siguientes ítems:

- Calidad superficial de la soldadura.
- Posibles discontinuidades.
- Tolerancias dimensionales.
- Longitud de los depósitos de soldadura.
- Dimensiones y montaje final.
- Aplicación de los Ensayos No Destructivos según las especificaciones del Código usado.
- Generación de documentos de inspección.

4.1.1.6. Condiciones de la superficie de soldadura.

No todas las discontinuidades pueden ser calificadas como defectos, las discontinuidades pueden ocurrir en cualquier parte de la soldadura, la inspección visual es un ensayo limitado y generalmente se completa con otro tipo de ensayos no destructivos.

4.1.1.7. Criterios de aceptación.

Todas las juntas soldadas deben ser inspeccionadas visualmente y serán aceptables si cumplen con los criterios de la Tabla 6.1 (anexo 3) del Código AWS D1.1/D1.1M:2015 o la Tabla 9.16 si son tubulares (anexo 4).

4.1.1.8. Reporte de inspección.

Luego de realizar la inspección de las estructuras soldadas se realiza el registro de lo evaluado en el formato de inspección, si se encontrara una no conformidad en el transcurso de la evaluación del proceso se Informa al Supervisor de Producción el cual deberá tomar las Acciones Correctivas inmediatas, además se debe emitir el reporte de incidencia respectiva.

4.1.2. Procedimiento de inspección por líquidos penetrantes.

4.1.2.1. Alcance.

Este procedimiento se aplica durante la inspección de juntas soldadas nuevas o de servicio de las estructuras de acero al carbono y aceros de baja aleación.

Este procedimiento proporciona y define los niveles de calidad y criterios de aceptación y rechazo para las indicaciones obtenidas durante el examen por líquidos penetrantes.

4.1.2.2. Objetivo.

El presente procedimiento tiene por objeto establecer la metodología a seguir en la aplicación de líquidos penetrantes para la detección de discontinuidades superficiales como porosidades, fisuras y laminaciones; durante y en la etapa final del proceso de soldadura evaluando las juntas de uniones soldadas a tope y/o a filete para las diferentes etapas de construcción de la estructura soldada del proyecto Ampliación del Mercado Municipal de Chancay.

4.1.2.3. Responsables.

- **Inspector de Control de Calidad.**

Responsable por el monitoreo permanente de la inspección, emisión del registro de la inspección y reportar el hallazgo de alguna discontinuidad para la toma de las acciones correctivas necesarias.

- **Supervisor de soldadura.**

Responsable del control de los parámetros de los procedimientos de soldadura. Establecer la coordinación con el inspector de calidad para la ejecución de la inspección de las juntas soldadas. Ejecutar las acciones correctivas necesarias que se determinen.

4.1.2.4. Documentos de referencias.

- Código AWS D1.1/D1.1M: 2015.
- Especificaciones técnicas aplicables.

- Registros de calibración de instrumentos.
- ASTM E165.
- ASTM E1220.

4.1.2.5. Desarrollo del procedimiento de inspección visual.

4.1.2.5.1. Equipos a emplearse.

- Escobillas de acero.
- Removedor o solvente en spray.
- Líquido penetrante.
- Revelador no acuoso.

4.1.2.5.2. Técnica aplicada.

a) Temperatura de aplicación.

La temperatura de la zona a inspeccionar debería estar comprendida entre 10 °C y 52 °C para trabajos con penetrantes visibles. Fuera de este rango de temperaturas se requerirá la homologación del sistema, definiendo los tiempos de penetración aplicables, según ASTM E 165. Complementariamente se tomará en cuenta las temperaturas recomendadas por el fabricante de cada producto (Líquidos penetrantes).

b) Limpieza previa.

El Inspector observara la soldadura que va a examinar, así como también a 25 mm de ancho a cada lado de la misma, la cual deberá encontrarse limpia: libre de oxido, partículas metálicas, grasa, aceite, pintura, etc. En caso de ser necesario se empleará métodos mecánicos, eléctricos o neumáticos como escobillas circulares, escobillas manuales, espátulas o cinceles según convenga.

c) Secado.

Antes de la aplicación del penetrante, la superficie a examinar estará totalmente seca.

d) Aplicación del penetrante.

Mediante brocha o pulverización se aplicará el penetrante, asegurándose de cubrir toda la zona a examinar, teniendo en cuenta cubrir la soldadura y una franja de 25 mm a cada lado de esta. El tiempo de penetración será de 5 minutos cuando se trabaja con penetrantes visible a una temperatura entre 10° a 52°C, o lo recomendado por el fabricante del producto empleado

e) Eliminación del penetrante sobrante.

Se realizará con trapos limpios secos como primera pasada hasta retirar el máximo de penetrante, luego con trapo limpio sin hilachas impregnadas. Se dejará un tiempo mínimo de 2 minutos y un máximo de 3 minutos antes de aplicar el revelador. En ningún caso se removerá el penetrante sobrante mediante aplicación directa del removedor en spray sobre la zona de interés previo al revelado.

f) Aplicación del revelador.

Se aplicará el revelador mediante pulverización, agitándolo previamente y colocando el spray a una distancia de 15 a 30 cm. de la superficie a inspeccionar, asegurándonos de conseguir una capa fina y homogénea. El tiempo de ejecución no deberá ser menor a diez (10) minutos y el máximo tiempo permitido será de treinta (30) minutos.

g) Inspección.

Pasado el tiempo de revelado se procederá a la inspección, debiendo realizarse antes de 30 minutos desde la aplicación del revelador.

h) Limpieza final.

Una vez terminado el examen, se limpiarán las partes examinadas con trapos limpios, secos o humedecidos con el solvente antes usado eliminando el revelador y penetrante de las zonas inspeccionadas.

4.1.2.6. Criterios de aceptación.

Todas las juntas soldadas sometidas a inspección por líquidos penetrantes luego de la inspección visual deben ser evaluadas sobre la base de los criterios de aceptación para inspección visual especificado en las Tabla 6.1 (anexo 3) del Código AWS D1.1/D1.1M:2015 o la Tabla 9.16 si son tubulares (anexo 4).

4.1.2.7. Reparaciones.

Los defectos detectados por líquidos penetrantes visibles, deberán ser eliminados mediante desbaste mecánico, dependiendo de la extensión de la zona

afectada, luego de una primera remoción del defecto se deberá aplicar nuevamente el líquido penetrante (verificando que la temperatura de aplicación del método se encuentre dentro de los rangos indicados en el ítem 6.1) para establecer si este ha sido eliminado totalmente. Si el defecto aún persiste se deberá continuar con el desbaste hasta establecer mediante la prueba de líquidos penetrantes su eliminación total procediéndose a la reparación de la zona afectada mediante el proceso de soldadura calificado para este fin.

4.1.2.8. Reporte de inspección.

Luego de realizar la inspección de las estructuras soldadas se realiza el registro de lo evaluado en el formato de inspección, si se encontrara una no conformidad en el transcurso de la evaluación del proceso se Informa al Supervisor de Producción el cual deberá tomar las Acciones Correctivas inmediatas, además se debe emitir el reporte de incidencia respectiva.

4.2. APLICACIÓN DEL CODIGO EN LA INSPECCION DE JUNTAS SOLDADAS

Durante el proyecto de la ampliación del mercado Municipal de Chancay se utilizaron estructuras soldadas como vigas, columnas, planchas, cerchas, etc. las cuales han sido inspeccionada de acuerdo a lo especificado en los procedimientos descritos en el punto 4.1, y bajo los criterios de aceptación del código AWS D1.1/D1.1M: 2015.

4.2.1. Resultado de la inspección visual.

Tabla 5
Resultados inspección visual de las vigas ejes 16-17

Identificación de junta	Junta	Soldador	Área examinada (mm)	Discontinuidad		Interpretación		observaciones
				Tipo	Ubicación	Aceptado	Rechazado	
MM-C100_1	J1	S_20	200	---	---	X	---	---
MM-C100_1	J2	S_20	200	P	20.9	--	X	Reparación
MM-C100_1	J3	S_20	200	---	---	X	---	---
MM-C100_1	J4	S_20	200	---	---	X	---	---
MM-C100_1	J5	S_20	200	---	---	X	---	---
IF: fusión incompleta ESI: inclusión escoria CP: porosidad agrupada EU: socavado externo EC: concavidad externa P: porosidad C: Fisuras AI: acumulación de imperfección								
								
Presencia de porosidad en la junta J2, es rechazada por exceder los 10mm, de acuerdo a los criterios de aceptación de inspección visual – Tabla 6.1 AWS D1.1/D1.1M: 2015. Las juntas restantes no tienen presencia de discontinuidades por lo tanto son aceptadas.								

Tabla 6
Resultados inspección visual de las vigas ejes 16-18

Identificación de junta	Junta	Soldador	Área examinada (mm)	Discontinuidad		Interpretación		observaciones
				Tipo	Ubicación	Aceptado	Rechazado	
MM-C105_4	J11	S_05	180	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J12	S_05	180	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J13	S_05	180	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J14	S_05	200	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J15	S_05	200	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J16	S_05	200	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J17	S_05	200	C	32.6	---	X	Reparación

IF: fusión incompleta

ESI: inclusión escoria

CP: porosidad agrupada

EU: socavado externo

EC: concavidad externa

P: porosidad

C: Fisuras

AI: acumulación de imperfección



Presencia de fisura en la junta J17, es rechazada de acuerdo a los criterios de aceptación de inspección visual – Tabla 6.1 AWS D1.1/D1.1M: 2015.

Las juntas restantes no tienen presencia de discontinuidades por lo tanto son aceptadas.

Tabla 7
Resultados inspección visual de las vigas de la nave central 14-10

Identificación de junta	Junta	Soldador	Área examinada (mm)	Discontinuidad		Interpretación		observaciones
				Tipo	Ubicación	Aceptado	Rechazado	
MM-C105_4	J28	S_01	240	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J29	S_01	240	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J30	S_01	240	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J31	S_01	240	CP	24.1	---	X	Reparación
MM-C105_4	J32	S_01	240	---	---	X	---	---
MM-C105_4	J33	S_01	240	---	---	X	---	---

IF: fusión incompleta

ESI: inclusión escoria

CP: porosidad agrupada

EU: socavado externo

EC: concavidad externa

P: porosidad

C: Fisuras

AI: acumulación de imperfección



Presencia de porosidad agrupada en la junta J31, es rechazada de acuerdo a los criterios de aceptación de inspección visual – Tabla 6.1 AWS D1.1/D1.1M: 2015.
Las juntas restantes no tienen presencia de discontinuidades por lo tanto son aceptadas.

Tabla 8
Resultados inspección visual de las vigas de la nave central 15-11

Identificación de junta	Junta	Soldador	Área examinada (mm)	Discontinuidad		Interpretación		observaciones
				Tipo	Ubicación	Aceptado	Rechazado	
MM-C109_8	J5	S_14	220	---	---	X	---	---
MM-C109_8	J6	S_14	220	C	12.3	---	X	Reparación
MM-C109_8	J7	S_14	200	AI	78.0	---	X	Reparación
MM-C109_8	J8	S_14	200	---	---	X	---	---
MM-C109_8	J9	S_14	180	---	---	X	---	---
MM-C109_8	J11	S_14	180	---	---	X	---	---
MM-C109_8	J12	S_14	180	---	---	X	---	---
MM-C109_8	J13	S_14	180	---	---	X	---	---

IF: fusión incompleta	ESI: inclusión escoria	CP: porosidad agrupada	EU: socavado externo
EC: concavidad externa	P: porosidad	C: Fisuras	AI: acumulación de imperfección




Presencia de fisura en la junta J6, presencia de acumulación de discontinuidades en la junta J7, ambas son rechazada de acuerdo a los criterios de aceptación de inspección visual – Tabla 6.1 AWS D1.1/D1.1M: 2015.
Las juntas restante no tienen presencia de discontinuidades por lo tanto son aceptadas.

4.2.2. Resultado de la inspección por líquidos penetrantes.

Tabla 9

Resultados inspección por líquidos penetrantes de las vigas de la nave lateral sur

Identificación de junta	Junta	Soldador	Discontinuidad	Tipo de soldadura		Interpretación		observaciones
				A Tope	Filete	Aceptado	Rechazado	
MM-C205_0	J11	S_02	---	---	X	---	---	---
MM-C205_0	J12	S_02	---	---	X	---	---	---
MM-C205_0	J13	S_02	---	----	X	---	---	---
MM-C205_0	J14	S_02	---	---	X	---	---	---
MM-C205_0	J15	S_02	C	---	X	---	X	Reparación
MM-C205_0	J16	S_02	C	---	X	---	X	Reparación
MM-C205_0	J17	S_02	C	---	X	---	X	Reparación

IF: fusión incompleta

ESI: inclusión escoria

CP: porosidad agrupada

EU: socavado externo

EC: concavidad externa

P: porosidad

C: Fisuras

AI: acumulación de imperfección



Presencia de fisura en la junta J15, J16 y J17, son rechazada de acuerdo a los criterios de aceptación de inspección visual – Tabla 6.1 AWS D1.1/D1.1M: 2015.

Las juntas restante no tienen presencia de discontinuidades por lo tanto son aceptadas.

Tabla 10

Resultados inspección por líquidos penetrantes de las vigas de la nave lateral norte

Identificación de junta	Junta	Soldador	Discontinuidad	Tipo de soldadura		Interpretación		observaciones
				A Tope	Filete	Aceptado	Rechazado	
MM-C197_3	J1	S_10	CP	---	X	---	X	Reparación
MM-C197_3	J2	S_10	---	---	X	X	---	----
MM-C197_3	J3	S_10	---	---	X	X	---	----
MM-C197_3	J4	S_10	---	---	X	X	---	----
MM-C197_3	J5	S_10	---	---	X	X	---	----
MM-C197_3	J6	S_10	IF	---	X	---	X	Reparación
MM-C197_3	J7	S_10	---	---	X	X	---	----
MM-C197_3	J8	S_10	---	---	X	X	---	----

IF: fusión incompleta

ESI: inclusión escoria

CP: porosidad agrupada

EU: socavado externo

EC: concavidad externa

P: porosidad

C: Fisuras

AI: acumulación de imperfección



Presencia de porosidad agrupada en la junta J1, presencia de fusión incompleta en la junta J6, ambas son rechazada de acuerdo a los criterios de aceptación de inspección visual – Tabla 6.1 AWS D1.1/D1.1M: 2015.

Las juntas restante no tienen presencia de discontinuidades por lo tanto son aceptadas.

Tabla 11

Resultados inspección por líquidos penetrantes de las vigas de la nave central

Identificación de junta	Junta	Soldador	Discontinuidad	Tipo de soldadura		Interpretación		observaciones
				A Tope	Filete	Aceptado	Rechazado	
MM-C197_5	J21	S_07	---	---	X	X	---	---
MM-C197_5	J22	S_07	---	---	X	X	---	---
MM-C197_5	J23	S_07	---	---	X	X	---	---
MM-C197_5	J24	S_07	CP	---	X	---	X	Reparación
MM-C197_5	J25	S_07	---	---	X	X	---	---
MM-C197_5	J26	S_07	---	---	X	X	---	---
MM-C197_5	J27	S_07	---	---	X	X	---	---
MM-C197_5	J28	S_07	---	---	X	X	---	---
<p>IF: fusión incompleta ESI: inclusión escoria CP: porosidad agrupada EU: socavado externo EC: concavidad externa P: porosidad C: Fisuras AI: acumulación de imperfección</p>								
								
<p>Presencia de porosidad agrupada en la junta J24, son rechazada de acuerdo a los criterios de aceptación de inspección visual – Tabla 6.1 AWS D1.1/D1.1M: 2015. Las juntas restante no tienen presencia de discontinuidades por lo tanto son aceptadas.</p>								

CAPÍTULO V

DISCUSION, CONCLUSIONES Y RESULTADOS

5.1. DISCUSION

- El método aplicado para realizar el tipo de Ensayo No Destructivo va a depender de los elementos que se va a inspeccionar, considerando su función y aplicación de los mismos. En el presente trabajo de investigación se desarrolla la inspección de estructuras soldadas; estas están formadas por vigas, cerchas, viguetas, etc., los cuales soportan cargas estáticas durante su trabajo, por tal motivo uno de los factores importante dentro del sistema es las propiedades que presentan las uniones soldadas de los elementos. La presencia de discontinuidades dentro de las juntas soldadas puede propiciar las fracturas de las mismas y el colapso de las estructuras.

- Al tener las estructuras uniones soldadas de longitudes menores se busca detectar discontinuidades del tipo superficial, por tal motivo los Ensayos No Destructivos aplicados son la Inspección Visual e Inspección por Líquidos Penetrantes todos aplicados bajo la metodología exigida por el Código AWS D1.1/D1.1M: 2015 en su ítem 6.14 correspondiente a los Procedimientos de END.

- Para ambos métodos de inspección se aplicaron los criterios de aceptación descritos en la parte C, ítem 6.9 y 6.10 respectivamente del mismo Código,

donde se evalúa las discontinuidades detectadas y se determina las acciones correspondiente, para su aceptación y/o rechazo, en el caso que la junta soldada fuera rechazada, se debe determinar si es conveniente su reparación o caso contrario su reemplazo; el ítem 8 del Código da parámetros para las reparaciones convenientes que se puede realizar y su posterior reinspección.

- En el caso de las discontinuidades encontradas y evaluadas en la estructura, de determinaron que estas fueran reparadas y luego reinspeccionada. No fue necesario la aplicación de END volumétrico debido que los cordones de soldaduras no tienen una profundidad asentada y las longitudes de las mismas son cortas, pudiéndose detectarlas mediante END superficiales.
- No se aplicaron otro tipo de Código o Normativa existentes para la inspección de estructuras soldadas debido al tipo de trabajo que va a realizar los elementos inspeccionados, como por ejemplo el Código ASME aplicado exclusivamente para elementos tubulares o recipientes que trabajen a presiones mayores que la atmosféricas, en el caso de las estructuras su trabajo reside en soportar la cobertura metálica y las cargas que se presentan en la naturaleza (viento, lluvia, etc.)

5.2. CONCLUSIONES

- El control durante los procesos de fabricación de distintas estructuras soldadas es esencial para la prevención de la calidad y seguridad. Cuando

cualquier etapa de fabricación queda fuera de control, fatalmente la calidad será afectada por la introducción de los defectos.

- Los END contribuyen mucho a mantener un proceso bajo control pues este podrá ser aplicado a varias etapas del mismo, permitiendo que este permanezca bajo control a través de las correcciones oportunas.
- Durante las distintas etapas del proceso de fabricación de los distintos elementos que componen las estructuras soldadas, se realizaron inspección mediante método visual y líquidos penetrantes con la finalidad de determinar la presencia de discontinuidades en los cordones de soldadura.
- De los reportes realizados durante la inspección y donde las estructuras soldadas presentan algún tipo de discontinuidad, se tomaron acciones para su reparación y posterior reinspección de la junta observada, con la finalidad que estas logren aprobar los criterios de aprobación del Código.
- Las pocas discontinuidades encontradas y reportadas, indican que el procedimiento de soldadura aplicada durante la fabricación de las estructuras, cumple con la elección de las variables de soldadura correcta.

5.3. RECOMENDACIONES

- Los procedimientos de inspección deben de ser elaborados en base a los códigos vigentes, de acuerdo al tipo de estructura que se va a evaluar.

- De deben de determinar el uso del código, norma y/o estándar correcto dependiendo del trabajo o aplicación que se le va a dar a la estructura.
- Se deben de cumplir estrictamente los procedimientos y criterios de aceptación que especifican las normas y/o código adoptado.
- La capacitación continua del personal encargado en la inspección de las juntas soldadas debe ser prioridad para la empresa.
- Se deben elaborar procedimiento de inspección para distintos tipos aplicación que la empresa requiera.
- Se deben aplicar Ensayos No Destructivos volumétricos a juntas soldadas a las estructuras que soporten trabajos de cargas cíclicas o sean pilares de la estructura principal.

CAPÍTULO VI

FUENTES DE INFORMACION

6.1. FUENTES BIBLIOGRAFICAS.

Abanto Rios, C., & Horna Rivera, P. (2017). *Calidad Superficial de Uniones Soldadas Evaluadas mediante Inspección Visual de acuerdo al Código AWS D1.1*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, Trujillo, Perú. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://dspace.unitru.edu.pe>

American Welding Society. (2010). *AWS A3.0/A3.0M:2010 Standar Welding Terms and Definitions*. Miami, Florida, USA. Recuperado el Octubre de 2018, de <https://pubs.aws.org>

American Welding Society. (2015). *AWS B1.11M/B1.11:2015 - Guide for the Visual Examination of Welds* (3rd ed.). Miami, Florida, USA: American Welding Society. Recuperado el Noviembre de 2018, de <https://pubs.aws.org>

American Welding Society. (2015). *AWS D1.1/D1.1M:2015 - Structural Welding Code - Steel* (23 ed.). Miami, Florida, USA. Recuperado el Agosto de 2018, de www.aws.org

Caisaguano Vega, D. (2013). *Desarrollo de Procedimientos de Soldadura, Calificación de Soldadores y Control de Calidad de Estructuras Soldadas de*

acuerdo con AWS D1.1. Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Riobamba, Ecuador. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec>

Cedeño Moreira, C., Solorzano Loo, J., & Vergara Ruiz, E. (2015). *Análisis de los Cordones de Soldadura de la Estructura Metálica del Centro de Investigaciones de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí*. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Manabí, Ecuador. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://repositorio.utm.edu.ec>

Cely, M., Sotomayor, V., Monar, W., & Castro, P. (Mayo de 2018). Identificación de Defectos en Soldadura de Acero Estructural ASTM A36 mediante Ensayos No Destructivos según el Código AWS D1.1. *Revista PUCE*(106), 81-109. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://www.revistapuce.edu.ec>

Gutierrez Chuquispuma, R. (2017). *Aplicación de la Norma AWS D1.1 en la Inspección de Soldaduras en las Uniones de las Estructuras, del Proyecto de Ampliación de la Refinería de Talara*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Ambiental, Lima, Perú. Recuperado el Noviembre de 2018, de <http://repositorio.untels.edu.pe>

Ly Medina, D. (2015). *Inspección de las Uniones Soldadas de Juntas a Tope de Penetración Completa con Diseño de Junta en Simple "V" para un Rango de Espesores de 8 a 25 mm mediante el Método de Ensayo de Ultrasonido y la*

Técnica de Arreglo de Fases (Phased Array). Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://tesis.pucp.edu.pe>

Meza Betteta, E. (2014). *Gestión de Calidad en la Fabricación y Montaje de una Nave Industrial y Puente Grua para Talleres de Equipos Mineros en Arequipa*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica, Lima, Perú. Recuperado el Setiembre de 2018, de <http://cybertesis.uni.edu.pe>

Ospina, R., Trujillo, C., & Parra, H. (2011). Aplicación y Selección de Ensayos No Destructivos para la Evaluación de Uniones Soldadas. (U. T. Pereira, Ed.) *Scientia et Technica*, XVII(48), 196-201. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://revistas.utp.edu.co>

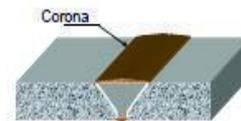
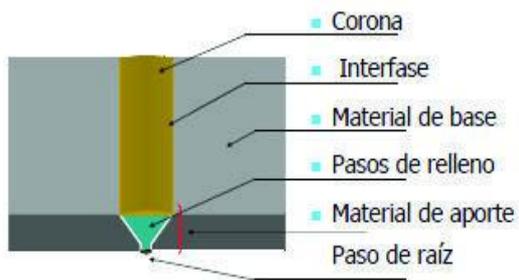
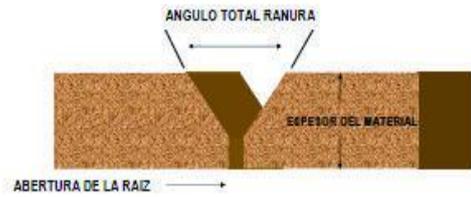
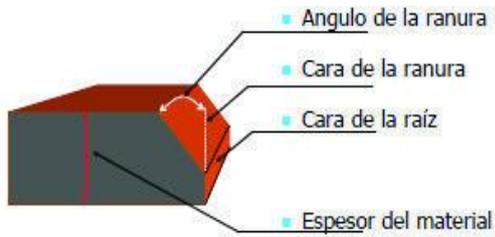
Zambrano Crespín, V., & Zavaleta Cordova, B. (2018). *Defectología de Uniones Soldadas Evaluadas mediante Inspección Visual de acuerdo al Código AWS D1.1*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, Trujillo, Perú. Recuperado el Agosto de 2018, de <http://dspace.unitru.edu.pe>

Zambrano Flores, J. (2015). *Elaboración de una Guía de Inspección de Soldadura y Calificación de Soldadores Aplicados a las Normas ASME BPVC y API 1104*. Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito, Ecuador. Recuperado el Octubre de 2018, de <http://www.bibdigital.epn.edu.ec>

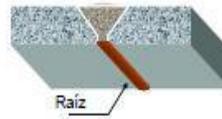
ANEXOS

Anexo 01

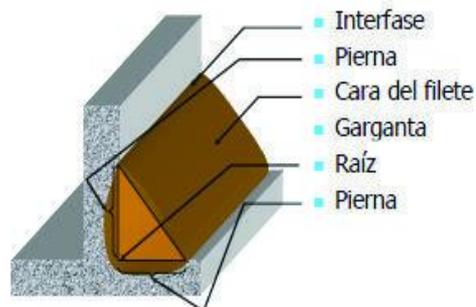
Nomenclaturas empleadas en uniones soldadas



- Corona o refuerzo
 - Sirve para asegurar que la ranura esta totalmente llena.



- Raíz o penetración



Anexo 02

Extracto Código AWS B1.11M/1.11:2015 – Tipos comunes de discontinuidades

AWS B1.11M/B1.11:2015

Table 1
Common Types of Discontinuities

Type of Discontinuity	Subclause	Location	Remarks
(1) Porosity	5.2	WMZ	Porosity could also be found in the BM and HAZ if the base metal is a casting.
(a) Scattered	5.2.1		
(b) Cluster	5.2.2		
(c) Piping	5.2.3		
(d) Aligned	5.2.4		
(e) Elongated	5.2.5		
(2) Inclusion	5.11	WMZ, WI	
(a) Slag			
(b) Tungsten			
(3) Incomplete fusion	5.3	WMZ/WI	Fusion face or between adjoining weld beads.
(4) Incomplete joint penetration	5.4	BMZ	Weld root in a groove weld.
(5) Undercut	5.5	WI/HAZ	Adjacent to weld toe or weld root in base metal.
(6) Underfill	5.6	WMZ	Weld face or root surface of a groove weld.
(7) Overlap	5.7	WMZ	Weld toe or root surface.
(8) Lamination	5.8	BMZ	Base metal, generally located near midthickness of hot rolled members.
(9) Delamination	5.8	BMZ	Base metal, generally located near midthickness of hot rolled members.
(10) Seam and lap	5.9	BMZ	Base metal, surface generally aligned with rolling direction.
(11) Lamellar tear	N/A	BMZ	Base metal.
(12) Crack (includes hot cracks and cold cracks described in text)	5.10		
(a) Longitudinal	5.10.1	WMZ, HAZ, BMZ	Weld metal or base metal adjacent to WI. Weld metal (may propagate into HAZ and base metal).
(b) Transverse	5.10.1	WMZ, HAZ, BMZ	
(c) Throat	5.10.2.1	WMZ	Parallel to weld axis. Through the throat of a fillet weld.
(d) Face & Root	5.10.2.2	WMZ, WI	Face or root surfaces.
(e) Crater	5.10.2.3	WMZ	Weld metal at point where arc is terminated.
(f) Toe	5.10.2.4	WI, HAZ	Parallel to weld axis.
(g) Underbead and HAZ	5.10.2.5	HAZ	HAZ (may propagate into base metal).
(13) Concavity	5.13	WMZ	Weld face of a fillet weld.
(14) Convexity	5.13	WMZ	Weld face of a fillet weld.
(15) Weld reinforcement	5.12	WMZ	Weld face or root surface of a groove weld.

Legend:
WMZ—weld metal zone
BMZ—base metal zone
HAZ—heat-affected zone
WI—weld interface

Anexo 03

Extracto Código AWS D1.1/D1.1M: 2015 – Tabla 6.1

CLAUSE 6. INSPECTION

AWS D1.1/D1.1M:2015

Table 6.1
Visual Inspection Acceptance Criteria (see 6.9)

Discontinuity Category and Inspection Criteria	Statically Loaded Nontubular Connections	Cyclically Loaded Nontubular Connections										
(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X	X										
(2) Weld/Base Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X	X										
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.	X	X										
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with 5.23.	X	X										
(5) Time of Inspection Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W [HPS 690W] steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.	X	X										
(6) Undersized Welds The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U): <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">L,</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">U,</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">specified nominal weld size, in [mm]</td> <td style="text-align: center;">allowable decrease from L, in [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\leq 3/16$ [5]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/16$ [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$1/4$ [6]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 3/32$ [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\geq 5/16$ [8]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/8$ [3]</td> </tr> </table> In all cases, the undersize portion of the weld shall not exceed 10% of the weld length. On web-to-flange welds on girders, underrun shall be prohibited at the ends for a length equal to twice the width of the flange.	L,	U,	specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]	$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]	$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]	$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]	X	X
L,	U,											
specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]											
$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]											
$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]											
$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]											
(7) Undercut (A) For material less than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/32 in [1 mm], with the following exception: undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm]. For material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any length of weld. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.	X											
(8) Porosity (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm].	X											
		X										
		X										

Note: An "X" indicates applicability for the connection type; a shaded area indicates non-applicability.

Anexo 04

Extracto Código AWS D1.1/D1.1M: 2015 – Tabla 9.16

9. TUBULAR STRUCTURES

AWS D1.1/D1.1M:2015

Table 9.16
Visual Inspection Acceptance Criteria (see 9.25)

Discontinuity Category and Inspection Criteria	Tubular Connections (All Loads)										
<p>(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.</p>	X										
<p>(2) Weld/Base Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.</p>	X										
<p>(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.</p>	X										
<p>(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with 5.23.</p>	X										
<p>(5) Time of Inspection Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W [HPS 690W] steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.</p>	X										
<p>(6) Undersized Welds The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U):</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">$L,$</td> <td style="text-align: center; padding: 0 10px;">$U,$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">specified nominal weld size, in [mm]</td> <td style="text-align: center;">allowable decrease from L, in [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\leq 3/16$ [5]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/16$ [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$1/4$ [6]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 3/32$ [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\geq 5/16$ [8]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/8$ [3]</td> </tr> </table> <p>In all cases, the undersize portion of the weld shall not exceed 10% of the weld length. On web-to-flange welds on girders, underrun shall be prohibited at the ends for a length equal to twice the width of the flange.</p>	$L,$	$U,$	specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]	$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]	$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]	$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]	X
$L,$	$U,$										
specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]										
$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]										
$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]										
$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]										
<p>(7) Undercut (A) For material less than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/32 in [1 mm], with the following exception: undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm]. For material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any length of weld.</p>											
<p>(B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.</p>	X										
<p>(8) Porosity (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld.</p>											
<p>(B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld.</p>	X										
<p>(C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm].</p>	X										

Note: An "X" indicates applicability for the connection type; a shaded area indicates non-applicability.

TESIS

APLICACIÓN DEL CODIGO AWS D1.1/D1.1M:2015 EN LA INSPECCION DE
JUNTAS SOLDADAS DE LAS ESTRUCTURAS METALICAS DEL PROYECTO
AMPLIACION DEL MERCADO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CHANCAY -
2018

JURADO DE TESIS

Dr. RUIZ SANCHEZ, Berardo Beder
CIP. 26627
PRESIDENTE

Mg. IPANAQUEROÑA, Juan Manuel
CIP. 66303
SECRETARIO

Mg. ABARCA RODRIGUEZ, Joaquín José
CIP. 108833
VOCAL

Mg. SALCEDO MEZA, Máximo Tomás.
CIP. 15140
ASESOR