



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**Control de Calidad de uniones soldadas en tanques de almacenamiento con
inspección visual, líquidos penetrantes. Partículas magnéticas y emisiones acústicas
en la empresa Marine Consultants S.A.C. – Callao 2021**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autor

Jack Danny Chauca Arámbulo

Asesor

Ing. José Alonso Toledo Sosa

Huacho - Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

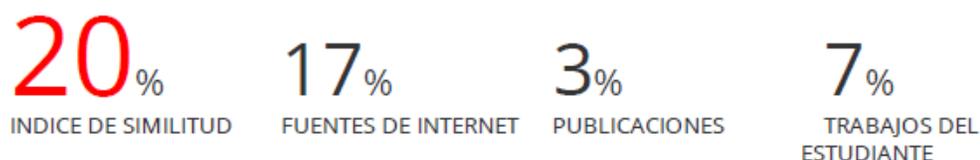
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Chauca Arámbulo Jack Danny	71719015	05 de abril del 2022
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Toledo Sosa, José Alonso	80302533	0000-0002-8278-1538
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Legua Cárdenas José Antonio	08832152	0000-0002-4978-4980
Gálvez Torres, Edwin Guillermo	15592688	0000-0002-7421-4453
Ramos Pacheco Ronald Luis	15615274	0000-0003-2036-1068

CONTROL DE CALIDAD DE UNIONES SOLDADAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON INSPECCIÓN VISUAL, LIQUIDOS PENETRANTES. PARTÍCULAS MAGNÉTICAS Y EMISIONES ACUSTICAS EN LA EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C. – C

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	myslide.es Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	2%
3	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	1%
4	updocs.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
6	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%

**Control de calidad de uniones soldadas en tanques de almacenamiento con
inspección visual, líquidos penetrantes. Partículas magnéticas y emisiones acústicas
en la empresa Marine Consultants S.A.C. – Callao 2021”**



**Dr. José Antonio LEGUA CARDENAS
PRESIDENTE**



**Dr. Edwin Guillermo GALVEZ TORRES
SECRETARIO**



**M(o) Ronald Luis RAMOS PACHECO
VOCAL**



**Ing. José Alonso TOLEDO SOSA
ASESOR**

DEDICATORIA

A mis Queridos Padres, a quienes amo y respeto; siempre estuvieron a mi lado compartiendo las buenas y malas experiencias que la vida te ofrece, me apoyaron y aconsejaron permanentemente para ser un Profesional.

A todas las personas que me apoyaron e hicieron posible la presentación de este trabajo de investigación.

Jack Danny

AGRADECIMIENTO

A mi querida Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica y Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, Profesores y compañeros de estudio, fue una excelente experiencia haberla compartida con ustedes, no la olvidare y gracias por todo.

A la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. donde me abrieron las puertas para trabajar y he aprovechado esa oportunidad para realizar este trabajo de investigación y poder titularme de Ingeniero Metalúrgico.

Aprovecho la oportunidad para agradecer por el asesoramiento y apoyo recibido por el Ing. José Alonso Toledo Sosa.

Jack Danny

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	v
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCION	xiii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	01
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	02
1.2.1 Problema General	02
1.2.2 Problemas Específicos	02
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	02
1.3.1 Objetivo General	02
1.3.2 Objetivos Específicos	02
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	03
1.4.1. Justificación	03
1.4.2. Económica	03
1.4.3. Social	03
	viii

1.5	IMPORTANCIA DEL PROYECTO	03
1.6.	ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	04
1.7.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	05
	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	06
2.1	ANTECEDENTES EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C.	06
2.1.1	Organización de la empresa	07
2.1.1.1	Directorio	07
2.1.1.2	Plana Ejecutiva	08
2.1.2	Visión y misión de la empresa	09
2.1.2.1	Visión	09
2.1.2.2	Misión	09
2.1.3	Productos y/o servicios	10
2.1.3.1	Ensayos No Destructivos	10
2.1.3.2	Ensayos Destructivos	10
2.1.3.3	Vibraciones	11
2.1.3.4	Corrosión	11
2.1.3.5	Gestión de Calidad	11
2.1.4	Control de Calidad	11
2.1.4.1	Inspector de soldadura	13
2.2	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.2.1	Nacionales	17
2.2.2	Internacionales	21
2.3	BASES TEÓRICAS	27

2.3.1	Ensayos destructivos	27
2.3.2	Ensayos No Destructivos	27
2.3.3.	Aceros A572	29
2.3.3.1.	Propiedades mecánicas	30
2.3.3.2.	Aplicaciones	31
2.3.4.	Ensayos no destructivos en el control de calidad	31
2.3.5.	Control de calidad en uniones soldadas	34
2.3.6.	Códigos más utilizados en trabajos de soldadura	33
2.3.7.	Aplicación de los ensayos no destructivos	34
2.3.8.	Métodos de limpieza	35
2.3.9.	Limpieza por medios químicos	35
2.3.9.1.	Limpieza alcalina	35
2.3.9.2.	Limpieza con emulsiones	35
2.3.10.	Limpieza por medios mecánicos o físicos	36
2.4	DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS	36
2.5	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	37
2.5.1	Hipótesis General	37
2.5.2	Hipótesis Específicas	37
	CAPITULO III: METODOLOGÍA	39
3.1	DISEÑO METODOLÓGICO	39
3.1.1	Tipo de la investigación	39
3.1.2	Nivel de la investigación	40
3.1.3	Diseño de la investigación	40

3.1.4	Enfoque de la investigación	40
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1	Población	40
3.2.2	Muestra	40
3.3	DISEÑO ESTADISTICO	41
3.4	PROCEDIMIENTO	41
3.4.1	Metodología	41
3.4.2	Desarrollo del procedimiento de investigación	43
3.4.3	Técnicas y procedimientos de recolección de datos	43
3.5	VARIABLES	45
3.6	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	46
	CAPITULO IV: RESULTADOS	47
4.1	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE PROBETAS SOLDADAS CON EL CÓDIGO AWS D1.1:2015	47
4.2	SELECCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LAS PROBETAS	48
4.3	DISEÑO DE LA JUNTA	49
4.4	PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS	50
4.4.1	Preparación del material base	50
4.4.2	Realización de la soldadura	51
4.5	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL	52
4.5.1	Objetivo	52
4.5.2	Alcance	52
4.5.3	Documentos de referencia	52

4.5.4	Criterios de aceptación de la inspección visual de probetas	52
4.5.5	Reporte de Inspección visual directa de probetas	54
4.6	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES TIPO II, METODO C	58
4.6.1	Objetivo	59
4.6.2	Alcance	59
4.6.3	Documento de referencia	59
4.6.4	Reporte de inspección con líquidos penetrantes de probetas soldadas	59
4.7.	CONTROL DE CALIDAD DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA	62
	CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1.	DISCUSIÓN	65
5.2.	CONCLUSIONES	67
5.3.	RECOMENDACIONES	67
	CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN	69
6.1	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS:	
	Anexo 1: Matriz de Consistencia	73

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama General	08
Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso de Inspección Visual	24
Figura 3. Flujograma del procedimiento de control de calidad	41
Figura 4. Flujograma del procedimiento de investigación	43
Figura 5. Soldadura a tope de canal cuadrada	49
Figura 7. Ranura tipo V con un ángulo de 60° y separación de 2 mm	51
Figura 8. Realización del primer cordón de soldadura	52
Figura 9. Inspección visual directa – ensayo N° 1	55
Figura 10. Procedimiento de inspección visual directa	56
Figura 11. Procedimiento de inspección con LP	60

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características Físicas	30
Tabla 2. Características Químicas	30
Tabla 3. Propiedades Mecánicas	30
Tabla 4. % Elongación	31
Tabla 5. Técnicas y procedimientos de recolección de datos	44
Tabla 6. Ponderación por puntos	45
Tabla 7. Rangos de calificación	45
Tabla 8. Metales base aprobados para una soldadura SMAW	48
Tabla 9. Especificaciones de electrodos	48
Tabla 10. Detalle de la junta soldada en ranura con junta de penetración completa	50
Tabla 11. Criterios de aceptación para Inspección Visual AWS D1.1: 2015	53
Tabla 12. Reporte de inspección visual de probeta soldada	54
Tabla 13. Clasificación de líquidos penetrantes según norma ASTM E165	58
Tabla 14. Reporte de inspección por líquidos penetrantes de probetas soldadas	61

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal la mejora de la calidad del proceso de soldadura en la fabricación de tanques, estructuras e instalación de tuberías en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C., esto se logra mediante la implementación de un sistema de control de calidad en los procesos de soldadura ejecutados por la empresa. Con la implementación del sistema se pretende minimizar y/o eliminar el porcentaje de no conformidad en el proceso de soldadura, así mismo se asegurará la calidad de la soldadura y satisfacción del cliente con el cumplimiento en los tiempos de entrega. El desarrollo de la presente investigación se basa en las normas y códigos ASME B31.3, ASME B31.1, ASME IX y la norma AWS D1.1, que regulan los procesos constructivos de tanques, estructuras e implementación de tuberías mediante el proceso de soldadura. También, en la presente investigación, se muestra la rentabilidad de la inversión con la implementación del proyecto. En el primer capítulo se identifican los problemas más frecuentes que se tiene en el proceso de soldadura de tuberías y en la fabricación de tanques y estructuras por la falta de un departamento de control de calidad que realice el seguimiento oportuno del proceso de fabricación e instalación en las obras contratadas. En el segundo capítulo se presenta los antecedentes del trabajo de investigación, seguido por el marco teórico correspondiente a procesos de soldadura y su seguimiento basado en las normas que regulan dicho proceso. En el tercer capítulo se definen las variables dependientes e independientes con sus respectivos indicadores y la metodología de estudio usada para el trabajo de investigación. En el cuarto capítulo se determina la causa del problema y se detalla la solución del problema identificado

indicando la forma de llevar el control de calidad basado en las normas que regulan este proceso, también se realiza la evaluación económica donde se determina la factibilidad del proyecto que es la implementación de un sistema de control de calidad para procesos de soldadura. Y en el quinto y último capítulo se presenta la discusión de los resultados y el análisis de los resultados con la implementación del sistema de control de calidad. Igualmente se presentas las conclusiones de la presente investigación y finalmente se presentan las conclusiones.

Palabras Claves: Sistema de Gestión, Calidad, Soldadura, Procesos.

ABSTRACT

The main objective of this research is to improve the quality of the welding process in the manufacture of tanks, structures and installation of pipes in the company MARINE CONSULTANTS SAC, this is achieved through the implementation of a quality control system in the processes of welding executed by the company. With the implementation of the system, it is intended to minimize and/or eliminate the percentage of non-conformity in the welding process, as well as to ensure the quality of the welding and customer satisfaction with compliance with delivery times. The development of this research is based on the standards and codes ASME B31.3, ASME B31.1, ASME IX and the AWS D1.1 standard, which regulate the construction processes of tanks, structures and implementation of pipes through the process of welding. Also, in the present investigation, the profitability of the investment with the implementation of the project is shown. The first chapter identifies the most frequent problems encountered in the process of welding pipes and in the manufacture of tanks and structures due to the lack of a quality control department that performs timely monitoring of the manufacturing and installation process in the contracted works. In the second chapter, the background of the research work is presented, followed by the theoretical framework corresponding to welding processes and their monitoring based on the regulations that regulate said process. In the third chapter, the dependent and independent variables are defined with their respective indicators and the study methodology used for the research work. In the fourth chapter, the cause of the problem is determined and the solution of the identified problem is detailed, indicating the way to carry out quality control based on the norms that regulate this

process, the economic evaluation is also carried out where the feasibility of the project is determined. is the implementation of a quality control system for welding processes. And in the fifth and last chapter, the discussion of the results and the analysis of the results with the implementation of the quality control system are presented. Likewise, the conclusions of the present investigation are presented and finally the conclusions are presented.

Keywords: Management System, Quality, Welding, Processes.

INTRODUCCIÓN

La industria metalmecánica en el Perú se inició hace más de 100 años, siendo uno de los sectores sobresalientes de la economía nacional tanto por la contribución de nuevas tecnologías a las grandes, medianas y pequeñas industrias en los sectores de minería, energía, hidrocarburos, transporte, pesquera, industrias alimentarias y otras actividades en general, también es importante por la generación de puestos de trabajo, tanto para profesionales y técnicos involucrados en el rubro de manera directa e indirecta. La industria metalmecánica brinda servicios de fabricación y montaje mecánico de equipos, puentes, plantas concentradoras de mineral, plantas de generación de energía eléctrica, plantas industriales de alimentos y otras industrias en general, las cuales se encuentran directamente relacionados con los procesos de soldadura, para la realización de uniones de metales mediante la fusión de metal base y metal de aporte. El proceso de soldadura es ampliamente utilizado en la industria metalmecánica, debido a que es la única forma de realizar unión de dos metales de forma permanente, para ello se utiliza variedad de procesos de soldadura existentes los cuales requieren un exhaustivo seguimiento de control de calidad para el cumplimiento de los estándares fijados por las normas y códigos que rigen los procesos fabriles. En consecuencia, el control de calidad xv en las empresas metalmecánicas es de suma importancia debido a la estandarización de los procesos y servicios que se ofrecen. Existen empresas en el sector metalmecánico con el área de control de calidad implementado que garantizan la entrega de productos fabricados de acuerdo con normas

técnicas que regulan dichos procesos constructivos, estas empresas cuentan con profesionales calificados y certificados por instituciones nacionales e internacionales que significan una competencia fuerte en el rubro frente a empresas que no cuentan con un sistema de control de calidad implementado. La implementación de un sistema de control de calidad que verifique el cumplimiento de los procesos de acuerdo con las normas y códigos que tiene como objetivo mejorar la calidad, reducir el tiempo y costos en el proceso de soldeo. Las fuentes de información para los procesos de soldadura son los códigos ASME B31.3, ASME B31.1, ASME IX y AWS D1.1 entre otros, los cuales rigen la etapa de construcción y montaje de los elementos fabricados en la industria metalmecánica. La industria metalmecánica que tiene implementado un departamento de control de calidad con supervisores certificados y la infraestructura necesaria no presenta limitaciones en cuanto a su actividad comercial.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño y fabricación de recipientes a presión ha sido estudiado desde el siglo XVIII, promoviendo las bases para los actuales códigos y normas que rigen el diseño y fabricación para recipientes a presión y tanques atmosféricos. Sin embargo, existen otras consideraciones importantes que complementan lo establecido por estos códigos y se describen en este documento el cual incluye, antecedentes que dieron fundamento a la creación de códigos y especificaciones, los diversos enfoques (funcional, general y de detalle) para un diseño más completo, referente a la fabricación trata sobre los procesos más utilizados, bases para establecer un aseguramiento de calidad y pruebas requeridas. En conjunto con estos puntos se describen ejemplos de error es en diseño y fabricación así como recomendaciones para estos errores.

Durante la soldadura de los tanques de almacenamiento, estructuras metálicas, tuberías y otros se generan discontinuidades como: fisuras, porosidades, socavaciones, falta de penetración, falta de fusión, inclusión de escorias, entre otros, los cuales deben ser identificados mediante ensayos no destructivos y evaluados de acuerdo a estándares normalizados.

Al realizar los ensayos no destructivos de ultra sonido (UT) y placa radiográfica (RT) a las uniones soldadas en taller y campo se detectó lo siguiente: porosidad en los cordones y falta de fusión entre pases. Detectado las fallas en los cordones el procedimiento es marcar la zona a reparar y realizar el reproceso respectivo, esto genera

retrasos en la entrega de elementos fabricados y en los proyectos de montaje genera retrasos en el avance de la ejecución de obra, además se elevan los costos de fabricación y montaje debido a los reprocesos.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera se mejorará el proceso de soldadura en la fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera se mejorará la calidad de la soldadura en el proceso de soldeo de la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?
- ¿De qué manera se mejorarán los tiempos en el proceso de soldeo de tuberías, tanques y estructuras en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?
- ¿De qué manera se reducirán los costos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Implementar un sistema de control de calidad para mejorar la eficiencia de los procesos de soldadura en la fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías, en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.

1.3.2. Objetivos específicos

- Implementar un sistema de control de calidad para mejorar la calidad del proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.

- Implementar un sistema de control de calidad para reducir los tiempos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.
- Implementar un sistema de control de calidad para reducir los costos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C..

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Justificación Técnica

En la actualidad en el ámbito de metal mecánica se exige la inspección y seguimiento de las uniones de soldadura para asegurar la calidad y el cumplimiento con los criterios de aceptación de acuerdo a la norma de construcción.

1.4.2. Justificación económica.

La aplicación de los ensayos no destructivos permitirá asegurar y certificar que la construcción de tanques de almacenamiento, estructuras, tuberías y otros componentes dentro del proyecto se realicen de manera correcta, de ese modo prevenir futuros accidentes en el proceso operativo, que pueden ocasionar pérdidas económicas.

1.4.3. Justificación social.

La aplicación de la inspección por medio de los ensayos no destructivos permitirá asegurar que los componentes estructurales y tuberías no tengan problema alguno durante el periodo de operación de la planta, o cual permitirá garantizar una labor efectiva en beneficio de las comunidades aledañas con mínimo impacto ambiental.

1.5. IMPORTANCIA DEL PROYECTO

La mejora continua en el proceso de fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías mediante la implementación de un sistema de control de calidad es fundamental para la EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C., puesto que se evaluará el

proceso constructivo y de montaje mecánico de inicio a fin de cada proyecto. Así mismo la mejora continua en el proceso fabricación y montaje mecánico generará beneficios para la organización en el ámbito económico y mejora de la organización.

El presente trabajo de investigación permitirá identificar las fallas en el proceso de soldadura de tanques de almacenamiento en la Empresa Marine Consultantes SAC. El reconocimiento de las discontinuidades (indicaciones) a través de los ensayos no destructivos permitirá una caracterización y posterior evaluación teniendo en cuenta el tamaño, la forma, orientación y localización. La evaluación según normas concluirá en la aceptación o rechazo del elemento inspeccionado, lo que obligará al ente constructor la reparación y/o toma de otras decisiones. Asimismo, con la presente tesis se darán los lineamientos de calidad para la inspección por medio de ensayos no destructivos.

1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Temática: Se refiere al control de calidad en soldadura mediante ensayos no destructivos aplicados a tanques de almacenamiento, estructuras metálicas, tubería y otros.

Geográfica: Abarca a la Empresa Marine Consultants S.A.C., ubicado en el Distrito de La Perla, Provincia Constitucional del Callao.

Temporal: La realización de la investigación se realizó a partir de enero de 2021 a junio del 2021

Imagen institucional: Demostrar con resultados positivos en el control de calidad en la construcción de tanques de almacenamiento, estructuras metálicas, tubería y otros mediante la aplicación de ensayos no destructivos.

1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- a) Esta ética de trabajo se refleja en los cimientos de nuestro servicio y nos anima a avanzar y a mejorar constantemente nuestros servicios. En primer lugar, aportamos información sincera a nuestros clientes, acerca de las posibilidades y los límites del ensayo por corrientes inducidas.
- b) Para asegurar la calidad de nuestro trabajo, calculamos una oferta comprometida y preparamos nuestro ensayo con toda diligencia.
- c) Nuestros técnicos se rigen por las normas de calidad y su competencia profesional está registrada en el certificado SCC.
- d) Nuestros clientes en las centrales nucleares confían en nuestra calidad de ejecución del ensayo desde hace muchos años. Dicha labor está documentada por la certificación regida por las normas de las centrales nucleares alemanas (KTA 1401).
- e) La certificación ISO 9001:2015 ofrece garantía de calidad y seguridad a nivel internacional.
- f) El contexto de la Tesis es de alcance local.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C.

La EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C., se fundó en el año 1994 como empresa metalmeccánica dedicada a la fabricación de tanques, estructuras, instalación de tuberías en acero al carbono e inoxidable para plantas cerveceras, mineras cementeras y otras industrias. Actualmente, EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C., realiza fabricación y montaje de tanques, estructuras e instalación de tuberías en plantas mineras, cementeras e industria de alimentos a nivel nacional en la modalidad de entrega de proyectos llave en mano. Al finalizar la fabricación se realiza control de calidad a cada elemento fabricado, para garantizar la calidad de fabricación a su vez entregar dossier de calidad por cada proyecto ejecutando, de igual forma se realiza control de calidad en los proyectos de montaje de tuberías, tanques y estructuras, para garantizar la correcta instalación de cada elemento de acorde con los planos de montaje mecánico y entregar dossier de calidad por cada proyecto ejecutado. Al realizar los controles de calidad al proceso de instalación de tuberías, fabricación de tanques y estructuras en el taller se encontró deficiencias en los procesos de soldadura aplicados al soldeo de tuberías, tanques y estructuras de acero al carbono, donde al realizar las inspecciones visuales del proceso de soldadura, se detectan con frecuencia la falta de penetración, falta de fusión, socavaciones en la raíz y cordones de soldadura con malos acabados superficialmente, además de mordedura, grietas, sobre monta en pase de raíz y discontinuidad en el cordón de acabado, estos defectos no se encuentran en el rango

permisible según el criterio de aceptación de los procesos GTAW, SMAW, GMAW y FCAW, además no se encuentran dentro de los parámetros permisibles de la norma AWS y ASME. Las no conformidades en el proceso de soldadura en fabricación de tuberías, tanques y estructuras son causa de las fallas mencionadas en el párrafo anterior, y las no conformidades en los proyectos de montaje, reportados por el cliente son por fugas en los cordones de soldadura en tanques y tuberías. Los defectos observados en el armado de tuberías fueron los siguientes: la abertura del bisel se encontraba en promedio de 7 mm, el cual está fuera del límite permitido, desalineamiento (High-Low) en la junta de armado entre tuberías.

Nuestra empresa posee más de 500 trabajadores entre empleados y obreros.

Dedicada a Servicios Industriales en general: corte, rolado, plegado de planchas, soldadura de piezas, tubos y perfiles estructurales de acero.

Nos especializamos en mejorar el diseño de las piezas, así como los materiales de las mismas, aumentando la vida útil de nuestros productos.

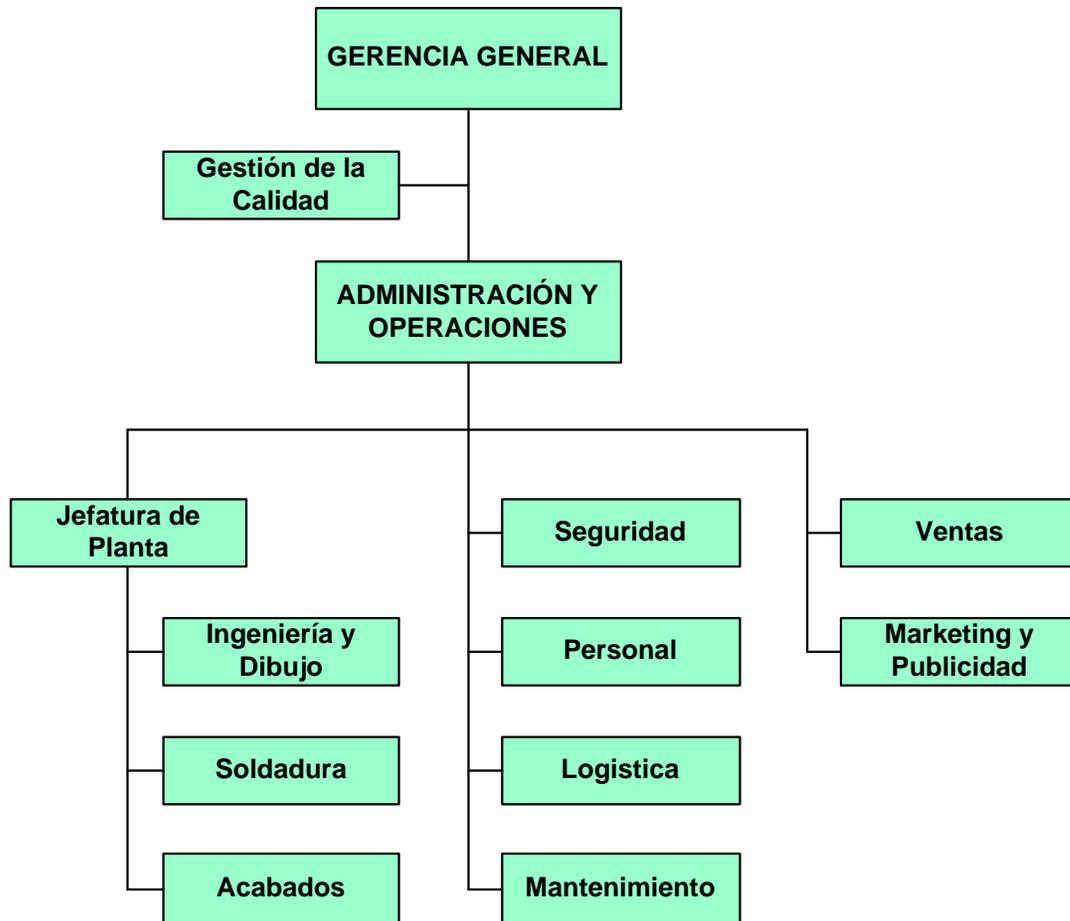
Nuestros servicios van desde la fabricación de los modelos hasta el mecanizado de las piezas asegurando de esta forma nuestra calidad.

2.1.1. Organización de la empresa

2.1.1.1. Directorio

La política y la estrategia empresarial de EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C. son en primera instancia responsabilidad del Directorio de la empresa, cuyos integrantes son los encargados de orientar y visionar la perspectiva a seguir por todos y cada uno de sus integrantes.

Figura 1. Organigrama General



Elaboración: El Autor

2.1.1.2. Plana Ejecutiva

1) Gerencia General

Lidera la gestión empresarial, es el primer estamento responsable por las diversas actividades desarrolladas dentro de la organización.

De la Gerencia General se desprenden regularmente de manera directa la Administración y Operaciones, es el área de la organización encargada de

administrar eficientemente los recursos financieros de los que se dispone, así como también es la dependencia que jefatura y controla a los departamentos responsables de las actividades logísticas, de comercialización, administración de personal, registros contables, presupuesto y tesorería entre otras.

Área en que se desarrolló la presente investigación y que es la responsable de dirigir el conjunto de actividades que permiten la producción de aluminio, hierro, bronce y aleaciones. Estas actividades están centradas en la fundición y maquinado.

2.1.2. Visión y misión de la empresa

2.1.2.1. Visión

“Llegar a ser líder en nuestra industria y el mayor actor en cada uno de nuestros segmentos de mercado y mercados geográficos claves.”

2.1.2.2. Misión

“Entregar valor económico a los clientes a través de la gestión de la calidad, seguridad, medio ambiente y responsabilidad Social de sus Activos, proyectos, productos y Sistemas, facilitándoles la reducción de los riesgos y la mejora de su rendimiento”

2.1.3. Productos y/o servicios

Nuestros servicios incluyen **Ensayos** (Servicios de Ensayos No Destructivos y Pruebas realizadas con Equipos Específicos por parte de personal cualificado), **Asistencia Técnica** (Prestación de medios Humanos Especializados, Expertos en las tareas encomendadas y desplazados en la localización requerida según necesidades de Cliente,

Inspección Industrial (Inspección de Equipos y/o Sistemas, tanto en situación de operación en Planta como en Origen, Evaluación de proveedores, Servicios de Activación y Seguimiento de Proyectos) y **Gestión de Activos** (Sistemas de Inspección y Evaluación aplicando herramientas de Software específico para el Aseguramiento de Activos en Situación de Operación. Desarrollo, aplicación y Evaluación) principalmente en los mercados de Energía, Petróleo, Gas, Procesos, Fabricación de Maquinaria y Transporte.

2.1.3.1. Ensayos No Destructivos

- Gammagrafías
- Ultrasonido Convencional
- Ultrasonido Técnica Phased Array Manual y TOFD.
- Líquidos Penetrantes
- Partículas magnetizables
- Inspección Visual, Técnica de Videos copia
- Detección de fugas.
- Evaluación de Durezas
- Medición de Defectos Geométricos
- Emisión acústica.
- Prueba de vacío (vacum test)
- Inspección de piso de tanques por técnica electromagnética de baja frecuencia (LFET)

2.1.3.2. Ensayos Destructivos

- Físicos, Químicos y Metalográficos.

- Determinación del origen de fallas y causas de rotura

2.1.3.3. Vibraciones

- Estudio analítico y experimental. Medición y análisis del espectro mediante propia línea de acelerómetros. Determinación del desbalanceo dinámico y de los problemas en las estructuras.

2.1.3.4. Corrosión

- Estudio y análisis de corrosión en general. En medios acuosos. Bajo tensión. Por erosión. Microbiológica.

2.1.3.5. Gestión de Calidad

- Estudio, desarrollo y aplicación de nuevos Sistemas de Calidad, o evaluación del actual Sistema y Organización mediante auditoria y análisis de: departamentos, actividades, staff, personal, funciones, procesos etc., a fin de su optimización.
- Planes de mejora de la productividad.
- Programas de calidad.
- Creación e implementación de metodologías de trabajo.
- Cursos de capacitación y formación.
- Implementación de Normas ISO 9000

2.1.4. Control de calidad

Se realizan las inspecciones de Control de Calidad según lo señalado en la hoja de especificaciones.

Es aquella que cumple con los requisitos correspondientes al equipo o estructura a la que pertenece con el mínimo costo.

Es determinar la discontinuidad es la pérdida de la homogeneidad del material. El defecto es una discontinuidad inaceptable, que debe ser reparada.

La inspección de construcciones soldadas podría definirse como el conjunto de actividades encaminadas a asegurar un determinado grado de fiabilidad de un conjunto soldado, mediante la verificación del mismo por medios adecuados durante diferentes fases del proceso productivo.

La importancia de esta inspección se desprende de la responsabilidad de los equipos y construcciones que actualmente se fabrican por soldadura, los cuales, en determinadas condiciones de fallo, afectan seria y directamente a la seguridad pública. Ejemplo de estos son: Aviones, buques, trenes, plantas generadoras de energía (térmicas, hidroeléctricas y nucleares), complejos petroquímicos y transformadores de energía, puentes, estructuras metálicas, conducciones y transporte de gases y líquidos, etc.

El convencimiento de la importancia de inspeccionar estos conjuntos soldados, ha sido la causa de que, en todos los países industrializados se hayan publicado códigos, especificaciones y normas relativos a su construcción e inspección. Además, en la mayoría de dichos países, es la propia administración la que establece la obligatoriedad de construir e inspeccionar siguiendo unas determinadas normas, así como que el personal que la ejecute tenga unos conocimientos y experiencia mínimos. Al mismo tiempo, la industria también se ha hecho eco de esta necesidad, casi se puede decir que no existe una empresa industrial competitiva que no disponga de normas o instrucciones propias, estableciendo las bases de fabricación e inspección necesarias para que los

conjuntos o equipos por ella fabricados, cumplan los requisitos de seguridad que los organismos, nacionales e internacionales, fijan para el buen comportamiento en servicio de las construcciones soldadas.

2.1.4.1. Inspector de Soldadura

Es el encargado de constatar que todas las operaciones del proceso se realicen correctamente y de acuerdo a los códigos, normas, especificaciones y procedimientos que se estén aplicando con el fin de garantizar la alta calidad de la soldadura sin demora en la fabricación y la entrega de productos. Podríamos decir que su responsabilidad es la de juzgar la calidad del producto en relación a una especificación escrita.

Funciona como un representante judicial de la organización que representa, la cual puede ser el fabricante, comprador o cliente, una compañía de seguros o una agencia gubernamental.

Los inspectores de soldadura pueden ser clasificados en varias categorías: inspectores gubernamentales, de Ensayos No Destructivos, representantes del fabricante o del dueño, o autorizados por un código en particular como sucede por ejemplo con los inspectores ASME.

Sin embargo para efectos prácticos AWS y ASME dividen a los inspectores de soldaduras en dos categorías generales:

- **Inspectores de control de calidad del Fabricante:** el cual realiza la inspección antes y durante el ensamblado; antes y después de la soldadura, con el fin de asegurar que los materiales y el proceso de fabricación

cumplen con todos los requisitos especificados en el contrato. Estos son inspectores calificados y que trabajan para el contratista.

- **Inspectores de aseguramiento de calidad del cliente o Código:** representan al comprador (código, actividad gubernamental, o cualquier organización externa al fabricante). Sus deberes normalmente no incluyen vigilancia obligatoria del desarrollo del proceso de soldar, sin embargo tiene el derecho de observar el proceso de producción. Su trabajo es como una función de auditoria, lo cual implica revisión de los registros para asegurar que se han respetado todos los requerimientos de las especificaciones, dibujos y otros documentos contractuales. Esto incluye, pero no limita a revisión del proceso de soldar, calificación de soldadores y operadores de máquina, pre y post-calentamiento, informes de ensayos no destructivos.

Ambos tipos de inspectores deben tener la habilidad para negociar y comunicarse efectivamente con todos los niveles de mando de la organización del fabricante y de su propia organización.

Para llegar a ser un Inspector de Soldadura, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Debe gozar de buena condición física, ya que con frecuencia las condiciones de inspección son difíciles.
- Tener una buena visión, indispensables para la inspección visual, interpretación radiográfica y de otros ensayos no destructivos.

- Tener actitud profesional: hacer cumplir los códigos y tener buenas relaciones con el resto del personal.
- Tener conocimientos de soldadura: debe conocer sobre el proceso ya que éste define el tipo de discontinuidad a originarse, las variables esenciales de cada proceso y debe monitorear las mismas durante la fase de construcción como especifique el código.
- Debe conocer de Dibujo, Especificaciones y Procedimientos e interpretarlos correctamente. Debe conocer los símbolos de soldadura y ensayos no destructivos.
- Saber de métodos de ensayo, sus aplicaciones, limitaciones e interpretación de resultados. El método seleccionado debe suministrar la información adecuada para compararlo a los estándares de aceptación establecidos.
- Tener habilidad para llevar registros y hacer informes escritos, concisos, claros y completos.
- Los registros deben incluir los resultados de la inspección y ensayos, los registros del procedimiento de soldadura, de calificación de soldadura y de control de materiales de soldadura.
- **Experiencia en Soldadura:** la experiencia como soldador o operador de máquina es invaluable para un inspector, algunos empleadores solicitan como requisitos que los inspectores tengan experiencia previa soldando.
- **Entrenamiento en Ingeniería de Soldadura y Metalurgia:** es deseable, sin embargo la práctica ha demostrado que la experiencia en campo y el estudio han desarrollado excelentes inspectores con conocimientos

equivalentes a los primeros. Lo esencial es que conozca donde se encuentra la información relevante y sepa cómo interpretarla

Resumiendo, y dado que la inspección involucra diferentes disciplinas es necesario que el inspector se encuentre entrenado en las siguientes áreas:

- Principios fundamentales de Soldadura.
- Propiedades base de los materiales involucrados en el proceso: metal base, aporte, etc.
- Defectos de soldadura, sus causas, importancias y corrección de los mismos.
- Tratamientos Térmicos.
- Métodos de ensayos destructivos y no destructivos.
- Interpretación de planos.
- Simbología de soldadura y ensayos no destructivos.
- Códigos: AWS, ASME, API.

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. se ha realizado una investigación para encontrar proyectos relacionados con los ensayos no destructivos destinados a la industria metal mecánica los cuales no existen, por lo que se ha visto en la necesidad de realizar esta investigación en una empresa de este sector, de ahí el interés de MARINE CONSULTANTS S.A.C. por apoyar el proyecto debido a su necesidad de alcanzar niveles de calidad con la utilización de Normas Nacionales e Internacionales siendo pioneros en este campo. Uno de los principales problemas latentes en nuestro medio es que no existen los equipos necesarios de Rx para realizar las pruebas de este tipo de

ensayo. No obstante, se lo realizará en la ciudad de Lima en una Empresa dedicada a esta actividad.

Fundamentación Filosófica

Con el avance de la tecnología en la actualidad y los diferentes tipos de ensayos destructivos y no destructivos existentes son de gran utilidad ya que nos permite observar el comportamiento de los materiales para detectar las distintas fallas existentes ya sea superficial o interna.

Fundamentación Legal

El desarrollo de los análisis se los efectuara en base a las normas:

- ASTM A370-03 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.
- ASTM E165 Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination.
- ASTM E1417 Standard practice for Liquid Penetrant Examination.
- ASTM E114-95R03 Practice for Ultrasonic Pulse-Echo Straight-Beam Examination by the Contact Method.
- ASTM 1065-99R03 Guide for Evaluating Characteristics of Ultrasonic Search Units.
- E94-04 Guide for Radiographic Examination.
- ASTM E18-03 Standar Test Methods for Rocwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials.
- ASTM E92-82 Test Methods for Vickers Hardness of Metallic Materials.
- ASTM E8-01 Standar Test Methods for Tension Testing for Metallic Materials.

- ASTM E9-89a Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature.

2.1.1. Nacionales

Tesis 1.

Zavala C. (2015) en su tesis: Evaluación del estado mecánico estructural de calderos en refinerías mediante la detección de fallas por técnicas no destructivas. realizada en la Universidad Señor de Sipán.

Plantea con el objetivo

Establecer una metodología para determinar el estado mecánico estructural de los componentes de calderos, precautelando la integridad, seguridad y extensión de la vida útil, a través de técnicas no destructivas en cumplimiento de normas vigentes.

Metodología:

La investigación se fundamenta en la necesidad de concebir operatividad en los Procedimientos tomados de un extracto de las normas internacionales y un Sistema de mantenimiento logrando así un plan de mantenimiento integral aplicable y adecuado.

Concluye diciendo:

Se analizó y evaluó el estado mecánico estructural de calderos, específicamente el componente con más frecuencia de fallas, las tuberías, aplicando ensayos no destructivos, establecidos por normas internacionales, para así ofrecer de manera óptima la reparación y mejorar la integridad de éstas en Refinería Talara. Se inspecciono por RFET la cantidad de 150 tubos del caldero APIN, habiéndose encontrado lo siguiente: En la distribución de pérdida de espesor en porcentaje presentada en la Tabla N° 36 el 17% de los tubos inspeccionados presenta perdidas mayores al 28% y menores al 30%.

Los componentes inspeccionados están en condiciones normales. La mínima vida remanente de los tubos inspeccionados fue de 4 años. Los tubos tienen porcentajes de desgaste de 11%, 13%, 23%, y 25% posteriormente la videoscopia verificó presencia de incrustaciones.

Tesis 3.

Alanoca R. (2021) en su tesis: Control de calidad de uniones soldadas con ensayo visual y líquidos penetrantes de una estructura metálica de acuerdo al código AWS D1.1. Realizada en la Universidad del Altiplano. Puno

Plantea con el objetivo

Evaluar la calidad de las uniones soldadas con los métodos de ensayo visual y líquidos penetrantes de una estructura metálica aplicando el código AWS D1.1:2015

Metodología:

El diseño a aplicarse es de investigación no experimental, el nivel de diseño 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 probetas y juntas 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. El tipo 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 soldadas. Los requerimientos que son necesarios para la inspección de las juntas soldadas se establecen en el Código AWS D1.1:2015, en sus secciones 2, 5 y fundamentalmente la sección 6 donde se 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 los requerimientos de la obra.

Concluye diciendo:

Primera: Se demostró que con la aplicación y su estricto cumplimiento de los procedimientos de inspección visual y de líquidos penetrantes desarrollados según la norma AWS D1.1: 2015 secciones 2,5 y 6 representan un instrumento imprescindible que garantiza el control de calidad de una estructura metálica dentro de sus criterios de aceptación establecido en los formatos diseñados. Es así que la estructura metálica del proyecto fabricación y montaje de tijerales tubulares metálicos e instalación de correas metálicas con perfiles de tubería rectangular en cerco perimétrico, para el “mejoramiento y ampliación del espacio recreativo familiar en la localidad de Huacullani - Provincia de Chucuito - Región Puno obtuvo el calificativo de aprobado.

Segunda: Las probetas ensayadas cumplen con varios de los criterios de aceptación de la normativa AWS D1.1:2015, según la metodología de inspección, el cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades, no presenta grietas que es el principal factor de rechazo presentado por los criterios de aceptación de la tabla 6.1 de la AWS D1.1:2015; en tal sentido la inspección visual por líquidos penetrantes en el espécimen evaluado aprueba ya que la soldadura es adecuada y no presenta discontinuidades relevantes. Así mismo el examen visual inicial fue de mucha importancia ya que evitó realizar ensayos innecesarios en la probeta, y por ende el ahorro de los consumibles.

Tercera: La evaluación visual de la estructura metálica soldada en estudio dentro de los criterios de aceptación se obtuvo un calificativo de 53 puntos lo cual implica tomando como referencia la tabla N° 25 de rangos de aceptación; cumple con los criterios

señalados es decir califica la estructura metálica soldada aplicando el ensayo visual enmarcado dentro de la normativa AWS D.1.1. 2015. Así mismo tomando como criterio de aceptación la norma ASTM E 165 para la inspección con líquidos penetrantes y las normas de aceptación en la Sección 6, Parte C del código AWS D1.1:2015. La soldadura no presenta grietas, presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades obteniendo un calificativo de aprobado.

2.1.2. Internacionales

Tesis 1.

Trujillo G. (2013) en su tesis: Recopilación de información para inspección mediante ensayos no destructivos de recubrimientos fabricados por proyección térmica. Realizada en la Universidad Libre. Bogotá. Colombia.

Plantea con el objetivo

Recopilar la mayor cantidad de información posible sobre los ensayos no destructivos que se están aplicando en la inspección del estado final de los recubrimientos duros, fabricados por la técnica de proyección térmica, enfatizando en los ensayos por infrarrojo y ultrasonido.

Metodología:

Recopilación de información. referentes a los siguientes temas:

- Técnicas de fabricación por proyección térmica de recubrimientos
- Ensayos No Destructivos aplicados a la inspección de recubrimientos.
- Ensayos no destructivos basados en técnicas infrarrojas y ultrasonido aplicado a recubrimientos.

Análisis de la información recopilada

Revisión de la normatividad internacional de END aplicados para inspección de recubrimientos.

Elaboración del informe final.

Comparación de los END aplicables.

Conclusiones:

Se realizaron las siguientes conclusiones:

Se revisaron 15 trabajos de donde utilizan los ensayos no destructivos para el control de calidad de los recubrimientos por proyección térmica.

Durante el análisis de los trabajos consultados se observa que el uso de los ensayos que tiene como base el infrarrojo ha tomado una importancia considerable ya que estos ensayos son prácticos y capaces de detectar fallas o estado de los recubrimientos ya que no requieren de contacto con la superficie a inspeccionar.

El ultrasonido generado mediante un láser es una técnica muy confiable ya que se compara con una técnica destructiva arrojando resultados similares, este tiene como ventaja que no requiere que el equipo tenga contacto físico con la pieza permitiendo la inspección de geometrías complejas y espesores muy delgados.

El ultrasonido generado por láser es una técnica no destructiva que permite detectar, identificar y evaluar los defectos que presentan los revestimientos proyectados térmicamente, siendo la técnica más rápida que cualquier otra para obtener resultados, su deficiencia está en los costos y la experiencia del personal para realizarlo e interpretarlo.

Los revestimientos realizados por proyección térmica han sido ampliamente utilizados para reemplazar procesos más complejos y costoso como la galvanoplastia, estos no

siempre quedan con espesores uniformes y capas homogéneas el ultrasonido por láser es una poderosa herramienta para inspección y control de calidad de las capas ya que este detecta todas estas variables y puede identificar zonas con defectos.

Se realizó un experimento utilizando ultrasonido en un lecho de inmersión donde el agua es el acople entre el transmisor y la probeta, y se roto la pieza para lograr tomar medidas en diferentes ángulos, esto se utiliza para demostrar la anisotropía elástica de los revestimientos proyectados, adicionalmente las medidas de velocidades de onda de muestran que estas aumentan con el incremento de la densidad.

Se puede concluir que no solo se utiliza el ensayo en sí, sino que además se desarrollan técnicas para aprovechar de una manera más eficiente las ventajas que tiene los ensayos en este caso el ultrasonido, de este se presentó un trabajo donde lo utilizan para la detección temprana de delaminaciones en el momento en que se están formando y su evolución, suministrando datos eficientes para predicción de falla de recubrimientos.

El conocer las técnicas y su comportamiento da muchas ventajas como por ejemplo la predicción de fallas de los elementos inspeccionados, ya que con esta información se pueden crear programas para simular el comportamiento de los revestimientos bajo ciertas condiciones ahorrando tiempo y trabajo en la fabricación, generando confianza en los componentes revestidos mediante la técnica proyección térmica.

Tesis 2.

Espinoza A. (2019) con su tesis: Elaboración de una metodología para la detección de fallas en estructuras metálicas empleando técnicas no destructivas. Realizada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

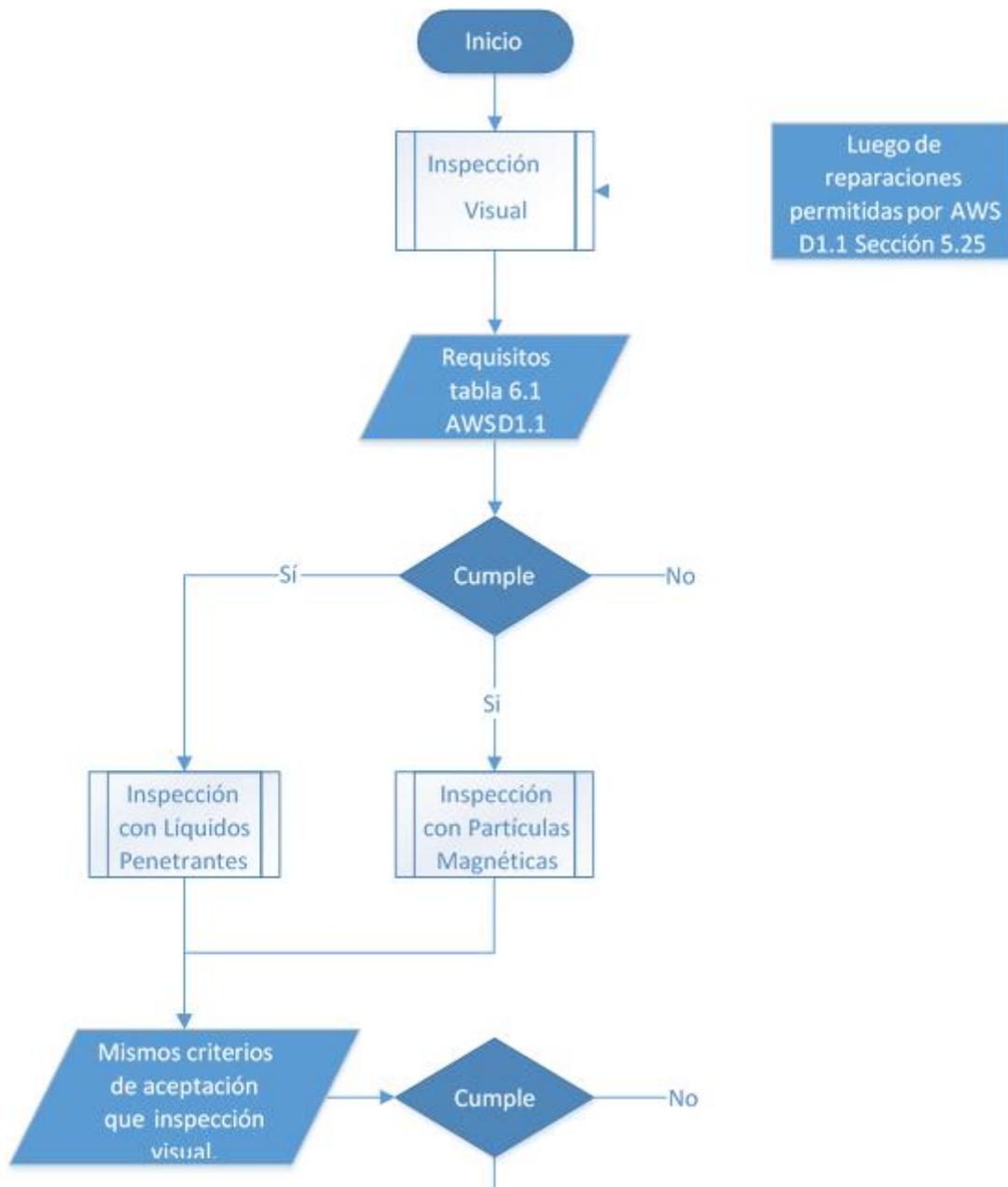
Plantea con el objetivo

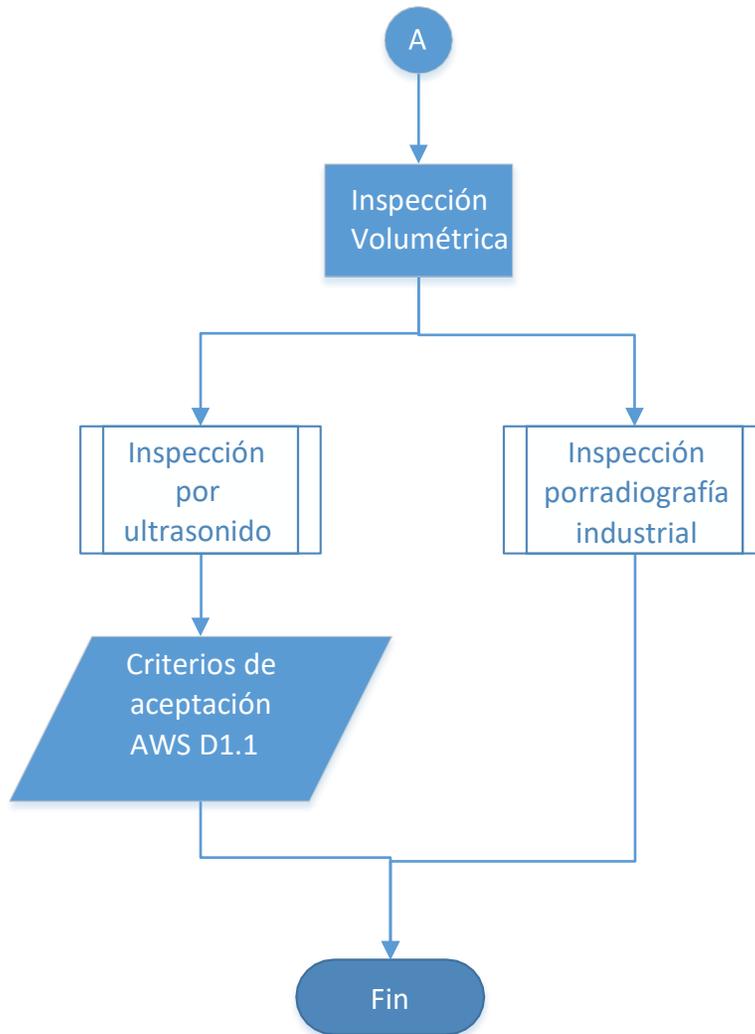
La Elaboración de una metodología para la detección de fallas en estructuras metálicas empleando técnicas no destructivas.

Metodología:

Antes de llevar a cabo los ensayos volumétricos, las soldaduras deben ser aprobadas mediante inspecciones superficiales, y a su vez, estas deben ser realizadas secuencialmente empezando por la inspección visual aprobando todos los criterios descritos en la tabla 6.1 de la normativa AWS D1.1.

Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso de Inspección Visual





Concluye diciendo:

El objetivo de la presente tesis se cumplió ya que se logró cubrir una gama de procedimientos con los cuales se procura dar la importancia que necesita la soldadura de una estructura metálica ya que es una parte importante dentro de la misma.

El uso de líquidos penetrantes para la inspección visual es un método práctico y de muy bajo costo que no debe ser obviado porque gracias a estos se puede dar un diagnóstico confiable y con un grado de dificultad muy bajo.

La gran ventaja que tiene el ultrasonido en comparación con una radiografía es el poder localizar con exactitud la ubicación de las discontinuidades y se puede dar una idea de hasta que profundidad eliminar el material de aporte para realizar reparaciones en caso de ser factible.

Tesis 3.

Fredy Alexander Devera F. y Ortiz D. (2019) con su tesis: “Guía para el control de calidad en la construcción de estructuras metálicas”, realizada en la Universidad Santo Tomás, Bucaramanga. Colombia.

Plantea con el objetivo

Documentar una guía de control de calidad para la construcción de estructuras metálicas con la cual se establezca una validación por parte de la interventoría y/o supervisión técnica.

Metodología:

Esta investigación se desarrolló mediante la aplicación de un modelo de investigación documental, el cual consiste en la recolección y selección de información a través del estudio de múltiples recursos mediante una técnica cualitativa. La metodología empleada para el desarrollo de la investigación presenta los siguientes elementos y definiciones.

- **Diagnóstico:** se realiza la identificación y se realizan las actividades de estudio del entorno, recopilación y clasificación de la información. Análisis y sus actividades

de: trazado cronológico del estado del arte del control de calidad de las estructuras metálicas.

- **Planeación:** comprende la determinación de los objetivos y sus actividades: definición del alcance de la investigación. El diseño de la metodología y sus actividades: definición de los recursos, estructuración de técnicas y procedimientos para el desarrollo de la investigación. Finalmente, la proyección del cronograma.
- **Ejecución:** Se desarrolla la Elaboración del producto y sus actividades: materialización de los objetivos y construcción de formatos básicos para consolidación del documento.
- **Aplicabilidad:** comprende la puesta en marcha y actividad central: implementación del modelo.

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. Ensayos Destructivos

Al aplicar este tipo de pruebas se puede determinar principalmente de forma cuantitativa el valor de ciertas propiedades que poseen los materiales como lo pueden ser: dureza, tenacidad, resistencia mecánica, elasticidad, etc. Aplicar un ensayo destructivo implica que la pieza sometida a estas pruebas resultará dañada o destruida. Por lo anterior se puede concluir que los ensayos destructivos son aplicaciones de métodos físicos que modifican permanentemente las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de un material, parte o componente sujeto a inspección. Estos ensayos se aplican para comprobar que las características de un material se apeguen a lo especificado en un diseño, hágase notar también, que estos ensayos no pueden ser aplicados a componentes en servicio y que deben de continuar en uso después de la

prueba, lo anterior, porque puede resultar dañado y perdería las características para su uso.

2.3.2. Ensayos No Destructivos (END)

Ensayos no destructivos (END) es el término que se maneja en el medio ingenieril para designar los métodos usados para la evaluación de las soldaduras y otros materiales sin causarles alteración en sus características y propiedades. Los ensayos no destructivos (END), la inspección no destructiva (IND), y pruebas no destructivas (PND), son términos semejantes usados sin distinción para estos métodos de evaluación. Este tipo de ensayos NO SUSTITUYE a los ensayos destructivos, son un complemento. Los ensayos no destructivos son la aplicación de métodos físicos indirectos como lo son la inspección visual, la transmisión del sonido, la opacidad al paso de la radiación, marcas de líquidos penetrantes, etc... Y tienen como objetivo verificar la sanidad de las piezas examinadas. No obstante, cuando se aplica este tipo de pruebas no se busca determinar las propiedades físicas inherentes de la pieza, si no verificar su homogeneidad y continuidad. Por lo que se puede concluir que los ensayos no destructivos son la aplicación de métodos físicos que no alteran de forma permanente las propiedades del material a examinar. La SNT (Society for Nondestructive Testing) los define como un grupo de ensayos que se utiliza para detectar defectos o fallas en los materiales, que deja a la probeta en condiciones de realizar la tarea para la cual fue hecha aún después del ensayo. Los métodos de ensayo no destructivos fundamentales en el campo de la soldadura son los siguientes:

- Inspección visual
- Inspección con líquidos penetrantes

- Inspección con partículas magnéticas
- Corrientes de Eddy
- Inspección ultrasónica
- Radiografía
- Emisión acústica
- Prueba hidrostática
- Metalografía “in situ”
- Medición de dureza “in situ”

Es muy difícil abordar todos los aspectos de los fundamentos físicos de estos métodos, sin embargo, es importante mencionarlos para estar enterado de su existencia.

2.3.3. Aceros A572

Las placas de acero de alta resistencia / baja aleación poseen mayor resistencia que las placas tradicionales de acero al carbón, además de contar con gran ductibilidad, facilidad de rolado y soldado, dureza y resistencia a la fatiga. Estas placas de acero pueden reducir sustancialmente los costos de producción al dotar la resistencia requerida con un peso mucho menor. La lamina A572 GR 50 es una Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia de Baja Aleación de Columbio-Vanadio. Este acero es utilizado en aplicaciones, tales como construcción electrosoldada de estructuras en general o puentes, donde la tenacidad en las entalladuras es importante, los requisitos asociados con esta propiedad debido a la variedad de grados que contempla este tipo de acero deben ser especificados entre el comprador y el productor. Disponible con un nivel mínimo de resistencia de 50000 psi. Las características de esta placa son su alta

resistencia, buen manejo y facilidad de soldado a precios moderados. La resistencia a la corrosión atmosférica es la misma de las placas de acero al carbón.

Composición Química

Con la adición de Microaleantes (Niobio o Vanadio) se desarrollaron estos aceros de alta resistencia, haciéndolos más seguros en su comportamiento mecánico y lográndose una reducción en el consumo específico desde el punto de vista estructural. El tipo de acero que abarca esta especificación normalizada se considera cinco grados de acero estructural de alta resistencia y de baja aleación en perfiles, placas, tablestacado, y barras. Los Grados 42 [290], 50 [345], y 55 [380] están previstos para estructuras remachadas, atornilladas o electrosoldadas. Los Grados 60 [415] y 65 [450] están previstos para construcción remachada o atornillada de puentes, o para construcción remachada, atornillada o electrosoldada en otras. Sus características físicas y químicas se pueden apreciar en la tabla siguiente.

Tabla 1. Características Físicas

Grado %	C máx.	%Mn máx.	%P máx.	%S máx.	%Si máx.
42	0,21	1,35	0,04	0,05	0,4
50	0,23	1,35	0,04	0,05	0,4
60	0,26	1,35	0,04	0,05	0,4
65	0,26	1,35	0,04	0,05	0,4

Tabla 2. Características Químicas

	Elemento	Contenido
TIPO 1	Columbio (Niobio)	0,005 - 0,05
TIPO 2	Vanadio	0,01 – 0,15
TIPO 3	Niobio (0,05% máx.) más Vanadio	0,02 – 0,15

2.3.3.1. Propiedades Mecánicas

Tabla 3. Propiedades Mecánicas

Grado	Límite de Fluencia (mín.)		Resistencia a la Tracción (mín.)		Elongación Min. % En 200mm (8in)
	MPa	PSI	MPa	PSI	
42	290	42000	415	60000	20
50	345	50000	450	65000	18
60	415	60000	520	75000	16
65	450	65000	550	80000	15

Tabla 4.: % Elongación

Espesor (In)	% Elongación mín. 200mm (8 in)			
	Grado 42	Grado 50	Grado 60	Grado 65
1/2 - 3/8	20,0	18,0	16,0	15,0
5/16	19,5	17,5	15,5	14,5
1/4	17,5	15,5	13,5	12,5
3/16	15,0	13,0	11,0	10,0
1/8	12,5	10,5	8,5	7,5

2.3.3.2. Aplicaciones

Principalmente estructuras soldadas, soportes, chasis, plataformas para la industria petrolera, plataformas marinas, construcción de puentes cumpliendo con los requerimientos exigentes a la entalla. No es recomendada en la construcción de calderas o tanques de alta presión. La selección de espesores debe ser calculada y seleccionados por el autor del diseño. Especial para la fabricación de vigas no comerciales o especialmente diseñadas, Apto para el uso a bajas temperaturas 20°C.

2.3.4. Ensayos no destructivos en el control de calidad

Como se ha mencionado anteriormente los ensayos no destructivos no son un reemplazo de los ensayos destructivos. El inspector o ingeniero en soldadura sabe que los ensayos destructivos son un complemento para los ensayos no destructivos y viceversa. Todo esto con la finalidad de alcanzar estándares de calidad lo más elevados posibles o cuando menos lo más apegado a lo establecido en el plano de construcción o en los códigos usados en el campo de la soldadura. De ésta manera se mantiene una calidad aceptable en las uniones soldadas. En el medio industrial es a lo que se le conoce como CONTROL DE CALIDAD.

2.3.5. Control de calidad en uniones soldadas

Dentro de la gran variedad de definiciones de control de calidad se tomará la siguiente como la más viable para el presente trabajo: Control de calidad - Es el proceso de regulación a través del cual se puede medir el atributo real, compararlo con las normas, código y/o especificaciones y actuar sobre la diferencia. Por lo que para el caso de las uniones soldadas se puede decir que:

- La unión soldada debe de poseer un conjunto de propiedades, que la hagan resistente frente a determinadas aplicaciones.
- La unión soldada debe de ser resistente, fiable y durable.
- El criterio básico de la calidad de una unión soldada es su resistencia al agrietamiento, éste aspecto constituye un índice de soldabilidad del material.

El concepto de calidad de una unión soldada, está muy asociado al uso final que se le dará a la soldadura. Se acostumbra decir que una unión soldada posee calidad cuando:

- Cumple los requisitos del diseño.

- El aspecto es aceptable según la norma con la que se está trabajando.
- Es resistente al agrietamiento en determinados medios y condiciones de trabajo.
- Se comporta bien de acuerdo a lo previsto en un medio dado, bajo ciertas condiciones de carga (no falla).
- La magnitud de los defectos presentes, son admisibles.

Para garantizar la máxima seguridad y fiabilidad en los trabajos de soldadura, es necesario considerar varios aspectos (normas, códigos, especificaciones, documentación técnica, instalaciones, recursos, sistemas de aseguramiento de calidad, etc.) que en su conjunto determinan la calidad de una unión soldada. Actualmente el control de la calidad en las uniones soldadas es una necesidad prioritaria en las construcciones soldadas de grandes dimensiones, para alcanzar la calidad que satisfaga todas las características del diseño, asegurando las condiciones de servicio, sin fallas catastróficas, es decir, garantizando una unión soldada, resistente, fiable y duradera. Algunos especialistas en el campo de la soldadura afirman categóricamente que la calidad de las uniones soldadas, en términos de sus propiedades mecánicas y la frecuencia y magnitud de los defectos presentes, está directamente relacionado con los procedimientos utilizados para soldar, y la calificación de los soldadores y/o operarios que emplean estos procedimientos, esta afirmación no es totalmente cierta.

Hablar de calidad y control en uniones soldadas, conduce necesariamente al concepto de aseguramiento de calidad.

2.3.6. Códigos más utilizados en trabajos de soldadura

Algunos ejemplos donde es severamente estricta la aplicación de los códigos, especialmente en el campo de la soldadura son:

- Industria petroquímica
- Aviación
- Construcción naval
- Recipientes a presión
- Instalaciones nucleares
- Puentes o estructuras metálicas grandes
- Algunas instalaciones militares, etc.

Entre de los códigos más utilizados se pueden mencionar los siguientes.

ASME - American Society Mechanical Engineers

AWS - American Welding Society

API - American Petroleum Society

ASTM - American Society for Testing Materials

ANSI - American National Standards Institute

ABS - American Bureau of Shipping

LR - Lloyd's Register of Shipping

GL- Germanischer Lloyd's

ECCW- European Council for Cooperation in Welding

EN-729- Normas europeas para establecer requisitos de calidad en los procesos de soldadura.

BS:5500- Gran Bretaña (Recipientes a presión).

2.3.7. Aplicación de los ensayos no destructivos

La inspección visual y con líquidos penetrantes requieren, que las discontinuidades se encuentren en la superficie, que estén abiertas o marcadas a esta, para que, en el caso de la inspección por líquidos penetrantes, se tenga una vía de acceso. Y en el caso de la inspección visual, para que el ojo humano sea capaz de notar estas discontinuidades; es esencial una buena limpieza para obtener resultados confiables. Debe tenerse extremo cuidado para asegurar que las piezas estén limpias y secas. En el caso de la inspección por líquidos penetrantes, las indicaciones y la detección de discontinuidades dependen del flujo del penetrante, aun en las pequeñas fisuras, es evidente que el penetrante no puede fluir si la discontinuidad se encuentra tapada con aceite, agua, pintura oxidada o cualquier otra materia ajena. En las normas ANSI/ASME BPV SEC. V, artículo 6, ASTM-E 165 y NOM-B-133-1987, se proporcionan algunas técnicas de limpieza. Por lo que a continuación se muestra un pequeño resumen de los métodos.

2.3.8. Métodos de limpieza

Para seleccionar un buen método de limpieza se debe tener especial cuidado de que éste no enmascare cualquier indicación o que los residuos de los productos de limpieza actúen como contaminantes, influyendo en la sensibilidad del método. Los métodos se clasifican como:

Químicos Mecánicos Por solventes

2.3.9. Limpieza por medios químicos

Este método tiene un efecto poco degradante sobre el acabado superficial, y pueden ser los siguientes.

2.3.9.1. Limpieza Alcalina

La limpieza alcalina, que utiliza hidróxido de sodio en solución, sirve para retirar contaminantes grasos, aceites, cascarilla, material para pulir, grasas vegetales o animales y depósitos de carbón. Este método se aplica en piezas de grandes dimensiones en las cuales las técnicas manuales suelen ser muy laboriosas. Su efectividad depende de las propiedades detergentes del aditivo empleado y su limitación está en la dificultad de enjuague.

2.3.9.2. Limpieza con emulsiones

La limpieza con emulsiones utiliza solventes orgánicos emulsionados en agua, adecuadas para eliminar tintas, lubricantes y fluidos de corte; aceites y grasas derivados del petróleo. Son efectivas y rápidas, pero dejan una película de residuo.

2.3.10. Limpieza por medios mecánicos o físicos

Este tipo de limpieza debe utilizarse con precaución, ya que puede cubrir o enmascarar las discontinuidades. Los principales métodos son:

- Pulido abrasivo
- Limpieza por agua a presión
- Limpieza con vapor de agua
- Limpieza por desengrasado al vapor
- Aplicación de arena seca a alta presión
- Aplicación de arena húmeda a alta presión

2.4. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.

- **ASME.** American Society of Mechanical Engineers

- **ASTM.** American Society for Testing and Materials
- **Capilaridad.** Es una propiedad de los fluidos que depende de su tensión superficial la cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.
- **Control de calidad.** Actividades, herramientas y técnicas utilizadas para verificar si se cumplen los requisitos de calidad de un producto o servicio.
- **Discontinuidad.** Falta de continuidad o interrupción de los cordones de soldaduras, material o producto.
- **Defecto.** Discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, propiedades, etc, son inadmisibles por alguna norma específica.
- **Documentación técnica.** Planos, instrucciones y demás documentación que hacen referencia a la estructura en la que se va a intervenir.
- **Ensayos No Destructivos.** Cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades químicas físicas mecánicas o dimensionales.
- **Inspección.** Acción y efecto de inspeccionar (examinar, investigar, revisar). Se trata de una exploración física que se realiza principalmente a través de la vista.
- **Método de END.** Aplicación de un principio físico a un ensayo no destructivo.
- **Procedimiento:** Descripción de actividades, pautas y mecanismos que controlan parámetros y estándares en el desarrollo de una actividad.
- **Protocolo.** Definición y descripción ordenada de las acciones que se deben realizar.
- **Técnica de END.** Forma específica de utilización de un método de ensayo no destructivo.

2.5. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

2.5.1. Hipótesis general.

La inspección mediante inspección visual, tintes penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas conforme al Código ASME B31.3-2018 a las juntas soldadas asegurara el cumplimiento de la calidad exigidos en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.

2.5.2. Hipótesis específicas.

- Las detecciones de discontinuidades en las juntas soldadas permitirán su posterior evaluación según los criterios del código ASME B31.3-2018.
- El diseño del plan de puntos de inspección durante la etapa de fabricación de las estructuras determinara el cumplimiento del plan de calidad.
- El cumplimiento de las variables esenciales de los requisitos del procedimiento de inspección por tintes penetrantes garantizara la correcta evaluación de las juntas soldadas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO METODOLOGICO.

La recolección de datos debe de ser lo más confiable posible para poder obtener resultados precisos que nos ayuden a analizar las indicaciones que se pueden presentar durante la inspección de las juntas soldadas del proyecto, mediante el método de Ensayos No Destructivos considerando las estipulaciones descritas por el código ASME B31.3, para el caso pertinente.

El presente trabajo se basa en un análisis Cuantitativo – Descriptivo, donde vamos a evaluar los resultados recolectados durante la inspección de tintes penetrantes realizadas a las juntas soldadas de las tuberías de acero, con la finalidad de que las juntas cumplan con las especificaciones que exige el Código ASME B31.3, para la fabricación de tanques, estructuras metálicas y tuberías.

3.1.1. Tipo de investigación.

El análisis de las condiciones de tanques, juntas soldadas, tubería, etc. mediante la inspección por Ensayos NO destructivos a las tuberías de acero del proyecto encomendado a la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. mediante lo especificado en el código ASME B31.3 – 2018; califica a este trabajo de investigación como Cuantitativa – Descriptiva.

3.1.2. Nivel de investigación.

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

3.1.3. Diseño de investigación.

Diseño no experimental; se describe las variables y se analiza su incidencia e interrelación en un tiempo determinado.

Diseño transversal descriptivo, se indaga la incidencia y los valores obtenidos y su influencia en las variables.

3.1.4. Enfoque de la investigación.

Método Correlacional, basado en la observación para un análisis de datos.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.2.1. Población

La población sobre la cual se basa la investigación está constituida por los tanques, estructuras Metálicas del Proyecto, tuberías, etc. en la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.

3.2.2. Muestra

La muestra de nuestra investigación son los tanques, juntas soldadas de las estructuras metálicas, tuberías de los Proyectos que desarrolla la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. en la localidad del Callao - Provincia Constitucional del Callao - Región Callao.

3.3. DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el análisis e interpretación de los datos obtenidos se utilizará la referencia bibliográfica, Código AWS D1.1 y la estadística basada en MS Excel y ANOVA

3.4. PROCEDIMIENTO

En este párrafo se realizará un estudio de la norma ANSI/AWS D1.1:2015, en sus secciones 2, 5 y 6 que corresponden al control de calidad en soldaduras de producción en una estructura metálica, cuyos controles de calidad se realizan mediante inspección visual y líquidos penetrantes que se encuentran claramente definidos en esta norma.

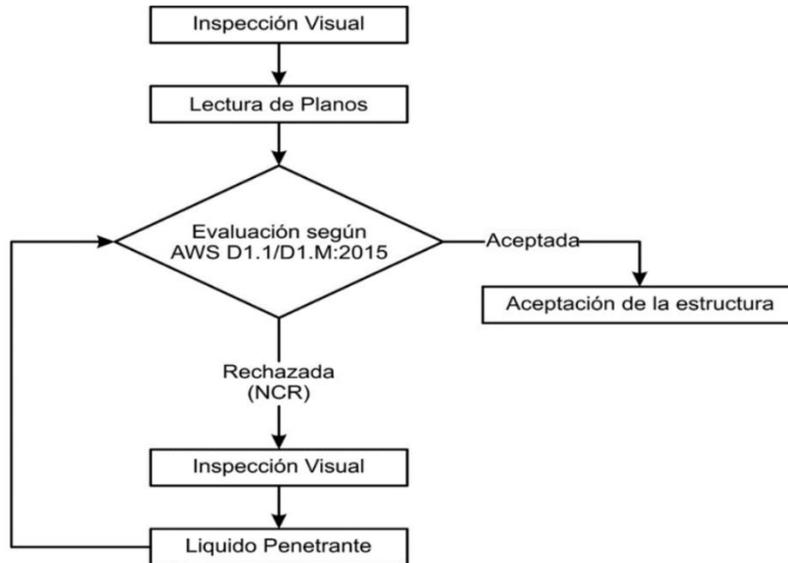


Figura 3. Flujograma del procedimiento de control de calidad

3.4.1. Metodología

El diseño a aplicarse es de investigación no experimental, el nivel de diseño 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 probetas y juntas 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.

El tipo 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 soldadas.

Los requerimientos que son necesarios para la inspección de las juntas soldadas se establecen en el Código AWS D1.1:2015, en sus secciones 2, 5 y fundamentalmente la sección 6 donde se 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 los requerimientos de la obra.

3.4.2. Desarrollo del procedimiento de investigación

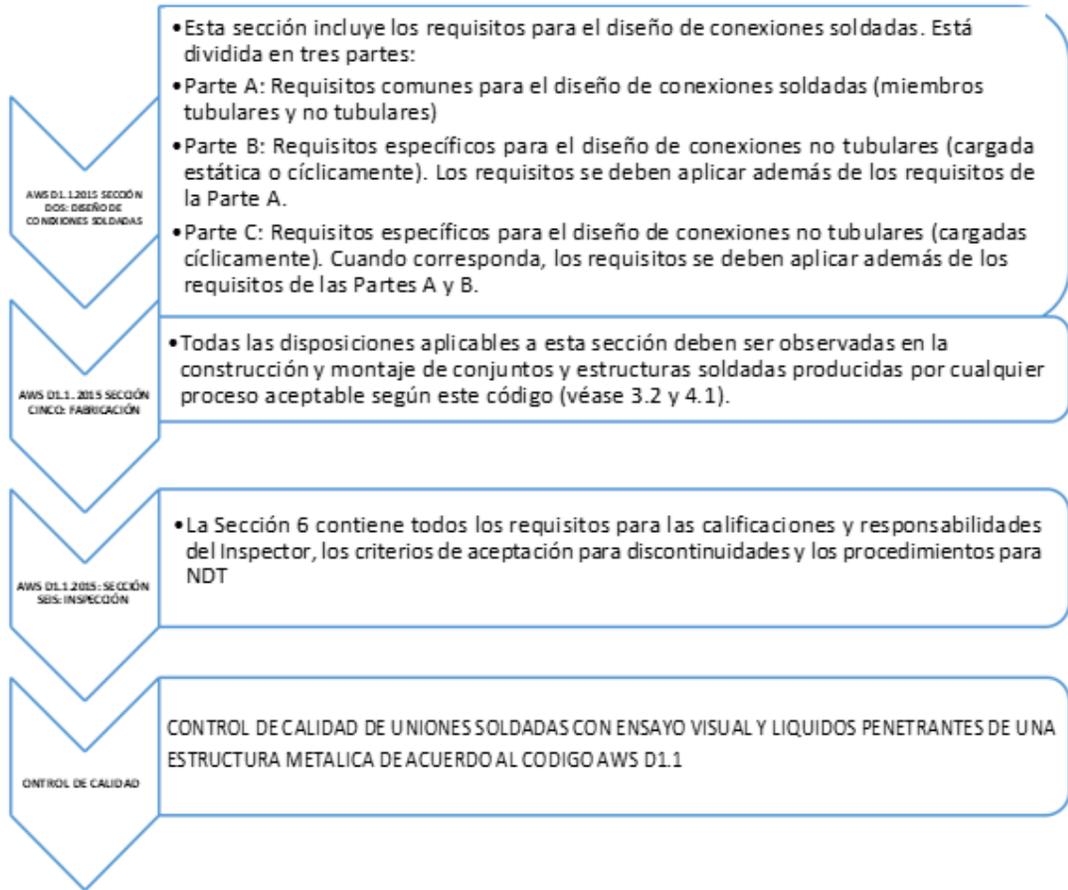


Figura 4. Flujograma del procedimiento de investigación

3.4.3. Técnicas y procedimientos de recolección de datos

Los Tanques, Estructuras Metálicas, Tuberías, etc. de los Proyectos que desarrolla la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. en la localidad del Callao - Provincia Constitucional del Callao - Región Callao, cuenta con coberturas para todo lo relacionada a las juntas soldadas de estos Tanques, Estructuras Metálicas, Tuberías, etc. que están unidas mediante procesos de soldadura, siendo los puntos críticos de las estructuras las juntas soldadas las cuales se examinaron para determinar su resistencia a las condiciones de trabajo a las cuales van a estar sometidas.

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 realiza de la manera siguiente:

Tabla 5. Técnicas y procedimientos de recolección de datos

ANTES DE SOLDAR	DURANTE LA SOLDADURA	DESPUES DE LA SOLDADURA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisar los documentos relacionados ▪ Verificar: WPS, PQR y WPQ ▪ Desarrollar un plan de inspección y registros. ▪ Desarrollar un sistema para identificar rechazos ▪ Chequear equipos de soldadura. ▪ Chequear la calidad del material base y material de aporte. ▪ Chequear la calidad y precisión de las juntas. ▪ Chequeó el montaje y alineamiento. ▪ Chequeó la limpieza de la junta. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chequear las variables. ▪ Inspeccionar visualmente cada pase de soldadura. ▪ Chequear la limpieza entre pases. ▪ Chequear la temperatura entre pases. ▪ Chequear la secuencia de pases. ▪ Chequear las superficies de respaldo. ▪ Realizar ensayos con líquidos penetrantes cuando se requiera. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chequear su apariencia final. ▪ Chequear su tamaño. ▪ Chequear sus longitudes y distancias. ▪ Chequear la precisión dimensional del ensamble soldado. ▪ Realizar ensayos no destructivos (END: Visual de acuerdo a la norma 2015 penetrantes de acuerdo a la norma ASTM E165 (Método de ensayo normalizado para inspección de líquidos penetrantes. Criterios de aceptación. Tabla 6.1 AWS D1.1 ASTM E1417 ▪ Preparar sus reportes de inspección respectivos.

Así mismo 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: 2015.

Para el proceso de calificación se utilizó el proceso de ponderación por puntos, este método nos permitió conocer cuál si la construcción inspeccionada cumple con lo establecido en la norma bajo la siguiente calificación:

Tabla 6. Ponderación por puntos

IMPORTANCIA	CALIFICACIÓN
Alto	3 puntos
Medio	2 puntos
Bajo	1 punto

De acuerdo a lo antes establecido y el número de requerimiento tenemos un total de setenta y dos puntos:

Tabla 7. Rangos de calificación

RANGO	CRITERIO
Puntuación igual o mayor a 52 puntos	CUMPLE
Con mínimo 32 puntos de calificaciones altas	
Puntuación entre 52 y 37 puntos	RE INSPECCIÓN
Con calificaciones altas entre 32 y 21 puntos	
Puntuación menor a 37 puntos	NO CUMPLE
Con calificaciones altas menores a 21 puntos	

3.5. VARIABLES

Variable dependiente

Control de calidad de uniones soldadas con inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas.

Variable independiente

Estructura metálica de acuerdo al código AWS D1.1

3.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El presente proyecto está establecido para comprobar el cumplimiento de la norma AWS D1.1:2015 en juntas de probetas soldadas y de la estructura metálica en estudio, dando así una referencia de lo que actualmente se está realizando, esperando ser un aporte para que en un futuro cercano se pueda tener un porcentaje muy alto de estructuras seguras y confiables para la seguridad de las personas.

Las técnicas de ensayos no destructivos para el control de materiales representan un instrumento imprescindible a la hora de proporcionar la seguridad en una estructura, tanto en la etapa inicial de construcción como durante la vida útil de la misma.

- Realizar un análisis Teórico de la Norma AWS D1.1, sección dos, cinco y seis
- Elaborar formulario de chequeo para inspección visual para las construcciones de altura según la norma AWS D1.1, sección dos, cinco y seis.
- Elaborar guía para verificar el cumplimiento de la Norma AWS D1.1 mediante inspección visual, fundamentándose en la sección dos, cinco y seis.
- Realizar el proceso de inspección visual en construcciones seleccionadas en base a la guía y formulario de chequeo.

Analizar los datos y la información obtenida en el proceso de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas de las probetas elaboradas de las obras Proyectos en la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. en la localidad del Callao - Provincia de Constitucional del Callao - Región Callao.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE PROBETAS SOLDADAS CON EL CÓDIGO AWS D1.1:2015

Para la ejecución de los diferentes ensayos no destructivos con ensayo visual y líquidos penetrantes se realizaron probetas de acuerdo a lo establecido en la normativa AWS D1.1 las mismas que se utilizan para la calificación de soldadores, cuyas dimensiones son 30 x 30 cm. Para la soldadura se escogió el proceso SMAW ya que es el más utilizado en el país y es el que menos discontinuidades presenta al momento de su realización.

Establecido el tipo de soldadura, se procedió a la selección del material base y material de aporte, para lo cual nos regimos a la tabla 3.1 de la normativa AWS D1.12015 p. 49, que nos indica que para un proceso de soldadura tipo SMAW y para una placa de acero de espesor menor a 20 mm, el material base debe ser de especificación A36, y para el material de relleno lo establecemos de acuerdo a la tabla 3.2 de la normativa AWS D1.1.2015 p. 53, que indica que los electrodos recomendados para metales del grupo I son los E60XX y E70XX. La tabla 15 contiene un resumen de los datos del material base a utilizar para un proceso de soldadura SMAW de acuerdo a la tabla 3.1 de la normativa AWS D1.1.

Tabla 8. Metales base aprobados para una soldadura SMAW

Requisitos de la especificación del acero

Grupo	Especificación del acero	Rango de la tracción	Limite elástico máximo	
			ksi	MPa
I	ASTM A36	Menor a 20 mm	36	250

Fuente: Norma ASTM.

En la tabla 16 se observan las especificaciones de los electrodos a utilizar para las probetas con metal base tipo 1 de acuerdo a la tabla 3.1 de la normativa AWS D1.1.

Tabla 9. Especificaciones de electrodos

Metales según grupo para soldadura SMAW y SAW

Grupo de metal base	Especificación AWS del electrodo	SMAW			SAW	
		A5.1. del Acero carbono	A5.5. al Acero de baja aleación	A5.17. Acero al carbono	A5.23. de aleación	Acero baja
I	AWS	E 60XX E 70XX	E 70XX-X	-----	-----	

Fuente: Norma AWS D1.1

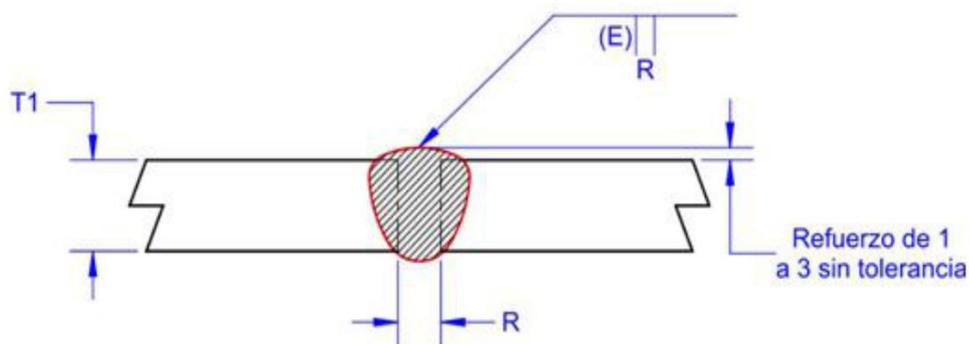
4.2. SELECCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LAS PROBETAS

El tipo de unión que se utiliza en las columnas armadas es la soldadura de canal cuadrada según AWS D1.1 como se muestra en la figura 11.

Los parámetros usados en la preparación de junta a tope en soldadura SMAW según las normas ASME B31.3, ASMEIX y AWS D1.1 son las siguientes:

- Angulo de inclinación de biselado 60°
- Talón 3 mm
- Sin respaldo separación 3 mm
- Con respaldo 6 mm

Figura 5. Soldadura a tope de canal cuadrada



Fuente: AWS D1.1: 2015.

4.3. DISEÑO DE LA JUNTA

El diseño de la junta es un bisel en forma de V, ya que es más utilizado cuando se realizan cordones de soldadura.

La normativa AWS D1.1 figura 3.3 establece que, para una junta en forma de V, el ángulo de la ranura debe ser de 60 grados.

Tabla 10. Detalle de la junta soldada en ranura con junta de penetración completa

Soldadura en ranura en V simple (2) Junta a tope (B) Junta en esquina (C)									
		Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (E)	Notas
Proceso de soldadura	Designación de junta	T ₁	T ₂	Abertura de la raíz Cara de la raíz Ángulo de la ranura	Tolerancias				
					Según detalle (véase 3.12.3)	Según acoplamiento (véase 3.12.3)			
SMAW	BC-P2	1/4 min.	U	R = 0 f = 1/32 min. $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ +10°, -5°	Todas	S	b, e, f, j
GMAW FCAW	BC-P2-GF	1/4 min.	U	R = 0 f = 1/8 min. $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ +10°, -5°	Todas	S	a, b, f, j
SAW	BC-P2-S	7/16 min.	U	R = 0 f = 1/4 min. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 $\pm 1/16$ +10°, -5°	F	S	b, f, j

Fuente: AWS D1.1:2015.

4.4. PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

En esta sección se detalla el proceso de mecanizado del bisel en las probetas de acuerdo a la normativa AWS D1.1 para llevar a cabo el control de calidad del cordón de soldadura aplicando ensayo visual y líquidos penetrantes, así como también el proceso de soldadura de las mismas.

4.4.1. Preparación del material base

Para cada probeta son necesarias 2 placas de 30 x 30 cm. Con la ayuda de la amoladora y un disco de corte apropiado se realizó el corte de un total de 2 placas de dimensiones 30 x 30 cm. a partir de una plancha de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor.

Con las placas ya cortadas se procede a realizar el bisel. Como se requiere una ranura con un ángulo total de 60 grados, se realiza el bisel de cada placa que conforma la probeta con un ángulo de 30 grados.

4.4.2. Realización de la soldadura

Para la realización de las soldaduras, se contó una guía para el proceso de relleno, el cual indica la cantidad de cordones necesarios y la ubicación de los mismos.

1. Se procedió a colocar las placas en la posición correcta, dejando una separación entre placas de 2 mm, como se especifica en la figura 3.3 de la normativa AWS D1.1 (entre 0 y 3 mm).



Figura 7. Ranura tipo V con un ángulo de 60° y separación de 2mm

2. Se realizó el primer cordón de soldadura o base con E 6011 y luego se limpió para el siguiente cordón de soldadura con E7018, luego se realizó el mismo procedimiento hasta completar los pases.



Figura 8. Realización del primer cordón de soldadura

4.5. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL

4.5.1. Objetivo

Estandarizar el desarrollo, interpretación, evaluación y reporte de resultados en la inspección visual directa en cordones de soldadura de estructuras metálicas.

4.5.2. Alcance

Este procedimiento es aplicable para la detección de discontinuidades de tipo superficial en juntas soldadas de ranura o de filete en aceros estructurales mayores que 1/8 pulg. (3 mm de espesor), en base a lo detallado en el Código AWS D1.1.

4.5.3. Documentos de referencia

- AWS D1.1. "Structural Welding Code Steel"
- SNT-TC-1A. "Recommended Practice No. SNT-TC-1A, and ASNT Standard Topical Outlines for Qualification of Nondestructive Testing Personnel"

4.5.4. Criterios de aceptación de la inspección visual de probetas

Para llevar a cabo la inspección visual se evaluó de acuerdo con la normativa AWS D1.1 sección 6.9, (pág. 194 de la normativa AWS) la cual establece que las soldaduras serán aceptables si cumplen los criterios de la tabla 6.1 (pág. 201 de la norma AWS).

A continuación, en la tabla 19 se detallan los criterios de aceptación para realizar una inspección visual según la normativa AWS D1.1.2015.

Tabla 11. Criterios de aceptación para Inspección Visual AWS D1.1: 2015

CATEGORÍAS DE DISCONTINUIDAD	CRITERIO DE ACEPTACION								
1. Prohibición de grietas.	No se deberá aceptar grieta alguna, independientemente del tamaño o la ubicación.								
2. Fusión del metal de soldadura / metal base	Deberá existir fusión completa entre las capas adyacentes del metal base y entre el metal de soldadura y el metal base.								
3. Sección transversal del cráter.	Todos los cráteres deberán rellenarse para proporcionar el tamaño de la soldadura especificada, a excepción de los extremos de las soldaduras de filete intermitente, fuera de su longitud efectiva								
4. Perfiles de soldadura.	Los perfiles de la soldadura deberán estar conforme a la sección 5.23 de AWS D1.1:2015								
5. Tiempo de Inspección.	La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después de que las soldaduras completadas se hayan enfriado a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para ASTM A-514 y A-709 de aceros grados 100W y 690W deberán basarse en la inspección visual efectuada en no menos de 48 horas después de la finalización de la soldadura.								
6. Soldadura sub dimensionada	El tamaño de la soldadura de filete en cualquier soldadura continua puede ser inferior al tamaño nominal especificado (L) sin corrección por las siguientes cantidades (U)								
	<table border="0"> <tr> <td>L (in/mm)</td> <td>U (in/mm)</td> </tr> <tr> <td>≤ 3/16" (5)</td> <td>≤ 1/16" (2)</td> </tr> <tr> <td>1/4" (6)</td> <td>3/32" (2.5)</td> </tr> <tr> <td>≥ 5/16" (8)</td> <td>≥ 1/8" (3)</td> </tr> </table>	L (in/mm)	U (in/mm)	≤ 3/16" (5)	≤ 1/16" (2)	1/4" (6)	3/32" (2.5)	≥ 5/16" (8)	≥ 1/8" (3)
L (in/mm)	U (in/mm)								
≤ 3/16" (5)	≤ 1/16" (2)								
1/4" (6)	3/32" (2.5)								
≥ 5/16" (8)	≥ 1/8" (3)								
	En todos los casos, la parte de la soldadura con tamaño inferior al nominal no deberá exceder del 10% de la longitud de la soldadura.								
	En las soldaduras de alma ala en vigas, se deberá prohibir la reducción en los extremos de una longitud igual al doble del ancho del ala.								
7. Socavamiento	Para materiales menores a 1" (25mm) de espesor, el socavamiento no deberá exceder 1/32" (1mm) con la siguiente excepción: El socavamiento no deberá exceder 1/16" (2mm) para cualquier longitud acumulada hasta 2" (50mm) en cualquier tramo de 12" (300mm). Para el material igual o mayor que 1" de espesor, el socavamiento no deberá exceder 1/16" (2mm) cualquiera sea la longitud de soldadura.								
8. Porosidad	Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular visible. En todas las demás soldaduras en ranura y soldadas en filete, la suma de la porosidad vermicular visible de 1/32" (1mm) o de diámetro mayor, no deberá exceder 3/8" (10mm) en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder 3/4" (20mm) en cualquier tramo de soldadura de 12" (300mm) de longitud.								

Fuente: AWS D1.1: 2015.

4.5.5. Reporte de Inspección visual directa de probetas

Para el caso de la presente tesis se utilizó la técnica de inspección directa, se realizó la inspección a una distancia no mayor a 24 pulgadas [600 mm] con respecto al ojo y con un ángulo no menor a 30°. ya que se analizaron probetas cuyas dimensiones permiten una total manipulación de las mismas y únicamente será necesario el uso de herramientas básicas como son fuentes de luz y herramientas ópticas.

Tabla 12. Reporte de inspección visual de probeta soldada

PROYECTO: Trabajo de Investigación	Realizado por : Bach. Jack Danny Chauca Arambulo
DESCRIPCION: Probeta con junta de penetración completa	Tesista de la EPIM-UNJFSC
NORMA: AWS D1.1.2015	Supervisado por: Asesor de Tesis. Ing. José Alonso Toledo Sosa
Lugar de ejecución: Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.	Fecha : Octubre del 2021

ITEM 2: ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA

Procedimiento: AWS D1.1.	Posición: Plana horizontal 1G
Tipo: Soldadura CJP de un solo lado	Técnica: Cordón rectilíneo Raíz acabada
Abertura de raíz : 3 mm	Proceso : SMAW
Tipo de unión : a tope	Tipo: Manual

ITEM 3: ESPECIFICACIONES METAL BASE Y DE APORTE

Especificaciones del material base:	Acero estructural
Tipo o grado:	ASTM A-36
Resistencia a la tracción:	40.8- 56.10 Kg/mm ²
Límite de fluencia:	25.3 Kg/mm ²
Espesor :	6.00 mm
Metal de aporte:	AWS E-8010 y E-0111
Amperaje voltaje:	90 A/35 V

Figura 9. Inspección visual directa – ensayo N° 1



ITEM 4: INSPECCION VISUAL DIRECTA

Ensayo N° 1	Pieza: Probeta soldada
Lugar de ejecución: Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.	Realizado por : Bach. Jack Danny Chauca Arambulo
Estado Superficial Libre de corrosión	Flujo del aire del medio: estático
Tipo de Iluminación: Natural	Temperatura: 15 – 20°C

PROCEDIMIENTO

Limpieza inicial	Lijar y cleaner marca Spot Check.
Instrumentos de evaluación	Galgas, vernier, lupa, cámara fotográfica
Instrumento de verificación	AWS D1.1 sección 6.9.
Tiempo de evaluación	30 minutos aproximadamente

Figura 10. Procedimiento de inspección visual directa



Medición de espesor de plancha



Medición de altura del filete



Medición de ancho de cordón de soldadura



Evaluación de discontinuidades

RESULTADOS

Descripción	Cumple	No cumple
Grietas: No hay presencia de grietas en la superficie de la soldadura.	X	
Fusión del metal base/soldadura: Existe fusión completa entre las capas adyacentes del metal base y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	
Sección transversal del cráter: Se presentaron inicialmente varios cráteres de fusión de soldadura los mismos que fueron rellenados para proporcionar un tamaño de soldadura adecuado.	X	
Perfil de soldadura: El perfil de soldadura se realizó de acuerdo a los criterios AWS D1.1: 2015	X	
Socavamiento: Existe socavado menor a 1 mm = aprueba	X	
Porosidad: El cordón presenta porosidad normal que no representa discontinuidades	X	

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

La soldadura no presenta grietas que es el principal factor presentado por los criterios de aceptación en la Tabla 6.1 de la AWS D1.1, además se puede observar que la fusión de material base es adecuada, se presentan varios cráteres de fusión de soldadura los mismos que serán rellenados para proporcionar un tamaño de soldadura adecuado, no se presenta socavado en la soldadura.

CALIFICACION

Con la finalidad de llegar a esta calificación se ha trabajado con dos probetas adicionales, eligiendo el que presento el mejor resultado. Las probetas ensayadas cumplen con varios de los criterios de aceptación de la normativa AWS D1.1:2015, según la metodología de inspección.

El análisis visual en el espécimen evaluado indica que la soldadura es adecuada y no presenta discontinuidades relevantes.= Aprueba.

4.6. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES TIPO II, METODO C

Para el ensayo de líquidos penetrantes se prepararon las mismas probetas soldadas para realizar el ensayo visual de acero estructural ASTM A-36 de 30 x 30 cm. en las cuales se utilizaron como material de aporte electrodos E0810 y E0111 y así poder verificar si existen discontinuidades en la soldadura, todo esto según los criterios de aceptación presentados por la AWS D1.1. Capítulo 6 Apartado C y según la tabla 6.1 además de la Norma ASTM E 165.

Los líquidos penetrantes que se utilizaron fueron de color rojo removible con solvente marca Spot Check

Tabla 13. Clasificación de líquidos penetrantes según norma ASTM E165

Tipo I	
Fluorescente	
Método A	Lavable con agua (ASTM E-1200)
Método B	Postemulsificable lipofílico (ASTM E-1208)
Método C	Removible con solvente (ASTM E-1219)
Método D	Postemulsificable Hidrofílico (ASTM E-1210)

TIPO II	
Coloreados	
Método A	Lavables con agua (ASTM E-1418)
Método C	Removibles con solvente (ASTM E-1220)

4.6.1. Objetivo

Estandarizar el desarrollo, interpretación, evaluación y reporte de resultados en la inspección por líquidos penetrantes visibles tipo II, método C en cordones de soldadura de estructuras metálicas.

4.6.2. Alcance

Este procedimiento es aplicable para la detección de discontinuidades de tipo superficial en juntas soldadas de ranura o de filete en aceros estructurales mayores a 1/8 pulg. (3 mm de espesor), en base a lo detallado en el Código AWS D1.1

4.6.3. Documentos de referencia

- ASTM E 1417. “Standard Practice for Liquid Penetrant Testing”
- ASTM E 165. “Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry”
- AWS D1.1. “Structural Welding Code Steel” -

4.6.4. Reporte de inspección con líquidos penetrantes de probetas soldadas

Se utilizaron los métodos estándar establecidos en ASTM E 165 para la inspección con líquidos penetrantes y las normas de aceptación deberán cumplir con la Sección 6, Parte C del código AWS D.1.1:2015.

Para la inspección visual con líquidos penetrantes se utilizó un kit de tintas penetrantes de la marca “Spot Check” el cual consta de un líquido limpiador, un líquido penetrante y un líquido revelador, los cuales se aplicaron como indica la siguiente figura.

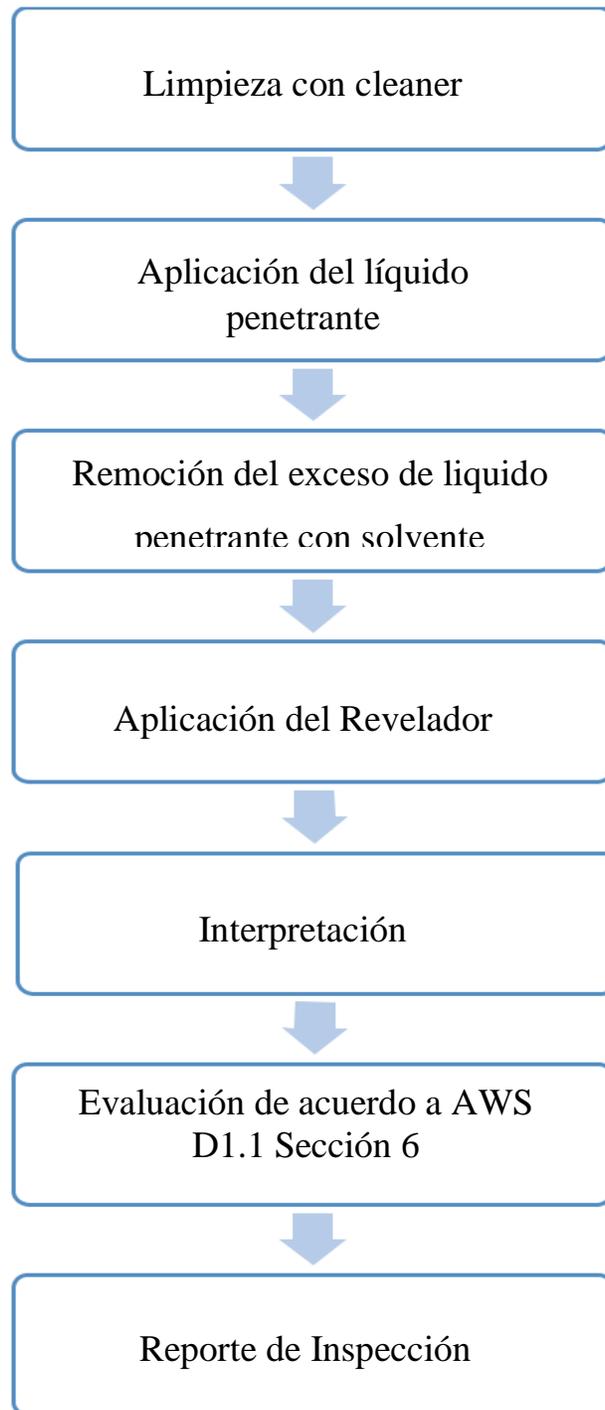


Figura 14. Procedimiento de inspección con LP

Una vez realizado el ensayo no destructivo por el método de líquidos penetrantes coloreados se ha desarrollado un formato para el manejo de la información obtenida, el mismo que incorpora las mejores características de los diversos tipos de formatos encontrados para una mejor comprensión de los resultados, en el que se establecen las especificaciones del proceso en general, como son la posición de soldeo, el tipo de material de aporte, los defectos hallados en las probetas y demás parámetros considerados como relevantes, tal como se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 14. Reporte de inspección por líquidos penetrantes de probetas soldadas

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA
REPORTE DE INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES**

ITEM 1: DATOS INFORMATIVOS

PROYECTO: Tesis	Realizado por : Bach. Jack Danny Chauca Arámbulo: Tesisista de la EPIM-UNJFSC
DESCRIPCION: Probeta con junta de penetración completa	Supervisado por: Asesor de Tesis. Ing. José Alonso Toledo Sosa
Lugar de ejecución: Empresa MARINE CONSULTANTS SAC	Fecha : Agosto del 2021

ITEM 2: ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA

Procedimiento: AWS D1.1.	Posición: Plana horizontal 1G
Tipo: Soldadura CJP de un solo lado	Técnica: Cordón rectilíneo Raíz acabado
Abertura de raíz : 3 mm	Proceso : SMAW
Tipo de unión : a tope	Tipo: Manual

ITEM 3: ESPECIFICACIONES METAL BASE Y DE APORTE

Especificaciones del material base:	Acero estructural
--	-------------------

Tipo o grado:	ASTM A-36
Resistencia a la tracción:	40.8- 56.10 Kg/mm ²
Límite de fluencia:	25.3 Kg/mm ²
Espesor :	6.00 mm
Metal de aporte:	AWS E-6011 y E-7018
Amperaje voltaje:	90 A/35 V

4.7. CONTROL DE CALIDAD DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Las Estructuras Metálicas Proyecto fabricación y montaje de tijerales tubulares metálicos e instalación de correas metálicas con perfiles de tubería rectangular en cerco perimétrico, para el “mejoramiento y ampliación del espacio recreativo familiar en el Complejo El Tumi – Distrito de Huaura - Región Lima Provincias, 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 la estructura las juntas soldadas las cuales se examinaron 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 D1.1:2015.

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

- a) Inspección visual de las estructuras metálicas del proyecto mejoramiento y ampliación del espacio recreativo familiar del Club Tennis en la localidad de la Campiña de Santa María - Provincia de Huaura - Región Lima Povincias.
- 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: 2015 de acuerdo a la inspección para la generación de reportes:
- Reporte de fallas (NRC) y posible corrección de la falla.
 - Informe de aceptación.
- e)** Aplicación de ensayo no destructivo a posibles defectos o defectos detectados:
- Inspección visual.

CAPITULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. DISCUSIÓN

Se vive en un mundo internacionalizado, de globalización de la economía y de libre comercio, donde existe una elevada competencia desde el exterior, y la necesidad de encontrar nuevos mercados en otros países. Los códigos, especificaciones y procedimientos de soldadura son recomendados para su aplicación en la industrias metalmeccánicas afines con la tecnología de soldadura dado que garantizan confiabilidad y aseguramiento en un producto terminado con óptima calidad debido a sus exigencias tecnológicas y son la documentación básica que rige y guía la práctica de soldadura aplicables para: i) fabricar productos soldados que cumplan con la calidad y seguridad del trabajador requerida, ii) suministrar una real y razonable protección a la vida, la propiedad y el medio ambiente. (Niebles et al., 2008)

En la actualidad, uno de los métodos más importantes para la unión de piezas y conjuntos metálicos en general en las industrias que aportan al producto interno bruto y adelanto en Infraestructura de países desarrollados y en vías de desarrollo es la soldadura y sus tecnologías (Camillero et al., 2007; Wang y Liu, 2004; Méndez, 1999); por tanto es responsabilidad de las empresas fabricantes de productos soldados comprobar que la calidad de sus productos este de conformidad con los requerimientos del cliente y lo establecido en códigos y especificaciones de soldadura, y un primer paso para asegurar la calidad de sus productos y la idoneidad y habilidad de sus soldadores es

elaborando procedimientos de soldadura que permitan garantizar la compatibilidad del metal de soldadura depositado con el metal base utilizado y calificando a sus soldadores y punteadores acorde con el procedimiento de soldadura calificado, esta evaluación de los soldadores es muy importante para la empresa, dado que permite garantizar el desarrollo de uniones soldadas de alta calidad y además da garantía, buen nombre y confiabilidad a la empresa como al soldador, responsables de la aplicación de soldadura. Así mismo es importante que dentro del contexto de investigación, innovación y desarrollo de procesos mixtos e híbridos en soldadura, de nuevos materiales base y de aporte, y caracterización mecánica y microestructural de soldaduras y recubrimientos superficiales llevadas a cabo por instituciones tecnológicas, universidades y centros de investigación; las aplicaciones de soldadura (Bolaños et al., 2006; Dunder, 2006; Baldomir et al., 2005) estén soportadas además de personal capacitado, calificado y entrenado para tal fin debe estar soportado también por procedimientos de fabricación, ensamble y soldadura que garanticen la confiabilidad de los resultados obtenidos y por ende de las uniones soldadas

Se presenta los resultados obtenidos por la implementación del sistema de control de calidad de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C., verificando las no conformidades en los procesos de fabricación encontrados con mayor frecuencia.

5.2. CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de control de calidad basado en las normas ASME B31.3, ASME B31.1, ASME IX y AWS D1.1, en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C, se obtuvo la mejora en la eficiencia de los procesos de soldadura en la fabricación y montaje de tuberías, tanques y estructuras reduciendo las no conformidades y el tiempo de entrega de los productos terminados. Para el cumplimiento de los objetivos se confeccionó, los formatos estandarizados WPS, PQR, WPQ, VT, PT y formatos de liberación para el área de soldadura.
- Con el proyecto de implementación se mejoró los tiempos en el proceso de soldadura reduciendo el tiempo de reproceso en 85.93% de horas hombre y 86.58% de horas máquina, con el cual se mejora el tiempo de entrega de los elementos fabricados, así mismo se mejorará las no conformidades internas en el proceso de fabricación. Así se mejora también el servicio de fabricación cumpliendo con las necesidades y requerimiento de los clientes. Con el proyecto de implementación del sistema de control de calidad para procesos de soldadura, se obtendrá mejoras enormes con la optimización de recursos económicos, con la reducción de pago de horas hombre y materiales para los reprocesos.

5.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de un sistema de control de calidad en otras áreas de la empresa a fin de minimizar el tiempo de entrega de los proyectos.

- Realizar trabajos de soldadura en taller de fabricación o montaje, se deberá usar todos los implementos de seguridad (EPP), para protección de los humos metálicos generados por la soldadura y las esquirlas metálicas.
- Se recomienda actualización de formatos según actualización de las normas y códigos de referencia de este proyecto Se recomienda para el personal de control de calidad hablar el idioma inglés debido a que las normas recientes y actualizadas de soldadura son publicadas en dicho idioma.

CAPITULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. American Society of Mechanical Engineers. (2018). *ASME 31.3-2018 Process Piping - ASME*. New York, USA. Recuperado el Enero de 2020, de <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b31-3>
2. American Iron And Steel Institute. (s.f.). *American Iron and Steel Institute*. (The New Steel) Recuperado el Enero de 2020, de <https://www.steel.org/>
3. ASTM International. (2012). *ASTM E165/165M-12 Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry*. West Conshohocken, Pensilvania, USA. Recuperado el Enero de 2020, de <https://www.astm.org>
4. Baldárrago Berroa, R. (2015). *Inspección visual y líquidos penetrantes en uniones soldadas*. Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de Procesos, Arequipa, Perú. Recuperado el Enero de 2020, de <http://repositorio.unsa.edu.pe>
5. Ceron Ramos, B. (2019). *Control de calidad de soldadura industriales mediante Ensayos No Destructivos (END)*. Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, Ayacucho, Perú. Recuperado el Noviembre de 2019, de <http://repositorio.unsch.edu.pe/>

6. Izurieta Yáñez, S. (2017). *Evaluación de defectos y discontinuidades de la soldadura por medio de la aplicación de Ensayos No Destructivos, en la fabricación de tuberías de 3000 mm de diámetro*. Tesis de pre grado, Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador, Ingeniería Industrial, Guayaquil, Ecuador. Recuperado el Enero de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/>
7. Rodríguez Rendón, V. (2017). *Diseño de una línea de inspección mediante líquidos penetrantes para piezas de aluminio en la industria aeronáutica*. Tesis de pregrado, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias, Cádiz, España. Recuperado el Enero de 2020, de <https://rodin.uca.es>
8. Suarez, P. R. (2017). *Valorización de los cordones de soldadura en las tuberías de proceso mediante la inspección de tintas penetrantes, gammagrafía industrial y ultrasonido avanzado en la Planta de almacenamiento de GLP ubicado en Monteverde, Provincia de Santa Elena*. Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ingeniería Industrial, Santa Elena, Ecuador. Recuperado el Enero de 2020, de <https://repositorio.upse.edu.ec>
9. US Army. (2016). *NONDESTRUCTIVE INSPECTION METHODS, BASIC THEORY*. (A. d. Aérea, Ed.) Virginia, USA: US Army and www.survivalebooks.com. Recuperado el Setiembre de 2020, de armypubs.army.mil
10. Lovejoy S. (2008). Acoustic Emission Testing of Beams to Simulate SHM of Vintage Reinforced Concrete Deck Girder Highway Bridges. *Structural Health Monitoring* 7: 329-346 Maji A., Sahu R. (1994).

- 11.** Acoustic Emissions from Reinforced Concrete. *Experimental mechanics* 12: 379-388
Miclic D.; Milovanovic B. (2009).
- 12.** Testing of compressive and bending strength of concrete and monitoring acoustic emission parameters. Conference of Non-Destructive Testing in Civil Engineering, Nantes, France. Nair A. (2003).
- 13.** Acoustic emission monitoring and quantitative evaluation of damage in reinforced concrete members and bridges. Thesis for master degree, Department of Civil and Environmental Engineering, Louisiana State University.
- 14.** ARHES (2009). Deliverable D16: Recommendation on the use of soft, diagnostic and proof load testing. Proyecto Europeo VI Programa Marco. Pagina Web, URL. . [Consulta noviembre 2009].

A N E X O S

Anexo 1: Matriz de Consistencia:

“CONTROL DE CALIDAD DE UNIONES SOLDADAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON INSPECCIÓN VISUAL, LIQUIDOS PENETRANTES. PARTÍCULAS MAGNÉTICAS Y EMISIONES ACUSTICAS EN LA EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C. – CALLAO 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MÉTODOS/ TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<p>Problema General</p> <p>¿De qué manera se mejorará el proceso de soldadura en la fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?</p> <p>Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿De qué manera se mejorará la calidad de la soldadura en el proceso de soldeo de la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.? ▪ ¿De qué manera se mejorarán los tiempos en el proceso de soldeo de tuberías, tanques y estructuras en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.? ▪ ¿De qué manera se reducirán los costos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.? 	<p>Objetivo general</p> <p>Implementar un sistema de control de calidad para mejorar la eficiencia de los procesos de soldadura en la fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías, en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementar un sistema de control de calidad para mejorar la calidad del proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. ▪ Implementar un sistema de control de calidad para reducir los tiempos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. ▪ Implementar un sistema de control de calidad para reducir los costos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. 	<p>Hipótesis general.</p> <p>La inspección mediante inspección visual, tintes penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas conforme al Código ASME B31.3-2018 a las juntas soldadas asegurara el cumplimiento de la calidad exigidos en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.</p> <p>Hipótesis específicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Las detecciones de discontinuidades en las juntas soldadas permitirán su posterior evaluación según los criterios del código ASME B31.3-2018. ▪ El diseño del plan de puntos de inspección durante la etapa de fabricación de las estructuras determinara el cumplimiento del plan de calidad. ▪ El cumplimiento de las variables esenciales de los requisitos del procedimiento de inspección por tintes penetrantes garantizara la correcta evaluación de las juntas soldadas. 	<p>Variables</p> <p>Variable Independiente (X):</p> <p>X: Tanques de almacenamiento, estructuras metálicas y tuberías.</p> <p>Variable dependiente (Y):</p> <p>Y: Control de calidad de uniones soldadas con inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas.</p> <p>Indicadores:</p> <p>La norma ISO 9001:2008 la define como: La capacidad de un conjunto de características intrínsecas para satisfacer requisitos. Mejoramiento continuo de la producción. Reducción al mínimo de los gastos y los costos operacionales, sin disminuir la calidad del producto.</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Tesis descriptiva y correlacional.</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>El diseño a aplicarse es de investigación no experimental, el nivel de diseño 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 probetas y juntas 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 tanques de almacenamiento, estructuras metálicas y tuberías con respecto a las uniones soldadas.</p> <p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis documental. ▪ Control de las variables del proceso. 	<p>Se usará como instrumento equipos de ultrasonido, radiografía industrial. Además:</p> <p>Norma ISO 9001-2008 - Registros de producción - Catálogos - Encuestas - Registros oficiales - Estados financieros de la empresa - Observación directa.</p>



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Chauca Arámbulo Jack Danny	71719015	05 de abril del 2022
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Toledo Sosa, José Alonso	80302533	0000-0002-8278-1538
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Legua Cárdenas José Antonio	08832152	0000-0002-4978-4980
Gálvez Torres, Edwin Guillermo	15592688	0000-0002-7421-4453
Ramos Pacheco Ronald Luis	15615274	0000-0003-2036-1068

CONTROL DE CALIDAD DE UNIONES SOLDADAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON INSPECCIÓN VISUAL, LIQUIDOS PENETRANTES. PARTÍCULAS MAGNÉTICAS Y EMISIONES ACUSTICAS EN LA EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C. – C

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	myslide.es Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	2%
3	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	1%
4	updocs.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
6	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%

**Control de calidad de uniones soldadas en tanques de almacenamiento con
inspección visual, líquidos penetrantes. Partículas magnéticas y emisiones acústicas
en la empresa Marine Consultants S.A.C. – Callao 2021”**



**Dr. José Antonio LEGUA CARDENAS
PRESIDENTE**



**Dr. Edwin Guillermo GALVEZ TORRES
SECRETARIO**



**M(o) Ronald Luis RAMOS PACHECO
VOCAL**



**Ing. José Alonso TOLEDO SOSA
ASESOR**

DEDICATORIA

A mis Queridos Padres, a quienes amo y respeto; siempre estuvieron a mi lado compartiendo las buenas y malas experiencias que la vida te ofrece, me apoyaron y aconsejaron permanentemente para ser un Profesional.

A todas las personas que me apoyaron e hicieron posible la presentación de este trabajo de investigación.

Jack Danny

AGRADECIMIENTO

A mi querida Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica y Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, Profesores y compañeros de estudio, fue una excelente experiencia haberla compartida con ustedes, no la olvidare y gracias por todo.

A la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. donde me abrieron las puertas para trabajar y he aprovechado esa oportunidad para realizar este trabajo de investigación y poder titularme de Ingeniero Metalúrgico.

Aprovecho la oportunidad para agradecer por el asesoramiento y apoyo recibido por el Ing. José Alonso Toledo Sosa.

Jack Danny

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	v
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCION	xiii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	01
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	02
1.2.1 Problema General	02
1.2.2 Problemas Específicos	02
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	02
1.3.1 Objetivo General	02
1.3.2 Objetivos Específicos	02
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	03
1.4.1. Justificación	03
1.4.2. Económica	03
1.4.3. Social	03
	viii

1.5	IMPORTANCIA DEL PROYECTO	03
1.6.	ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	04
1.7.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	05
	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	06
2.1	ANTECEDENTES EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C.	06
2.1.1	Organización de la empresa	07
2.1.1.1	Directorio	07
2.1.1.2	Plana Ejecutiva	08
2.1.2	Visión y misión de la empresa	09
2.1.2.1	Visión	09
2.1.2.2	Misión	09
2.1.3	Productos y/o servicios	10
2.1.3.1	Ensayos No Destructivos	10
2.1.3.2	Ensayos Destructivos	10
2.1.3.3	Vibraciones	11
2.1.3.4	Corrosión	11
2.1.3.5	Gestión de Calidad	11
2.1.4	Control de Calidad	11
2.1.4.1	Inspector de soldadura	13
2.2	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.2.1	Nacionales	17
2.2.2	Internacionales	21
2.3	BASES TEÓRICAS	27

2.3.1	Ensayos destructivos	27
2.3.2	Ensayos No Destructivos	27
2.3.3.	Aceros A572	29
2.3.3.1.	Propiedades mecánicas	30
2.3.3.2.	Aplicaciones	31
2.3.4.	Ensayos no destructivos en el control de calidad	31
2.3.5.	Control de calidad en uniones soldadas	34
2.3.6.	Códigos más utilizados en trabajos de soldadura	33
2.3.7.	Aplicación de los ensayos no destructivos	34
2.3.8.	Métodos de limpieza	35
2.3.9.	Limpieza por medios químicos	35
2.3.9.1.	Limpieza alcalina	35
2.3.9.2.	Limpieza con emulsiones	35
2.3.10.	Limpieza por medios mecánicos o físicos	36
2.4	DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS	36
2.5	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	37
2.5.1	Hipótesis General	37
2.5.2	Hipótesis Específicas	37
	CAPITULO III: METODOLOGÍA	39
3.1	DISEÑO METODOLÓGICO	39
3.1.1	Tipo de la investigación	39
3.1.2	Nivel de la investigación	40
3.1.3	Diseño de la investigación	40

3.1.4	Enfoque de la investigación	40
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1	Población	40
3.2.2	Muestra	40
3.3	DISEÑO ESTADISTICO	41
3.4	PROCEDIMIENTO	41
3.4.1	Metodología	41
3.4.2	Desarrollo del procedimiento de investigación	43
3.4.3	Técnicas y procedimientos de recolección de datos	43
3.5	VARIABLES	45
3.6	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	46
	CAPITULO IV: RESULTADOS	47
4.1	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE PROBETAS SOLDADAS CON EL CÓDIGO AWS D1.1:2015	47
4.2	SELECCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LAS PROBETAS	48
4.3	DISEÑO DE LA JUNTA	49
4.4	PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS	50
4.4.1	Preparación del material base	50
4.4.2	Realización de la soldadura	51
4.5	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL	52
4.5.1	Objetivo	52
4.5.2	Alcance	52
4.5.3	Documentos de referencia	52

4.5.4	Criterios de aceptación de la inspección visual de probetas	52
4.5.5	Reporte de Inspección visual directa de probetas	54
4.6	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES TIPO II, METODO C	58
4.6.1	Objetivo	59
4.6.2	Alcance	59
4.6.3	Documento de referencia	59
4.6.4	Reporte de inspección con líquidos penetrantes de probetas soldadas	59
4.7.	CONTROL DE CALIDAD DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA	62
	CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1.	DISCUSIÓN	65
5.2.	CONCLUSIONES	67
5.3.	RECOMENDACIONES	67
	CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN	69
6.1	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS:	
	Anexo 1: Matriz de Consistencia	73

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama General	08
Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso de Inspección Visual	24
Figura 3. Flujograma del procedimiento de control de calidad	41
Figura 4. Flujograma del procedimiento de investigación	43
Figura 5. Soldadura a tope de canal cuadrada	49
Figura 7. Ranura tipo V con un ángulo de 60° y separación de 2 mm	51
Figura 8. Realización del primer cordón de soldadura	52
Figura 9. Inspección visual directa – ensayo N° 1	55
Figura 10. Procedimiento de inspección visual directa	56
Figura 11. Procedimiento de inspección con LP	60

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características Físicas	30
Tabla 2. Características Químicas	30
Tabla 3. Propiedades Mecánicas	30
Tabla 4. % Elongación	31
Tabla 5. Técnicas y procedimientos de recolección de datos	44
Tabla 6. Ponderación por puntos	45
Tabla 7. Rangos de calificación	45
Tabla 8. Metales base aprobados para una soldadura SMAW	48
Tabla 9. Especificaciones de electrodos	48
Tabla 10. Detalle de la junta soldada en ranura con junta de penetración completa	50
Tabla 11. Criterios de aceptación para Inspección Visual AWS D1.1: 2015	53
Tabla 12. Reporte de inspección visual de probeta soldada	54
Tabla 13. Clasificación de líquidos penetrantes según norma ASTM E165	58
Tabla 14. Reporte de inspección por líquidos penetrantes de probetas soldadas	61

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal la mejora de la calidad del proceso de soldadura en la fabricación de tanques, estructuras e instalación de tuberías en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C., esto se logra mediante la implementación de un sistema de control de calidad en los procesos de soldadura ejecutados por la empresa. Con la implementación del sistema se pretende minimizar y/o eliminar el porcentaje de no conformidad en el proceso de soldadura, así mismo se asegurará la calidad de la soldadura y satisfacción del cliente con el cumplimiento en los tiempos de entrega. El desarrollo de la presente investigación se basa en las normas y códigos ASME B31.3, ASME B31.1, ASME IX y la norma AWS D1.1, que regulan los procesos constructivos de tanques, estructuras e implementación de tuberías mediante el proceso de soldadura. También, en la presente investigación, se muestra la rentabilidad de la inversión con la implementación del proyecto. En el primer capítulo se identifican los problemas más frecuentes que se tiene en el proceso de soldadura de tuberías y en la fabricación de tanques y estructuras por la falta de un departamento de control de calidad que realice el seguimiento oportuno del proceso de fabricación e instalación en las obras contratadas. En el segundo capítulo se presenta los antecedentes del trabajo de investigación, seguido por el marco teórico correspondiente a procesos de soldadura y su seguimiento basado en las normas que regulan dicho proceso. En el tercer capítulo se definen las variables dependientes e independientes con sus respectivos indicadores y la metodología de estudio usada para el trabajo de investigación. En el cuarto capítulo se determina la causa del problema y se detalla la solución del problema identificado

indicando la forma de llevar el control de calidad basado en las normas que regulan este proceso, también se realiza la evaluación económica donde se determina la factibilidad del proyecto que es la implementación de un sistema de control de calidad para procesos de soldadura. Y en el quinto y último capítulo se presenta la discusión de los resultados y el análisis de los resultados con la implementación del sistema de control de calidad. Igualmente se presentas las conclusiones de la presente investigación y finalmente se presentan las conclusiones.

Palabras Claves: Sistema de Gestión, Calidad, Soldadura, Procesos.

ABSTRACT

The main objective of this research is to improve the quality of the welding process in the manufacture of tanks, structures and installation of pipes in the company MARINE CONSULTANTS SAC, this is achieved through the implementation of a quality control system in the processes of welding executed by the company. With the implementation of the system, it is intended to minimize and/or eliminate the percentage of non-conformity in the welding process, as well as to ensure the quality of the welding and customer satisfaction with compliance with delivery times. The development of this research is based on the standards and codes ASME B31.3, ASME B31.1, ASME IX and the AWS D1.1 standard, which regulate the construction processes of tanks, structures and implementation of pipes through the process of welding. Also, in the present investigation, the profitability of the investment with the implementation of the project is shown. The first chapter identifies the most frequent problems encountered in the process of welding pipes and in the manufacture of tanks and structures due to the lack of a quality control department that performs timely monitoring of the manufacturing and installation process in the contracted works. In the second chapter, the background of the research work is presented, followed by the theoretical framework corresponding to welding processes and their monitoring based on the regulations that regulate said process. In the third chapter, the dependent and independent variables are defined with their respective indicators and the study methodology used for the research work. In the fourth chapter, the cause of the problem is determined and the solution of the identified problem is detailed, indicating the way to carry out quality control based on the norms that regulate this

process, the economic evaluation is also carried out where the feasibility of the project is determined. is the implementation of a quality control system for welding processes. And in the fifth and last chapter, the discussion of the results and the analysis of the results with the implementation of the quality control system are presented. Likewise, the conclusions of the present investigation are presented and finally the conclusions are presented.

Keywords: Management System, Quality, Welding, Processes.

INTRODUCCIÓN

La industria metalmecánica en el Perú se inició hace más de 100 años, siendo uno de los sectores sobresalientes de la economía nacional tanto por la contribución de nuevas tecnologías a las grandes, medianas y pequeñas industrias en los sectores de minería, energía, hidrocarburos, transporte, pesquera, industrias alimentarias y otras actividades en general, también es importante por la generación de puestos de trabajo, tanto para profesionales y técnicos involucrados en el rubro de manera directa e indirecta. La industria metalmecánica brinda servicios de fabricación y montaje mecánico de equipos, puentes, plantas concentradoras de mineral, plantas de generación de energía eléctrica, plantas industriales de alimentos y otras industrias en general, las cuales se encuentran directamente relacionados con los procesos de soldadura, para la realización de uniones de metales mediante la fusión de metal base y metal de aporte. El proceso de soldadura es ampliamente utilizado en la industria metalmecánica, debido a que es la única forma de realizar unión de dos metales de forma permanente, para ello se utiliza variedad de procesos de soldadura existentes los cuales requieren un exhaustivo seguimiento de control de calidad para el cumplimiento de los estándares fijados por las normas y códigos que rigen los procesos fabriles. En consecuencia, el control de calidad xv en las empresas metalmecánicas es de suma importancia debido a la estandarización de los procesos y servicios que se ofrecen. Existen empresas en el sector metalmecánico con el área de control de calidad implementado que garantizan la entrega de productos fabricados de acuerdo con normas

técnicas que regulan dichos procesos constructivos, estas empresas cuentan con profesionales calificados y certificados por instituciones nacionales e internacionales que significan una competencia fuerte en el rubro frente a empresas que no cuentan con un sistema de control de calidad implementado. La implementación de un sistema de control de calidad que verifique el cumplimiento de los procesos de acuerdo con las normas y códigos que tiene como objetivo mejorar la calidad, reducir el tiempo y costos en el proceso de soldeo. Las fuentes de información para los procesos de soldadura son los códigos ASME B31.3, ASME B31.1, ASME IX y AWS D1.1 entre otros, los cuales rigen la etapa de construcción y montaje de los elementos fabricados en la industria metalmecánica. La industria metalmecánica que tiene implementado un departamento de control de calidad con supervisores certificados y la infraestructura necesaria no presenta limitaciones en cuanto a su actividad comercial.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño y fabricación de recipientes a presión ha sido estudiado desde el siglo XVIII, promoviendo las bases para los actuales códigos y normas que rigen el diseño y fabricación para recipientes a presión y tanques atmosféricos. Sin embargo, existen otras consideraciones importantes que complementan lo establecido por estos códigos y se describen en este documento el cual incluye, antecedentes que dieron fundamento a la creación de códigos y especificaciones, los diversos enfoques (funcional, general y de detalle) para un diseño más completo, referente a la fabricación trata sobre los procesos más utilizados, bases para establecer un aseguramiento de calidad y pruebas requeridas. En conjunto con estos puntos se describen ejemplos de error es en diseño y fabricación así como recomendaciones para estos errores.

Durante la soldadura de los tanques de almacenamiento, estructuras metálicas, tuberías y otros se generan discontinuidades como: fisuras, porosidades, socavaciones, falta de penetración, falta de fusión, inclusión de escorias, entre otros, los cuales deben ser identificados mediante ensayos no destructivos y evaluados de acuerdo a estándares normalizados.

Al realizar los ensayos no destructivos de ultra sonido (UT) y placa radiográfica (RT) a las uniones soldadas en taller y campo se detectó lo siguiente: porosidad en los cordones y falta de fusión entre pases. Detectado las fallas en los cordones el procedimiento es marcar la zona a reparar y realizar el reproceso respectivo, esto genera

retrasos en la entrega de elementos fabricados y en los proyectos de montaje genera retrasos en el avance de la ejecución de obra, además se elevan los costos de fabricación y montaje debido a los reprocesos.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera se mejorará el proceso de soldadura en la fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera se mejorará la calidad de la soldadura en el proceso de soldeo de la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?
- ¿De qué manera se mejorarán los tiempos en el proceso de soldeo de tuberías, tanques y estructuras en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?
- ¿De qué manera se reducirán los costos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Implementar un sistema de control de calidad para mejorar la eficiencia de los procesos de soldadura en la fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías, en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.

1.3.2. Objetivos específicos

- Implementar un sistema de control de calidad para mejorar la calidad del proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.

- Implementar un sistema de control de calidad para reducir los tiempos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.
- Implementar un sistema de control de calidad para reducir los costos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C..

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Justificación Técnica

En la actualidad en el ámbito de metal mecánica se exige la inspección y seguimiento de las uniones de soldadura para asegurar la calidad y el cumplimiento con los criterios de aceptación de acuerdo a la norma de construcción.

1.4.2. Justificación económica.

La aplicación de los ensayos no destructivos permitirá asegurar y certificar que la construcción de tanques de almacenamiento, estructuras, tuberías y otros componentes dentro del proyecto se realicen de manera correcta, de ese modo prevenir futuros accidentes en el proceso operativo, que pueden ocasionar pérdidas económicas.

1.4.3. Justificación social.

La aplicación de la inspección por medio de los ensayos no destructivos permitirá asegurar que los componentes estructurales y tuberías no tengan problema alguno durante el periodo de operación de la planta, o cual permitirá garantizar una labor efectiva en beneficio de las comunidades aledañas con mínimo impacto ambiental.

1.5. IMPORTANCIA DEL PROYECTO

La mejora continua en el proceso de fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías mediante la implementación de un sistema de control de calidad es fundamental para la EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C., puesto que se evaluará el

proceso constructivo y de montaje mecánico de inicio a fin de cada proyecto. Así mismo la mejora continua en el proceso fabricación y montaje mecánico generará beneficios para la organización en el ámbito económico y mejora de la organización.

El presente trabajo de investigación permitirá identificar las fallas en el proceso de soldadura de tanques de almacenamiento en la Empresa Marine Consultantes SAC. El reconocimiento de las discontinuidades (indicaciones) a través de los ensayos no destructivos permitirá una caracterización y posterior evaluación teniendo en cuenta el tamaño, la forma, orientación y localización. La evaluación según normas concluirá en la aceptación o rechazo del elemento inspeccionado, lo que obligará al ente constructor la reparación y/o toma de otras decisiones. Asimismo, con la presente tesis se darán los lineamientos de calidad para la inspección por medio de ensayos no destructivos.

1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Temática: Se refiere al control de calidad en soldadura mediante ensayos no destructivos aplicados a tanques de almacenamiento, estructuras metálicas, tubería y otros.

Geográfica: Abarca a la Empresa Marine Consultants S.A.C., ubicado en el Distrito de La Perla, Provincia Constitucional del Callao.

Temporal: La realización de la investigación se realizó a partir de enero de 2021 a junio del 2021

Imagen institucional: Demostrar con resultados positivos en el control de calidad en la construcción de tanques de almacenamiento, estructuras metálicas, tubería y otros mediante la aplicación de ensayos no destructivos.

1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- a) Esta ética de trabajo se refleja en los cimientos de nuestro servicio y nos anima a avanzar y a mejorar constantemente nuestros servicios. En primer lugar, aportamos información sincera a nuestros clientes, acerca de las posibilidades y los límites del ensayo por corrientes inducidas.
- b) Para asegurar la calidad de nuestro trabajo, calculamos una oferta comprometida y preparamos nuestro ensayo con toda diligencia.
- c) Nuestros técnicos se rigen por las normas de calidad y su competencia profesional está registrada en el certificado SCC.
- d) Nuestros clientes en las centrales nucleares confían en nuestra calidad de ejecución del ensayo desde hace muchos años. Dicha labor está documentada por la certificación regida por las normas de las centrales nucleares alemanas (KTA 1401).
- e) La certificación ISO 9001:2015 ofrece garantía de calidad y seguridad a nivel internacional.
- f) El contexto de la Tesis es de alcance local.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C.

La EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C., se fundó en el año 1994 como empresa metalmecánica dedicada a la fabricación de tanques, estructuras, instalación de tuberías en acero al carbono e inoxidable para plantas cerveceras, mineras cementeras y otras industrias. Actualmente, EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C., realiza fabricación y montaje de tanques, estructuras e instalación de tuberías en plantas mineras, cementeras e industria de alimentos a nivel nacional en la modalidad de entrega de proyectos llave en mano. Al finalizar la fabricación se realiza control de calidad a cada elemento fabricado, para garantizar la calidad de fabricación a su vez entregar dossier de calidad por cada proyecto ejecutando, de igual forma se realiza control de calidad en los proyectos de montaje de tuberías, tanques y estructuras, para garantizar la correcta instalación de cada elemento de acorde con los planos de montaje mecánico y entregar dossier de calidad por cada proyecto ejecutado. Al realizar los controles de calidad al proceso de instalación de tuberías, fabricación de tanques y estructuras en el taller se encontró deficiencias en los procesos de soldadura aplicados al soldeo de tuberías, tanques y estructuras de acero al carbono, donde al realizar las inspecciones visuales del proceso de soldadura, se detectan con frecuencia la falta de penetración, falta de fusión, socavaciones en la raíz y cordones de soldadura con malos acabados superficialmente, además de mordedura, grietas, sobre monta en pase de raíz y discontinuidad en el cordón de acabado, estos defectos no se encuentran en el rango

permisible según el criterio de aceptación de los procesos GTAW, SMAW, GMAW y FCAW, además no se encuentran dentro de los parámetros permisibles de la norma AWS y ASME. Las no conformidades en el proceso de soldadura en fabricación de tuberías, tanques y estructuras son causa de las fallas mencionadas en el párrafo anterior, y las no conformidades en los proyectos de montaje, reportados por el cliente son por fugas en los cordones de soldadura en tanques y tuberías. Los defectos observados en el armado de tuberías fueron los siguientes: la abertura del bisel se encontraba en promedio de 7 mm, el cual está fuera del límite permitido, desalineamiento (High-Low) en la junta de armado entre tuberías.

Nuestra empresa posee más de 500 trabajadores entre empleados y obreros.

Dedicada a Servicios Industriales en general: corte, rolado, plegado de planchas, soldadura de piezas, tubos y perfiles estructurales de acero.

Nos especializamos en mejorar el diseño de las piezas, así como los materiales de las mismas, aumentando la vida útil de nuestros productos.

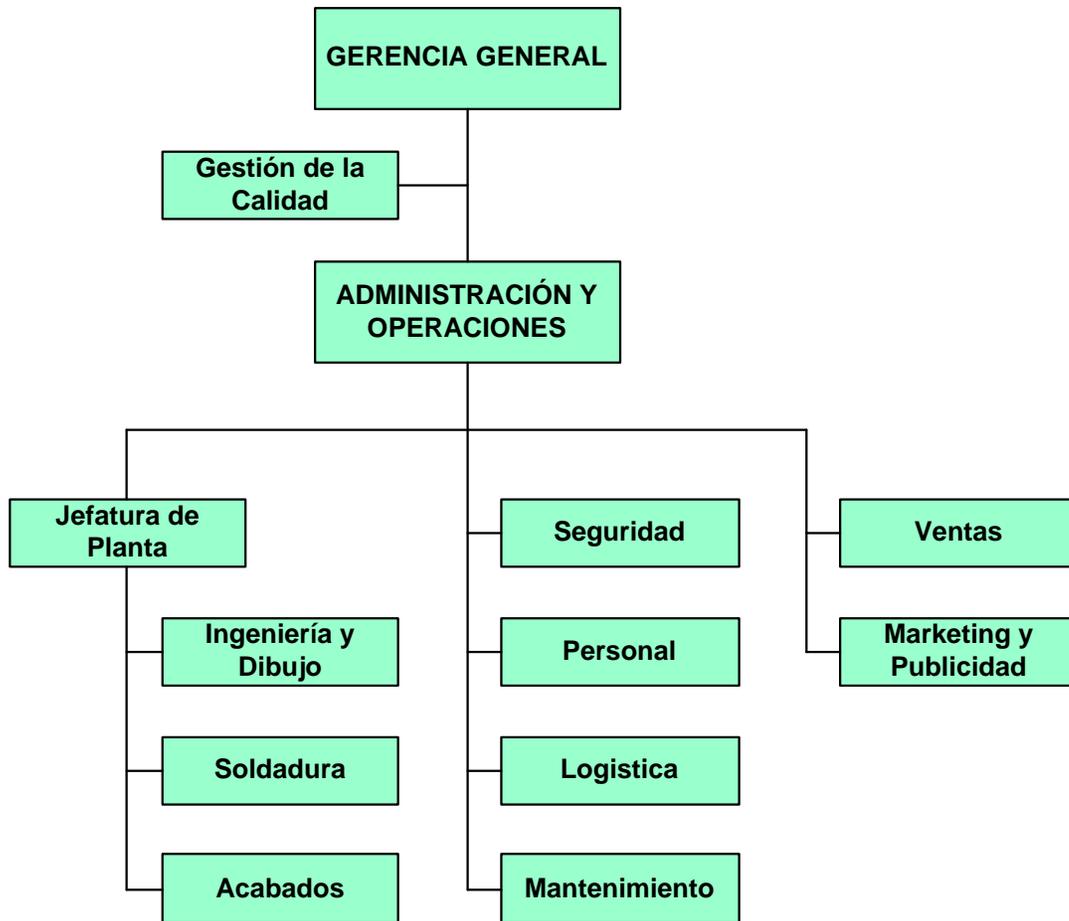
Nuestros servicios van desde la fabricación de los modelos hasta el mecanizado de las piezas asegurando de esta forma nuestra calidad.

2.1.1. Organización de la empresa

2.1.1.1. Directorio

La política y la estrategia empresarial de EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C. son en primera instancia responsabilidad del Directorio de la empresa, cuyos integrantes son los encargados de orientar y visionar la perspectiva a seguir por todos y cada uno de sus integrantes.

Figura 1. Organigrama General



Elaboración: El Autor

2.1.1.2. Plana Ejecutiva

1) Gerencia General

Lidera la gestión empresarial, es el primer estamento responsable por las diversas actividades desarrolladas dentro de la organización.

De la Gerencia General se desprenden regularmente de manera directa la Administración y Operaciones, es el área de la organización encargada de

administrar eficientemente los recursos financieros de los que se dispone, así como también es la dependencia que jefatura y controla a los departamentos responsables de las actividades logísticas, de comercialización, administración de personal, registros contables, presupuesto y tesorería entre otras.

Área en que se desarrolló la presente investigación y que es la responsable de dirigir el conjunto de actividades que permiten la producción de aluminio, hierro, bronce y aleaciones. Estas actividades están centradas en la fundición y maquinado.

2.1.2. Visión y misión de la empresa

2.1.2.1. Visión

“Llegar a ser líder en nuestra industria y el mayor actor en cada uno de nuestros segmentos de mercado y mercados geográficos claves.”

2.1.2.2. Misión

“Entregar valor económico a los clientes a través de la gestión de la calidad, seguridad, medio ambiente y responsabilidad Social de sus Activos, proyectos, productos y Sistemas, facilitándoles la reducción de los riesgos y la mejora de su rendimiento”

2.1.3. Productos y/o servicios

Nuestros servicios incluyen **Ensayos** (Servicios de Ensayos No Destructivos y Pruebas realizadas con Equipos Específicos por parte de personal cualificado), **Asistencia Técnica** (Prestación de medios Humanos Especializados, Expertos en las tareas encomendadas y desplazados en la localización requerida según necesidades de Cliente,

Inspección Industrial (Inspección de Equipos y/o Sistemas, tanto en situación de operación en Planta como en Origen, Evaluación de proveedores, Servicios de Activación y Seguimiento de Proyectos) y **Gestión de Activos** (Sistemas de Inspección y Evaluación aplicando herramientas de Software específico para el Aseguramiento de Activos en Situación de Operación. Desarrollo, aplicación y Evaluación) principalmente en los mercados de Energía, Petróleo, Gas, Procesos, Fabricación de Maquinaria y Transporte.

2.1.3.1. Ensayos No Destructivos

- Gammagrafías
- Ultrasonido Convencional
- Ultrasonido Técnica Phased Array Manual y TOFD.
- Líquidos Penetrantes
- Partículas magnetizables
- Inspección Visual, Técnica de Videos copia
- Detección de fugas.
- Evaluación de Durezas
- Medición de Defectos Geométricos
- Emisión acústica.
- Prueba de vacío (vacum test)
- Inspección de piso de tanques por técnica electromagnética de baja frecuencia (LFET)

2.1.3.2. Ensayos Destructivos

- Físicos, Químicos y Metalográficos.

- Determinación del origen de fallas y causas de rotura

2.1.3.3. Vibraciones

- Estudio analítico y experimental. Medición y análisis del espectro mediante propia línea de acelerómetros. Determinación del desbalanceo dinámico y de los problemas en las estructuras.

2.1.3.4. Corrosión

- Estudio y análisis de corrosión en general. En medios acuosos. Bajo tensión. Por erosión. Microbiológica.

2.1.3.5. Gestión de Calidad

- Estudio, desarrollo y aplicación de nuevos Sistemas de Calidad, o evaluación del actual Sistema y Organización mediante auditoria y análisis de: departamentos, actividades, staff, personal, funciones, procesos etc., a fin de su optimización.
- Planes de mejora de la productividad.
- Programas de calidad.
- Creación e implementación de metodologías de trabajo.
- Cursos de capacitación y formación.
- Implementación de Normas ISO 9000

2.1.4. Control de calidad

Se realizan las inspecciones de Control de Calidad según lo señalado en la hoja de especificaciones.

Es aquella que cumple con los requisitos correspondientes al equipo o estructura a la que pertenece con el mínimo costo.

Es determinar la discontinuidad es la pérdida de la homogeneidad del material. El defecto es una discontinuidad inaceptable, que debe ser reparada.

La inspección de construcciones soldadas podría definirse como el conjunto de actividades encaminadas a asegurar un determinado grado de fiabilidad de un conjunto soldado, mediante la verificación del mismo por medios adecuados durante diferentes fases del proceso productivo.

La importancia de esta inspección se desprende de la responsabilidad de los equipos y construcciones que actualmente se fabrican por soldadura, los cuales, en determinadas condiciones de fallo, afectan seria y directamente a la seguridad pública. Ejemplo de estos son: Aviones, buques, trenes, plantas generadoras de energía (térmicas, hidroeléctricas y nucleares), complejos petroquímicos y transformadores de energía, puentes, estructuras metálicas, conducciones y transporte de gases y líquidos, etc.

El convencimiento de la importancia de inspeccionar estos conjuntos soldados, ha sido la causa de que, en todos los países industrializados se hayan publicado códigos, especificaciones y normas relativos a su construcción e inspección. Además, en la mayoría de dichos países, es la propia administración la que establece la obligatoriedad de construir e inspeccionar siguiendo unas determinadas normas, así como que el personal que la ejecute tenga unos conocimientos y experiencia mínimos. Al mismo tiempo, la industria también se ha hecho eco de esta necesidad, casi se puede decir que no existe una empresa industrial competitiva que no disponga de normas o instrucciones propias, estableciendo las bases de fabricación e inspección necesarias para que los

conjuntos o equipos por ella fabricados, cumplan los requisitos de seguridad que los organismos, nacionales e internacionales, fijan para el buen comportamiento en servicio de las construcciones soldadas.

2.1.4.1. Inspector de Soldadura

Es el encargado de constatar que todas las operaciones del proceso se realicen correctamente y de acuerdo a los códigos, normas, especificaciones y procedimientos que se estén aplicando con el fin de garantizar la alta calidad de la soldadura sin demora en la fabricación y la entrega de productos. Podríamos decir que su responsabilidad es la de juzgar la calidad del producto en relación a una especificación escrita.

Funciona como un representante judicial de la organización que representa, la cual puede ser el fabricante, comprador o cliente, una compañía de seguros o una agencia gubernamental.

Los inspectores de soldadura pueden ser clasificados en varias categorías: inspectores gubernamentales, de Ensayos No Destructivos, representantes del fabricante o del dueño, o autorizados por un código en particular como sucede por ejemplo con los inspectores ASME.

Sin embargo para efectos prácticos AWS y ASME dividen a los inspectores de soldaduras en dos categorías generales:

- **Inspectores de control de calidad del Fabricante:** el cual realiza la inspección antes y durante el ensamblado; antes y después de la soldadura, con el fin de asegurar que los materiales y el proceso de fabricación

cumplen con todos los requisitos especificados en el contrato. Estos son inspectores calificados y que trabajan para el contratista.

- **Inspectores de aseguramiento de calidad del cliente o Código:** representan al comprador (código, actividad gubernamental, o cualquier organización externa al fabricante). Sus deberes normalmente no incluyen vigilancia obligatoria del desarrollo del proceso de soldar, sin embargo tiene el derecho de observar el proceso de producción. Su trabajo es como una función de auditoria, lo cual implica revisión de los registros para asegurar que se han respetado todos los requerimientos de las especificaciones, dibujos y otros documentos contractuales. Esto incluye, pero no limita a revisión del proceso de soldar, calificación de soldadores y operadores de máquina, pre y post-calentamiento, informes de ensayos no destructivos.

Ambos tipos de inspectores deben tener la habilidad para negociar y comunicarse efectivamente con todos los niveles de mando de la organización del fabricante y de su propia organización.

Para llegar a ser un Inspector de Soldadura, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Debe gozar de buena condición física, ya que con frecuencia las condiciones de inspección son difíciles.
- Tener una buena visión, indispensables para la inspección visual, interpretación radiográfica y de otros ensayos no destructivos.

- Tener actitud profesional: hacer cumplir los códigos y tener buenas relaciones con el resto del personal.
- Tener conocimientos de soldadura: debe conocer sobre el proceso ya que éste define el tipo de discontinuidad a originarse, las variables esenciales de cada proceso y debe monitorear las mismas durante la fase de construcción como especifique el código.
- Debe conocer de Dibujo, Especificaciones y Procedimientos e interpretarlos correctamente. Debe conocer los símbolos de soldadura y ensayos no destructivos.
- Saber de métodos de ensayo, sus aplicaciones, limitaciones e interpretación de resultados. El método seleccionado debe suministrar la información adecuada para compararlo a los estándares de aceptación establecidos.
- Tener habilidad para llevar registros y hacer informes escritos, concisos, claros y completos.
- Los registros deben incluir los resultados de la inspección y ensayos, los registros del procedimiento de soldadura, de calificación de soldadura y de control de materiales de soldadura.
- **Experiencia en Soldadura:** la experiencia como soldador o operador de máquina es invaluable para un inspector, algunos empleadores solicitan como requisitos que los inspectores tengan experiencia previa soldando.
- **Entrenamiento en Ingeniería de Soldadura y Metalurgia:** es deseable, sin embargo la práctica ha demostrado que la experiencia en campo y el estudio han desarrollado excelentes inspectores con conocimientos

equivalentes a los primeros. Lo esencial es que conozca donde se encuentra la información relevante y sepa cómo interpretarla

Resumiendo, y dado que la inspección involucra diferentes disciplinas es necesario que el inspector se encuentre entrenado en las siguientes áreas:

- Principios fundamentales de Soldadura.
- Propiedades base de los materiales involucrados en el proceso: metal base, aporte, etc.
- Defectos de soldadura, sus causas, importancias y corrección de los mismos.
- Tratamientos Térmicos.
- Métodos de ensayos destructivos y no destructivos.
- Interpretación de planos.
- Simbología de soldadura y ensayos no destructivos.
- Códigos: AWS, ASME, API.

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. se ha realizado una investigación para encontrar proyectos relacionados con los ensayos no destructivos destinados a la industria metal mecánica los cuales no existen, por lo que se ha visto en la necesidad de realizar esta investigación en una empresa de este sector, de ahí el interés de MARINE CONSULTANTS S.A.C. por apoyar el proyecto debido a su necesidad de alcanzar niveles de calidad con la utilización de Normas Nacionales e Internacionales siendo pioneros en este campo. Uno de los principales problemas latentes en nuestro medio es que no existen los equipos necesarios de Rx para realizar las pruebas de este tipo de

ensayo. No obstante, se lo realizará en la ciudad de Lima en una Empresa dedicada a esta actividad.

Fundamentación Filosófica

Con el avance de la tecnología en la actualidad y los diferentes tipos de ensayos destructivos y no destructivos existentes son de gran utilidad ya que nos permite observar el comportamiento de los materiales para detectar las distintas fallas existentes ya sea superficial o interna.

Fundamentación Legal

El desarrollo de los análisis se los efectuara en base a las normas:

- ASTM A370-03 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.
- ASTM E165 Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination.
- ASTM E1417 Standard practice for Liquid Penetrant Examination.
- ASTM E114-95R03 Practice for Ultrasonic Pulse-Echo Straight-Beam Examination by the Contact Method.
- ASTM 1065-99R03 Guide for Evaluating Characteristics of Ultrasonic Search Units.
- E94-04 Guide for Radiographic Examination.
- ASTM E18-03 Standar Test Methods for Rocwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials.
- ASTM E92-82 Test Methods for Vickers Hardness of Metallic Materials.
- ASTM E8-01 Standar Test Methods for Tension Testing for Metallic Materials.

- ASTM E9-89a Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature.

2.1.1. Nacionales

Tesis 1.

Zavala C. (2015) en su tesis: Evaluación del estado mecánico estructural de calderos en refinerías mediante la detección de fallas por técnicas no destructivas. realizada en la Universidad Señor de Sipán.

Plantea con el objetivo

Establecer una metodología para determinar el estado mecánico estructural de los componentes de calderos, precautelando la integridad, seguridad y extensión de la vida útil, a través de técnicas no destructivas en cumplimiento de normas vigentes.

Metodología:

La investigación se fundamenta en la necesidad de concebir operatividad en los Procedimientos tomados de un extracto de las normas internacionales y un Sistema de mantenimiento logrando así un plan de mantenimiento integral aplicable y adecuado.

Concluye diciendo:

Se analizó y evaluó el estado mecánico estructural de calderos, específicamente el componente con más frecuencia de fallas, las tuberías, aplicando ensayos no destructivos, establecidos por normas internacionales, para así ofrecer de manera óptima la reparación y mejorar la integridad de éstas en Refinería Talara. Se inspecciono por RFET la cantidad de 150 tubos del caldero APIN, habiéndose encontrado lo siguiente: En la distribución de pérdida de espesor en porcentaje presentada en la Tabla N° 36 el 17% de los tubos inspeccionados presenta perdidas mayores al 28% y menores al 30%.

Los componentes inspeccionados están en condiciones normales. La mínima vida remanente de los tubos inspeccionados fue de 4 años. Los tubos tienen porcentajes de desgaste de 11%, 13%, 23%, y 25% posteriormente la videoscopia verificó presencia de incrustaciones.

Tesis 3.

Alanoca R. (2021) en su tesis: Control de calidad de uniones soldadas con ensayo visual y líquidos penetrantes de una estructura metálica de acuerdo al código AWS D1.1. Realizada en la Universidad del Altiplano. Puno

Plantea con el objetivo

Evaluar la calidad de las uniones soldadas con los métodos de ensayo visual y líquidos penetrantes de una estructura metálica aplicando el código AWS D1.1:2015

Metodología:

El diseño a aplicarse es de investigación no experimental, el nivel de diseño 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 probetas y juntas 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. El tipo 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 soldadas. Los requerimientos que son necesarios para la inspección de las juntas soldadas se establecen en el Código AWS D1.1:2015, en sus secciones 2, 5 y fundamentalmente la sección 6 donde se 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 los requerimientos de la obra.

Concluye diciendo:

Primera: Se demostró que con la aplicación y su estricto cumplimiento de los procedimientos de inspección visual y de líquidos penetrantes desarrollados según la norma AWS D1.1: 2015 secciones 2,5 y 6 representan un instrumento imprescindible que garantiza el control de calidad de una estructura metálica dentro de sus criterios de aceptación establecido en los formatos diseñados. Es así que la estructura metálica del proyecto fabricación y montaje de tijerales tubulares metálicos e instalación de correas metálicas con perfiles de tubería rectangular en cerco perimétrico, para el “mejoramiento y ampliación del espacio recreativo familiar en la localidad de Huacullani - Provincia de Chucuito - Región Puno obtuvo el calificativo de aprobado.

Segunda: Las probetas ensayadas cumplen con varios de los criterios de aceptación de la normativa AWS D1.1:2015, según la metodología de inspección, el cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades, no presenta grietas que es el principal factor de rechazo presentado por los criterios de aceptación de la tabla 6.1 de la AWS D1.1:2015; en tal sentido la inspección visual por líquidos penetrantes en el espécimen evaluado aprueba ya que la soldadura es adecuada y no presenta discontinuidades relevantes. Así mismo el examen visual inicial fue de mucha importancia ya que evitó realizar ensayos innecesarios en la probeta, y por ende el ahorro de los consumibles.

Tercera: La evaluación visual de la estructura metálica soldada en estudio dentro de los criterios de aceptación se obtuvo un calificativo de 53 puntos lo cual implica tomando como referencia la tabla N° 25 de rangos de aceptación; cumple con los criterios

señalados es decir califica la estructura metálica soldada aplicando el ensayo visual enmarcado dentro de la normativa AWS D.1.1. 2015. Así mismo tomando como criterio de aceptación la norma ASTM E 165 para la inspección con líquidos penetrantes y las normas de aceptación en la Sección 6, Parte C del código AWS D1.1:2015. La soldadura no presenta grietas, presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades obteniendo un calificativo de aprobado.

2.1.2. Internacionales

Tesis 1.

Trujillo G. (2013) en su tesis: Recopilación de información para inspección mediante ensayos no destructivos de recubrimientos fabricados por proyección térmica. Realizada en la Universidad Libre. Bogotá. Colombia.

Plantea con el objetivo

Recopilar la mayor cantidad de información posible sobre los ensayos no destructivos que se están aplicando en la inspección del estado final de los recubrimientos duros, fabricados por la técnica de proyección térmica, enfatizando en los ensayos por infrarrojo y ultrasonido.

Metodología:

Recopilación de información. referentes a los siguientes temas:

- Técnicas de fabricación por proyección térmica de recubrimientos
- Ensayos No Destructivos aplicados a la inspección de recubrimientos.
- Ensayos no destructivos basados en técnicas infrarrojas y ultrasonido aplicado a recubrimientos.

Análisis de la información recopilada

Revisión de la normatividad internacional de END aplicados para inspección de recubrimientos.

Elaboración del informe final.

Comparación de los END aplicables.

Conclusiones:

Se realizaron las siguientes conclusiones:

Se revisaron 15 trabajos de donde utilizan los ensayos no destructivos para el control de calidad de los recubrimientos por proyección térmica.

Durante el análisis de los trabajos consultados se observa que el uso de los ensayos que tiene como base el infrarrojo ha tomado una importancia considerable ya que estos ensayos son prácticos y capaces de detectar fallas o estado de los recubrimientos ya que no requieren de contacto con la superficie a inspeccionar.

El ultrasonido generado mediante un láser es una técnica muy confiable ya que se compara con una técnica destructiva arrojando resultados similares, este tiene como ventaja que no requiere que el equipo tenga contacto físico con la pieza permitiendo la inspección de geometrías complejas y espesores muy delgados.

El ultrasonido generado por láser es una técnica no destructiva que permite detectar, identificar y evaluar los defectos que presentan los revestimientos proyectados térmicamente, siendo la técnica más rápida que cualquier otra para obtener resultados, su deficiencia está en los costos y la experiencia del personal para realizarlo e interpretarlo.

Los revestimientos realizados por proyección térmica han sido ampliamente utilizados para reemplazar procesos más complejos y costoso como la galvanoplastia, estos no

siempre quedan con espesores uniformes y capas homogéneas el ultrasonido por láser es una poderosa herramienta para inspección y control de calidad de las capas ya que este detecta todas estas variables y puede identificar zonas con defectos.

Se realizó un experimento utilizando ultrasonido en un lecho de inmersión donde el agua es el acople entre el transmisor y la probeta, y se roto la pieza para lograr tomar medidas en diferentes ángulos, esto se utiliza para demostrar la anisotropía elástica de los revestimientos proyectados, adicionalmente las medidas de velocidades de onda de muestran que estas aumentan con el incremento de la densidad.

Se puede concluir que no solo se utiliza el ensayo en sí, sino que además se desarrollan técnicas para aprovechar de una manera más eficiente las ventajas que tiene los ensayos en este caso el ultrasonido, de este se presentó un trabajo donde lo utilizan para la detección temprana de delaminaciones en el momento en que se están formando y su evolución, suministrando datos eficientes para predicción de falla de recubrimientos.

El conocer las técnicas y su comportamiento da muchas ventajas como por ejemplo la predicción de fallas de los elementos inspeccionados, ya que con esta información se pueden crear programas para simular el comportamiento de los revestimientos bajo ciertas condiciones ahorrando tiempo y trabajo en la fabricación, generando confianza en los componentes revestidos mediante la técnica proyección térmica.

Tesis 2.

Espinoza A. (2019) con su tesis: Elaboración de una metodología para la detección de fallas en estructuras metálicas empleando técnicas no destructivas. Realizada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

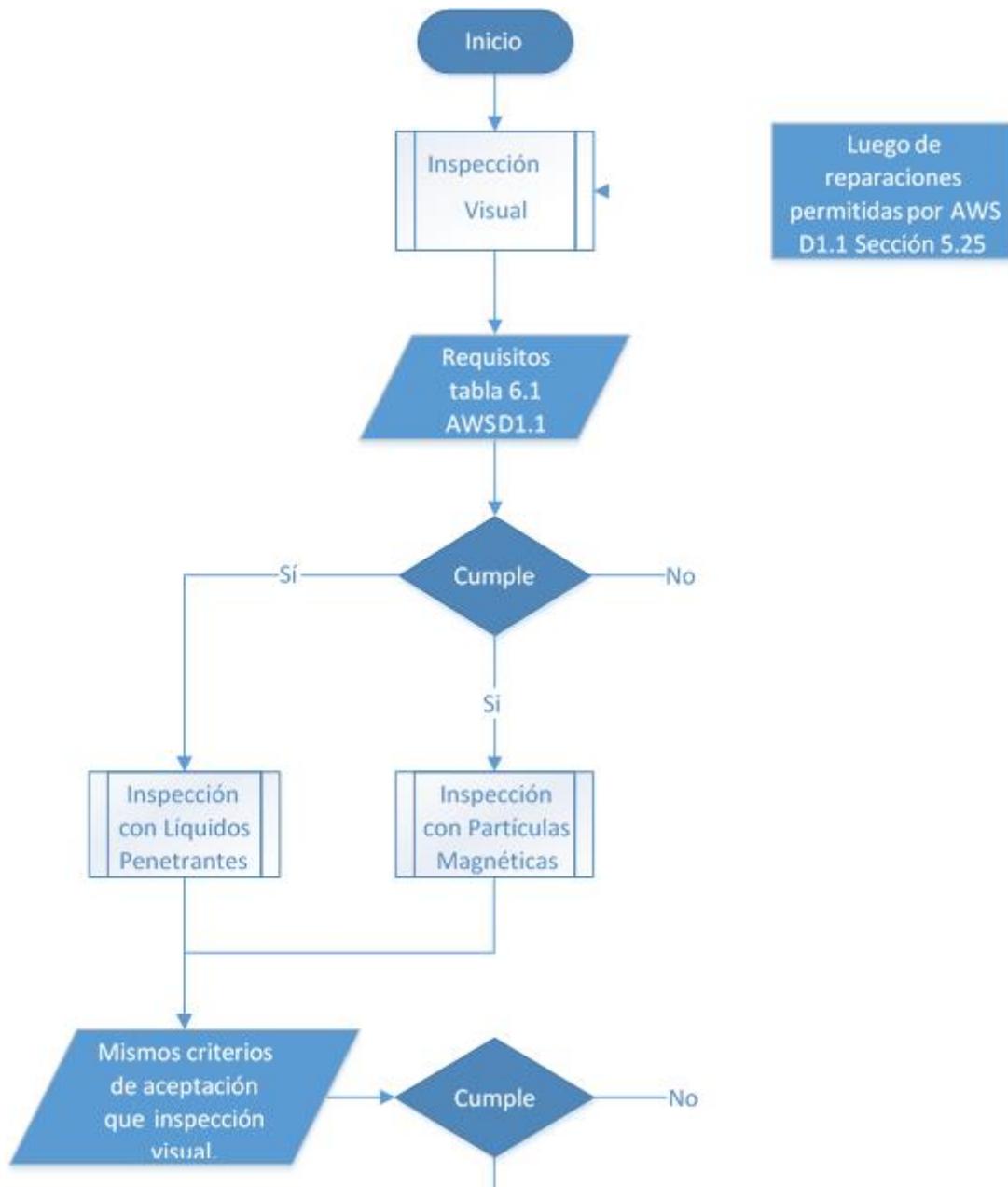
Plantea con el objetivo

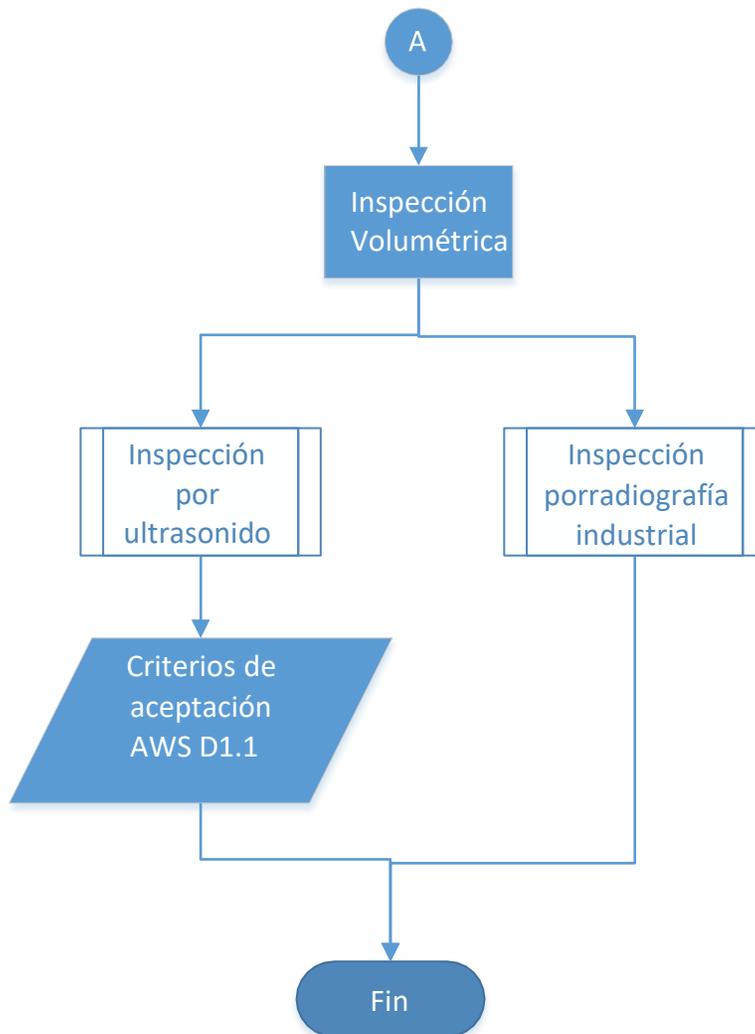
La Elaboración de una metodología para la detección de fallas en estructuras metálicas empleando técnicas no destructivas.

Metodología:

Antes de llevar a cabo los ensayos volumétricos, las soldaduras deben ser aprobadas mediante inspecciones superficiales, y a su vez, estas deben ser realizadas secuencialmente empezando por la inspección visual aprobando todos los criterios descritos en la tabla 6.1 de la normativa AWS D1.1.

Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso de Inspección Visual





Concluye diciendo:

El objetivo de la presente tesis se cumplió ya que se logró cubrir una gama de procedimientos con los cuales se procura dar la importancia que necesita la soldadura de una estructura metálica ya que es una parte importante dentro de la misma.

El uso de líquidos penetrantes para la inspección visual es un método práctico y de muy bajo costo que no debe ser obviado porque gracias a estos se puede dar un diagnóstico confiable y con un grado de dificultad muy bajo.

La gran ventaja que tiene el ultrasonido en comparación con una radiografía es el poder localizar con exactitud la ubicación de las discontinuidades y se puede dar una idea de hasta que profundidad eliminar el material de aporte para realizar reparaciones en caso de ser factible.

Tesis 3.

Fredy Alexander Devera F. y Ortiz D. (2019) con su tesis: “Guía para el control de calidad en la construcción de estructuras metálicas”, realizada en la Universidad Santo Tomás, Bucaramanga. Colombia.

Plantea con el objetivo

Documentar una guía de control de calidad para la construcción de estructuras metálicas con la cual se establezca una validación por parte de la interventoría y/o supervisión técnica.

Metodología:

Esta investigación se desarrolló mediante la aplicación de un modelo de investigación documental, el cual consiste en la recolección y selección de información a través del estudio de múltiples recursos mediante una técnica cualitativa. La metodología empleada para el desarrollo de la investigación presenta los siguientes elementos y definiciones.

- **Diagnóstico:** se realiza la identificación y se realizan las actividades de estudio del entorno, recopilación y clasificación de la información. Análisis y sus actividades

de: trazado cronológico del estado del arte del control de calidad de las estructuras metálicas.

- **Planeación:** comprende la determinación de los objetivos y sus actividades: definición del alcance de la investigación. El diseño de la metodología y sus actividades: definición de los recursos, estructuración de técnicas y procedimientos para el desarrollo de la investigación. Finalmente, la proyección del cronograma.
- **Ejecución:** Se desarrolla la Elaboración del producto y sus actividades: materialización de los objetivos y construcción de formatos básicos para consolidación del documento.
- **Aplicabilidad:** comprende la puesta en marcha y actividad central: implementación del modelo.

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. Ensayos Destructivos

Al aplicar este tipo de pruebas se puede determinar principalmente de forma cuantitativa el valor de ciertas propiedades que poseen los materiales como lo pueden ser: dureza, tenacidad, resistencia mecánica, elasticidad, etc. Aplicar un ensayo destructivo implica que la pieza sometida a estas pruebas resultará dañada o destruida. Por lo anterior se puede concluir que los ensayos destructivos son aplicaciones de métodos físicos que modifican permanentemente las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de un material, parte o componente sujeto a inspección. Estos ensayos se aplican para comprobar que las características de un material se apeguen a lo especificado en un diseño, hágase notar también, que estos ensayos no pueden ser aplicados a componentes en servicio y que deben de continuar en uso después de la

prueba, lo anterior, porque puede resultar dañado y perdería las características para su uso.

2.3.2. Ensayos No Destructivos (END)

Ensayos no destructivos (END) es el término que se maneja en el medio ingenieril para designar los métodos usados para la evaluación de las soldaduras y otros materiales sin causarles alteración en sus características y propiedades. Los ensayos no destructivos (END), la inspección no destructiva (IND), y pruebas no destructivas (PND), son términos semejantes usados sin distinción para estos métodos de evaluación. Este tipo de ensayos NO SUSTITUYE a los ensayos destructivos, son un complemento. Los ensayos no destructivos son la aplicación de métodos físicos indirectos como lo son la inspección visual, la transmisión del sonido, la opacidad al paso de la radiación, marcas de líquidos penetrantes, etc... Y tienen como objetivo verificar la sanidad de las piezas examinadas. No obstante, cuando se aplica este tipo de pruebas no se busca determinar las propiedades físicas inherentes de la pieza, si no verificar su homogeneidad y continuidad. Por lo que se puede concluir que los ensayos no destructivos son la aplicación de métodos físicos que no alteran de forma permanente las propiedades del material a examinar. La SNT (Society for Nondestructive Testing) los define como un grupo de ensayos que se utiliza para detectar defectos o fallas en los materiales, que deja a la probeta en condiciones de realizar la tarea para la cual fue hecha aún después del ensayo. Los métodos de ensayo no destructivos fundamentales en el campo de la soldadura son los siguientes:

- Inspección visual
- Inspección con líquidos penetrantes

- Inspección con partículas magnéticas
- Corrientes de Eddy
- Inspección ultrasónica
- Radiografía
- Emisión acústica
- Prueba hidrostática
- Metalografía “in situ”
- Medición de dureza “in situ”

Es muy difícil abordar todos los aspectos de los fundamentos físicos de estos métodos, sin embargo, es importante mencionarlos para estar enterado de su existencia.

2.3.3. Aceros A572

Las placas de acero de alta resistencia / baja aleación poseen mayor resistencia que las placas tradicionales de acero al carbón, además de contar con gran ductibilidad, facilidad de rolado y soldado, dureza y resistencia a la fatiga. Estas placas de acero pueden reducir sustancialmente los costos de producción al dotar la resistencia requerida con un peso mucho menor. La lamina A572 GR 50 es una Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia de Baja Aleación de Columbio-Vanadio. Este acero es utilizado en aplicaciones, tales como construcción electrosoldada de estructuras en general o puentes, donde la tenacidad en las entalladuras es importante, los requisitos asociados con esta propiedad debido a la variedad de grados que contempla este tipo de acero deben ser especificados entre el comprador y el productor. Disponible con un nivel mínimo de resistencia de 50000 psi. Las características de esta placa son su alta

resistencia, buen manejo y facilidad de soldado a precios moderados. La resistencia a la corrosión atmosférica es la misma de las placas de acero al carbón.

Composición Química

Con la adición de Microaleantes (Niobio o Vanadio) se desarrollaron estos aceros de alta resistencia, haciéndolos más seguros en su comportamiento mecánico y lográndose una reducción en el consumo específico desde el punto de vista estructural. El tipo de acero que abarca esta especificación normalizada se considera cinco grados de acero estructural de alta resistencia y de baja aleación en perfiles, placas, tablestacado, y barras. Los Grados 42 [290], 50 [345], y 55 [380] están previstos para estructuras remachadas, atornilladas o electrosoldadas. Los Grados 60 [415] y 65 [450] están previstos para construcción remachada o atornillada de puentes, o para construcción remachada, atornillada o electrosoldada en otras. Sus características físicas y químicas se pueden apreciar en la tabla siguiente.

Tabla 1. Características Físicas

Grado %	C máx.	%Mn máx.	%P máx.	%S máx.	%Si máx.
42	0,21	1,35	0,04	0,05	0,4
50	0,23	1,35	0,04	0,05	0,4
60	0,26	1,35	0,04	0,05	0,4
65	0,26	1,35	0,04	0,05	0,4

Tabla 2. Características Químicas

	Elemento	Contenido
TIPO 1	Columbio (Niobio)	0,005 - 0,05
TIPO 2	Vanadio	0,01 – 0,15
TIPO 3	Niobio (0,05% máx.) más Vanadio	0,02 – 0,15

2.3.3.1. Propiedades Mecánicas

Tabla 3. Propiedades Mecánicas

Grado	Límite de Fluencia (mín.)		Resistencia a la Tracción (mín.)		Elongación Min. % En 200mm (8in)
	MPa	PSI	MPa	PSI	
42	290	42000	415	60000	20
50	345	50000	450	65000	18
60	415	60000	520	75000	16
65	450	65000	550	80000	15

Tabla 4.: % Elongación

Espesor (In)	% Elongación mín. 200mm (8 in)			
	Grado 42	Grado 50	Grado 60	Grado 65
1/2 - 3/8	20,0	18,0	16,0	15,0
5/16	19,5	17,5	15,5	14,5
1/4	17,5	15,5	13,5	12,5
3/16	15,0	13,0	11,0	10,0
1/8	12,5	10,5	8,5	7,5

2.3.3.2. Aplicaciones

Principalmente estructuras soldadas, soportes, chasis, plataformas para la industria petrolera, plataformas marinas, construcción de puentes cumpliendo con los requerimientos exigentes a la entalla. No es recomendada en la construcción de calderas o tanques de alta presión. La selección de espesores debe ser calculada y seleccionados por el autor del diseño. Especial para la fabricación de vigas no comerciales o especialmente diseñadas, Apto para el uso a bajas temperaturas 20°C.

2.3.4. Ensayos no destructivos en el control de calidad

Como se ha mencionado anteriormente los ensayos no destructivos no son un reemplazo de los ensayos destructivos. El inspector o ingeniero en soldadura sabe que los ensayos destructivos son un complemento para los ensayos no destructivos y viceversa. Todo esto con la finalidad de alcanzar estándares de calidad lo más elevados posibles o cuando menos lo más apegado a lo establecido en el plano de construcción o en los códigos usados en el campo de la soldadura. De ésta manera se mantiene una calidad aceptable en las uniones soldadas. En el medio industrial es a lo que se le conoce como CONTROL DE CALIDAD.

2.3.5. Control de calidad en uniones soldadas

Dentro de la gran variedad de definiciones de control de calidad se tomará la siguiente como la más viable para el presente trabajo: Control de calidad - Es el proceso de regulación a través del cual se puede medir el atributo real, compararlo con las normas, código y/o especificaciones y actuar sobre la diferencia. Por lo que para el caso de las uniones soldadas se puede decir que:

- La unión soldada debe de poseer un conjunto de propiedades, que la hagan resistente frente a determinadas aplicaciones.
- La unión soldada debe de ser resistente, fiable y durable.
- El criterio básico de la calidad de una unión soldada es su resistencia al agrietamiento, éste aspecto constituye un índice de soldabilidad del material.

El concepto de calidad de una unión soldada, está muy asociado al uso final que se le dará a la soldadura. Se acostumbra decir que una unión soldada posee calidad cuando:

- Cumple los requisitos del diseño.

- El aspecto es aceptable según la norma con la que se está trabajando.
- Es resistente al agrietamiento en determinados medios y condiciones de trabajo.
- Se comporta bien de acuerdo a lo previsto en un medio dado, bajo ciertas condiciones de carga (no falla).
- La magnitud de los defectos presentes, son admisibles.
- Para garantizar la máxima seguridad y fiabilidad en los trabajos de soldadura, es necesario considerar varios aspectos (normas, códigos, especificaciones, documentación técnica, instalaciones, recursos, sistemas de aseguramiento de calidad, etc.) que en su conjunto determinan la calidad de una unión soldada. Actualmente el control de la calidad en las uniones soldadas es una necesidad prioritaria en las construcciones soldadas de grandes dimensiones, para alcanzar la calidad que satisfaga todas las características del diseño, asegurando las condiciones de servicio, sin fallas catastróficas, es decir, garantizando una unión soldada, resistente, fiable y duradera. Algunos especialistas en el campo de la soldadura afirman categóricamente que la calidad de las uniones soldadas, en términos de sus propiedades mecánicas y la frecuencia y magnitud de los defectos presentes, está directamente relacionado con los procedimientos utilizados para soldar, y la calificación de los soldadores y/o operarios que emplean estos procedimientos, esta afirmación no es totalmente cierta.

Hablar de calidad y control en uniones soldadas, conduce necesariamente al concepto de aseguramiento de calidad.

2.3.6. Códigos más utilizados en trabajos de soldadura

Algunos ejemplos donde es severamente estricta la aplicación de los códigos, especialmente en el campo de la soldadura son:

- Industria petroquímica
- Aviación
- Construcción naval
- Recipientes a presión
- Instalaciones nucleares
- Puentes o estructuras metálicas grandes
- Algunas instalaciones militares, etc.

Entre de los códigos más utilizados se pueden mencionar los siguientes.

ASME - American Society Mechanical Engineers

AWS - American Welding Society

API - American Petroleum Society

ASTM - American Society for Testing Materials

ANSI - American National Standards Institute

ABS - American Bureau of Shipping

LR - Lloyd's Register of Shipping

GL- Germanischer Lloyd's

ECCW- European Council for Cooperation in Welding

EN-729- Normas europeas para establecer requisitos de calidad en los procesos de soldadura.

BS:5500- Gran Bretaña (Recipientes a presión).

2.3.7. Aplicación de los ensayos no destructivos

La inspección visual y con líquidos penetrantes requieren, que las discontinuidades se encuentren en la superficie, que estén abiertas o marcadas a esta, para que, en el caso de la inspección por líquidos penetrantes, se tenga una vía de acceso. Y en el caso de la inspección visual, para que el ojo humano sea capaz de notar estas discontinuidades; es esencial una buena limpieza para obtener resultados confiables. Debe tenerse extremo cuidado para asegurar que las piezas estén limpias y secas. En el caso de la inspección por líquidos penetrantes, las indicaciones y la detección de discontinuidades dependen del flujo del penetrante, aun en las pequeñas fisuras, es evidente que el penetrante no puede fluir si la discontinuidad se encuentra tapada con aceite, agua, pintura oxidada o cualquier otra materia ajena. En las normas ANSI/ASME BPV SEC. V, artículo 6, ASTM-E 165 y NOM-B-133-1987, se proporcionan algunas técnicas de limpieza. Por lo que a continuación se muestra un pequeño resumen de los métodos.

2.3.8. Métodos de limpieza

Para seleccionar un buen método de limpieza se debe tener especial cuidado de que éste no enmascare cualquier indicación o que los residuos de los productos de limpieza actúen como contaminantes, influyendo en la sensibilidad del método. Los métodos se clasifican como:

Químicos Mecánicos Por solventes

2.3.9. Limpieza por medios químicos

Este método tiene un efecto poco degradante sobre el acabado superficial, y pueden ser los siguientes.

2.3.9.1. Limpieza Alcalina

La limpieza alcalina, que utiliza hidróxido de sodio en solución, sirve para retirar contaminantes grasos, aceites, cascarilla, material para pulir, grasas vegetales o animales y depósitos de carbón. Este método se aplica en piezas de grandes dimensiones en las cuales las técnicas manuales suelen ser muy laboriosas. Su efectividad depende de las propiedades detergentes del aditivo empleado y su limitación está en la dificultad de enjuague.

2.3.9.2. Limpieza con emulsiones

La limpieza con emulsiones utiliza solventes orgánicos emulsionados en agua, adecuadas para eliminar tintas, lubricantes y fluidos de corte; aceites y grasas derivados del petróleo. Son efectivas y rápidas, pero dejan una película de residuo.

2.3.10. Limpieza por medios mecánicos o físicos

Este tipo de limpieza debe utilizarse con precaución, ya que puede cubrir o enmascarar las discontinuidades. Los principales métodos son:

- Pulido abrasivo
- Limpieza por agua a presión
- Limpieza con vapor de agua
- Limpieza por desengrasado al vapor
- Aplicación de arena seca a alta presión
- Aplicación de arena húmeda a alta presión

2.4. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.

- **ASME.** American Society of Mechanical Engineers

- **ASTM.** American Society for Testing and Materials
- **Capilaridad.** Es una propiedad de los fluidos que depende de su tensión superficial la cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.
- **Control de calidad.** Actividades, herramientas y técnicas utilizadas para verificar si se cumplen los requisitos de calidad de un producto o servicio.
- **Discontinuidad.** Falta de continuidad o interrupción de los cordones de soldaduras, material o producto.
- **Defecto.** Discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, propiedades, etc, son inadmisibles por alguna norma específica.
- **Documentación técnica.** Planos, instrucciones y demás documentación que hacen referencia a la estructura en la que se va a intervenir.
- **Ensayos No Destructivos.** Cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades químicas físicas mecánicas o dimensionales.
- **Inspección.** Acción y efecto de inspeccionar (examinar, investigar, revisar). Se trata de una exploración física que se realiza principalmente a través de la vista.
- **Método de END.** Aplicación de un principio físico a un ensayo no destructivo.
- **Procedimiento:** Descripción de actividades, pautas y mecanismos que controlan parámetros y estándares en el desarrollo de una actividad.
- **Protocolo.** Definición y descripción ordenada de las acciones que se deben realizar.
- **Técnica de END.** Forma específica de utilización de un método de ensayo no destructivo.

2.5. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

2.5.1. Hipótesis general.

La inspección mediante inspección visual, tintes penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas conforme al Código ASME B31.3-2018 a las juntas soldadas asegurara el cumplimiento de la calidad exigidos en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.

2.5.2. Hipótesis específicas.

- Las detecciones de discontinuidades en las juntas soldadas permitirán su posterior evaluación según los criterios del código ASME B31.3-2018.
- El diseño del plan de puntos de inspección durante la etapa de fabricación de las estructuras determinara el cumplimiento del plan de calidad.
- El cumplimiento de las variables esenciales de los requisitos del procedimiento de inspección por tintes penetrantes garantizara la correcta evaluación de las juntas soldadas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO METODOLOGICO.

La recolección de datos debe de ser lo más confiable posible para poder obtener resultados precisos que nos ayuden a analizar las indicaciones que se pueden presentar durante la inspección de las juntas soldadas del proyecto, mediante el método de Ensayos No Destructivos considerando las estipulaciones descritas por el código ASME B31.3, para el caso pertinente.

El presente trabajo se basa en un análisis Cuantitativo – Descriptivo, donde vamos a evaluar los resultados recolectados durante la inspección de tintes penetrantes realizadas a las juntas soldadas de las tuberías de acero, con la finalidad de que las juntas cumplan con las especificaciones que exige el Código ASME B31.3, para la fabricación de tanques, estructuras metálicas y tuberías.

3.1.1. Tipo de investigación.

El análisis de las condiciones de tanques, juntas soldadas, tubería, etc. mediante la inspección por Ensayos NO destructivos a las tuberías de acero del proyecto encomendado a la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. mediante lo especificado en el código ASME B31.3 – 2018; califica a este trabajo de investigación como Cuantitativa – Descriptiva.

3.1.2. Nivel de investigación.

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

3.1.3. Diseño de investigación.

Diseño no experimental; se describe las variables y se analiza su incidencia e interrelación en un tiempo determinado.

Diseño transversal descriptivo, se indaga la incidencia y los valores obtenidos y su influencia en las variables.

3.1.4. Enfoque de la investigación.

Método Correlacional, basado en la observación para un análisis de datos.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.2.1. Población

La población sobre la cual se basa la investigación está constituida por los tanques, estructuras Metálicas del Proyecto, tuberías, etc. en la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.

3.2.2. Muestra

La muestra de nuestra investigación son los tanques, juntas soldadas de las estructuras metálicas, tuberías de los Proyectos que desarrolla la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. en la localidad del Callao - Provincia Constitucional del Callao - Región Callao.

3.3. DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el análisis e interpretación de los datos obtenidos se utilizará la referencia bibliográfica, Código AWS D1.1 y la estadística basada en MS Excel y ANOVA

3.4. PROCEDIMIENTO

En este párrafo se realizará un estudio de la norma ANSI/AWS D1.1:2015, en sus secciones 2, 5 y 6 que corresponden al control de calidad en soldaduras de producción en una estructura metálica, cuyos controles de calidad se realizan mediante inspección visual y líquidos penetrantes que se encuentran claramente definidos en esta norma.

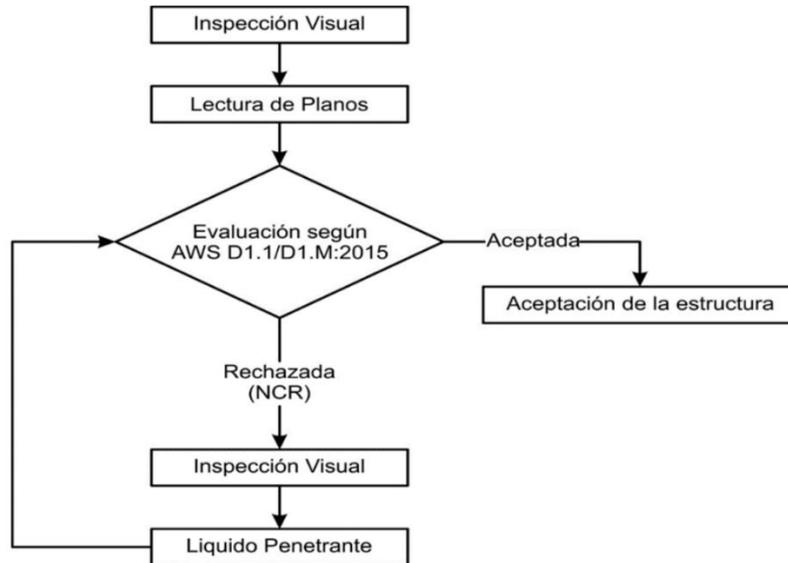


Figura 3. Flujograma del procedimiento de control de calidad

3.4.1. Metodología

El diseño a aplicarse es de investigación no experimental, el nivel de diseño 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 probetas y juntas 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.

El tipo 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 soldadas.

Los requerimientos que son necesarios para la inspección de las juntas soldadas se establecen en el Código AWS D1.1:2015, en sus secciones 2, 5 y fundamentalmente la sección 6 donde se 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 los requerimientos de la obra.

3.4.2. Desarrollo del procedimiento de investigación

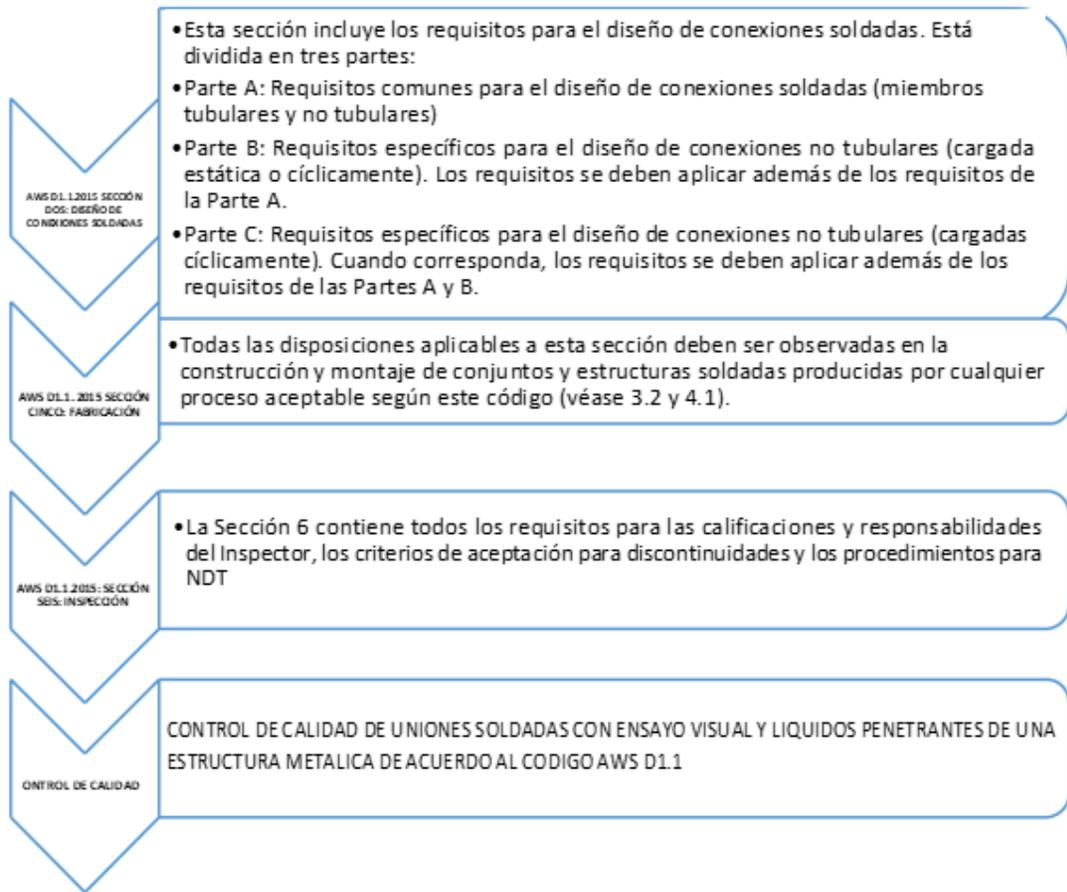


Figura 4. Flujograma del procedimiento de investigación

3.4.3. Técnicas y procedimientos de recolección de datos

Los Tanques, Estructuras Metálicas, Tuberías, etc. de los Proyectos que desarrolla la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. en la localidad del Callao - Provincia Constitucional del Callao - Región Callao, cuenta con coberturas para todo lo relacionada a las juntas soldadas de estos Tanques, Estructuras Metálicas, Tuberías, etc. que están unidas mediante procesos de soldadura, siendo los puntos críticos de las estructuras las juntas soldadas las cuales se examinaron para determinar su resistencia a las condiciones de trabajo a las cuales van a estar sometidas.

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 realiza de la manera siguiente:

Tabla 5. Técnicas y procedimientos de recolección de datos

ANTES DE SOLDAR	DURANTE LA SOLDADURA	DESPUES DE LA SOLDADURA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisar los documentos relacionados ▪ Verificar: WPS, PQR y WPQ ▪ Desarrollar un plan de inspección y registros. ▪ Desarrollar un sistema para identificar rechazos ▪ Chequear equipos de soldadura. ▪ Chequear la calidad del material base y material de aporte. ▪ Chequear la calidad y precisión de las juntas. ▪ Chequeó el montaje y alineamiento. ▪ Chequeó la limpieza de la junta. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chequear las variables. ▪ Inspeccionar visualmente cada pase de soldadura. ▪ Chequear la limpieza entre pases. ▪ Chequear la temperatura entre pases. ▪ Chequear la secuencia de pases. ▪ Chequear las superficies de respaldo. ▪ Realizar ensayos con líquidos penetrantes cuando se requiera. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chequear su apariencia final. ▪ Chequear su tamaño. ▪ Chequear sus longitudes y distancias. ▪ Chequear la precisión dimensional del ensamble soldado. ▪ Realizar ensayos no destructivos (END: Visual de acuerdo a la norma 2015 penetrantes de acuerdo a la norma ASTM E165 (Método de ensayo normalizado para inspección de líquidos penetrantes. Criterios de aceptación. Tabla 6.1 AWS D1.1 ASTM E1417 ▪ Preparar sus reportes de inspección respectivos.

Así mismo 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: 2015.

Para el proceso de calificación se utilizó el proceso de ponderación por puntos, este método nos permitió conocer cuál si la construcción inspeccionada cumple con lo establecido en la norma bajo la siguiente calificación:

Tabla 6. Ponderación por puntos

IMPORTANCIA	CALIFICACIÓN
Alto	3 puntos
Medio	2 puntos
Bajo	1 punto

De acuerdo a lo antes establecido y el número de requerimiento tenemos un total de setenta y dos puntos:

Tabla 7. Rangos de calificación

RANGO	CRITERIO
Puntuación igual o mayor a 52 puntos Con mínimo 32 puntos de calificaciones altas	CUMPLE
Puntuación entre 52 y 37 puntos Con calificaciones altas entre 32 y 21 puntos	RE INSPECCIÓN
Puntuación menor a 37 puntos Con calificaciones altas menores a 21 puntos	NO CUMPLE

3.5. VARIABLES

Variable dependiente

Control de calidad de uniones soldadas con inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas.

Variable independiente

Estructura metálica de acuerdo al código AWS D1.1

3.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El presente proyecto está establecido para comprobar el cumplimiento de la norma AWS D1.1:2015 en juntas de probetas soldadas y de la estructura metálica en estudio, dando así una referencia de lo que actualmente se está realizando, esperando ser un aporte para que en un futuro cercano se pueda tener un porcentaje muy alto de estructuras seguras y confiables para la seguridad de las personas.

Las técnicas de ensayos no destructivos para el control de materiales representan un instrumento imprescindible a la hora de proporcionar la seguridad en una estructura, tanto en la etapa inicial de construcción como durante la vida útil de la misma.

- Realizar un análisis Teórico de la Norma AWS D1.1, sección dos, cinco y seis
- Elaborar formulario de chequeo para inspección visual para las construcciones de altura según la norma AWS D1.1, sección dos, cinco y seis.
- Elaborar guía para verificar el cumplimiento de la Norma AWS D1.1 mediante inspección visual, fundamentándose en la sección dos, cinco y seis.
- Realizar el proceso de inspección visual en construcciones seleccionadas en base a la guía y formulario de chequeo.

Analizar los datos y la información obtenida en el proceso de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas de las probetas elaboradas de las obras Proyectos en la Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. en la localidad del Callao - Provincia de Constitucional del Callao - Región Callao.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE PROBETAS SOLDADAS CON EL CÓDIGO AWS D1.1:2015

Para la ejecución de los diferentes ensayos no destructivos con ensayo visual y líquidos penetrantes se realizaron probetas de acuerdo a lo establecido en la normativa AWS D1.1 las mismas que se utilizan para la calificación de soldadores, cuyas dimensiones son 30 x 30 cm. Para la soldadura se escogió el proceso SMAW ya que es el más utilizado en el país y es el que menos discontinuidades presenta al momento de su realización.

Establecido el tipo de soldadura, se procedió a la selección del material base y material de aporte, para lo cual nos regimos a la tabla 3.1 de la normativa AWS D1.12015 p. 49, que nos indica que para un proceso de soldadura tipo SMAW y para una placa de acero de espesor menor a 20 mm, el material base debe ser de especificación A36, y para el material de relleno lo establecemos de acuerdo a la tabla 3.2 de la normativa AWS D1.1.2015 p. 53, que indica que los electrodos recomendados para metales del grupo I son los E60XX y E70XX. La tabla 15 contiene un resumen de los datos del material base a utilizar para un proceso de soldadura SMAW de acuerdo a la tabla 3.1 de la normativa AWS D1.1.

Tabla 8. Metales base aprobados para una soldadura SMAW

Requisitos de la especificación del acero

Grupo Especificación del acero			Limite elástico máximo		Rango de la tracción	
			ksi	MPa	Ksi	MPa
I	ASTM A36	Menor a 20 mm	36	250	50-80	400-550

Fuente: Norma ASTM.

En la tabla 16 se observan las especificaciones de los electrodos a utilizar para las probetas con metal base tipo 1 de acuerdo a la tabla 3.1 de la normativa AWS D1.1.

Tabla 9. Especificaciones de electrodos

Metales según grupo para soldadura SMAW y SAW

Grupo de metal base	Especificación AWS del electrodo	SMAW			SAW		Acero baja aleación
		A5.1. del Acero carbono	A5.5. al Acero baja aleación	A5.17. Acero al carbono	A5.23. de aleación		
I	AWS	E 60XX E 70XX	E 70XX-X	-----	-----		

Fuente: Norma AWS D1.1

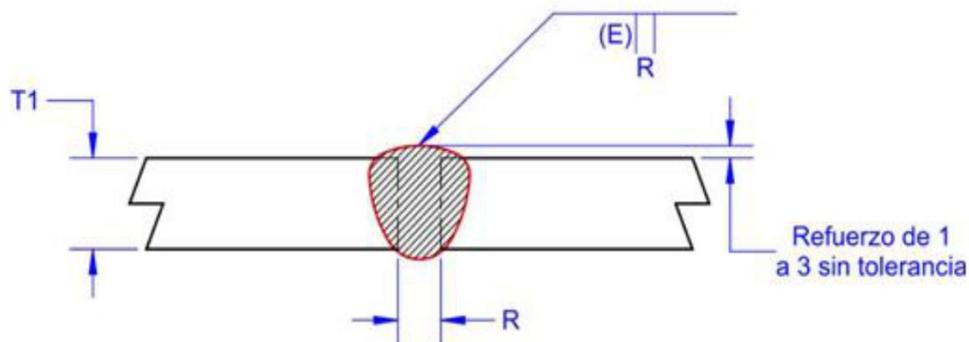
4.2. SELECCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LAS PROBETAS

El tipo de unión que se utiliza en las columnas armadas es la soldadura de canal cuadrada según AWS D1.1 como se muestra en la figura 11.

Los parámetros usados en la preparación de junta a tope en soldadura SMAW según las normas ASME B31.3, ASMEIX y AWS D1.1 son las siguientes:

- Angulo de inclinación de biselado 60°
- Talón 3 mm
- Sin respaldo separación 3 mm
- Con respaldo 6 mm

Figura 5. Soldadura a tope de canal cuadrada



Fuente: AWS D1.1: 2015.

4.3. DISEÑO DE LA JUNTA

El diseño de la junta es un bisel en forma de V, ya que es más utilizado cuando se realizan cordones de soldadura.

La normativa AWS D1.1 figura 3.3 establece que, para una junta en forma de V, el ángulo de la ranura debe ser de 60 grados.

Tabla 10. Detalle de la junta soldada en ranura con junta de penetración completa

Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (E)	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de la raíz Cara de la raíz Ángulo de la ranura	Tolerancias				
					Según detalle (véase 3.12.3)	Según acoplamiento (véase 3.12.3)			
SMAW	BC-P2	1/4 min.	U	R = 0 f = 1/32 min. $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ +10°, -5°	Todas	S	b, e, f, j
GMAW FCAW	BC-P2-GF	1/4 min.	U	R = 0 f = 1/8 min. $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ +10°, -5°	Todas	S	a, b, f, j
SAW	BC-P2-S	7/16 min.	U	R = 0 f = 1/4 min. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 $\pm 1/16$ +10°, -5°	F	S	b, f, j

Fuente: AWS D1.1:2015.

4.4. PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

En esta sección se detalla el proceso de mecanizado del bisel en las probetas de acuerdo a la normativa AWS D1.1 para llevar a cabo el control de calidad del cordón de soldadura aplicando ensayo visual y líquidos penetrantes, así como también el proceso de soldadura de las mismas.

4.4.1. Preparación del material base

Para cada probeta son necesarias 2 placas de 30 x 30 cm. Con la ayuda de la amoladora y un disco de corte apropiado se realizó el corte de un total de 2 placas de dimensiones 30 x 30 cm. a partir de una plancha de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor.

Con las placas ya cortadas se procede a realizar el bisel. Como se requiere una ranura con un ángulo total de 60 grados, se realiza el bisel de cada placa que conforma la probeta con un ángulo de 30 grados.

4.4.2. Realización de la soldadura

Para la realización de las soldaduras, se contó una guía para el proceso de relleno, el cual indica la cantidad de cordones necesarios y la ubicación de los mismos.

1. Se procedió a colocar las placas en la posición correcta, dejando una separación entre placas de 2 mm, como se especifica en la figura 3.3 de la normativa AWS D1.1 (entre 0 y 3 mm).



Figura 7. Ranura tipo V con un ángulo de 60° y separación de 2mm

2. Se realizó el primer cordón de soldadura o base con E 6011 y luego se limpió para el siguiente cordón de soldadura con E7018, luego se realizó el mismo procedimiento hasta completar los pases.



Figura 8. Realización del primer cordón de soldadura

4.5. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL

4.5.1. Objetivo

Estandarizar el desarrollo, interpretación, evaluación y reporte de resultados en la inspección visual directa en cordones de soldadura de estructuras metálicas.

4.5.2. Alcance

Este procedimiento es aplicable para la detección de discontinuidades de tipo superficial en juntas soldadas de ranura o de filete en aceros estructurales mayores que 1/8 pulg. (3 mm de espesor), en base a lo detallado en el Código AWS D1.1.

4.5.3. Documentos de referencia

- AWS D1.1. "Structural Welding Code Steel"
- SNT-TC-1A. "Recommended Practice No. SNT-TC-1A, and ASNT Standard Topical Outlines for Qualification of Nondestructive Testing Personnel"

4.5.4. Criterios de aceptación de la inspección visual de probetas

Para llevar a cabo la inspección visual se evaluó de acuerdo con la normativa AWS D1.1 sección 6.9, (pág. 194 de la normativa AWS) la cual establece que las soldaduras serán aceptables si cumplen los criterios de la tabla 6.1 (pág. 201 de la norma AWS).

A continuación, en la tabla 19 se detallan los criterios de aceptación para realizar una inspección visual según la normativa AWS D1.1.2015.

Tabla 11. Criterios de aceptación para Inspección Visual AWS D1.1: 2015

CATEGORÍAS DE DISCONTINUIDAD	CRITERIO DE ACEPTACION								
1. Prohibición de grietas.	No se deberá aceptar grieta alguna, independientemente del tamaño o la ubicación.								
2. Fusión del metal de soldadura / metal base	Deberá existir fusión completa entre las capas adyacentes del metal base y entre el metal de soldadura y el metal base.								
3. Sección transversal del cráter.	Todos los cráteres deberán rellenarse para proporcionar el tamaño de la soldadura especificada, a excepción de los extremos de las soldaduras de filete intermitente, fuera de su longitud efectiva								
4. Perfiles de soldadura.	Los perfiles de la soldadura deberán estar conforme a la sección 5.23 de AWS D1.1:2015								
5. Tiempo de Inspección.	La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después de que las soldaduras completadas se hayan enfriado a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para ASTM A-514 y A-709 de aceros grados 100W y 690W deberán basarse en la inspección visual efectuada en no menos de 48 horas después de la finalización de la soldadura.								
6. Soldadura sub dimensionada	El tamaño de la soldadura de filete en cualquier soldadura continua puede ser inferior al tamaño nominal especificado (L) sin corrección por las siguientes cantidades (U)								
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L (in/mm)</td> <td style="text-align: center;">U (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;">$3/32''$ (2.5)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\geq 5/16''$ (8)</td> <td style="text-align: center;">$\geq 1/8''$ (3)</td> </tr> </table>	L (in/mm)	U (in/mm)	$\leq 3/16''$ (5)	$\leq 1/16''$ (2)	$1/4''$ (6)	$3/32''$ (2.5)	$\geq 5/16''$ (8)	$\geq 1/8''$ (3)
L (in/mm)	U (in/mm)								
$\leq 3/16''$ (5)	$\leq 1/16''$ (2)								
$1/4''$ (6)	$3/32''$ (2.5)								
$\geq 5/16''$ (8)	$\geq 1/8''$ (3)								
	En todos los casos, la parte de la soldadura con tamaño inferior al nominal no deberá exceder del 10% de la longitud de la soldadura.								
	En las soldaduras de alma ala en vigas, se deberá prohibir la reducción en los extremos de una longitud igual al doble del ancho del ala.								
7. Socavamiento	Para materiales menores a 1" (25mm) de espesor, el socavamiento no deberá exceder 1/32" (1mm) con la siguiente excepción: El socavamiento no deberá exceder 1/16" (2mm) para cualquier longitud acumulada hasta 2" (50mm) en cualquier tramo de 12" (300mm). Para el material igual o mayor que 1" de espesor, el socavamiento no deberá exceder 1/16" (2mm) cualquiera sea la longitud de soldadura.								
8. Porosidad	Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular visible. En todas las demás soldaduras en ranura y soldadas en filete, la suma de la porosidad vermicular visible de 1/32" (1mm) o de diámetro mayor, no deberá exceder 3/8" (10mm) en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder 3/4" (20mm) en cualquier tramo de soldadura de 12" (300mm) de longitud.								

Fuente: AWS D1.1: 2015.

4.5.5. Reporte de Inspección visual directa de probetas

Para el caso de la presente tesis se utilizó la técnica de inspección directa, se realizó la inspección a una distancia no mayor a 24 pulgadas [600 mm] con respecto al ojo y con un ángulo no menor a 30°. ya que se analizaron probetas cuyas dimensiones permiten una total manipulación de las mismas y únicamente será necesario el uso de herramientas básicas como son fuentes de luz y herramientas ópticas.

Tabla 12. Reporte de inspección visual de probeta soldada

PROYECTO: Trabajo de Investigación	Realizado por : Bach. Jack Danny Chauca Arambulo
DESCRIPCION: Probeta con junta de penetración completa	Tesista de la EPIM-UNJFSC
NORMA: AWS D1.1.2015	Supervisado por: Asesor de Tesis. Ing. José Alonso Toledo Sosa
Lugar de ejecución: Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.	Fecha : Octubre del 2021
ITEM 2: ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA	
Procedimiento: AWS D1.1.	Posición: Plana horizontal 1G
Tipo: Soldadura CJP de un solo lado	Técnica: Cordón rectilíneo Raíz acabada
Abertura de raíz : 3 mm	Proceso : SMAW
Tipo de unión : a tope	Tipo: Manual

ITEM 3: ESPECIFICACIONES METAL BASE Y DE APORTE

Especificaciones del material base:	Acero estructural
Tipo o grado:	ASTM A-36
Resistencia a la tracción:	40.8- 56.10 Kg/mm ²
Límite de fluencia:	25.3 Kg/mm ²
Espesor :	6.00 mm
Metal de aporte:	AWS E-8010 y E-0111
Amperaje voltaje:	90 A/35 V

Figura 9. Inspección visual directa – ensayo N° 1



ITEM 4: INSPECCION VISUAL DIRECTA

Ensayo N° 1	Pieza: Probeta soldada
Lugar de ejecución: Empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.	Realizado por : Bach. Jack Danny Chauca Arambulo
Estado Superficial Libre de corrosión	Flujo del aire del medio: estático
Tipo de Iluminación: Natural	Temperatura: 15 – 20°C

PROCEDIMIENTO

Limpeza inicial	Lijar y cleaner marca Spot Check.
Instrumentos de evaluación	Galgas, vernier, lupa, cámara fotográfica
Instrumento de verificación	AWS D1.1 sección 6.9.
Tiempo de evaluación	30 minutos aproximadamente

Figura 10. Procedimiento de inspección visual directa



Medición de espesor de plancha



Medición de altura del filete



Medición de ancho de cordón de soldadura



Evaluación de discontinuidades

RESULTADOS

Descripción	Cumple	No cumple
Grietas: No hay presencia de grietas en la superficie de la soldadura.	X	
Fusión del metal base/soldadura: Existe fusión completa entre las capas adyacentes del metal base y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	
Sección transversal del cráter: Se presentaron inicialmente varios cráteres de fusión de soldadura los mismos que fueron rellenados para proporcionar un tamaño de soldadura adecuado.	X	
Perfil de soldadura: El perfil de soldadura se realizó de acuerdo a los criterios AWS D1.1: 2015	X	
Socavamiento: Existe socavado menor a 1 mm = aprueba	X	
Porosidad: El cordón presenta porosidad normal que no representa discontinuidades	X	

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

La soldadura no presenta grietas que es el principal factor presentado por los criterios de aceptación en la Tabla 6.1 de la AWS D1.1, además se puede observar que la fusión de material base es adecuada, se presentan varios cráteres de fusión de soldadura los mismos que serán rellenados para proporcionar un tamaño de soldadura adecuado, no se presenta socavado en la soldadura.

CALIFICACION

Con la finalidad de llegar a esta calificación se ha trabajado con dos probetas adicionales, eligiendo el que presento el mejor resultado. Las probetas ensayadas cumplen con varios de los criterios de aceptación de la normativa AWS D1.1:2015, según la metodología de inspección.

El análisis visual en el espécimen evaluado indica que la soldadura es adecuada y no presenta discontinuidades relevantes.= Aprueba.

4.6. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES TIPO II, METODO C

Para el ensayo de líquidos penetrantes se prepararon las mismas probetas soldadas para realizar el ensayo visual de acero estructural ASTM A-36 de 30 x 30 cm. en las cuales se utilizaron como material de aporte electrodos E0810 y E0111 y así poder verificar si existen discontinuidades en la soldadura, todo esto según los criterios de aceptación presentados por la AWS D1.1. Capítulo 6 Apartado C y según la tabla 6.1 además de la Norma ASTM E 165.

Los líquidos penetrantes que se utilizaron fueron de color rojo removible con solvente marca Spot Check

Tabla 13. Clasificación de líquidos penetrantes según norma ASTM E165

Tipo I	
Fluorescente	
Método A	Lavable con agua (ASTM E-1200)
Método B	Postemulsificable lipofílico (ASTM E-1208)
Método C	Removible con solvente (ASTM E-1219)
Método D	Postemulsificable Hidrofílico (ASTM E-1210)

TIPO II	
Coloreados	
Método A	Lavables con agua (ASTM E-1418)
Método C	Removibles con solvente (ASTM E-1220)

4.6.1. Objetivo

Estandarizar el desarrollo, interpretación, evaluación y reporte de resultados en la inspección por líquidos penetrantes visibles tipo II, método C en cordones de soldadura de estructuras metálicas.

4.6.2. Alcance

Este procedimiento es aplicable para la detección de discontinuidades de tipo superficial en juntas soldadas de ranura o de filete en aceros estructurales mayores a 1/8 pulg. (3 mm de espesor), en base a lo detallado en el Código AWS D1.1

4.6.3. Documentos de referencia

- ASTM E 1417. “Standard Practice for Liquid Penetrant Testing”
- ASTM E 165. “Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry”
- AWS D1.1. “Structural Welding Code Steel” -

4.6.4. Reporte de inspección con líquidos penetrantes de probetas soldadas

Se utilizaron los métodos estándar establecidos en ASTM E 165 para la inspección con líquidos penetrantes y las normas de aceptación deberán cumplir con la Sección 6, Parte C del código AWS D.1.1:2015.

Para la inspección visual con líquidos penetrantes se utilizó un kit de tintas penetrantes de la marca “Spot Check” el cual consta de un líquido limpiador, un líquido penetrante y un líquido revelador, los cuales se aplicaron como indica la siguiente figura.

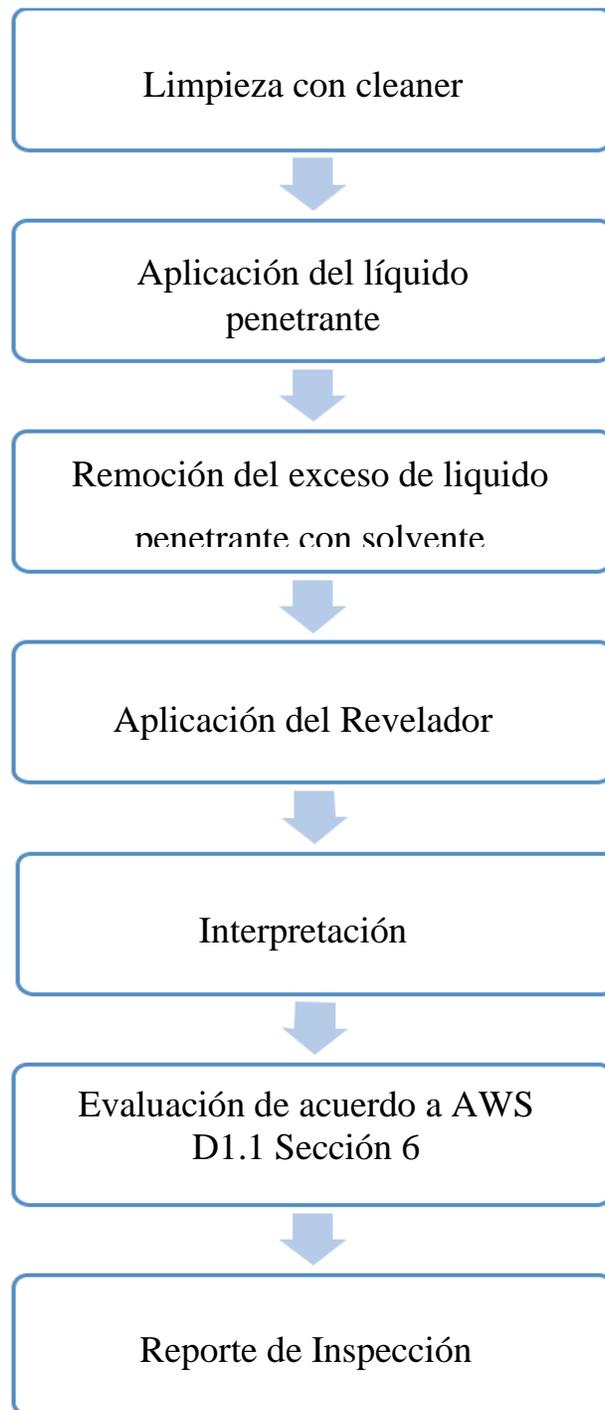


Figura 14. Procedimiento de inspección con LP

Una vez realizado el ensayo no destructivo por el método de líquidos penetrantes coloreados se ha desarrollado un formato para el manejo de la información obtenida, el mismo que incorpora las mejores características de los diversos tipos de formatos encontrados para una mejor comprensión de los resultados, en el que se establecen las especificaciones del proceso en general, como son la posición de soldeo, el tipo de material de aporte, los defectos hallados en las probetas y demás parámetros considerados como relevantes, tal como se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 14. Reporte de inspección por líquidos penetrantes de probetas soldadas

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA
REPORTE DE INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES**

ITEM 1: DATOS INFORMATIVOS

PROYECTO: Tesis	Realizado por : Bach. Jack Danny Chauca Arámbulo: Tesisista de la EPIM-UNJFSC
DESCRIPCION: Probeta con junta de penetración completa	Supervisado por: Asesor de Tesis. Ing. José Alonso Toledo Sosa
Lugar de ejecución: Empresa MARINE CONSULTANTS SAC	Fecha : Agosto del 2021

ITEM 2: ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA

Procedimiento: AWS D1.1.	Posición: Plana horizontal 1G
Tipo: Soldadura CJP de un solo lado	Técnica: Cordón rectilíneo Raíz acabado
Abertura de raíz : 3 mm	Proceso : SMAW
Tipo de unión : a tope	Tipo: Manual

ITEM 3: ESPECIFICACIONES METAL BASE Y DE APORTE

Especificaciones del material base:	Acero estructural
--	-------------------

Tipo o grado:	ASTM A-36
Resistencia a la tracción:	40.8- 56.10 Kg/mm ²
Límite de fluencia:	25.3 Kg/mm ²
Espesor :	6.00 mm
Metal de aporte:	AWS E-6011 y E-7018
Amperaje voltaje:	90 A/35 V

4.7. CONTROL DE CALIDAD DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Las Estructuras Metálicas Proyecto fabricación y montaje de tijerales tubulares metálicos e instalación de correas metálicas con perfiles de tubería rectangular en cerco perimétrico, para el “mejoramiento y ampliación del espacio recreativo familiar en el Complejo El Tumi – Distrito de Huaura - Región Lima Provincias, 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 la estructura las juntas soldadas las cuales se examinaron 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 D1.1:2015.

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

- a)** Inspección visual de las estructuras metálicas del proyecto mejoramiento y ampliación del espacio recreativo familiar del Club Tennis en la localidad de la Campiña de Santa María - Provincia de Huaura - Región Lima Povincias.
- 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: 2015 de acuerdo a la inspección para la generación de reportes:
- Reporte de fallas (NRC) y posible corrección de la falla.
 - Informe de aceptación.
- e)** Aplicación de ensayo no destructivo a posibles defectos o defectos detectados:
- Inspección visual.

CAPITULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. DISCUSIÓN

Se vive en un mundo internacionalizado, de globalización de la economía y de libre comercio, donde existe una elevada competencia desde el exterior, y la necesidad de encontrar nuevos mercados en otros países. Los códigos, especificaciones y procedimientos de soldadura son recomendados para su aplicación en la industrias metalmeccánicas afines con la tecnología de soldadura dado que garantizan confiabilidad y aseguramiento en un producto terminado con óptima calidad debido a sus exigencias tecnológicas y son la documentación básica que rige y guía la práctica de soldadura aplicables para: i) fabricar productos soldados que cumplan con la calidad y seguridad del trabajador requerida, ii) suministrar una real y razonable protección a la vida, la propiedad y el medio ambiente. (Niebles et al., 2008)

En la actualidad, uno de los métodos más importantes para la unión de piezas y conjuntos metálicos en general en las industrias que aportan al producto interno bruto y adelanto en Infraestructura de países desarrollados y en vías de desarrollo es la soldadura y sus tecnologías (Camillero et al., 2007; Wang y Liu, 2004; Méndez, 1999); por tanto es responsabilidad de las empresas fabricantes de productos soldados comprobar que la calidad de sus productos este de conformidad con los requerimientos del cliente y lo establecido en códigos y especificaciones de soldadura, y un primer paso para asegurar la calidad de sus productos y la idoneidad y habilidad de sus soldadores es

elaborando procedimientos de soldadura que permitan garantizar la compatibilidad del metal de soldadura depositado con el metal base utilizado y calificando a sus soldadores y punteadores acorde con el procedimiento de soldadura calificado, esta evaluación de los soldadores es muy importante para la empresa, dado que permite garantizar el desarrollo de uniones soldadas de alta calidad y además da garantía, buen nombre y confiabilidad a la empresa como al soldador, responsables de la aplicación de soldadura. Así mismo es importante que dentro del contexto de investigación, innovación y desarrollo de procesos mixtos e híbridos en soldadura, de nuevos materiales base y de aporte, y caracterización mecánica y microestructural de soldaduras y recubrimientos superficiales llevadas a cabo por instituciones tecnológicas, universidades y centros de investigación; las aplicaciones de soldadura (Bolaños et al., 2006; Dunder, 2006; Baldomir et al., 2005) estén soportadas además de personal capacitado, calificado y entrenado para tal fin debe estar soportado también por procedimientos de fabricación, ensamble y soldadura que garanticen la confiabilidad de los resultados obtenidos y por ende de las uniones soldadas

Se presenta los resultados obtenidos por la implementación del sistema de control de calidad de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C., verificando las no conformidades en los procesos de fabricación encontrados con mayor frecuencia.

5.2. CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de control de calidad basado en las normas ASME B31.3, ASME B31.1, ASME IX y AWS D1.1, en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C, se obtuvo la mejora en la eficiencia de los procesos de soldadura en la fabricación y montaje de tuberías, tanques y estructuras reduciendo las no conformidades y el tiempo de entrega de los productos terminados. Para el cumplimiento de los objetivos se confeccionó, los formatos estandarizados WPS, PQR, WPQ, VT, PT y formatos de liberación para el área de soldadura.
- Con el proyecto de implementación se mejoró los tiempos en el proceso de soldadura reduciendo el tiempo de reproceso en 85.93% de horas hombre y 86.58% de horas máquina, con el cual se mejora el tiempo de entrega de los elementos fabricados, así mismo se mejorará las no conformidades internas en el proceso de fabricación. Así se mejora también el servicio de fabricación cumpliendo con las necesidades y requerimiento de los clientes. Con el proyecto de implementación del sistema de control de calidad para procesos de soldadura, se obtendrá mejoras enormes con la optimización de recursos económicos, con la reducción de pago de horas hombre y materiales para los reprocesos.

5.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de un sistema de control de calidad en otras áreas de la empresa a fin de minimizar el tiempo de entrega de los proyectos.

- Realizar trabajos de soldadura en taller de fabricación o montaje, se deberá usar todos los implementos de seguridad (EPP), para protección de los humos metálicos generados por la soldadura y las esquirlas metálicas.
- Se recomienda actualización de formatos según actualización de las normas y códigos de referencia de este proyecto Se recomienda para el personal de control de calidad hablar el idioma inglés debido a que las normas recientes y actualizadas de soldadura son publicadas en dicho idioma.

CAPITULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. American Society of Mechanical Engineers. (2018). *ASME 31.3-2018 Process Piping - ASME*. New York, USA. Recuperado el Enero de 2020, de <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b31-3>
2. American Iron And Steel Institute. (s.f.). *American Iron and Steel Institute*. (The New Steel) Recuperado el Enero de 2020, de <https://www.steel.org/>
3. ASTM International. (2012). *ASTM E165/165M-12 Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry*. West Conshohocken, Pensilvania, USA. Recuperado el Enero de 2020, de <https://www.astm.org>
4. Baldárrago Berroa, R. (2015). *Inspección visual y líquidos penetrantes en uniones soldadas*. Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de Procesos, Arequipa, Perú. Recuperado el Enero de 2020, de <http://repositorio.unsa.edu.pe>
5. Ceron Ramos, B. (2019). *Control de calidad de soldadura industriales mediante Ensayos No Destructivos (END)*. Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, Ayacucho, Perú. Recuperado el Noviembre de 2019, de <http://repositorio.unsch.edu.pe/>

6. Izurieta Yáñez, S. (2017). *Evaluación de defectos y discontinuidades de la soldadura por medio de la aplicación de Ensayos No Destructivos, en la fabricación de tuberías de 3000 mm de diámetro*. Tesis de pre grado, Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador, Ingeniería Industrial, Guayaquil, Ecuador. Recuperado el Enero de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/>
7. Rodríguez Rendón, V. (2017). *Diseño de una línea de inspección mediante líquidos penetrantes para piezas de aluminio en la industria aeronáutica*. Tesis de pregrado, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias, Cádiz, España. Recuperado el Enero de 2020, de <https://rodin.uca.es>
8. Suarez, P. R. (2017). *Valorización de los cordones de soldadura en las tuberías de proceso mediante la inspección de tintas penetrantes, gammagrafía industrial y ultrasonido avanzado en la Planta de almacenamiento de GLP ubicado en Monteverde, Provincia de Santa Elena*. Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ingeniería Industrial, Santa Elena, Ecuador. Recuperado el Enero de 2020, de <https://repositorio.upse.edu.ec>
9. US Army. (2016). *NONDESTRUCTIVE INSPECTION METHODS, BASIC THEORY*. (A. d. Aérea, Ed.) Virginia, USA: US Army and www.survivablebooks.com. Recuperado el Setiembre de 2020, de armypubs.army.mil
10. Lovejoy S. (2008). Acoustic Emission Testing of Beams to Simulate SHM of Vintage Reinforced Concrete Deck Girder Highway Bridges. *Structural Health Monitoring* 7: 329-346 Maji A., Sahu R. (1994).

- 11.** Acoustic Emissions from Reinforced Concrete. *Experimental mechanics* 12: 379-388
Miclic D.; Milovanovic B. (2009).
- 12.** Testing of compressive and bending strength of concrete and monitoring acoustic emission parameters. Conference of Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Nantes, France. Nair A. (2003).
- 13.** Acoustic emission monitoring and quantitative evaluation of damage in reinforced concrete members and bridges. Thesis for master degree, Department of Civil and Environmental Engineering, Louisiana State University.
- 14.** ARHES (2009). Deliverable D16: Recommendation on the use of soft, diagnostic and proof load testing. Proyecto Europeo VI Programa Marco. Pagina Web, URL. . [Consulta noviembre 2009].

A N E X O S

Anexo 1: Matriz de Consistencia:
“CONTROL DE CALIDAD DE UNIONES SOLDADAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON INSPECCIÓN VISUAL, LÍQUIDOS PENETRANTES, PARTÍCULAS MAGNÉTICAS Y EMISIONES ACÚSTICAS EN LA EMPRESA MARINE CONSULTANTS S.A.C. – CALLAO 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MÉTODOS/TÉCNICAS	INSIRUMENTOS
<p>Problema General</p> <p>¿De qué manera se mejorará el proceso de soldadura en la fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.?</p> <p>Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿De qué manera se mejorará la calidad de la soldadura en el proceso de soldeo de la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.? ▪ ¿De qué manera se mejorarán los tiempos en el proceso de soldeo de tuberías, tanques y estructuras en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.? ▪ ¿De qué manera se reducirán los costos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.? 	<p>Objetivo general</p> <p>Implementar un sistema de control de calidad para mejorar la eficiencia de los procesos de soldadura en la fabricación y montaje de tanques, estructuras y tuberías, en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementar un sistema de control de calidad para mejorar la calidad del proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. ▪ Implementar un sistema de control de calidad para reducir los tiempos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. ▪ Implementar un sistema de control de calidad para reducir los costos en el proceso de soldadura en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C. 	<p>Hipótesis general.</p> <p>La inspección mediante inspección visual, tintes penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas conforme al Código ASME B31.3-2018 a las juntas soldadas asegurará el cumplimiento de la calidad exigidos en la empresa MARINE CONSULTANTS S.A.C.</p> <p>Hipótesis específicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Las detecciones de discontinuidades en las juntas soldadas permitirán su posterior evaluación según los criterios del código ASME B31.3-2018. ▪ El diseño del plan de puntos de inspección durante la etapa de fabricación de las estructuras determinará el cumplimiento del plan de calidad. ▪ El cumplimiento de las variables esenciales de los requisitos del procedimiento de inspección por tintes penetrantes garantizará la correcta evaluación de las juntas soldadas. 	<p>Variables</p> <p>Variable Independiente (X):</p> <p>X: Tanques de almacenamiento, estructuras metálicas y tuberías.</p> <p>Variable dependiente (Y):</p> <p>Y: Control de calidad de uniones soldadas con inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y emisiones acústicas.</p> <p>Indicadores:</p> <p>La norma ISO 9001:2008 la define como: La capacidad de un conjunto de características intrínsecas para satisfacer requisitos. Mejoramiento continuo de la producción. Reducción al mínimo de los gastos y los costos operacionales, sin disminuir la calidad del producto.</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Tesis descriptiva y correlacional.</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>El diseño a aplicarse es de investigación no experimental, el nivel de diseño 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 probetas y juntas 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 tanques de almacenamiento, estructuras metálicas y tuberías con respecto a las uniones soldadas.</p> <p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis documental. ▪ Control de las variables del proceso. 	<p>Se usará como instrumento equipos de ultrasonido, radiografía industrial. Además:</p> <p>Norma ISO 9001-2008 - Registros de producción - Catálogos - Encuestas - Registros oficiales - Estados financieros de la empresa - Observación directa.</p>