FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA MEDIANTE LA METODOLOGÍA CAUSA - RAÍZ PARA CORDONES DE SOLDADURA DE UN TANQUE API 650 EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C – LIMA

PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Autores:

Bach. Cruz Vergara Walter Mayket

Bach. Gonzales Ruiz Edgar Manuel

Asesor:

Dr. Jorge Antonio Olortegui Yume, Ph.D

ORCID https://orcid.org/0000-0001-5734-040X

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2019

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA MEDIANTE LA METODOLOGÍA CAUSA - RAÍZ PARA CORDONES DE SOLDADURA DE UN TANQUE API 650 EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C – LIMA

Presentado a la escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Señor de Sipán para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico

AUTORES:

Bach. GONZALES RUIZ EDGAR MANUEL

Bach. CRUZ VERGARA WALTER MAYKET

APROBADO POR:

Mg. ALVARADO SILVA CARLOS ALEXIS

Presidente del jurado de tesis

Mg. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Secretario del jurado de tesis

Mg. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YNOME

Vocal del jurado de tesis

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA MEDIANTE LA METODOLOGÍA CAUSA - RAÍZ PARA CORDONES DE SOLDADURA DE UN TANQUE API 650 EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C – LIMA

Walter Mayket Cruz Vergara[1]

Edgar Manuel Gonzales Ruiz[2]

Resumen

En esta investigación se determinaron las causas de falla mediante la metodología causa - raíz para cordones de soldadura de un tanque api 650 en la corporación Solivan S.A.C de la cuidad de lima.

Se identificaron las necesidades de la empresa mediante entrevistas aplicadas al gerente, ingeniero a cargo del proyecto y personal soldador y teniendo en cuenta la normativa más usadas para estos tipos de trabajos de soldadura y guiándonos del historial brindado por la empresa. Se logro realizar una matriz morfológica que puedo evaluar los tipos de fallas con sus orígenes en los cordones de soldadura. Para esto se fabricaron 5 probetas de marial base (Acero A36) y material aportante E-7018, dimensionadas de acuerdo a la normativa vigente (ASME IX).

Por consiguiente, se analizaron las probetas empleando ensayos no destructivos (inspección visual, tintes penetrantes y radiografía industrial) y destructivos (ensayos de tracción y doblez), teniendo como propósito poder identificar las causas de las fallas que se están presentando en la corporación Solivan. Para lo cual la empresa tomo como medidas de corrección la aplicación de capacitación a sus soldadores y la implementación de materiales intervinientes en la fabricación de las probetas. Por lo que mediante estos ensayos se pudo constatar que las causas de las fallas que se han venido suscitando en la empresa eran a raíz de una mala práctica del proceso de soldeo

Palabras clave

Soldeo, Cordón de Soldadura, Fallas, Discontinuidades

[1]Adscrito a la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica, pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: CVERGARAWALTE@crece.uss.edu.pe

[2]Adscrito a la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica, pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: GRUIZEDGAR@crece.uss.edu.pe **Código ORCID:** https://orcid.org/0000-0001-8699-4867.

DETERMINATION OF THE CAUSES OF FAILURE THROUGH THE METHODOLOGY CAUSE - ROOT FOR WELDING CORDS OF AN API 650 TANK IN THE SOLIVAN CORPORATION S.A.C – LIMA

Walter Mayket Cruz Vergara[1]

Edgar Manuel Gonzales Ruiz[2]

Abstract

In this investigation the causes of failure were determined by means of the cause - root methodology for welding cords of an api 650 tank in the Solivan S.A.C corporation of the city of Lima.

The needs of the company were identified through interviews applied to the manager, engineer in charge of the project and welding personnel and taking into account the most used regulations for these types of welding work and guiding us from the history provided by the company. It was possible to realize a morphological matrix that I can evaluate the types of faults with their origins in the welding cords. For this, 5 samples of marial base (Steel A36) and contributor material E-7018, dimensioned according to current regulations (ASME IX) were manufactured.

Therefore, the specimens were analyzed using nondestructive tests (visual inspection, penetrating dyes and industrial radiography) and destructive tests (tensile and bending tests), with the purpose of identifying the causes of the faults that are occurring in the Solivan Corporation. For which the company took as correction measures the application of training to its welders and the implementation of materials involved in the manufacture of the specimens. So through these tests it was found that the causes of the failures that have been causing in the company were due to a bad practice of the welding process.

Key Words

Welding, Welding Cord, Faults, Discontinuities

[1]Adscrito a la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica, pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: CVERGARAWALTE@crece.uss.edu.pe

[2]Adscrito a la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica, pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: GRUIZEDGAR@crece.uss.edu.pe **Código ORCID:** https://orcid.org/0000-0001-8699-4867.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por guiarme durante toda mi carrera, a mis padres y hermanos por estar apoyándome en todo momento, darme la oportunidad de poder lograr tener una educación de calidad. Y sobre todo por ser un gran ejemplo a seguir.

CRUZ VERGARA WALTER MAYKET

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por permitirme culminar esta meta en mi vida, a mis padres que estuvieron apoyándome a lo largo de toda mi carrera, y en todo momento depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi capacidad e inteligencia. Es por ello lo que soy ahora.

GONZALES RUIZ EDGAR MANUEL

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 13
1.1. Realidad Problemática 13
1.2. Antecedentes de Investigación 16
1.3. Teorías Relacionadas al tema: 22
1.3.1. Metodología Causa – Raíz 22
1.3.2. FALLAS EN CORDONES DE SOLDADURA 23
1.3.3. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA SOLDADURAS (END) 27
1.3.4. ENSAYOS DESTRUCTIVOS PARA SOLDADURAS (ED) 33
1.3.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 35
1.4. Formulación del problema 36
1.5. Justificación e importancia del estudio 37
1.5.1. Técnica: 37
1.5.2. Económica: 37
1.5.3. Ambiental: 37
1.5.4. Social: 37
1.6. Hipótesis: 37
1.7. Objetivos 38
2.1. Tipo y diseño de la investigación 40
2.2. Métodos de Investigación 40
2.2.1. Diseño de ingeniería 42
2.3. Población y muestra 43
2.4. Variables 43
2.5. Operacionalización: 44
2.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de Información 45
2.7. Validación y Confiabilidad de instrumentos 46
III. RESULTADOS 49
3.1. Identificación de las Necesidades de la Empresa 49
3.2. Documentación del Historial de fallas en cordones de soldadura de la Corporación SOLIVAN S.A.C 53
3.3. Elaboración de matriz para evaluar y relacionar los tipos de fallas que se originan en la empresa. 56
3.4. RESULTADO DE LA SOLUCION MEDIANTE ENSAYOS 57
3.4.1. Fabricación de las probetas 57
3.4.2. INICIO DEL PROCESO 58

3.4.3. INICIO DEL SOLDEO 61
3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS 63
3.5.1. Inspección Visual: 63
3.5.2. Inspección tintes penetrantes: 64
3.5.3. Inspección radiográfica: 65
3.5.4. Ensayo de tracción: 66
3.5.5. Ensayo de Doblez 68
IV. DISCUSIÓN 70
V. CONCLUSIONES 73
VI. RECOMENDACIONES 75
ANEXOS.....70
Anexo Nº 1: ENTREVISTAS REALIZADAS PARA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C, RESPECTO AL ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS CORDONES DE SOLDADURA 81
ANEXO Nº 2: INSPECCIÓN VISUAL 86
ANEXO Nº 3: INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES.....87
ANEXO Nº 4: Procedimiento de Ensayo (Radiografía) 89
ANEXO Nº 5: Procedimiento de Ensayo de tracción 90
ANEXO Nº 6: Procedimiento de Ensayo de doblez 91
ANEXO N° 7: NORMAS DE CALIDAD EN PROCESOS DE SOLDADURA 92
ANEXO Nº 8: HISTORIAL DE FALLAS EN CORDONES DE SOLDADURA 95
ANEXO Nº 9: PLANOS DE LAS DIMENSIONES DE LAS PROBETAS 105
ANEXO Nº 10: RESULTADO DE LA INSPECCION POR TINTES PENETRANTES..106
ANEXO Nº 11: RESULTADO DE LA INSPECCION VISUAL.....111
ANEXO Nº 12: RESULTADO DE LA INSPECCION DE RAYOS X 116
ANEXO N° 13: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE TRACCION Y DOBLEZ.....122
ANEXO Nº 14: CODIGO DE ETICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU .126

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tanque API 650. 14
Figura 2. Falta de Fusión. 15
Figura 3. Inclusión de escoria y Falta de Continuidad en el Cordon. 15
Figura 4. Revelado de fisuras. 16
Figura 5. Fallas en las soldaduras de acero austenítico 17
Figura 6. Macroestructura de la junta soldada a 10X. 18
Figura 7. Macro ataque en la ZAC con evidencia de grieta. 19
Figura 8. Unión soldada bajo el proceso SMAW. 20
Figura 9. Falla en junta de Techo-Envolvente 20
Figura 10. Identificación de los defectos en los cordones de soldadura 21
Figura 11. Prototipo de estructura para captura de imagen del cordón de soldadura 22
Figura 12. Metodología del Análisis Causa Raíz 23
Figura 13. Porosidad en cordones de soldadura 24
Figura 14. Escoria en cordones de soldadura. 24
Figura 15. Falta de fusión en la superficie de la soldadura 25
Figura 16. Fisura en la garganta en la raíz de una soldadura de filete 25
Figura 17. Junta con falta de penetración 26
Figura 18. Socavación adyacente a una soldadura de filete 26
Figura 19. Welding C1alibre (Tipo Cam) 29
Figura 20. Espectro de radiación Electromagnética. 29
Figura 21. Liquido penetrante fluorescente. 30
Figura 22. Angulo de Contacto. 31
Figura 23. Esquema aparato radiográfico Rayos X 32
Figura 24. Maquina Universal 33
Figura 25. Aplicación del ensayo de doblez 34
Figura 26. Porosidad en los refuerzos de los soportes 54
Figura 27. Presencia de grupos de Poros en el la junta horizontal 55
Figura 28. Probetas fabricadas bajo Norma ASME IX 57
Figura 29. Probetas fabricadas bajo Norma ASME IX 58
Figura 30. Diagrama esquemático del proceso de soldadura 58

Figura 31. Electrodo E 7018 59
Figura 32. Plancha DE ACERO A 36 60
Figura 33. MAQUINA DE SOLDAR: “Thhunderbolt XL AC” 61
Figura 34. Plancha lista para soldar en posición vertical 61
Figura 35. Plancha lista para soldar en posición vertical 62
Figura 36. Presentación de los cordones de soldadura con material E-7018 62
Figura 37. Probeta numero 3 63
Figura 38. Probeta número 4 y 5 con tinte penetrante. 64
Figura 39. Probeta número 4 y 5 con el revelador. 64
Figura 40. Radiografía de la probeta 4. 65
Figura 41. Radiografía de la probeta 2. 66
Figura 42. Radiografía de la probeta 3. 66
Figura 43. Máquina de Tracción Zwick Roell Z050. 67
Figura 44. Probetas dobladas. 68
Figura 45. Equipos de Medición para inspección visual. 86
Figura 46. Procedimiento de Inspección con Tinta Penetrantes 87
Figura 47. Etapas de la revelación del tipo de discontinuidad. 87
Figura 48. Lámpara de Luz Ultravioleta. 88
Figura 49. Esquema de radiografía 89
Figura 50. Maquina típica para ensayos de tracción, para medir la resistencia de las soldaduras. 90
Figura 51. Dobles libre. 91
Figura 52. Dobles transversal 91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 44
Tabla 2 46
Tabla 3 47
Tabla 4 49
Tabla 5 52
Tabla 6 54
Tabla 7 56
Tabla 8 59
Tabla 9 60
Tabla 10 67
Tabla 11 92

Capítulo I:

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El principal método para realizar uniones de metales es la unión por cordones de soldadura. En la actualidad las empresas del sector metalmecánico afines con la soldadura presentan un desconocimiento y poca evaluación e investigación de las tecnologías de soldadura (Niebles & Arnedo, 2009). Un estudio realizado por "Journal of Loss Prevention in the process industries", realizaron un análisis a 242 accidentes de tanques de almacenamiento, de los cuales el 30% fueron por errores humanos debido a problemas en la operación y/o mantenimiento. Por ejemplo, en Umm Said - Qatar ocurrió un derrame de 260 barriles de propano, debido a una selección errónea del tipo de inspección a los cordones de soldadura del tanque. Realizaron pruebas hidrológicas con agua de mar, lo cual conllevo a la aparición de corrosión en los cordones de soldadura del tanque. (Chang J. & Lin C., 2006). En Ecuador según la BBC entre el 2000 – 2010, ocurrió un total de 539 derrames de petróleo en los cuales el 28% fueron por corrosión, el 17,8 por fallas mecánicas, el 1,5% por desastre natural. Por ejempló, en el noreste de ecuador hubo un derrame de 11.400 barriles de crudo en el rio Coca, según Alexandra Almeida coordinadora de la línea de petróleo de Acción Ecológica de Ecuador, los ductos del STOE sobrepasaron su tiempo de vida optimo, lo cual contribuyo a que sufrieran rupturas debido al deslizamiento de tierra que arrastro un tramo del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano. (BBC, 2013)

En el Perú la exanimación de los tanques de almacenamiento API – 650 de la industria del petróleo es importante por contener hidrocarburos y de ocurrir una fuga ocasionaría grandes daños al medio ambiente (Reyna, 2015). Por ejemplo, en la región de Loreto en la empresa Petroperú ocurrió un derrame de 600 barriles de crudo, según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) la fuga se produjo por falla en los ductos debido a la corrosión en las juntas de la soldadura y desgaste del tubo (La Prensa,2016).

La Corporación Solivan S.A.C. fue creada el 14 de mayo del 2014, con fines de cubrir las necesidades de un servicio eficiente. La empresa está dedicada al diseño, ejecución de proyectos y mantenimiento de sistemas industriales, orientados principalmente al desarrollo y continuidad operativa del sector industrial y minero. Está enfocada a dar soluciones de vanguardia a los proyectos de refrigeración, gas natural, estructuras metálicas y sistemas de tuberías (piping) brindando a nuestros clientes calidad y tiempo en la ejecución de los proyectos.

La empresa realiza la fabricación de tanques (Figura 1), siguiendo con el procedimiento indicado por la norma API 650 para la fabricación de este tipo de tanques. Sin embargo, al realizar las inspecciones de control de calidad requeridas por la empresa, se detectaron defectos que se encuentran superficiales y defectos (fallas) entre pases (Figura 2 y 3). Lo cual está creando retraso en los procesos de soldadura y está generando sobre costos.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo analizar las fallas en los cordones de soldadura mediante ensayos no destructivos (END) y ensayos destructivos (ED) con la finalidad de identificar los factores causales de las fallas en el tanque API 650.

Figura 1. Tanque API 650.

Fuente: *Propia*

Figura 2. Falta de Fusión.

Fuente: *Propia*

Figura 3. Inclusión de escoria y Falta de Continuidad en el Cordon.

Fuente: *Propia*

1.2. Antecedentes de Investigación

Son antecedentes de esta investigación los que se consignan y resumen a continuación:

Cedoña M. & Solórzano J. & Vergara E. (2015) Analizaron los cordones de soldadura de una estructura metálica del centro de investigación de ciencias agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí para determinar la existencia de discontinuidades internas y externas en dichos cordones, con el objetivo de determinar el estado de calidad de la estructura. Realizaron inspecciones visuales en las diferentes etapas de construcción de la estructura y las uniones soldadas, determinaron la calidad de la soldadura utilizando los ensayos no destructivos específicamente los métodos de líquidos penetrantes y de ultrasonido. Elaboraron un reporte estadístico de las novedades encontradas en la aplicación de los métodos mencionados anteriormente bajo las normas ASTM, ASME y ANSI – AWS. Determinaron en la inspección visual que en la cercha 15-003 y 15-009 presentaron porosidad, llenado insuficiente y fusión incompleta en las juntas de soldadura; en la inspección por líquidos penetrantes de las 13 probetas, 5 de ellas presentaron fisuras (Ver Fig. N° 4), porosidad y pequeñas grietas; la inspección de ultrasonido presento las mismas discontinuidades que la inspección de líquidos penetrantes. Concluyendo mediante los END realizados que las fallas encontradas en los cordones de soldadura fueron la porosidad y falta de fusión y que para esto se tiene que contar con equipos confiables y muy bien calibrados.

Figura 4. Revelado de fisuras.

Fuente: *Universidad Técnica de Manabí*

Chicas R. (2013) Realizó un análisis de fisuras en los cordones de soldadura en aceros al carbono sus causas y soluciones. La inspección y reconstrucción de fallas se realizó mediante END y Método de Reconstrucción de Soldaduras bajo las Normas AWS, ASTM, API. Realizaron inspección y reconstrucción a un balancín, horno de Clinker. En el análisis visual de las probetas variaron el amperaje del electrodo al realizar las juntas y/o uniones, para simular la inexperiencia y falta conocimientos del soldador. Obteniendo en las inspecciones fisuras expuestas transversalmente y longitudinalmente causadas por el movimiento durante y posteriormente a la soldadura. En las pruebas realizadas al balancín obtuvieron que presentaba falla por fatiga la cual producía agrietamiento al swing-lever; en horno de Clinker obtuvieron que las fallas ocurrían en la ZAC (Zona Afectada por el Calor) y fallas en las soldaduras de acero austenítico. Posteriormente repararon la falla del balancín empleando electrodo de Cromo – Níquel, y al horno de Clinker tomaron en cuenta el material base y las condiciones de trabajo. Concluyeron que para un análisis de defectos en la soldadura el método de END es el más óptimo para tomar en cuenta al momento del proceso de reconstrucción.

Figura 5. Fallas en las soldaduras de acero austenítico

Fuente: *Universidad de San Carlos*

Esteves M. & Távara S. (2016) Evaluaron los mecanismos de corrosión en cordones de soldadura del acero API 5XL-70 del Proyecto Camisea. Propusieron evaluar la resistencia a la corrosión a través de la curva de polarización la cual se obtuvo mediante ensayos potenciostaticos de un medio corrosivo de solución de NaCl al 3.5%. Para los ensayos que realizaron tomaron en cuenta las uniones soldadura dado que son lugares con mayor probabilidad a la existencia de corrosión. Se realizaron 6

probetas de las cuales 3 fueron de solo material base y las otras 3 probetas fueron soldadas con electrodo E7018, para estos ensayos siguieron la norma ASTM G1-72 y ASTM G5-78. Obtuvieron que las probetas soldadoras presentaron una velocidad de corrosión de 1.43 gr/cm^2.año, y las probetas de material base presentaron una velocidad de corrosión de 0.41 gr/cm^2.año y en el análisis de la microestructura se puedo apreciar la zona donde se iniciaría el proceso de corrosión, así mismo los defectos tales como: falta de fusión en la raíz, escoria secundaria. Concluyeron que la junta soldada que tiene material aportante E7018 pese a presentar mejores propiedades mecánicas y electroquímicas que el metal base. Los defectos que frecuentes en los cordones de soldadura del acero API 5LX52 son: disolución anódica localizada y ruptura de la pasividad, debido a que las probetas soldadas presentaron una mayor densidad y tamaño de inclusiones no metálicas.

Figura 6. Macroestructura de la junta soldada a 10X.

Fuente: *REVISTA "Ciencia y Tecnología"*

Melgarejo M. & Ramírez C. & Aperador W. (2013) Determinaron las causas de falla en la zona afectada por el calor (ZAC), de un Acero ASTM A36 soldado por proceso SMAW. Seleccionaron un tubo de acero ASTM A36 de 6" de diámetro unido por soldadura tipo circunferencia bajo el proceso SMAW con una corriente eléctrica de electrodo positivo CDEP de 130 A, voltaje de 30 V, un electrodo de raíz 6013 de 1/8" y un electrodo de relleno E7018 de 5/32" de diámetro. Realizaron cortes transversales en el tubo para obtener 4 probetas de área de 10 cm^2, realizaron las detecciones de discontinuidades en el cordón de soldadura utilizaron el ensayo no destructivo de inspección de ultrasonido PhasedArray aplicando los parámetros

establecidos en WPS. Obtuvieron en las pruebas que presentaba una discontinuidad de 56 mm, en las pruebas de macroataque se distinguió con facilidad el metal de aporte en el centro, la ZAC y el metal base; se observan en detalle los diferentes pases de la soldadura, la línea de fusión y la ZAC en un tono oscuro (Figura 7). Concluyeron que en la ZAC existe una mayor frecuencia de grietas por no realizar una selección del material adecuado para la fusión con el material base ASTM A36.

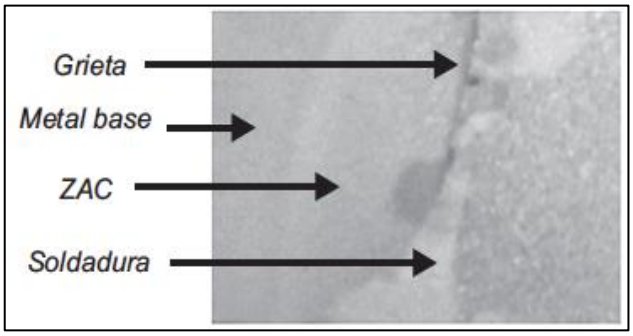


Figura 7. Macro ataque en la ZAC con evidencia de grieta.

Fuente: *Revista INGE CUC*

Marulanda J. & Burbano V. & Peláez J. (2013) Analizaron la soldabilidad del acero inoxidable con aceros de media y bajo carbono por SMAW (Figura 8). Realizaron pruebas de soldabilidad a los aceros inoxidables austeníticos (AISI 304 y AISI 316), con aceros de bajo y medio carbono (AISI 1020 y AISI 1045), se emplearon como materiales de aporte los electrodos EutecTrode ® 52 NG, 54 NG y 57 NG, para analizar la soldabilidad de estos electrodos entre la unión de aceros inoxidables con aceros al carbono. Elaboraron ensayos metalográficos y ensayos mecánicos de dureza, doblez y tracción, con el fin de observar el comportamiento tanto de la zona afectada térmicamente como del cordón de soldadura, a partir del cambio en las propiedades mecánicas y metalúrgicas en las diferentes regiones de las uniones soldadas. Realizaron 24 ensayos de los cuales observaron que utilizaron el acero AISI 304 y el AISI 1045 por medio del electrodo 47 ocurre una falla por penetración en la junta de soldadura, otros fallos se deben a un procedimiento inadecuado en la aplicación del material aportante. Concluyeron que los electrodos EutecTrode 52 NG, 54 NG y 57 NG, tienen una alta soldabilidad para unir aceros inoxidables austenítico con aceros de medio y bajo carbono, siendo el electrodo 52 NG el que mejor propiedades metalúrgicas y mecánicas garantiza para este fin.

Figura 8. Unión soldada bajo el proceso SMAW.

Fuente: ISSN 0121-1129

Marquina A. (2006) Realizó un análisis estructural en la junta techo – envolvente de tanques atmosféricos de almacenamiento de crudo de 560 barriles. Realizaron un análisis de esfuerzos a la junta techo – envolvente de un tanque de 4.57m de diámetro por 5.49 de altura, se calculó el espesor de la plancha por el procedimiento de la Norma API 650 utilizando el software MathCad. Para el análisis de elementos finitos de las presiones y el comportamiento del tanque se hizo mediante el programa ANSYS. Mediante una tabla comparativa de los diferentes métodos diseño bajo la norma API 650, propusieron aumentar el espesor de 4.764 mm dado por la Norma API a uno de 6mm, el cual la Presión Máxima es de 18.25kPa, el cual se encuentra por debajo del valor de presión mínima dada por la Norma.

Figura 9. Falla en junta de Techo-Envolvente

Fuente: *EEMUA*

Pérez E. &Duffus A. & Gómez C. & Santo F. (2013) Observaron y Cuantificaron los defectos en soldaduras a través del procesamiento digital de imágenes termográficas, mediante la termografía activa con sistema de calentamiento por conducción y enfriamiento natural en aire. Realizaron dos probetas soldadas (EO – 26, EO - 13) de acero estructural AISI 1020 con discontinuidades para el ensayo no destructivo. Utilizaron el método de Infrarrojo empleando la cámara IR Thermo Pro opera en un rango espectral entre 8 μm y 14 μm y Radiográfica por Rayos Mediante la inspección de infrarrojo obtuvieron que en la probeta EO – 26 presentaba grupos de poros, poro, Escoria; en la probeta EO – 13 solo presento Falta de fusión. Concluyeron que al analizar las imágenes infrarrojas al contrastarlas con la radiografía por Rayos X obtuvieron un error relativo entre 1 – 3,4%.

Nº	Imagen IR	Defecto EO - 26	Imagen IR	Defecto EO - 13
1		Poro		Falta de fusión
2		Grupos de poros		
3		Inclusiones de escoria		

Figura 10. Identificación de los defectos en los cordones de soldadura

Fuente: *Revista SCielo*

Loja C. (2015) Realizo una inspección de soldadura MIG/MAG de piezas metálicas utilizando técnicas de visión artificial y procesamiento de imágenes". Esta técnica facilita la inspección de características de control de calidad que se lleva a cabo en la industria metalmecánica. Por la cual realizó un prototipo de visión artificial que permitirá detectar fallas de los tipos como: porosidad, salpicaduras y discontinuidad de soldadura. Este proceso consta de una estructura de iluminación para la obtención de imágenes de piezas soldadas, el cual mediante una interfaz gráfica de usuario (GUIDE Matlab) permite el procesamiento e interpretación de los resultados finales. Creando un conjunto de datos de imágenes de las piezas que contiene las fallas. Concluyendo que la técnica de detección de fallas de soldadura depende del sistema de adquisición e iluminación de la pieza analizada, gracias a una correcta posición de

la cámara con la que se capturan las imágenes y la adecuada fuente de luz, se reduce el tiempo de procesamiento y además complejidad de los algoritmos.

Figura 11. Prototipo de estructura para captura de imagen del cordón de soldadura

Fuente: *Loja Bravo Christian*

1.3. Teorías Relacionadas al tema:

1.3.1. Metodología Causa – Raíz

Es una metodología que utiliza un conjunto de técnicas o procesos, para identificar factores casuales de falla.

En otras palabras, es el origen de un problema, relacionado con el personal, los procesos, las tecnologías, y la organización, con el fin de identificar actividades o acciones eficaces que eliminen el problema. (PEMEX, s.f)

A. Análisis Causa-Efecto:

Es una herramienta utilizada para ordenar gráficamente el análisis de manera secuencial. El problema pasa por diferentes modos de falla, con el fin de identificar la relación el origen del problema.

B. Disposiciones específicas de la Metodología de Análisis Causa:

Son las etapas que se van a desarrollar para identificar las acciones y/o recomendaciones que eliminen las causas que las fallas y que ofrezcan rentabilidad.

Ejemplo de cómo abordar un problema con la Metodología del Análisis Causa Raíz (Ver Fig. 12).

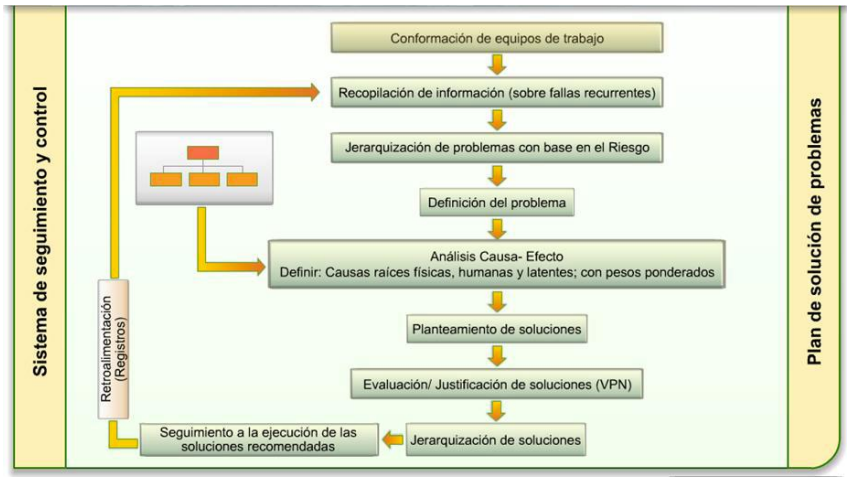


Figura 12. Metodología del Análisis Causa Raíz

Fuente: *PEMEX*

1.3.2. FALLAS EN CORDONES DE SOLDADURA

Los orígenes de estos defectos pueden deberse a múltiples causas y varias de estas causas manifestarse en conjunto.

(RODRIGUEZ D., 2006) Señala que las causas más comunes son:

- La velocidad de avance al efectuar el cordón.
- Mal empleo de la técnica de soldadura (Habilidad del soldador si es técnica manual).
- Mala soldabilidad de los materiales a unir.
- Incorrecta elección del gas de protección.
- Aparición de elevados gradientes térmicos en la zona soldada.
- Mala preparación de la superficie que contendrá el cordón, etc.

Los defectos que aparecen con frecuenta en los cordones de soldadora son:

a. Porosidad

Son huecos globulares libres de todo material sólido, se producen por reacciones químicas que se producen durante el soldeo. Los gases que ocasionan los huecos se derivan de los gases liberados por el enfriamiento del metal en la soldadura, causando reducción de solubilidad al descender la temperatura y las reacciones químicas.

Figura 13. Porosidad en cordones de soldadura

Fuente: *Ortiz G., 2014 "Defectos y Discontinuidades en la Soldadura"*

b. Inclusiones de escoria:

Son los materiales no metálicos (Ver Fig. 14), que se encuentran atrapados entre el material aportante y el material base. Esta discontinuidad se presenta de forma alargada y/o globular en el cordón de soldadura.

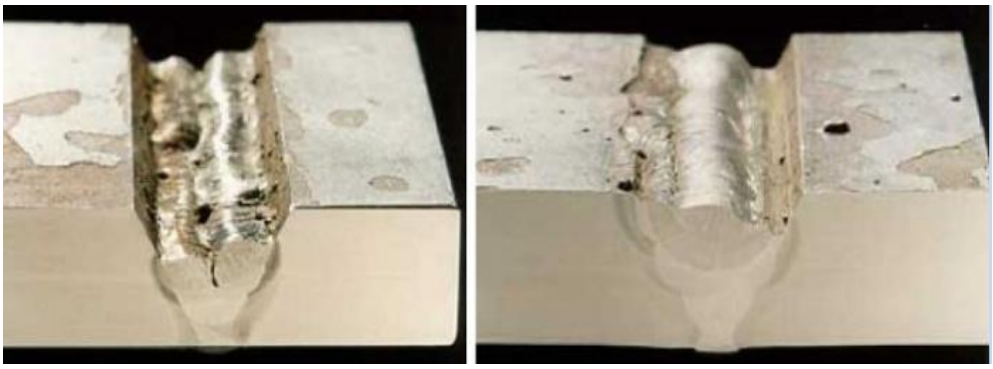


Figura 14. Escoria en cordones de soldadura.

Fuente: *Ortiz G., 2014 "Defectos y Discontinuidades en la Soldadura*

c. Falta de fusión:

Es la falta de material aportante en el metal base (Ver Fig. 15), debido a eso ocurre resquebrajamiento del metal de a la soldadura. La cual ocurre en la primera capa de soldadura y de no repararse persistirá la falla.

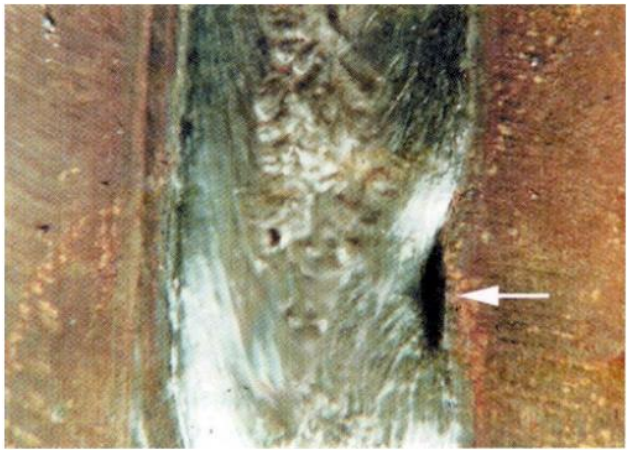


Figura 15. Falta de fusión en la superficie de la soldadura

Fuente: *Ruiz A. "Discontinuidades del Metal Base y de la Soldadura"*

d. Fisuras:

Son grietan que aparecen en las juntas soldadas (Ver Fig. 16) debido a que el material no resiste esfuerzo de tracción. Lo cual ocasiona la aparición de grietas durante la soldadura o como resultado de la misma.

Existe una mayor probabilidad que aparezcan grietas después de realizarse la junta de soladura, cuando el material es duro o frágil.

Figura 16. Fisura en la garganta en la raíz de una soldadura de filete

Fuente: *Ruiz A. "Discontinuidades del Metal Base y de la Soldadura"*

e. Penetración incompleta:

Es la falta de fusión en la zona de la raíz de la soldadura, eso quiere decir que el material aportante no se ha fundido por completo con el metal base. Esto ocurre cuando el material base no llega a su punto de fusión en la hendidura de la cara de la raíz.

En otros casos esta discontinuidad es debido a la falta de disolución de óxido y/o impurezas en la superficie.

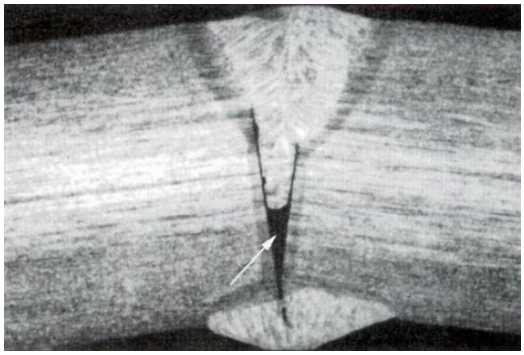


Figura 17. Junta con falta de penetración

Fuente: *Ruiz A. "Discontinuidades del Metal Base y de la Soldadura"*

f. Socavamiento o mordedura:

Es una hendidura (Ver Fig. 18) que puede ubicarse en la raíz o la cara de la soldadura, el cual causa que disminuya el espesor de la plancha. La cual ocurre por un procedimiento adecuado y/o elevada corriendo de soldadura.

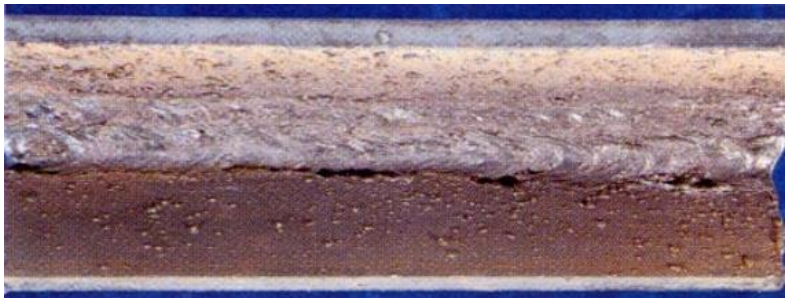


Figura 18. Socavación adyacente a una soldadura de filete

Fuente: *Ruiz A. "Discontinuidades del Metal Base y de la Soldadura"*

1.3.3. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA SOLDADURAS (END)

Se le conoce también por las siglas END o en ingles NDT (non destructive testing), a todo tipo de inspección que se realice a una parte, material y/o sistema sin modificar las propiedades químicas, físicas mecánicas.

Los primeros END se aplicaron en la rama de la medicina en los años 40, donde utilizaran principalmente los rayos x, ultrasonido y endoscopia. Debido a esto en el año 1941 se creó la ASNT (American Society for non Destructive Testing). (Reyna A., 2015; pag.2)

Existen varios propósitos porque se deben aplicar los END los cuales son los siguientes:

1. **Asegurar la integridad/confiabilidad de un producto**

   En la Actualidad, las empresas adquieren productos que generen beneficios, tenga un buen funcionamiento y que tenga tiempo de vida larga. Dado a que, si uno de ellos falla puede generar pérdidas económicas incomodidad de sus clientes.

2. **Prevención de accidentes**

   Las pérdidas materiales son reemplazables pero las pérdidas humanas no, por tal motivo los productos finales deben garantizar la seguridad del hombre. Los END al desarrollarse de forma adecuada, nos permiten evitar accidentes.

3. **Asegurar la satisfacción del cliente**

   Al proveer un producto de alta calidad, que cumplan con las normas y que cumplan con los requerimientos del cliente, la empresa tendrá un buen prestigio.

4. **Soporte en diseño de productos**

   Los END ayuda a evaluar las características de un diseño terminado, el cual indica si son apropiados o si estas para ser mejorados. Por lo tanto, los productos serás más resistentes, de menor costo y mayor seguridad.

5. **Controlando los procesos de manufactura**

   Al realizar un control de calidad en fase del proceso, se puede lograr identificar en qué fase del proseo se produce la falla y por lo tanto ser corregido.

6. **Reducción de costos de manufactura**

   Al realizar los END, se puede detectar fallas en el material o componentes, lo cual evitar que la empresa genere costos por reprocesos.

7. **Manteniendo uniforme la calidad**

   La empresa debe tener un nivel de calidad, el cual se basa en criterio de aceptación y tolerancias al evaluar los productos finales y determinar si están aptos su comercialización.

A continuación, se definirá las técnicas que aplicaremos en la inspección de los cordones de soldadura:

1.3.3.1. INSPECCIÓN VISUAL

Es una de las técnicas más antiguas en los END, la cual es la más usada por su versatilidad y su bajo costo. Su instrumento principal es el ojo humano, el cual se complementa frecuentemente con instrumentos de iluminación y medición (Ver Fig. 19).

El personal involucrado en la inspección deber ser certificado según la norma ISO – 9712 y la ANSI/ASNT CP – 189.

Figura 19. Welding C1alibre (Tipo Cam)

Fuente: *Techno Tools & Equipment Sdn Bhd*

A. Fundamentos

La inspección visual se basa en:

a. Agudeza Visual

Es la mínima distancia de separación entre dos puntos para que puedan ser distinguidos en forma individual. El ojo humano presenta 0.1 mm de agudeza visual

b. Luz Visible

Es la zona del espectro de radiación electromagnética en la cual el ojo humano tiene la máxima sensibilidad. Esta zona comprende entre 390nm y 720 nm (Ver Fig. 20).

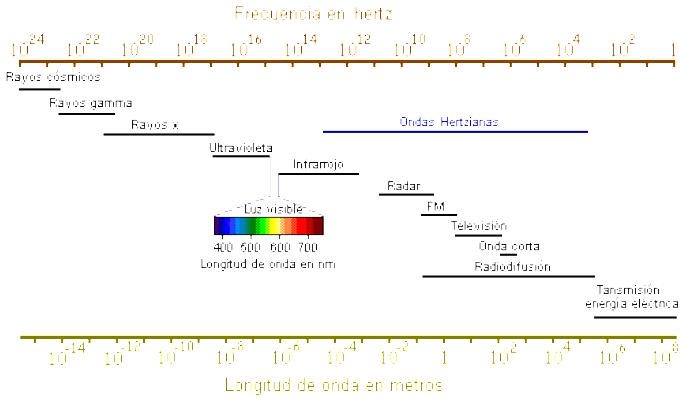


Figura 20. Espectro de radiación Electromagnética.

Fuente: *www.ces.fau.edu*

B. Procedimiento y Equipos de medición

El procedimiento y los equipos que utilizaremos para la inspección visual se verán en el Anexo N° 2.

1.3.3.2. TINTES PENETRANTES

Se utiliza para detectar discontinuidades presentes en áreas del material examinado aplicando un revelador (Ver Fig. 21). Es aplicado con frecuenta en materiales ferrosos y no ferrosos, siendo su mayor aplicación en metales no magnéticos (aluminio, cobre, acero inoxidable austeníticos).

Figura 21. Liquido penetrante fluorescente.

Fuente: *MAGNAFLUX*

A. Fundamentos

Esta técnica está basada en la capacidad del líquido de penetrar por capilaridad y permanecer en la discontinuidad la cual puede ser fisuras y poros. (ADEMINSAC "CURSO DE LIQUIDOS PENETRANTES"

Los principales fundamentos de la inspección son:

1. Poder Humectante.
2. Capilaridad.
3. Viscosidad.

Para tener un buen poder humectante se debe colocar el líquido a un ángulo menor a 90(Fig. 22)

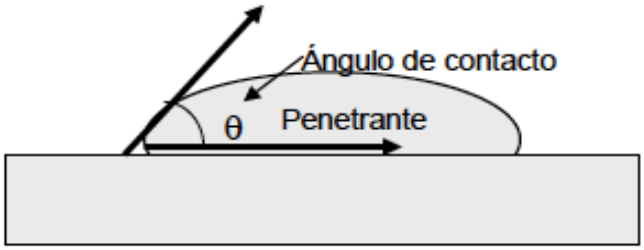


Figura 22. Angulo de Contacto.

Fuente: *ADEMINSAC*

B. Procedimiento y Equipos de medición

El procedimiento y los equipos que utilizaremos para la inspección de tintes penetrantes se verán en el Anexo N° 3.

1.3.3.3. RADIOGRAFÍA

Este método de inspección está basado en la característica de los rayos x que, al pasar un material sólido por la luz, se producirá una impresión fotográfica de la energía que atravesó el material. Para atreviese la luz radiante por la pieza depende del espesor, densidad, estructura del material y/o presencia de discontinuidades.

A través de este ensayo se pueden detectar con facilidad la presencia de grietas, bolsas, inclusiones, poros en el metal base, las cuales se generan de forma de un contraste de claro – oscuro.

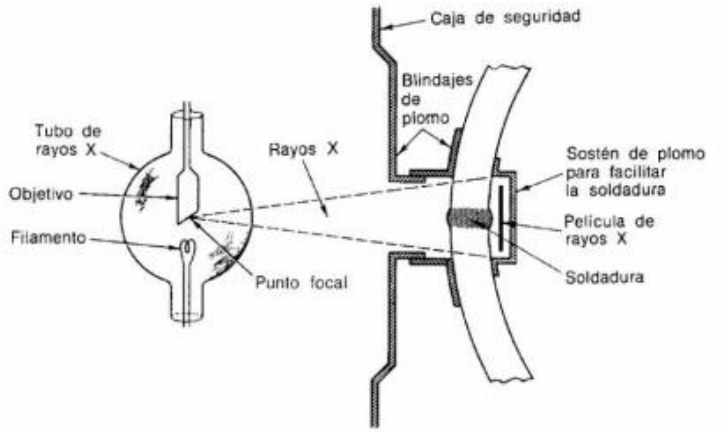


Figura 23. Esquema aparato radiográfico Rayos X

Fuente: *Carmona C. "LA RADIOGRAFIA COMO METODO DE CONTROL DESOLDADURAS"*

A. Fundamentos

Este método de inspección se basa en las características que posee el material atenuar o absorber parte de la energía de radiación cuando son expuestos a esta.

La atenuación de la radiación ionizante es:

- Directamente proporcional al espesor y densidad del material.
- Inversamente proporcional a la energía del haz de radiación.

La alta densidad o área obscura, se puede deber a un menor espesor o materiales de menor densidad como: escorio y/o bolsas de gas atrapados en el cordón de soldadura.

La baja densidad o área clara, se puede deber a una sección de mayor espesor o materiales de mayor densidad como: inclusión de tungsteno y/o gas de protección

B. Procedimiento del Ensayo

El procedimiento para la inspección mediante radiografías se verá en el Anexo N° 4.

1.3.4. ENSAYOS DESTRUCTIVOS PARA SOLDADURAS (ED)

Los ED se emplear determinar las características mecánicas de los materiales en condiciones de esfuerzo y deformación del elemento que se encuentra sometido al ensayo (Federación de enseñanza, 2011, pag.2).

1.3.4.1. ENSAYO DE TRACCION

Este método consiste en someter a una probeta a un esfuerzo axial de hasta su punto de ruptura, su objetivo principal es determinar las siguientes propiedades: resistencia mecánica, límite de elasticidad y rotura (Federación de enseñanza, 2011, pag.15-16).

A. Fundamentos

Este ensayo emplea una maquina Universal (Ver Fig. 24) formada principalmente de una bancada robusta para darle apoyo y estabilidad a la maquina cuando aplica las cargas durante el ensayo.

Las probetas que se emplean para los ensayos se fabrican con forma y dimensiones normalizadas, las cuales pueden ser redonda, cuadrada.

Figura 24. Maquina Universal

Fuente: *Federación de enseñanza, 2011, pag.15*

B. Procedimiento de Ensayo

El procedimiento para la inspección mediante ensayos de tracción se verá en el Anexo N° 5.

1.3.4.2. ENSAYOS DE DOBLEZ

Este ensayo consiste en colocar la probeta en dos rodillos (Ver Fig. 25) de diámetros iguales en la cual se va a aplicar una carga axial con un mandril en el centro. Posteriormente se revisa que la probeta no presente soldadura u otros defectos que no superen en 3.2mm (Norma ASTM E190).

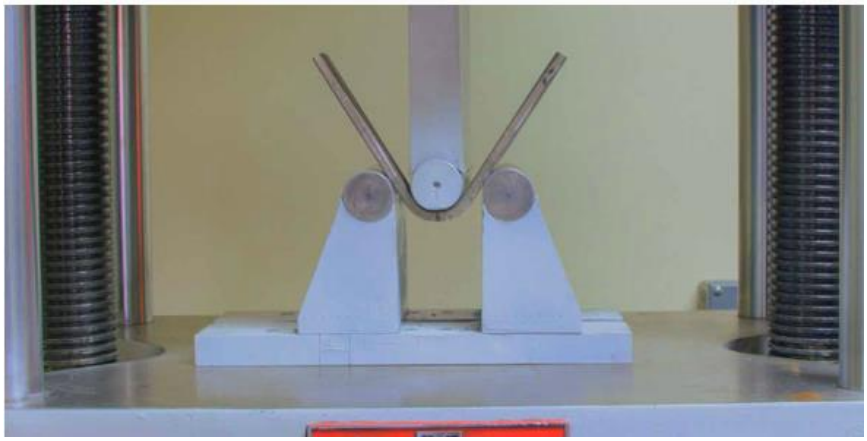


Figura 25. Aplicación del ensayo de doblez

Fuente: *Calidad Y técnica Industrial S.A*

A. Fundamentos

Este método consiste en aplicarle a una probeta una fuerza constante, el cual se doblará en forma de U. Se utiliza para evaluar la calidad de la soldadura (ductilidad y sanidad) de un material, como evidencia de su capacidad para resistir el agrietamiento durante el doblez (INSTROM,2017).

B. Procedimiento de Ensayo

El procedimiento para la inspección mediante ensayos de dobles se verá en el Anexo N° 6.

1.3.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

BOLSA DE GAS: Se produce en la porosidad debido a una alteración en el arco y/o electrodo húmedo.

CRÁTER: Este defecto se produce por el cambio brusco de estado líquido ha solido del material base.

CORDÓN DE SOLDADURA: Es el material fundido de forma longitudinal en el proceso de soldadura en una unión y/o junta.

CONCAVIDAD: Distancia máxima de la cara de la soldadura de filete, en ángulo recto a la orilla de la soldadura.

CORTE DE ARCO DE CARBÓN: Es un técnico donde el corte del material se genera por el calor del electrodo y el metal base.

ELECTRODO: Es el material aportante en soldadura de arco, está compuesto por un alambre y metal con o sin recubrimiento.

EXCESO DE PENETRACIÓN: Es el exceso de material aportante en la raíz de la soldadura, esta falla ocurre cuando se suelta por un solo lado.

FATIGA DE LA SOLDADURA: Son pequeñas grietas que aparecen por una falla.

FALTA DE FUSIÓN: Es la falta de material aportante en la zona de la raíz de la soldadura.

FUSIÓN: Es el método de unir dos metales aplicando el calor necesario para la dicha unión.

GARGANTA DE UNA SOLDADURA: La menor distancia entre la raíz de la soldadura y la cara.

INCLUSIÓN DE ESCORIA: Material solido no metálico atrapado entre el material base y el material aportante.

POROS: Este defecto aparece por tener atrapada escoria en su interior.

RAÍZ DE LA SOLDADURA: Es la intersección de la soldadura con el material base.

ROTURA BAJO EL CORDÓN: Esta rotura es frecuente en la ZAC, la cual no se prolonga al metal base

SECUENCIA DE SOLDADURA: Es el orden en que se procede aplicar las diferentes capas de soldadura.

SOBREMONTA: Es el relieve creado por el metal soldado que sobresale de la orilla de la unión

SOCAVACIÓN: Hendidura de mayor o menor profundidad que se puede crear en las esquinas de la soldadura.

SOLDABILIDAD: Esla capacidad que tienen los materiales para ser unidos de forma permanente.

SOLDADURA AUTOMÁTICA: Soldadura con equipamiento que no necesita continúo ajuste de los controles por un operador.

SOLDADURA POSICIONADA: Es el ángulo de inclinación adecuado que facilita el proceso de la soldadura

SOLDADURA POSTERIOR: Se encuentra ubicada en la en la cara posterior de la unión.

UNIÓN A TOPE: Unión de dos metales alineados en el mismo plano.

UNIÓN EN ESQUINAS: Unión de dos metales perpendicularmente el uno del otro.

ZONA AFECTADA POR EL CALOR: Parte del material base que no ha llegado al punto de fusión, pero sus propiedades mecánicas cambiaron por el calor.

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el origen de la falla en los cordones de soldadura en la zona de las juntas del tanque API 650 en la corporación Solivan S A C?

1.5. Justificación e importancia del estudio

1.5.1. Técnica:

La empresa necesita una manera técnica de detectar la presencia de fallas y/e discontinuidades en los cordones de soldadura en el tanque API 650, hallando así los orígenes de falla, con la finalidad de corregir a tiempo y evitando así reprocesos e inconformidades por dichas fallas.

1.5.2. Económica:

El proyecto a realizar tiene el objetivo de disminuir la probabilidad de ocurrencia de fallos y así poder evitar los reprocesos en la fabricación de los tanques API 650, llegando así a la optimización de los costos directos y evitar pérdidas por costos de garantía.

1.5.3. Ambiental:

Con este proyecto se desea llegar a obtener una correcta verificación del estado de los cordones de soldadura, fabricando así tanques más seguros previniendo también los riesgos de accidentes o fugas de hidrocarburos que afectan a los cultivos y/o el agua de las comunidades aledañas a su instalación.

1.5.4. Social:

Este proyecto contribuirá a la empresa con la detección y reparaciones a tiempo de fallas y/o discontinuidades en los cordones de soldadura de los tanques API 650, llegando así a reducir la probabilidad de ocurrencia de catástrofes en los lugares donde son instaladas dichos tanques, y así mismo brindar confort al cliente.

1.6. Hipótesis:

Utilizando la metodología de causa raíz podremos determinar las causas de falla de los cordones de soldadura en tanques API 650.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General:

Determinar las causas de falla mediante la metodología causa - raíz para cordones de soldadura de un tanque api 650 en la corporación Solivan S.A.C – Lima.

1.7.2. Objetivos específicos:

i. Identificar necesidades de la empresa mediante entrevistas.
ii. Documentar las fallas en cordones de soldadura ocurridas en la empresa durante los dos últimos años, incluir fotos de fallas, localización específica de falla, incluir entrevista a soldador e ingeniero encargado.
iii. Elaborar una matriz mediante la Metodología Causa – Raíz para evalúe y relacione los tipos de falla con los orígenes de falla.
iv. Realizar los ensayos no destructivos y destructivos según norma.
v. Analizar los resultados obtenidos en los ensayos.

Capitulo II: MATERIALES Y MÉTODOS

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de la investigación

Investigación Descriptiva Cuasi – Experimental

2.2. Métodos de Investigación

Para la metodología de investigación se utilizamos los siguientes pasos:

ETAPA 1: Identificar las necesidades de la empresa

Se realizaron entrevistas a los ingenieros y/o técnicos inmersos en la fabricación de los tanques, y gerente de la Corporación Solivan S.AC. Dichas entrevistas están orientadas a hallas las posibles causas de origen de falla.

ETAPA 2: Buscar y/o Identificar de códigos, normas y/o estándares

Se realizó una búsqueda de normas, códigos, estándares y/o recomendaciones las cuales nos ayude a seleccionar los tipos de ensayos que realizaran a las probetas y evaluar las condiciones actuales de fabricación de probetas.

ETAPA 3: Buscar literatura de principales tipos y/o orígenes de fallas en cordones de soldadura

Se realizó una búsqueda de una literatura que tenga los principales tipos de fallas y sus orígenes, correspondiente a fallas en cordones de soldadura para tanques de almacenamiento.

ETAPA 4: Analizar el Historial de fallas en cordones de soldadura

Se realizó un analizar del historial de las fallas presentadas en los dos últimos años, dicho historial fue proporcionado por la empresa. Este análisis tiene el propósito de ver los tipos de discontinuidades que han presentado los cordones de soladura.

ETAPA 5: Generar una matriz morfológica para evaluar y relacionar los tipos de falla

Se elaboró una matriz morfología con la información obtenida en las dos etapas anteriores, que nos ayude a valuar y/o relacionar los tipos de falla con los orígenes de fallas.

ETAPA 6: Fabricación de Probetas

Se fabricación las probetas para los ensayos según las condiciones actuales de fabricación.

ETAPA 7: Realización de los END y ED

Realizamos los ensayos no destructivos y destructivos bajo las normas y/o estándares obtenidos en la etapa 2.

ETAPA 8: Análisis de los resultados obtenidos en los ensayos

En esta etapa interpretamos los resultados obtenidos en los ensayos realizados, con el fin de ver qué tipos de fallas se presentan en los cordones de soldadura.

ETAPA 9: Recomendar que acciones tomar para eliminar las fallas

Se recomendó que acciones se debe tomar para eliminar las fallas en los cordones de soldadura, con la finalidad de mejorar la calidad de fabricación de los tanques API 650.

2.2.1. Diseño de ingeniería

2.2.1.1. Aplicación de la Metodología Causa – Raíz

Para la aplicación del análisis causa – raíz se basa en cuatro etapas (Amendola L.,2006):

- **Definición del problema:** Esta etapa consta de identificar cual es el problema o situación que se pretende solucionar, A partir de este punto se decidirá la aplicación o no del Análisis Causa – Raíz (ACR) la cual nos permitida mejorar y/o erradicar los problemas de los cordones de soldadura.

- **Análisis del Problema:** Esta etapa consiste del análisis preliminar y el desarrollo en pleno de la herramienta y definición de los pasas para la aplicación del ACR, los cuales son:

  2.1.*Recolectar Datos del Fallo:* Este paso consiste en reunir todos los datos relacionados con el fallo o el problema. Se debe asegurar ser lo más objetivo posible y evitar suposiciones, puesto que sólo se llegará a un resultado real contando con datos fiables.

  2.2.*Ordenar el Análisis:* Este paso consta en realizar el análisis en el cual deben estar involucrados todas las personas que intervinieron en la fabricación de los cordones de soldadura.

  2.3.*Analizar los datos:* En este paso se debe tomar los resultados obtenidos en la etapa anterior, y realizar un proceso de deducción lógica y disciplinada desde el fallo hasta las causas del problema.

- **Identificar Soluciones efectivas:** Esta etapa está vinculada a los hallazgos y conclusiones obtenidas en el ACR al problema, donde ya localizadas las causas de fondo se identifican las correcciones que deben realizarse para asegurar la no ocurrencia del fallo debido a la no presencia de la causa que la origina.

- **Implementar soluciones:** Una vez se realizan las correcciones y se recogen los frutos de la aplicación de la metodología se procederá a la implantación definitiva de la solución óptima.

2.3. Población y muestra

No se aplica a este tipo de investigación

2.4. Variables

2.4.1. Variable Dependiente:

- Causa - Falla

2.4.2. Variable Independiente:

- Parámetros de Soldeo

2.5. Operacionalización:

Indicadores que utilizaremos para encontrar los tipos de falla en los cordones de soldadura.

Tabla 1

Cuadro de Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM	TECNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
DEPENDIENTE Causa de fallas	Es el fenómeno por el cual se produce un defecto.	Porcentaje de porosidad Longitud de penetración Profundidad de socavación	% mm mm	Observación
INDEPENDIENTE: Parámetros de soldeo	Variables del proceso de soldadura que afectan la calidad de la soldadura.	Corriente de Soldadura Polaridad Voltaje de arco Velocidad de avance Posición de soldeo Diámetro del electrodo	Amper Positivo – Negativo /Negativo – Positivo mm/s adimensional mm	Observación

Fuente: *Propia*

2.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de Información

2.6.1. Abordaje Metodológico

Descriptivo cuasi – experimental

2.6.2. Técnicas de recolección de datos

Son los procesos o activadas que se van a desarrollar, con el fin de obtener información necesaria para el cumplimiento de los objetivos propuestos en esta investigación.

Se emplearán las siguientes técnicas:

Entrevista:

Realizaremos entrevistas al Soldador, Ingeniero de Calidad y Gerente de la Empresa, para obtener respuestas técnicas, presuntas soluciones, económica, política de las fallas presentadas en cordones de soldadura de un tanque API 650 en la Corporación Solivan S.A.C.

Análisis de Documentos

Esta técnica es primordial porque se basa en el análisis de documentación (Informes de Inspecciones, revistas, libros) de las fallas en cordones de soldadura de tanques API 650, para evaluar la correcta solución y prevención de las fallas en cordones de soldadura.

2.6.3. Instrumentos de recolección de datos

Técnicas que utilizaremos para recolectar información de las fallas

Tabla 2

Cuadro de Instrumentos para la recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTO	VALIDEZ
Entrevista	Ficha de entrevista	El especialista
Análisis de Historial	Ficha de registro	El especialista
Observación	Inspección Visual, Tintes penetrantes, Radiografía	El especialista
Observación	Ensayo de Tracción y Ensayos doblez	El especialista

Fuente: Propia

2.6.4. Análisis estadístico de datos

A través de las técnicas de recolección de información se procederá al análisis de los datos conseguidos para posteriormente con ayuda del software Microsoft Excel elaborar cuadros estadísticos.

2.7. Validación y Confiabilidad de instrumentos

2.7.1. Principios Éticos

Los ingenieros deben usar sus conocimientos y habilidades para mejorar el bienestar y confort de las personas, así como ser honesto e imparcial, y servir con fidelidad al público, a sus empleados, y a sus clientes.

CIP, código de Ética aprobado en la sección III Ordinaria del Congreso Nacional de Consejeros Departamentales del periodo 1998 – 1999 en la ciudad de Tacna 22, 23, 24 de abril de 1999.

Art. 4.- Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la Vida, la salud y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico

del país depende de los juicios, decisiones incorporados en ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, máquinas, productos y procesos. Por ninguna razón podrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud. (CIP, 1999)

2.7.2. Principios de rigor científico

Se tendrá en cuanta los seguiste criterios:

Tabla 3

Cuadro de Criterios de Principios de Rigor Científico

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
VALIDEZ	Las técnicas de recolección de datos se validarán por un profesional reconocido como investigador
FIABILIDAD	Se constatará la fiabilidad del historial de fallas a través de los ensayos no destructivos.

Fuente: Propia

Capitulo III:

RESULTADOS

III. RESULTADOS

3.1. Identificación de las Necesidades de la Empresa

En las siguientes tablas se muestran en resumen y conclusiones de las entrevistas (Anexo N° 1) realizadas en la Corporación Solivan S.A.C, con la finalidad de obtener información que nos puedan ayudar a determinar las necesidades que presenta la empresa.

Tabla 4

Cuadro Resumen de las entrevistas realizadas en la Corporación Solivan S.A.C

PREGUNTA	CRISTIAN R. SANCHEZ ROMERO ING. DE PROY. / GERENTE	JOSE LINO CRUZ VERGARA ING. DE CALIDAD	CONCLUSION
¿Qué tipo de certificación posee la empresa?	En proceso de una certificación	En proceso de una certificación	La empresa por el momento no cuenta con una certificación.
¿Cuenta la empresa con programas de capacitaciones para sus trabajadores? ¿Y cuáles son?	Para manejo de equipos, seguridad para el uso de los mismo	Para manejo de equipos, seguridad para el uso de los mismo	Los trabajadores son capacitados por la empresa para el manejo de equipos y orientados en la seguridad.
¿Cuenta la empresa con un historial de fabricación de tanques?	Cuentan con informes del área de calidad únicamente	Cuentan con informes del área de calidad únicamente	La empresa no cuenta con historiales de fallas, solo con informes del área de calidad
¿Existe en la empresa una política que permita monitorear el estado de salud, mental,	No cuentan con una.	No cuentan con una.	Al no contar con una política de monitoreo del estado mental del operario, podría ser uno de los motivos por la

emocional, psicológico de sus operarios?			cual este fallando la soldadura
¿Las fallas encontradas en los cordones de soldadura están generando pérdidas económicas considerables?	Si, debido a los reprocesos	Si, debido a los reprocesos	Las fallas están generando pérdidas para la empresa
¿La empresa posee una sección de control de calidad?	Se cuanta con un control de calidad en cada proyecto	Se cuanta con un control de calidad en cada proyecto	En cada proyecto se evalúa el proceso de soldadura
¿Bajo qué normativa se realiza el diseño, fabricando y control de calidad de los tanques?	API 650 y ASME Sección VIII	API 650 y ASME Sección VIII	Los trabajos son realizados siguiendo una normativa.
¿Cuáles son las dimensiones (diámetro y altura), del o los tanques que se encuentran fabricando en la actualidad?	Tanques - verticales de 5m de diámetro por 8m de altura - horizontales de 2m de diámetro por 6.5m de altura	Tanques - verticales de 5m de diámetro por 8m de altura - horizontales de 2m de diámetro por 6.5m de altura	La empresa solo fabrica tanques Tanque de Combustible Vertical (5 metros de diámetro x 8 metros de altura). Tanque de Combustible Horizontal (2 metros de diámetro x 6.5 de largo)
¿Qué procesos de soldadura utilizan en la fabricación de tanques?	Soldadura SMAW	Soldadura SMAW	En la fabricación de tanques de utiliza el proceso de soldadura SMAW (soldadura *por arco con electrodo metálico revestido)*
¿Qué factores cree usted influyen que un soldador realice cordones de soldaduras de baja calidad?	Falta de experiencia	Falta de experiencia, materiales y el ambiente	Según lo expuesto por los ingenieros a cargo, las fallas se pueden dar por calidad del material

			base o el factor ambiental durante el proceso de soldeo.
¿Cuáles son las fallas más frecuentes que han presentado en los cordones de soldadura?	Porosidad y escoria atrapada	Porosidad, falta de penetración y escoria atrapada	Se deben tomar medidas para evitar q este tipo de discontinuidades se presenten en los cordones de soldadura del tanque API 650.
¿Están utilizando algún método de análisis para definir las causas de las fallas?	Ensayos no destructivos	Ensayos no destructivos	La empresa realiza ensayos no destructivos para identificar las fallas dadas en los cordones de soldadura.
¿Qué medidas toman ante la detección de fallas en los cordones de soldadura?	Medidas correctivas	Medidas correctivas	No debería ser necesario tener correcciones, ya que estos errores o fallas se pueden llegar a evitar.
¿Cuentan con personal calificado tanto operativo como de supervisión para la fabricación de los tanques?	Se contrata personal calificado por cada proyecto	Se contrata personal calificado por cada proyecto	La empresa debería tener trabajadores estables que puedan crecer y desarrollarse en conjunto con la empresa.
Con respecto a sus operarios de soldadura, ¿Cuenta con algún método de evaluación de habilidades?	Solo se toma en cuenta sus homologaciones	Solo se toma en cuenta sus homologaciones	La empresa debería evaluar a los operarios y no guiarse simplemente por homologaciones, ya que hay muchos factores en contra que

			podrían influir en el momento de la soldar.
¿Cuentan con instrumentos de medición para inspección de soldadura?	Bridge-Cam Gauge, Hi-Lo Welding Gauge, Termómetro Infrarrojo.	Bridge-Cam Gauge, Hi-Lo Welding Gauge, Termómetro Infrarrojo.	La empresa cuenta con los instrumentos básicos para mediciones.
¿Estaría interesado en adquirir equipos de soldadura moderno y calificado?	Se está evaluando esa posibilidad	Se está evaluando esa posibilidad	Poco a poco la empresa se está tratando de implementar.
¿Qué características debería tener el producto final (soldadura)?	Cordones limpios y uniformes	Cordones limpios y uniformes	Como es de esperarse se debe tener una soldadura uniforme y sin discontinuidades.
¿En qué le beneficiaria esta investigación para los avances de sus proyectos?	Ayudará a evitar tiempo muertos y sobrecosto	Ayudará a evitar tiempo muertos y sobrecosto	Con el siguiente proyecto se contribuirá a la empresa con mejoras en el proceso de soldadura.

FUENTE: Propia

Tabla 5

Cuadro Resumen de las entrevistas realizadas en la Corporación Solivan S.A.C

PREGUNTA	POMACARHUA HUAPAYA JULIO Técnico	CARRIÓN LLANO JOSE Técnico	CONCLUSION
¿Cuánto tiempo de experiencia tiene trabajando como soldador?	2 años	3 años	Según la entrevista realizada el rango de experiencia de los soldadores oscila entre los 2 y 3 años

¿Con que tipo de certificación en soldadura cuenta?	SMAW	SMAW	Los soldadores cuentan con el tipo de certificación que requiere la empresa (SMAW)
¿En qué proceso y posición tiene usted homologación?	SMAW1G,2G,3G	SMAW 1G,2G,3G	Ambos soldadores cuentan con homologaciones en soldadura SMAW (soldadura por arco con electrodo metálico revestido)
¿Cuáles cree usted que pueden ser las causas de fallas en los cordones soldadura?	Viento, Limpieza inadecuada	Viento, Limpieza inadecuada, Mal control de precalentamiento de electrodos	Según los soldadores las posibles causas de las fallas ocurridas en los cordones de soldadura pueden ser causadas por un mal control del electrodo, una limpieza inadecuada o el clima.

Fuente: Propia

Según los resultados obtenidos de las entrevistar realizadas según la tabla 5 – 6 la empresa necesita:

- La empresa requiere implementar una certificación (ISO 9001)
- Utilizan la norma API 650 (American Petroleum Institute) y ASME (American Society of Mechanical Engineers). Sec. VIII para la fabricación de los tanques
- No se realiza una evaluación a los técnicos antes de contratar solo considera el grado de certificación y homologación de los soldadores es la indicada para este tipo de proceso.
- Falta de un historial de falla.
- Las discontinuidades más comunes que presenta los cordones de soldadura son: Porosidad falta de fusión y escorias atrapadas.
- Las fallas son ocasionadas posiblemente por la falta de limpieza o por la influencia del clima en el proceso de soldadura.

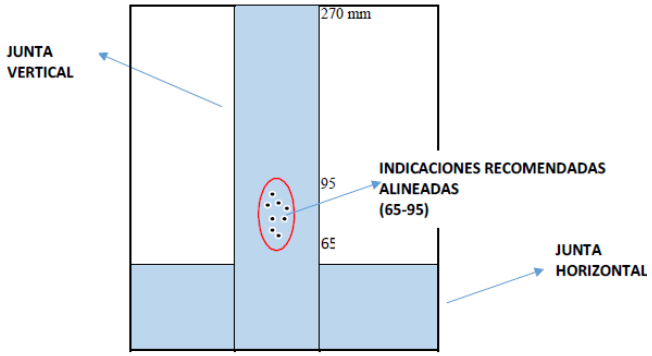
3.2. Documentación del Historial de fallas en cordones de soldadura de la Corporación SOLIVAN S.A.C

En la tabla 6 se muestra un resumen del historial de fallas en los cordones de soldadura (Anexo N° 8), el cual nos fue proporcionado por el ingeniero del área de calidad de un periodo de 2 años.

Tabla 6

Cuadro Resumen del Historial de fallas en cordones de soldadura de la Corporación Solivan S.A.C

Fecha	Observaciones	Imagen
30/04/2015 "INFORME DE INSPECCIÓN A LA FABRICACION DE TANQUES EN TALLER"	- Tanque de combustible Diesel TK-001 Se observó falencias en el proceso de soldadura tanto en las conexiones como en los soportes instalados en el tanque. **Conexión:** - Cordón irregular, Inclusión de Escorias - Porosidades **Refuerzo:** - falta de cateto - Porosidades - También se encontraron fallas en los cordones de soldadura (verticales, horizontales y cruces)	 ***Figura 26.*** *Porosidad en los refuerzos de los soportes* ***Fuente:*** *Propia*

18/11/2015 "INFORME DE INSPECCIÓN DE TANQUES"	- Inspección realizada a la fabricación del tanque de combustible Diesel CS-TK-D-001. - Cordones irregulares en las placas de refuerzo de los soportes. - Falta de cateto en la soldadura a filete. - Según los resultados obtenidos durante los ensayos de gammagrafía de 23 placas 5 fueron rechazadas.
15/08/2016 "INFORME DE INSPECCIÓN AL MONTAJE DE LOS TANQUES"	- Durante la inspección del tanque de combustible CS-TK-D2-004 - Se detectaron porosidades en el pase raíz de los cordones verticales del primer anillo, por medio de tintes penetrantes. - Porosidades en los refuerzos de los soportes. - Desalineamiento de las caras de las boquillas de succión y descarga. - Se encontraron golpes de arco, durante el punteado del refuerzo del manhole.  ***Figura 27.*** *Presencia de grupos de Poros en el la junta horizontal* ***Fuente:*** *Propia*

Fuente: Propia

Se concluyó de los informes que nos fue proporcionó el Ing. a cargo del área de control de calidad, que en los dos últimos años los tipos de inspecciones que utilizaron fueron: Insp. Visual, Insp. Tintes Penetrantes y/o Insp. Radiográfica. En dichas inspecciones se encontró falencias en las conexiones, refuerzos de los soportes, en los cordones de soldadura (verticales, horizontales y cruces) y falta de cateto en los filetes. Por dicho problema hubo presencia de discontinuidades y/o fallas como: porosidad, falta de fusión, escorias atrapadas y falla por golpes del arco que se produjeron durante el punteado de succión y descarga.

3.3. Elaboración de matriz para evaluar y relacionar los tipos de fallas que se originan en la empresa.

La metodología que aplicamos para la elaboración de la matriz de evaluar y relación está basada en la propuesta de Córdoba C. & Bonilla H. (2002), para cual empleamos los resultados de las entrevistas y la documentación obtenidas en los objetivos i y ii.

Tabla 7

Cuadro de Tipos de fallas y sus orígenes en los cordones de soldadura

ANALISIS DE CAUSA (ORIGEN DE LA FALLA)			EFECTO (TIPOS DE FALLA)	SOLUCION
MATERIAL	**EQUIPO**	**SOLDADOR**		
Electrodo Defectuoso; Humedad en el material aportante	Conexiones, Gases de Protección con Humedad	Selección inadecuada del material aportante	**POROSIDAD**	• Verificar los sistemas, mangueras, flujometro, mesclas de gases. • Verificar la limpieza y buena preparación del Material Base
Electrodo de Ø excesivos y pequeños	Variación del Voltaje	Preparación Ineficiente del área y Velocidad excesiva	**FALTA DE FUSION**	• Verificar que el voltaje y Amperaje
Inclusiones residuales de materiales, Electrodo de Ø excesivo	Baja corriente al Soldar	Almacenamiento de materiales inadecuado, Falta de limpieza en el proceso de soldado	**INCLUSION DE ESCORIA**	• Limpie las superficies y los cordones. • Regular la llama de gas.
Selección inadecuada del tipo de electrodo		Proceso de Soldado inadecuado	**GRIETAS**	• Calentar previamente los materiales bases antes de soldar
Selección inadecuada del tipo de electrodo y Electrodo de Ø excesivo	Elevada corriente al Soldar	Proceso de Soldado e Inclinación inadecuada del electrodo	**SOCAVACION O MORDEDURA**	• Corregir el amperaje de la máquina. • Corregir el movimiento del electrodo

Un electrodo con demasiado diámetro sin permitir poder arrimar la punta a la raíz Electrodo demasiado fino que no admite la corriente necesaria para fundir los bordes	Intensidad de corriente baja o velocidad excesiva.	Preparación de bordes inadecuados por excesivo talón o poca separación de los bordes de la raíz	**FALTA DE PENETRACION**	• Una buena limpieza de los bordes a soldar. • Usar talones pequeños de fácil fusión y una separación entre bordes aproximada al diámetro del electrodo a utilizar para la raíz. • Elegir electrodo con diámetro apropiado

Fuente: *Propia*

3.4. RESULTADO DE LA SOLUCION MEDIANTE ENSAYOS

3.4.1. Fabricación de las probetas

La fabricación de las probetas (Ver Fig. 28) tuvo como objetivo realizar un análisis preliminar de calidad a los cordones de soldadura, para determinar las causas que originan las fallas en los cordones de soldadura, dichos tipos de falla se pueden evidenciar en el Capítulo I de esta tesis. Los análisis a los cordones de soldadura de harán a través Ensayos No Destructivos (Inps. Visual, Insp. Tintes penetrantes, Insp. Radiográfica) y Ensayos Destructivos (Ensayos de Tracción y Ensayos de Dobles).

Figura 28. *Probetas fabricadas bajo Norma ASME IX*

Fuente: *Propia*

Para la fabricación de las probetas utilizamos el material base (ASTM- A36), el cual según la norma API -650 se utiliza para los tanques de almacenamiento de hidrocarburos. Las dimensiones de las probetas (Ver Fig. 29 y Anexo N° 9) mencionadas anteriormente se fabricaron según la Norma ASME IX - QW-310-3(Ver Anexo N° 7).

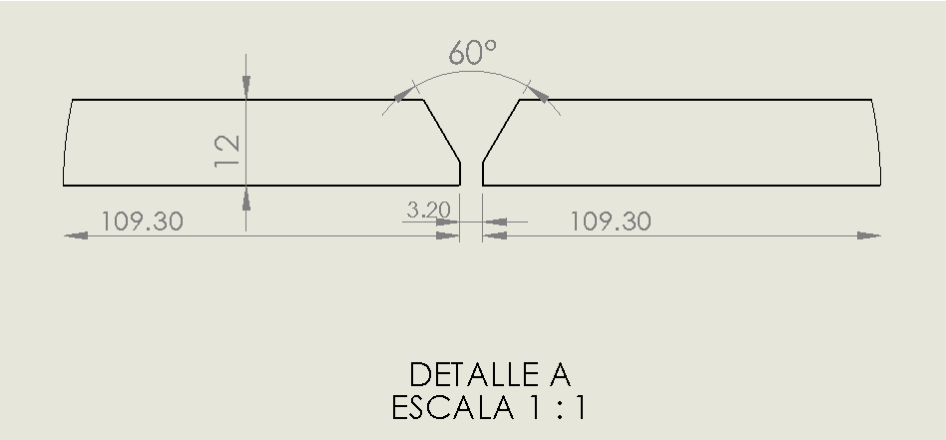


Figura 29. *Probetas fabricadas bajo Norma ASME IX*

Fuente: *Propia*

3.4.2. INICIO DEL PROCESO

La descripción y especificación de los procedimientos de soldadura son fundamentales para generar la integridad y seguridad de la estructura de acero. A continuación, se mostrará el proceso por el cual se fabricaron las probetas, con el fin de detectar las causas de falla; las 5 probetas se elaboración bajo el proceso de soldado SMAW (Ver Fig. 30).

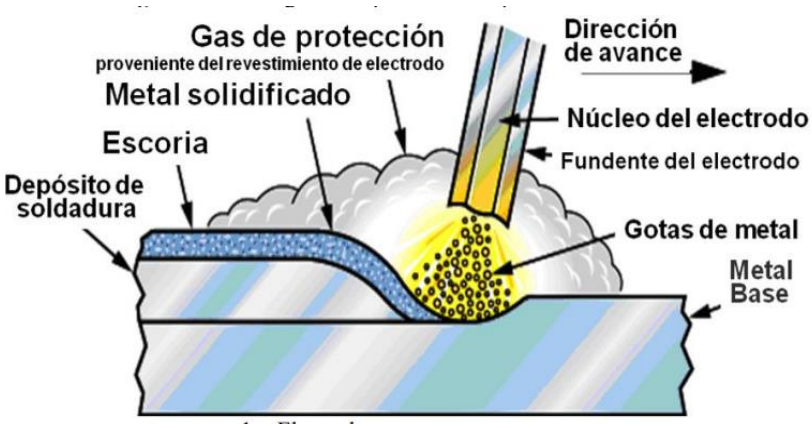


Figura 30. *Diagrama esquemático del proceso de soldadura*

Fuente: *Flores C. "SOLDADURA AL ARCO ELÉCTRICO SMAW"*

a. Electrodo

Se utilizó el electrodo E-7018 (Ver Fig. 31) para el soldeo de las 5 probetas a analizar. Los electrodos que utilizamos se mantuvieron a una temperatura de 30 ^{o}C antes de utilizarlos. Según la norma AWS A5.1, dicho electrodo tiene un buen índice de deposición que proporciona un arco tranquilo y firme con poca salpicadura y una penetración media, con fácil remoción de escorias.

Figura 31. *Electrodo E 7018*

Fuente: *SOLDEX*

Tabla 8

Cuadro de Propiedades Mecánicas del Electrodo E7018

PROPIEDADES MECÁNICAS BAJO NORMATIVIDAD A.W. S	
Resistencia a la Tensión	490 MPa (70 000 Psi)
Límite Elástico	390 MPa (57 000 Psi)
Elongación	50,8 mm (2”) 22 %

b. Acero

El material base que se utilizó para la fabricación de las probetas se obtuvo de la norma API - 650. En dicha norma nos indica que están fabricación los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, utilizando el Acero ASTM A36.

En la siguiente tabla se muestran las propiedades mecánicas del Acero ASTM A36, (Ver Fig. 32) el cual es utilizado para la fabricación de las probetas:

Tabla 9

Cuadro de Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

PROPIEDADES	VALOR	UNIDAD
Módulo elástico	200000	N/mm^2
Coeficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	79300	N/mm^2
Densidad de masa	7850	kg/m^3
Límite de tracción	400	N/mm^2
Límite elástico	250	N/mm^2

Figura 32. *Plancha DE ACERO A 36*

Fuente: ASTM

c. Máquina de Soldar

Las uniones de las planchas para las probetas se realizaron con una máquina industrial, marca MILLER "Thhunderbolt XL AC" (Ver Fig. 33), trifásica, corriente continua, polaridad inversa, electrodo positivo, de corriente alterna con rectificador.

Figura 33. *MAQUINA DE SOLDAR: "Thhunderbolt XL AC"*

Fuente: *MILLER*

3.4.3. INICIO DEL SOLDEO

Esta es la posición en la que se colocó la probeta (Ver Fig. 34) antes que el soldador calificado realice las pasadas del electrodo E7018, se puede apreciar que están soldadas las planchas con puntadas.

Figura 34. *Plancha lista para soldar en posición vertical*

Fuente: *Propia*

En la Fig. 35 se muestra la aplicación del material aportante E7018 en la raíz, el soldador aplico la técnica del movimiento elíptico para el avance continuo de todos los cordones de raíz.

Figura 35. *Plancha lista para soldar en posición vertical*

Fuente: *Propia*

Antes de la pasada del cordón de E-7018 para el relleno, se limpió con esmeril angular y escobilla de acero al cordón de raíz para evitar las inclusiones de escorias. Para todos los cordones de relleno el soldador aplico la técnica de avance continuo con un zig-zag cóncavo.

Los cordones de raíz, se aplicó una soldadura en sentido unilateral, no se utilizó respaldo ni se hizo un cordón de terminación por el reverso. Gracias a la experiencia del soldador se logró una buena penetración del material aportante en el material base.

Figura 36. *Presentación de los cordones de soldadura con material E-7018*

Fuente: *Propia*

3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizarse la fabricación de las probetas bajo el proceso de soldadura SMAW, se procedió a la ejecución de los ensayos no destructivos y de los ensayos destructivos.

3.5.1. Inspección Visual:

Se observó a detalle el cordón de soldadura de las 5 probetas realizadas (Fig. N° 37), con el objetivo de verificar si existen o no defectos de soldadura, tales como: porosidades, mordeduras, falta de penetración, falta de material aportante, etc.

a. Resultados:

En dicha inspección no se encontró ninguna imperfección a lo largo del cordón de soldadura; así mismo se observó uniformidad en dicho cordón. Como se muestra en la ficha de inspección (Anexo N° 11).

Figura 37. *Probeta numero 3*

Fuente: Propia

3.5.2. Inspección tintes penetrantes:

Para esta inspección se procedió en primera instancia a la limpieza de los 5 cordones de soldadura de las probetas soldadas, donde posteriormente se aplicará el tinte penetrante (Fig. N° 38) y el revelador (Fig. N°39).

Figura 38. *Probeta número 4 y 5 con tinte penetrante.*

Fuente: *Propia*

Figura 39. *Probeta número 4 y 5 con el revelador.*

Fuente: *Propia*

a. Resultados:

Después de haber aplicado el revelador se pudo visualizar que en los 5 cordones de soldadura de las probetas no presentaban ningún tipo de discontinuidad (muestra en el ANEXO N° 10) debido a que el soldador había seguido todas las indicaciones dadas según la norma ASME IX al momento de realizar el soldeo de la probeta.

3.5.3. Inspección radiográfica:

Para este ensayo no destructivo se enviaron las 5 probetas para que sean analizadas por la empresa N.D.T. WELDING SERVICE S.A.C. La empresa nos envió unas radiográficas industriales (Fig.40,41)

a. Resultados:

Según lo analizado se puede visualizar que los cordones de soldadura de las 5 probetas ninguna de ellas presentaba algún tipo de discontinuidad, según las fichas que se encuentran en el Anexo N° 12.

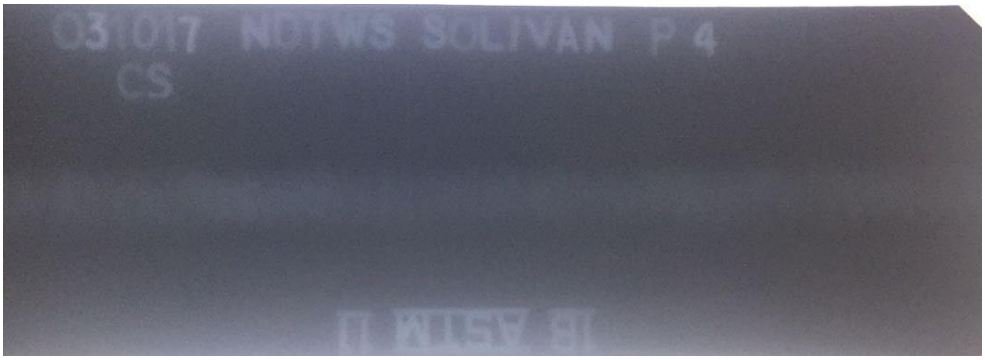


***Figura 40**. Radiografía de la probeta 4.*

***Fuente:** Propia*

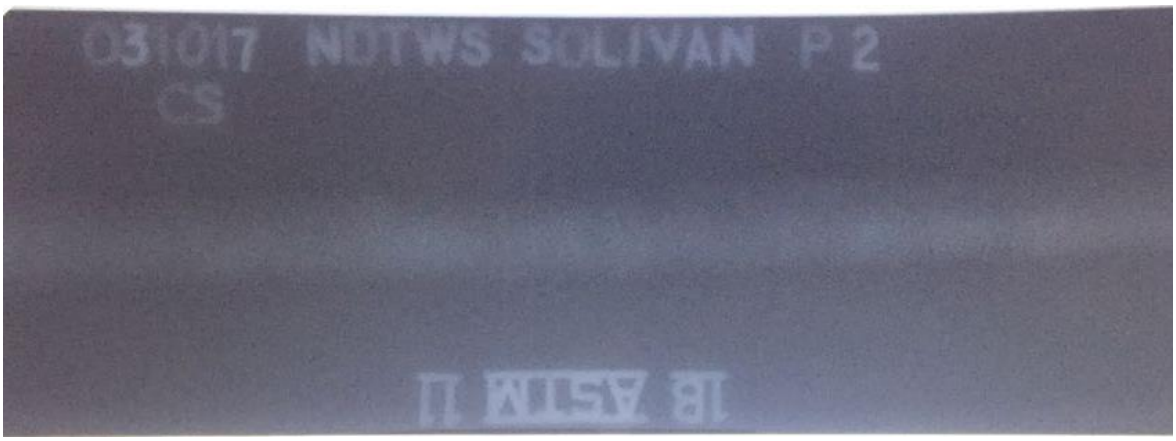


Figura 41. *Radiografía de la probeta 2.*

Fuente: *Propia*

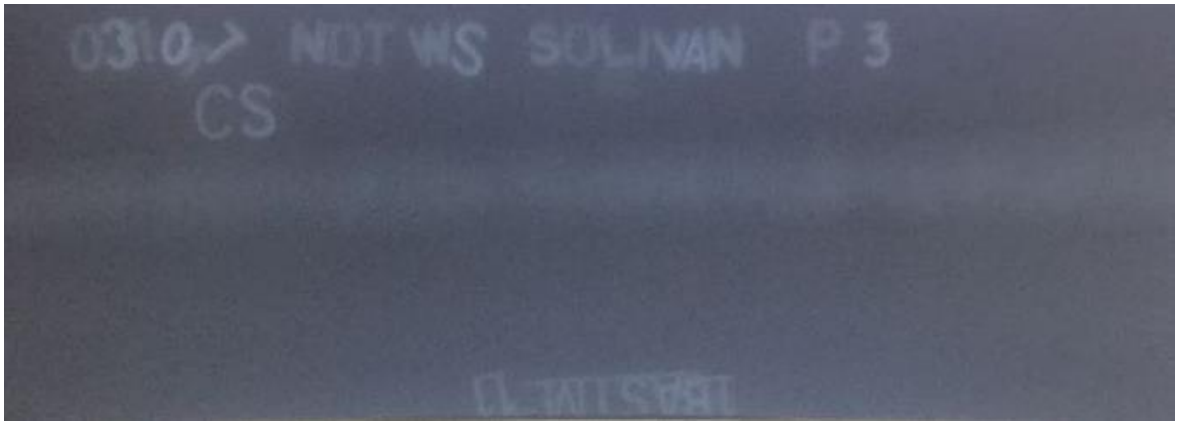


Figura 42. *Radiografía de la probeta 3.*

Fuente: *Propia*

3.5.4. Ensayo de tracción:

Este ensayo tiene como objetivo ver la resistencia de la probeta al esfuerzo de máxima carga, esfuerzo de tensión. Las características del Acero ASTM A36 (Tabla 10) serán referenciales, ya que las características mecánicas de la soldadura son mayores.

a. Inicio del Proceso

Este ensayo se realizó en los laboratorios de la Universidad TECSUP, en la cual utilizaron una máquina de Tracción Zwick Roell Z050 – 50kN (Ver Fig. 43) de Precisión 1kN.

Figura 43. *Máquina de Tracción Zwick Roell Z050.*

Fuente: http://www.directindustry.es/prod/zwick/product-15660-336507.html

Tabla 10

Cuadro de Resultados de los ensayos de Tracción

Probeta	Área (mm^2)	Cargas (N)	Esfuerzo (MPa)	Zona de rotura (distancia al centro de la probeta mm)
		Máxima	Máxima	
P1	232.05	119373	496	Material base
P2	232.52	120118	494	Material base
	Promedio	- -	495	

a. Resultados:

En la tabla 12 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de tracción a las 2 probetas analizadas las cuales se fabricaron bajo la norma ASM IX, en dicho análisis se obtuvo que la carga máxima es de 120118 N y su esfuerzo de Tensión máxima promedio de 495 MPa. Al aplicar la carga máxima mencionada anteriormente según el informe (Anexo N° 13), enviado por la Universidad TECSUP el punto de localización de la rotura es el material Base. Por lo tanto, cumpliéndose los requerimientos para la plancha de acero, la soldadura cumple.

3.5.5. Ensayo de Doblez

Luego de haber fabricado las probetas para este ensayo; se procedió a dar inicio al ensayo el cual fue realizado en el laboratorio de la Universidad TECSUP, en la cual utilizaron una máquina universal de doblez.

Figura 44. *Probetas dobladas.*

Fuente: *Propia*

a. Resultados:

Al realizar los ensayos a las 2 probetas se obtuvo que ambas se deformaban en la parte del material base, ya que según las propiedades mecánicas de ambos materiales son diferentes, por lo cual se notó que el material base de la probeta se deformo con más rapidez, siendo el cordón de soldadura (material aportante E7018) más resistente que el acero A36. Por tal motivo no se encontró ningún tipo de discontinuidad (Anexo N° 13).

Capitulo IV:

DISCUSIÓN

IV. DISCUSIÓN

4.1. DISCUSION DE RESULTADOS

- Tras lograr identificar los procedimientos de trabajos de soldadura de tanques en la "Corporación Solivan S.A.C." por medio de entrevistas, las cuales posteriormente fueron analizadas, obteniendo así que la empresa presentaba un déficit en los cordones de soldadura de las juntas de los tanques API 650, ya que se están suscitando fallas (porosidad, falta de penetración y escoria atrapada) en los mismos, lo cual está generando pérdidas económicas a la empresa.

- Las normas empleadas en esta investigación (ver Tabla N°11) para la determinación de la causa de fallas en cordones de soldadura, las cuales a su vez permiten que esta investigación tenga un sustento confiable al momento de la realización del proceso de soldadura de las probetas elaboradas. También dando así una mayor seguridad de los resultados obtenido por medio de ensayos no destructivos tales como "inspección visual, tintes penetrantes, radiografía industrial" y ensayos destructivos como tracción y doblez.

- Se solicitó tener acceso al historial de fallas que tuviera la empresa, para lo cual nos brindaron únicamente informes obtenidos por el área de calidad, en los cuales encontramos que las fallas más comunes suscitadas durante los dos últimos años fueron: porosidad, inclusión de escorias y falta de Fusión, las cuales se muestran en la (Tabla N°6). Por lo que también se puede corroborar que los resultados obtenidos en las entrevistas realizadas anteriormente son correctos.

- Luego de determinar las fallas más frecuentes en los cordones de soldadura se elaboró una matriz morfológica de los tipos de fallas con sus orígenes ver (Tabla Nº 7) con la finalidad de obtener una matriz que nos ayude a determinar los orígenes de fallas, después de haber realizado los ensayos no destructivos y destructivos. Para posteriormente la empresa determine qué acciones debe tomar para evitar y/o corregir las fallas en futuras fabricaciones de tanques API – 650.

- Antes de la fabricación de las probetas la “Corporación Solivan S.A.C” realizo una capacitación para los Técnicos en Soldadura sobre el correcto almacenamiento y manipulación de los electrodos, adquirieron biombos y mantas ignifugas para evitar condiciones ambientales adversas. Debido a esto no se pudo encontrar fallas en las probetas de los cordones de soldadura, pero al comparar con la matriz morfológica, se pudo identificar los tipos de fallas que se evitaron en el proceso las cuales fueron: porosidad, inclusión de escoria, salpicadura, falta de fusión.

- Se llevaron a cabo los ensayos no destructivos (Inspección Visual, Tintes Penetrantes, gammagrafía Industrial) y destructivos (ensayo de tracción y ensayo de dobles) a las probetas fabricadas según las condiciones especificadas en el punto anterior. En los cuales se pudo obtener un resultado satisfactorio. Ya que en ninguno de los ensayos se presentó algún tipo de falla.

Capítulo V:

CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

- A través de las entrevistas realizadas en la Corporación Solivan S.A.C, se definió que el tipo de proceso que utilizan para el soldado es SMAW y los tipos de inspecciones que realizan son por ensayos no destructivos (END), entre otras necesidades ver (Tabla 5 y 6). Bajo estas condiciones de fabricación nos encontramos que se están siguiendo bajo las normas API – 650 y ASME VIII.

- Al comparar los resultados obtenidos en la entrevista (Tabla 4 y 5) con los historiales de fallas en los cordones de soldadura (Tabla 6) se pudo concluir que los tipos de fallas con mayor probabilidad que aparición son porosidad, inclusión de escorias, falta de fusión, los cuales son debido a que el soldador no estaba calificado para realizar los procesos.

- Los ensayos no destructivos (Inspección Visual, Tintes Penetrantes, gammagrafía Industrial) realizados, dieron como resultados que los cordones de soldadura sin ningún tipo de falla, debido a los realizamos la fabricación bajo las recomendaciones adecuadas.

- La realización de los ensayos destructivos de tracción y doblez han demostrado ser que las propiedades mecánicas del área soldada son mayores que las del mismo material base (Acero A36).

- Al ver las correcciones que se hizo en el proceso de soldeo de los tanques API 650 y compararlos con la matriz morfológica de los tipos de fallas y sus orígenes, se concluyó que dichas fallas se originaban debido a un desconocimiento del técnico soldador sobre el almacenamiento del material aportante y un área inadecuada para realizar el soldeo.

- Ya que se puedo demostrar mediante los ensayos realizados que las medidas tomadas por la empresa antes de iniciar un trabajo de soldadura fueron satisfactorias ya que no se encontró ninguna falla en los cordones de soldadura, de lo cual se puede concluir que lo que estaba originado las fallas en empresa son las ya mencionadas en el punto N° 5 del capítulo anterior.

Capítulo VI:

RECOMENDACIONES

VI. RECOMENDACIONES

- En casos en que la fabricación sea al aire libre como en este proyecto, se recomienda el uso de biombos y mantas ignifugas con la finalidad de evitar las condiciones adversas del medio ambiente (viento, humedad, polvo, etc.)
- Se recomienda siempre una capacitación previa a todo el personal antes de iniciar cada trabajo.
- Según las recomendaciones para evitar y/o solucionar las fallas en los cordones de soldadura (Ortiz G, 2014)

Porosidad

- Fundente seco y limpio
- Tener en un estado el electrodo, tener la altura y velocidad.

Inclusión de Escorias

- Cepillar y cincelar la escoria al finalizar cada uno de los pasos del cordón
- Remueve la escoria de las orillas usando una técnica apropiada y evitar realizar la corono y el dibujo del contorno para no atrapar la escoria entre pases
- Alizar la superficie de los biseles para que estén limpios y uniformes

Socavación

- Corregir el amperaje al realizar el soldeo
- Realizar un movimiento continuo al realizar el cordón de soldadura
- Mantener una velocidad constante al aplicar el material aportante

Exceso de Penetración

- Corregir el ángulo de abertura del bisel
- Reducir y equilibrar la corriente para soldar
- Aumentar la velocidad y/o incline el ángulo del electrodo
- Utilizar el electrodo de la medida y tipo correct

Capítulo VII:

REFERENCIAS

VII. REFERENCIAS

AFP, & Editorial La Prensa, S. (2017). Afectaciones por derrame de petróleo en Perú - La Prensa. La Prensa. Obtenido el 13 June 2017, de http://www.laprensa.com.ni/2016/06/27/internacionales/2059480-fectaciones-por-derrame-de-crudo-en-peru

Amendola, L. (2002). Modelos Mixtos en la Gestión del Mantenimiento, España

Carceller, P. (2009). Ciclo térmico de la soldadura. Materialesymetalurgia2009.blogspot.pe. Obtenido el 5 Noviembre 2017, de http://materialesymetalurgia2009.blogspot.pe/2009/05/ciclo-termico-de-la-soldadura.html

Carvalho, A., Rebello, J., Sagrilo, L., Camerini, C., & Miranda, I. (2006). MFL signals and artificial neural networks applied to detection and classification of pipe weld defects. *NDT & E International*, *39*(8), 661-667. http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2006.04.003

Cedoña M. & Solórzano J. & Vergara E. (2015). Análisis de los cordones de soldadura de la estructura metálica del centro de investigaciones de ciencias agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí. *Universidad Técnica de Manabí,* Ecuador.

Chang, J., & Lin, C. (2006). A study of storage tank accidents. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, *19*(1), 51-59. http://dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2005.05.015

Chicas R. (2013) Análisis De Fisuras En Los Cordones De Soldadura En Aceros Al Carbono Sus Causas Y Soluciones. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, Guatemala.

Colegio de Ingenieros del Perú. (2012). *Código de Ética del CIP*. Tacna: Consejo Nacional de Consejos.

Niebles, E., & Arnedo, W. (2009). Procedimientos de Soldadura y Calificación de Soldadores: una Propuesta de Enseñanza y Guía de Aplicación para la Industria. Información Tecnológica, 20(3), 20-23-24. http://dx.doi.org/10.4067/s0718-07642009000300004

Estudio para la evaluación de riesgos en trabajos de soldadura: MIG, MAG, TIG, Soldadura por electrodo y trabajos en espacios confinados.Conectapyme.com. Obtenido el 8 de noviembre 2017, de http://www.conectapyme.com/gabinete/publicaciones/trabajo_seguridad_soldadura.pdf

Ensayos Destructivos Metalúrgicos. (2011). *Federación De Enseñanza*, *14*, 2-15-17.

Ensayo guiado de flexión de soldaduras dúctiles. (2017). *INSTRON*. Obtenido el 29 Octubre del 2017, de http://www.instron.com.ar/es-ar/testing-solutions/by-material/metals/flexure/astm-e190-aws-b40.

Ensayos Metalográficos (2017). Conocimiento de Materiales. Obtenido el 15 diciembre 2017, de http://materias.fi.uba.ar/6713/PREPARACION%20METALOGRAFICA.pdf

Esteves, M. & Távara, S. (2016). Mecanismos de corrosión en cordones de soldadura del acero API 5XL-70 del Proyecto Camisea. "Ciencia y Tecnología", (2), pp.91-104, Perú.

Franco. (2017). *Tintas y líquidos penetrantes*. *Es.slideshare.net*. Obtenido el 22 Julio 2017, de https://es.slideshare.net/YasserlisFranco/tintas-y-lquidos-penetrantes.

G.Droubi, M., H. Faisal, N., A. Steel, J. and El-Shaib, M. (2017). Acoustic emission method for defect detection and identification in carbon steel welded joints. *Journal of Constructional Steel Research*, [online] 134, pp.28-37. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143974X17303036.

Gil, I. (2017). *¿Por qué hay un derrame petrolero por semana en Ecuador? - BBC Mundo*. *BBC Mundo*. Obtenido el 28 Junio 2017; de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/06/130610_ciencia_ecuador_derrame_rio_limpieza_ig

GUÍA DE APRENDIZAJE "Metodología de Análisis Causa Raíz", PEMEX

Bastidas, V. (2010). Implementan de una Metodología para Pruebas de Maquina de Soldar. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Marquina A. (2006) Análisis Estructural En La Junta Techo – Envolvente De Tanques Atmosféricos De Almacenamiento De Crudo De 560 Barriles. *Instituto Politécnico Nacional, México DF*

Marulanda, J., Burbano, V., & Peláez, J. (2013). Análisis de soldabilidad de aceros inoxidables con aceros de medio y bajo carbono por SMAW. *Facultad De Ingeniería, UPTC*, (35), 91-99, Colombia.

Materiales de Aportación. (2010). Federación De Enseñanza, (11), 1-4. Obtenido el 22 junio 2017, de https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd7564.pdf

Melgarejo M. & Ramírez C. & Aperador Chaparro, W. (2013). Determinación de las causas de falla en la ZAC de un Acero ASTM A36 soldado por proceso SMAW. *INGE CUC*, (2), 75-80, Colombia.

Miguel, V. & Martínez, E. & Segura, F. Manjabacas, M. & Abellán, E. (2012). Optimización del proceso de soldadura GMAW de uniones a tope de la aleación AA 6063-T5 basada en la metodología de superficie de respuesta y en la geometría del cordón de soldadura. Revista De Metalurgia, 48(5), 333-350. http://dx.doi.org/10.3989/revmetalm.1169

PÉREZ E. &DUFFUS A. & GÓMEZ C. & SANTO F. (2013). Observación y cuantificación de defectos en soldaduras a través del procesamiento digital de imágenes termográficas. *Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, 16(3), Cuba.*

REYNA. A. (2015) "Inspección de fondo de tanques de almacenamiento API 650 mediante Emisión Acústica". *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. p5-18.*

RODRÍGUEZ. D. "Formulario técnico de soldadura". Bellisco Ediciones, Madrid 2006.

RODRÍGUEZ, M., RODRÍGUEZ, P., GONZÁLES, D., &FERNÁNDEZ, J. (2017). Feasibility study of a structured light system applied to welding inspection based on articulated coordinate measure machine data. *IEEE Sensors*, *17*, 1-3. Obtenido el 22 de octubre del 2017 de, http://dx.doi.org/10.1109/JSEN.2017.2700954.

ROWE, R., & JEFFUS, L. (2013). *MANUAL DE SOLDADURA* (pp. 172-178).

SAB (2017). "Almacenamiento de Electrodos" Scribd. Obtenido el 15 noviembre 2017, de https://es.scribd.com/doc/116632662/Almacenamiento-de-Electrodos

Soldadura. (2017). Universidad Católica Argentina. Obtenido el 5 noviembre 2017, de http://www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m210034/doc4.pdf

ANEXOS

Anexo Nº 1: ENTREVISTAS REALIZADAS PARA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C, RESPECTO AL ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS CORDONES DE SOLDADURA

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN	**ENTREVISTA EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C, RESPECTO AL ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS CORDONES DE SOLDADURA**	
PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA MEDIANTE LA METODOLOGÍA CAUSA - RAÍZ PARA CORDONES DE SOLDADURA DE UN TANQUE API 650 EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C – LIMA	**FECHA:** 14/10/2017

ENTREVISTADORES		**ENTREVISTADO**
DATOS PERSONALES	GONZALES RUIZ EDGAR	CRISTIAN R. SANCHEZ ROMERO
	CRUZ VERGARA MAYKET	GERENTE/JEFE DE PROYECTO

PREGUNTAS		**RESPUESTAS**
ASPECTOS DIRECTOS DE LA EMPRESA		
PRE-1	¿Qué tipo de certificación posee la empresa?	Se encuentra en proceso de implementación.
PRE-2	¿Cuenta la empresa con programas de capacitaciones para sus trabajadores? ¿Y cuáles son?	- Capacitación en manejo de equipos manuales e eléctricos para obreros. - Capacitación en seguridad en el uso de equipos y/o herramientas de manera segura.
PRE-3	¿Cuenta la empresa con un historial de fabricación de tanques?	No se cuenta con un historial en sí, solo se cuenta con informes presentados por el área de calidad.
PRE-4	¿Existe en la empresa una política que permita monitorear el estado de salud, mental, emocional, psicológico de sus operarios?	NO
PRE-5	¿Las fallas encontradas en los cordones de soldadura están generando pérdidas económicas considerables?	Si han generado pérdidas considerables, debido a los reprocesos generados por las fallas encontradas en los cordones de soldadura.
PRE-6	¿La empresa posee una sección de control de calidad?	La empresa cuenta con un área de control de calidad en cada uno de sus proyectos.
ASPECTOS DE PROYECTO		
PRE-7	¿Bajo qué normativa se realiza el diseño, fabricando y control de calidad de los tanques?	API 650 y ASME Sección VIII
PRE-8	¿Cuáles son las dimensiones (diámetro y altura), del o los tanques que se encuentran fabricando en la actualidad?	- Tanque de Combustible Vertical (5 metros de diámetro x 8 metros de altura). - Tanque de Combustible Horizontal (2 metros de diámetro x 6.5 de largo)

PRE-9	¿Qué procesos de soldadura utilizan en la fabricación de tanques?	SMAW (soldadura *por arco con electrodo metálico revestido)*
PRE-10	¿Qué factores cree usted influyen que un soldador realice cordones de soldaduras de baja calidad?	Falta de experiencia en los soldadores
PRE-11	¿Cuáles son las fallas más frecuentes que han presentado en los cordones de soldadura?	Porosidad y escoria atrapada
PRE-12	¿Están utilizando algún método de análisis para definir las causas de las fallas?	Ensayos no Destructivos (END)
PRE-13	¿Qué medidas toman ante la detección de fallas en los cordones de soldadura?	Medidas correctivas (reparaciones inmediatas
PRE-14	¿Cuentan con personal calificado tanto operativo como de supervisión para la fabricación de los tanques?	Se contrata personal calificado para las diferentes jefaturas del proyecto y se les capacita. No obstante, los soldadores son contratados por proyecto, no se cuenta con este personal en nómina estable.
PRE-15	Con respecto a sus operarios de soldadura, ¿Cuenta con algún método de evaluación de habilidades?	Solo toman en cuenta las homologaciones de otros trabajos
PRE-16	¿Cuentan con instrumentos de medición para inspección de soldadura?	Bridge-Cam Gauge, Hi-Lo Welding Gauge, Termómetro Infrarrojo.
PRE-17	¿Estaría interesado en adquirir equipos de soldadura moderno y calificado?	Si, se está evaluando la adquisición de equipos nuevos.
PRE-18	¿Qué características debería tener el producto final (soldadura)?	El producto final debería ser una soldadura limpia, de cordones uniformes.
PRE-19	¿En qué le beneficiaria esta investigación para los avances de sus proyectos?	Este proyecto nos permitirá mejorar nuestro proceso de soldadura y con ello evitar los tiempos muertos y sobrecostos por reprocesos en dichos trabajos.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN	**ENTREVISTA EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C, RESPECTO AL ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS CORDONES DE SOLDADURA**	
PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA MEDIANTE LA METODOLOGÍA CAUSA - RAÍZ PARA CORDONES DE SOLDADURA DE UN TANQUE API 650 EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C – LIMA	**FECHA:** 14/10/2017
ENTREVISTADORES		**ENTREVISTADO**
DATOS PERSONALES	GONZALES RUIZ EDGAR CRUZ VERGARA MAYKET	JOSE LINO CRUZ VERGARA ING. DE CALIDAD
PREGUNTAS		**RESPUESTAS**

ASPECTOS DIRECTOS DE LA EMPRESA		
PRE-1	¿Qué tipo de certificación posee la empresa?	La empresa está actualmente implementando una certificación IOS 9001
PRE-2	¿Cuenta la empresa con programas de capacitaciones para sus trabajadores? ¿Y cuáles son?	- Capacitación en manejo de equipos de corte y desbaste. - Capacitación en seguridad en el uso de equipos y/o herramientas de manera segura.
PRE-3	¿Cuenta la empresa con un historial de fabricación de tanques?	Se cuenta con informes presentados por el área de calidad
PRE-4	¿Existe en la empresa una política que permita monitorear el estado de salud, mental, emocional, psicológico de sus operarios?	NO
PRE-5	¿Las fallas encontradas en los cordones de soldadura están generando pérdidas económicas considerables?	Si han generado pérdidas considerables, debido a los reprocesos generados por las fallas encontradas en los cordones de soldadura.
PRE-6	¿La empresa posee una sección de control de calidad?	Se ha realizado un control de calidad a cada proyecto.
ASPECTOS DE PROYECTO		
PRE-7	¿Bajo qué normativa se realiza el diseño, fabricando y control de calidad de los tanques?	API 650 y ASME Sección VIII
PRE-8	¿Cuáles son las dimensiones (diámetro y altura), del o los tanques que se encuentran fabricando en la actualidad?	- Tanque de Combustible Vertical (5 metros de diámetro x 8 metros de altura). - Tanque de Combustible Horizontal (2 metros de diámetro x 6.5 de largo)
PRE-9	¿Qué procesos de soldadura utilizan en la fabricación de tanques?	SMAW (soldadura *por arco con electrodo metálico revestido)*
PRE-10	¿Qué factores cree usted influyen que un soldador realice cordones de soldaduras de baja calidad?	Inexperiencia del soldador, materiales y el ambiente.
PRE-11	¿Cuáles son las fallas más frecuentes que han presentado en los cordones de soldadura?	Porosidad, falta de penetración y escoria atrapada
PRE-12	¿Están utilizando algún método de análisis para definir las causas de las fallas?	Ensayos no Destructivos (END)
PRE-13	¿Qué medidas toman ante la detección de fallas en los cordones de soldadura?	Medidas correctivas (reparaciones inmediatas
PRE-14	¿Cuentan con personal calificado tanto operativo como de supervisión para la fabricación de los tanques?	El personal estable de la empresa está calificada y capacitado, pero se contrata soldadores por cada proyecto y no se tiene un control de calificación de los soldadores.
PRE-15	Con respecto a sus operarios de soldadura, ¿Cuenta con algún método de evaluación de habilidades?	Solo toman en cuenta las homologaciones de otros trabajos
PRE-16	¿Cuentan con instrumentos de medición para inspección de soldadura?	- Bridge-Cam Gauge, Para medir el ángulo del bisel. - Hi-Lo Welding Gauge, para medir tanto la apertura de raíz como la existencia de alto-bajo (desnivel)

		- Fillet Weld Gauge, Para medir cordones de filete. - Galga V-Wac, Para detectar socavación o socavaduras.
PRE-17	¿Estaría interesado en adquirir equipos de soldadura moderno y calificado?	Si, se está evaluando la adquisición de equipos nuevos.
PRE-18	¿Qué características debería tener el producto final (soldadura)?	El producto final debería ser una soldadura limpia, de cordones uniformes.
PRE-19	¿En qué le beneficiaria esta investigación para los avances de sus proyectos?	Este proyecto nos permitirá mejorar nuestro proceso de soldadura y con ello evitar los tiempos muertos y sobrecostos por reprocesos en dichos trabajos.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN	**ENTREVISTA EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C, RESPECTO AL ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS CORDONES DE SOLDADURA**	
PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA MEDIANTE LA METODOLOGÍA CAUSA - RAÍZ PARA CORDONES DE SOLDADURA DE UN TANQUE API 650 EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C – LIMA	**FECHA:** 14/10/2017
ENTREVISTADORES		**ENTREVISTADO**
DATOS PERSONALES	GONZALES RUIZ EDGAR CRUZ VERGARA MAYKET	POMACARHUA HUAPAYA JULIO CESAR Técnico
PREGUNTAS		**RESPUESTAS**
ASPECTOS DIRECTOS AL OPERARIO		
PRE-1	¿Cuánto tiempo de experiencia tiene trabajando como soldador?	2años
PRE-2	¿Con que tipo de certificación en soldadura cuenta?	SMAW
PRE-3	¿En qué proceso y posición tiene usted homologación?	SMAW – 1G, 2G, 3G
PRE-4	¿Cuáles cree usted que pueden ser las causas de fallas en los cordones soldadura?	Falta de limpieza, el clima.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN		**ENTREVISTA EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C, RESPECTO AL ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS CORDONES DE SOLDADURA**	
PROYECTO:	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA MEDIANTE LA METODOLOGÍA CAUSA - RAÍZ PARA CORDONES DE SOLDADURA DE UN TANQUE API 650 EN LA CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C – LIMA		**FECHA:** 14/10/2017
ENTREVISTADORES		**ENTREVISTADO**	
DATOS PERSONALES	GONZALES RUIZ EDGAR CRUZ VERGARA MAYKET	CARRIÓN LLANO JOSE Técnico	
PREGUNTAS		**RESPUESTAS**	
ASPECTOS DIRECTOS AL OPERARIO			
PRE-1	¿Cuánto tiempo de experiencia tiene trabajando como soldador?	3 años	
PRE-2	¿Con que tipo de certificación en soldadura cuenta?	SMAW	
PRE-3	¿En qué proceso y posición tiene usted homologación?	SMAW – 1G, 2G, 3G	
PRE-4	¿Cuáles cree usted que pueden ser las causas de fallas en los cordones soldadura?	Quizá sea el clima (viento), un mal control en el precalentamiento de los electrodos, limpieza inadecuada.	

ANEXO Nº 2: INSPECCIÓN VISUAL

Procedimiento de la Inspección:

El primer paso es limpiar con escobilla de acero al carbono, para posteriormente aplicarle un solvente (spray y/o trapo húmedo). Finalmente se expone al ambiente para su secado.

Según la norma ASTM E-165 ANEXO A1, se debe realizar la limpieza y secado a cada lado del cordón de soldadura, a una distancia aprox. de 2" del centro.

Equipamiento

Si la Inspección solo emplea el ojo humano se denomina Inspección Visual directa, pero si utiliza herramientas de apoyo se llama Inspección remota.

En la Inspección Directa se utiliza herramientas de medición (Fig. 45), para dimensionar los elementos a inspeccionar y/e las discontinuidades que presente el cordón de soldadura.

Figura 45. Equipos de Medición para inspección visual.

Fuente: *www.soldadurasolysol.com.*

En la inspección remota se utiliza herramientas ópticas y/e de control remoto como: boroscopios, fibroscópios, videoscopios.

ANEXO Nº 3: INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES

Procedimiento de Ensayo

Para una inspección adecuada se debe seguir los siguientes pasos ver (Fig. 46)

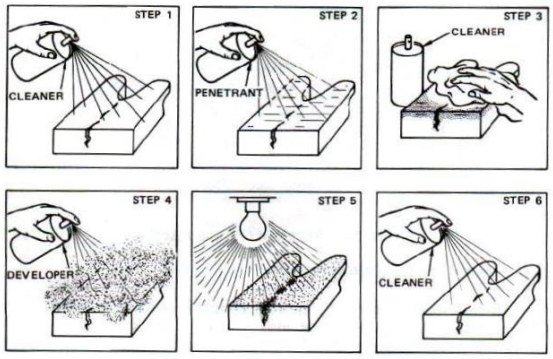


Figura 46. Procedimiento de Inspección con Tinta Penetrantes

Después de realizar la limpieza de acuerdo a lo mencionado anteriormente en la Inspección Visual, se aplica el líquido penetrante en el área a inspeccionar y se deja que penetre en la discontinuidad

Luego se extrae el exceso de líquido penetrante sin quitar lo que se encuentra en la discontinuidad, se aplica el revelador para que aplique la acción capilar para remover el penetrante y nos permita observar la discontinuidad.

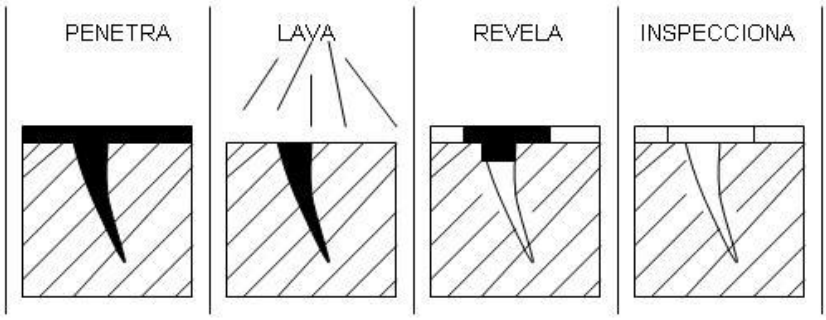


Figura 47. Etapas de la revelación del tipo de discontinuidad.

Equipamiento

Según ASTM E-165 existen 6 tipos de tintes penetrantes, en función del tipo de visibilidad y del método de remoción. Estos son:

- Tipo I: Penetrante Fluorescentes
    - Método A: Removible con agua.
    - Método B: Post-Emulsificable lipofílico.
    - Método C: Removible con Solvente.
    - Método D: Post-Emulsificable hidrofílico.

- Tipo II: Penetrantes Visibles (Coloreados)
    - Método A: Removible con agua.
    - Método C: Removible con Solvente.

Si se utiliza el TIPO I Según la Norma ASTM E – 1417, la luz ultravioleta debe ser superior a los 1000 uW/cm2. Por qué el fluorescente está compuesto de pigmentos que solo pueden ser revelados a través de luz ultravioleta (Fig.48)

Figura 48. Lámpara de Luz Ultravioleta.

Fuente: www.mx.magnaflux.com

ANEXO Nº 4: Procedimiento de Ensayo (Radiografía)

El observador tiene que colocar la radiografía en una fuente luminosa que hace pasar la luz, haciendo transparente las zonas de la radiografía que presenten menor densidad.

El observador deberá colocarse lo más cerca posible y de frente a las radiografías, de manera que pueda observar todo el detalle que muestren las radiografías que se estén interpretando, ya que la imagen de algunos defectos angostos como las roturas y las fusiones incompletas son líneas muy delgadas en ocasiones muy tenues, que pueden pasarse por alto si la observación es lateral, alejada.

Para una mejor identificación de los defectos de soldadura es conveniente observar la forma como se presentan dentro de la soldadura, por lo cual recomendamos, siempre que sea posible, cortar con soplete la parte que contenga soldadura defectuosa.

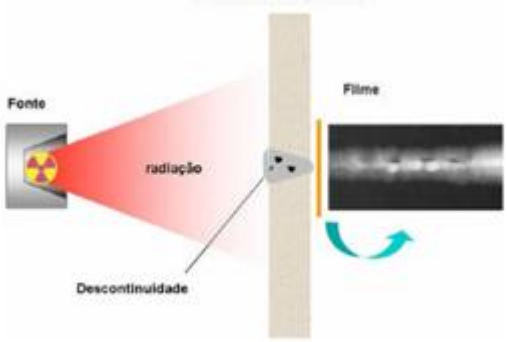


Figura 49. Esquema de radiografía

ANEXO Nº 5: Procedimiento de Ensayo de tracción

Este tipo de ensayos se lleva acabo con muestras (probetas), las cuales suelen ser barras redondas o cintas planas, las barras redondas simples son utilizadas con frecuencia para las pruebas con metal soldado, estas son cortadas en el centro del metal soldado. Las barras planas son utilizadas tanto como para probar el cordón de soldadura como también para el material que la rodea.

Una vez que la probeta se ha mecanizado a las dimensiones requeridas, se procede a llevar a la máquina de ensayo de tracción y se procede a dar inicio al ensayo.

Figura 50. Maquina típica para ensayos de tracción, para medir la resistencia de las soldaduras.

ANEXO Nº 6: Procedimiento de Ensayo de doblez

Este tipo de ensayo es utilizado para comprobar la ductilidad del material (cordón de soldadura), el cual puede ser unos dobles libres o guiados.

En las pruebas de dobles libre como se muestra en las figuras, se empieza por doblar la placa superior hasta tocar la placa base para después realizar una inspección visual para la detección de fallas ya sea falta de fusión, porosidad, etc.

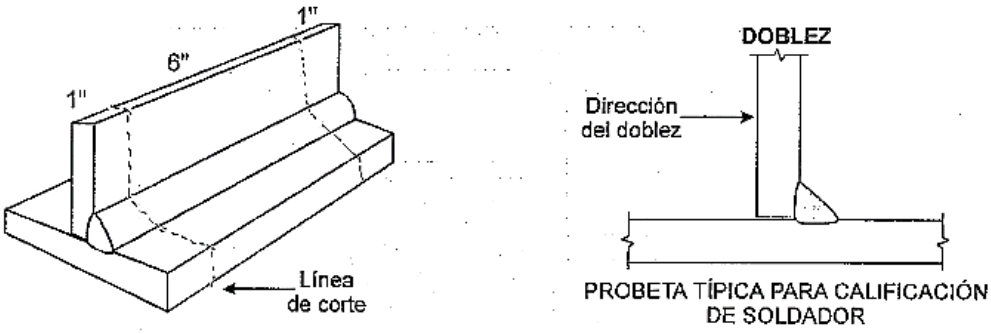


Figura 51. Dobles libre.

Fuente: *Manual de capacitación inspección de soldadura.*

Las pruebas de dobles transversales utilizadas en la soldadura, pueden ser cara, raíz o laterales, una vez doblada la probeta se lleva a cabo una inspección a la cara convexa en busca de fallas.

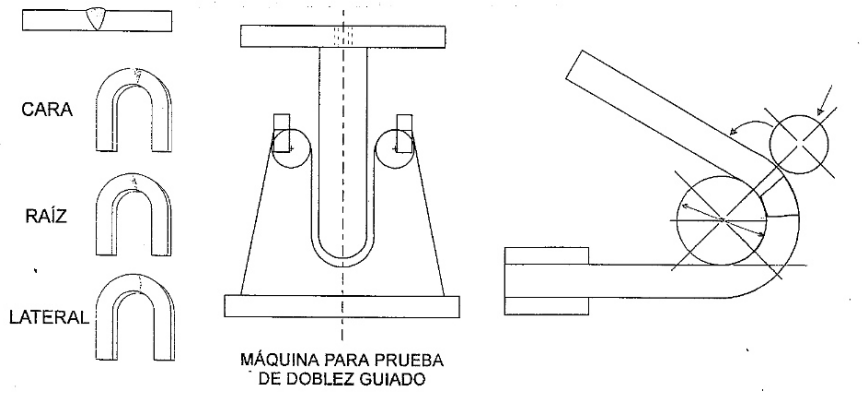


Figura 52. Dobles transversal

Fuente: *Manual de capacitación inspección de soldadura.*

ANEXO N° 7: NORMAS DE CALIDAD EN PROCESOS DE SOLDADURA

Según los requerimientos de la empresa para el control de fabricación de los tanques API 650, las normas que emplean para dicho control están definidas por el Código ASME VIII y/o AWS D1.1/D1.1M:2010. Estas normas establecen los criterios generales de:

- Estándares de calidad para la Construcción de tanques API – 650
- Métodos de inspecciones y ensayos para controlar la calidad de fabricación de los tanques.

Tabla 11

Cuadro de Normativas

NORMATIVA S		
FABRICACION	**Código ASMEVII**	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES Y RECIPIENTES DE PRESIÓN
	AWS D1.1/D1.1M:2010	CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL – ACERO
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	**AWS B1.11**	GUÍA PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURAS
	ASTM - E 165 – 95	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EXAMEN DE LIQUIDO PENETRANTES
	ASTM E 94 - 04	GUÍA ESTÁNDAR PARA EL EXAMEN RADIOGRÁFICO
ENSAYOS DESTRUCTIVOS	**ASTM E190 - 92**	ENSAYO GUIADO DE FLEXIÓN DE SOLDADURAS
	ANSI/AWS B4.0	ENSAYOS DE TRACCIÓN DE SOLDADURAS

A) FABRICACION

Código ASME VIII: Este Código actualmente sirve como referencia mundial para el cálculo y análisis de equipos sometidos a presión. Este código brinda a la empresa garantía, confiabilidad y seguridad en los equipos.

Código de Soldadura Estructural – Acero AWS D1.1/D1.1M:2010: Este Código establece los diferentes tipos de inspecciones y pruebas que se deben realizar para asegurar el cumplimiento de los requerimientos estipulados, quien debe realizar tales actividades debe de contar con certificación de inspección.

B) ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

AWS B1.11Guía para la Inspección Visual de Soldaduras: Esta norma se emplea para identificar las responsabilidades y deberes de los inspectores visuales los cuales son los encargados de dar una aceptación final de las uniones soldadas, brindándoles modelos generales para el procedimiento de inspección visual de los cordones de soldadura.

ASTM - E 165 – 95 (Método de Prueba Estándar para examen de Liquido Penetrantes): Esta norma nos explica el tipo de método que se utiliza para la detección de fallas en los cordones de soldadura, por medio de los ensayos de tintes penetrantes. En el cual también podemos encontrar el procedimiento y las posibles discontinuidades a encontrar por medio de este examen.

ASTM E 94-04 (Guía estándar para el examen radiográfico): Esta norma nos brinda el tipo de procedimiento para la realización del ensayo radiográfico con rayos-x y rayos-gamma, también se puede encontrar con los tipos de materiales a examinar y de detectarse fallas o discontinuidades un posible mantenimiento.

C) ENSAYOS DESTRUCTIVOS

ASTM E190 – 92 (Ensayo guiado de flexión de soldaduras): Esta norma se especifican claramente los requisitos que se debe tener en cuenta para un ensayo de flexión en materiales que han sido soldados, como también se muestran los procedimientos y el equipo a utilizar para dicho ensayo.

ANSI/AWS B4.0 (Ensayos de Tracción de Soldaduras): Esta norma se encuentran los requisitos para los ensayos destructivos, en la cual se describe el ensayo de tracción los cuales se les puede aplicar las probetas de corte longitudinal o transversal, en la cual también encontramos el equipo a utilizar para dicho ensayo.

ANEXO Nº 8: HISTORIAL DE FALLAS EN CORDONES DE SOLDADURA

Corporación Solivan	INFORME	CS-OP-P.02-INF.01	
		Versión :	1
	INSPECCIÓN DE TANQUES	Fecha :	28/04/2015
		Página :	1 de 3

"INFORME DE INSPECCIÓN A LA FABRICACIÓN DE TANQUES EN TALLER"

EFRAIN ARROYO		CRISTIAN SANCHES.		LUIS OLIVERA			30/04/2015
NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA	REV.	FECHA
RESPONSABLE QC		COORD. DE INGENIERÍA		JEFE PROYECTO			
ELABORADO		REVISADO		APROBADO			

1. En la visita realizada el 30.04.15 en conjunto con el supervisor **Alejandro Díaz**, al taller donde se está fabricando el tanque de combustible Diesel TK-D-001, se observó falencias en el proceso de soldadura tanto en las conexiones como en los soportes que se están instalando en el tanque, como se muestra las imágenes siguientes.

Conexión: Cordón irregular, inclusión de escoria

Conexión: Porosidades

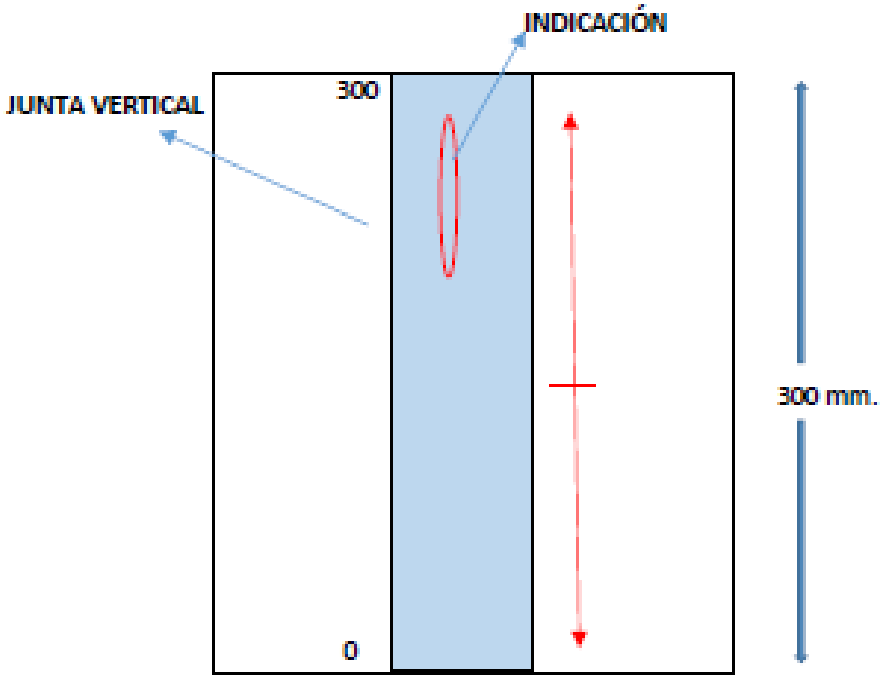
Refuerzo: Falta de Cateto

Refuerzo; Porosidades

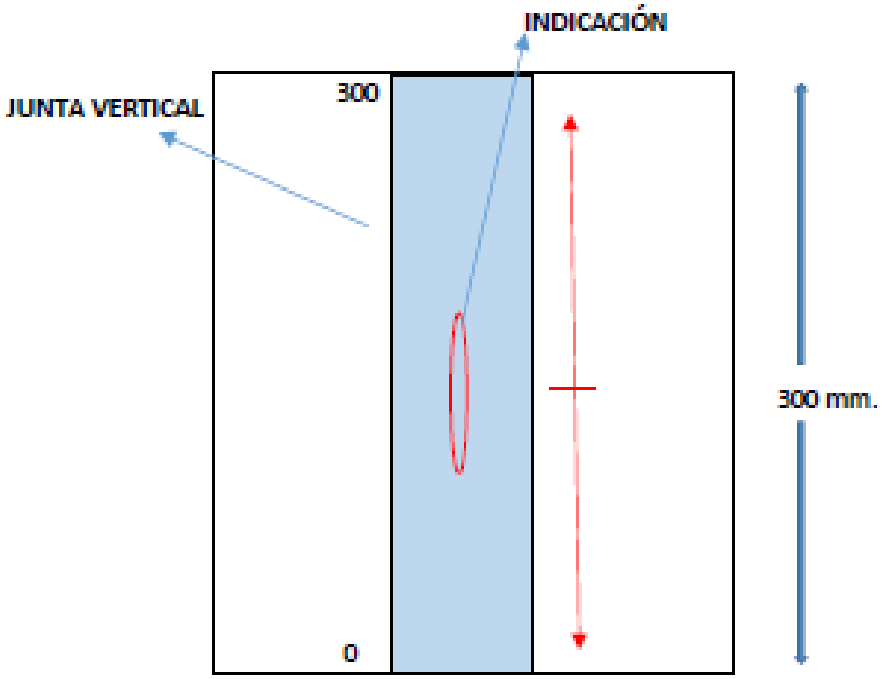
2. Adicional a las observaciones anteriores también se encontraron fallas en los cordones de soldaduras (verticales, horizontales y cruces) como se muestra en los calcos de las placas radiográficas, entregadas por la subcontratista encargada de los ensayos de gammagrafía industrial. (VER DOCUMENTO ADJUNTO)

TANQUE DIESEL: TK-D-001

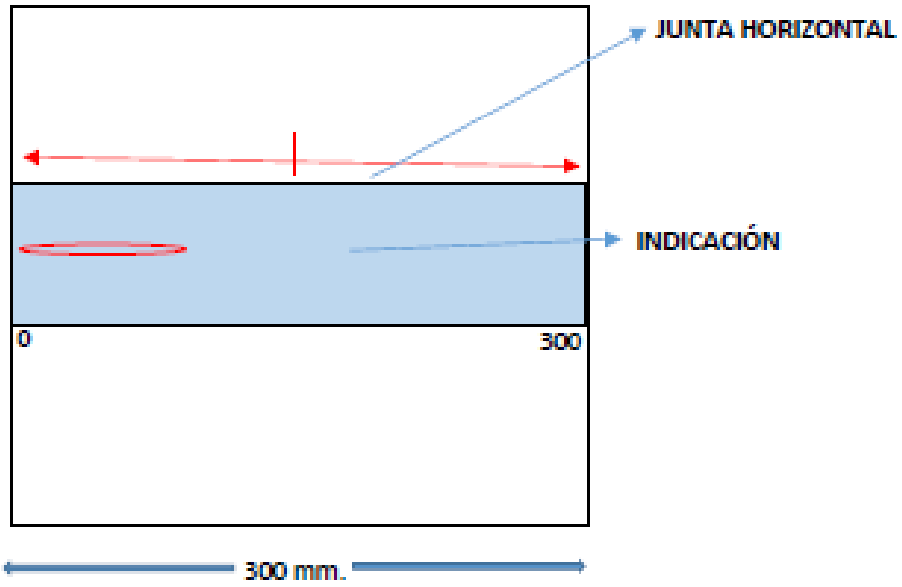
ESQUEMA 01: Hace referencia a la placa P-05 (Indicaciones redondeadas agrupadas 230 mm – 270 mm)



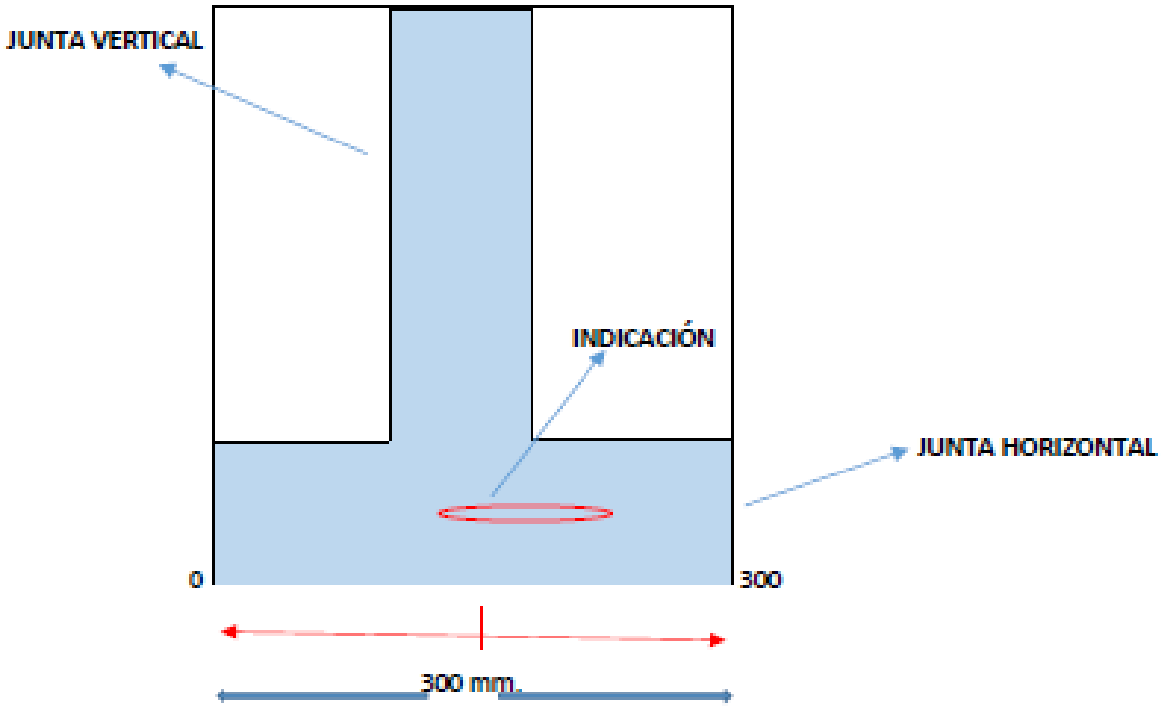
ESQUEMA 02: Hace referencia a la placa P-12 (Indicaciones redondeadas agrupadas 140 mm – 170 mm)



ESQUEMA 03: Hace referencia a la placa P-14 (Indicaciones redondeadas agrupadas 10 mm – 50 mm)



ESQUEMA 04: Hace referencia a la placa P-08 (Indicaciones alargadas y redondeadas agrupadas 145 mm – 200 mm)



Corporación Solivan Soluciones Industriales de Vanguardia	INFORME	CS-OP-P.02-INF.01	
		Versión :	1
	INSPECCIÓN DE TANQUES	Fecha :	28/04/2015
		Página :	1 de 2

"INFORME DE INSPECCIÓN AL MONTAJE DE LOS TANQUES"

HEYSSER VEGA		CRISTIAN SANCHES.		CRISTIAN SANCHES.			15/08/2016
NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA	REV.	FECHA
RESPONSABLE QC		COORD. DE INGENIERÍA		JEFE PROYECTO			
ELABORADO		REVISADO		APROBADO			

1. **DESCRIPCIÓN:**

   EQUIPO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

   TAG: CS-TK-D2-004

   UBICACIÓN: TALLER DE OBRA

2. **OBSERVACIÓN:** Durante la inspección del día 15/08/2016, realizada a la fabricación del tanque vertical de almacenamiento de combustible CS-TK-D2-004 en conjunto con la supervisión, se realizaron las siguientes observaciones:

   - ✓ Durante los ensayos por tintes penetrantes al pase raíz de los cordones de soldadura verticales del primer anillo, se detectaron porosidades a lo largo de todo el cordón, las mismas fueron reparadas y ensayadas nuevamente hasta obtener resultados satisfactorios.
   - ✓ Se han observado porosidades en los cordones de las soldaduras de los refuerzos de los soportes,
   - ✓ Desalineamiento de las caras de las boquillas de succión y descarga.
   - ✓ Se detectaron golpes de arco, durante el punteado del refuerzo del manhole.

3. **RECOMENDACIONES:**

   - ✓ Se recomienda realizar las reparaciones correspondientes.
   - ✓ Las reparaciones se realizaran de acuerdo al procedimiento de trabajos de soldadura aprobado.
   - ✓ Se recomienda realizar una retroalimentación a todo el personal operativo encargado del montaje del tanque.

"INFORME DE INSPECCIÓN DE TANQUES"

HEYSSER VEGA		CRISTIAN SANCHES.		CRISTIAN SANCHES.			18/11/2015
NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA	REV.	FECHA
RESPONSABLE QC		COORD. DE INGENIERÍA		JEFE PROYECTO			
ELABORADO		REVISADO		APROBADO			

1. **DESCRIPCIÓN:**

   EQUIPO: Tanque de Combustible Diesel.

   TAG: CS-TK-D-001

   UBICACIÓN: TALLER

2. **OBSERVACIÓN:** Durante la inspección realizada a la fabricación del tanque de combustible Diesel CS-TK-D-001 el día 18/11/2015, se observó lo siguiente:

   - ✓ Cordones de soldadura irregulares en las soldaduras de las placas de refuerzo de los soportes.
   - ✓ Soldaduras a filete con falta de cateto en soldaduras de las silletas.
   - ✓ Según los resultados obtenidos durante los ensayos de gammagrafía (de 23 placas radiográficas están rechazadas 5 placas).

Nota: Se adjunta los calcos de las placas rechazadas del día 17/11/2015.

3. **RECOMENDACIONES:**

   - ✓ Se recomienda realizar las reparaciones correspondientes.
   - ✓ Las reparaciones se realizaran de acuerdo al procedimiento de trabajos de soldadura aprobado.

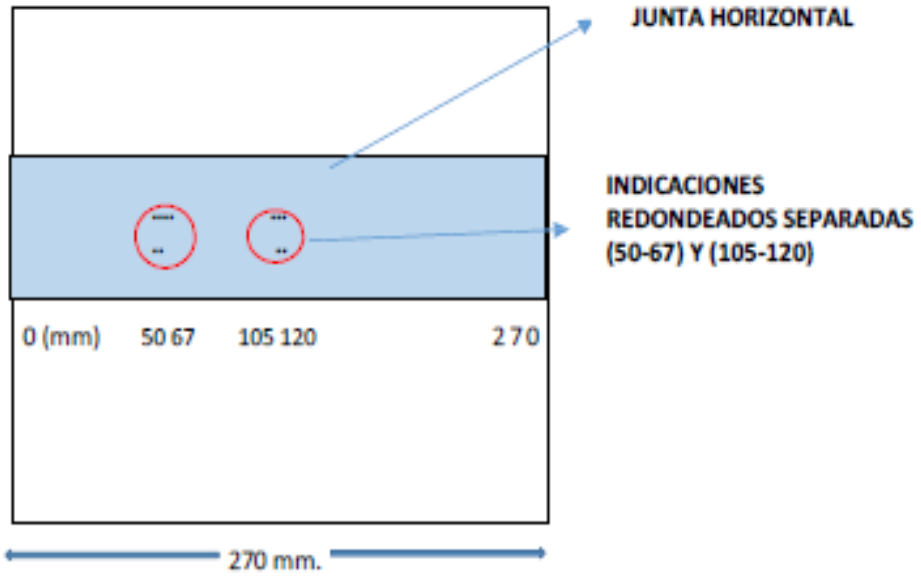
ANEXOS:

- ✓ Calcos radiográficos de las juntas rechazadas del día 17/11/2015.

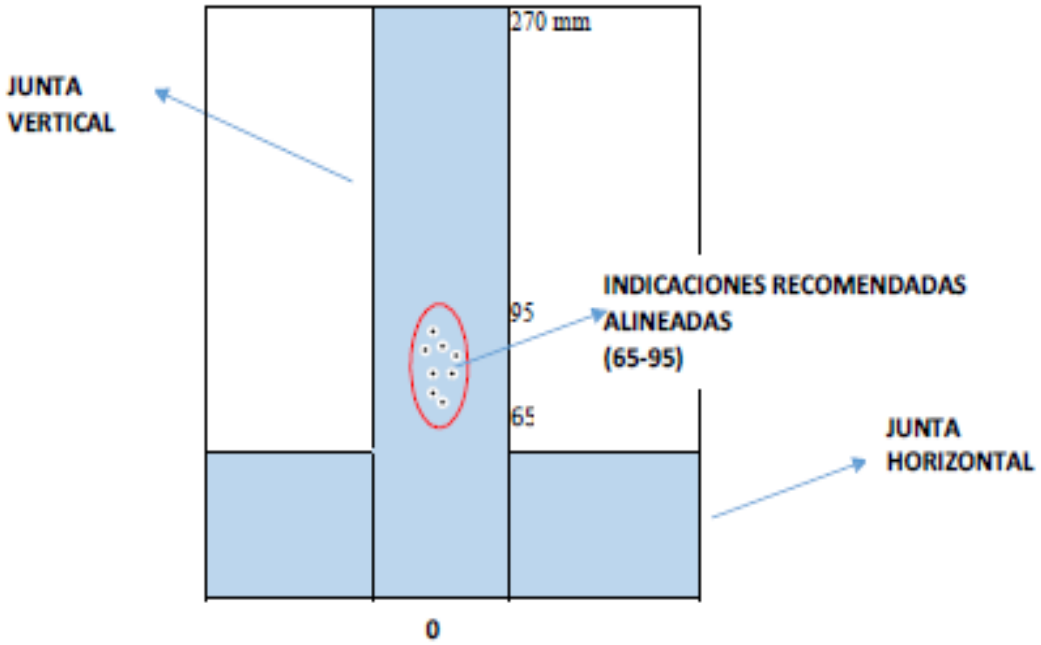
TANQUE: CS – TK – D – 001

FECHA DE PLAQUEO: 17/11/2015

ESQUEMA 01: Hace referencia a la placa P-06 (Indicaciones redondeadas separadas 50 mm – 67 mm y 105mm- 120mm)



ESQUEMA 02: Hace referencia a la placa P-09 (Indicaciones redondeadas alineadas 65 mm – 95mm)



ANEXO Nº 9: PLANOS DE LAS DIMENSIONES DE LAS PROBETAS

ANEXO Nº 10: RESULTADO DE LA INSPECCION POR TINTES PENETRANTES

Corporación Solivan
Soluciones Industriales de Vanguardia

PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

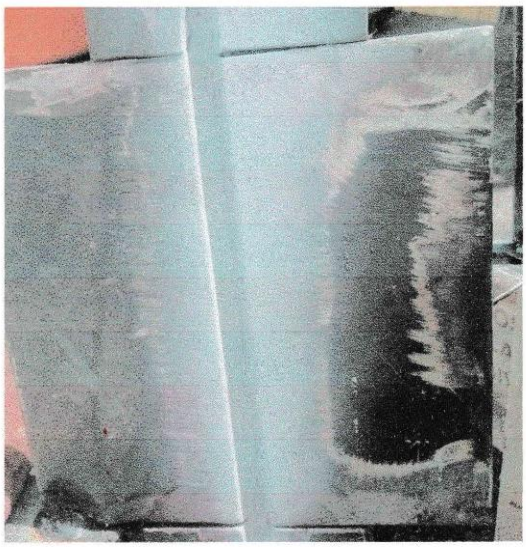
Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Codigo: CS.REG.003	Registro: 001	Hoja 1 de 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN POR TINTE PENETRANTE

LUGAR DE INSPECCION:	Taller de Obra	**EQUIPO:**	*PROBETA 1*		
PLANO:	-------	**FECHA:**	13/09/2017	**REALIZADO POR:**	*Ing. José Cruz*

DESCRIPCIÓN

REGISTRO FOTOGRAFICO



ITEM	***IDENTIFICACIÓN DE JUNTA***	***TIPO DE JUNTA***	***TIPO DEFECTO***	**ACEPTADO**	**RESULTADO**	**FECHA**	**OBSERVACIONES**
1	PROBETA 1	A TOPE	NINGUNO	SI	CONFORME	13/09/2017	

C: Conforme NC: No Conforme

En esta sección se levantan las observaciones de reparación inmediata, que no trasgreda las normas aplicadas y que no afecte ni a la estructura molecular del material, ni la geometría del elemento en proceso.

ITEM	***OBSERVACIÓN***	***TIPO DE REPARACIÓN***		***RESULTADO***

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	**CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN**	**SUPERVISIÓN CLIENTE**
Firma: Jose L. Cruz Vergara	***Firma:*** Ing. Cristian R. Sanchez Romero	***Firma:***
Nombre: JEFE DE CALIDAD	***Nombre:*** JEFE DE PROYECTO	***Nombre:***
Fecha:	***Fecha:***	***Fecha:***

Corporación Solivan
Soluciones Industriales de Vanguardia

PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

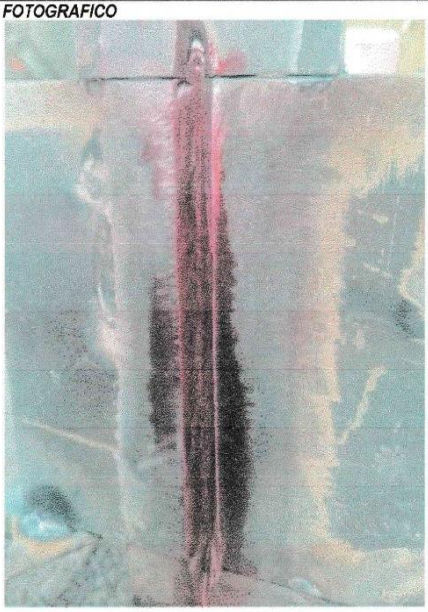
Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Codigo: CS.REG.003	Registro: 002	Hoja 1 de 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN POR TINTE PENETRANTE

LUGAR DE INSPECCION:	Taller de Obra	**EQUIPO:**	*PROBETA 2*		
PLANO:	-------	**FECHA:**	13/09/2017	**REALIZADO POR:**	*Ing. José Cruz*

DESCRIPCIÓN

REGISTRO FOTOGRAFICO



ITEM	***IDENTIFICACIÓN DE JUNTA***	***TIPO DE JUNTA***	***TIPO DEFECTO***	**ACEPTADO**	**RESULTADO**	**FECHA**	**OBSERVACIONES**
1	PROBETA 2	A TOPE	NINGUNO	SI	CONFORME	13/09/2017	

C: Conforme NC: No Conforme

En esta sección se levantan las observaciones de reparación inmediata, que no trasgreda las normas aplicadas y que no afecte ni a la estructura molecular del material, ni la geometría del elemento en proceso.

ITEM	***OBSERVACIÓN***	***TIPO DE REPARACIÓN***		***RESULTADO***

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	**CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN**	**SUPERVISIÓN CLIENTE**
Firma: Jose L. Cruz Vergara	***Firma:*** Ing. Cristian R. Sanchez Romero	**Firma:**
Nombre: JEFE DE CALIDAD	***Nombre:***	***Nombre:***
Fecha: Corporación Solivan	***Fecha:*** Corporación Solivan	***Fecha:***

Corporación Solivan
Soluciones Industriales de Vanguardia

PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

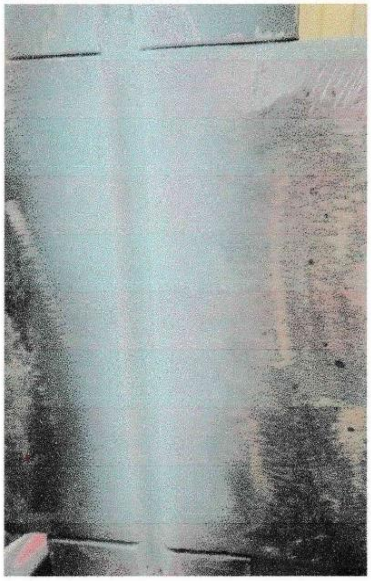
Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Codigo: CS.REG.003	Registro: 003	Hoja 1 de 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN POR TINTE PENETRANTE

LUGAR DE INSPECCION:	Taller de Obra	**EQUIPO:**	*PROBETA 3*		
PLANO:	-------	**FECHA:**	13/09/2017	**REALIZADO POR:**	*Ing. José Cruz*

DESCRIPCIÓN

REGISTRO FOTOGRAFICO



ITEM	***IDENTIFICACIÓN DE JUNTA***	***TIPO DE JUNTA***	***TIPO DEFECTO***	**ACEPTADO**	**RESULTADO**	**FECHA**	**OBSERVACIONES**
1	PROBETA 3	A TOPE	NINGUNO	SI	CONFORME	13/09/2017	

C: Conforme NC: No Conforme

En esta sección se levantan las observaciones de reparación inmediata, que no trasgreda las normas aplicadas y que no afecte ni a la estructura molecular del material, ni la geometría del elemento en proceso.

ITEM	***OBSERVACIÓN***	***TIPO DE REPARACIÓN***		***RESULTADO***

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	**CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN**	**SUPERVISIÓN CLIENTE**
Firma: Jose L. Cruz Vergara	***Firma:*** Ing. Cristian R. Sanchez Romero	***Firma:***
Nombre: JEFE DE CALIDAD	***Nombre:*** JEFE PROYECTO	***Nombre:***
Fecha: Corporación Solivan	***Fecha:*** Corporación Solivan	***Fecha:***

Corporación Solivan
Soluciones Industriales de Vanguardia

PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Codigo: CS.REG.003	Registro: 004	Hoja 1 de 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN POR TINTE PENETRANTE

LUGAR DE INSPECCION:	Taller de Obra	**EQUIPO:**	*PROBETA 4*

PLANO:	-------	**FECHA:**	16/09/2017	**REALIZADO POR:**	*Ing. José Cruz*

DESCRIPCIÓN

REGISTRO FOTOGRAFICO

ITEM	***IDENTIFICACIÓN DE JUNTA***	***TIPO DE JUNTA***	***TIPO DEFECTO***	**ACEPTADO**	**RESULTADO**	**FECHA**	**OBSERVACIONES**
1	PROBETA 4	A TOPE	NINGUNO	SI	CONFORME	16/09/2017	

C: Conforme NC: No Conforme

En esta sección se levantan las observaciones de reparación inmediata, que no trasgreda las normas aplicadas y que no afecte ni a la estructura molecular del material, ni la geometría del elemento en proceso.

ITEM	***OBSERVACIÓN***	***TIPO DE REPARACIÓN***		***RESULTADO***

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	**CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN**	**SUPERVISIÓN CLIENTE**
Firma: Jose L. Cruz Vergara	***Firma:*** Ing. Cristián R. Sánchez Romero	***Firma:***
Nombre: JEFE DE CALIDAD	***Nombre:*** JEFE PROYECTO	***Nombre:***
Fecha: Corporación Solivan	***Fecha:*** Corporación Solivan	***Fecha:***

Corporación Solivan	PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Codigo: CS.REG.003	Registro: 005	Hoja 1 de 1

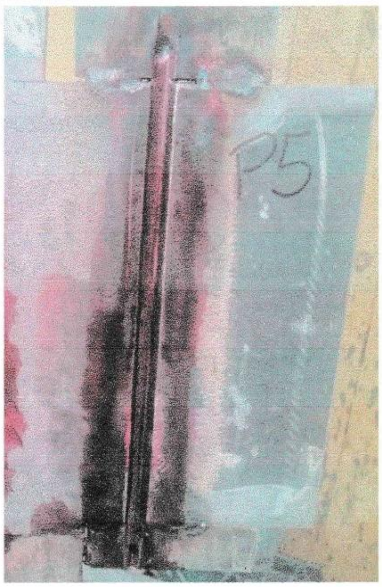
REGISTRO DE INSPECCIÓN POR TINTE PENETRANTE

LUGAR DE INSPECCION:	Taller de Obra	EQUIPO:	PROBETA 5

PLANO:	-------	FECHA:	16/09/2017	REALIZADO POR:	Ing. José Cruz

DESCRIPCIÓN

REGISTRO FOTOGRAFICO



ITEM	IDENTIFICACIÓN DE JUNTA	TIPO DE JUNTA	TIPO DEFECTO	ACEPTADO	RESULTADO	FECHA	OBSERVACIONES
1	PROBETA 5	A TOPE	NINGUNO	SI	CONFORME	16/09/2017	

C: Conforme NC: No Conforme

En esta sección se levantan las observaciones de reparación inmediata, que no trasgreda las normas aplicadas y que no afecte ni a la estructura molecular del material, ni la geometría del elemento en proceso.

ITEM	OBSERVACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN		RESULTADO

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN	SUPERVISIÓN CLIENTE
Firma: Jose L. Cruz Vergara	Firma: Ing. Cristian F. Sanchez Romero	Firma:
Nombre: JEFE DE CALIDAD	Nombre: JEFE DE PROYECTO	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ANEXO Nº 11: RESULTADO DE LA INSPECCION VISUAL

Corporación Solivan
Soluciones Industriales de Vanguardia

PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Código: CS.REG.002	Registro: 001	Hoja 1 de 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA

LUGAR DE INSPECCIÓN:	*Taller de Obra*	**EQUIPO:**	*PROBETA 1*

PLANO:	-------	*FECHA:*	13/09/2017	*REALIZADO POR:*	*Ing. José Cruz*

DESCRIPCIÓN

INDENTIFICACION				EJECUCION				CONTROL DE CALIDAD							
Item	Codigo Junta	Lado		Tipo de Junta	WPS Nro.	Soldador Estampa	Fecha de Ejecucion	Inspeccion Visual		Tintes penetrantes		Defectos	Reparado		Fecha de inspeccion
		Int.	Ext.					SI	NO	SI	NO		SI	NO	
1	PROBETA 1	X	X	A Tope	CS-09-17	W-JCPH	13/09/2017	X		X		Ninguno		X	13/09/2017

LEYENDA DE DEFECTOS

FV:	FALTA DE FUSION METAL BASE / SOLDADURA	SO:	SOCAVACION
FI:	FISURA	SR:	SOBREMONTA
CR:	CRATER	PA:	POROSIDAD AISLADA
DF:	DIMENSION DEL CATETO (SOLDADURA DE FILETE)	PN:	POROSIDAD ANIDADA
FL:	FALTA DE LLENADO	PD:	POROSIDAD DISPERSA

OBSERVACIONES

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN	SUPERVISIÓN CLIENTE
Firma: Jose L. Cruz Vergara	*Firma:* Ing. Cristian R. Sanchez Romero	*Firma:*
Nombre: JEFE DE CALIDAD	*Nombre:* JEFE PROYECTO	*Nombre:*
Fecha:	*Fecha:*	*Fecha:*

Corporación Solivan Soluciones Industriales de Vanguardia	PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Código: CS.REG.002	Registro: 002	Hoja 1 de 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA

LUGAR DE INSPECCIÓN:	*Taller de Obra*	**EQUIPO:**	*PROBETA 2*

PLANO:	-------	***FECHA:***	13/09/2017	***REALIZADO POR:***	*Ing. José Cruz*

DESCRIPCIÓN

INDENTIFICACION				EJECUCION				CONTROL DE CALIDAD							
Item	Codigo Junta	Lado		Tipo de Junta	WPS Nro.	Soldador Estampa	Fecha de Ejecucion	Inspeccion Visual		Tintes penetrantes		Defectos	Reparado		Fecha de inspeccion
		Int.	Ext.					SI	NO	SI	NO		SI	NO	
1	PROBETA 2	X	X	A Tope	CS-09-17	W-JCPH	13/09/2017	X		X		Ninguno		X	13/09/2017

LEYENDA DE DEFECTOS

FV:	FALTA DE FUSION METAL BASE / SOLDADURA	SO:	SOCAVACION
FI:	FISURA	SR:	SOBREMONTA
CR:	CRATER	PA:	POROSIDAD AISLADA
DF:	DIMENSION DEL CATETO (SOLDADURA DE FILETE)	PN:	POROSIDAD ANIDADA
FL:	FALTA DE LLENADO	PD:	POROSIDAD DISPERSA

OBSERVACIONES

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN	SUPERVISIÓN CLIENTE
Firma: Jose L. Cruz Vergara JEFE DE CALIDAD	***Firma:*** Ing. Cristian R. Sanchez Romero JEFE PROYECTO	***Firma:***
Nombre: Corporación Solivan	***Nombre:*** Corporación Solivan	***Nombre:***
Fecha:	***Fecha:***	***Fecha:***

Corporación Solivan Soluciones Industriales de Vanguardia	PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Código: CS.REG.002	Registro: 003	Hoja 1 de 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA

LUGAR DE INSPECCIÓN:	*Taller de Obra*	**EQUIPO:**	*PROBETA 3*

PLANO:	--------	***FECHA:***	13/09/2017	***REALIZADO POR:***	*Ing. José Cruz*

DESCRIPCIÓN

INDENTIFICACION				EJECUCION				CONTROL DE CALIDAD							
Item	Codigo Junta	Lado		Tipo de Junta	WPS Nro.	Soldador Estampa	Fecha de Ejecucion	Inspeccion Visual		Tintes penetrantes		Defectos	Reparado		Fecha de inspeccion
		Int.	Ext.					SI	NO	SI	NO		SI	NO	
1	PROBETA 3	X	X	A Tope	CS-09-17	W-JCPH	13/09/2017	X		X		Ninguno		X	13/09/2017

LEYENDA DE DEFECTOS

FV:	FALTA DE FUSION METAL BASE / SOLDADURA	SO:	SOCAVACION
FI:	FISURA	SR:	SOBREMONTA
CR:	CRATER	PA:	POROSIDAD AISLADA
DF:	DIMENSION DEL CATETO (SOLDADURA DE FILETE)	PN:	POROSIDAD ANIDADA
FL:	FALTA DE LLENADO	PD:	POROSIDAD DISPERSA

OBSERVACIONES

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN	SUPERVISIÓN CLIENTE
Firma: Jose L. Cruz Vergara JEFE DE CALIDAD Corporación Solivan	*Firma:* Ing. Cristian [illegible] Romero [illegible]CTO Corporación Solivan	*Firma:*
Nombre:	*Nombre:*	*Nombre:*
Fecha:	*Fecha:*	*Fecha:*

Corporación Solivan Soluciones Industriales de Vanguardia	PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Código: CS.REG.002	Registro: 004	Hoja 1 de 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA

LUGAR DE INSPECCIÓN:	*Taller de Obra*	**EQUIPO:**	*PROBETA 4*

PLANO:	-------	***FECHA:***	16/09/2017	***REALIZADO POR:***	*Ing. José Cruz*

DESCRIPCIÓN

INDENTIFICACION				EJECUCION				CONTROL DE CALIDAD							
Item	Codigo Junta	Lado		Tipo de Junta	WPS Nro.	Soldador Estampa	Fecha de Ejecucion	Inspeccion Visual		Tintes penetrantes		Defectos	Reparado		Fecha de inspeccion
		Int.	Ext.					SI	NO	SI	NO		SI	NO	
1	PROBETA 4	X	X	A Tope	CS-09-17	W-JCPH	16/09/2017	X		X		Ninguno		X	16/09/2017

LEYENDA DE DEFECTOS

FV:	FALTA DE FUSION METAL BASE / SOLDADURA	SO:	SOCAVACION
FI:	FISURA	SR:	SOBREMONTA
CR:	CRATER	PA:	POROSIDAD AISLADA
DF:	DIMENSION DEL CATETO (SOLDADURA DE FILETE)	PN:	POROSIDAD ANIDADA
FL:	FALTA DE LLENADO	PD:	POROSIDAD DISPERSA

OBSERVACIONES

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN	SUPERVISIÓN CLIENTE
Firma: Jose L. Cruz Vergara JEFE DE CALIDAD	*Firma:* Ing. Cristian R. Sanchez Romero JEFE PROYECTO	*Firma:*
Nombre: Corporación Solivan	*Nombre:* Corporación Solivan	*Nombre:*
Fecha:	*Fecha:*	*Fecha:*

Corporación Solivan Soluciones Industriales de Vanguardia	PROYECTO FABRICACION DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 5,000 GLN, TANQUE DE LUBRICANTE 1,500 GLN Y TANQUE AIRE COMPRIMIDO 5 M3

Revisión: 0 Fecha: 12/05/2017	Código: CS.REG.002	Registro: 005	Hoja 1 de 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA

LUGAR DE INSPECCIÓN:	*Taller de Obra*	**EQUIPO:**	*PROBETA 5*

PLANO:	-------	***FECHA:***	16/09/2017	***REALIZADO POR:***	*Ing. José Cruz*

DESCRIPCIÓN

INDENTIFICACION				EJECUCION				CONTROL DE CALIDAD							
Item	Codigo Junta	Lado		Tipo de Junta	WPS Nro.	Soldador Estampa	Fecha de Ejecucion	Inspeccion Visual		Tintes penetrantes		Defectos	Reparado		Fecha de inspeccion
		Int.	Ext.					SI	NO	SI	NO		SI	NO	
1	PROBETA 5	X	X	A Tope	CS-09-17	W-JCPH	16/09/2017	X		X		Ninguno		X	16/09/2017

LEYENDA DE DEFECTOS

FV:	FALTA DE FUSION METAL BASE / SOLDADURA	SO:	SOCAVACION
FI:	FISURA	SR:	SOBREMONTA
CR:	CRATER	PA:	POROSIDAD AISLADA
DF:	DIMENSION DEL CATETO (SOLDADURA DE FILETE)	PN:	POROSIDAD ANIDADA
FL:	FALTA DE LLENADO	PD:	POROSIDAD DISPERSA

OBSERVACIONES

APROBACIÓN FINAL

CORP. SOLIVAN CALIDAD	CORP. SOLIVAN CONSTRUCCIÓN	SUPERVISIÓN CLIENTE
Firma: Jose L. Cruz Vergara JEFE DE CALIDAD	*Firma:* Ing. Cristian Sánchez Romero PROYECTO	*Firma:*
Nombre: Corporación Solivan	*Nombre:* Corporación Solivan	*Nombre:*
Fecha:	*Fecha:*	*Fecha:*

ANEXO Nº 12: RESULTADO DE LA INSPECCION DE RAYOS X

N.D.T. WELDING SERVICE S.A.C.

RELACIÓN DE ENTREGA DE DOCUMENTOS

Informe 09-RT-SOLIVAN-17

DE : N.D.T. WELDING SERVICE S.A.C.

PARA : CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C.

TIPO DE SERVICIO : INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL

PROYECTO : TALLER DE COMPONENTES FERREYROS

LUGAR DE INSPECCIÓN : LA JOYA - AREQUIPA

ÍTEM	CÓDIGO	DOCUMENTOS ENTREGADOS				ESTADO	ZONAS A REPARAR		FECHA
	PROBETA	INFORME N°	PROGRAM. INSPEC. (Placas)	REPARACIÓN (Placas)	TOTAL (Placas)		JUNTA	PLACA	
1	PROBETA 1 CS	09-RT-SOLIVAN-17	1	-	1	ACEPTADO	-	-	03/10/2017
2	PROBETA 2 CS	10-RT-SOLIVAN-17	1	-	1	ACEPTADO	-	-	03/10/2017
3	PROBETA 3 CS	11-RT-SOLIVAN-17	1	-	1	ACEPTADO	-	-	03/10/2017
4	PROBETA 4 CS	12-RT-SOLIVAN-17	1	-	1	ACEPTADO	-	-	03/10/2017
5	PROBETA 5 CS	13-RT-SOLIVAN-17	1	-	1	ACEPTADO	-	-	03/10/2017
		TOTAL	5	-	5				

INFORME REALIZADO POR:	INFORME REVISADO POR:	INFORME APROBADO POR:
Nombre: Miriam Alperez Condori	Nombre:	Nombre:
Firma:	Firma: Insp. Darwin E. Ocsa Yucra Nivel II ASNT-SNT-TC-1A-RT Reg. CEN-CC-917	Firma: Insp. Darwin E. Ocsa Yucra Nivel II ASNT-SNT-TC-1A-RT Reg. CEN-CC-917
Fecha:	Fecha:	Fecha:

N.D.T. WELDING SERVICE S.A.C. DPTO. CALIDAD

OBSERVACIONES : .....

Urb. Monterrico - C. De María, Mz. - I, Lt. - 21, J. L. Bustamante y Rivero, Tlf./Fax 054-402355
AREQUIPA - PERÚ
website : www.weldingserv.com
e-mail : calidad@weldingserv.com

NDT Welding Service S.A.C.	INFORME DE INSPECCIÓN POR GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL	Corporación Solivan – Soluciones Industriales de Vanguardia

CLIENTE	: CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C.	INFORME	: 09-RT-SOLIVAN-17
PROYECTO	: TALLER DE COMPONENTES FERREYROS	FECHA	: 03/10/2017
ESTRUCTURA	: PROBETA	HOJA	: 01/01
LUGAR	: LA JOYA - AREQUIPA	OT	: -

DATOS DEL COMPONENTE INSPECCIONADO

ELEMENTO	: PROBETA 1	DIAMETRO NOMINAL	: -	PROCESO DE SOLDADURA	: GTAW/ SMAW	TIPO DE JUNTA	: TOPE
CODIGO	: CS	DISTANCIA MÁX. OBJ.-FILM	: 30.6 mm	ESPESOR DE REFUERZO	: 1.5 mm	ESTADO SUPERFICIAL	: ACEPTABLE
ESPESOR	: 12.00 mm	MATERIAL BASE	: -	BACKIG : N.A.	ESPESOR : N.A.	TRATAMIENTO TÉRMICO	: N.A.

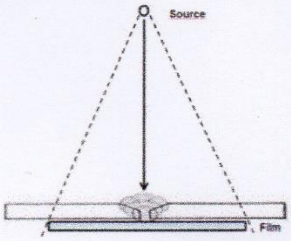
DATOS DEL ENSAYO

FUENTE	: IR - 192	TIPO DE PELÍCULA	: D5 - (T 200)	PANTALLAS	: FRONTAL - POSTERIOR	TÉCNICA DE ENSAYO	
DIMENSIÓN FOCAL	: 4.07 mm	FABRICANTE DE PELÍCULA	: KODAK	POSICIÓN DE LA FUENTE	: EXTERIOR		
ACTIVIDAD	: 21.7 Ci (0.80 TBq)	LONGITUD DE PELICULA	: 8" (200 mm)	TÉCNICA	: PARED DOBLE / SIMPLE IMAGEN		
TIEMPO DE EXPOSICIÓN	: 0 h. 1 min. 06 seg.	PANTALLAS	: 0.005" - 0.010"	REVELADO	: MANUAL		
PENUMBRA GEOMETRICA	: 0.13 mm	PENETRÁMETRO IQI	: ASTM - 1B	TEMPERATURA	: 20 °C TIEMPO REVELADO : 5 min.		
DIST. FOCO A LADO OBJETO	: 200 mm	LADO COLOCACIÓN IQI	: LADO FILM	RANGO DE DENSIDAD	: 2 - 4 H&D		
CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO	: WS - NDT - P - RT - 01			CRITERIO DE ACEPTACIÓN	: AWS D1.1		

IDENTIFICACIÓN DE PLACAS RADIOGRÁFICAS

ELEMENTO	CODIGO	JUNTA	PLACA	ESTAMPA	ESPESOR (mm)	HILO ESENCIAL (IQI)	RANGO DE DENSIDAD (H&D)	DISCONTINUIDAD - UBICACIÓN (mm)	FECHA	RESULTADO
PROBETA 1	CS	-	P - 1	-	12.00	7	(2.06 - 2.09)	-	03/10/2017	✓

ESQUEMA DE INSPECCIÓN



N.D.T. WELDING SERVICE S.A.C. DPTO. CALIDAD

OBSERVACIONES:

CÓDIGO DEFECTOLOGÍA

RI: Rounded Indication (Indicación Redondeada)	CI: Clustered Indication (Indicaciones Agrupadas)	ACEPTADO	✓
ARI: Aligned Rounded Indications (Indicaciones Redondeadas Alineadas)	IF: Incomplete fusion (Fusión Incompleta)	RECHAZADO	X
EI : Internal slag inclusion tungsten elongated indication (Escoria interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada)	C: Crack (Fisura)	TOTAL PLACAS :	1
EIC: Internal slag inclusion tungsten elongated indication cumulatived (Escoria interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada acumulada)	IP: Incomplete penetration (Penetración Inadecuada)		
CRS : Concave root surface (concavidad en la raiz)	U : Undercutting (socavación)		
BT: Burn-Though (Quemón)			

INSPECTOR	QC CLIENTE	SUPERVISIÓN
Nombre: Insp. Darwin Ocsa Yucra Nivel : II-ASNT-SNT-TC-1A-RT Firma : Insp. Darwin E. Ocsa Yucra Nivel II ASNT-SNT-TC-1A-RT Reg. CEN-CC-917 Fecha : 03/10/2017	Nombre : Jose L. Cruz Vergara JEFE DE CALIDAD Corporación Solivan Firma : Fecha :	Nombre : Firma : Fecha :

NDT Welding Service S.A.C.	INFORME DE INSPECCIÓN POR GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL	Corporación Solivan — Soluciones Industriales de Vanguardia

CLIENTE	: CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C.	INFORME	: 10-RT-SOLIVAN-17
PROYECTO	: TALLER DE COMPONENTES FERREYROS	FECHA	: 03/10/2017
ESTRUCTURA	: PROBETA	HOJA	: 01/01
LUGAR	: LA JOYA - AREQUIPA	OT	: -

DATOS DEL COMPONENTE INSPECCIONADO

ELEMENTO	: PROBETA 2	DIAMETRO NOMINAL	: -	PROCESO DE SOLDADURA	: GTAW/ SMAW	TIPO DE JUNTA	: TOPE
CODIGO	: CS	DISTANCIA MÁX. OBJ.-FILM	: 30.6 mm	ESPESOR DE REFUERZO	: 1.5 mm	ESTADO SUPERFICIAL	: ACEPTABLE
ESPESOR	: 12.00 mm	MATERIAL BASE	: -	BACKIG : N.A.	ESPESOR : N.A.	TRATAMIENTO TÉRMICO	: N.A.

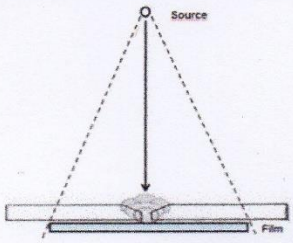
DATOS DEL ENSAYO

FUENTE	: IR - 192	TIPO DE PELÍCULA	: D5 - (T 200)	PANTALLAS	: FRONTAL - POSTERIOR	TÉCNICA DE ENSAYO	
DIMENSIÓN FOCAL	: 4.07 mm	FABRICANTE DE PELÍCULA	: KODAK	POSICIÓN DE LA FUENTE	: EXTERIOR		
ACTIVIDAD	: 21.7 Ci (0.80 TBq)	LONGITUD DE PELICULA	: 8" (200 mm)	TÉCNICA	: PARED DOBLE / SIMPLE IMAGEN		
TIEMPO DE EXPOSICIÓN	: 0 h. 1 min. 06 seg.	PANTALLAS	: 0.005" - 0.010"	REVELADO	: MANUAL		
PENUMBRA GEOMETRICA	: 0.13 mm	PENETRÁMETRO IQI	: ASTM - 1B	TEMPERATURA	: 20 °C TIEMPO REVELADO : 5 min.		
DIST. FOCO A LADO OBJETO	: 200 mm	LADO COLOCACIÓN IQI	: LADO FILM	RANGO DE DENSIDAD	: 2 - 4 H&D		
CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO	: WS - NDT - P - RT - 01			CRITERIO DE ACEPTACIÓN	: AWS D1.1		

IDENTIFICACIÓN DE PLACAS RADIOGRÁFICAS

ELEMENTO	CODIGO	JUNTA	PLACA	ESTAMPA	ESPESOR (mm)	HILO ESENCIAL (IQI)	RANGO DE DENSIDAD (H&D)	DISCONTINUIDAD - UBICACIÓN (mm)	FECHA	RESULTADO
PROBETA 2	CS	-	P - 2	-	12.00	7	(2.05 - 2.07)	-	03/10/2017	✓

ESQUEMA DE INSPECCIÓN



N.D.T. WELDING SERVICE S.A.C. DPTO. CALIDAD

OBSERVACIONES:

CÓDIGO DEFECTOLOGÍA

RI: Rounded indication (Indicación Redondeada)	CI: Clustered indication (Indicaciones Agrupadas)	ACEPTADO	✓
ARI: Aligned Rounded Indications (Indicaciones Redondeadas Alineadas)	IF: Incomplete fusion (Fusión Incompleta)	RECHAZADO	X
EI : Internal slag inclusion tungsten elongated indication (Escoria interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada)	C: Crack (Fisura)	TOTAL PLACAS :	1
EIC: Internal slag inclusion tungsten elongated indication cumulatived (Escoria interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada acumulada)	IP: Incomplete penetration (Penetración inadecuada)		
CRS : Concave root surface (concavidad en la raiz)	U : Undercutting (socavación)		
BT: Burn-Though (Quemón)			

INSPECTOR	QC CLIENTE	SUPERVISIÓN
Nombre: Insp. Darwin Ocsa Yucra Nivel : II-ASNT-SNT-TC-1A-RT Firma ..... Insp. Darwin E. Ocsa Yucra Nivel II ASNT-SNT-TC-1A-RT Reg. CEN-CC-917 Fecha : 03/10/2017	Nombre : Firma : Jose L. Cruz Vergara JEFE DE CALIDAD Corporación Solivan Fecha :	Nombre : Firma : Fecha :

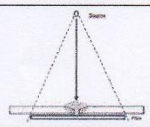
NDT Welding Service S.A.C.	INFORME DE INSPECCIÓN POR GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL	Corporación Solivan – Soluciones Industriales de Vanguardia

CLIENTE : CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C.		INFORME :	11-RT-SOLIVAN-17
PROYECTO : TALLER DE COMPONENTES FERREYROS		FECHA :	03/10/2017
ESTRUCTURA : PROBETA		HOJA :	01/01
LUGAR : LA JOYA - AREQUIPA		OT :	-

DATOS DEL COMPONENTE INSPECCIONADO

ELEMENTO : PROBETA 3	DIAMETRO NOMINAL : -	PROCESO DE SOLDADURA : GTAW/ SMAW	TIPO DE JUNTA : TOPE
CODIGO : CS	DISTANCIA MÁX. OBJ.-FILM : 30.6 mm	ESPESOR DE REFUERZO : 1.5 mm	ESTADO SUPERFICIAL : ACEPTABLE
ESPESOR : 12.00 mm	MATERIAL BASE : -	BACKIG : N.A. ESPESOR : N.A.	TRATAMIENTO TÉRMICO : N.A.

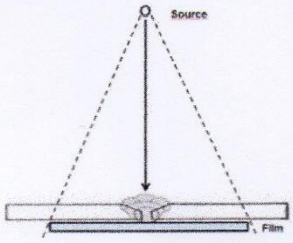
DATOS DEL ENSAYO

FUENTE : IR - 192	TIPO DE PELÍCULA : D5 - (T 200)	PANTALLAS : FRONTAL - POSTERIOR	TÉCNICA DE ENSAYO
DIMENSIÓN FOCAL : 4.07 mm	FABRICANTE DE PELÍCULA : KODAK	POSICIÓN DE LA FUENTE : EXTERIOR	
ACTIVIDAD : 21.7 Ci (0.80 TBq)	LONGITUD DE PELICULA : 8" (200 mm)	TÉCNICA : PARED DOBLE / SIMPLE IMAGEN	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN : 0 h. 1 min. 06 seg.	PANTALLAS : 0.005" - 0.010"	REVELADO : MANUAL	
PENUMBRA GEOMETRICA : 0.13 mm	PENETRÁMETRO IQI : ASTM - 1B	TEMPERATURA : 20 °C TIEMPO REVELADO : 5 min.	
DIST. FOCO A LADO OBJETO : 200 mm	LADO COLOCACIÓN IQI : LADO FILM	RANGO DE DENSIDAD : 2 - 4 H&D	
CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO : WS - NDT - P - RT - 01		CRITERIO DE ACEPTACIÓN : AWS D1.1	

IDENTIFICACIÓN DE PLACAS RADIOGRÁFICAS

ELEMENTO	CODIGO	JUNTA	PLACA	ESTAMPA	ESPESOR (mm)	HILO ESENCIAL (IQI)	RANGO DE DENSIDAD (H&D)	DISCONTINUIDAD - UBICACIÓN (mm)	FECHA	RESULTADO
PROBETA 3	CS	-	P - 3	-	12.00	7	(2.09 - 2.11)	-	03/10/2017	✓

ESQUEMA DE INSPECCIÓN



N.D.T. WELDING SERVICE S.A.C. DPTO. CALIDAD

OBSERVACIONES:

CÓDIGO DEFECTOLOGÍA

RI: Rounded Indication (Indicación Redondeada)	CI: Clustered Indication (Indicaciones Agrupadas)	ACEPTADO	✓
ARI: Aligned Rounded Indications (Indicaciones Redondeadas Alineadas)	IF: Incomplete fusion (Fusión Incompleta)	RECHAZADO	X
EI : Internal slag inclusion tungsten elongated indication (Escoria interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada)	C: Crack (Fisura)	TOTAL PLACAS :	1
EIC: Internal slag inclusion tungsten elongated indication cumulatived (Escoria interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada acumulada)	IP: Incomplete penetration (Penetración Inadecuada)		
CRS : Concave root surface (concavidad en la raiz)	U : Undercutting (socavación)		
BT: Burn-Though (Quemón)			

INSPECTOR	QC CLIENTE	SUPERVISIÓN
Nombre: Insp. Darwin Ocsa Yucra Nivel : II-ASNT-SNT-TC-1A-RT Firma : Insp. Darwin E. Ocsa Yucra Nivel II ASNT-SNT-TC-1A-RT Reg. CEN-CC-917 Fecha : 03/10/2017	Nombre : Firma : Jose L. Cruz Vergara JEFE DE CALIDAD Corporación Solivan Fecha :	Nombre : Firma : Fecha :

NDT Welding Service S.A.C.	INFORME DE INSPECCIÓN POR GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL	Corporación Solivan — Soluciones Industriales de Vanguardia

CLIENTE : CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C.		INFORME :	12-RT-SOLIVAN-17
PROYECTO : TALLER DE COMPONENTES FERREYROS		FECHA :	03/10/2017
ESTRUCTURA : PROBETA		HOJA :	01/01
LUGAR : LA JOYA - AREQUIPA		OT :	-

DATOS DEL COMPONENTE INSPECCIONADO

ELEMENTO : PROBETA 4	DIAMETRO NOMINAL : -	PROCESO DE SOLDADURA : GTAW/ SMAW	TIPO DE JUNTA : TOPE
CODIGO : CS	DISTANCIA MÁX. OBJ.-FILM : 30.6 mm	ESPESOR DE REFUERZO : 1.5 mm	ESTADO SUPERFICIAL : ACEPTABLE
ESPESOR : 12.00 mm	MATERIAL BASE : -	BACKIG : N.A. ESPESOR : N.A.	TRATAMIENTO TÉRMICO : N.A.

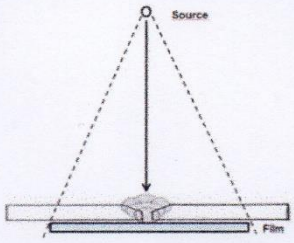
DATOS DEL ENSAYO

FUENTE : IR - 192	TIPO DE PELÍCULA : D5 - (T 200)	PANTALLAS : FRONTAL - POSTERIOR	TÉCNICA DE ENSAYO
DIMENSIÓN FOCAL : 4.07 mm	FABRICANTE DE PELÍCULA : KODAK	POSICIÓN DE LA FUENTE : EXTERIOR	
ACTIVIDAD : 21.7 Ci (0.80 TBq)	LONGITUD DE PELICULA : 8" (200 mm)	TÉCNICA : PARED DOBLE / SIMPLE IMAGEN	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN : 0 h. 1 min. 06 seg.	PANTALLAS : 0.005" - 0.010"	REVELADO : MANUAL	
PENUMBRA GEOMETRICA : 0.13 mm	PENETRÁMETRO IQI : ASTM - 1B	TEMPERATURA : 20 °C TIEMPO REVELADO : 5 min.	
DIST. FOCO A LADO OBJETO : 200 mm	LADO COLOCACIÓN IQI : LADO FILM	RANGO DE DENSIDAD : 2 - 4 H&D	
CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO : WS - NDT - P - RT - 01		CRITERIO DE ACEPTACIÓN : AWS D1.1	

IDENTIFICACIÓN DE PLACAS RADIOGRÁFICAS

ELEMENTO	CODIGO	JUNTA	PLACA	ESTAMPA	ESPESOR (mm)	HILO ESENCIAL (IQI)	RANGO DE DENSIDAD (H&D)	DISCONTINUIDAD - UBICACIÓN (mm)	FECHA	RESULTADO
PROBETA 4	CS	-	P - 4	-	12.00	7	(2.07 - 2.12)	EI	03/10/2017	✓

ESQUEMA DE INSPECCIÓN



N.D.T. WELDING SERVICES S.A.C. DPTO. CALIDAD

OBSERVACIONES:

CÓDIGO DEFECTOLOGÍA

RI: Rounded Indication (Indicación Redondeada)	CI: Clustered Indication (Indicaciones Agrupadas)	ACEPTADO	✓
ARI: Aligned Rounded Indications (Indicaciones Redondeadas Alineadas)	IF: Incomplete fusion (Fusión Incompleta)	RECHAZADO	X
EI : Internal slag inclusion tungsten elongated indication (Escoria Interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada)	C: Crack (Fisura)	TOTAL PLACAS :	1
EIC: Internal slag inclusion tungsten elongated indication cumulatived (Escoria Interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada acumulada)	IP: Incomplete penetration (Penetración Inadecuada)		
CRS : Concave root surface (concavidad en la raiz)	U : Undercutting (socavación)		
BT: Burn-Though (Quemón)			

INSPECTOR	QC CLIENTE	SUPERVISIÓN
Nombre: Insp. Darwin Ocsa Yucra Nivel : II-ASNT-SNT-TC-1A-RT Firma Insp. Darwin E. Ocsa Yucra Nivel II ASNT-SNT-TC-1A-RT Reg. CEN-CC-917 Fecha : 03/10/2017	Nombre : Firma : Jose L. Cruz Vergara JEFE DE CALIDAD Corporación Solivan Fecha :	Nombre : Firma : Fecha :

NDT Welding Service S.A.C.	INFORME DE INSPECCIÓN POR GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL	Corporación Solivan — Soluciones Industriales de Vanguardia

CLIENTE	: CORPORACIÓN SOLIVAN S.A.C.	INFORME	: 13-RT-SOLIVAN-17
PROYECTO	: TALLER DE COMPONENTES FERREYROS	FECHA	: 03/10/2017
ESTRUCTURA	: PROBETA	HOJA	: 01/01
LUGAR	: LA JOYA - AREQUIPA	OT	: -

DATOS DEL COMPONENTE INSPECCIONADO

ELEMENTO	: PROBETA 5	DIAMETRO NOMINAL	: -	PROCESO DE SOLDADURA	: GTAW/ SMAW	TIPO DE JUNTA	: TOPE
CODIGO	: CS	DISTANCIA MÁX. OBJ.-FILM	: 30.6 mm	ESPESOR DE REFUERZO	: 1.5 mm	ESTADO SUPERFICIAL	: ACEPTABLE
ESPESOR	: 12.00 mm	MATERIAL BASE	: -	BACKIG : N.A.	ESPESOR : N.A.	TRATAMIENTO TÉRMICO	: N.A.

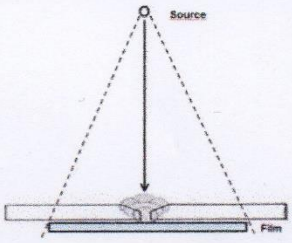
DATOS DEL ENSAYO

FUENTE	: IR - 192	TIPO DE PELÍCULA	: D5 - (T 200)	PANTALLAS	: FRONTAL - POSTERIOR	TÉCNICA DE ENSAYO	
DIMENSIÓN FOCAL	: 4.07 mm	FABRICANTE DE PELÍCULA	: KODAK	POSICIÓN DE LA FUENTE	: EXTERIOR		
ACTIVIDAD	: 21.7 Ci (0.80 TBq)	LONGITUD DE PELICULA	: 8" (200 mm)	TÉCNICA	: PARED DOBLE / SIMPLE IMAGEN		
TIEMPO DE EXPOSICIÓN	: 0 h. 1 min. 06 seg.	PANTALLAS	: 0.005" - 0.010"	REVELADO	: MANUAL		
PENUMBRA GEOMETRICA	: 0.13 mm	PENETRÁMETRO IQI	: ASTM - 1B	TEMPERATURA	: 20 °C TIEMPO REVELADO : 5 min.		
DIST. FOCO A LADO OBJETO	: 200 mm	LADO COLOCACIÓN IQI	: LADO FILM	RANGO DE DENSIDAD	: 2 - 4 H&D		
CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO	: WS - NDT - P - RT - 01			CRITERIO DE ACEPTACIÓN	: AWS D1.1		

IDENTIFICACIÓN DE PLACAS RADIOGRÁFICAS

ELEMENTO	CODIGO	JUNTA	PLACA	ESTAMPA	ESPESOR (mm)	HILO ESENCIAL (IQI)	RANGO DE DENSIDAD (H&D)	DISCONTINUIDAD - UBICACIÓN (mm)	FECHA	RESULTADO
PROBETA 5	CS	-	P - 5	-	12.00	7	(2.07 - 2.10)	EI	03/10/2017	✓

ESQUEMA DE INSPECCIÓN



N.D.T. WELDING SERVICE S.A.C. DPTO. CALIDAD

OBSERVACIONES:

CÓDIGO DEFECTOLOGÍA

RI: Rounded Indication (Indicación Redondeada)	CI: Clustered Indication (Indicaciones Agrupadas)	ACEPTADO	✓
ARI: Aligned Rounded Indications (Indicaciones Redondeadas Alineadas)	IF: Incomplete fusion (Fusión Incompleta)	RECHAZADO	X
EI : Internal slag inclusion tungsten elongated indication (Escoria Interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada)	C: Crack (Fisura)	TOTAL PLACAS :	1
EIC: Internal slag inclusion tungsten elongated indication cumulatived (Escoria Interna , inclusion de tungsteno , indicacion alargada acumulada)	IP: Incomplete penetration (Penetración inadecuada)		
CRS : Concave root surface (concavidad en la raiz)	U : Undercutting (socavación)		
BT: Burn-Though (Quemón)			

INSPECTOR	QC CLIENTE	SUPERVISIÓN
Nombre: Insp. Darwin Ocsa Yucra Nivel : II-ASNT-SNT-TC-1A-RT Firma : Insp. Darwin E. Ocsa Yucra Nivel II ASNT-SNT-TC-1A-RT Reg. CEN-CC-917 Fecha : 03/10/2017	Nombre : Firma : Jose L. Cruz Vergara JEFE DE CALIDAD Corporación Solivan Fecha :	Nombre : Firma : Fecha :

ANEXO N° 13: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE TRACCION Y DOBLEZ

TECSUP

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN Y DOBLEZ

De : TECSUP N° 2

Para : CORPORACION SOLIVAN S.A.C.

Asunto : **ENSAYO DE TRACCIÓN Y DOBLEZ (PROBETAS)**

Fecha : 12-10-2017

El día 09 de Octubre del 2017 se atendió el pedido de la empresa Corporación Solivan S.A.C, solicitando los servicios de Ensayo de Tracción y Doblez para 04 probetas de Planchas A36 soldadas.

Las probetas fueron proveídas por el cliente, fue maquinada y las dimensiones se encontraban dentro de lo establecido en la norma ASME IX.

En el presente documento, se presentaran en:

a) Los datos obtenidos por la máquina de ensayo de tracción Zwick Roell Z050.

- Número total de hojas de este informe: 04.

➢ **ALCANCE**

Determinar la resistencia a la doblez y tracción de planchas soldada, a través de las probetas proporcionados por el cliente.

Tecsup Sur
Campus Arequipa
Urb. Monterrey D-8
José Luis Bustamante y Rivero,
Arequipa, Perú
T (54) 426-610
F (54) 426-654
www.tecsup.edu.pe

Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Tecsup N° 2 (RM N° 0181-93-ED 09-05-1993; RD N° 146-2005-ED 26-05-2005)

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCION

REPORTE DE ENSAYO DE TRACCIÓN

SOLICITADO POR: CORPORACION SOLIVAN S.A.C.
REALIZADO POR: JOSÉ OGUSCO O.
MUESTRAS: MUESTRA DE LA PROBETA SOLDADA
FECHA DE EMISION: 12/10/2017
EQUIPO DE ENSAYO: Maquina de Tracción Zwick Roell Z050– 50 kN - Precisión 1kN

Cuadro N°1: Resultados de las probetas de planchas soldada.

VARIABLE	UNIDAD	P 1	P 2
Espesor (T)	(mm)	11.98	11.94
Ancho	(mm)	19.37	19.39
Área	(mm2)	232.05	231.52
Localización de la rotura	(mm)	Metal Base	Metal Base
Carga Máxima	N	119373	120118
Esfuerzo de Tensión	MPa	496	494

OBSERVACIONES:

- Fecha de ejecución: 12 – 10 - 2017
- Las probetas ensayadas fueron proveídas por el cliente.
- Temperatura ambiente durante el ensayo: 20.0 °C.
- Humedad relativa : 20%
- Los resultados se refieren únicamente a las probetas ensayadas, las cuales fueron suministradas por la parte interesada.
- Material: A36
- Proceso: SMAW
- Posición: Vertical
- Soldador: Julio Cesar Pomacarhua Huapaya
- DNI: 70152754
- Estampa: W-JCPH
- Proyecto: Taller de Componentes Ferreyros - La Joya

Tecsup Sur
Campus Arequipa
Urb. Monterrey D-8
José Luis Bustamante y Rivero
Arequipa, Perú
T (54) 426-610
F (54) 426-654
www.tecsup.edu.pe

2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DOBLEZ

REPORTE DE ENSAYO DE DOBLEZ

SOLICITADO POR: CORPORACION SOLIVAN S.A.C.
REALIZADO POR: JOSÉ OGUSCO O.
MUESTRAS: MUESTRA DE PROBETA SOLDADA
FECHA DE EMISION: 12/10/2017
EQUIPO DE ENSAYO: Maquina de Doblez

Cuadro N°2: Resultados de las probetas de planchas soldada.

VARIABLE	UNIDAD	P 3	P 4
Espesor (T)	(mm)	11.96	11.94
Ancho	(mm)	19.39	19.38
Longuitud	(mm)	225.02	225.00
Lado	———	Conforme	Conforme
Discontinuidad	———	Ninguna	Ninguna
Resultado	———	Aceptado	Aceptado

OBSERVACIONES:

- Fecha de ejecución: 12 – 10 - 2017
- Las probetas ensayadas fueron proveídas por el cliente.
- Temperatura ambiente durante el ensayo: 20.0 °C.
- Humedad relativa : 20%
- Los resultados se refieren únicamente a las probetas ensayadas, las cuales fueron suministradas por la parte interesada.
- Material: A36
- Proceso: SMAW
- Posición: Vertical
- Soldador: Julio Cesar Pomacarhua Huapaya
- DNI: 70152754
- Estampa: W-JCPH
- Proyecto: Taller de Componentes Ferreyros - La Joya

Tecsup Sur
Campus Arequipa
Urb. Monterrey D-8
José Luis Bustamante y Rivero
Arequipa, Perú
T (54) 426-610
F (54) 426-654
www.tecsup.edu.pe

Es todo lo que tenemos que informar con relación al ensayo de tracción y doblez solicitados; de necesitar información adicional sobre el tema,

estaremos a su disposición. Hacemos propicia la oportunidad

para saludarlos.

Atentamente.

TECSUP Nº2
INSTITUTO DE EDUCACION SUPERIOR
TECNOLOGICO PRIVADO

Guillermo Escobedo Aspejo
Jefe de Proyectos

Tecsup Sur
Campus Arequipa
Urb. Monterrey D-8
José Luis Bustamante y Rivero,
Arequipa, Perú

T (54) 426-610
F (54) 426-654
www.tecsup.edu.pe

-4-

Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Tecsup Nº 2. RM. Nº 0181-93-ED (29-03-1993) RD Nº 149-2003-ED (26-05-2003)

ANEXO Nº 14: CODIGO DE ETICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

CÓDIGO DE ETICA DEL CIP

APROBADO EN LA III SESIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE CONSEJOS DEPARTAMENTALES DEL PERÍODO 1998 - 1999
EN LA CIUDAD DE TACNA 22, 23 Y 24 ABRIL 1999