 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **ANÁLISIS DE FALLA DE COMPUERTAS DE ACERO INOXIDABLE DE LA OBRA “PLAN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE BELLO” Y POSIBLES SOLUCIONES**

Yasir Holguín Urrego

Trabajo de grado presentado para optar por el título

INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

ASESOR

Ing. Juan Felipe Santa Marín, M.Eng, Ph.D.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**2016**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

Las estructuras presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), presentan focos de corrosión en su superficie. En este trabajo se realizó el análisis del caso con el fin de determinar las causas probables de falla. Se realizaron análisis de laboratorio y comparaciones con casos similares en la literatura para afrontar el problema. Con los resultados arrojados se determinó que una de las principales causas de falla era la presencia de contaminación por partículas de hierro que generó la ruptura de la película pasiva y provocó la corrosión localizada en el acero inoxidable 316L. También se observó problemas relacionados con el proceso de doblado del acero durante la conformación de las compuertas. Una vez se determinaron las causas de la falla, se implementó en campo un procedimiento de decapado y pasivado para eliminar la corrosión y solucionar el problema.

Palabras clave: austenítico, corrosión localizada, cloruros, óxido de hierro, decapado, pasivación, pitting, ruptura de la capa pasiva.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **RECONOCIMIENTOS**

En gran parte agradecer a mi señora madre por sus esfuerzos brindados y apoyo en mi estudio de pregrado y al docente asesor por ser el acompañante necesario para la culminación de esta tesis de grado. E igualmente a la empresa donde le laboro que me permitió realizar dicha la investigación

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## ACRONIMOS

PTAR Planta de tratamiento de aguas residuales.

SEM microscopio electrónico de barrido.

AISI Norma americana del hierro y del acero.

ASM Sociedad internacional de información de materiales.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>9</b>
<b>3. MARCO TEORICO.....</b>	<b>10</b>
3.1 Aceros inoxidables.....	10
3.2 Clasificación de los aceros inoxidables.....	11
3.2.1 Austeníticos.....	11
3.2.2 Ferríticos.....	12
3.2.3 Martensíticos.....	12
3.2.4 Dúplex.....	13
3.3 Tipos de corrosión en los aceros inoxidables.....	13
3.3.1 corrosión intergranular.....	13
3.3.2 corrosión por picadura.....	14
3.3.3 corrosión galvánica.....	14
3.3.4 corrosión bajo tensión.....	14
3.4. Operación de decapado y pasivado en aceros inoxidables.....	15
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5. METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
5.1 Revisión bibliográfica.....	17
5.2 Inspección de fallas en campo y análisis de la información.....	17
5.3 Pruebas y análisis de laboratorios.....	17
5.4 Procedimiento para el decapado y pasivado del material.....	18
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>19</b>
6.1 Revisión bibliográfica.....	19
6.2 Inspección de fallas en campo y análisis de la información.....	22
6.2.1 Análisis de superficies falladas.....	22
6.2.2 Análisis de la información.....	23
6.2.3 Análisis de fabricación de soldadura.....	24
6.2.4 Inspección en campo.....	27
6.3 Pruebas y análisis de laboratorio.....	31
6.3.1 Análisis a través de un microscopio portátil.....	31
6.3.2 Análisis de pruebas a través de SEM y comparación.....	35
6.4 Procedimiento para el decapado y pasivado del material con resultados arrojados.....	38
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>41</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>44</b>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### Contenido de figuras.

Figura 1. Comparación entre puntos de corrosión en superficies en aceros inoxidables.....	20
Figura 2. Corrosión en soldaduras presentes en aceros inoxidables 316L.....	21
Figura 3. Picadura sobre superficies internas de los tanques de acero inoxidable 316L.....	22
Figura 4. Diagrama de Schaeffler.....	26
Figura 5. Línea de oxidación en el cuerpo de la compuerta.....	28
Figura 6. Puntos de oxidación discontinuos esparcidos por las compuertas.	29
Figura 7. Cordones de soldadura oxidados.....	30
Figura 8. Imágenes tomadas por un microscopio portátil; corrosión en los soportes estructurales de la compuerta.....	31
Figura 9. Ataque localizado de agentes de cloruros sobre las películas pasivas del acero inoxidable.....	32
Figura 10. Imágenes tomadas por un microscopio portátil; corrosión localizada en las tajaderas de las compuertas.....	33
Figura 11. Imágenes tomadas por un microscopio portátil; corrosión en los cordones de soldadura de las compuertas. A b c y d.....	34
Figura 12. Análisis de residuos de oxidación extraídos de las estructuras de acero inoxidable 316L.....	36
Figura 13. Comparación entre partículas de óxidos tomadas por SEM; izquierda partícula analizada de la corrosión del acero inoxidable en la investigación y derecha imagen copiada de base de datos.....	37
Figura 14. Comparación entre 2 partículas de óxido de hierro fig. 15a imagen analizada a través del SEM y fig. 15b imagen consultada en sitios web.....	37
Figura 15. Estado inicial cordón de soldadura oxidado antes del proceso.....	38
Figura 16. Cordones de soldadura con puntos de corrosión varios días después de aplicado el proceso.....	39

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 1. INTRODUCCION

A través de los tiempos se han implementado estrategias para retardar el proceso de corrosión en los elementos diseñados a base de acero, esto incluye pinturas y recubrimientos, los cuales tienen una vida de trabajo muy limitada y requieren de un cambio constante.

Sin embargo, los aceros inoxidable ofrecen una buena opción, conservando no solo la resistencia a la corrosión superficial sino brindando una adecuada resistencia mecánica. Los aceros inoxidable son aquellos aceros que tienen un contenido mínimo del 10,5% de cromo (John C. Lippold, 2005). Estos aceros se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, tales como la industria, naval, sistemas de procesamiento, y la industria de construcción etc. lo cual les otorga una gran importancia tecnológica y económica.

Dependiendo del tipo de microestructura los aceros inoxidable se pueden clasificar en diferentes tipos: austeníticos, ferríticos, martensíticos y dúplex. Sin embargo, en este trabajo de investigación solo abordaremos los aceros austeníticos. Esta clase de aceros posee alta resistencia electroquímica y por lo tanto una alta resistencia a la oxidación o reducción (John C. Lippold, 2005) lo cual los hace competentes para trabajar en ambientes hostiles.

Debido a esta serie de características del material inoxidable austenítico, la Planta de Tratamiento De Aguas Residuales (PTAR) Bello decide utilizar estructuras de acero inoxidable AISI 316 L para el paso y retención de las aguas depuradas del valle de Aburrá. Aunque los aceros inoxidable proporcionan resistencia a la corrosión general y picaduras, la serie 300 de estos aceros pueden ser susceptibles a fenómenos que afecten la película de óxido de cromo y cantidades de iones de cloruro pueden producir picaduras en el acero inoxidable.

Por otro lado, al realizar un proceso de soldadura la pieza puede experimentar varias formas de corrosión debido a que son susceptibles por las variaciones en la microestructura y composición. Específicamente puede producirse corrosión galvánica, picaduras, corrosión bajo tensión y corrosión intergranular. (A. Wahid, 1993) .

Para el caso específico de la PTAR Bello, las estructuras fabricadas en acero inoxidable, fueron almacenadas antes de ser instaladas y empezaron a presentar grados de oxidación como puntos discontinuos en la superficie o cordones uniformes mientras que otras se

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

oxidaron en los cordones donde se aplicó la soldadura. Este comportamiento llamó la atención y fue el problema que se abordó en esta investigación.

Se realizaron análisis de las superficies falladas haciendo énfasis en los puntos de oxidación en la superficie del material. Para el desarrollo del trabajo se utilizaron textos o artículos científicos donde se presentaron comportamientos similares con el fin de aportar posibles soluciones.

Se realizaron pruebas para determinar el agente que causó el fenómeno. Con los resultados obtenidos, se plantearon procedimientos adecuados para eliminar la oxidación.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **2. PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las estructuras de acero inoxidable que se encuentran en la planta presentan un grado de oxidación muy notable. En algunos casos las fallas han dejado de ser superficiales ya que en varias estructuras se observa una alta penetración de la corrosión.

Este fenómeno observado en el campo ha generado un gran interrogante ya que este tipo de material (AISI 316L) debería mostrar una alta resistencia a la corrosión. Para el caso de las compuertas las formaciones de óxido no solo se están presentando en los cordones de soldaduras sino también en varias partes de la superficie.

Estos defectos han empezado a generar malestar en la obra dado que no debería estar ocurriendo esto, ya que una película de óxido de cromo es lo que se debe estar presentando debido a sus propiedades (CEDINOX, 2013) siempre y cuando se cuente con un material de alta calidad y debidamente procesado.

A la fecha se han realizado investigaciones a fondo del problema, así como se analizaron los certificados de calidad de las compuertas para así comprobar su veracidad. Adicionalmente se propuso un procedimiento detallado para eliminar la oxidación; esto incluye las pruebas con químicos como geles decapantes para la eliminación de óxidos y que a la vez pasiven el material.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables son aceros que contienen un mínimo de 10,5% de cromo y un máximo de 1,2% de carbono (en algunos casos supera el 2% pero este valor es el contenido limite habitual que separa el acero de la fundición). El contenido mínimo de cromo permite la formación de una capa auto protectora muy fina de óxido de cromo, que lo hace resistente a la corrosión en la atmósfera a la temperatura ambiente o en una solución que dé lugar a condiciones de ataque electroquímico (es el caso de las armaduras embebidas en el hormigón). La capa pasiva de óxido se regenera espontáneamente si resulta dañada.

Un acero inoxidable con solo cromo como aleación puede ser susceptible de corrosión localizada, especialmente en ambientes con cloruros, por lo que algunos tipos de aceros inoxidables contienen además otros elementos aleantes. El principal es el níquel, y otros son el molibdeno, el manganeso, el titanio, el niobio, el nitrógeno y el cobre.

El níquel es un aleante que representa un costo económico importante y que viene presentando grandes fluctuaciones en el precio de mercado desde mediados de 2006. Los aceros inoxidables se subdividen en dos grandes grupos según el contenido de dicho aleante, los de bajo contenido en níquel, si tienen menos del 2,5%, y el resto de los aceros inoxidables.

El molibdeno es el otro elemento aleante, junto con el níquel, cuyo precio también es elevado y sufre fuertes fluctuaciones, aunque su porcentaje en la composición final del acero inoxidable no suele superar el 3%, por lo que no es tan determinante en el precio final. Sin embargo, en los últimos años, se están desarrollando aceros inoxidables con bajo contenido en ambos aleantes, conocidos como aceros de baja aleación.

La resistencia de los aceros inoxidables es debido a la formación espontanea de una capa de óxido de cromo en la superficie del acero, película extremadamente fina, visible, densa y estable denominada capa pasiva siendo además una capa protectora en una amplia gama de medios corrosivo. Dicha película es rápidamente restaurada en presencia del oxígeno, cuando sufren daños por abrasión, corte, etc.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.2 Clasificación de los aceros inoxidables

Los aceros inoxidables son los más ampliamente utilizados, debido a que hay una gran variedad de estos aceros, su vasta gama junto a sus propiedades son muy deseables ya que pueden ser utilizados en muchas aplicaciones diferentes.

No es de sorprender que se haya llevado a cabo una investigación considerable para definir su microestructura y propiedades.

A diferencia de otros sistemas de materiales, donde la clasificación en lo general por la composición, Los aceros inoxidables se clasifican en función de la fase metalúrgica (o fases), la cual es predominante. Las tres fases posibles en los aceros inoxidables son martensita, ferrita y austenita y los aceros inoxidables dúplex.

#### 3.2.1 Austeníticos

Los aceros inoxidables austeníticos representan el mayor de los grupos generales de los aceros inoxidables y se producen en cantidades de más altos que cualquier otro grupo. Tienen buena resistencia a la corrosión en la mayoría de los entornos. Los aceros inoxidables austeníticos tienen fortalezas equivalentes a las de los aceros suaves, aproximadamente 210MPa (30ksi) límite elástico mínimo a temperatura ambiente, y no son de transformación endurecibles. Propiedades de impacto a baja temperatura son buenas para estas aleaciones, haciéndolos útiles en aplicaciones criogénicas. Las temperaturas de uso pueden ser de hasta 760 ° C (1400 ° F) o incluso más altas, pero la fuerza y la resistencia a la oxidación de la mayoría de estos aceros se limitan a esas altas temperaturas. Los aceros inoxidables austeníticos se pueden reforzar significativamente por trabajo en frío. A menudo se utilizan en aplicaciones que requieren buena resistencia a la corrosión atmosférica o temperatura elevada. Por lo general, se considera que son soldables, si se toman las precauciones adecuadas.

Los elementos que promueven la formación de austenita, especialmente níquel, se añaden a estos aceros en grandes cantidades (generalmente más de 8% en peso). Otros elementos de austenita promotoras son C, N, y Cu.

Aunque hay una amplia variedad de aceros inoxidables austeníticos, las aleaciones de la serie 300 son los más antiguos y más comúnmente utilizado. La mayoría de estas aleaciones se basan en el sistema de 18Cr-8Ni, con elementos o modificaciones para proporcionar aleaciones adicionales, propiedades únicas o mejoradas. Tipo 304 junto con

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

304L, representa el grado austenítico más comúnmente seleccionado. Tipo 316 sustitutos de aproximadamente el 2% Mo para una cantidad casi igual de Cr para mejorar la resistencia a la corrosión por picaduras. Los grados L como él (304L, 316L) son ampliamente usados donde el ataque por corrosión intergranular bajo tensión es una preocupación. (John C. Lippold, 2005).

### 3.2.2 Ferríticos

Los aceros inoxidable ferríticos son los más simples ya que contienen solamente hierro y cromo, el contenido de cromo puede variar de 10,5% a 30%. El contenido de carbono en estos aceros es mucho menor que en los martensíticos con el fin de obtener una estructura totalmente ferrítica.

Los aceros inoxidable ferríticos también son magnéticos, tienen una buena ductilidad y son resistentes a la corrosión y oxidación a temperaturas elevadas. El acero inoxidable AISI 430 es el más representativo de este grupo ya que contiene de 10% a 18% de cromo y un máximo de 0.12% de carbono.

Los aceros inoxidable ferríticos pueden ser utilizados en tubos de escape de automóviles, tanques de radiadores, adornos decorativos, partes de hornos boquillas y cámaras de combustión. (Mauricio Ibarra & Huerta, 2010)

### 3.2.3 Martensíticos

Son aleaciones que atraviesan el campo gamma del diagrama de equilibrio Cr-Fe debido a lo cual pueden austenizarse y templarse. Pueden estar aleados con pequeñas cantidades de otros elementos. Son ferríticos en estado de recocido pero martensíticos con un enfriamiento más rápido ya sea en aire o en un medio líquido desde una temperatura superior a la crítica.

Fueron los primeros aceros inoxidable desarrollados comercialmente (como cuchillería) y tienen contenido relativamente alto del carbono (0,1 - 1,2%) comparado a otros aceros inoxidable. Aceros de este grupo en general no contienen más de 14% de Cr – excepto los tipos 440 A, B, y C que contienen 16-18%Cr y una cantidad de Carbono suficiente para producir el endurecimiento. Junto con la clase de aceros inoxidable Ferríticos comparten la denominada serie AISI 400. En contraste con los aceros inoxidable auténticos, no contienen níquel como elemento de aleación. Algunos ejemplos son aceros tipo AISI 410, 416, 420, 431, 501 y 502. (Mauricio Ibarra & Huerta, 2010).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.2.4 Dúplex.

Son aleaciones base hierro con Cr, Mo y una cantidad de estabilizadores de la Austenita como Ni y N para lograr el balance deseado entre las fases ferríticas y austeníticas de donde deriva su denominación dúplex. El nitrógeno aumenta el límite de fluencia y reduce la velocidad de la formación de compuestos intermetálicos frágiles. El molibdeno mejora la resistencia a la corrosión por picadura y rendija.

Los aceros inoxidable dúplex combinan algunas de las mejores características de los aceros inoxidable austeníticos y ferríticos. La Austenita proporciona ductilidad y la Ferrita resistencia al SCC. Debido al balance existente entre estas dos fases, presentan ventajas en severas condiciones de temperatura y contenido de cloruros, donde los Inoxidables austeníticos sufren SCC, picaduras y rendijas.

El contenido típico de Ferrita de estos aceros va entre un 40 y 60%. Contienen Cr relativamente alto (entre 18 y 28%) para mantener la resistencia a la corrosión de los aceros Austeníticos y cantidades moderadas de Ni (entre 4.5 y 8%) para aumentar el contenido de Ferrita y así aumentar la resistencia a SCC en medios con cloruros a alta temperatura. (Mauricio Ibarra & Huerta, 2010)

### 3.3 Tipos de corrosión en los aceros inoxidable

Cuando los aceros Inoxidables sufren corrosión, generalmente no es uniforme como en el caso de los aceros al carbono, sino localizada. Debido a ello no puede prevenirse con espesores adicionales, sino que debe evitarse la corrosión misma por medio de un conocimiento profundo del medio corrosivo y del acero utilizado. Los aceros inoxidable no son atacados por el ácido nítrico u otros ácidos oxidantes, que facilitan la formación de la película protectora. Por otra parte, en general, estos aceros no resisten la presencia de ácidos reductores como el ácido clorhídrico o fluorhídrico, y son atacados por las sales de ellos (cloruros, fluoruros, bromuros y yoduros).

#### 3.3.1 corrosión intergranular

Este tipo de corrosión ataca generalmente a los aceros del tipo 18/8 (serie300), que se exponen a temperaturas entre 430 a 870°C, estas temperaturas se presentan en las proximidades de las zonas soldadas. Se forman carburos de cromo en los límites de los cristales de Austenita, empobreciendo la zona adyacente de este elemento (cromo) y quedando de esta forma expuesto a la corrosión. Una forma de evitar la corrosión intergranular es usar aceros de bajo contenido de carbono (tipo L), y cuando las condiciones de temperatura son aún más severas se debe usar aceros estabilizados.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### **3.3.2 corrosión por picadura**

Las picaduras son una forma localizada de ataque corrosivo. Se caracteriza por la formación de agujeros en el metal. Estos agujeros pueden ser pequeños y difíciles de detectar visualmente debido a la corrosión general. El pitting se asocia con discontinuidades localizadas del film de pasivación. La sensibilidad al pitting aumenta con condiciones extremas de agentes corrosivos, imperfecciones mecánicas, tales como partículas extrañas, daño en la superficie del material, o por fallas en la película de óxido de cromo. El fenómeno ocurre cuando se rompe la capa pasivante y hay un ataque muy localizado. Algunos métodos para reducir los efectos de la corrosión por picaduras son: reducir la agresividad del ambiente y utilizar materiales resistentes a las picaduras. Es posible prevenir o retardar este efecto, usando aceros con contenido de Molibdeno, como el 316.

### **3.3.3 corrosión galvánica**

Todos los aceros inoxidables son susceptibles a este tipo de corrosión. Se produce por el contacto de dos metales de distinto potencial de oxidación que están en contacto en un medio corrosivo. Como un metal altamente resistente a la corrosión, el acero inoxidable puede actuar como cátodo cuando está en contacto con material menos noble, generándose un fenómeno electrolítico que daña la superficie del acero inoxidable.

### **3.3.4 corrosión bajo tensión**

La corrosión bajo tensiones corresponde a una falla de material, la cual es originada por la presencia simultánea de un ambiente adecuado, un material susceptible, y la presencia de tensiones. La temperatura es un factor ambiental significativo que afecta el agrietamiento. La tensión umbral está frecuentemente por debajo del punto de fluencia del material. Una falla catastrófica puede ocurrir sin deformación significativa o el deterioro visible del componente. La soldadura genera gradientes de temperatura y así puede inducir tensiones residuales, lo cual en ciertos ambientes puede resultar en ruptura por corrosión bajo tensiones. Este tipo de corrosión es el menos frecuente, se trata de un tipo de corrosión transgranular, el cual es producido por tensiones generadas en el material, tales como tracción, deformación en frío, soldaduras, etc., ante la presencia de agentes químicos, principalmente compuestos clorados. Este tipo de corrosión se manifiesta por pequeñas fisuras en las zonas expuestas a tensión.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Algunos métodos para prevenir la corrosión bajo tensiones son: selección apropiada del material, remover la especie química que promueve el agrietamiento, cambiar el proceso de fabricación o diseñar adecuadamente para reducir las tensiones.

### **3.4. Operaciones de decapado y pasivado en aceros inoxidables**

El decapado es el proceso químico más común para quitar óxidos y contaminación de hierro. Además de eliminar la capa oxidada por un proceso de corrosión controlado, se eliminan también las zonas de menos resistencia a la corrosión como son las zonas de bajo contenido en cromo.

El decapado normalmente involucra una mezcla de ácidos que contienen ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), ácido hidrofúorídrico (HF) y, a veces, también ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Debido a la posibilidad de existencia de corrosión por picadura, se debe evitar los agentes que contienen ácido hidrocloreídrico (HCl).

EL Pasivado o descontaminación es un procedimiento que se lleva a cabo de manera similar al decapado. El agente pasivante, aplicado por inmersión o spray, endurece la capa pasiva. Debido a que el agente pasivante también elimina las partículas de hierro (impurezas), debe utilizarse después de las operaciones de limpiado mecánico u operaciones que involucren un riesgo por contaminación de hierro. Es por esta razón que este método puede denominarse también descontaminación.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

#### **4. OBJETIVOS**

##### **General**

Realizar el análisis de falla del problema de corrosión de las compuertas de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Bello y proponer una solución que elimine el problema que se está presentando con estas estructuras utilizando como base investigaciones realizadas por otros autores y pruebas o ensayos a realizar en las compuertas de la obra.

##### **Específicos**

- Identificar las evidencias de corrosión en las compuertas de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Bello con el fin de encontrar el origen del problema.
- Analizar la información disponible y realizar pruebas sobre los materiales de las compuertas con el fin de obtener información sobre los procesos de manufactura, almacenamiento y manipulación que podrían afectar la resistencia a la corrosión de los elementos mecánicos.
- Proponer posibles soluciones al problema encontrado por medio de procedimientos de pasivación o modificación a los procesos de manufactura, almacenamiento y manipulación de las compuertas.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **5. METODOLOGIA**

Para la descripción, la investigación y posibles soluciones de este proyecto se realizaron las etapas que se describen a continuación.

### **5.1 Revisión bibliográfica**

Inicialmente se abordaron libros, artículos de revistas que se encontraron en bases de datos como un punto de partida para la investigación. Basados en casos reales reportados en la literatura que se tomaron como ejemplo, mencionando también que este tipo de consultas fue una profundización más al conocimiento técnico relacionado con esta clase de materiales.

### **5.2 Inspección de fallas en campo y análisis de la información**

Se realizaron análisis a través de inspecciones visuales las fallas presentes en gran parte de las estructuras, determinando cantidad de compuertas afectadas, áreas o superficies con la anomalía, características de la oxidación; color, formas, penetración del material y/o estado de avance de la corrosión. Por medio de estas observaciones se elaboraron hipótesis de las causas de la falla estructural del acero inoxidable.

Una vez realizada la inspección, se inicia estudio detallado, analizando los procesos y certificados de calidad del material, de esta forma se pudo verificar si los procedimientos para la conformación o unión del material fueron las adecuadas.

Teniendo como base los análisis en campo y tras haber detallado la información pertinente por parte del material se postulan posibles hipótesis en la corrosión del material.

### **5.3 Pruebas y análisis de laboratorios**

Se realizó una inspección de las superficies falladas por medio de microscopio portátil digital referencia Celestron (HDM). Se realizaron pruebas como la microscopía electrónica de barrido la cual consiste en analizar la morfología del material y a su vez la composición química de la corrosión. Siendo estas las pruebas principales que determinarían las fallas en las estructuras.

Se utilizó un microscopio electrónico de barrido JEOL 7100 F con el fin de examinar las evidencias de corrosión con mayor resolución.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

#### **5.4 Procedimiento para el decapado y pasivado del material**

Ya con los resultados arrojados debido a las pruebas ejecutadas, se diseñó un procedimiento para intervenir las estructuras. Teniendo en cuenta las consultas investigadas y las derivaciones arrojadas del análisis final, se seleccionó uno de los cordones de soldadura oxidados, se removió inicialmente la imperfección con cepillo de alambre de acero inoxidable, seguidamente se aplica ácido nítrico HNO<sub>3</sub> al del (10 al 12) %, se deja durante 15 minutos una vez transcurrido el tiempo se enjuaga con agua, se seca y finalmente enjuaga con agua des ionizada. Después de terminado el proceso se seca y se deja a dos días a la espera de posibles resultados.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

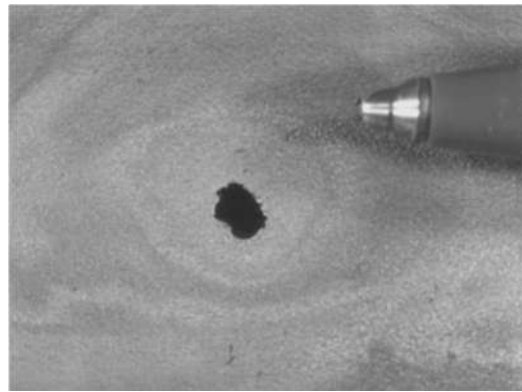
## 6. RESULTADOS Y DISCUIONES

### 6.1 Revisión bibliográfica

Al realizar una revisión en libros científicos y artículos de revistas conocidas se pudo observar similitudes en casos ocurridos y levemente descritos con el citado en nuestro problema. Se hacen comparaciones superficiales de la corrosión en nuestra estructura con imágenes divulgadas en consultas bibliográficas, e incluso al realizar observaciones se determinan similitudes en el tipo de fallas sobre los aceros inoxidable austenítico en estudio.

En la figura 1 se pueden apreciar fallas de corrosión por parte de aceros inoxidable austeníticos similares a las observadas en las pruebas de campo. La figura 1a muestra una parte superficial de la compuerta estructural que se usa para la retención de aguas depuradas y la 1b fallas en el interior de una tubería; imagen extraída de los problemas bibliográficos del libro HANDBOOK Volumen 11. Al analizar los detalles se puede observar corrosión localizada en las dos estructuras; puntos discontinuos de corrosión esparcidos por toda el área superficial. Es también importante mencionar que estas anomalías presentan penetración en el material con diámetros alrededor de 3 a 5 mm aproximadamente. Al realizar un análisis sobre este problema se determina la incoherencia sobre el comportamiento de este tipo de material ya que su principal característica es su alta resistencia a la corrosión; debido a su alto contenido de cromo, bajo contenido de carbono y presencia considerable de níquel, molibdeno lo cual lo convierte en un acero muy estable a todo tipo de ataques electroquímicos. (Padilla, 1999) Este tipo de corrosión puede ser clasificado como corrosión por picaduras el cual consiste en un ataque localizado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



- a. Imagen tomada de las fallas producidas en las compuertas. PTAR Bello.
- b. Fotografía del interior de un tubo de acero inoxidable; base de datos ASM Handbook Volumen 11

Figura 1. Comparación entre puntos de corrosión en superficies en aceros inoxidables.

En la figura 2 se puede observar dos imágenes las cuales muestran corrosión en los cordones de soldadura, en la figura 2a se puede apreciar una probeta o platina la cual fue sometida a presencia de cloruros de sodio después de ser soldada. En la 2b se visualiza una compuerta instalada en la PTAR y esta posee corrosión en los cordones de soldadura de la estructura. Este fenómeno presenta en la zona adyacente a la soldadura una termocoloración en ambas imágenes a su vez al realizar la similitud entre a y b se detalla que el tono de corrosión es similar a un café oscuro, teniendo en cuenta que la imagen b adquirió una corrosión más avanzada ya que se evidencia penetración de material.

Al realizar análisis y consultas se pudo encontrar en bases de datos que los procesos de soldadura en estos materiales son propensos a estos fenómenos debido a que se reconoce que del 15 al 25% de deformación remanente se puede introducir en la zona afectada por el calor cerca de las líneas de fusión durante la soldadura de acero inoxidable austeníticos. (Donghai Dua & Xiuqiang Shib, 2016). Este comportamiento similar se observó en la estructura en las zonas de los ángulos presentes en las compuertas como se mostrará posteriormente.

Por otro lado, cuando estos aceros están sometidos a procesos de soldadura se produce precipitación de carburos y son sensibles a proceso de corrosión en borde de grano (E. Quezada & L. Angelats, 2006). Este fenómeno permite explicar porque existe una corrosión localizada que se hace más evidente en los cordones de soldadura y en las zonas adyacentes a los cordones que fueron sometidas a procesos térmicos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



a. Fotografía de una probeta oxidada sometida a cámara salina



b. Imagen tomada en una compuerta instalada en la PTAR Bello

Figura 2. Corrosión en soldaduras presentes en aceros inoxidables 316l.

Igualmente al revisar la literatura se encontró que existen varios casos de fallas por corrosión de aceros inoxidables del tipo AISI 316L. Por ejemplo en el caso del trabajo de Artigas y colaboradores, encontraron que la concentración de iones cloruro puede generar corrosión en este tipo de aceros. Este resultado es importante para este trabajo puesto que en las compuertas observadas en campo se observó corrosión localizada lo cual puede implicar que la corrosión de las compuertas puede estar asociada a la presencia de iones cloruro en la zona cercana a la obra.

Incluso se conoce que este tipo de aceros inoxidables no es inmune a las picaduras por corrosión cuando está en presencia de la acción corrosiva de microorganismos BSR (bacterias sulfato reductoras) (D.A. Moreno & Molina., 2011); es decir las condiciones de anaerobiosis y la presencia de sulfuro por las BSR interrumpe la película pasiva formada por el acero, generando una corrosión localizada con las típicas picaduras (Yelitza Figueroa de Gil & Jose L. Print, 2008) o al estar expuestos a medios altamente agresivos que contienen iones ofensivos siendo el cloruro la causa principal de la mayoría de los casos. (Z.H. Jina & Y.W. Zongb, 2014) Por mencionar uno de estos, la corrosión que se presentó por picadura en los reactores para el procesamiento de champú; debido a la presencia cercana de iones de cloruro. (A. Artigas & Monsalve., 2009).ver figura 3.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



a.



b.

Figura 3. Picadura sobre superficies internas de los tanques de acero inoxidable 316L.

## 6.2 Inspección de fallas en campo y análisis de la información

### 6.2.1 Análisis de superficies falladas

Con las consultas previas realizadas en las bases de datos en las cuales se pudo verificar las similitudes de los problemas presentados asociados a los mismos tipos de aleaciones se puede determinar y llegar al análisis de las causas de las fallas, también es importante determinar según las consultas que el contenido y la micro estructura de las aleaciones juegan un papel importante en la determinación de la resistencia a la corrosión del acero (Z.H. Jina & Y.W. Zongb, 2014). Es así como para analizar nuestro problema determinaremos una variedad de factores, tales como las morfologías de superficies.

De esta forma podemos realizar una clasificación de los posibles tipos o causantes de falla en nuestras estructuras que se han reportado previamente en la literatura

- Presencia de iones de cloruro en el área: en la literatura se han reportado pruebas realizadas sobre este tipo de materiales, la cual se ha evidenciado que a cierta cantidad considerable de concentración de cloruros que unido al efecto de la temperatura podría provocar un aumento considerable de la velocidad de corrosión, e incluso casos reales reportados con presencia de pitting en la estructura se ha debido a la ruptura pasiva por presencia de niveles de cloruro. (Freeman, 2002).
- Mal procedimiento al momento de aplicar la soldadura; debido a las altas temperaturas o las partículas circundantes en el proceso: Este tipo de actividades puede producir anomalías en los materiales austeníticos puesto que la entrada de calor obtenida por causa de estos ciclos térmicos produce modificaciones microestructurales afectando la zona adyacente (Miguel Olmos Molinares, 2014). Otros estudios señalan que cuando estos aceros están sometidos por algún tiempo a

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

temperaturas entre 450 y 850°C, los aceros inoxidable austeníticos muestran precipitación de carburos de cromo en los contornos de granos, a este proceso se le llama sensibilización, lo cual resulta en la disminución del contenido de cromo en las regiones vecinas a los bordes de grano, viéndose su resistencia a la corrosión drásticamente comprometida tornando el material susceptible a la corrosión por picaduras e intergranular en ciertos medios (Carlos José Rodríguez & Prin, 2013).

- Contaminación por parte de otros materiales más nobles que generan contacto en la capa pasiva del acero inoxidable; Corrosión galvánica, esta produce el deterioro rápido del material (miembro anódico) en forma de corrosión general o localizada, en función de la naturaleza de los materiales metálicos que intervienen sus películas superficiales y configuración (Finšgar, 2012)
- Presencia de micro bacterias como las sulfato reductoras este tipo de microorganismo produce corrosión en los materiales AISI 316l ; es decir estos agentes interrumpen la película pasiva formada sobre el acero, generando una corrosión localizada con las típicas picaduras (Yelitza Figueroa de Gil & Jose L. Print, 2008)
- Contaminación por presencia de partículas de acero o hierro en la superficie: citar el artículo que muestra la corrosión por uso de cepillos contaminados.

### **6.2.2 Análisis de la información.**

Para el análisis del proceso de manufactura mediante soldadura, se evaluó la composición química de la soldadura mediante el diagrama de Schaeffler. En este diagrama se graficaron los puntos de composición para así determinar la presencia de las fases austeníticas, ferríticas y martensíticas en el proceso de soldadura y poder analizar si la composición química del aporte fue el adecuado.

La comprensión en este tipo de diagrama es necesaria debido a que las compuertas de acero inoxidable presentan cordones de soldadura oxidados, por lo cual se realizan consultas y pruebas para determinar el tipo de contaminación o si la selección del material de aporte de soldadura no fue el más adecuado.

Adicionalmente, un mal procedimiento de soldadura, especialmente con mala protección de gas puede producir una variación en el espesor del óxido de pasivación. La variación en la oxidación resultara en un gradiente de agotamiento en el grado del cromo adyacente en la soldadura de acero inoxidable. Este de comportamiento provocara tendencia a corrosión localizada. (A. Wahid, 1993). En síntesis los problemas de corrosión asociados con la soldadura de los aceros inoxidable austeníticos suelen localizarse en la zona

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

afectada por el calor. (Gutierrez, 2014). E incluso en estas áreas Pueden ocurrir las siguientes reacciones en las aleaciones austeníticas; crecimiento de grano, formación de ferrita, precipitación, licuefacción de límite de grano. (Carvajal, 2006).

### **6.2.3 Análisis de fabricación de soldadura**

Para realizar los procesos de soldadura y la selección del material de aporte en las compuertas de acero inoxidable, se tomaron en consideración varios factores; los tipos de metales bases que conforman la estructura, la compatibilidad entre el metal de soldadura y los metales bases seleccionados, el tipo de entorno en cual va a trabajar las compuertas. Estos parámetros fueron seleccionados por parte del proveedor de las compuertas y en este trabajo se realizó una verificación de la información.

Debido a estas condiciones el proveedor utilizó un procedimiento de soldadura (WPS, especificación del procedimiento de soldadura) en este documento relacionó las variables a considerar en la realización de la soldadura, calificando el proceso y el procedimiento efectuado por el soldador. Toda esta información es apoyada en un PQR (registro de calificación de procedimiento). Esta información es anexada en los certificados de calidad donde se puede apreciar el cumplimiento y la inspección de estos procesos.

En el WPS se puede observar el tipo y grado del material base de la estructura el cual es ASME SA-240 TP316L. Al ser austenítico este posee una buena expansión térmica, una mayor resistencia eléctrica, una conductividad térmica menor, al igual que su punto de fusión; esto comparándolo con los aceros al carbono convencionales.

Debido a estos factores ellos utilizaron el método de soldadura GMAW semiautomático, a través del modo de transferencia en SPRAY, esto con el objetivo de mejorar la penetración y la velocidad de soldadura. El material de aporte aplicado para este proceso fue el ER 316LSi y debido a que son placas estructurales se decide realizar juntas en “V”.

Para entrar más en detalle sobre el proceso de soldadura aplicado para unir estas estructuras. Se puede apreciar características como: la mezcla del gas utilizada 98% de argón y 2% de dióxido de carbono aun caudal de 12L/min, la posición aplicada 1G y las temperaturas para el proceso de soldadura menores a 175 °C por pasada.

En las tablas siguientes se muestra la composición química real del material base y el elemento de aporte extraídos de los certificados de calidad de las compuertas. Esta información es mostrada con el fin de apreciar los elementos que componen la estructura



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

para así poder graficar en el diagrama de Schaeffler y deducir si el material de aporte fue el más adecuado. La tabla 1 muestra la composición química del material base extraída de los certificados de calidad que se observan en el anexo 1, mientras que La tabla 2 muestra la composición química del metal depositado el cual fue suministrado igual por los certificados de calidad presentes en los anexos.

Tabla 1. Composición química del metal base %. Fuente WPS

C	Cr	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si
0,017	16,580	1,318	2,019	0,044	10,075	0,031	0,002	0,358

Tabla 2. Composición química del metal depositado %. Fuente WPS

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
0,02	0.8	1,8	0,02	0,01	18,2	12,2	2,5

#### DIAGRAMA DE SCHAEFFLER

Níquel equivalente=  $\%Ni + 0.5\%Mn + 30\%C$

Cromo equivalente=  $\%Cr + \% Mo + 1.5\%Si + 0.5Nb + 2\%Ti$

Cálculos iniciales según la fórmula para graficar los puntos en el diagrama de Schaeffler y realizar deducciones.

Para metal base

Níquel equivalente= 11.244

Cromo equivalente=21.636

Metal depositado

Níquel equivalente=13.7

Cromo equivalente=24.4

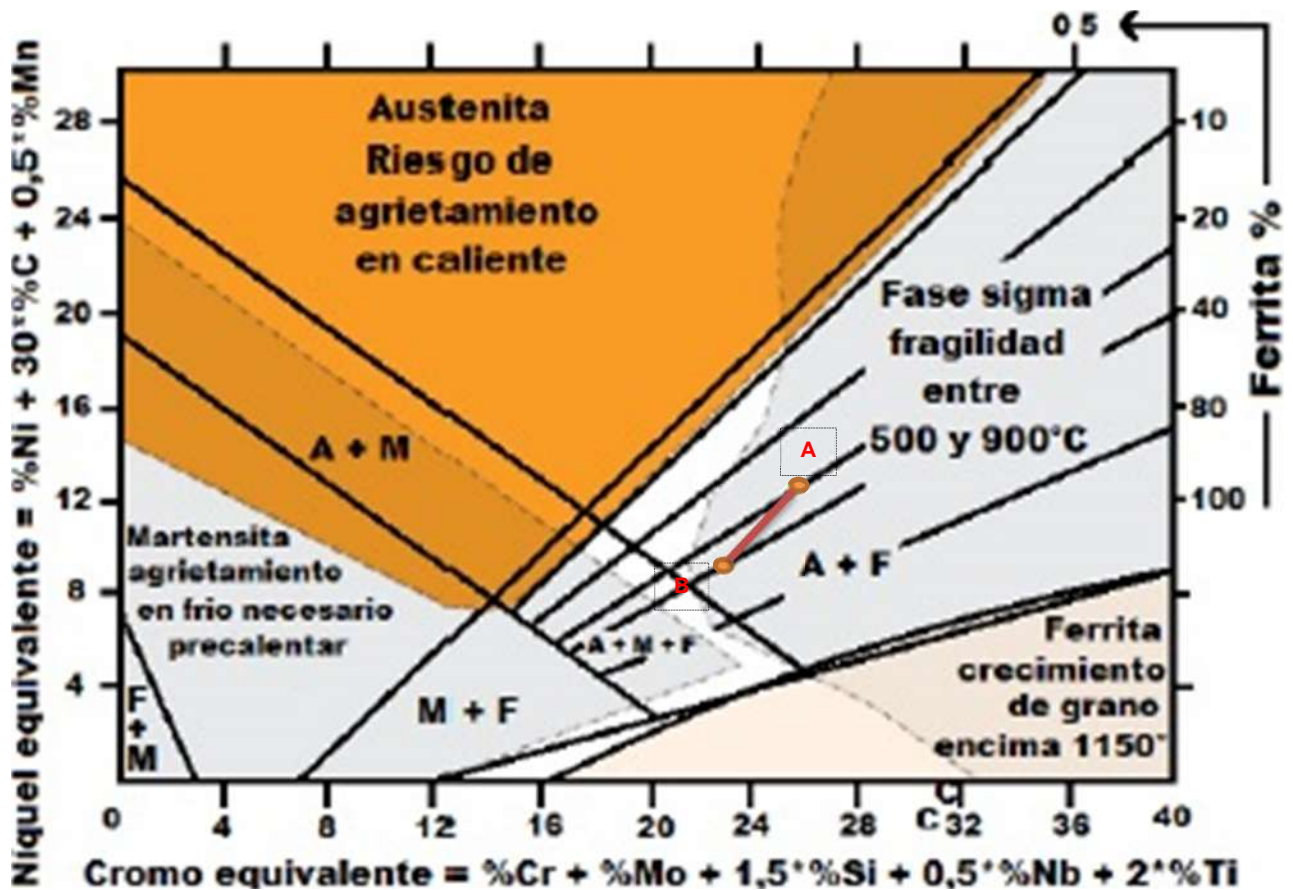


Figura 4. Diagrama de Schaeffler.

a continuación se presenta el metal base SA-240 TP316L por el punto B (cromo equivalente 21.636%, níquel equivalente 11.244%) y el material de aporte ER 316LSi por el punto A (cromo equivalente 24.4%, níquel equivalente 13.7%). Cualquier metal que resulte de la mezcla A y B estará en la recta que los une. A pesar de que tenemos un aporte austenítico con mayor resistencia al soldarlo se cambia la microestructura por una mezcla de ferrita y austenita esto es favorable debido a que cierta cantidad de ferrita tiene efectos muy positivos para evitar el agrietamiento en caliente, además, supone una mejora en las propiedades mecánicas del metal de soldadura.

Sin embargo, supone una menor resistencia a la corrosión en medios ácidos oxidantes en caliente y puede permitir la aparición de la fase sigma. Por lo tanto, el control del contenido en ferrita resulta básico. Cuando no sea necesario un cordón austenítico puro es conveniente un porcentaje en ferrita entre el 5 % y el 10 % y esto se puede conseguir mediante el control del material y del proceso de soldeo (Tomás H. Fernández & Dayanis Alcántara, 2016)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El propósito de graficar los puntos entre el base y el aporte era determinar si la selección del material de aporte tuvo alguna implicación al momento o fue la causa que genero la falla, puesto que es importante saber la composición química de los cordones de soldadura y verificar por medio del diagrama que tan acertada esta con respecto al base. Para el caso de la investigación no son muchas las diferencias, lo cual esta hipótesis queda descartada e incluso se elimina la idea de un par galvánico en esa área.

#### **6.2.4 Inspección en campo**

En la planta de tratamiento de aguas residuales que se está construyendo en Bello, se encuentran ya instaladas y almacenadas unas estructuras de acero inoxidable ASME SA-240 TP316L. Resulta que este tipo de compuertas como también se les conoce ha mostrado una series de reacciones químicas; se están oxidando ciertos puntos de la estructura y varios cordones de soldadura, lo cual en un acero con estas cualidades no es común; ya que en vez de generar un óxido de cromo debido a sus propiedades, se está generando un óxido de hierro. A continuación se describirá de forma más detallada el tipo de oxidación y corrosión que se está presentando, los lugares donde se es más visible y la apariencia o el tono de la oxidación.

En el cuerpo de la estructura se puede observar una línea uniforme de oxidación, el cual se repite en muchas de las compuertas. La longitud de oxidación se extiende por todo el cuerpo y esta medida varía según las cotas de las estructuras. En algunos puntos ya se puede apreciar como la reacción electroquímica está empezando a corroer el material; como si se tratase de corrosión por contacto. En las siguientes imágenes se pueden apreciar la muy fina línea de oxidación en el cuerpo de la compuerta.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

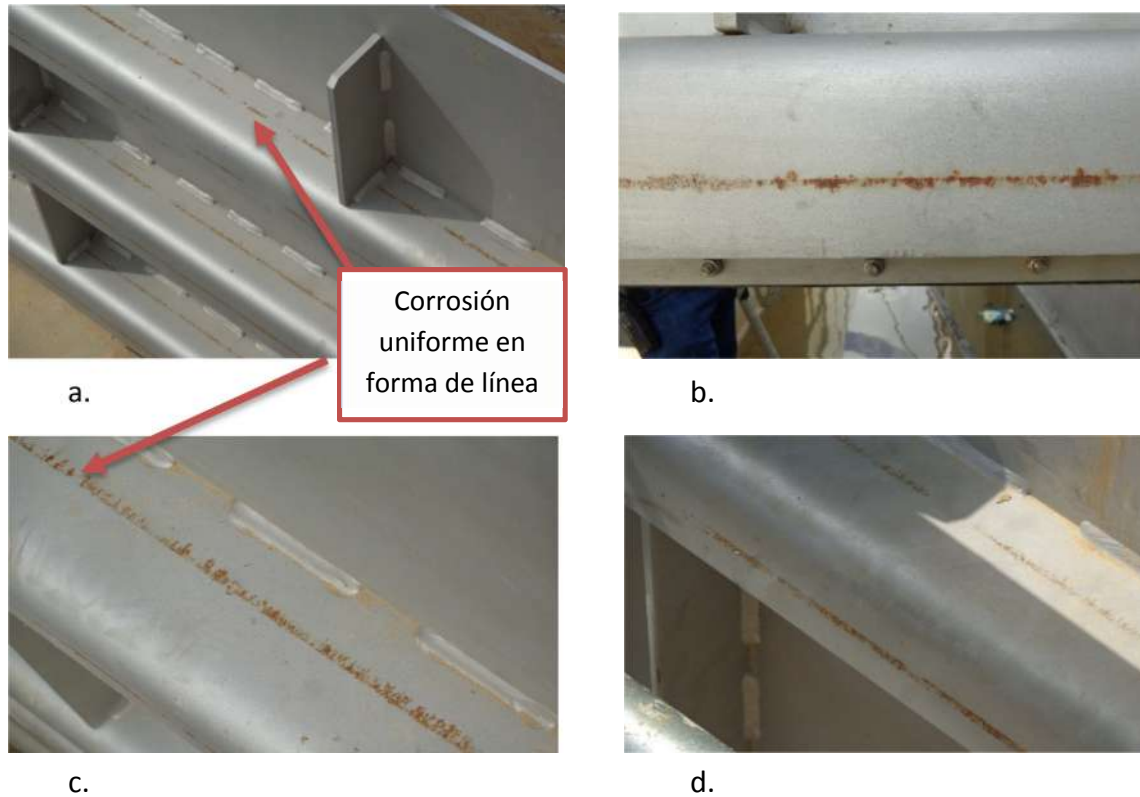


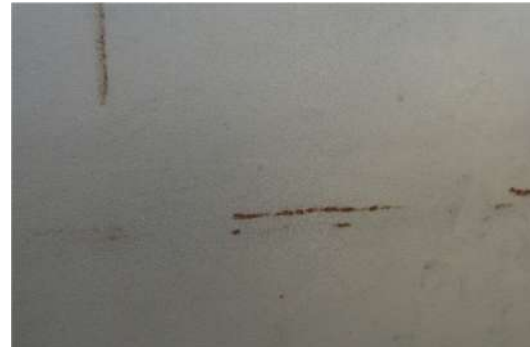
Figura 5. Línea de oxidación en el cuerpo de la compuerta.

En diferentes secciones de la compuerta es apreciable a simple vista oxidación por contaminación ya que se puede vislumbrar pequeños puntos y líneas cortas discontinuas de óxidos dispersos por diferentes partes de la estructura; tajadera, cuerpo, etc. En ciertos puntos se puede observar el óxido de un color rojizo, pero este aún no ha empezado a penetrar el material, la anomalía es superficial. Estos puntos son manchas discontinuas esparcidas, al igual que las líneas y no superan diámetros mayores a 20 mm.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



a.



b.



c.



d.

Figura 6. Puntos de oxidación discontinuos esparcidos por las compuertas.

Las estructuras instaladas en la planta presentan oxidación en sus cordones de soldadura, según la inspección realizada resulta por contaminación al realizar el proceso de soldadura. Todos los cordones de soldadura de estas 6 compuertas se encuentran oxidados en su totalidad. Hay ciertos cordones que presentan mayor grado de oxidación ya que están cubiertos por completo.

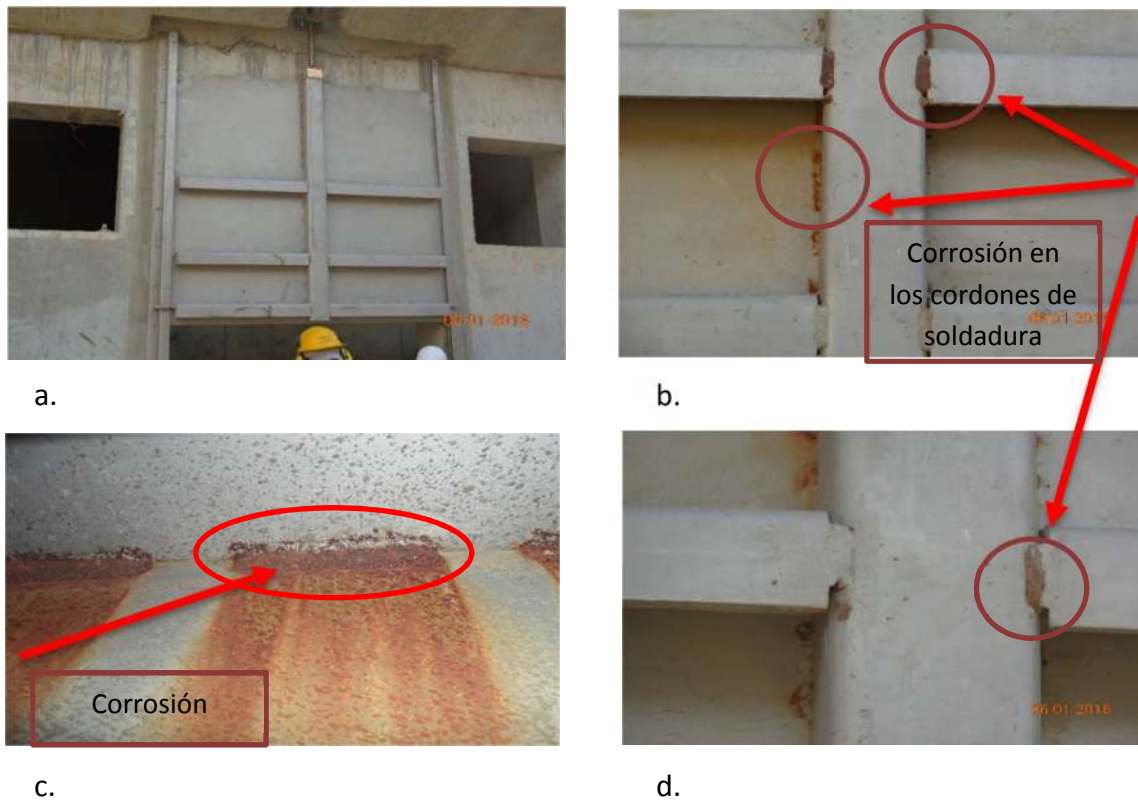


Figura 7. Cordones de soldadura oxidados.

En resumen las fallas presentadas en la inspección de campo son reportadas en la siguiente tabla, la cual nos da a conocer la cantidad total de áreas críticas, las superficies donde se presenta el problema, el tipo de corrosión presentada y posibles causas.

Ubicación de la falla	Tipo de falla	Observaciones	Posibles causas
Tajadera	Corrosión localizada en forma de picaduras	65/261 afectadas por la anomalía electroquímica.	Corrosión por causa de cloruros. Contaminación debido contacto con aceros al carbono o materiales más nobles. Presencia de micro bacterias en el área.
Perfiles tipo riel	Corrosión lineal uniforme	24 perfiles tipo riel con problemas de corrosión. Longitud de la línea uniforme	Contacto con material con alto índice de carbono al momento de hacer el conformado.



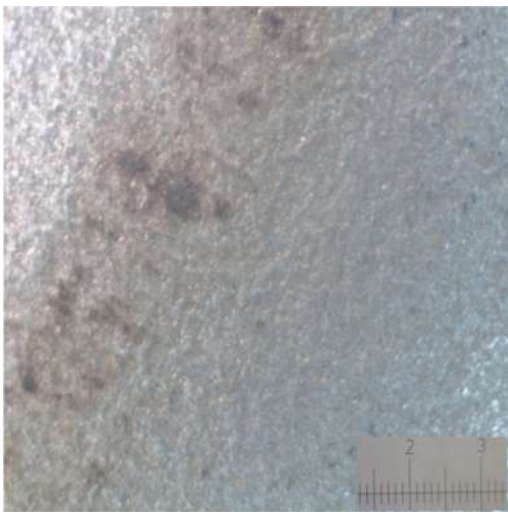
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

		aproximadamente entre (600 y 900)mm	Mal proceso de decapado y pasivado.
Soldaduras en la estructura principal	Oxidación general del cordón	26 cordones de soldadura oxidados. Longitud del cordón 50mm	Procedimiento inadecuado de soldadura. Mal proceso de decapado y pasivado.

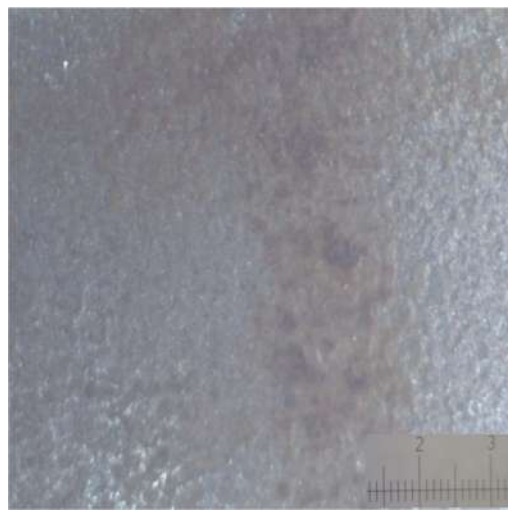
### 6.3 Pruebas y análisis de laboratorio

#### 6.3.1 Análisis a través de un microscopio portátil

En la figura 9 se puede apreciar dos imágenes tomadas por un microscopio portátil la cual presenta un detalle de la corrosión establecida en el área de las vigas parte que soportan el desplazamiento de las compuertas. En las fotos se puede observar un color de la corrosión muy tenue no muy avanzado ya que aún no hay penetración de material; siendo este muy superficial. Algo importante a destacar que llama la atención es el área donde se generó la anomalía, una línea muy uniforme de corrosión que se presentan en gran parte de las estructuras y en el mismo punto. Al parecer este tipo de fallas es muy común cuando hay un contacto directo de otro tipo de material como acero al carbono, al hacer el conformado de esta pieza con posibles dados o elementos de mecanizado de un material diferente al acero inoxidable pudo haber ocasionado la falla y más aún si no se decapa y pasiva el material adecuadamente.



a.



b.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 8. Imágenes tomadas por un microscopio portátil; corrosión en los soportes estructurales de la compuerta.

Es también importante mencionar que al realizar este tipo de acción mecánica como lo es el conformado de piezas hay una exposición más recurrente a la corrosión, debido a que este tipo de materiales poseen una película pasiva que evita tal falla; pero al realizar este tipo de acción hay rupturas de las películas pasivas en estas áreas produciendo dichas fallas. Además se ha demostrado que las áreas cóncavas y convexas son más propensas a sufrir corrosión localizada o pitting debido a su morfología (Shaoning Geng & Guo, 2015) un ejemplo claro se ilustra en la figura 10. Ataques de cloruros sobre estas áreas.

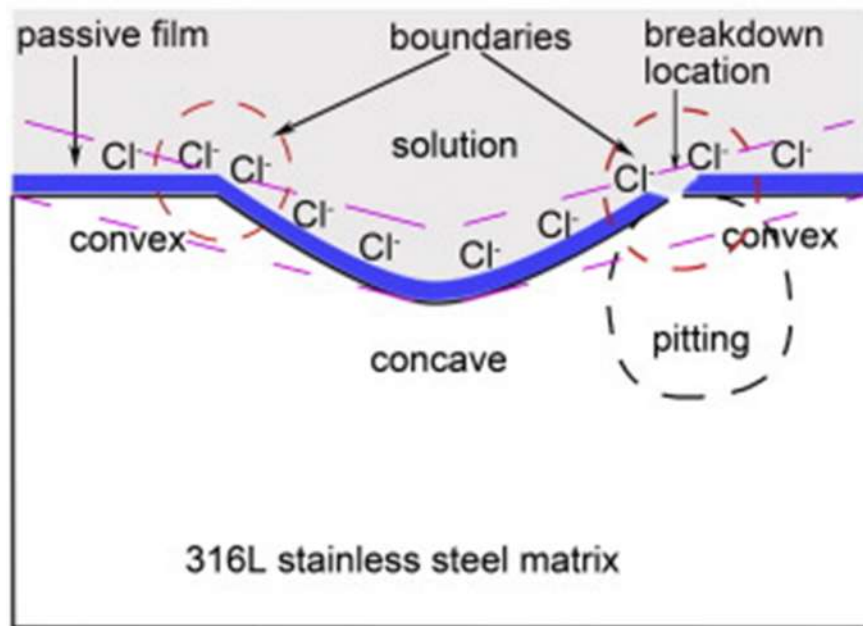


Figura 9. Ataque localizado de agentes de cloruros sobre las películas pasivas del acero inoxidable.

En la figura 11 se puede observar fotos tomadas por el microscopio portátil que evidencia corrosión localizada en 4 diferentes tajaderas de las compuertas. Al analizar más detalladamente esta corrosión se puede evidenciar a menor escala penetración de material no muy profunda pero si notable a través del dispositivo utilizado para ampliar la falla; este tipo de anomalía es muy recurrente en esta área de la compuerta y estos puntos están esparcidos por la zona afectada no superando diámetros de 5 mm. También se puede apreciar la falla como una corrosión tipo pitting. Durante la obra se evidenció un problema de almacenamiento de una estructura de acero al carbón el cual fue dejado al



lado de la estructura de acero inoxidable y pudo haber sido una de las principales causas que generaron las fallas en estas zonas por posible contacto. Lo cual derivó en una corrosión en un estado más avanzado por picaduras como se puede observar en la figura.

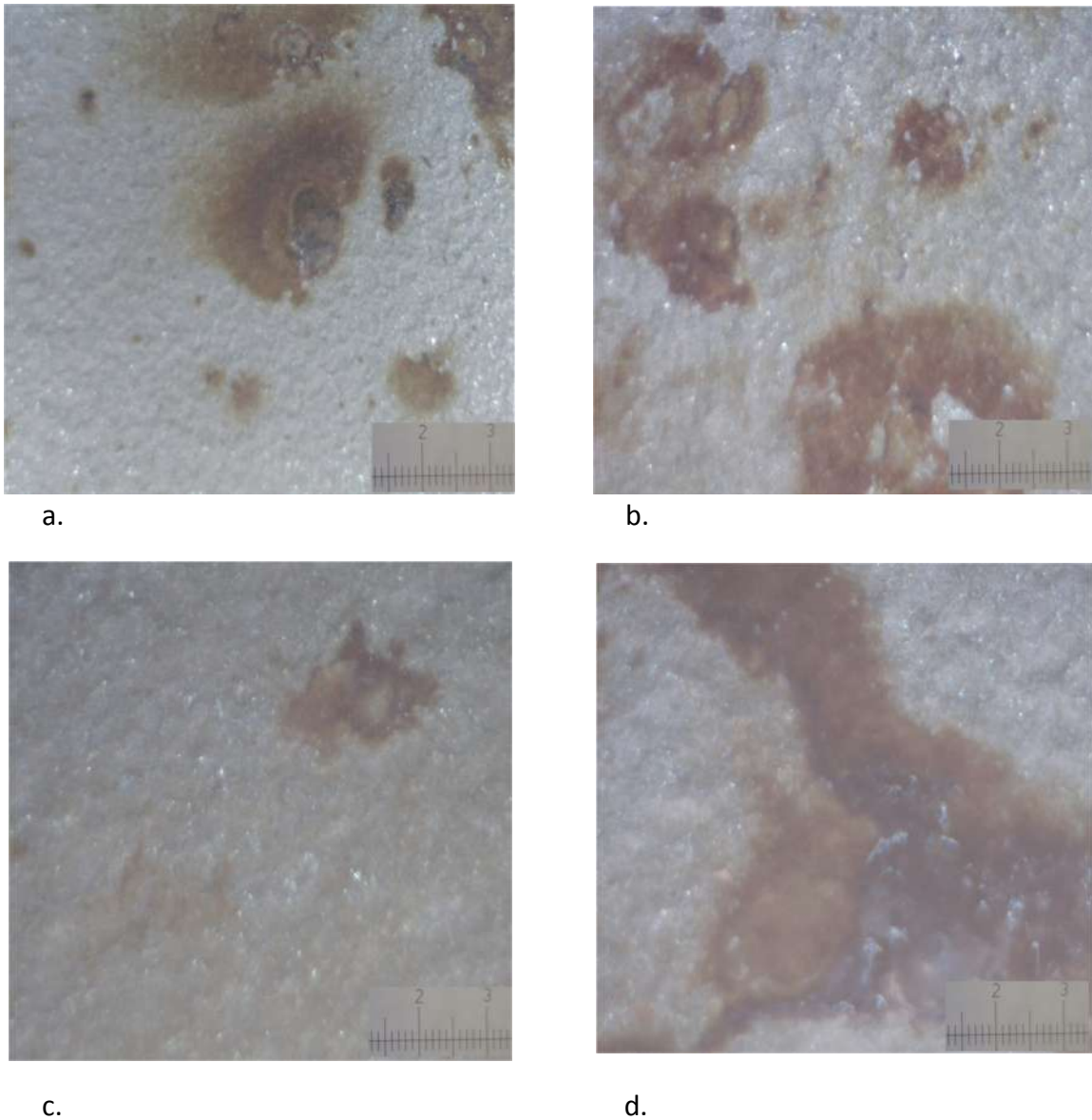


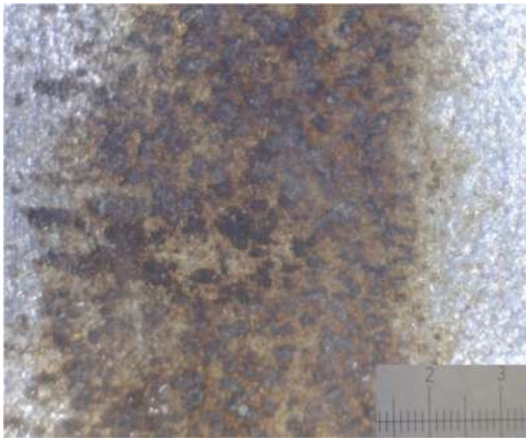
Figura 10. Imágenes tomadas por un microscopio portátil; corrosión localizada en las tajaderas de las compuertas.

En la figura 12 se puede apreciar imágenes tomadas por el microscopio portátil la cual presenta el zoom de la falla en los cordones de soldadura, se tomaron evidencias en varios

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

puntos soldados en la estructura. Es importante mencionar que las fallas por corrosión en los cordones de soldadura solo se presentan en ciertas compuertas y al realizar un análisis sobre consultas realizadas, se puede detallar que la falla real, es debido a presencia de hierro en los cordones, aparentemente pudo haber sido de un proceso de cepillado de acero o una contaminación el cual se ejecuta después de una actividad de soldadura. Esta falla se puede comparar con un problema investigado el cual presentó la misma característica puesto se utilizó cepillos de aceros y de esta forma se produjo una reacción de oxidación. Es importante saber que el acero inoxidable cuenta con una película de auto pasivación. Sin embargo, cuando el acero es atacado por la contaminación de partículas de hierro, la película no es capaz de recuperarse el cual genera una penetración y empieza a corroerse (ED CRAIG'S WeldReality.com, 1997).

Debido al gran avance de corrosión en esta área se decide en estos puntos realizar unas pruebas de decapado y pasivado; para así determinar sus posibles reacciones y de esta forma llegar posibles hipótesis de su verdadero proceso para la puesta de eliminación de la falla.

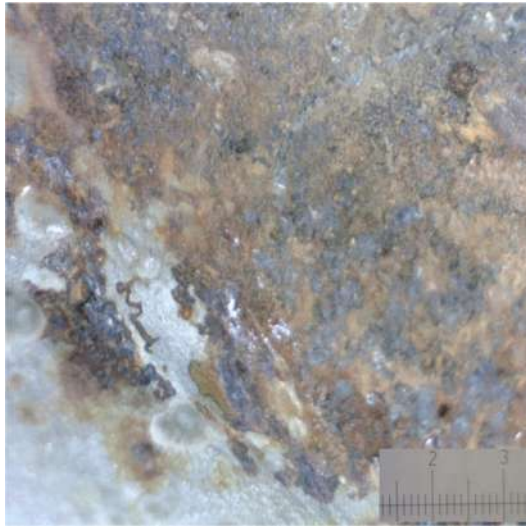


a.

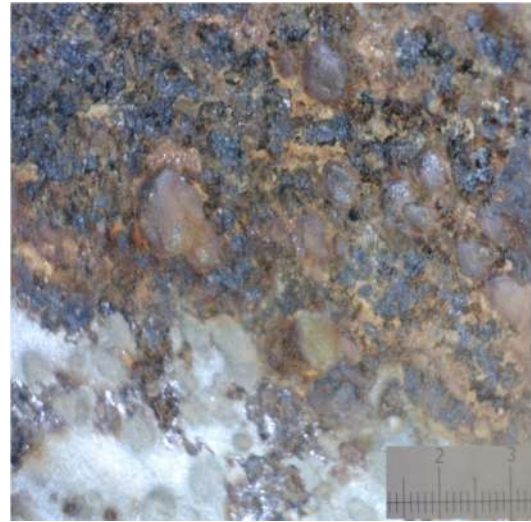


b.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



c.



d.

Figura 11. Imágenes tomadas por un microscopio portátil; corrosión en los cordones de soldadura de las compuertas. A b c y d

### 6.3.2 Análisis de pruebas a través de SEM y comparación.

Una vez realizado pruebas con el microscopio portátil, se procede a ejecutar un análisis con el microscopio electrónico de barrido (SEM). Se inicia extrayendo de las áreas afectadas partículas de óxido; se raspa la superficie corroída para obtener las muestras el cual se guardan y posteriormente se llevan al laboratorio donde se encuentra el equipo para realizar el chequeo. Esta actividad tiene un principal fin, determinar más a profundidad el material afectado por la falla y así poder establecer que partículas ajenas se encuentran en la reacción concluyendo de esta forma el tipo de corrosión presentada tanto en la estructura como en los cordones de soldadura.

En la fig. 13 se puede evidenciar el resultado de análisis con partículas de óxido extraídas del acero inoxidable 316l que presentan la falla mencionada en la tesis de investigación. Esta prueba es ejecutada por medio de un microscopio electrónico de barrido (SEM) el cual permite observar con detalle la forma que toma el fenómeno. La morfología de esta oxidación ilustra características similares a flores los que es muy común en este tipo de reacción, además en la fig. 13d se puede apreciar aspectos similares al acabado después de una electrodeposición en un material de inoxidable (Jiangyin Donghao Stainless Steel Pipe Co.,Ltd, 1991) (Eric M. Garcia & Matencio, 2013), el cual se realiza una comparación en la figura 14 entre esta imagen analizada y una investigada en la literatura demostrando

igualdades en su forma. Siendo más pragmático se puede deducir que los resultados arrojados por el microscopio electrónico de barrido son residuos o partículas de óxido de hierro el cual se puede afianzar debido a su forma a través de otra imagen comparativa extraída de consultas bibliográficas figura 15 (Lugovskoy, 2011). Siendo estas una de las conformaciones en forma de flor en los óxidos de hierro.

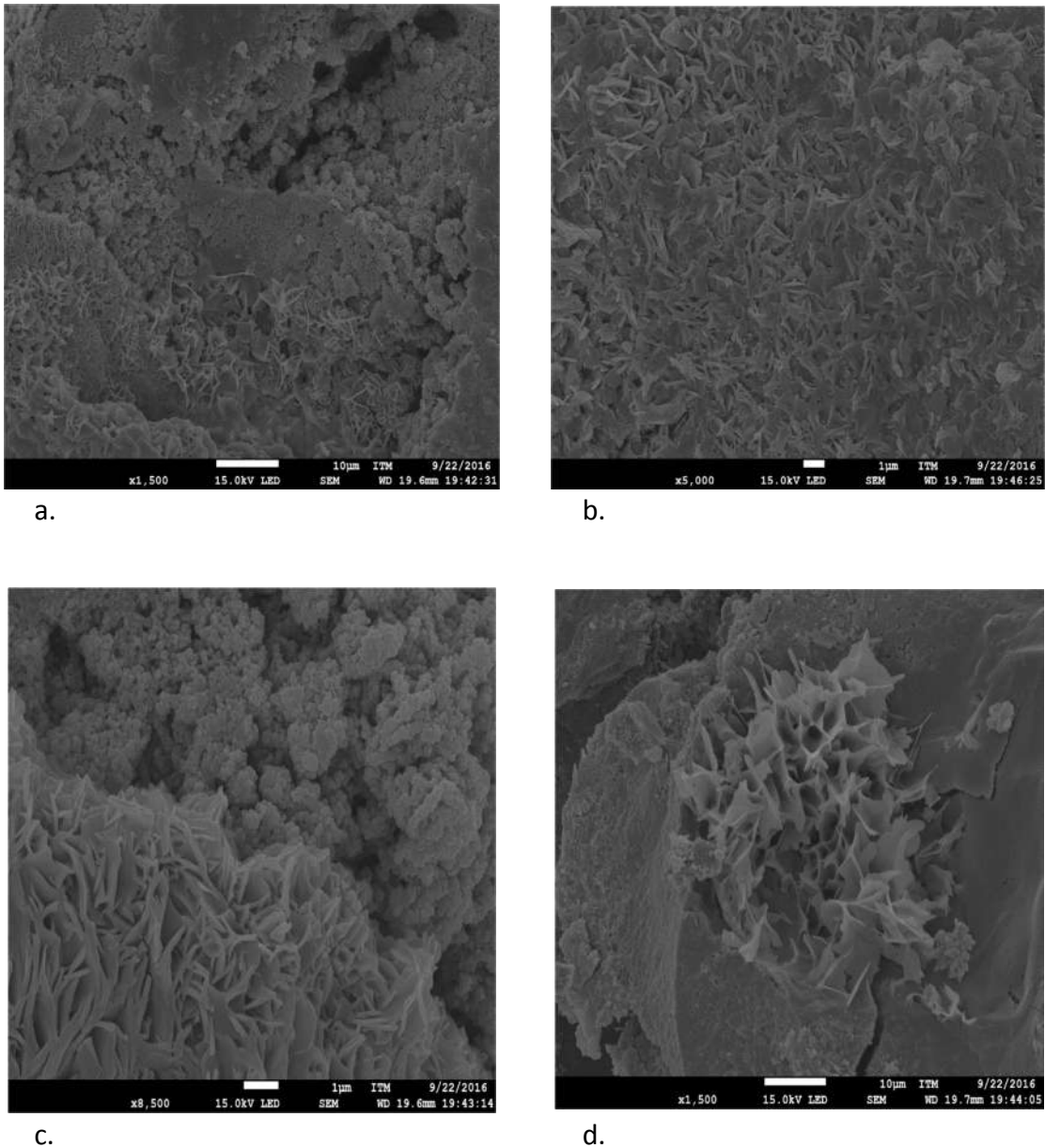
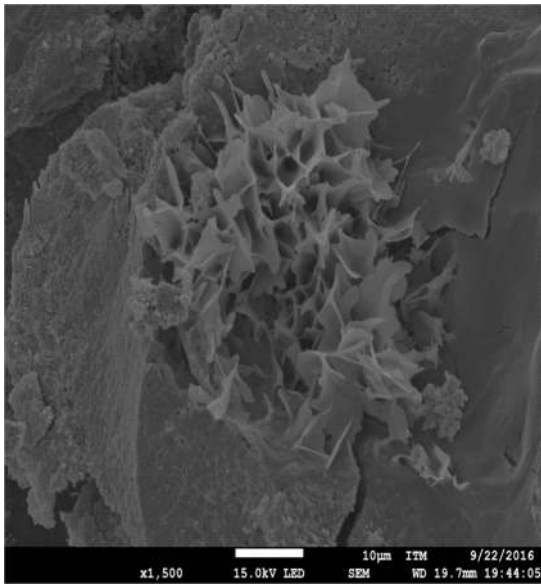
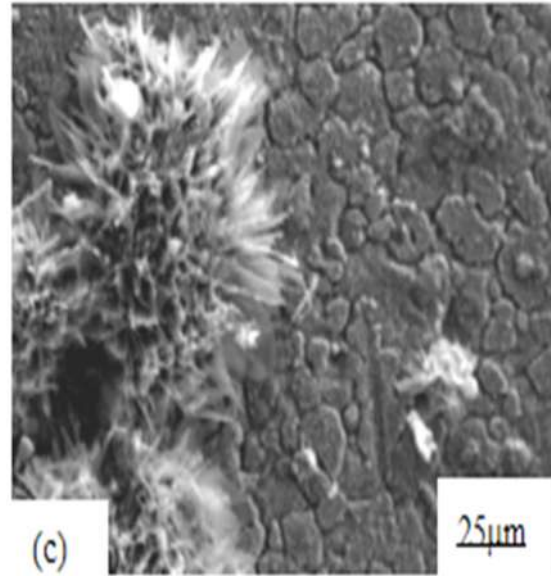


Figura 12. Análisis de residuos de oxidación extraídos de las estructuras de acero inoxidable 316l.



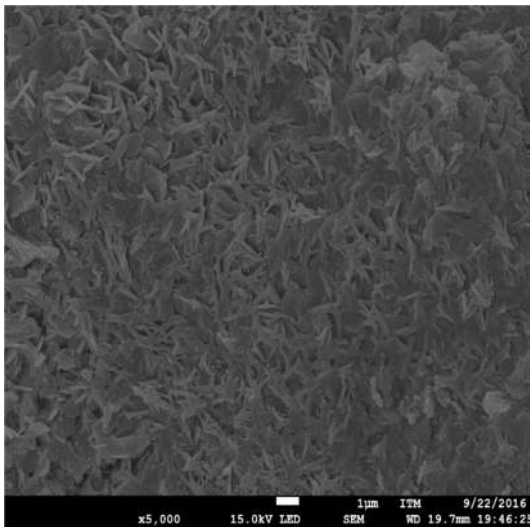


a.

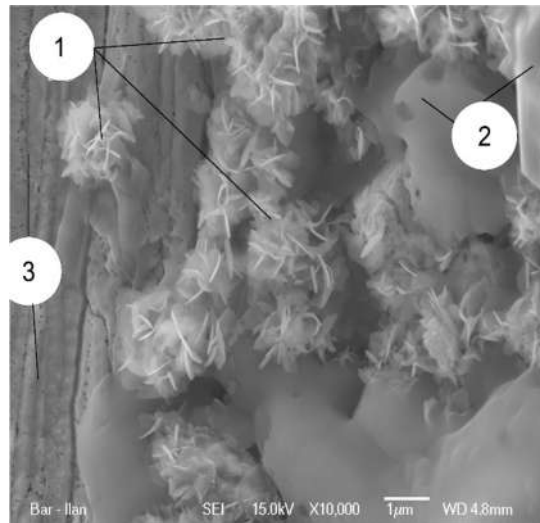


b.

Figura 13. Comparación entre partículas de óxidos tomadas por SEM; izquierda partícula analizada de la corrosión del acero inoxidable en la investigación y derecha imagen copiada de base de datos.



a.



b.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 14. Comparación entre 2 partículas de óxido de hierro fig. 15a imagen analizada a través del SEM y fig. 15b imagen consultada en sitios web.

#### 6.4 Procedimiento para el decapado y pasivado del material con resultados arrojados

Al implementar el procedimiento de decapado y pasivado descrito en la metodología se procede hacer un registro fotográfico 2 días después para determinar de forma final si el proceso y los compuestos químicos fueron los más adecuados para la falla presentada en los cordones de soldadura. En la fig. 16 a. Se observa el estado inicial del fenómeno la cual se puede apreciar una reacción avanzada de corrosión, un tono café oscuro cubre todo el cordón de soldadura, además se puede evidenciar penetración en el material. Este es tipo de fenómenos es común cuando la causa de la contaminación son partículas de hierro por una mala utilización de herramientas o por la contaminación por otros procesos elaborados sobre aceros al carbono en zonas cercanas a la soldadura. Es importante mencionar que nuestra base de apoyo para haber aplicado los compuestos químicos mencionados en la metodología fue las investigaciones realizadas en base de datos científicas, puesto que un decapado con ácido y una pasivación son métodos de tratamiento de superficie comunes aplicado en aceros inoxidable. El decapado con ácido se utiliza para eliminar las impurezas de la superficie, tales como el óxido, partículas, impurezas y manchas. La pasivación es el tratamiento químico con un oxidante suave, toda esta aplicación de compuestos tiene como objetivo la formación espontánea de la película pasiva protectora. (Shaoning Geng & Guo, 2015)



a.



b.

Figura 15. Estado inicial cordón de soldadura oxidado antes del proceso

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Una vez terminado el tiempo de espera (2 días) se realiza un segundo registro fotográfico con el propósito de llegar a conclusiones finales y determinar si el procedimiento y los compuestos químicos empleados fueron los más acertados lo cual se evidencia en la fig. 17 b. Esta imagen presenta un resultado deseado, puesto que no hay indicios de corrosión después de aplicado el proceso. El cordón presenta una apariencia deseable esto da entender que los compuestos químicos fueron los más acertados para la eliminación de la falla causada por partículas de hierro, aunque al dejar avanzar más días se observa en la figura 17 que en algunas zonas aún se presentan restos en forma de puntos de corrosión. Esta aparición se produjo nuevamente por la forma como se realizó la remoción por medio de cepillos; debido a que no permite mayor grado de remoción por abrasión de las zonas previamente afectadas y hay puntos muy reducidos donde las cerdas no entran. De acuerdo con lo anterior, para remover la corrosión y realizar un decapado garantizando eficiencia sería necesario realizar una remoción de material por medio de una grata de acero inoxidable, de esta forma brindaría mayor penetración por el esfuerzo mecánico realizado por el equipo al entrar en contacto con la superficie.



a.



b.

Figura 16. Cordones de soldadura con puntos de corrosión varios días después de aplicado el proceso.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 7. CONCLUSIONES

Se identificaron los siguientes hallazgos relacionados con corrosión en la PTAR: corrosión localizada en parte frontal de las compuertas, líneas con continuas corrosión en las zonas laterales de la estructura y contaminación en los cordones de soldadura en solo 6 de las compuertas de las 265 instaladas en la PTAR. Estas evidencias arrojadas permitieron concluir que el problema estaba asociado a una contaminación por hierro y en algunas zonas problemas asociados al proceso de manufactura del material.

Al analizar los procesos de manufactura se observó que las fallas estaban localizadas preferencialmente en la zona de doblado lo cual indica que posterior a la operación de conformado no se realizó adecuadamente el proceso de decapado y pasivado, teniendo en cuenta que estas áreas son más vulnerables; debido a que en estas zonas hay un ruptura crítica de la película pasiva y está expuesta ataques localizados.

Se realizó un análisis de la información disponible; certificados de material y soldadura el cual evidenciaron la plena garantía y la confirmación sobre la composición real de las compuertas, siendo estas un material de alta calidad con los contenidos necesarios para ser catalogado como un acero del tipo AISI 316L, el cual lo certifica para trabajar en el área altamente hostil para la cual fue creada.

En los cordones de soldadura y las estructuras de las compuertas se evidenció que existía una contaminación por hierro; debido a su apariencia, resultados arrojados por microscopía electrónica de barrido y reacción obtenida por el proceso de decapado y pasivado en los cordones de soldadura.

Se propuso como solución al problema la aplicación de una sustancia decapante y la posterior limpieza de este. Los resultados iniciales los 2 primeros días mostraron que el procedimiento fue adecuado debido a la apariencia observada por los cordones de soldadura.

El procedimiento puede ser mejorado para eliminar radicalmente los rastros de corrosión si se realiza un proceso de lijado mecánico más intensivo puesto que aún se puede observar puntos de corrosión en los cordones y aplicar posteriormente el proceso de decapado descrito en la metodología.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 8. REFERENCIA

ASM International, Metal Handbook, Tenth Edition, Volume 1, Proprieties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys, 1990.

ASM International, Metal Handbook, NN Edition, Volume 6, Welding, Brazing, and Soldering, 1993.

A. Artigas, E. V., & Monsalve., A. (2009). CORROSIÓN POR PICADURAS EN REACTORES DE ACERO INOXIDABLE PARA LA FABRICACIÓN DE CHAMPÚ. Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, 337-340.

A. Wahid, D. O. (1993). Corrosion of Weldments. En T. S. D.L. Olson, ASM Handbook, Volume 6: Welding, Brazing, and Soldering (págs. 1065-1069). colorado: ASM International.

Carlos José Rodríguez, Y. F., & Prin, J. (2013). EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL COMPORTAMIENTO DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO 316L FRENTE A LA CORROSIÓN ELECTROQUÍMICA. SABER. Revista multidisciplinaria del consejo de investgacion de la universidad de oriente, 302-308.

Carvajal, J. R. (2006). MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS JUNTAS SOLDADAS DE ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS MADIANTE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS. 1-205.

CEDINOX. (2013). armadura de acero inoxidable. españa: CEDINOX.

D.A. Moreno, A. M., & Molina., C. R. (2011). Corrosión por picaduras en depósitos de agua de acero inoxidable austenítico. Revista de metalurgia, 497-506.

Donghai Dua, K. C., & Xiuqiang Shib, X. X. (2016). Effects of chloride and oxygen on stress corrosion cracking of coldworked 316/316L austenitic stainless steel in high temperature water. CORROSION SCIENCE, 134-142.

E. Quezada, W. A., & L. Angelats, P. D. (2006). CORROSION DESGASTE DE ACERO INOXIDABLE AISI 316L EN. Trujillo.

ED CRAIG'S WeldReality.com. (1997). Obtenido de ED CRAIG'S WeldReality.com: <http://www.weldreality.com/stainlesswelddata.htm>

Eric M. Garcia, V. F., & Matencio, T. (2013). Metallic and Oxide Electrodeposition. Modern Surface Engineering Treatments, 105-122.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Finšgar, M. (2012). Galvanic series of different stainless steels and copper- and aluminium-based materials in acid solutions. *corrosion science*, 51-56.

Freeman, S. (2002). Analysis and Prevention of Corrosion-Related Failures. En T. A. Jonh Layer, & D. A. Rehan Ahmed, *ASM HANDBOOK VOLUMEN 11* (págs. 1579-1590). Millennium Metallurgy, Ltd.

Gutierrez, P. E. (2014). ANALISIS DE LOS PROBLEMAS DE CORROSION EN LA SOLDADURA DE LOS ACEROS INOXIDABLES AISI 340L Y 316L. 1-128.

Jiangyin Donghao Stainless Steel Pipe Co.,Ltd. (1991). Donghao Stainless Steel. Obtenido de Donghao Stainless Steel: <http://tubingchina.com/Oxidation-Behavior-of-Duplex-Type-321-Stainles-Steel-Tube.htm>

John C. Lippold, D. J. (2005). *WELDING METALLURGY AND WELDABILITY OF STAINLESS STEELS*. New Jersey: A JOHN WILEY & SONS, INC.

Lugovskoy, A. (2011). al-chemist.info. Obtenido de al-chemist.info: <http://al-chemist.info/node/8>

Mauricio Ibarra, E. N., & Huerta, J. (2010). *MANUAL - ACEROS INOXIDABLES*. chile: 2M Impresores Ltda.

Miguel Olmos Molinares, K. M. (2014). Efecto del ciclo térmico sobre la microestructura de la zona afectada térmicamente de juntas soldadas de aceros inoxidables disímiles obtenidas por el proceso SMAW.

Padilla, E. D. (1999). *APLICACIONES DE LOS ACEROS INOXIDABLES*. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO).

Shaoning Geng, J. S., & Guo, L. (2015). Effect of sandblasting and subsequent acid pickling and passivation on. *materials desing*, 1-7.

Tomás H. Fernández, I. R., & Dayanis Alcántara, A. S. (2016). Caracterización microestructural de uniones soldadas de acero AISI 316L en tuberías. *Minería y Geología*, 60-75.


Yelitza Figueroa de Gil, S. C., & Jose L. Print, R. R. (2008). EVALUACION DE LA CORROSION INDUCIDA POR BACTERIA SULFATO REDUCTORA EN UN ACERO INOXIDABLE 316L. *Revista latinoamericana de metalurgia y materiales* , 60-72.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Z.H. Jina, H. G., & Y.W. Zongb, S. L. (2014). Corrosion behaviour of 316L stainless steel and anti-corrosionmaterials in a high acidified chloride solutionZ. Applied Surface Science, 47-56.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 9. ANEXOS

	<b>CONSORCIO DE AGUAS DE ABURRÁ HHA</b>	P13N0245
	124.202 - PTAR BELLO	REV: 0
		2

# CERTIFICADOS DE MATERIAL

			FECHA: 01/08/2014 REV: 0
--	--	--	-----------------------------



**MATERIALS CERTIFICATE**  
**CERTIFICADO DE MATERIALES**

Certif. Nº  
**62501**

SHEET/HOJA	1
REVISION	0

Customer / Cliente: CONSORCIO DE AGUAS DE ABURRÁ HHA  
Order Nº / Pedido Nº: 124.202-PTAR BELLO

Our order Nº / Orden de Fabricación Interna: P13E0245 3.1 Acc. EN 10204

Item	Quantity Cantidad	Size Tamaño		Description Descripción
5	1	2000X2000	---	COMPUERTA MURAL SERIE MC
			TAGS	CPEB-71
			FICHA	40105.01

**MATERIAL CERTIFICATES / CERTIFICADOS DE MATERIAL**

Item		Body/Cuerpo	Gate/Obturador	Seat/Junta	Stem/Eje	C.Maniobra
5	Material Material	TP316L	TP316L	EPDM	TP316L	GJS500
5	Manufacturer Fabricante	ACERINOX	ACERINOX	CAREAGA	VB	GT GMBH
		ACERINOX	ACERINOX			
		ACERINOX	ACERINOX			
5	Heat nº Certificate	D7EC	D6LK	---	E1AH	74001067
		E1PD	D3PV			
		D6LL	D5ML			
		D3PZ	D3PZ			

Date/Fecha <b>17/07/2014</b>	Customer Inspection / VºBº Cliente	Quality Control / Control de Calidad 
---------------------------------	------------------------------------	--

**ACERINOX EUROPA**  
 FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR  
 PALMONES (LOS BARRIOS)  
 TFNO (34) - 956 62 93 00  
 FAX (34) - 956 62 93 11  
 P.O. BOX B3  
 11370 LOS BARRIOS (CADIZ)



# INSPECTION CERTIFICATE

## CERTIFICADO DE INSPECCION

3.1

ACCORDING TO EN 10204  
 SEGUN

CERTIFICATE N° F0 2014 850959 60001 7  
 CERTIFICADO N°

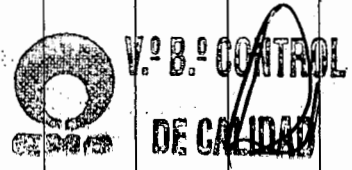
<b>CUSTOMER</b> CLIENTE METALINDX BILBAO, S.A. Arcaztegi Etorbidea 13. Andain (Gipuzkoa) GUIPUZCOA ESPAÑA	<b>OUR ORDER N°</b> N/PEDIDO <b>DL 646</b>	<b>YOUR ORDER N°</b> S/PEDIDO <b>M13008017</b>
	<b>TRADE MARK</b> SELLO DEL FABRICANTE 	<b>INSPECTOR'S STAMP</b> SELLO DEL INSPECTOR 
	<b>STEELMAKING PROCESS</b> PROCESO DE ACERIA <p style="text-align: right;">A.O.D.</p>	

<b>REQUIREMENTS</b> NORMAS APLICABLES	<b>INTERGRANULAR CORROSION</b> CORROSIÓN INTERGRANULAR	<b>GRADE</b> MATERIAL	<b>FINISH</b> ACABADO
ASTM A240/A480E011-ASME SecIIA SA240/SA480E010Addenda2011	ASTM-A-262 PRACTICA E	Acs 240 TP-316L	Nº1

COIL / BOX BOBINA / CAJA	CONTENT CONTENIDO	DIMENSIONS DIMENSIONES			MARKS MARCA	QUANTITY CANTIDAD	TEST N° PROBETA
		THICKNESS ESPESOR	WIDTH ANCHO	LENGTH LARGO			
B4626P	O1D6LK DD	5,000	1500,00	3000,00	60	11	O1D6LK C

CHEMICAL ANALYSIS / COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)											
HEAT N° COLADA	C	CR	MN	MO	N	NI	P	S	SI		
<b>REQUIREMENTS</b> REQUISITOS	0,030	16,000 18,000	2,000	2,000 3,000	0,100	10,000 14,000	0,046	0,030	0,750		
D6LK	0,013	16,521	1,440	2,010	0,044	10,005	0,031	0,003	0,409		

MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS											
TEST N° PROBETA	PROBE SIT	TYPE	Rm N/mm2	Rp 0.2 N/mm2	A50 %	HRB					
<b>REQUIREMENTS</b> REQUISITOS			485,00	170,00	40,00	95,00					
O1D6LK	C	T	590,15	321,07	52,41	83,00					



<b>REMARKS / OBSERVACIONES</b> Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 ° C. The delivery is in accordance with the order NACE-MR0175/ISO 15156:2003; NACE MR0103:2010 (Chem & Mech only).	<b>SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL</b> INSPECCIÓN SUPERFICIAL Y DIMENSIONAL <p style="text-align: center;">SATISFACTORY SATISFACTORIA</p>
	<b>WORK INSPECTOR</b> INSPECTOR <p style="text-align: center;"><i>A. Heredia</i> A. Heredia</p>

Palmones, 30 ENERO 2014

**ACERINOX EUROPA**  
 FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR  
 PALMONES (LOS BARRIOS)  
 TFNO. (34) - 956 62 93 00  
 FAX (34) - 956 62 93 11  
 P.O. BOX 83  
 11370 LOS BARRIOS (CADIZ)



# INSPECTION CERTIFICATE

## CERTIFICADO DE INSPECCION

3.1

ACCORDING TO EN 10204  
 SEGUN

CERTIFICATE Nº F0 2014 851052 30001 \*  
 CERTIFICADO Nº

<b>CUSTOMER</b> CLIENTE INDXCENTER(CENTRO LOGISTICO) DEL FERRO, 9 - 15 43009 TARRAGONA TARRAGONA ESPAÑA	<b>OUR ORDER Nº</b> N/PEDIDO	<b>DL 850</b>	<b>YOUR ORDER Nº</b> S/PEDIDO	<b>113049851</b>
	<b>TRADE MARK</b> SELLO DEL FABRICANTE		<b>INSPECTOR'S STAMP</b> SELLO DEL INSPECTOR	<b>STEELMAKING PROCESS</b> PROCESO DE ACERIA A.O.D.

<b>REQUIREMENTS</b> NORMAS APLICABLES EN 10028-7:2009 EN-ISO-9444-2(Thickness Tolerances) EN 10028-7:2009 EN-ISO-9444-2(Thickness Tolerances) ASTM A240/A480Ed11-ASME SeclIA SA240/SA480Ed10Addenda2011 ASTM A240/A480Ed11-ASME SeclIA SA240/SA480Ed10Addenda2011	<b>INTERGRANULAR CORROSION</b> CORROSION INTERGRANULAR ASTM-A-262 PRACTICA E ASTM-A-262 PRACTICA E	<b>GRADE MATERIAL</b> Acs 240 1.4404 Acs 240 1.4401 Acs 240 TP-316 Acs 240 TP-316L	<b>FINISH ACABADO</b> 10 10 Nº1 Nº1
--	---	--	---

COIL / BOX BOBINA / CAJA	CONTENT CONTENIDO	DIMENSIONS DIMENSIONES			MARKS MARCA	QUANTITY CANTIDAD	TEST Nº PROBETA
		THICKNESS ESPESOR	WIDTH ANCHO	LENGTH LARGO			
B4801X	01D7EC D	6,000	1500,00	3000,00	11	9	01D7EC C

CHEMICAL ANALYSIS / COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)											
HEAT Nº COLADA	C	CR	MN	MO	N	NI	P	S	SI		
D7EC	0,017	16,580	1,318	2,019	0,044	10,075	0,031	0,002	0,385		

MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS											
TEST Nº PROBETA	PROBE SIT TYPIC	Rm N/mm2	Rp 0.2 N/mm2	Rp 1.0 N/mm2	A50 %	A5 %	HRB				
01D7EC	C T	654,25	361,13	394,52	45,37	48,37	91,00				



<b>REMARKS / OBSERVACIONES</b> CERTIFIED ACC. TO PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE 97 / 23 / EC BY TÜV SÜDDEUTSCHLAND CERT. NO: 08 / 2001 / MUC. EN 10088-2 The delivery is in accordance with the order Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 ° C. NACE-MR0175/ISO 15156:2003; NACE MR0103:2010 (Chem & Mech only).	<b>SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL</b> INSPECCIÓN SUPERFICIAL Y DIMENSIONAL SATISFACTORY SATISFACTORIA
	<b>WORK INSPECTOR</b> INSPECTOR  A. Heredia



# INSPECTION CERTIFICATE

## CERTIFICADO DE INSPECCION

3.1

**ACERINOX EUROPA**  
 FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR  
 PALMONES (LOS BARRIOS)  
 TFNO (34) - 956 62 93 00  
 FAX (34) - 956 62 93 11  
 P. O. BOX 83  
 11370 LOS BARRIOS (CADIZ)



ACCORDING TO **EN 10204**  
 SEGUN

CERTIFICATE N° **F0 2014 860241 30001 7**  
 CERTIFICADO N°

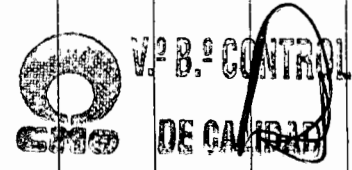
<b>CUSTOMER</b> CLIENTE METALINOX BILBAO, S. A. Aranaztegui Etorbidea 13 20140 Ardoiain (Gupuz GUPIUZCOA) ESPAÑA	<b>OUR ORDER N°</b> N/PEDIDO <b>DL 1338</b>	<b>YOUR ORDER N°</b> S/PEDIDO <b>M14001787</b>	<b>TRADE MARK</b> SELLO DEL FABRICANTE 	<b>INSPECTOR'S STAMP</b> SELLO DEL INSPECTOR	<b>STEELMAKING PROCESS</b> PROCESO DE ACERIA  A.O.D.
---	---	--	---	---	---

<b>REQUIREMENTS</b> REQUISITOS ASTM A240Ed12a/A480Ed12-ASME SectIIA SA240/SA480Ed13	<b>INTERGRANULAR CORROSION</b> CORROSION INTERGRANULAR ASTM-A 262 PRACTICA E	<b>GRADE</b> MATERIAL Axx 240 TP-316L	<b>FINISH</b> ACABADO N°1
---	--	---	---------------------------------

COIL / BOX BOBINA / CAJA	CONTENT CONTENIDO	DIMENSIONS DIMENSIONES			MARKS MARCA	QUANTITY CANTIDAD	TEST N° PROBETA	
		THICKNESS ESPESOR	WIDTH ANCHO	LENGTH LARGO				
B6903R	01E1PD B	6,600	1500,00	4000,00	15	7	01E1PD	C
B6903V	01E1PD B	6,600	1500,00	4000,00	14	7	01E1PD	C
B6903X	01E1PD B	6,600	1500,00	4000,00	13	7	01E1PD	C
B6903Y	01E1PD B	6,600	1500,00	4000,00	12	6	01E1PD	C
B6904N	01E1PD B	6,600	1500,00	4000,00	11	5	01E1PD	C

CHEMICAL ANALYSIS / COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)										
HEAT N° COLADA	C	CR	MN	MO	N	NI	P	S	SI	
REQUIREMENTS REQUISITOS	0,030	16,000 18,000	2,000	2,000 3,000	0,100	10,000 14,000	0,045	0,030	0,750	
E1PD	0,018	16,742	1,319	2,045	0,036	10,040	0,031	0,001	0,314	

MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS										
TEST N° PROBETA	PROBE SIT TYPE	Rm N/mm2	Rp 0.2 N/mm2	A50 %	HRB					
REQUIREMENTS REQUISITOS		485,00	170,00	40,00	95,00					
01E1PD	C T	615,16	380,78	49,18	86,00					



<b>REMARKS / OBSERVACIONES</b> Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 ° C. The delivery is in accordance with the order NACE-MR0175/ISO 15156-3:2009; NACE MR0103:2012 (Chem & Mech only).	<b>SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL</b> INSPECCIÓN SUPERFICIAL Y DIMENSIONAL  <b>SATISFACTORY</b> SATISFACTORIA  <b>WORK INSPECTOR</b> INSPECTOR   A. Heredia
---	--

Palmones, 21 ABRIL 2014

**ACERINOX EUROPA**  
 FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR  
 PALMONES (LOS BARRIOS)  
 TFO. (34) - 956 62 93 00  
 FAX. (34) - 956 62 93 11  
 P.O. BOX 83  
 11370 LOS BARRIOS (CADIZ)



# INSPECTION CERTIFICATE

CERTIFICADO DE INSPECCION

3.1

ACCORDING TO EN 10204  
 SEGUN

CERTIFICATE N° F0 2013 846127 500017  
 CERTIFICADO N°

**CUSTOMER**  
 CLIENTE

MÉTALINOX BILBAO, S.A.  
 Araoztegui Etorbidua 13  
 Andoain (Guipúzcoa) GUIPUZCOA  
 ESPAÑA

OUR ORDER N°  
 N/PEDIDO

DL 437

YOUR ORDER N°  
 S/PEDIDO

M13007348

TRADE MARK  
 SELLO DEL FABRICANTE



INSPECTOR'S STAMP  
 SELLO DEL INSPECTOR

STEELMAKING PROCESS  
 PROCESO DE ACERIA

A.G.D.

**REQUIREMENTS**  
 NORMAS APLICABLES

ASTM A240/A480Ed11-ASME SecII SA240/SA480Ed10Addenda2D11

**INTERGRANULAR CORROSION**  
 CORROSIÓN INTERGRANULAR

ASTM-A-282 PRACTICA E

**GRADE**  
 MATERIAL

Acr 240

**FINISH**  
 ACABADO

TP-316L

**FINISH**  
 ACABADO

Nº1

**COIL / BOX**  
 BOBINA / CAJA

**CONTENT**  
 CONTENIDO

**THICKNESS**  
 ESPESOR

**WIDTH**  
 ANCHO

**LENGTH**  
 LARGO

**MARKS**  
 MARCA

**QUANTITY**  
 CANTIDAD

**TEST N°**  
 PROBETA

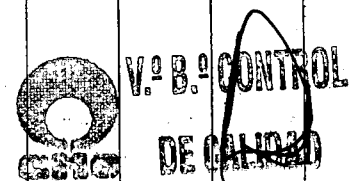
COIL / BOX	CONTENT	THICKNESS	WIDTH	LENGTH	MARKS	QUANTITY	TEST N°
B2920L	03D3PV J	8,000	1500,00	3000,00	6	10	03D3PV C

**CHEMICAL ANALYSIS / COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)**

HEAT N° COLADA	C	CR	MN	MO	N	NI	P	S	SI
REQUIREMENTS REQUISITOS	0,030	16,000 18,000	2,000	2,000 3,000	0,100	10,000 14,000	0,045	0,030	0,750
D3PV	0,015	16,594	1,275	2,031	0,044	10,050	0,034	0,001	0,380

**MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

TEST N° PROBETA	PROBE SIT TYPE	Rm N/mm2	Rp 0.2 N/mm2	A50 %	HRB
REQUIREMENTS REQUISITOS		485,00	170,00	40,00	95,00
03D3PV	C-T	593,94	308,25	58,62	87,00



**REMARKS / OBSERVACIONES**

Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 ° C.  
 The delivery is in accordance with the order  
 NACE-MRO175/ISO 15156:2003; NACE MRO103:2010 (Chem & Mech only).



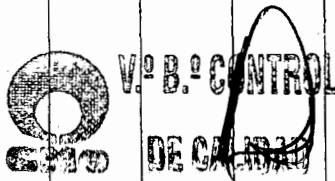
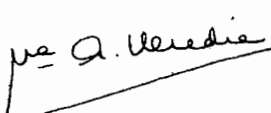
**SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL**  
 INSPECCIÓN SUPERFICIAL Y DIMENSIONAL

SATISFACTORY  
 SATISFACTORIA

**WORK INSPECTOR**  
 INSPECTOR

*A. Heredia*  
 A. Heredia

Palmones, 2 DICIEMBRE 2013

ACERINOX EUROPA		INSPECTION CERTIFICATE		CERTIFICADO DE INSPECCION		3.1					
FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR PALMONES (LOS BARRIOS) TFNO (34) - 956 62 93 00 FAX (34) - 956 62 93 11 P O BOX 83 11370 LOS BARRIOS (CADIZ)		 by Accredited Body		ACCORDING TO EN 10204 SEGUN		CERTIFICATE N° FO 2014 848410 40001 * CERTIFICADO N°					
<b>CUSTOMER</b> CLIENTE METALINOX BILBAO, S. A. Aranztegi Erorbidea 13 Andoain (Gipuzkoa) GUIPUZCOA ESPAÑA		<b>OUR ORDER N°</b> N/PEDIDO <b>DL 648</b>		<b>YOUR ORDER N°</b> S/PEDIDO <b>M13008019</b>		<b>TRADE MARK</b> SELLO DEL FABRICANTE 		<b>INSPECTOR'S STAMP</b> SELLO DEL INSPECTOR		<b>STEELMAKING PROCESS</b> PROCESO DE ACERÍA A.O.D.	
<b>REQUIREMENTS</b> NORMAS APLICABLES EN 10028-7:2008 EN-ISO-18286(Thickness Tolerances) EN 10028-7:2008 EN-ISO-18286(Thickness Tolerances) ASTM A240/A480E d11-ASME SectIIA SA240/SA480E d10Addenda2011 ASTM A240/A480E d11-ASME SectIIA SA240/SA480E d10Addenda2011				<b>INTERGRANULAR CORROSION</b> CORROSION INTERGRANULAR ASTM-A-262 PRACTICA E ASTM-A-262 PRACTICA E		<b>GRADE</b> MATERIAL Acx 240 1.4404 Acx 240 1.4401 Acx 240 TP-316 Acx 240 TP-316L		<b>FINISH</b> ACABADO 10 10 N°1 N°1			
COIL / BOX		CONTENT		DIMENSIONS			MARKS	QUANTITY	TEST N°		
BOBINA / CAJA		CONTENIDO		THICKNESS	WIDTH	LENGTH					
				ESPESOR	ANCHO	LARGO	MARCA	CANTIDAD	PROBETA		
B3936T		04D5ML AHA		10,000	1500,00	3000,00	35	1	04D5ML A		C
B3936T		04D5ML AHB		10,000	1500,00	3000,00	35	1	04D5ML A		C
B3936T		04D5ML AHC		10,000	1500,00	3000,00	35	1	04D5ML A		C
B3936T		04D5ML AHD		10,000	1500,00	3000,00	35	1	04D5ML A		C
CHEMICAL ANALYSIS / COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)											
HEAT N°		C	CR	MN	MO	N	NI	P	S	SI	
COLADA											
D5ML		0,025	16,711	1,341	2,019	0,036	10,085	0,029	0,001	0,417	
MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS											
TEST N°	PROBE	Rm	Rp 0.2	Rp 1.0	A50	A5	HRB	A200			
PROBETA	SIT TYPE	N/mm2	N/mm2	N/mm2	%	%		%			
04D5ML A	C T	608,70	296,22	353,20	59,67	58,67	87,00	56,67			
											
REMARKS / OBSERVACIONES								SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL			
CERTIFIED ACC. TO PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE 97 / 23 / EC BY TÜV SÜDDEUTSCHLAND CERT. NO: 08 / 2001 / MUC EN 10088-2 The delivery is in accordance with the order Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 °C. NACE-MR0175/ISO 15156:2003; NACE MR0103:2010 (Chem & Mech only).								INSPECCION SUPERFICIAL Y DIMENSIONAL  SATISFACTORY SATISFACTORIA			
								<b>WORK INSPECTOR</b> INSPECTOR   -A. Heredia			
								Palmones, 8 ENERO 2014			

**ACERINOX EUROPA**  
 FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR  
 PALMONES (LOS BARRIOS)  
 TFD. (34) - 956 62 93 00  
 FAX (34) - 956 62 93 11  
 P.O. BOX 83  
 11370 LOS BARRIOS (CAO12)



# INSPECTION CERTIFICATE

## CERTIFICADO DE INSPECCION

3.1

ACCORDING TO EN 10204  
 SEGUN

CERTIFICATE N° F0 2014 848429 40001 \*  
 CERTIFICADO N°

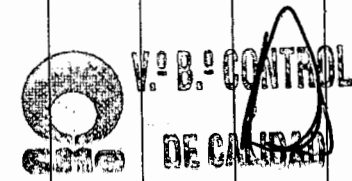
<b>CUSTOMER</b> CLIENTE METALINOX BILBAO, S. A. Aranzazegi Etebidea 13. Andoain (Gulpuzcoa) GULPUZCOA ESPAÑA	<b>OUR ORDER N°</b> N/PEIDIDO	<b>DL 648</b>	<b>YOUR ORDER N°</b> S/PEIDIDO <b>M13008019</b>
	<b>TRADE MARK</b> SELLO DEL FABRICANTE		<b>INSPECTOR'S STAMP</b> SELLO DEL INSPECTOR

<b>REQUIREMENTS</b> NORMAS APLICABLES EN 10028-7:2008 EN-ISO-18288(Thickness Tolerances) EN 10028-7:2009 EN-ISO-18288(Thickness Tolerances) ASTM A240/A480E11-ASME SectII SA240/SA480Ed1QAddenda2011 ASTM A240/A480E11-ASME SectII SA240/SA480Ed1QAddenda2011	<b>INTERGRANULAR CORROSION</b> CORROSION INTERGRANULAR ASTM-A-262 PRACTICA E ASTM-A-262 PRACTICA E	<b>GRADE MATERIAL</b> Acx 240 1.4404 Acx 240 1.4401 Acx 240 TP-316 Acx 240 TP-316L	<b>FINISH ACABADO</b> 10 10 N°1 N°1
--	---	--	---

COIL / BOX BOBINA / CAJA	CONTENT CONTENIDO	DIMENSIONS DIMENSIONES			MARKS MARCA	QUANTITY CANTIDAD	TEST N° PROBETA	
		THICKNESS ESPESOR	WIDTH ANCHO	LENGTH LARGO				
B4090P	O4D5ML BAC	10,000	1500,00	3000,00	38	1	O4D5ML B	C



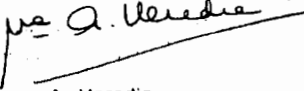
CHEMICAL ANALYSIS / COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)										
HEAT N° COLADA	C	CR	MN	MO	N	NI	P	S	SI	
D5ML	0,025	16,711	1,341	2,019	0,036	10,085	0,029	0,001	0,417	

MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS									
TEST N° PROBETA	PROBE SIT TYPE	Rm N/mm2	Rp 0.2 N/mm2	Rp 1.0 N/mm2	A50 %	A5 %	HRB	A200 %	
O4D5ML B	C T	610,25	300,91	355,72	56,24	55,24	86,00	53,24	



<b>REMARKS / OBSERVACIONES</b> CERTIFIED ACC. TO PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE 97 / 23 / EC BY TÜV SÜDDEUTSCHLAND CERT. NO: 08 / 2001 / MUC. EN 10088-2 The delivery is in accordance with the order Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 ° C. NACE-MR0175/ISO 15156:2003; NACE MR0103:2010 (Chem & Mech only).	<b>SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL</b> INSPECCIÓN SUPERFICIAL Y DIMENSIONAL SATISFACTORY SATISFACTORIA
	<b>WORK INSPECTOR</b> INSPECTOR  A. Heredia

Palmones, 8 ENERO 2014

<b>ACERINOX EUROPA</b> FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR PALMONES (LOS BARRIOS) TFNO. (34) - 956 62 93 00 FAX. (34) - 956 62 93 11 P.O. BOX 83 11370 LOS BARRIOS (CADIZ)				<h1>INSPECTION CERTIFICATE</h1> <h2>CERTIFICADO DE INSPECCION</h2>				3.1							
<b>CUSTOMER</b> CLIENTE METALINOX BILBAO, S.A. Aranzazgi Etorbidea 13 Andoain (Guipúzcoa) GUIPUZCOA ESPAÑA		<b>OUR ORDER N°</b> N/PEDIDO <b>DL 648</b>		<b>YOUR ORDER N°</b> S/PEDIDO <b>M13008019</b>		<b>CERTIFICATE N°</b> CERTIFICADO N° <b>F0 2014 851954 20001 *</b>									
<b>REQUIREMENTS</b> NORMAS APLICABLES EN 10028-7:2009 EN-ISO-18286(Thickness Tolerances) EN 10028-7:2009 EN-ISO-18286(Thickness Tolerances) ASTM A240/A480Ed11-ASME SectIIA SA240/SA480Ed10Addenda2011 ASTM A240/A480Ed11-ASME SectIIA SA240/SA480Ed10Addenda2011		<b>INTERGRANULAR CORROSION</b> CORROSION INTERGRANULAR ASTM-A-282 PRACTICA E ASTM-A-282 PRACTICA E		<b>GRADE MATERIAL</b> Axx 240 1.4404 Axx 240 1.4401 Axx 240 TP-316 Axx 240 TP-316L		<b>FINISH ACABADO</b> 1D 1D Nº1 Nº1 <b>A.O.D.</b>									
<b>COIL / BOX</b> BOBINA / CAJA		<b>CONTENT</b> CONTENIDO		<b>DIMENSIONS</b> DIMENSIONES <b>THICKNESS</b> ESPESOR		<b>WIDTH</b> ANCHO		<b>LENGTH</b> LARGO		<b>MARKS</b> MARCA		<b>QUANTITY</b> CANTIDAD		<b>TEST N°</b> PROBETA	
B4437L		01D6LL BCA		12,000		1500,00		3000,00		48		1		01D6LL B	
B4437L		01D6LL BCB		12,000		1500,00		3000,00		48		1		01D6LL B	
B4437L		01D6LL BCC		12,000		1500,00		3000,00		48		1		01D6LL B	
B4437L		01D6LL BCD		12,000		1500,00		3000,00		48		1		01D6LL B	
<b>CHEMICAL ANALYSIS / COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)</b>															
<b>HEAT N°</b> COLADA		C	CR	MN	MO	N	NI	P	S	SI					
D6LL		0,016	16,501	1,351	2,014	0,042	10,065	0,033	0,003	0,337					
<b>MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</b>															
<b>TEST N°</b> PROBETA		<b>PROBE</b> SIT TYPE	<b>Rm</b> N/mm2	<b>Rp 0.2</b> N/mm2	<b>Rp 1.0</b> N/mm2	<b>A50</b> %	<b>A5</b> %	<b>HRB</b>	<b>A200</b> %						
01D6LL B		C-T	591,11	275,27	321,29	57,57	56,57	84,00	54,57						
<b>REMARKS / OBSERVACIONES</b>										<b>SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL</b> INSPECCIÓN SUPERFICIAL Y DIMENSIONAL					
CERTIFIED ACC. TO PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE 97 / 23 / EC BY TÜV SÜDDEUTSCHLAND CERT. NO: 08 / 2001 / MUC EN 10088-2 The delivery is in accordance with the order Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 °C. NACE-MR0175/ISO 15156:2003; NACE MR0103:2010. (Chem & Mech only).										<b>SATISFACTORY</b> SATISFACTORIA					
<b>WORK INSPECTOR</b> INSPECTOR										 <b>V. B. CONTROL DE CALIDAD</b>					
										<b>A. Heredia</b>					
Palmones, 7										FEBRERO 2014					

**ACERINOX EUROPA**  
 FABRICA DEL CAMPO DE GIBRALTAR  
 PALMONES (LOS BARRIOS)  
 TFNO. (34) - 956 62 93 00  
 FAX (34) - 956 62 93 11  
 P.O. BOX 83  
 11370 LOS BARRIOS (CADIZ)



# INSPECTION CERTIFICATE

## CERTIFICADO DE INSPECCION

3.1

ACCORDING TO **EN 10204**  
 SEGUN

CERTIFICATE N° **F0 2013 846070 30001 7**  
 CERTIFICADO N°

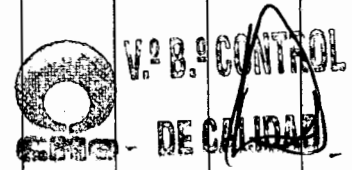
<b>CUSTOMER</b> CLIENTE METALINOX BILBAO, S. A. Arenaztegui Etorbidan 13 Andoain (Gulpuzcoa) GUIPUZCOA ESPAÑA	<b>OUR ORDER N°</b> N/PEDIDO <b>DL 441</b>	<b>YOUR ORDER N°</b> S/PEDIDO <b>M13007349</b>
<b>TRADE MARK</b> SELLO DEL FABRICANTE 	<b>INSPECTOR'S STAMP</b> SELLO DEL INSPECTOR	<b>STEELMAKING PROCESS</b> PROCESO DE ACERIA <b>A.O.D.</b>

<b>REQUIREMENTS</b> NORMAS APLICABLES ASTM A240/A480E011-ASME Section SA240/SA480E010Addenda2011	<b>INTERGRANULAR CORROSION</b> CORROSION INTERGRANULAR ASTM-A-262 PRACTICA E	<b>GRADE</b> MATERIAL Acs 240 TP-316L	<b>FINISH</b> ACABADO Nº1
--	--	---	---------------------------------

COIL / BOX BOBINA / CAJA	CONTENT CONTENIDO	DIMENSIONS DIMENSIONES			MARKS MARCA	QUANTITY CANTIDAD	TEST N° PROBETA
		THICKNESS ESPESOR	WIDTH ANCHO	LENGTH LARGO			
B2817T	04D3PZ CA	20,000	1500,00	3000,00	5	1	04D3PZ C
B2817T	04D3PZ CB	20,000	1500,00	3000,00	5	1	04D3PZ C


CHEMICAL ANALYSIS / COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)										
HEAT N° COLADA	C	CR	MN	MO	N	NI	P	S	SI	
<b>REQUIREMENTS</b> REQUISITOS	0,030	16,000 18,000	2,000	2,000 3,000	0,100	10,000 14,000	0,045	0,030	0,750	
D3PZ	0,017	16,643	1,298	2,081	0,044	10,030	0,029	0,001	0,376	

MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS						
TEST N° PROBETA	PROBE SIT TYPE	Rm N/mm2	Rp 0.2 N/mm2	HRB	A200 %	
<b>REQUIREMENTS</b> REQUISITOS		485,00	170,00	95,00	40,00	
04D3PZ	C T	600,58	335,48	85,00	56,67	



<b>REMARKS / OBSERVACIONES</b> Temperatura de hipertemple entre 1050 y 1100 ° C. The delivery is in accordance with the order NACE-MR0175/ISO 15156:2003; NACE MRO103:2010 (Chem & Mech only).	<b>SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL</b> INSPECCIÓN SUPERFICIAL Y DIMENSIONAL  <b>SATISFACTORY</b> SATISFACTORIA
	<b>WORK INSPECTOR</b> INSPECTOR  <i>A. Heredia</i> A. Heredia

Palmones, 2 DICIEMBRE 2013

	<b>CONSORCIO DE AGUAS DE ABURRÁ HHA</b>	P13N0245
	124.202 - PTAR BELLO	REV: 0
		3

# SOLDADURA WPS PQR WPQ

			FECHA: 01/08/2014 REV: 0
--	--	--	-----------------------------





## WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) Section IX ASME Boiler and Pressure Vessel Code

Company / *Compañía:*

CMO S.L.

By / *Par:*

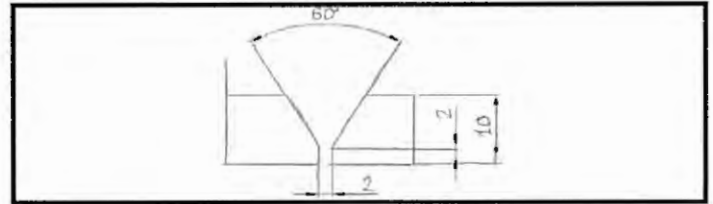
Daniel Calvo

WPS No. PS0113Date / *Fecha:* 02/08/2013Supporting / *Avala PQR No.*PS0113

Rev.

0Date / *Fecha:*02/08/2013Welding process / *Proceso de soldeo:*GMAWType / *Tipo:*SEMIAUTOMATICO**JOINTS / JUNTAS (QW-402)**Joints design / *Diseño junta:*VBacking / *Respaldo:*SI

Backing material (type)

MATERIALMaterial respaldo (*tipo*):APORTE**BASE METAL / METALES BASE (QW-403)**P-No. 8Group No. 1to P-No. 8Group No. 1Specification Type and Grade / *Especificación, tipo y grada:*SA240 TP 316Lto Specification Type and Grade / *a especificación, tipo y grada:*SA240 TP 316LThickness range / *Rango de espesares:*Base Metal / *Metal base:*Groove / *Bisel*1.5 a 20 mmFillet / *Ángulo*Sin restriccionDeposited Weld Metal / *Metal depositada:*Groove / *Bisel*Hasta 20 mmFillet / *Ángulo*Sin restriccionPipe  $\varnothing$  Range / *Rango  $\varnothing$  Tuba*Groove / *Bisel*Fillet / *Ángulo***FILLER METALS / METALES DE APORTACION (QW-404)**F No. 6A No. 8Spec. No SFA 5.9AWS No. Class / *Clase AWS nº*ER 316LSi $\varnothing$  of filler metal /  *$\varnothing$  metal aportación:*1,2 mmDeposited weld metal / *metal depositada:*10Thickness Range / *Rango espesares:*Groove / *Bisel*Hasta 20 mmFillet / *Ángulo*Sin restriccionElectrode - Flux Class / *Tipo:*---Flux trade name / *Marca:*---Consumable insert / *Anillo consumible:*---Other / *Otro:*---**POSITIONS / POSICIONES (QW-405)**Positions of groove / *Posición en bisel:*1GPositions of fillet / *Posición en ángulo:*---Welding progresion/ *Progreso soldea:*Up / *arriba:*---Down / *abajo:*---**PREHEAT / PRECALENTAMIENTO (QW-406)**Preheat Temperature Min. / *Temperatura de precalentamiento Min.:*>10°CInterpass Temperature Max. / *Temperatura máxima entre pasadas:*<175°CPreheat maintenance / *Mantenimiento del precalentamiento:*---**POSTWELD HEAT TREATMENT / TRATAMIENTO TERMICO DE SOLDADURAS (QW-407)**Temperature range / *Rango de temperatura:*---Time range / *Tiempo:*---**GAS (QW-408)**Shielding / *Respaldo:*

Gas

% Composition Mixture

Flow rate

PROTAR INOXARGON 98% CO2 2%12 L/minTrailing / *Arrastre:*---------Backing / *Respaldo:*---------**ELECTRICAL CHARACTERISTIC / CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)**

AC or DC

DCPolarity / *Polaridad:*(+)DirectaAmp. Range / *Rango amperios:*180-210Volts. Range / *Rango voltaje:*24-26Mode of metal transfer for GMAW / *Modo de transferencia de metal:*SPRAY**TECHNIQUE / TECNICA (QW-410)**String or wave bead / *Recto u oscilante:*RECTOOrifice of gas cup /  *$\varnothing$  Boquilla:* $\varnothing$ 22

Initial and interpass Cleaning

ESMERILADO / CEPILLADO

Method of back gouging

ESMERILADO*Limpieza inicial y entrepasadas:**Saneado de raíz:*Oscillation / *Oscilación:*Tube to work distance / *Distancia de trabajo baquilla:*8-10 mm

Multiple or single pass per side:

MULTIPLE

Multiple or single electrode

UNICO*Pasada única o múltiple por lado:**Electrada único o múltiple:*Travel speed Range / *Rango de velocidad de desplazamiento:*40-46 cm/min



BUREAU VERITAS

Registro de Cualificación de Procedimiento de Soldadura

Procedure Qualification Record (PQR)

QW-201 Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code

PQR No. PS0113

Página / Page: 1 of 2

Fecha / Date : 02.08.2013

Fecha de aprobación/Date PQR was qualified and approved: PS0113 /Rev. No.= 0

WPS No.: PS0113

Proceso(s) de soldadura/Welding Process(es): GMAW
Tipo: Manual / Automático / Semiautomático
Types: Manual / Automatic / Semi Auto.
Semi Autom.

Metales base: Base Metals (QW-403)

Table with 2 columns: Material Spec., Tipo o grado/Type or Grade. Values include SA 240, TP 316L, P No. /Gr No.: 8 / 1, A/ to P No./ Gr No.: 8 / 1.

Esesor del cupón/ Thickness of coupon: 10 mm

Diámetro del cupón/ Diameter of coupon: ---

Metal depositado/ Deposited Weld Metal (t): 10 mm

Otros/other: (Flux info) ---

Metal de aporte / Filler Metals (QW-404)

Análisis del metal depositado N° A / Weld Metal Analysis A No.: 8

Tamaño del electrodo / Size of Electrode: 1.2 mm

N° F del metal de aporte / Filler Metal F No: 6

Especificación SFA / SFA Specification: A5.9

Clasificación AWS / AWS Classification: ER316LSI

Flux Aleado /Alloy Flux: ---

Consumible suplementario/ Supplemental Filler Metal: ---

Tipo de Flux / Flux Type: ---

Escoria Molida / Recrushed slag: ---

Otros/other: ---

Posición / Position (QW-405)

Posición / Position of Groove: 1G

Progresión (ascendente, descendente) / Weld Progression (Uphill, Downhill): ---

Otros/other: ---

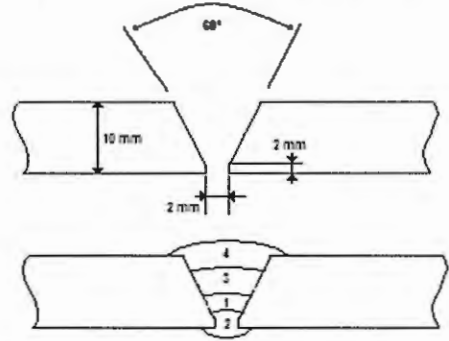
Precaentamiento / Preheat (QW-406)

Temperatura precaentamiento / Preheat Temp. (°C): > 10°C

Temperaturas entre pasadas / Interpass Temp. (°C): < 175°C

Otros / other: ----

Diseño junta/ Joints: QW 402.1 402.2 402.10 402.11



Respaldo / Backing: [X] Si/Yes / [ ] No
Retenedores / Retainers: [ ] Si/Yes / [X] No

Tratamiento térmico post-soldeo / Postweld Heat Treatment (QW-407)

Temperatura / Temperature: ---
Tiempo de Mantenimiento/Time: ---
Velocidad de enfriamiento / Cooling rate: ---
Otros/Others: ---

Gas / Gas (QW-408)

Table with 3 columns: Gas (es)/Gas(es), Mezcla/Mixture (%), Caudal/Flow Rate (l/min.). Values: PROTAR INOX, Ar 98% CO2 2%, 12 l/min.

Arrastre / Trailing: ---

Gas de respaldo / Backing: ---

Características eléctricas / Electrical Characteristics (QW-409)

Tipo de corriente / Current : DC
Polaridad / Polarity: +
Intensidad / Amps. : 180-195 A (para todas las pasadas /for all the layers)
Voltaje / Volts : 25,2 – 25,6 V (para todas las pasadas /for all the layers)
Modo de transferencia / Transfer mode: SPRAY
Otros / Other: ----

Técnica / Technique (QW-410)

Limpieza / Saneado / Clearing / Gouging: Cepillado y Esmerilado / Brushing and grinding
Recta u oscilante / String or Weave Bead: ---
Oscilación / Oscillation: ---
Velocidad de avance / Travel Speed: 41.3 – 45.2 cm/min.

Pasada simple o múltiple (por lado) / Multipass or Single pass (per side).Pasada multiple / Multipass

Electrodo simple or múltiple / Single or Multiple Electrodes: Simple / Single

Otros / Other: Soldadura realizada por ambas lado con resanado de raiz / Weld made from both sides with gouging

Martilleo/peening: [ ] Si/Yes / [X] No/No

ECA Grupo Bureau Veritas Avda. Pablo Ruiz Picasso, 10. 50018 ZARAGOZA, Tfno 976 52 42 22





BUREAU VERITAS

Registro de Cualificación de Procedimiento de Soldadura

Procedure Qualification Record (PQR)

QW-201 Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code

PQR No. PS0113

Página / Page: 2 of 2

Fecha / Date : 02.08.2013

Ensayos de tracción / Tensile Test (QW150)

Table with 7 columns: Probeta N°/Specimen No., Diámetro o ancho/Diam. Or Width mm, Espesor/Thickness mm, Area / Area mm², Carga total Ultimate Total Load KN, Tensión de rotura/Ultimate Unit Stress MPa, Tipo de fallo y localización/Type of Failure & Location. Rows include specimens 1 T and 2 T.

Ensayos de doblado / Guided Bend Tests (QW160)

Table with 2 main columns: Type/Tipo and Resultado/Result. Rows include CARA / FACE, RAIZ / ROOT, and TRANSVERSAL / TRANSVERSE tests.

Ensayo de impacto / Toughness Test (QW170)

Table with 7 columns: Probeta N°/Specimen No., Localización de la entalla/Notch Location, Tipo de entalla/Notch Type, Temperatura de ensayo/Test Temp., Valores de impacto (julios) Impact Values (joules), Expansión lateral Lateral Exp., Caída de peso Drop Weight. Sub-columns include % Frágil/%Shear, Mils Expansión, Rompe Break, No rompe No Break.

Ensayo soldadura en ángulo / Fillet Weld Test (QW-180)

Resultado satisfactorio / Result - Satisfactory: [ ] Si/Yes [ ] No/No. Penetración en el metal de base / Penetration into Parent Metal: [ ] Si/Yes [ ] No/No.

Tipo y carácter de la rotura / Type and Character of Failure: Resultados macros / Macro - Results:

Otros ensayos / Tipo de ensayo(s) / Other Tests / Type of Test(s): X Examen Visual / Visual test : SATISFATORIO. [ ] MACRO / Macrography test (QW 470): [ ] LIQUIDOS PENEDRANTES / PT: [ ] DUREZA / Hardness tests: [ ] RADIOGRAFIA / RT: [ ] Ultrasonidos / UT:

Análisis químico. Metal depositado/Deposit Analysis: Composición (%): C 0.02, Si 0.8, Mn 1.8, P 0.02, S 0.01, Cr 18.2, Ni 12.2, Mo 2.5.

Soldador / Welder's Name: SERAFIN TENA PONCE. Clock No.: STP. Sello / Stamp No.: ---. Ensayo laboratorio N° / Laboratory Test No.: IK4 AZTERLAN N° 280642. Fecha / Date: 02.08.2013. Firma / Signature: [Signature]. Organización / Fabricante / Organisation / Manufacturer: CONSTRUCCIONES METALICAS DE OBTURACION SL. Fecha / Date: 02.08.2013. Firma / Signature: [Signature]. Organismo de inspección / Inspection body: BUREAU VERITAS. Fecha / Date: 02.08.2013. Firma / Signature: [Signature].

Se certifica que los datos presentados en este certificado son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas satisfactoriamente de acuerdo con los requisitos de soldadura ASME Sección IX. We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.



ECA Grupo Bureau Veritas Avda. Pablo Ruiz Picasso, 10, 50018 ZARAGOZA, Tfno. 976 52 42 22



BUREAU VERITAS

CERTIFICADO DE CUALIFICACIÓN DE SOLDADORES (WPQ) DE ACUERDO AL Código ASME Sección IX (QW-484)

Informe n°: 20/X01/1/6160075-1002

Fecha: 02.08.2013

NOMBRE DEL SOLDADOR: SERAFIN TENA PONCE Identificación N°: SFT

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

IDENTIFICACION DEL WPS SEGUIDO: PS0113 Rev.: 0 Fecha: 02.08.2013

- Probeta cualificación
Testigo de producción

METAL BASE SOLDADO: ASME SA- 240 TP316L A ASME SA- 240 TP316L Espesor: 10 mm

CONDICIONES DE LA PRUEBA Y LIMITES DE CUALIFICACIÓN

Table with 3 columns: Variables de soldadura (QW-350), Valores utilizados, Gama cualificada. Rows include PROCESO(S) DE SOLDADURA USADO(S), TIPO, RESPALDO, METAL BASE, METAL DE APORTE, INSERCIÓN DE CONSUMIBLE, TIPO DE ALAMBRE, ESPESOR DEL METAL DEPOSITADO, POSICIÓN DE SOLDADURA, PROGRESIÓN VERTICAL, TIPO DE GAS DE SOLDADURA, GAS DE RESPALDO, MODO DE TRANSFERENCIA, TIPO DE CORRIENTE DE SOLDEO.

RESULTADOS

INSPECCIÓN VISUAL DE LA SOLDADURA TERMINADA: (QW-302.4) SATISFACTORIO

- Ensayo de doblado: Transversal cara y raiz (QW-462.3 (a)); Longitudinal cara y raiz (QW-462.3 (b)); Lateral (QW-462.2)
Ensayo de resistencia a la corrosión (QW-462.5 (c, d)); Macrografía De fusión de soldadura (QW-462.5 (e, f))

Table with 4 columns: Tipo, Resultado, Tipo, Resultado. Rows: DOBLADO TRANSVERSAL CARA, DOBLADO TRANSVERSAL RAIZ.

CUALIFICACIÓN ALTERNATIVA MEDIANTE EXAMEN RADIOGRÁFICO, RESULTADO: (QW-191) ---

SOLDADURA EN ANGULO - ENSAYO DE FRACTURA (QW-180) -- LONGITUD Y % DEFECTOS --

EXAMEN MACROGRAFICO (QW-184) -- TAMAÑO (in) -- CONVEXIDAD (in) --

OTROS ENSAYOS:

ENSAYOS DE CUALIFICACIÓN DIRIGIDOS POR: IK4 AZTERLAN informe n° 280642

CERTIFICAMOS LA EXACTITUD DE LOS DATOS DE ESTA FICHA Y SU CONFORMIDAD A LAS EXIGENCIAS DE LA SECCIÓN IX DEL CODIGO ASME, EN CUANTO A LA PREPARACIÓN, REALIZACIÓN Y CONTROL DE LOS ENSAYOS DE SOLDEO

Por: B°n° Fabricante / Supervisado:

Signature of Diego HERRERA DAVILA and Bureau Veritas stamp

Fdo. Diego HERRERA DAVILA Fdo.

ECA BUREAU VERITAS Avd. General Avilés 32. 46015 VALENCIA. Tfn. 963 485 009



**CERTIFICADO DE CUALIFICACIÓN DE SOLDADORES  
(WPQ)  
DE ACUERDO AL Código ASME Sección IX (QW-484)**

Informe n°: 20/X01/1/6185706-1001

Fecha: 14.01.2014

NOMBRE DEL SOLDADOR: ROUMEN GEORGUIEV VALKOV Identificación N°: RGV

**DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA**

IDENTIFICACION DEL WPS SEGUIDO: PS0113 Rev.: 0 Fecha: 11.12.2013  Probeta cualificación  Testigo de producción

METAL BASE SOLDADO: ASME SA- 240 TP316L A ASME SA- 240 TP316L Espesor: 10 mm

**CONDICIONES DE LA PRUEBA Y LIMITES DE CUALIFICACIÓN**

Variables de soldadura (QW-350)	Valores utilizados		Gama cualificada	
PROCESO (S) DE SOLDADURA USADO (S)	GMAW		GMAW	
TIPO (manual, semiautomático)	SEMIAUTOMATICO		SEMIAUTOMATICO	
RESPALDO (metal, metal soldado, etc)	CON RESPALDO		CON RESPALDO	
<input checked="" type="checkbox"/> CHAPA <input type="checkbox"/> TUBERIA (en caso de tubería indicar el diámetro)	CHAPA		CHAPA Y TUBO Ø>73mm	
METAL BASE P NÚMERO A METAL BASE P NÚMERO	P N° 8	A P N° 8	P-N° 1 a P-N° 15F, P-N° 34, P-N° 41 a P-N° 49	
METAL DE APORTE (SFA) CLASIFICACIÓN (Solo para información)	SFA 5.9		---	
METAL DE APORTE E NÚMERO	6		6	
INSERCIÓN DE CONSUMIBLE (Para GTAW o PAW)	---		---	
TIPO DE ALAMBRE (sólido, tubular, etc) (Para GTAW o PAW)	---		---	
ESPESOR DEL METAL DEPOSITADO POR CADA PROCESO (t)	10 mm		Hasta 20 mm	
POSICIÓN DE SOLDADURA (1G, 5G, etc.)	1G		F: CHAPA (BW, FW) F: TUBO Ø>73mm	
PROGRESIÓN VERTICAL (ascendente / descendente)	---		---	
TIPO DE GAS DE SOLDADURA	Ar (98%) - CO2 (2%)		Ar (98%) - CO2 (2%)	
GAS DE RESPALDO (GTAW, PAW o GMAW)	---		---	
MODO DE TRASFERENCIA (GMAW) (Spray, globular, pulsado)	SPRAY		SPRAY	
TIPO DE CORRIENTE DE SOLDEO / POLARIDAD (GTAW)	---		---	

**RESULTADOS**

INSPECCIÓN VISUAL DE LA SOLDADURA TERMINADA: (QW-302.4) SATISFACTORIO

Ensayo de doblado:  Transversal cara y raíz (QW-462.3 (a));  Longitudinal cara y raíz (QW-462.3 (b));  Lateral (QW-462.2)  
 Ensayo de resistencia a la corrosión (QW-462.5 (a, a)) ;  Macrografía De fusión de soldadura (QW-462.5 (b, c))

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
DOBLADO TRANSVERSAL CARA	Satisfactorio	---	---
DOBLADO TRANSVERSAL RAIZ	Satisfactorio	---	---

CUALIFICACIÓN ALTERNATIVA MEDIANTE EXAMEN RADIOGRÁFICO, RESULTADO: (QW-191) ---

SOLDADURA EN ANGULO - ENSAYO DE FRACTURA (QW-180) --- LONGITUD Y % DEFECTOS ---

CONCAVIDAD

CONVEXIDAD

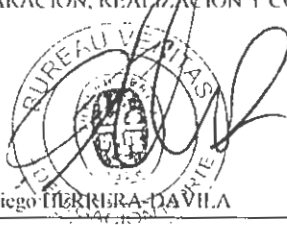
EXAMEN MACROGRAFICO (QW-184) --- TAMAÑO (in) --- (in) ---

OTROS ENSAYOS: ENSAYO DE TRACCION TRANSVERSAL con resultado satisfactorio

ENSAYOS DE CUALIFICACIÓN DIRIGIDOS POR: IK4 AZTERLAN Informe n° 287174

CERTIFICAMOS LA EXACTITUD DE LOS DATOS DE ESTA FICHA Y SU CONFORMIDAD A LAS EXIGENCIAS DE LA SECCIÓN IX DEL CÓDIGO ASME, EN CUANTO A LA PREPARACIÓN, REALIZACIÓN Y CONTROL DE LOS ENSAYOS DE SOLDEO

Por: Diego ILLERRETA-DAVILA B°V°: Diego ILLERRETA-DAVILA Fabricante / Supervisado: ---



Fdo. Diego ILLERRETA-DAVILA

Fdo.

ECA BUREAU VERITAS Avd. General Avilés 32. 46015 VALENCIA. Tfno. 963 485 009



**CERTIFICADO DE CUALIFICACIÓN DE SOLDADORES  
(WPQ)  
DE ACUERDO AL Código ASME Sección IX (QW-484)**

Informe n°: 20/X01/1/6185706-1002

Fecha: 14.01.2014

NOMBRE DEL SOLDADOR: JESUS MARIA CALVO Identificación N°: JMC

**DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA**

IDENTIFICACION DEL WPS SEGUIDO: PS0113 Rev.: 0 Fecha: 11.12.2013  Probeta cualificación  Testigo de producción

METAL BASE SOLDADO: ASME SA- 240 TP316L A ASME SA- 240 TP316L Espesor: 10 mm

**CONDICIONES DE LA PRUEBA Y LIMITES DE CUALIFICACIÓN**

Variables de soldadura (QW-350)	Valores utilizados		Gama cualificada
PROCESO (S) DE SOLDADURA USADO (S)	GMAW		GMAW
TIPO (manual, semiautomático)	SEMIAUTOMATICO		SEMIAUTOMATICO
RESPALDO (metal, metal soldado, etc)	CON RESPALDO		CON RESPALDO
<input checked="" type="checkbox"/> CHAPA <input type="checkbox"/> TUBERIA (en caso de tubería indicar el diámetro)	CHAPA		CHAPA Y TUBO Ø>73mm
METAL BASE: <u>P</u> NÚMERO A METAL BASE: <u>P</u> NÚMERO	P N° 8 A P N° 8	P N° 1 a P N° 15F, P N° 34, P N° 41 a P N° 49	
METAL DE APORTE (SFA) CLASIFICACIÓN (Solo para información)	SFA 5.9		---
METAL DE APORTE E NÚMERO	6		6
INSERCIÓN DE CONSUMIBLE (Para GTAW o PAW)	---		---
TIPO DE ALAMBRE (sólido, tubular, etc) (Para GTAW o PAW)	---		---
ESESOR DEL METAL DEPOSITADO POR CADA PROCESO (0)	10 mm		Hasta 20 mm
POSICIÓN DE SOLDADURA (1G, 5G, etc.)	1G		F: CHAPA (BW, FW) E: TUBO Ø>73mm
PROGRESIÓN VERTICAL (ascendente / descendente)	---		---
TIPO DE GAS DE SOLDADURA	Ar (98%) - CO2 (2%)		Ar (98%) - CO2 (2%)
GAS DE RESPALDO (GTAW, PAW o GMAW)	---		---
MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW) (Spray, globular, pulsado)	SPRAY		SPRAY
TIPO DE CORRIENTE DE SOLDEO / POLARIDAD (GTAW)	---		---

**RESULTADOS**

INSPECCIÓN VISUAL DE LA SOLDADURA TERMINADA: (QW-302.4) SATISFACTORIO

Ensayo de doblado;  Transversal cara y raíz (QW-462.3 (a));  Longitudinal cara y raíz (QW-462.3 (b));  Lateral (QW-462.2)  
 Ensayo de resistencia a la corrosión (QW-462.5 (c, d));  Macrografía De fusión de soldadura (QW-462.5 (b, e))

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
DOBLADO TRANSVERSAL CARA	Satisfactorio	---	---
DOBLADO TRANSVERSAL RAIZ	Satisfactorio	---	---

CUALIFICACIÓN ALTERNATIVA MEDIANTE EXAMEN RADIOGRÁFICO. RESULTADO: (QW-191) ---

SOLDADURA EN ANGULO - ENSAYO DE FRACTURA (QW-180) -- LONGITUD Y % DEFECTOS --

CONCAVIDAD / CONVEXIDAD (in) --

EXAMEN MACROGRAFICO (QW-184) -- TAMAÑO (in) --

OTROS ENSAYOS: ENSAYO DE TRACCION TRANSVERSAL con resultado satisfactorio

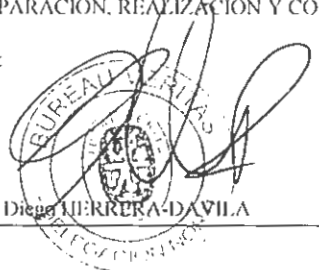
ENSAYOS DE CUALIFICACIÓN DIRIGIDOS POR: IK4 AZTERLAN Informe n° 287175

CERTIFICAMOS LA EXACTITUD DE LOS DATOS DE ESTA FICHA Y SU CONFORMIDAD A LAS EXIGENCIAS DE LA SECCIÓN IX DEL CODIGO ASME. EN CUANTO A LA PREPARACIÓN, REALIZACIÓN Y CONTROL DE LOS ENSAYOS DE SOLDEO

Por: B°V°: Fabricante / Supervisado:

Fdo. Diego HERRERA-DAVILA

Fdo.



ECA BUREAU VERITAS Avd. General Avilés 32. 46015 VALENCIA. Tfno. 963 485 009





**CERTIFICADO DE CUALIFICACIÓN DE SOLDADORES  
(WPQ)  
DE ACUERDO AL Código ASME Sección IX (QW-484)**

Informe nº: 20/X01/1/6185706-1003

Fecha: 14.01.2014

NOMBRE DEL SOLDADOR: JAVIER SARASOLA Identificación Nº: JS

**DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA**

IDENTIFICACION DEL WPS SEGUIDO: PS0113 Rev.: 0 Fecha: 11.12.2013  Probeta cualificación  Testigo de producción

METAL BASE SOLDADO: ASME SA- 240 TP316L A ASME SA- 240 TP316L Espesor: 10 mm

**CONDICIONES DE LA PRUEBA Y LIMITES DE CUALIFICACIÓN**

Variables de soldadura (QW-350)	Valores utilizados		Gama cualificada
PROCESO (S) DE SOLDADURA USADO (S)	GMAW		GMAW
TIPO (manual, semiautomático)	SEMIAUTOMATICO		SEMIAUTOMATICO
RESPALDO (metal, metal soldado, etc)	CON RESPALDO		CON RESPALDO
<input checked="" type="checkbox"/> CHAPA <input type="checkbox"/> TUBERIA (en caso de tubería indicar el diámetro)	CHAPA		CHAPA Y TUBO Ø>73mm
METAL BASE <u>P</u> NÚMERO A METAL BASE <u>P</u> NÚMERO METAL DE APORTE (SFA) / CLASIFICACIÓN (Solo para información)	P N° 8 A P N° 8	P-N° 1 a P-N° 15F, P-N° 34, P-N° 41 a P-N° 49	
METAL DE APORTE <u>E</u> NÚMERO	6	6	
INSERCIÓN DE CONSUMIBLE (Para GTAW o PAW)	---		
TIPO DE ALAMBRE (sólido, tubular, etc) (Para GTAW o PAW)	---		
ESPESOR DEL METAL DEPOSITADO POR CADA PROCESO (t)	10 mm	Hasta 20 mm	
POSICIÓN DE SOLDADURA (1G, 5G, etc.)	1G	F: CHAPA (BW, FW) E: TUBO Ø>73mm	
PROGRESIÓN VERTICAL (ascendente / descendente)	---		
TIPO DE GAS DE SOLDADURA	Ar (98%) - CO2 (2%)	Ar (98%) - CO2 (2%)	
GAS DE RESPALDO (GTAW, PAW o GMAW)	---		
MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW) (Spray, globular, pulsado)	SPRAY		SPRAY
TIPO DE CORRIENTE DE SOLDEO / POLARIDAD (GTAW)	---		

**RESULTADOS**

INSPECCIÓN VISUAL DE LA SOLDADURA TERMINADA: (QW-302.4) SATISFACTORIO

Ensayo de doblado:  Transversal cara y raíz (QW-462.3 (a));  Longitudinal cara y raíz (QW-462.3 (b));  Lateral (QW-462.2)  
 Ensayo de resistencia a la corrosión (QW-462.5 (c, d));  Macrografía De fusión de soldadura (QW-462.5 (b, e))

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
DOBLADO TRANSVERSAL CARA	Satisfactorio	---	---
DOBLADO TRANSVERSAL RAIZ	Satisfactorio	---	---

CUALIFICACIÓN ALTERNATIVA MEDIANTE EXAMEN RADIOGRÁFICO, RESULTADO: (QW-191) ---

SOLDADURA EN ANGULO - ENSAYO DE FRACTURA (QW-180) --- LONGITUD Y % DEFECTOS ---

EXAMEN MACROGRAFICO (QW-184) --- TAMAÑO (in) --- (in) ---  
 CONCAVIDAD / CONVEXIDAD

OTROS ENSAYOS: ENSAYO DE TRACCION TRANSVERSAL con resultado satisfactorio

ENSAYOS DE CUALIFICACIÓN DIRIGIDOS POR: IK4 AZTERLAN Informe nº 287176

CERTIFICAMOS LA EXACTITUD DE LOS DATOS DE ESTA FICHA Y SU CONFORMIDAD A LAS EXIGENCIAS DE LA SECCIÓN IX DEL CODIGO ASME. EN CUANTO A LA PREPARACIÓN, REALIZACIÓN Y CONTROL DE LOS ENSAYOS DE SOLDEO

Por: \_\_\_\_\_ B°V°: \_\_\_\_\_ Fabricante / Supervisado: \_\_\_\_\_

Fdo. Diego HERRERA DAVILA

Fdo. \_\_\_\_\_

ECA BUREAU VERITAS Avd. General Avilés 32. 46015 VALENCIA. Tfno. 963 485 009



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES  \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

FIRMA ASESOR   
 FECHA ENTREGA: 12-10-2016

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_      ACEPTADO \_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_  
 FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_  
 FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_