



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**FABRICACIÓN DE 14 MARCOS ESTRUCTURALES O  
JUNTAS DE EXPANSIÓN PARA SPCC**

**PRESENTADO POR:**

**BACHILLER CHRISTOPHER STUART ZEA PINTO**

**ASESOR:**

**M.Sc. FELIX RICARDO PÉREZ PUERTAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2024**



# Universidad José Carlos Mariátegui

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, certifica que el trabajo de investigación (\_\_\_) / Tesis (\_\_\_) / Trabajo de suficiencia profesional (\_\_\_) / Trabajo académico (\_\_\_), titulado **“FABRICACIÓN DE 14 MARCOS ESTRUCTURALES O JUNTAS DE EXPANSIÓN PARA SPCC”** presentado por el(la) Bachiller **ZEA PINTO, CHRISTOPHER STUART** para obtener el grado académico (\_\_\_) o Título profesional (\_\_\_) o Título de segunda especialidad (\_\_\_) de: **INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**, y asesorado por el(la) **M.Sc. FÉLIX RICARDO PÉREZ PUERTAS**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°363-2023-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Trabajo de suficiencia profesional	Porcentaje de similitud
Ingeniería Mecánica Eléctrica	Zea Pinto, Christopher Stuart	“FABRICACIÓN DE 14 MARCOS ESTRUCTURALES O JUNTAS DE EXPANSIÓN PARA SPCC”	34 % (12 de junio de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **34 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 12 de junio de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ph.D. EDGAR VIRGILIO BÉDOYA JUSTO  
Jefe de la Unidad de Investigación

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
PÁGINA DEL JURADO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii

### CAPÍTULO I

#### ASPECTOS GENERALES DEL TEMA

1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Aspectos Generales de la Empresa .....	2
1.2.1 Razón social .....	2
1.2.2 Misión .....	2
1.2.3 Visión .....	3
1.2.4 Especialidades .....	3
1.2.5 Ubicación .....	4
1.2.6 Organización de la empresa .....	4
1.3 Contexto socio económico.....	5
1.3.1 Crecimiento en el sector minero. ....	5
1.3.2 Inversiones privadas.....	5
1.4 Descripción de la experiencia.....	6

1.5	Descripción del cargo .....	6
1.6	Propósito del Puesto .....	7
1.7	Proceso que será objeto del informe .....	8
1.8	Resultados concretos que ha alcanzado en este periodo de tiempo.....	8

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

2.1	Explicación del papel que jugaron la teoría y práctica del desempeño profesional .....	10
2.1.1	Supervisión de Campo .....	10
2.1.2	Visita técnica .....	12
2.1.3	Presupuesto.....	12
2.1.4	Costo directo. ....	12
2.1.5	Costo indirecto. ....	13
2.1.6	Cronogramas de trabajos o diagrama de Gantt .....	13
2.2	Descripción de las acciones, metodología y procedimiento a los que se recurrieron para resolver la situación profesional objeto del informe .....	13
2.2.1	Objetivos del proyecto .....	13
2.2.2	Marcos estructurales o juntas de expansión .....	13
2.2.3	Función.....	14

## **CAPÍTULO III**

### **APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIA**

3.1	Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridos.....	15
3.1.1	Equipos .....	15
3.1.2	Herramientas .....	16

3.1.3 Materiales .....	16
3.1.4 Útiles de escritorio .....	17
3.1.5 Equipo de protección personal (EPP) .....	18
3.1.6 Proceso de fabricación de marcos estructurales o juntas de expansión.....	18
3.1.6.1 Circulares. ....	19
3.1.6.2 Rectangulares. ....	19
3.1.7 Material .....	20
3.1.8 Propiedades físicas.....	23
3.1.9 Soldadura .....	23
3.1.10 Corrosión.....	24
3.1.11 Diseño .....	24
3.1.11.1 Elaboración de planos as built. ....	24
3.1.11.2 Aprobación de planos as built. ....	25
3.1.11.3 Fabricación.....	26
3.1.12 Habilitado .....	27
3.1.13 Armado.....	28
3.1.14 Proceso de soldadura.....	33
3.1.14.1 SMAW. ....	34
3.1.14.2 Material de aporte. ....	36
3.1.14.3 Posición. ....	37
3.1.14.4 WPS. ....	37
3.1.14.5PQR. ....	38
3.1.14.6WPQR. ....	39
3.1.15 Preparación superficial y aplicación de recubrimientos.....	39

3.1.15.1 Limpieza manual.....	39
3.1.15.2 Limpieza mecánica. ....	40
3.1.15.3 Arenado. ....	41
3.1.15.4 Pintado. ....	44
3.1.16 Inspecciones – control de calidad .....	47
3.1.17 Control dimensional. ....	48
3.1.18 Inspección visual. ....	48
3.1.19 Tintes penetrantes.....	50
3.1.20 Medición de rugosidad. ....	51
3.1.21 Medición de espesores. ....	51
3.1.22 Entrega final.....	55
3.2 Desarrollo de Experiencia.....	56
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Propiedades mecánicas del ASTM A-515 Grado 70.....	20
<b>Tabla 2</b> Composición Química de ASTM A240, A666.....	22
<b>Tabla 3</b> Propiedades Mecánicas de ASTM A240, A666.....	22
<b>Tabla 4</b> Propiedades Físicas de ASTM A240.....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Tiempo de vida útil.....	4
<b>Figura 2</b> Organigrama de la ACK SOLUTIONS.....	4
<b>Figura 3</b> Gráfico de inversión privada en la minería en el 2020.....	6
<b>Figura 4</b> Marco Estructurales Circular.....	19
<b>Figura 5</b> Marco Estructural Rectangular.....	19
<b>Figura 6</b> Marco Estructurales con material A – 515.....	20
<b>Figura 7</b> Marco Estructurales con material inoxidable 316L.....	21
<b>Figura 8</b> Elaboración de Planos en AutoCAD.....	25
<b>Figura 9</b> Planos As Built presentado.....	26
<b>Figura 10</b> Trazado de Plancha.....	30
<b>Figura 11</b> Corte de Plancha.....	31
<b>Figura 12</b> Armado de junta.....	31
<b>Figura 13</b> Armado de Cono de Junta.....	31
<b>Figura 14</b> Rolado de ductos.....	32
<b>Figura 15</b> Apuntalado de Juntas de Expansión.....	32
<b>Figura 16</b> Taladrado de Juntas de Expansión.....	32
<b>Figura 17</b> Enderezamiento de Juntas de Expansión.....	33
<b>Figura 18</b> Proceso de Soldadura.....	34
<b>Figura 19</b> Componentes de Soldadura SMAW.....	35
<b>Figura 20</b> Soldadura SMAW.....	36
<b>Figura 21</b> Electrodo E 7 018.....	36
<b>Figura 22</b> Posiciones en Soldadura.....	37

<b>Figura 23</b>	Limpieza Manual según norma SSPC - SP2.....	40
<b>Figura 24</b>	Limpieza Mecánica según norma SSPC – SP3.....	41
<b>Figura 25</b>	Equipo de Arenado.....	42
<b>Figura 26</b>	Personal realizando tarea de Arenado.....	43
<b>Figura 27</b>	Equipo de Protección Personal de Operadores de Arenado.....	43
<b>Figura 28</b>	Junta de Expansión Arenada.....	43
<b>Figura 29</b>	Equipo de Pintado – Airless.....	45
<b>Figura 30</b>	Pintura Jet Primer Epoxi utilizada en Proyecto.....	46
<b>Figura 31</b>	Personal realizando tarea de Pintado.....	46
<b>Figura 32</b>	Junta de Expansión Pintada.....	46
<b>Figura 33</b>	Control de Calidad.....	47
<b>Figura 34</b>	Control Dimensional de Junta de Expansión.....	53
<b>Figura 35</b>	Flexómetro o wincha, instrumento de medición.....	53
<b>Figura 36</b>	Aplicación de Tintes Penetrantes – Penetrante.....	53
<b>Figura 37</b>	Aplicación de Tintes Penetrantes – Revelador.....	54
<b>Figura 38</b>	Kit de Tintes Penetrantes.....	54
<b>Figura 39</b>	Medición de Espesores en Juntas de Expansión.....	54
<b>Figura 40</b>	Medición de Espesores en Juntas de Expansión.....	55
<b>Figura 41</b>	Elcometer – Medidor de Espesores en Película Seca.....	55
<b>Figura 42</b>	Izaje de Junta de Expansión para ser trasladada.....	56
<b>Figura 43</b>	Entrega Final a SPCC en Patio Puerto.....	56

## **RESUMEN**

Este informe de suficiencia profesional describe a continuación la experiencia de trabajar en ACK SOLUTIONS S.R.L, una empresa dedicada a la prestación de diversos tipos de servicios y consultoría en el campo de la minería, ingeniería, transporte, métodos y proyectos, los fundamentos del método de Producción de 14 Marcos Estructurales o Juntas de Expansión para Southern Copper Corporation – Fundición, en la Provincia de Ilo, Departamento de Moquegua, teniendo una participación en varias áreas de la empresa y obteniendo conocimientos amplios en las áreas de seguridad, calidad y fabricación. Con la fabricación de los Marcos Estructurales se obtuvo un beneficio en el servicio para la empresa ACK SOLUTIONS S.R.L., y se pudo entregar un servicio de alta calidad de acuerdo a los estándares nacionales y los de la empresa Southern Copper Corporation.

Palabras clave: control, aseguramiento, inspección.

## **ABSTRACT**

This professional proficiency report describes below the experience of working at ACK SOLUTIONS S.R.L, a company dedicated to providing various types of services and consulting in the field of mining, engineering, transportation, methods and projects, the fundamentals of the Production of 14 Structural Frames or Expansion Joints for Southern Copper Corporation – Foundry, in the Province of Ilo, Department of Moquegua, having a participation in several areas of the company and obtaining extensive knowledge in the areas of safety, quality and manufacturing. With the manufacture of the Structural Frames, a benefit was obtained in the service for the company ACK SOLUTIONS S.R.L., and a high-quality service was delivered according to national standards and those of the Southern Copper Corporation company.

Keywords: control, assurance, inspection.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de competencia profesional cubre la planificación y la fabricación y es una metodología propuesta para diseñar un conjunto de recursos de fabricación y montaje necesarios para la división de fundición de Southern Copper Corporation.

Este informe se divide en cuatro capítulos.

El primer capítulo presenta los objetivos alcanzados en este estudio, datos de la empresa, antecedentes y antecedentes socioeconómicos.

El segundo capítulo se centra en el conocimiento teórico general de los procesos de fabricación metalmecánica, las regulaciones del proceso y, finalmente, su evaluación y retroalimentación.

El tercer capítulo describió la metodología para desarrollar los procedimientos necesarios. También se ha definido una función. También se realizó una revisión de los modos de falla y los resultados, lo que resultó en el desarrollo de una estrategia de mantenimiento. Finalmente, el cuarto capítulo presenta las conclusiones del estudio de aptitud vocacional.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES DEL TEMA**

#### **1.1. Antecedentes**

Para la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (2023), en la actualidad Perú ocupa una destacada posición a nivel mundial en la producción de metales preciosos y minerales. Es el segundo mayor productor global de plata, cobre y zinc, lo que evidencia la importancia de la industria minera en el país. Asimismo, Perú se posiciona como el principal productor en América Latina de oro, zinc, estaño, plomo y molibdeno. Estos logros son en gran medida atribuibles a la presencia de la Cordillera de los Andes, la cual juega un papel fundamental en la geología peruana al ser una fuente primordial de depósitos minerales a nivel mundial. La riqueza mineral de esta región ha impulsado el desarrollo económico del país y ha generado oportunidades significativas en el sector minero.

Los minerales extraídos en Perú gozan de una alta demanda en el actual mercado global, cuyo crecimiento se sustenta en la producción y la industria. Estados Unidos, China, Suiza, Japón, Canadá y la Unión Europea destacan como los principales consumidores de estos minerales (ACK SOLUTIONS S.R.L., 2018).

La empresa Southern Copper Corporation identificó un desafío relacionado con la fabricación de 14 marcos estructurales o juntas de expansión, lo cual implicaba una pérdida de horas de producción. Ante esta problemática, se llevó a cabo un proceso de licitación y la empresa ACK SOLUTIONS S.R.L. resultó ganadora de dicho proyecto.

Estos nuevos proyectos de mejora brindan a las empresas proveedoras de servicios la oportunidad de llevar a cabo el desarrollo y control integral de una variedad de elementos que ayudan a satisfacer las necesidades de estas empresas mineras.

## **1.2. Aspectos Generales de la Empresa**

### **1.2.1 Razón social**

Empresa ACK SOLUTIONS S.R.L.

ACK SOLUTIONS S.R.L. es una empresa especializada en mantenimiento mecánico, estructural y eléctrico en la industria y minería desde 2010. También proporcionamos un servicio de alta calidad y soporte después de la entrega. La experiencia, la dedicación y el cumplimiento de cada tarea (además de un gran compromiso de la sociedad) nos han convertido en una empresa líder en el mercado local y regional, abasteciendo a grandes industrias y contribuyendo al mejoramiento del puerto de Ilo.

### **1.2.2 Misión**

Somos una empresa de servicios que brinda soluciones complejas para el mantenimiento mecánico y eléctrico de equipos e instalaciones industriales. Basados en la responsabilidad, puntualidad y honestidad, con un equipo de

empleados profesionales y equipos modernos, se garantizan los requisitos del cliente.

### **1.2.3 Visión**

Ser una empresa líder en el ramo del mantenimiento industrial para atender de manera eficiente, rápida y profesional los requerimientos de los clientes, basados en la atención individualizada de los empleados y la capacitación continua.

### **1.2.4 Especialidades**

- Mantenimiento Mecánico e Industrial
- Labores Anticorrosivos - Recubrimiento Industrial Mantenimiento General
- Instalación de Protección Industriales
- Soldadura en TIG y MIG (1G, 2G, 3G, 4G, 5G, 6G)
- Labores en Maestranza (Tornería, Fresado)
- Construcción Civil en general

**Figura 1**

*Especialidades y/o Servicios que brinda la ACK SOLUTIONS*



### 1.2.5 Ubicación

Alto Ilo San Pedro T-9 en el Distrito de Ilo, Provincia de Ilo, Departamento de Moquegua.

### 1.2.6 Organización de la empresa

**Figura 2**

*Organigrama de la ACK SOLUTIONS*



## **1.3 Contexto socio económico**

### **1.3.1 Crecimiento en el sector minero.**

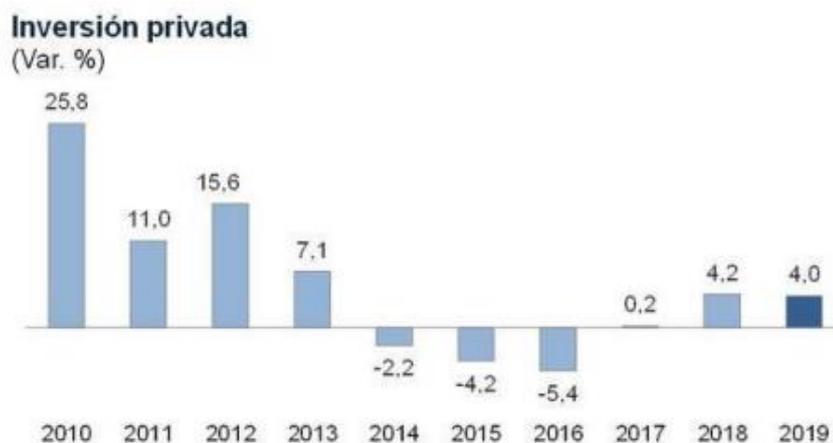
Para Toro (2020), enfatizó que, a pesar del impacto de la pandemia del coronavirus, el PIB de la minería metálica se recuperará rápidamente, lo que estará relacionado con el impulso de la economía nacional, la creación de empleos y recursos para los peruanos al respecto, aclaré que, en su informe de inflación de septiembre, el BCRP pronostica un aumento de 14,4% en el PIB de la minería metálica en 2021, lo que refleja la rauda y mejora continua de esta operación minera (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

### **1.3.2 Inversiones privadas.**

Una mejor perspectiva de inversión minera también llevó al Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a aumentar el crecimiento de la inversión privada este año de 3,5% (MMM) a 4,5%, el más alto desde 2013. También fue respaldado por un fuerte crecimiento de la inversión en infraestructura de transporte y riego, dijo el MEF. En materia de inversión pública, el MEF mantiene su meta de crecimiento de 17,5% para este año (Banco Central de Reserva, 2020).

**Figura 3**

*Gráfico de inversión privada en la minería en el 2020*



*Nota:* Banco Central de Reserva (2020).

#### **1.4 Descripción de la experiencia**

Las funciones que se desarrolló fueron en el puesto de supervisión de operaciones en la fabricación de los Marcos Estructurales desde el 05 de octubre del 2020 hasta 15 de marzo del 2021 siendo mi participación en todas las características, en todas las disciplinas, como mecánica, eléctrica y tuberías, lo que amplía más mi conocimiento y desarrolla el conocimiento teórico enseñado en la universidad (Ministerio de Economía y Finanzas, 2020).

#### **1.5 Descripción del cargo**

Profesional con la experiencia mínima requerida en supervisión de servicios de metalmecánica, mantenimientos, mantenimientos de planta y montaje en general.

El Supervisor de Operaciones tiene que cumplir con la responsabilidad de la realización correcta de las actividades, igualmente se encarga del acoplamiento con el operador de contrato.

## **1.6 Propósito del Puesto**

- Asegúrese de que todas las personas de la organización de las que son responsables conozcan, comprendan y sigan este procedimiento
- Comunicar el procedimiento; a quienes se encuentren en el punto de trabajo y que los especialistas no desconozcan los riesgos relacionados a las tareas asignadas (Banco Central de Reserva, 2020).
- Velar por que sus subordinados estén capacitados en lo que esto implica es un trabajo de alto riesgo
- Comprender el plan de acción a emergencias y divulgarlo
- Capacitar y supervisar a los empleados para que comprendan e implemente todos los estándares, PETS e IPERC de línea base y para que usen adecuadamente el EPP apropiado para cada trabajo
- Contactar al operador del servicio o supervisor de área para realizar el alcance de los servicios a realizar
- Preparar al personal involucrado en el trabajo sobre riesgos y peligros en la preparación de sus funciones y medidas de control para reducir incidentes y accidentes

## **1.7 Proceso que será objeto del informe**

Desarrollar la fabricación de los marcos estructurales, de acuerdo con las normas ASME, ASTM y el código AWS D1.1 en su última edición y de acuerdo con las medidas que indica los planos y las tomadas en campo.

El presente trabajo se llevará a cabo siguiendo las directrices proporcionadas por especialistas en diversas áreas. Esto asegurará que la fabricación de los marcos estructurales se realice de manera precisa, cumpliendo con los más altos estándares de calidad y garantizando la excelencia del producto final.

## **1.8 Resultados concretos que ha alcanzado en este periodo de tiempo**

Durante mi tiempo laborando como supervisor de operaciones en ACK SOLUTIONS S.R.L. participe en diferentes trabajos de fabricación de estructuras con materiales diferentes las cual realice los siguientes trabajos y funciones:

- Revisión de documentación previa a la ejecución de la fabricación como Diagramas de Gantt, planos, Metadros, tipos de material, Valorizaciones, etc.
- Análisis de costos y presupuestos de los proyectos, realizando un estudio de tiempo de fabricación, obtención de materiales, manos de obra, equipos, etc.
- Supervisión de cada una de los procesos desde la obtención de material hasta la entrega de material, dentro de esta supervisión

también se realizó el cumplimiento de los cronogramas de trabajo que nos otorga el equipo de planificación.

- Verificación en los procesos de calidad con los especialistas, utilizamos las pruebas de líquidos penetrante para soldadura y utilización de equipos para medir los Mills en el proceso de recubrimiento de los marcos estructurales.
- Asistencia en reuniones y coordinación para dar seguimiento, coordinar acciones y planificar junto al equipo del proyecto, clientes y proveedores. El objetivo ha sido garantizar una comunicación fluida y eficiente, así como abordar y resolver cualquier inconveniente que surja durante el proceso.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 Explicación del papel que jugaron la teoría y práctica del desempeño profesional**

En este capítulo se desarrollarán algunos conceptos para entender a profundidad cómo funciona el mercado en el Puerto de Ilo especialmente con Southern Perú, además de explicar los procesos ejecutados en el Período de Fabricación de los Marcos Estructurales.

##### **2.1.1 Supervisión de Campo**

ACK SOLUTIONS S.R.L. (2018) indica que el supervisor es el responsable y encargado de la supervisión General y la capacitación de los miembros del personal para brindar la orientación necesaria, este tiene que cumplir con las siguientes funciones:

- La correcta administración de los Recursos Humanos y los Activos
- Planificar, organizar, coordinar, dirigir y supervisar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas mecánicos, eléctricos y de autonomía en campo y taller, garantizando una ejecución de calidad de los programas de

- mantenimiento de todos los equipos de mina y soporte a un costo óptimo sin sacrificar la seguridad
- Realizar control y seguimiento del presupuesto y los KPI establecidos en los contratos (MARC y otros contratos de servicios) para el mantenimiento de equipos de operaciones mina y soporte
- Asegurar en todo trabajo las herramientas de gestión de seguridad (PETS, PETAR, IPERC) así como llenado correcto de calidad
- Realizar supervisión permanente en campo y asistencia técnica en fallas
- Revisar y dar la validación y/o rechazo de los reportes de fallas, incluyendo observaciones y recomendaciones
- Realizar las conciliaciones de demoras con operaciones y los SSEE
- Asegurar la generación y seguimiento de Backlogs y el ingreso al SAP con los SSEE
- Realizar auditorías de mantenimiento en la planificación y ejecución para proponer proyectos de mejora
- Promover la cultura de mejora continua a través del reconocimiento oportuno y la estandarización de buenas prácticas; proporcionar retroalimentación y capacitación sobre el desempeño del personal a cargo e influir oportunamente en las desviaciones de los planes y objetivos
- Promover y liderar las reuniones de seguridad con los SSEE de los contratos MARC bajo su responsabilidad antes del inicio del turno

- Asegurar que el Sistema de gestión de los SSEE se comprenda y aplique de manera consistente en todos los niveles, para lograr Cero Daño y crear una relación comercial de socios estratégicos
- Realizar análisis de los planes de mantenimiento y garantizar con planificación los planes maximizando la disponibilidad y confiabilidad de la flota al menor costo
- Realizar otras funciones y responsabilidades transmitidas por el supervisor inmediato

### **2.1.2 Visita técnica**

Es parte protocolar por parte del Cliente, es una visita al lugar donde se realizará el trabajo, aquí explican a detalle las actividades que se realizarán (las que existen en el Alcance y algunas posibles adiciones o viceversa).

### **2.1.3 Presupuesto**

Presupuestar implica reconocer alcances y limitaciones del trabajo. Aquí se refleja el precio total en soles de lo que costará realizar el Servicio, el cuál será revisado por el Gerente de la Empresa y posteriormente evaluado por el Cliente para determinar al mejor postor (Arboleda, 2017).

### **2.1.4 Costo directo.**

Compra de materiales y productos manufacturados. Los costos directos son la suma de los costos de materiales, mano de obra (incluidas las leyes sociales), equipos, herramientas y todos los elementos necesarios para realizar el trabajo (Arboleda, 2017).

### **2.1.5 Costo indirecto.**

El costo directo es lo que influye al proceso productivo en general de uno a más productos, por lo que no se puede otorgar directamente a un solo producto sin usar algún criterio de otorgamiento (Arboleda, 2017).

### **2.1.6 Cronogramas de trabajos o diagrama de Gantt**

Los diagramas de Gantt son una herramienta gráfica y teórica, teniendo como objetivo exponer el tiempo de ofrecimiento sospechado para diferentes funciones o actividades en un tiempo total determinado. El cronograma para el diagrama Gantt se realiza según el tiempo y los horarios dispuestos por la Contratista (Ugalde, 1979).

## **2.2 Descripción de las acciones, metodología y procedimiento a los que se recurrieron para resolver la situación profesional objeto del informe**

### **2.2.1 Objetivos del proyecto**

#### **2.2.1.1 Objetivo general.**

Describir la fabricación de los marcos estructurales o juntas de expansión cumpliendo con los estándares de calidad.

### **2.2.2 Marcos estructurales o juntas de expansión**

#### **2.2.2.1 Definición.**

Un marco estructural es un componente que permite el desplazamiento relativo entre sus extremos sin deformación plástica.

### **2.2.3 Función.**

Es el componente fundamental de un marco estructural es el fuelle. El fuelle debe ser lo suficientemente fuerte como para soportar la alta presión del fluido, y flexible para deformarse debido a la desigualdad de desplazamientos o rotaciones en sus extremos (Belman, 2021).

## **CAPÍTULO III**

### **APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIA**

#### **3.1 Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridos**

##### **3.1.1 Equipos**

- Camión Grúa de 5 Tn
- Tecla de 2 Tn
- Compresora Sullair 260
- Montacargas de 5 Tn. Nissan
- Equipo de Pintura (Airless)
- Equipo de Arenado (mangueras, tolva, cernidor, entre otros)
- Máquina de Soldar
- Esmeril de 7"
- Esmeril de 4 ½"
- Equipo de Oxicorte
- Taladro Magnético
- Tableros de Distribución Eléctrica
- Extensiones Eléctricas

### **3.1.2 Herramientas**

- Combo de 4 Lbs
- Martillo de bola
- Cincel
- Llaves mixtas
- Escoba
- Recogedor
- Escobilla metálica
- Carretilla
- Punzones
- Eslingas
- Grilletes
- Baldes de plástico
- Juego de dados
- Alicates (corte y punta)
- Cuchilla pela cable
- Máquina Roladora
- Máquina Plegadora

### **3.1.3 Materiales**

- Cinta aislante
- Plástico
- Trapo industrial
- Soldadura E – 7018 (Soldarco)

- Soldadura E – 316L (Inox BW-ELC)
- Plancha ASTM A – 515
- Plancha Inoxidable ASTM 316L
- Ángulo ASTM A – 36
- Discos de Corte (7 y 4 ½")
- Discos de Desbaste (7 y 4 ½")
- Pintura Primer color verde
- Disolvente
- Tintes Penetrantes (Kit)
- Thinner

#### **3.1.4 Útiles de escritorio**

- Libreta de campo
- Lapiceros
- Lápices
- Correctores
- Marcadores metálicos
- Perforador
- Engrapador
- Papel A4
- Papel Carta
- Tableros
- Archivadores
- Cds

- Folder File
- Fastener
- Grapas
- Sellos
- Fotocopiadora
- Impresora
- Laptop
- Celulares
- Cámaras Fotográficas

### **3.1.5 Equipo de protección personal (EPP)**

- Casco de Seguridad
- Lentes de Seguridad
- Guantes de Cuero
- Tapones de Oído
- Orejeras
- Zapatos de Seguridad
- Uniforme (Camisa y Pantalón Jean)
- Respirador para polvo y/o gases

### **3.1.6 Proceso de fabricación de marcos estructurales o juntas de expansión**

### 3.1.6.1 Circulares.

De 2 100 mm de diámetro y 3 200 mm de diámetro que van acopladas en ductos con bases redondas por las diferentes áreas de Fundición.

**Figura 4**  
*Marco Estructurales Circular*



### 3.1.6.2 Rectangulares.

De 3 500 mm de longitud y 5 500 mm de longitud que van acoplados en ductos con bases rectangulares por las diferentes áreas de Fundición.

**Figura 5**  
*Marco Estructurales Rectangular*



### 3.1.7 Material

#### 3.1.7.1 Acero ASTM A-515.

##### ➤ Descripción

Más resistente que la placa A-285 para temperaturas medias y altas. Soldadura más fácil siguiendo los procedimientos adecuados. Los paneles A- 515 tienen una estructura de grano fino. Puede ir acompañado de tratamientos tanto de normalizado o rolado. Disponible en rollo o en hoja.

**Figura 6**

*Marco Estructurales con material A – 515*



##### ➤ Usos

Recipientes media resistencia para servicio de temperatura media y alta.

##### ➤ Propiedades mecánicas

**Tabla 1**

*Propiedades mecánicas del ASTM A-515 Grado 70*

NORMA TÉCNICA	F Kg/mm <sup>2</sup>	R Kg/mm <sup>2</sup>	A %	NORMA EQUIVALENTE
ASTM A – 515 GRADO 70	38	70-90	17	EN 10028 – 2 P295 GH

### 3.1.7.2 Acero inoxidable 316L.

#### ➤ Descripción

El acero inoxidable tipo 316 es un acero inoxidable austenítico de níquel molibdeno. Esta adición mejora la resistencia general a la corrosión, es favorable contra las soluciones de iones de cloruro y proporciona una excelente resistencia a temperaturas elevadas. Las propiedades son similares a las del Tipo 304, excepto que esta fundición es más fuerte a altas temperaturas. Excelente resistencia a la corrosión, especialmente al ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido acético, ácido fórmico y ácido tartárico; sulfatos ácidos y cloruros de metales alcalinos. El acero inoxidable tipo 316L es una versión de carbono ultra bajo del Tipo 316 que reduce la aceleración destructiva de los carburos en áreas donde hay temperaturas durante la soldadura (Ulbrich Aceros Inoxidables y Metales Especiales Inc, 2023).

**Figura 7**

*Marco Estructurales con material inoxidable 316L*



**Formas del producto:** Lámina, banda (tira).

**Especificaciones:** ASTM A240, A666.

**Aplicaciones comunes:** Cabezales de escape, piezas para hornos, intercambiadores térmicos, equipos farmacéuticos y fotográficos, recortes de válvulas y bombas, equipos químicos, digestores, tanques, evaporadores, equipos de celulosa, papel y procesamiento textil, piezas expuestas a atmósferas marinas y tubería (Ulbrich Aceros Inoxidables y Metales Especiales Inc, 2023).

### Composición química

**Tabla 2**  
*Composición Química de ASTM A240, A666*

ELEMENTO	TIPO 316	TIPO 316 L
Carbón	0.08 máx.	0.030 máx.
Manganeso	2.00 máx.	2.00 máx.
Azufre	0.030 máx.	0.030 máx.
Fosforo	0.045 máx.	0.045 máx.
Silicio	0.75 máx.	0.75 máx.
Cromo	16.00 a 18.00	16.00 a 18.00
Níquel	10.00 a 14.00	10.00 a 14.00
Molibdeno	2.00 a 3.00	2.00 a 3.00
Nitrógeno	0.10 máx.	0.10 máx.

### Propiedades mecánicas

**Tabla 3**  
*Propiedades Mecánicas de ASTM A240, A666*

TIPO	Limite elástico 0.2% compensación (KSI)	Resistencia a la tracción (KSI)	% de elongación (longitud de calibre de 2")
316	30 min	75 min.	40 min.
316L	25 min	70 min.	40 min.

### 3.1.8 Propiedades físicas

Tabla 4

*Propiedades Físicas de ASTM A240*

	Temperatura (°F o °C)	304 y 304L
Densidad (libra / <i>pulg</i> <sup>2</sup> )		0.29
Módulo de elasticidad en tensión (psi x <b>10</b> <sup>6</sup> )		28.0
Calor específico (BTU/ o F/libra)	32 a 212 °F (0 a 100°C)	0.12
Conductividad Térmica (BTU/h/ <i>pies</i> <sup>2</sup> /pies)	212 °F	9.4
Coeficiente promedio de expansión térmica (pulgada x <b>10</b> <sup>6</sup> por o F)	932 °F (500 °C)	12.4
	32 a 212 °F (0 a 100 °C)	8.9
	32 a 600 °F (0 a 316 °C)	9.0
	32 a 1000 °F (0 a 538°C)	9.7
Resistencia eléctrica (microhomios por cm)	32 a 1200 °F (0 a 649°C)	10.3
	a 70°F (21°C)	29.4

### Procesamiento

Los tipos 316 y 316L no se pueden endurecer con calor. Recocido: Calentamiento a 1 900 a 2 100 °F (1 038 a 1 149 °C) seguido de formación e impregnación rápidas: Los tipos 316 y 316L se pueden formar y separar rápidamente.

### 3.1.9 Soldadura

Estas aleaciones generalmente se prueban para tener una soldabilidad menor que los tipos 304 y 304L. Una diferencia significativa es el mayor contenido de níquel de estas aleaciones, lo que requiere velocidades de soldadura por arco más bajas y un mayor cuidado para evitar el agrietamiento en caliente. Si se requiere relleno, AWS E/ER 316L y 16-8-2 son las normas más consistentes (ACK SOLUTIONS S.R.L., 2018).

### **3.1.10 Corrosión**

Los aceros inoxidable tipo 316 y 316L tienen mejor resistencia a la corrosión que el tipo 304. Tienen una excelente resistencia a las picaduras y buena resistencia a la mayoría de los productos químicos utilizados en las industrias del papel, textil y fotográfica (ACK SOLUTIONS S.R.L., 2018).

### **3.1.11 Diseño**

#### **3.1.11.1 Elaboración de planos as built.**

Los planos As Built son los planos determinantes de un Servicio una vez que éste ha concluido, es decir, son los planos finales del Servicio en los que figuran recogidos todos los cambios que se hayan presentado a lo largo de toda la ejecución del mismo.

La elaboración de estos planos debe hacerse siguiendo determinadas normas en formato digital y en documentos en físico donde se estipulen las modificaciones, registrando verídica información del sector y la especialidad correspondiente, ya que hay casos donde nos encontraremos con planos As Built mal preparados y dará como resultado un archivo deficiente debido a que no se completó el proceso de construcción.

Los planos As Built comienza con la creación en obra de los planos línea roja (red line), los planos utilizan códigos de colores donde se van capturando y registrados no solo los cambios de la obra

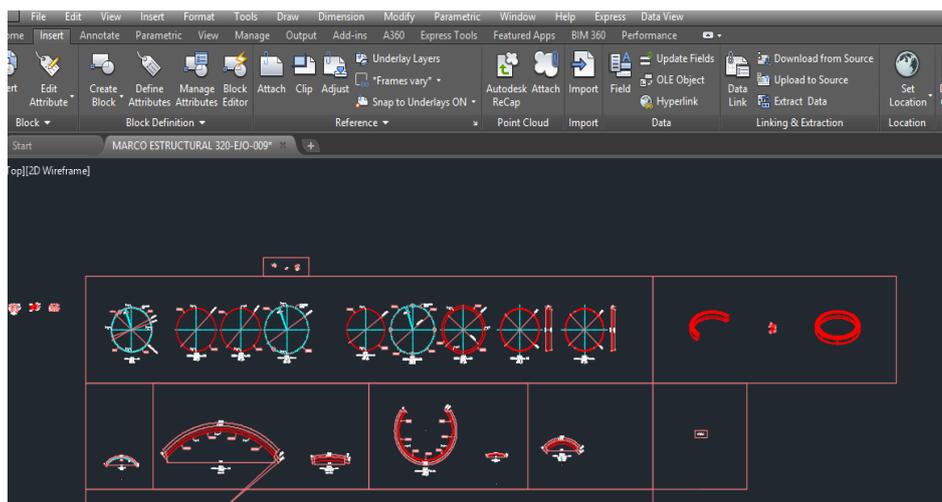
nueva, si no todos los cambios realizados durante las obras de mantenimiento y las modificaciones encontradas, como cambios en infraestructura no registrada, se incluyen en documentos que sirven de referencia para un mayor desarrollo de nuestro trabajo.

En este caso se utilizó el Programa de AutoCAD para la elaboración de todos los Planos de los Marcos Estructurales fabricados (Universidad Industrial de Santander, 2018).

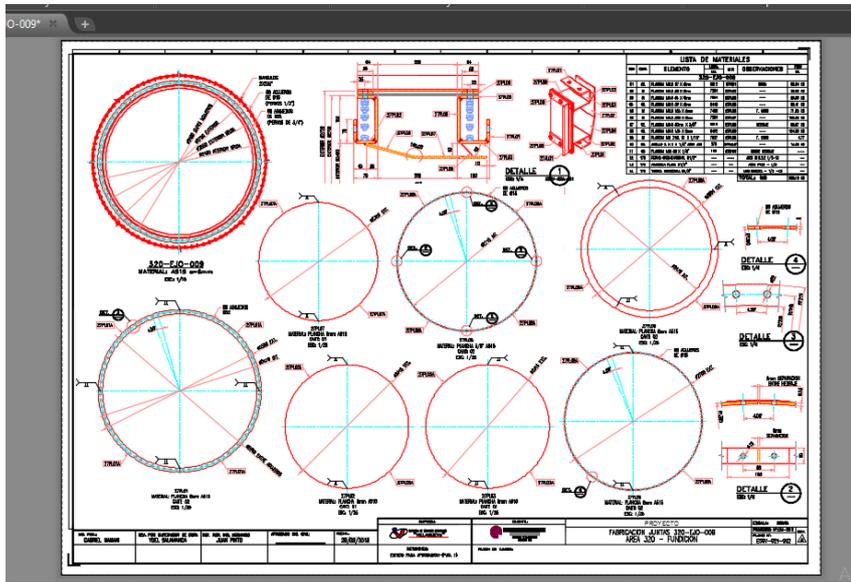
### 3.1.11.2 Aprobación de planos as built.

Una vez realizados los Planos As Built en formato digital son impresos para el Cliente (en este caso los Supervisores Southern Perú) revise y los apruebe. De ser rechazados se corrigen las observaciones levantadas, y una vez aprobados se procede al proceso de fabricación.

**Figura 8**  
*Elaboración de Planos en AutoCAD*



**Figura 9**  
*Planos As Built presentado*



### 3.1.11.3 Fabricación

Un proceso industrial o proceso de fabricación es una serie de operaciones unitarias necesarias para modificar las propiedades de las materias primas. Estas propiedades pueden ser de naturaleza muy diversa, como la forma, densidad, resistencia, tamaño y estética.

La obtención de un producto en particular requiere una serie de operaciones separadas, y dependiendo de la escala de la contraprestación, tanto la operación completa desde la extracción de los recursos naturales necesarios hasta la venta del producto, las operaciones realizadas pueden considerarse como procesos, en el trabajo utilizando máquina/herramientas específicas (ACK SOLUTIONS S.R.L., 2018).

### **3.1.12 Habilitado**

#### **3.1.12.1 Trazado.**

El trazado plano es que se realiza sobre una superficie plana, la punta de trazo generalmente suele ser varillas de acero fundido.

Se basa en una serie de mediciones en las que se utiliza una herramienta de apoyo o guía para hacer líneas, marcas o cortes en metal crudo o mecanizado para producir una forma uniforme o una serie muy pequeña de forma que puede dar como escuadras, compases, tiras líneas entre otros.

Para este caso se trazaron las planchas que posteriormente fueron roladas (ductos), como también se trazaron los agujeros que fueron perforados o taladrados (ACK SOLUTIONS S.R.L.,2018).

#### **3.1.12.2 Cortado.**

El cortado consiste en la separación de un objeto (en este caso materia prima) en dos o más segmentos o porciones mediante un instrumento agudo o una fuerza giratoria.

Una vez trazado todos los puntos o líneas según el Plano As Built en la materia prima (para este caso planchas ASTM A-515) se realizará el respectivo corte de la misma con equipo oxicorte o con equipo esmeril y discos de corte, de desbaste o de cerda.

### **3.1.13 Armado**

#### **3.1.13.1 Rolado.**

El procedimiento de rolado se hace referencia a pasar el material o materia prima por los rodillos para obtener una forma específica, la presión generada por los rodillos obliga al material a adoptar dicha forma. El espesor del producto resultante (barras, laminas, lingotes, etc.) depende en gran medida del tonelaje de hierro agregado y del tipo de rodillos utilizados para procesarlo.

El laminado es un proceso de fabricación común para las tuberías de acero, en este caso las tuberías, consiste en un proceso continuo en el que una plancha se somete a una serie de rodillos para dar a la tira de acero de una orientación específica.

El acero inoxidable es uno de los materiales más utilizados en el proceso de laminación. Las propiedades que definen el producto obtenido por el rolado, son el diámetro del tubo y el espesor de la pared. Una vez completa de la forma del tubo, los extremos se sueldan para formar una sección cerrada.

Luego, el tubo se refina al diámetro requerido por otro juego de rodillos. La fabricación de tuberías suele realizarse en fábricas especializadas.

La calidad del tubo laminado es un aspecto importante en los trabajos posteriores; debido a las variaciones en las propiedades del material, como la resistencia y la dureza, se

puede producir un adelgazamiento excesivo y un agrietamiento prematuro si el proceso de laminado no se realiza correctamente (Iza,2008).

### **3.1.13.2 Apuntalado.**

Se refiere al refuerzo de un elemento con puntales, para este caso se reforzó el ducto (rolado) para que logre obtener la forma cilíndrica, posteriormente fue soldado para sellar así su forma. Esta simple actividad es realizada también con una máquina de soldar.

### **3.1.13.3 Taladrado.**

El principio de funcionamiento es taladrar agujeros en piezas de cualquier material. Nos centraremos en la perforación de metales. Se recomienda enfriar, ya que perforar metal crea mucha fricción.

La perforación es un proceso que utiliza una herramienta llamada taladro para eliminar virutas de posición, diámetro y profundidad predeterminados para hacer orificios en varios materiales.

En este tipo de método, se utiliza como herramienta de corte un taladro cilíndrico giratorio, denominado taladro. Un taladro es una herramienta de corte rotativa con uno o más bordes cortantes con ranuras correspondientes que se extienden a lo largo del cuerpo del taladro. El proceso de perforación involucra dos movimientos: un movimiento de corte y un movimiento de

avance. Estos dos movimientos siempre se realizan, excepto en algunas máquinas perforadoras de agujeros profundos, donde la pieza gira en la dirección opuesta a la del taladro, por lo que no hay movimiento de corte (ACK SOLUTIONS S.R.L., 2018).

#### **3.1.13.4 Enderezado**

Debido a los constantes procesos de soldadura a la que fueron sometidos los ductos, estos últimos se fatigaron (comienzan a rajarse debido al calor constante a los que fueron sometidos) por lo tanto van perdiendo forma y no llegan a alcanzar con la dimensión que se requiere.

Por tanto, se realizó el enderezamiento correspondiente a los ductos fabricados, con una gata hidráulica de 2 o 4 Tn., con la finalidad de enderezar, poner recto y llegar a alcanzar las medidas determinadas por el plano de los ductos. Se utiliza un Nivel para poder cerciorar que está perfectamente alineado o enderezado.

**Figura 10**  
*Trazado de plancha*



**Figura 11**  
*Corte de plancha*



**Figura 12**  
*Armado de Junta*



**Figura 13**  
*Armado de Cono de Junta*



**Figura 14**  
*Rolado de ductos*



**Figura 15**  
*Apuntalado de Juntas de Expansión*



**Figura 16**  
*Taladrado de Juntas de Expansión*



**Figura 17**

*Enderezamiento de Juntas de Expansión*



### **3.1.14 Proceso de soldadura**

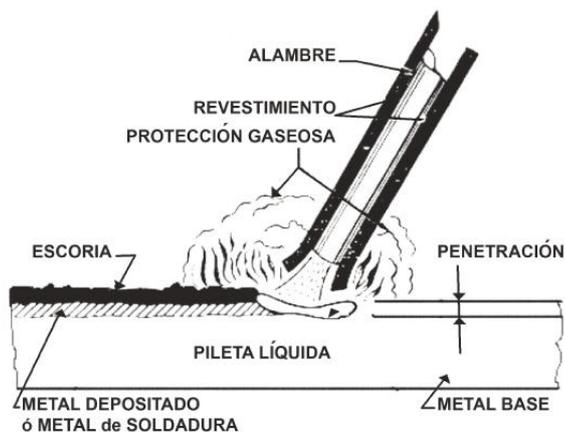
Una vez armada las juntas, falta darle el toque final que es el proceso de soldeo que consiste en la fijación (unión) entre las piezas metálicas fabricadas.

Esto se logra por coalescencia (fusión), donde las partes se sueldan entre sí. Esto implica agregar material fundido (metal o plástico) a medida que se funde, se forma una piscina de material fundido (baño de soldadura) entre las piezas que se sueldan. Cuando se enfría, se convierte en un compuesto sólido llamado perla.

La soldadura puede usar una variedad de fuentes de energía, incluidas llamas de gas, arcos, láseres, haces de electrones, procesos de abrasión y ultrasonido. La energía necesaria para formar un enlace entre dos metales se suele obtener de un arco eléctrico. La energía en la soldadura por fusión o termoplástica se suele obtener por contacto directo con herramientas gases calientes.

La presión y el calor pueden usarse juntos o la presión misma puede usarse para crea una soldadura. Esto contrasta con la soldadura blanda o fuerte, donde un material de bajo punto de fusión se funde entre las piezas de trabajo para formar una unión entre ellas sin fundirlas (ACK SOLUTIONS S.R.L., 2018).

**Figura 18**  
*Proceso de Soldadura*



La soldadura blanda y la soldadura fuerte son procesos en los que solo funde el metal de aporte sin fundir el metales base. Este es el primer proceso de soldadura que la gente uso en la antigüedad sumeria.

- La soldadura blanda se realiza a temperaturas inferiores a 450 °C
- La soldadura fuerte se produce a temperaturas superiores a 450 °C

A continuación, se describiré en detalle el proceso de soldadura que se llevó a cabo en este proyecto.

### **3.1.14.1 SMAW.**

El Shield Metal Arc Welding (SMAW) en AWS, el proceso de electrodo revestido (manual), es el proceso de soldadura por arco entre

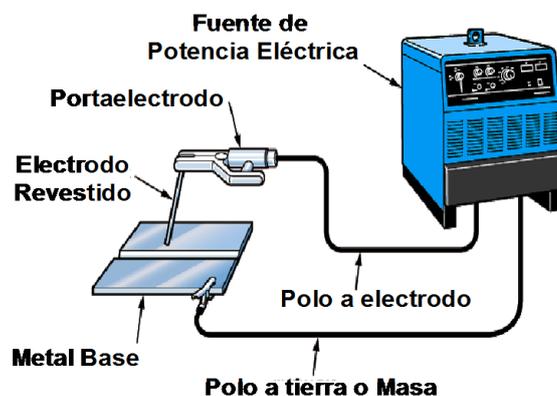
el electrodo protegido y el metal base y es la forma más común de soldadura.

Mediante una corriente eléctrica (ya sea corriente alterna o corriente continua) se genera un arco eléctrico entre el metal a soldar y el electrodo utilizado, generando la fusión del metal y su depósito sobre la unión soldada. El arco produce una temperatura de aproximadamente de 3 500°C en la punta del electrodo, que excede la temperatura requerida para fundir la mayoría de los metales. El calor derrite el metal base y el electrodo revestido, formando un charco de líquido que se solidifica a medida que el electrodo se mueve a lo largo de la junta.

El electrodo suele ser de acero suave, y están recubiertos de material fundente que crea una atmósfera protectora que evita la oxidación del metal fundido y beneficia la operación de soldeo.

En la soldadura de electrodos revestidos el amperaje queda fijado por el diámetro del electrodo y tipo de revestimiento, el voltaje por la longitud del arco (Massieu, 2008).

**Figura 19**  
*Componentes de Soldadura SMAW*



**Figura 20**  
*Soldadura SMAW*



### **3.1.14.2 Material de aporte.**

Se entiende como material de aportación, todo aquel material que es utilizado para la ejecución de un cordón de soldadura de calidad y donde diferenciamos, por un lado, el núcleo del electrodo y el revestimiento, y, por otro lado, la varilla de aporte y los fundentes, estos los usaremos en función del tipo de soldadura que vayamos a realizar.

En el Proyecto se utilizaron dos tipos de materiales de aporte, el E-7 018 para material A515 y el electrodo E - 316L para material inoxidable (Universidad Continental SAC., 2022).

**Figura 21**  
*Electrodo E 7 018*

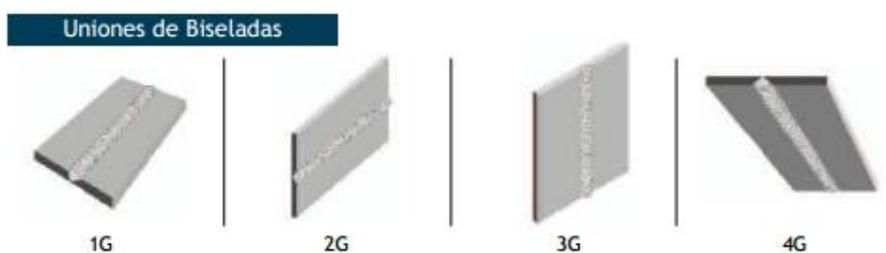


### 3.1.14.3 Posición.

Para este Proyecto se requirió la posición 3G en material A515 y en Inoxidable.

- Posición 1G: Panel horizontal, soldadura plana o de mesa
- Posición 2G: Panel vertical con eje de soldadura horizontal, también llamada cornisa
- Posición 3G: Soldadura vertical hacia arriba(ascendente), soldadura vertical hacia abajo(descendente)

**Figura 22**  
*Posiciones en Soldadura*



### 3.1.14.4 WPS.

La abreviatura de Welding Procedure Specification, que se traduce al español significa “Especificación del Procedimiento de Soldadura”, este es básicamente un documento que describe completamente como realizar una soldadura exitosa (variables como materia base, materia de aporte, posición, diseño de junta, temperaturas antes y después calentamiento, progresión, técnica, etc.), este WPS puede ser precalificado o calificado mediante pruebas, esto depende de cómo se ejecute el WPS y que tipo de Código o Norma a utilizar. Los

Inspectores de Soldadura deben validar los WPS y garantizar su aplicación completa a través de la difusión y el control del WPS sobre los aplicadores de Soldadores Calificados directamente (Guerrero, 2011).

#### **3.1.14.5 PQR.**

Es una abreviatura de Procedure Qualification Record, que traducido al español significa “Registro de Calificación del Procedimiento”, para que explique este documento, primero se explica que solo se usa cuando se pasa pruebas WPS que son calificados por ensayos, entonces iniciamos con lo que significa, como su nombre lo indica es un registro de calificación, es un paso preliminar antes de que se desarrolle el procedimiento final WPS, aquí llegamos a las diversas variables (material base, material de aporte, posición, diseño de junta, temperaturas de pre y post calentamiento, progresión, técnica, etc.), todas estas recomendaciones provienen del conocimiento y experiencia de preparadores del PQR, y cuando se logra una soldadura visual exitosa es que se extraen probetas para que sean ensayadas en un laboratorio, la prueba está definida por un código o definición estándar, después de obtener resultados satisfactorios de estas pruebas, son estas variables que originalmente se presentaron y registraron en un documento escrito que ahora se convierten en variables de soldadura calificadas, el registro de calificación del procedimiento PQR que produce una soldadura exitosa. Entonces, con este PQR,

podemos desarrollar aún más uno o más WPS según nuestros requisitos (Guerrero, 2011).

#### **3.1.14.6 WPQR.**

Es la abreviatura de Welder Performance Qualification Record, que se traduce como “Registro de Calificación del Rendimiento del Soldador” en español, en significa que es un documento escrito que declara que un soldador está calificado (conocido comúnmente como Homologado), este documento se otorga después de que el soldador aprueba satisfactoriamente las pruebas de las habilidades para desarrollar el WPD dado (Guerrero, 2011).

### **3.1.15 Preparación superficial y aplicación de recubrimientos**

#### **3.1.15.1 Limpieza manual.**

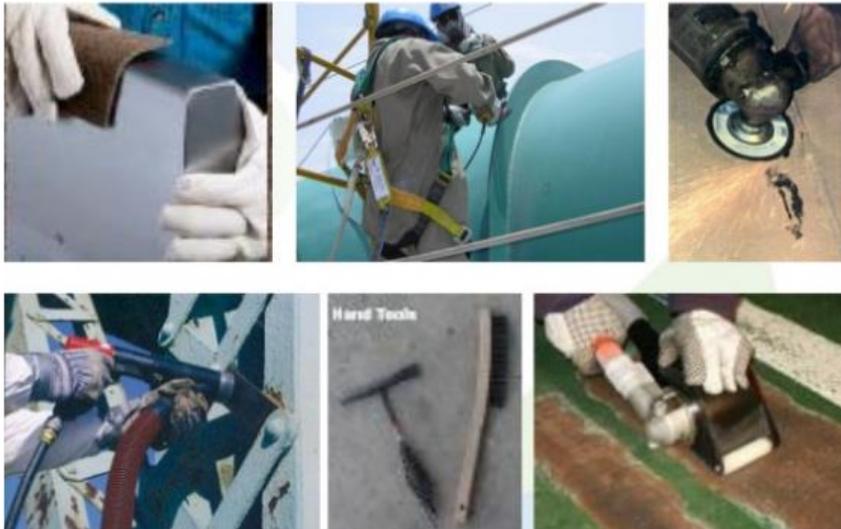
Estas especificaciones dan los procedimientos requeridos para la limpieza con utensilios manuales (lijas, espátulas, entre otros) de las superficies de acero estructural antes de pintarlas.

Limpieza manual es un método de preparar superficies metálicas para pintarlas, removiendo cascarilla de laminado desprendida, herrumbre y pintura desprendida con cepillo manual, limpiando manual, raspado manual o por la combinación de estos métodos.

No se pretende remover con este procedimiento toda la cascarilla de laminado, herrumbre y pintura, pero la cascarilla de

laminado desprendida, la herrumbre desprendida, la pintura desprendida y otros contaminantes extraños deberán ser removidos (Guerrero, 2011).

**Figura 23**  
*Limpieza Manual según norma SSPC - SP2*



### **3.1.15.2 Limpieza mecánica.**

Esta especificación da el procedimiento requerido para limpieza con herramientas eléctricas o neumáticas (esmeriles, pistolas de aguja, raspadores rotatorios, entre otros), de exterior de acero antes de pintar.

La limpieza con herramientas eléctricas o neumáticas, es el procedimiento para alistar un área metálica para pintar mediante la eliminación de oxido laminado, desprendida, herrumbre desprendida y pintura desprendida con cepillos eléctricos o neumáticos, impacto eléctrico o neumático, esmeril eléctrico o neumático, o por la combinación de estos métodos.

Este método no puede eliminar revestimientos laminado, oxido ni pintura, pero eliminar revestimientos sueltos, oxido suelto,

pintura suelta y otras materias extrañas dañinas (Universidad Veracruzana, 2011).

**Figura 24**

*Limpieza Mecánica según norma SSPC – SP3.*



### **3.1.15.3 Arenado.**

El arenado o chorreado abrasivo es la fuerza centrífuga de un líquido (que puede ser agua o aire) o abrasivos contra una superficie a alta presión para aislarla o eliminar contaminantes.

Para nuestro caso se realizó un SSPC – SP10 → “Limpieza con Chorro Abrasivo Grado Cercano al Blanco” que consistió en lo siguiente:

- Este es un método de pretratamiento de superficies metálicas utilizando abrasivos a presión, como resultado de lo cual se elimina todo el óxido, revestimiento laminado, pintura y materias extrañas
- La superficie debe ser de color gris claro y el tono de oxidación visible debe estar eliminado en un 95%. De hecho, la diferencia entre el pulido con chorro de arena de metal blanco y el metal

casi blanco radica en el proceso de pintura, ya que el medio ambiente degrada el metal y se convierte en una calidad casi blanca en poco tiempo

- Se utilizó un abrasivo tamaño medio para obtener un perfil de anclaje en el rango de 2 a 3,5 Mills (lo recomendable)
- Durante el desarrollo del trabajo se realizaron monitoreos de las condiciones ambientales para que se pueda aplicar correctamente
- Entre los elementos utilizados en el proceso de arenado tenemos: una compresora (suministro de aire), tolva de arenado, mangueras, arena, cilindros, entre otros

**Figura 25**  
*Equipo de Arenado*



**Figura 26**  
*Personal realizando tarea de Arenado*



**Figura 27**  
*Equipo de Protección Personal de Operadores de Arenado*



**Figura 28**  
*Junta de Expansión Arenada*



#### **3.1.15.4 Pintado.**

Definimos el proceso de pintura o pintado como el conjunto de operaciones necesarias para la aplicación de una pintura con el objetivo de satisfacer y cumplir con los requerimientos de calidad, coste, plazo y seguridad fijados previamente.

La aplicación de la capa (para este caso solo una) debe de realizarse luego que la preparación por chorreado abrasivo sea completada y en el menor tiempo posible antes de las 4 horas siguientes, siempre que las superficies no presenten sombras de óxido y rastros de corrosión superficial, en caso contrario deberán ser limpiadas nuevamente por chorreado abrasivo (ACK SOLUTIONS S.R.L., 2018).

Se utilizó Jet Primer Epoxi para todos los Marcos Estructurales de material A515 ya que los Inoxidables no se pintaron. Se utilizaron equipo Airless, pistola de baja presión, mangueras de baja presión, boquillas de baja presión, entre otros. A continuación, se describe el proceso de aplicación:

- Verifique que todos los componentes estén disponibles
- Cada componente se homogeneiza por separado antes de mezclar. Utilice una batidora de aire o eléctrica a prueba de explosiones
- Vierta la resina en un recipiente limpio, seguido del catalizador

- Mezclar bien ambos ingredientes usando el agitador
- Cuele la mezcla a través de un tamiz de malla 30
- Para facilitar la aplicación, agregue hasta 1/8 de galón de solvente JET ECOPOXY 90 por galón de pintura preparada y mezcle nuevamente
- Aplicar la pintura uniformemente con un con un 50% de superposición cada vez
- Aplicar la pintura preparada antes de la fecha de caducidad
- Repintado en el “tiempo de repintado” recomendado
- Use solvente JET ECOPOXY 90 para limpiar el equipo de aplicación

**Figura 29**  
*Equipo de Pintado - Airless*



**Figura 30**  
*Pintura Jet Primer Epoxi utilizada en Proyecto*



**Figura 31**  
*Personal realizando tarea de Pintado*



**Figura 32**  
*Junta de Expansión Pintada*



### 3.1.16 Inspecciones – control de calidad

Durante todo el proceso de producción desde el Trazo hasta el Acabado Final se realizan un par de pruebas o ensayos con la finalidad de cerciorar que el trabajo realizado esté en óptimas condiciones; entre otras palabras, un trabajo realizado con calidad.

El control de calidad se define como un conjunto de mecanismos, actividades y herramientas que se realizan para detectar la presencia de defectos. La función principal del control de calidad es garantizar que un producto o servicio cumpla con los requisitos mínimos de calidad. Existe principalmente como una organización de servicios para cumplir con las especificaciones establecidas por el ingeniero del producto y para ayudar al departamento de fabricación a cumplir con esas especificaciones. Por lo tanto, la tarea involucra la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos, que luego se envían a varios departamentos para iniciar las acciones correctivas apropiadas (ACK SOLUTIONS S.R.L., 2018).

Para lo cual líneas abajo se describen algunas de las pruebas que se efectuaron para garantizar la Calidad del Proyecto.

**Figura 33**  
*Control de Calidad*



### **3.1.17 Control dimensional.**

El Control Dimensional es un método de verificación, validación y calibración de características geométricas de objetos, equipamientos o estructuras.

Asimismo, una medida es la determinación numérica de una cantidad lineal o angular, o la determinación de si la medida es mayor o menor que un valor dado.

Es una aplicación específica de los conceptos básicos de metrología y fiabilidad metrológica a los elementos que componen la estructura de los objetos (Graint NDT, 2018).

Otra definición bastante amplia y que involucra también el concepto de verificación es que, medir, es comparar una magnitud determinada con otra del mismo tipo. Por último, también se puede entender como determinar el valor numérico de una magnitud lineal o angular de un componente o conjunto técnico (CECATI, 2022).

### **3.1.18 Inspección visual.**

Según Graint NDT (2018) es un método de detección y evaluación de discontinuidades superficiales tales como: fracturas, corrosión, daño Físico, discontinuidades superficiales en soldadura, etc.

Implica la observación directa de la superficie:

- Con o sin la ayuda de instrumentos de medición mecánica como: Vernier, tornillo micrométrico, flexómetros, etc.

- Con o sin la ayuda de amplificadores ópticos o electrónicos como: lupas, microscopios, endoscopios, etc.

Entre sus ventajas tenemos:

- Costo barato siempre y cuando sea realizado correctamente
- Se emplea en cualquier etapa de un proceso productivo o durante las operaciones de mantenimiento preventivo o correctivo
- Permite detectar discontinuidades que pueden evaluarse de forma más precisa empleando otros métodos superficiales.
- Pueden detectar y ayudar en la eliminación de discontinuidades que podrían convertirse en defectos
- El personal que la realiza requiere pocas horas de entrenamiento y experiencia

Entre sus desventajas encontramos:

- Solo detecta discontinuidades superficiales, mas no internas
- La calidad de la inspección visual depende de la experiencia y conocimiento del inspector que la realiza
- La detección de las discontinuidades suele complicarse en malas condiciones de la superficie o si la iluminación no es la adecuada

### **3.1.19 Tintes penetrantes.**

Es un método superficial tipo físico – químico que consiste en aplicar a la superficie de una pieza metálica un líquido con pigmentación contrastante o fluorescente para que se introduzca por capilaridad en las posibles discontinuidades (IMENDE A.C.,2010).

Consiste en la aplicación de 03 Tintes que equivalen a un Kit:

- Cleaner o Limpiador: Utilizado para limpiar la superficie
- Penetrant o Penetrante: Utilizado para penetrar la pieza, es de color rojo
- Developer o Revelador: Utilizado para extraer el penetrante de las discontinuidades por efecto de la capilaridad, es de color blanco

Entre sus ventajas tenemos:

- Sencillo de usar
- Bajos costos de inspección
- Detección de discontinuidades de superficie abierta altamente sensible
- Requiere varias horas de formación inicial y experiencia
- Equipo portátil apto para uso en campo

Entre sus desventajas encontramos:

- Solo detecta discontinuidades superficiales

- Una selección incorrecta del revelador y/o penetrante puede ocasionar una pérdida de sensibilidad

### **3.1.20 Medición de rugosidad.**

En mecánica, la rugosidad es un conjunto de irregularidades inherentes a una superficie.

La cantidad de rugosidad de la superficie depende de su acabado superficial. Esto permite definir la geometría microscópica de la superficie, haciéndolos efectivos para las funciones para las que están fabricados. Por lo general, este proceso debe realizarse para eliminar los defectos de forma y las ondas que pueden ocurrir durante el proceso de producción de varias superficies.

Para medir la rugosidad de la pieza de trabajo, se utiliza un instrumento electrónico llamado rugosímetro para medir la profundidad de la rugosidad promedio y el valor de la rugosidad promedio expresado en micrones, y la lectura de la medición se muestra en la pantalla. En nuestro caso se utilizó un rugosímetro analógico (ACK SOLUTIONS S.R.L., 2018).

### **3.1.21 Medición de espesores.**

Una vez aplicado los recubrimientos se miden el espesor de la capa pintada en Mills, para garantizar que cumple efectivamente con el Procedimiento que fue presentado al Cliente. Los más conocidos y utilizados son dos:

- Galleta: Es un medidor de Espesor de Película Húmeda
- Elcometer: Es un medidor de Espesor de Película Seca

Las lecturas del primero, se utilizan para ayudar al inspector o aplicador a determinar cuanta pintura se debe aplicar de manera de lograr el espesor seco especificado. Este instrumento conocido comúnmente como “peineta”, consta de dos puntos finales en el mismo plano, con muescas progresivamente más profundas entre estos. Cada muesca detalla un número que indica la distancia en micras o Mills entre la muesca y el plano creado por los dos puntos finales.

Su uso solo es posible cuando la pintura esta recién aplicada, y en condición húmeda. Al usar este instrumento es necesario que la superficie sea plana, sin irregularidades que puedan distorsionar las lecturas. El instrumento debe ser presionado firmemente en el sector con pintura recién aplicada, en forma perpendicular, y luego retirarse. Siempre los dos puntos finales deben ser mojados (pintados) por la pintura, y también alguno de los puntos intermedios.

El instrumento debe ser limpiado inmediatamente después de su uso de manera asegurar su próxima utilización (ACK SOLUTIONS S.R.L.,2018).

Para el segundo caso, todo lo contrario, se utiliza el instrumento cuando la pintura esté seca después de su tiempo de secado o para evitar algún imperfecto al día siguiente de la aplicación

de pintado. Al ser un aparato digital solo se coloca el dispositivo sobre la pieza y automáticamente marcará el espesor en Mills.

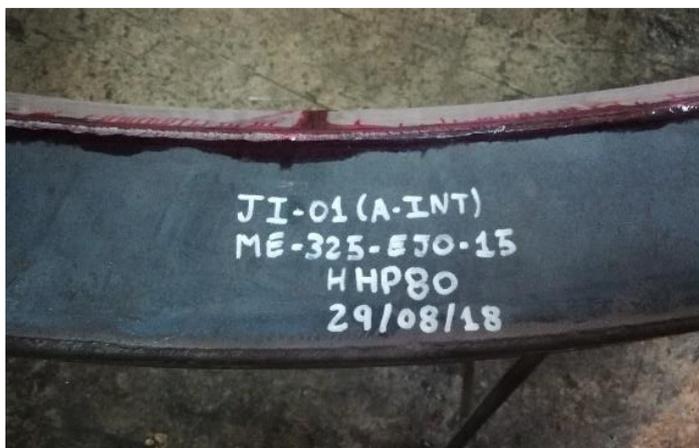
**Figura 34**  
*Control Dimensional de Junta de Expansión*



**Figura 35**  
*Flexómetro o wincha, instrumento de medición*



**Figura 36**  
*Aplicación de Tintes Penetrantes - Penetrante*



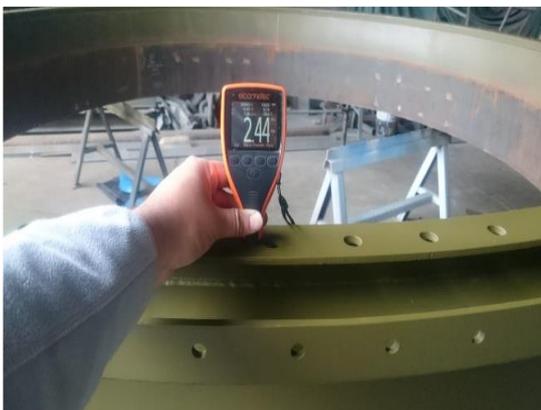
**Figura 37**  
*Aplicación de Tintes Penetrantes – Revelador*



**Figura 38**  
*Kit de Tintes Penetrantes*



**Figura 39**  
*Medición de Espesores en Juntas de Expansión*



**Figura 40**

*Medición de Espesores en Juntas de Expansión*



**Figura 41**

*Elcometer – Medidor de Espesores en Película Seca*



### **3.1.22 Entrega final**

Finalmente, cuando se completa todo el procedimiento de fabricación y a la misma vez revisado y aprobado por parte del Departamento de la Empresa ACK SOLUTIONS S.R.L y de Southern Perú se procede a la Entrega Final del producto, que en este caso fueron los 14 Marcos Estructurales fabricados.

Los Marcos fueron embalados con plástico y a su vez se les colocaron una etiqueta con su respectiva identificación (ID), fueron

colocados en el Camión Grúa de la Empresa y su vez trasladados a Patio Puerto de SPCC.

**Figura 42**  
*Izaje de Junta de Expansión para ser trasladada*



**Figura 43**  
*Entrega Final a SPCC en Patio Puerto*



### **3.2 Desarrollo de Experiencia**

En el trabajo de suficiencia profesional, desarrollé la fabricación de 14 marcos Estructurales o juntas de Expansión para SPCC; la cual se realizó lo siguientes trabajos:

- Identificación de Materiales como el acero A-515 con Grado 70 y el Acero Inoxidable 316L por su cumplimiento con las resistencias para altas temperaturas
- Selección y lectura de WPS, WPQR
- Selección de equipos para el control de calidad en uniones soldadas y bridadas.
- Lectura de planos
- Realización y aplicación de procedimientos para inspección visual de soldadura, inspección de soldadura por líquidos penetrantes y apriete de penos en unas uniones bridadas
- Llenado de registro de control de calidad en juntas soldadas

## CONCLUSIONES

**Primera.** Se determino, que en el proceso Fabricación de 14 marcos estructurales o juntas de expansión para SPCC se eligió como material el acero A-515 con Grado 70 y el Acero Inoxidable 316L ya que cumple con las resistencias de temperatura media y alta requeridas que permitieron continuar con el trazado correspondiente respetando los planos aprobados, obteniendo una continuidad de los procesos de cortado y armado de cada una de las piezas. Posteriormente al obtener las piezas necesarias pudimos continuar con la soldadura de cada una de ellas y concluir con la correcta preparación superficial y la aplicación de los recubrimientos prolongando su vida útil contra la corrosión y así cumpla sus funciones a las que será sometida estas piezas.

## RECOMENDACIONES

**Primera.** Para la ejecución de este trabajo se requiere del apoyo de una persona capacitada en metalurgia quien será responsable de garantizar que los procesos y procedimientos descritos en este informe se realicen correctamente. Este seguimiento asegura que se cumplen los estándares de calidad y seguridad y que se siguen las especificaciones técnicas necesarias para alcanzar los resultados esperados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anónimo. (2020). *Significado de Apuntalado*. Recuperado el 01 de octubre del 2022 de <https://www.qsignifica.com/apuntalado>

Arboleda, S. (2017). *Presupuesto y Programación de obra*. Recuperado el 12 de octubre de 2022 de <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622-1895>

CYM Materiales S.A. (2020). *Preparación de Superficie – Norma SSPC*. Recuperado el día 04 de octubre de 2022 de <https://cym.com.ar/intranet/Preparacion-de-superficies-norma-SSPC-granallado-cymmateriales-shotblasting.pdf>

ESAB Corporation. (2020). *Proceso de Soldadura SMAW*. Recuperado del 02 de octubre de <https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso-soldadura-smaw.cfm>

Facmetal Aceros Especiales E.I.R.L. (2020). *Planchas ASTM A515 GR.70/gr*. Recuperado el 20 de septiembre del 2022 de [https://www.facmetalaceros.com/astm\\_a575.php](https://www.facmetalaceros.com/astm_a575.php)

Guerrero, J. (10 de abril del 2011). *Operador de Soldadura*. Recuperado el 07 de octubre del 2022 de <https://soldadurapcpi.blogspot.com/>

Instituto Mexicanos de Ensayos No Destructivos. (21 de enero del 2000). *Líquidos penetrantes*. Recuperado el 15 de octubre del 2022 de <https://es.scribd.com/document/660915305/Cap-III-Liquidos-Penetrantes>

Mazon, T. (03 de febrero del 2018). *Significado de las Siglas WPS, PQR y WPQR*.

Recuperado el 02 de octubre del 2022 de

[http://soldaduracursos.blogspot.com/2018/02/significado-de-wps-pqr-y-](http://soldaduracursos.blogspot.com/2018/02/significado-de-wps-pqr-y-wpqr.html)

[wpqr.html](http://soldaduracursos.blogspot.com/2018/02/significado-de-wps-pqr-y-wpqr.html)

National Kwiketal Service a Banner Industries Company. (2020). *Aceros*

*inoxidables 316 y 316L*. Recuperado el 20 de septiembre del 2022 de

[https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-](https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-316/)

[316/](https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-316/)

Pacheco, C. (15 de mayo del 2015). *Presupuesto en enfoque Gerencial*. Recuperado

el 12 de octubre del 2022 de

[https://www.google.com.pe/books/edition/PresupuestosN2eEDgAAQBAJ](https://www.google.com.pe/books/edition/PresupuestosN2eEDgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)

[?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/PresupuestosN2eEDgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)

Pérez, A. (23 de noviembre del 2017). *Cuatro tipos de procesos que debes de*

*conocer*. Recuperado el día 24 de septiembre del 2022 de

[https://www.obsbusiness.school/blog/cuatro-tipos-de-procesos-de-](https://www.obsbusiness.school/blog/cuatro-tipos-de-procesos-de-fabricacion-que-debes-conocer)

[fabricacion-que-debes-conocer](https://www.obsbusiness.school/blog/cuatro-tipos-de-procesos-de-fabricacion-que-debes-conocer)

Productos y Servicios Industriales PSI S.A.S. (2020). *La importancia de los planos*

*AS-BUILT*. Recupera el día 15 de septiembre. [http://www.psi-sas.com/la-](http://www.psi-sas.com/la-importancia-de-los-planos-as-built/)

[importancia-de-los-planos-as-built/](http://www.psi-sas.com/la-importancia-de-los-planos-as-built/)

QuimiNet Información y Negocios segundo a segundo. (2020). *El proceso del*

*Rolado de planchas metálicas*. Recuperado el 29 de septiembre del 2022 de

<https://www.quiminet.com/articulos/que-es-el-proceso-de-rolado-2555669.htm>

Retamozo, O. (05 de diciembre de 2023) *Soldadura por electrodos – Posiciones de Soldadura*. Recuperado el día 02 de octubre de <https://es.slideshare.net/OmarDanielRetamozo/soldadura-por-electrodosposiciones-de-soldadura>

Sara, E. (21 de marzo del 2013). *Preparación de superficies metálicas*. Recuperado el día 04 de octubre del 2022 de <https://es.slideshare.net/edgarjuliosaratairo/preparacion-de-superficies-metalicas>

Soluciones Globales y Gestión de Compras S.L. (2020). *Proceso de manufacturación (proceso de taladrado)*. Recuperado el 01 de octubre del 2022 de <https://www.gestiondecompras.com/es/productos/mecanizado-taladrado/>

Ulbrich Aceros Inoxidables y Metales Especiales Inc. (2023). *Aceros Inoxidables 316 L*. Recuperado el 02 de octubre del 2023 de [https://www.ulbrich.com/alloys/316-stainless-steel-unss31600/?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwjLGyBhCYARIsAPqTz18mOv1V8Lbv1FOBKduqtYnYs1hHrSVm6J8xurbNEV5xIvr4RVHfSBQaAoCB EALw\\_wcB](https://www.ulbrich.com/alloys/316-stainless-steel-unss31600/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwjLGyBhCYARIsAPqTz18mOv1V8Lbv1FOBKduqtYnYs1hHrSVm6J8xurbNEV5xIvr4RVHfSBQaAoCB EALw_wcB)

Wilfredo, M. (12 de junio del 2008). *Preparación de superficies metálicas*.

Recuperado el día 04 de octubre del 2022 de

<https://www.ipn.mx/assets/files/cecyt11/docs/Guias/UATecnologicas/Procesos-industriales/4toSemestre/procesos-soldadura>