

**“UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN”**  
**“FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA”**  
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica



**TESIS:**

“PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCION DE MEDICION DE DUREZA EN  
SOLDADURAS DE UNIONES SOLDADAS EN LA MODERNIZACION DE LA  
REFINERIA DE TALARA – SGS DEL PERU, 2018”

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
METALURGICO**

**AUTOR:**

JONATHAN JUNIOR MELGAREJO MALLMA

**ASESOR:**

M(°). JUAN MANUEL IPANAQUE ROÑA  
CIP 66303

HUACHO – PERU

2019

**PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCION DE MEDICION DE  
DUREZA EN SOLDADURAS DE UNIONES SOLDADAS EN LA  
MODERNIZACION DE LA REFINERIA DE TALARA – SGS DEL  
PERU, 2018”**

---

**Dr. BERARDO BEDER RUIZ SANCHEZ**

Presidente del Jurado

---

**Dr. JOSE VICENTE NUNJA GARCIA**

Secretario del Jurado

---

**M(o). JOAQUIN JOSE ABARCA RODRIGUEZ**

Vocal del Jurado

---

**M(o). JUAN MANUEL IPANAQUE ROÑA.**

Asesor

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

Por su apoyo constante para culminar y desempeñar una carrera profesional, en el transcurso de todo ese tiempo, de mi formación profesional.

Jonathan Junior.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme seguir adelante y no desanimarme antes las dificultades que se presentan, por su amor y su misericordia para con mi vida.

Al Empresa SERVIPETROL PERU S.A, por permitirme realizar mis prácticas Pre Profesionales, a Industrial Services SGS, por su apoyo constante, a los docentes de la UNJFSC por compartir sus conocimientos y compañeros de laboratorio quienes apoyaron con sus conocimientos.

Jonathan Junior

## **PENSAMIENTO**

“Reír de sus propios errores  
pueden prolongar su vida”

Shakespeare.

## INDICE

<b>CARATULA .....</b>	<b>ii</b>
<b>Indice .....</b>	<b>vi</b>
<b>Indice de Figuras .....</b>	<b>viii</b>
<b>Indice de Tablas.....</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>x</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xi</b>
<b>Introduccion.....</b>	<b>xii</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.1. Problema general.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2. Problemas específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.1. Objetivo general .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. JUSTIFICACION .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5. DELIMITACIÓN DE ESTUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5.1. Delimitación territorial .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5.2. Delimitación tiempo y espacio .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.3. Delimitación de recursos.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1. Investigaciones Nacionales .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2. Investigaciones Internacionales .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. BASES TEORICAS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1. Soldadura por Ultrasonido.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Métodos de Inspección.....</b>	<b>14</b>

2.2.6	Aceros .....	17
2.2.7	Método de Aplicación de soldadura .....	19
2.2.7.1	Símbolo de la soldadura.....	19
2.2.11	Condiciones Mínimas para el Ensayo .....	25
2.2.12	Ejecución de Mediciones .....	26
2.3.	<b>DEFINICIONES CONCEPTUALES .....</b>	<b>28</b>
2.4.1.	Hipótesis general .....	30
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	30
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>31</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>		<b>31</b>
3.1.	<b>DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>31</b>
3.1.1	Nivel de Investigación .....	31
3.1.2	Diseño de la Investigación.....	31
3.2.	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>32</b>
3.2.1.	Muestra .....	32
3.3.	<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES e INDICADORES .....</b>	<b>32</b>
3.4.	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>33</b>
3.4.1.	Técnicas a implementar .....	33
3.4.2.	Descripción de instrumentos .....	33
3.5.	<b>TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>34</b>
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>34</b>
4.1.	<b>CONDICION DE TRABAJO .....</b>	<b>34</b>
4.1.1.	Generalidades .....	34
4.1.2.	Toma de medida de dureza .....	35
4.1.3.	Proceso de Soldadura.....	36
4.2.	<b>RESULTADOS OBTENIDOS: Ensayos de Dureza.....</b>	<b>41</b>
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>43</b>
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>44</b>
<b>ANEXO .....</b>		<b>45</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Características de una onda sinusoidal .....	9
Figura 2 Equotip Leeb Dispositivo de impacto U .....	11
Figura 3 Swiss Precision since 1954 .....	11
Figura 4 Ejecución de ensayos Leeb en superficies curvas.....	12
Figura 5 Principio de ensayos Portable Rockwell.....	12
Figura 6 Valores de dureza versus cambios en la frecuencia medida .....	14
Figura 7 Menú de configuración.....	22
Figura 8 Indica que se realizar 5 lecturas por puntos .....	26
Figura 9 5X Indica que se realizar 5 lecturas por puntos .....	27
Figura 10 Toma de dureza en tuberías .....	35
Figura 11 La soldadura de arco metálico con electrodo revestido .....	37
Figura 12 Proceso de Soldadura GTAW.....	38
Figura 13 Límite de dureza de material .....	41



## INDICE DE TABLA

Tabla 1: Principio de medicion de leeb .....	24
Tabla 2: Simbolo de soldadura y el significado .....	33
Tabla 3: Preparacion y acabado superficial.....	34
Tabla 4: Condiciones minimas para el ensayo .....	38
Tabla 5: Operacionalizacion de variables e indicadores .....	45
Tabla 6: Dureza requerida .....	48
Tabla 7: Reporte N° HTB Medicion de dureza Leeb .....	54
Tabla 8: Reporte N° HTB Medicion de dureza UCI.....	55
Tabla 9: Matriz de consistencia.....	65

## RESUMEN

Para inspeccionar los procedimientos de medición de dureza en la soldadura de uniones soldadas que se viene ejecutando en la moderna Planta de refinería de Talara – SGS del Perú y cumpliendo con las normas nacionales e internacionales exigidas, el **Objetivo** es evaluar los procedimientos de inspecciones medición de dureza que influyen en la calidad de soldadura en la moderna refinería de talara – SGS del Perú usando el análisis estadístico como técnica para el procesamiento de la información. En la **Metodología**, se evalúan las mediciones de dureza por ensayo: Leeb, Rockwell y UCI en la calidad de uniones soldadas en las tuberías a presión según el código ASME B31.1, ASME II y ASME IX. Se considera para tuberías  $\leq 6$  pulg, una zona de inspección a  $0^\circ$ . Para tuberías  $> 6$  y  $\leq 10$  pulg, dos zonas de inspecciones de  $0^\circ$  y  $180^\circ$ . Y, tuberías  $\geq 10$  pulg, se realizan en tres zonas de inspección a  $0^\circ$ ,  $120^\circ$  y  $240^\circ$  (figura 10). Se tomaron 10 muestras, y para cada una con 5 valores o lecturas. Como **Resultados** se obtuvo, que la junta soldada cumple con los criterios de aceptación. Ambos casos específicos obtuvieron durezas aceptadas después del PWHT, menores a 235 HB, según tabla 6. Se concluye aceptando el ensayo UCI, por ser mayores a los valores Leeb, pero menores a 235 HB. La hipótesis de investigación, afirma las evaluaciones en las inspecciones de medición de dureza ensayo UCI, influye en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la modernización de la refinería. La **Conclusión** es que a través del procedimiento de medición de dureza por ensayo UCI son los más confiables a los valores de 235 HB.

Palabra Clave: Medición de dureza, Leeb, Rockwell y UCI. Uniones soldadas.

## ABSTRACT

To inspect the hardness measurement procedures in the welding of welded joints that is being executed in the modernization of the Talara - SGS refinery in Peru and complying with the required national and international standards, the objective of this research work is to evaluate the hardness inspection procedures that influence the weld quality of welded joints in the modernization of the talara refinery - SGS of Peru using statistical analysis as a technique for information processing. In the Methodology, the hardness measurements are evaluated by test: Leeb, Rockwell and UCI in the quality of welded joints in the pressure pipes according to the ASME B31.1, ASME II and ASME IX code. It is considered for pipes  $\leq 6$  in, an inspection zone at  $0^\circ$ . For pipes  $> 6$  and  $\leq 10$  in., Two inspection zones of  $0^\circ$  and  $180^\circ$ . And, pipes  $\geq 10$  in. Are made in three inspection zones at  $0^\circ$ ,  $120^\circ$  and  $240^\circ$  (figure 10). 10 samples were taken, and for each one with 5 values or readings. As Results was obtained, that the welded joint meets the acceptance criteria. Both specific cases obtained accepted hardnesses after PWHT, less than 235 HB, according to table 6. It is concluded by accepting the ICU trial, because they are higher than Leeb values, but less than 235 HB. The research hypothesis, states the evaluations in the UCI test hardness measurement inspections, influences the weld quality of welded joints in the modernization of the refinery. The conclusion is that through the procedure of hardness measurement by ICU test, they are the most reliable at the values of 235 HB.

Key Word: Hardness measurement, Leeb, Rockwell and ICU. Welded joints.

## INTRODUCCION

El presente investigación los procedimientos de los ensayos de dureza con el uso de durómetros portátiles, equipo Equotip 550, que permite la medición de las tres formas diferentes rebotes Leeb, Rockwell o Uci y se evalúa el área perjudicada por la soldadura en las uniones soldadas las tuberías a presión de acero código ASME B31.1 – 2018 realizados por la Empresa SERVIPETROL PERU S.A., en el área de las operaciones de los procesos de soldadura, donde me desenvolví en los servicios de Ensayo No Destructivo, en el Proyecto de la moderna refinería de Talara, para el cumplimiento de las normas exigidas.

El Código ASME B31 tuberías a presión nos indica la cantidad de temas publicados particularmente en la Norma Nacional de Estados Unidos, de acuerdo al Comité B31 ASME, Tuberías de códigos a Presión. En cada tema se evidencia las características de instalaciones de tuberías consideradas.

Los procesos de soldadura por ejemplo ensayo de dureza, se desarrolla de la industria por las constantes innovaciones en los metales, por sus resistencias al desgaste y tensión. Los factores de importancia, tiempo y temperatura deben ser fijados para la combinación del acero y características que se pretende obtener.

El capítulo I, describe el planteamiento del problema y sus objetivos. Capítulo II, se mencionan los antecedentes, el marco teórico y se formula la hipótesis. Capítulo III, la metodología diseñada y sus técnicas, instrumento y proceso de información. Capítulo IV, sus resultados, condiciones de trabajo la parte experimental. Cerrando el último capítulo, las conclusiones y recomendaciones. También debemos mencionar la bibliografía y los anexos, que son de gran ayuda en la elaboración de la investigación.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La obra Nueva Refinería en la ciudad de Talara, intervienen diversas empresas que son líderes a nivel mundial con nuevas tecnologías aplicadas al sector hidrocarburos. Porque las nuevas plantas de procesos, así lo exige. La empresa española trabaja coordinadamente en la construcción de la refinería Petroperú, Exxon Móvil, Honeywell, General Electric, Axens, Haldor Topsoe, UOP y por experiencia internacional de otras empresas, registrando un avance superior al 62%.

En nuestro país el Proyecto Moderno de la Refinería de Talara (PMRT), es de una infraestructura energética más importante, y sus 16 nuevas unidades de proceso serán de las última tecnología, permitiendo producir combustible limpio con la tecnología Euro VI, así como gasolinas, Diésel y GLP. También, procesara crudos pesados que son extraídos en la selva, permitiendo realizar la conversión de residuales a productos valiosos, y de gasolinas de bajo octanaje a gasolina de alto octanaje.

A finales del 2020 o a inicios del año 2021, la moderna refinería entraría en operaciones., A diferencia de la actual refinería cuya capacidad máxima es de 65 mil barriles. La inversión del proyecto asciende a US\$5,000 millones aproximadamente, para procesar 95 mil barriles de petróleo por día.

La Empresa SERVIPETROL PERU S.A, está integrada por especialistas, probos de diseñar, ejecutar, supervisar y administrar los pedidos solicitados por las empresas industria nacional e internacional. La Empresa es una industria especializada en servicios de Ensayos No Destructivos por excelencia en los productos de acero, fundición y mecanizado de metales no ferrosos y sus aleaciones, bajo Normas Técnicas

Especializadas, rigurosos controles de supervisión y calidad durante las inspecciones, asegurando que todo material suministrada tenga optimas propiedades mecánicas, dimensiones exactas y supere los niveles máximos de rendimiento.

La Empresa SERVIPETROL PERU S.A, desarrolla el moderno proyecto de la refinería de talara, cumpliendo las normas nacionales e internacionales exigidas. Lo descrito anteriormente se plantea el problema, que será evaluado con el fin elegir, el mejor procedimiento en la medición de dureza de calidad en soldaduras de uniones soldadas.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿En qué medida los procedimientos inspecciones en la medición de dureza influyen en la calidad de soldadura en uniones soldadas en el moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿En qué medida los procedimientos de las inspecciones de medición de la dureza ensayo Leeb influyen en la calidad de soldadura de uniones soldadas en el moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú?
- ¿En qué medida los procedimientos de las inspecciones de medición de la dureza ensayo Rockwell influyen en la calidad de soldadura de soldadura de uniones soldadas en el moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú?
- ¿En qué medida los procedimientos de las inspecciones de medición de la dureza ensayo UCI influyen en la calidad de soldadura de uniones soldadas en el moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar los procedimientos inspecciones en medición de dureza que influyen en la calidad de soldadura en uniones soldadas del moderno proyecto refinería de talara - SGS del Perú.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar los procedimientos de inspecciones en la dureza ensayo Leeb, influyen en la calidad de soldadura en uniones soldadas del moderno proyecto en la refinería de talara – SGS del Perú.
- Evaluar los procedimientos de inspecciones en la dureza ensayo Rockwell, influyen en la calidad de soldadura en uniones soldadas del moderno proyecto en la refinería de talara – SGS del Perú.
- Evaluar los procedimientos de inspecciones en la dureza ensayo UCI, influyen en la calidad de soldadura en uniones soldadas del moderno proyecto en la refinería de talara – SGS del Perú.

### **1.4. JUSTIFICACION**

A realizar las investigaciones de inspección medición dureza con el equipo Equotip 550 uniones soldadas en tuberías código ASME B31.3 en la ampliación Refinería de Talara, nos permite encontrar rangos los parámetros de dureza por el método: LEEB, Rockwell y UCI. El logro de este propósito beneficiará a la empresa y para los investigadores será una ocasión para incrementar sus conocimientos en estos temas.

### **1.5. DELIMITACIÓN DE ESTUDIO**

#### **1.5.1. Delimitación territorial**

- Departamento: Piura
- Provincia: Talara
- Distrito: Talara

### **1.5.2. Delimitación tiempo y espacio**

Para realizar las investigaciones la Empresa SERVIPETROL PERU S.A, toma como referencia el año 2018.

### **1.5.3. Delimitación de recursos**

Falta de recursos económicos para llevar a cabo el trabajo de investigación de manera profunda y detallar los accesos a mayor tecnología o escala de pilotaje.

## **1.6 Viabilidad del Estudio**

Es viable la investigación, por el conocimiento teórico, técnicos y los recursos económicos. Asegurando el acceso a lugares de fuente información requerida. También, es viable porque la empresa cuenta con los requerimientos necesarios permitiendo realizar la investigación en una mejor producción y calidad en el producto.



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Investigaciones Nacionales relacionadas con el estudio

Morán (2014), en su tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, llega a la siguiente conclusión:

Las construcciones de calidad en tanques metálicos en la industria general, cuando intervienen especialistas en la obra, usa estándares y normas técnicas internacionales, API 650 construcción de tanques, AWS D1.1 trabajos de soldadura, ASME B31.3 trabajos de tuberías, hacen uso de los siguientes documentos del plan de calidad en construcción: Plan de puntos inspección, según los estándares el procedimientos de trabajo, registros de pruebas y ensayos reporte de no conformidades y levantamiento, como complemento, el Dossier de Calidad. Disminuyen los costos, trabajando de una manera eficiente, producto del trabajo adecuado de acuerdo a normas técnicas correspondientes y el trabajo técnico normalizado.

Camarena (2016), en su tesis sobre *“Influencia de parámetros de soldeo en unión de tuberías del proyecto línea impulsión de agua desalinizada – Cerro Lindo, Milpo”*, optar el Título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional del Centro del Perú, llega a la siguiente conclusión:

Los defectos en los cordones de soldadura: falta de penetración, inclusión de escoria y fusión en los bordes, y una de las causa, caída de tensión es directamente proporcional a la longitud de conexión del grupo electrógeno y la máquina de soldar. Otra causa, se debe el conductor eléctrico expuesto a mayor temperatura, su resistencia es mayor afectando directamente la caída de tensión. En el proceso de soldeo, si las condiciones climáticas son adversas y desfavorable, se realiza un pre calentamiento a la probeta, para disminuir los defectos de porosidad en soldeo debiéndose al demasiado porcentaje de humedad contenido en el aire.

Villanueva M & Villanueva G (2016), en su tesis “*Análisis microestructural y mecánico de la unión soldada mediante proceso gmaw en acero disimiles AISI 316 Y ASTM A36*”, para optar el Título de Ingeniero Metalúrgico de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, llega a la siguiente conclusión:

La soldadura GMAW a tope con bisel en “V”. Los materiales base usados acero inoxidable austeníticos AISI 316 y al carbono ASTM A36, 12.7 mm espesor, y tamaño 300 mmx150mm. Y los material de aportación ER 309/309L de diámetro 0.8 y 1.0mm. Se realizó enlace con tres pases, velocidad de soldadura y dos condiciones de corriente. En la soldadura, los materiales de aceros inoxidables deben tener cuidado especial en la estructura, cordón de soldadura y la zona afectada por el calor, cambian esencialmente. El proceso de soldadura GMAW aplicados aceros disimiles, es ideal por sus resultados mecánicos y metalúrgico, y los cuidados pertinentes se deben considerar en referencia a los parámetros del proceso de soldeo como elección adecuada del material de aporte. Los ensayos de tensión de doblez, tanto de cara como de raíz y el ensayo de dureza realizadas a la unión soldada de los materiales disimiles nos demostró que el material de aporte AWS Er 309/309L, tienen una alta soldabilidad para unir aceros disimiles como los aceros de medio carbono y el de los aceros inoxidables austeníticos.

### **2.1.2. Investigaciones Internacionales relacionadas con el estudio**

Romero, Bernardo & Felipe (2013), en su tesis sobre “*Aplicación del ultrasonido al control de calidad de procesos de soldadura*”, llega a la siguiente conclusión:

La operatividad del equipo EPOCH 1000i su aplicación en el campo opera en función a diferentes normas ASME, AWS, JIS, etc. La capacidad se concreta con activación de códigos y opción a trabajar en base herramientas software, optimizando las inspecciones. Al realizar las inspecciones de placas soldadas a tope mediante UT modo convencional, no cumplió con la norma AWS D1.1; por carencias de herramientas, mencionando el transductor que usó no fue el indicado y la falta de un bloque de calibración (RC) para las curvas DAC/TVG, que recomienda la norma. Este equipo EPOCH 1000i su tecnología es superior a parámetros de la norma, respondiendo satisfactoriamente, aun faltando ciertos estándares en la norma (transductor, bloque de calibración, zapata); el factor de incidencia en el resultado final es

marginal. Para activar automáticamente la curva TVG, se recomienda calibrar el equipo, modo phased array, palpador angular, incluyendo la curva DAC; se utiliza la técnica de 6 decibeles como parámetro clasificando las discontinuidades. En la parte experimental, la validez de la técnica de los 6 decibels en el cordón de soldadura su porosidad distribuida no es necesario medir su longitud de onda porque se pierde la señal del eco y al obtener la longitud de las probetas, debido al factor humano, existe un mínimo margen de error. La Norma AWS D1.1, clasifica los defectos en las placas soldadas a tope, a base de los criterios de la inspección y procedimiento. El equipo de ultrasonido EPOCH 1000i para realizar el control de calidad de soldadura, es confiable e importante para desarrollar investigaciones.

Medina (2014), en su tesis sobre “*Determinación de los parámetros para minimizar el tiempo de soldadura por ultrasonido de la terminal mak*”, obtener grado Maestro en Manufactura Avanzada de la Universidad San Luis Potosí - México, llega a la siguiente conclusión:

La investigación está enfocada a la productividad y eficiencia de la industria de manufactura la finalidad es la reducción de los parámetros de ajuste y tiempo de proceso. Los tres parámetros que se ajustan en el proceso, afectan la fuerza de desprendimiento y el tiempo de soldadura. La presión y la amplitud se ajustan a nivel alto para reducir el tiempo de soldadura e incrementar la fuerza de desprendimiento. La ecuación fuerza de desprendimiento generada, permite predecir la fuerza de desprendimiento en función de la energía aplicada; y permite definir un rango de ajuste que maximiza la fuerza de desprendimiento y minimiza la energía. Utilizando la ecuación que se obtiene en el análisis de regresión, el tiempo de soldadura reduce en 30% y la fuerza de desprendimiento se encuentra por encima de los 1500 N y no excede de 1800 N. La determinación estadística de los parámetros simplifica el proceso de ajuste del equipo de soldadura y permite reducir el tiempo y la energía en el proceso, dando como resultado un incremento de la eficiencia del proceso asegurando, también, el cumplimiento de la fuerza de desprendimiento.

Jiménez % Bejarano (2017), en su tesis “*Inspección de uniones soldadas mediante ensayo no destructivo de ultrasonido con el equipo veo 16-64 sonatest*”, para Titularse de Ingeniero Mecánico - Universidad Tecnológica Pereira, Brasil, llega a lo siguiente:

Los resultado obtenidos del funcionamiento y p r o c e s o del equipo VEO 16:64 SONATEST, al concluir el objetivo de obtener resultados precisos, capacitaciones por parte del tutor, orientación y adiestramiento. Los ensayos a las probetas seleccionadas por ultrasonido, la falta de conocimiento, experiencia calibración y manejo del equipo VEO 16:64 SONATEST; para los análisis se debió usar un equipo convencional de ultrasonido, para un mejor adiestramiento. Se observó y analizo en las probetas seleccionadas, las diferentes uniones soldadas presentan defectos y discontinuidades compuestas por la escasa penetración de la soldadura, generando fisuras y grietas a lo largo del cordón, durante la solidificación. Corroborando lo anterior establecido con los procedimientos AWS D1.1, establece rechazar este tipo de defecto sin importar su longitud.

## **2.2. BASES TEORICAS**

El experimento consiste en inspección en medición de la dureza por ultrasonido en las uniones soldadas en las tuberías en el moderno proyecto en talaria - Refinería, cumpliendo con las normas nacionales e internacionales exigidas; al desarrollar el procedimiento se requirió de ciertos registros y conocimientos previos sobre inspección por ultrasonido sobre uniones soldadas, que se basó en la capacitación teórica y prácticas del personal de la Empresa Servipetrol Perú S.A, 2016.

### **2.2.1. Soldadura por Ultrasonido**

El s o n i d o es la p r o p a g a c i ó n de las ondas de presión en un medio elástico. La propagación de las ondas de sonido está conectada con una deformación del medio de transmisión de tal manera que la deformación se reproduce a través de la interconexión de todas las partículas en el medio (Rajagopal k, 2008, págs. 1 - 31)

Hay dos tipos básicos de movimiento de partículas oscilantes con respecto a la dirección cuando se propaga las ondas:

- Ondas transversales.
- Ondas longitudinales.

La amplitud (rango de oscilación) de una partícula de material en cuestión puede ser descrita por una onda sinusoidal como la de la figura 1:

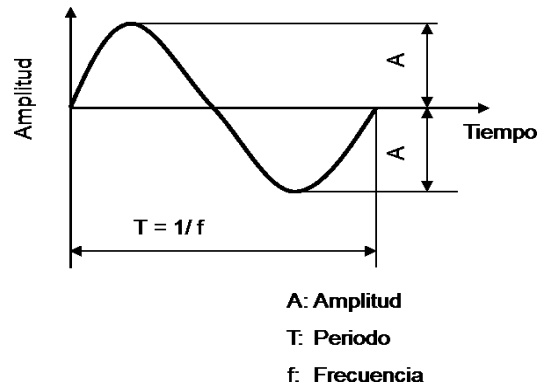


Figura 1 Características de una onda sinusoidal

Durante la deformación de un medio por oscilación sinusoidal, en un periodo la oscilación se propaga a través de todo el medio. Cuando esto sucede, las partículas se desplazan a intervalos regulares siguiendo en fase la forma de la onda. La distancia más pequeña entre las posiciones iguales de la fase se conoce como longitud de onda.

En propagación de onda de sonido se conoce como, velocidad del sonido **c**. Dado un cuerpo sólido en forma de barra del material, la velocidad del sonido en función como módulo de elasticidad **E** y  $\rho$  la densidad del material:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

La frecuencia **f** de una onda de sonido es una función de la velocidad del sonido **c** y la longitud de onda  $\lambda$ : El sonido puede ser clasificado de acuerdo a los rangos de frecuencia:

- 0 a 20 Hz se llama sonido infra sónico,
- 20 Hz a 20 KHz se llama sonido audible,
- 20 KHz a 500 MHz se llama sonido ultrasónico,
- Mayor que 500 MHz se llama sonido hipersónico.

El ultrasonido es una oscilación mecánica mayor a 20,000 Hz como frecuencia, por lo tanto, no es notorio para que el ser humano escuche (Rajagopal k, 2008) La soldadura por ultrasonido es cuando en estado sólido se suelda con aplicación de vibraciones de energía de frecuencia altas y las piezas a soldar están sujetadas a presión.

El profesional o técnico en ultrasonido se fundamenta en sus conocimientos, para realizar un cordón de soldadura y respectivo examen, y decimos:

- El conocimiento del material a inspeccionar, nos ayuda a averiguar, si en las zonas adyacentes al cordón, se encontrara estructura de grano fino o grueso; determinando a usar la frecuencia.
- Es determinante saber el espesor de la placa, porque permite seleccionar en la zapata su ángulo, al realizar la inspección cuando se desplaza el transductor nos informa las distancias del salto y medio.
- Cuando preparamos el cordón de uniones, nos ayuda la interpretación de discontinuidades e inferir en su localización.
- La importancia conocer el procedimiento de soldadura, nos permite observar las discontinuidades, con mayor frecuencia. En este tipo de soldadura por el método del anhídrido carbónico ( $CO_2$ ), no se observa la escoria, porque el electrodo se protege con gas, y este tipo de discontinuidades son las porosidades y falta de fusión.
- Se observa cambios en el cordón de soldadura cuando su estructura de grano, ha sufrido un tratamiento térmico o no, influyendo en la elección de la frecuencia del palpador.

### 2.2.2 Medición de Leeb- Inventado por Proceq, principios.

La Dureza Leeb, se fundamenta por método dinámico (rebote). Nos indica que con la punta de prueba de metal duro, sobre un cuerpo, se aplica una fuerza de resorte contra la superficie de la pieza como ensayo. Va suceder una deformación de superficie, cuando el cuerpo de impacto, pega en la pieza de ensayo, provocando una pérdida de energía cinética, que se detecta por medio de la comparación de velocidades de impacto y de rebote  $V$ , también cuando, el cuerpo de impacto a una distancia exacta de la superficie, ocurriendo en ambas etapa de impacto y de rebote del ensayo.



Figura 2 Equotip Leeb Dispositivo de impacto U

FUENTE: MANUAL DE OPERACIONES EQUOTIP.

Un cuerpo de impacto (Proceq, 1954), sirve para medir las velocidades usando un imán, que genera un voltaje de inducción en la bobina posicionada en el cuerpo de impacto. Donde se detecta el voltaje proporcional a la velocidad del cuerpo de impacto. La lectura de dureza es proporcionada por el procesamiento de señales.

Tabla 1  
Principio de medición de Leeb

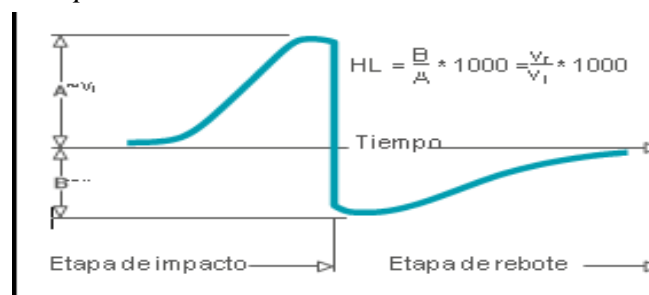


Figura 3 Swiss Precision since 1954

## La ejecución de ensayos en la superficie curva

El indentadores de bola, funcionara al encontrarse precisamente al extremo del tubo al momento del impacto. Al trabajar con la superficie cóncava o convexa, el indentadores de bola, saldrá completamente del tubo de ensayo o saldrá demasiado. En ambos casos, sustituimos un anillo adecuado por el anillo de soporte. (Proceq SA., 2017)

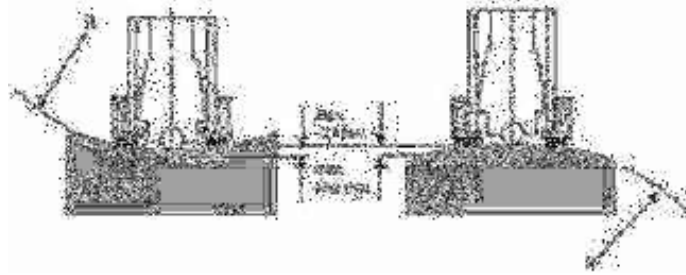


Figura 4 Ejecución de ensayos Leeb en superficies curvas

Fuente: Proceq SA., 2017

### 2.2.3 El principio de medición de Rockwell

El equipo Equotip Portable Rockwell, se basa en el principio del método de ensayos tradicional estáticos Rockwell. Al usar el equipo de mediciones en onda, al penetrar la pieza de ensayo el indentador de diamante usa exactamente una fuerza controlada, continuamente se mide la profundidad con indentacion del diamante con carga aplicada y soltada. Se registra las profundidades de indentacion  $d_1$  y  $d_2$  con dos cargas definidas calculando la diferencia:

$A = d_2 - d_1$ . Viene se la deformación plástica. (Proceq SA., 2017, pág. 19)

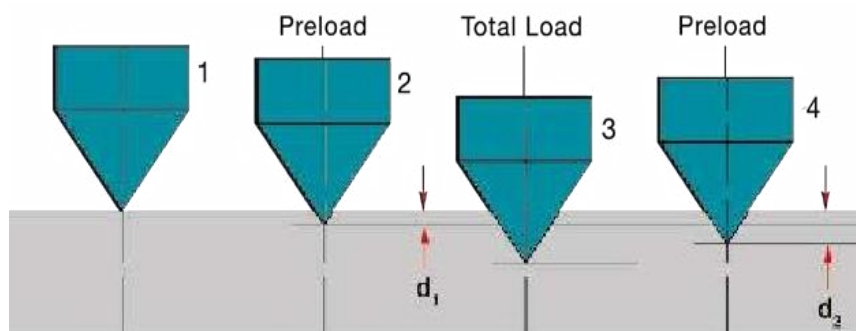


Figura 5 Principio de ensayos Portable Rockwell

Fuente: Swiss Precisión since 1954.



#### **2.2.4 El Principio de medición UCI: Impedancia de Contacto Ultrasónica**

El método UCI, usa en forma piramidal el diamante que el durómetro vickers convencional utiliza, no requiere la evaluación óptica en la indentación a diferencia de los ensayos Vickers, sus mediciones son rápidas y portátiles. Este método UCI estimula la vibración ultrasónica de una varilla. Aplicamos a través de un resorte la carga de ensayo que será entre 1 a 10 kg de fuerza (HVI a HV10). El diamante va penetrando al material, y el área de contacto entre el diamante y el material ensayado, la frecuencia de vibración de la varilla cambiara. A través de la pantalla observamos, que el instrumento detecta la interface, y lo convierte en un valor de dureza (Proceq, 1954, pág. 9)

El método UCI, la varilla, exalta las vibraciones. Aplicamos la carga de ensayo, su frecuencia de la vibración de la varilla cambiara como reacción al área de contacto entre el diamante y el material ensayado. El instrumento detecta el cambio de la frecuencia, lo convierte en un valor de dureza el cual es visualizado inmediatamente en la pantalla. (Industrial Services SGS, 2016, pág. 5)

#### **Preparación de la Muestra**

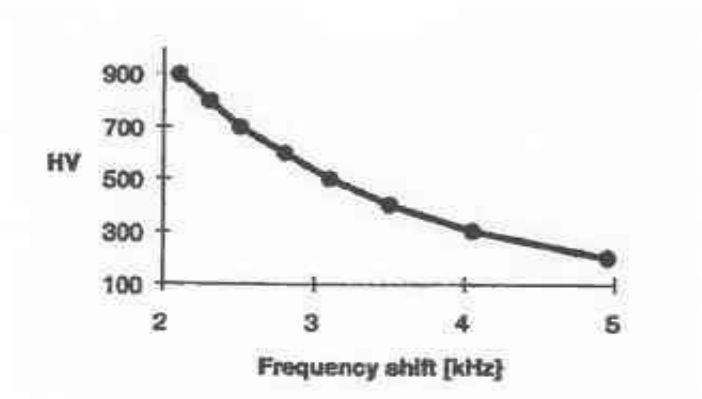
La superficie de la pieza a trabajar debe estar limpia, lisa y seca El agente acetona o isopropano usa para limpiar la superficie. No usar líquido o agua como limpieza. (Proceq SA., 2017)

#### **Procedimiento**

El equipo 550 permite la medición de dureza de 3 formas diferentes rebote LEEB, Rockwell o UCI, la metodología empleada en el procedimiento está basada en UCI (Ultrasonic Contac Impedance).

La metodología UCI emplea la indentación producida por una carga la cual es caracterizada de forma indirecta, midiendo mediante ultrasonido la frecuencia de resonancia del indentador.

A continuación, (Industrial Services SGS, 2016) se indica de manera secuencial, las diferentes actividades que son requeridas para la correcta implementación de la medición y los aspectos de control a ser tomados en cuenta por el inspector.



*Figura 6 Valores de dureza versus cambios en la frecuencia medida*

Fuente: (Industrial Services SGS, 2016).

### **Almacenamiento y Limpieza del Equipo y accesorio.**

a.- Almacenar el equipo de medición de dureza EQUOTIP 550 y accesorios, conservarlo con su embalaje original, libre de polvo y lugares secos.

b.- Para la limpieza debe considerarse lo siguiente:

- Sondas Portables UCI: limpiar las sondas y los indentadores de diamante con paño limpio y seco.
- Después de usar la caja, se limpia la pantalla con paño limpio y seco, y con un cepillo limpio seco los conectores hembra. Industrial (Industrial Services SGS, 2016)

### **2.2.5 Métodos de Inspección**

En la campaña los ensayos por ultrasonido, es parte de los ensayos no destructivos (END). El procedimiento empleado indica las imperfecciones hacer interpretadas y con precisión evaluadas. La soldadura se evalúa a base estándares de aceptación para END, requiriendo más completa su inspección donde se determina el tamaño de las imperfecciones. (Dominic, 2001, pág. 188).

Por su experiencia y entrenamiento se califica al personal en inspecciones de soldadura y debe ser aceptada por la empresa. Se certifica al personal de END, en nivel I, II y III, como recomienda ASNT (American Society for Nondestructive testing).

Mantener en reserva del registro de certificación del personal END para la compañía. En los archivos se incluyen con mucha reserva los resultados de los ensayos de certificación, la agencia y los otorgan las certificaciones, el personal una opción de la compañía.

### **2.2.5.1 Los estándares de aceptación en END**

Las normas de aprobación presentado Estándares API 1140, se aplican para los métodos de ensayo de radiografía, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, ultrasonido, e inspecciones visual, para las imperfecciones localizadas (Dominic, 2001, pág. 188).

### **2.2.5.2 Ensayo Ultrasonido (UT)**

Lo que produce UT las indicaciones no son por obligación imperfecciones. El cambio de la forma geométrica soldada debido al no alineamiento en los extremos circundante de tuberías, alteración del reforzamiento soldado de los pases raíz ID y coronamiento OD, biseles internos y modo de conversión de onda ultrasónica, produciéndose las indicaciones de forma geométricas similar a las imperfecciones que son producidas, siendo no relevantes para aceptación. (Estandar API, 1999, pág. 33)

### **2.2.5.3 Inspección por Ultrasonido en Soldadura, según Normas**

Según las normas, inspección por ultrasonido (Jimenez B & Bejarano O, 2017, pág. 33) se establecen a nivel internacional por distintas entidades de estandarización, independientemente según el campo de aplicación las discontinuidades cada cual establece sus protocolos de inspección y su evaluación de acuerdo a su petición; algunos códigos usados:

- ANSI / ASME Boiler and Pressure Vessel Code (Código para Recipientes a Presión y Calderas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- ANSI / AWS D1.1 Structural Welding Code (Código de Soldaduras Estructurales de la Sociedad Americana de Soldadura).
- ANSI / ASME B31 Piping Code (Código de tuberías de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- ANSI / API 570 Piping Inspection Code (Código para Inspección de Tuberías del Instituto Americano del Petróleo)

### **2.2.5.4 Descripción de Normas de referencias: Método Leeb (Proceq, 1954)**

- DIN 50156 ensayo de dureza en materiales metálicos por el método Leeb.
- ASTM A956 Para acero ensayos de dureza según el método Leeb

- ASTM A370 Métodos para ensayos y definiciones para la ejecución de ensayos mecánicos en producción de acero.
- ASTM E140 tabla de conversión para metales dureza estándar entre la relación de dureza Brinell, Vickers, Rockwell, superficial, Knoop, escleroscopio y Leeb.
- ISO 18265 Conversión de valores de dureza - Materiales metálicos
- ISO 16859 Materiales metálicos ensayos de dureza según el método Leeb.

#### **2.2.5.5 Descripción de Normas de referencias: Método Rockwell**

DIN 50157 (Proceq SA., 2017), mediciones de profundidad d1 y d2, aplican en la precarga, primer lugar la aplicación (d1) y después la carga total (d2). La posible repuesta a la deformación del material de penetración es a la diferencia entre d1 y d2.

Mediciones de HV y HRC son el Estándar de Conversión, correlaciones directas y, no se requiere ninguna conversión. Además el usuario dispone la opción de ASTM E140 o ISO 18265 que puede ser conversión a otra escala.

Nuestro Portable Rockwell se fundamenta en principio de indentación estática, las conversiones de dureza dependen menos de las propiedades específicas del material en la mayoría de los casos.

#### **2.2.5.6 Descripción de Normas de referencias: Método Impedancia de contacto ultrasónico (UCI).**

Existen dos normas que describen las mediciones UCI (Proceq SA., 2017) bien el instrumento:

DIN 50159: Ejecución del ensayo de dureza UCI, como método. La aplicación del estándar ASTM A1038 se mide la impedancia de contacto ultrasónica, para el ensayo de dureza.

En las conversiones de unidad de dureza a otra, el usuario puede seleccionar una de las siguientes normas:

Para Conversión de Metales: ASTM E140 Tabla de dureza estándar, las relaciones entre Brinell, Vickers, Rockwell, superficial, Knoop, escleroscopio y Leeb. ISO 18265: las conversiones de los valores de dureza.

### 2.2.6 Aceros

Según Norma ASTM (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales), los aceros se identifican por las designaciones. La ASTM también evalúa y clasifica acero al carbono aleaciones de carbono, los aceros forjados, moldeados y laminados y los aceros que son tratados al calor y los no tratados. La norma ASTM categoriza las propiedades de los aceros y miden su rendimiento a través de cuatro características: módulo de elasticidad, tensión de dureza, rendimiento mínimo a la tensión y despojar. Se produce las soldaduras en posición o mediante rotación, o ambas combinaciones.

El acero, mezcla de hierro y carbono, en porcentajes variables, llegando hasta el 2% de carbono, el propósito mejorar sus propiedades y pueden contener otros elementos químicos. Para mejorar su dureza y flexibilidad, admitimos el Temple.

En estos tiempos para las construcciones, se pide aceros cada vez más resistente. Mejorando sus propiedades de resistencia a la corrección; aceros más soldables y otros requisitos. En la industria del acero, la investigación a llevada a cabo, la obtención de pequeños grupos que satisfacen varios requisitos.

#### a) Aceros al carbono

Los aceros el 90% son aceros al carbono, de diversas cantidades de carbono, menor del 1,65% manganeso, 0,6% silicio y 0,6% de cobre. Fabricándose con esta clase acero maquinas, carrocerías de automóvil, estructuras de construcción, pasadores de pelo y otros (Guzman, 2013, pág. 8)

En la industria el acero al carbono es el metal más usado por ser, barato y aplicable. Por tener una propiedad la ductilidad excelente, permitiendo que se utilice en diversas operaciones formado en frío y se puede soldar con facilidad.

## **b) Hierro forjado**

En alto horno el arrabio es quebradizo, y hierro forjado posee buena propiedad de maleabilidad y dureza permitiendo ser forjado y soldado. La característica del hierro su contenido de carbono menor a la mayoría de aceros. Y, su escoria las impurezas de sulfuro, fosforo, manganeso, y silicio, le proporciona estructura fibrosa contribuyendo en su fabricación propiedades codiciables, la producción se realiza altas temperaturas mediante proceso pudelización. Cuando se funde el arrabio se mezcla con residuos de laminado. En el mundo para fines estructurales y decorativos, siempre se usado el hierro forjado, pero a partir de la mitad del siglo XIX su consumo decayó por ser un proceso de trabajo manual en la era de mecanización, actualmente se sigue usando este proceso en obras de arte y trabajos de restauración. (<https://glosarios.servidor-alicante.com>).

## **c) Aceros inoxidables**

Sus aleaciones: cromo, níquel, y otros elementos, obtienen buenas propiedades duras, brillantes, resistentes a la oxidación, conservando la resistencia buen tiempo a temperaturas extremas. Los arquitectos debido al brillo, lo usan con fines decorativos. También los usan para utensilios de cocinas y fácil de limpiar. Por ser resistente a la oxidación, lo utilizan tuberías, depósitos de petróleo, productos químicos y fabricación de instrumentos quirúrgicos o la medicina sustituta de huesos por su resistencia a la acción de los fluidos corporales. (Guzman, 2013, pág. 8)

## **d) Aceros aleados**

Se emplean para fabricación de engranaje, ejes, cuchillos. Sus aleaciones se determinan por proporciones de vanadio, molibdeno y otros elementos; y cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono (Guzman, 2013, pág. 8)

## **e) Aceros de baja aleación ultra resistentes**

Se emplea para fabricación de estructuras en edificios, vagones por ser resistentes sus paredes delgadas y mayor capacidad de carga o peso, y pesan menos. Esta familia de aceros es resistentes que las anteriores mencionadas, más baratos que los aceros convencionales por contener menor cantidad de materiales costosos de aleación. El tratamiento especial que recibe, hace que su resistencia sea mucho mayor que la del acero al carbono. (Guzman, Analisis de Aceros por Microscopia Optica, 2013)

## 2.2.7 Método de Aplicación de soldadura

Existen muchos métodos de aplicación en los diversos procesos de soldadura, y cada soldador se caracteriza por su habilidad. Definimos al soldador “es aquel especialista que ejecuta una operación de soldadura manual o semiautomática” y llamamos operario de soldadura “Aquel que opera un equipo de soldadura de máquinas o automático”.

La American Welding Society (AWS) en múltiples procesos de soldadura, estableció cuatro métodos específicos de aplicación. Y se basan en las siguientes interpretaciones:

***Soldadura manual:*** se realizan las operaciones con una o dos manos

***Semiautomática:*** se opera parcialmente de modo automático manual.

***De Máquina:*** su mecanismo sirve para transmitir y modificar la fuerza: y el movimiento se ejecuta el tipo de trabajo deseado.

***Automática:*** el mecanismo de operación es automático o autorregulado. El trabajo del electrodo es continuo; avanza de manera automática y sumergido, usa como protección un polvo; en el cordón largo su principal cualidad es la uniformidad.

### 2.2.7.1 Símbolo de la soldadura

El soldador utiliza en los planos de ingeniería los signos gráficos que se llaman símbolos como regla que debe seguir y ejecutar un proyecto de soldadura. Entendido el lenguaje de estos símbolos, es fácil leerlos e interpretarlos.

Tabla 2.

*Símbolo de soldadura y el significado*

Símbolos Básicos de Soldadura y el Significado de su Localización									
Significado de la Localización	Filete	Tapón o ranura	Punto o Proyección	Perno	Costura	De Respaldo	Revestimiento	De Brida o Esquina	De Brida Lateral
Lado más Cercano									
Lado más Lejano				no se usa			no se usa		
Ambos Lados		no se usa	no se usa	no se usa	no se usa	no se usa	no se usa	no se usa	no se usa
No influye el Significado más Cercano o más Lejano	no se usa	no se usa		no se usa		no se usa	no se usa	no se usa	no se usa

Significado de su Localización	Ranura							Unión de Rebaje o Talonada
	cuadrado	V	Bisel	U	J	V flare	Bisel flare	
Lado más Cercano								
Lado más Lejano								
Ambos Lados								
No influye el Significado más Cercano o más Lejano		No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa

### 2.2.8 Procedimiento detallado: Equipo de Equotip 550 (Industrial Services SGS, 2016)

**El equipo Equotip 550:** permite la medición de dureza de 3 formas diferentes rebotes LEEB, Rockwell o UCI, la metodología empleada en el procedimiento está basada en UCI (Ultrasonic Contact Impedance).

La metodología UCI emplea la indentación producida por una carga la cual es caracterizada de forma indirecta, midiendo mediante ultrasonido la frecuencia de resonancia del indentador.

A continuación, se indica de manera secuencial, las diferentes actividades que son requeridas para la correcta implementación de la mediación y los aspectos de control a ser tomados en cuenta por el inspector:

**Prueba de Funcionamiento/verificación diaria:** En base a ASTM A1038 y ASTM 956, parte B realizará la verificación del Sistema:

- **Verificación física del equipo:** verificar que la integridad del equipo es buena, no se observa roto, las baterías indican que tienen carga, el indentador se encuentra limpio.



- **Verificación de bloques de calibración antes de la verificación del equipo:** el bloque se debe observar pulido (acabado con 0,4  $\mu\text{m}$  máx.), sin discontinuidades o pérdidas de material superficial, se puede emplear un medidor de espesores con una exactitud de  $\pm 0.025$  mm para comprobar pérdidas del espesor, en caso se requiere verificar. Los bloques deben estar identificados con el valor de dureza respectivo incluyendo unidades, ejemplo HRB, deben tener identificación de fabricantes.

Se prueba al equipo Equotip, llevando a cabo con dos impactos en el bloque estandarizado. Se verifica el instrumento de dureza Equotip si las lecturas individuales caen dentro  $\pm 6$  unidades HL del valor de referencia.

- **Temperatura:** entre 4 °C (40 °F) y 38 °C (100 °F) se realizan las pruebas y fuera de este rango, el especialista desarrolla la curva de corrección por temperatura para cada tipo de material inspeccionado.
- **Preparación /acabado superficial:** se realizar la prueba es lisa, se prepara cuidadosamente para evitar cualquier alteración de la dureza ocasionada por calentamiento durante el pulido o maquinado. Se remueve todo tipo de recubrimiento de superficie, pintura, sarro, escama, poros. Al hacer un adecuado acabado superficial y los resultados de la prueba serán confiables. Un mal acabado superficial se tendrá valores en la lectura inferiores a los reales. Se obtendrá buenos acabados si la superficie de prueba es maquinada o pulida.

Tabla 3.

*Preparacion y Acabado Superficial*

Dispositivo de Impacto	Acabado Superficial Ra (máx.)	Tamaño de estructura
D, DC, D+15, E	63 $\mu\text{in}$ (2 $\mu\text{m}$ )	200
G	250 $\mu\text{in}$ (7 $\mu\text{m}$ )	65
C	16 $\mu\text{in}$ (0.4 $\mu\text{m}$ )	500

- **Numero de Impactos:** una prueba se constituye de 5 impactos en un área de aproximadamente 1 in<sup>2</sup> (645 mm<sup>2</sup>). Si se considera que el material bajo prueba no es del todo homogéneo (por ejemplo, hierro forjado) se debe realizar 10 impactos por prueba.
- **Prueba de funcionamiento:** se debe ejecutar regularmente antes de usarse el instrumento en la verificación de las funciones mecánicas y electrónicas de la sonda, dispositivo indicador, para ello deberá seleccionarse el icono de verificación en la pantalla del equipo que se aprecia a continuación en la figura 6.



*Figura 7 Menú de configuración*

Fuente: 2017 Proceq SA. P. 7

a. Durante el proceso el sistema del equipo guiara al inspector a través de un procedimiento completo de verificación. Los datos se almacenaran en la memoria del dispositivo y se verificara el instrumento al dar por concluido el procedimiento.

Cuando se ejecuta la verificación sus datos también se almacenan; por lo tanto, se notara cualquier disconformidad con el transcurrir del tiempo.

b. En base a ASTM A 1038-05, el equipo se considera verificado, si cada lectura de dureza está dentro del  $\pm 3\%$  del valor indicado en el bloque de calibración; en caso de no cumplirse, será necesario reparar el equipo o cambiar el bloque de calibración.

## 2.2.9 Configuración del Equipo

La configuración del equipo (Industrial Services SGS, 2016) se realizará considerando la utilización de la Sonda ECUOTIP HV5, para lo cual debe seguirse los siguientes pasos.

- **Configuración de Mediciones.**

La configuración de las mediciones se realizará seleccionando el icono de mediciones en la pantalla del equipo que se aprecia en la figura 5.

### **Parámetro de Medición – Material**

Del grupo de materiales, al seleccionar lista predeterminada a inspeccionar, los mismos se pueden personalizar y predefinirse en grupos que se visualizaran la próxima vez que se ingrese. Para una información detallada sobre grupo de materiales, verificar el ítem 3.3.3.6 del manual de operación de equipo.

### **Parámetro de Medición – Estándar de Conversión**

Seleccionar como método de medición predeterminado el estándar ASTM A1038.

### **Parámetro de Medición – Carga del disparador**

Para la Sonda ECUOTIP, seleccionar la carga de disparo para el rango de medición de HV1 a HV5 (10 a 50 N). No se podrá cambiar la carga del disparador una vez que se haya comenzado con la serie de mediciones.

Asegurarse que la configuración del equipo se realice antes de la ejecución del trabajo. Si se realizan cambios en la configuración inicial, estarán ajustados para todas las series de mediciones venideras.

Si se va al menú de configuración a través de la pantalla de medición, los cambios solo serán válidos para la serie de medición actual.

- **La Configuración de Tipo Sonda.**

El dispositivo lo reconoce automáticamente. Se ejecuta una configuración anticipada que será usada en cada dispositivo de medición. Al observar en la pantalla la configuración de medición, se podrá seleccionar la sonda activa.

- **Configuración de Reporte.**

Para continuar con los reportes se usa el equipo y seleccionamos el icono de reportes que observamos en la pantalla y se aprecia a continuación en la figura 5.

Al acceder al icono en referencia procederemos a configurar los siguientes parámetros:

**ID de la muestra – Después de la Medición.**

Usar este ajuste para definir si se conservan las ID de muestras actuales para la siguiente serie de mediciones o si se eliminaran las mismas.

**ID de la muestra – editar inscripciones.**

Las inscripciones de los diferentes campos de ID de muestras se pueden eliminar o editar aquí. Para un aumento o reducción rápida, usar las flechas hacia arriba y abajo.

## **2.2.10 Calibración de Equipo**

- **Calibración del Equipo con EQUOTIP HV5.**

El funcionamiento de la medición de la dureza EQUOTIP 550 y sonda, deberá verificarse mediante el bloque de calibración UCI 850-HV antes de cada serie de mediciones. (Industrial Services SGS, 2016, pág. 12). Para la calibración asegurarse que la superficie del bloque de calibración este uniforme, limpia y seca. Se necesita usar en la limpieza de la superficie agente adecuados acetona, o isopropanol. No usar en la limpieza agua ni otro líquido.

### 2.2.11 Condiciones Mínimas para el Ensayo.

La lectura de dureza adecuada, deberán cumplirse las condiciones detalladas en el tabla 4.

Tabla 4.

*Condiciones Mínimas para el Ensayo.*

Configuración de la sonda		HV1 (-10N)	HV5 (-50 N)
Espesor mínimo requerido		6 mm/0.2 inch	
Peso mínimo requerido		0.3 kg/0.66 lbs.	
Rugosidad	Clase de grado	N8	N10
superficial	Rugosidad máxima	15 µm/800 µinch	60 µm/ 2400 µinch
requerida	Rugosidad promedio	3.2 µm/ 125 µinch	12.5 µm/ 500 µinch
Curvatura de la superficie aceptable		Radio > 3mm.	
Espacio	De indentacion al borde	5 mm / 0.2 inch	
mínimo	Entre indentaciones	3 mm / 0.12 inch	
Tamaño de indentacion en superficie de ensayo			
300 HV. 30	Profundidad	11.3 µm/ 445 µinch	25.3 µm/ 996 µinch
HRC	Diagonal	79.1 µm/ 3114 µinch	177.1 µm/ 6972 µinch
600 HV. 55	Profundidad	8.0 µm / 315 µinch	17.9 µm / 705 µinch
HRC	Diagonal	56.0 µm / 2205 µinch	125.3 µm / 4933 µinch
800 HV. 63	Profundidad	6.9 µm / 272 µinch	15.5 µm / 610 µinch
HRC	Diagonal	48.3 µm / 2205 µinch	108.5 µm / 4272 µinch

Fuente: Industrial Services SGS, 2016.p 12

## 2.2.12 Ejecución de Mediciones.

- **Proceso de Trabajo UCI - EQUOTIP HV5** (Industrial Services SGS, 2016, pág. 13)

Se verifica la limpieza perimetral de los cordones de soldadura, que cubrir un ancho de 2" a cada lado del cordón. En la calibración la superficie de bloque debe estar limpia y seca, usar como agente de limpieza acetona o isopropanol, no usar agua ni otro líquido.

La cantidad de impactos apropiada se detalla en la figura 6, los mismos que están distribuidos en 13 puntos de la siguiente manera:

- Material Base: puntos.
- Zona afectada por el calor (ZAC): 5 puntos
- 5 puntos en el cordón de soldadura
- Zona afectada por el calor (ZAC): 5 puntos
- 5 puntos. En el Material de base

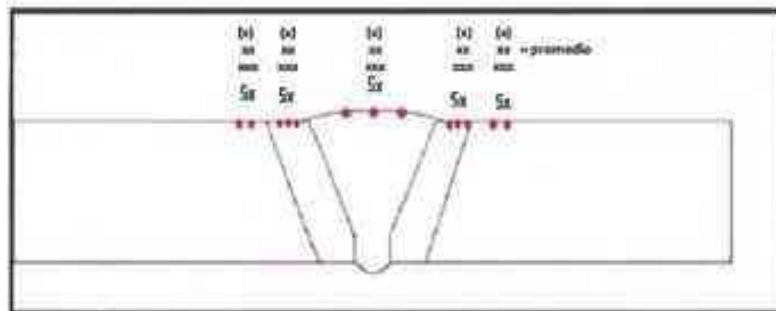


Figura 8 Indica que se realizar 5 lecturas por puntos

Fuente: Industrial Services SGS, 2016,p 13

Se informara los puntos, y el valor promedio. Y llevar a cabo las mediciones como se describe a continuación con Sonda UCI:

- **Ubicamos:** la sonda en la muestra a trabajar. La sonda se deberá encontrar perpendicular a la superficie (5). Una base especial se puede usar en aumentar la respetabilidad y evitar la distorsión de los resultados.
- **Se presiona:** contra la superficie la sonda de modo lento pero firme, hasta que se haya alcanzado la fuerza de medición seleccionada. El instrumento indicara el momento de separar la sonda atreves de un aviso en la pantalla y un sonido audible.

- **Separar: la sonda de material.** Es importante retirar la sonda completamente del objeto de ensayo. De lo contrario, se podrán producir resultados sesgados.

**La toma de medida de dureza en tuberías se realizara de la siguiente manera:**

- Tubería menores o iguales a 6 pulgadas, 1 zona de inspección a 0° (ver figura 8)
- Tuberías mayores a 6 pulgadas y menores o iguales a 10 pulgadas, 2 zonas de inspección a 0° y 180° (ver figura 8).
- Tuberías mayores a 10 pulgadas se realizara en zonas de inspección 0°, 120° y 24 0° (ver figura 8).



*Figura 9 5X Indica que se realizar 5 lecturas por puntos.*

Fuente: Industrial Services SGS, 2016, p. 14

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Abrasivo:** la finalidad de esta sustancia al actuar sobre otros materiales con diferentes clases de esfuerzo mecánico “triturado, molienda, corte, pulido”. Es su alta dureza, empleándose en todo tipo de procesos artesanos e industriales.
- **Acabado superficial.** – en este método las referencias para acabado superficial se definen como rugosidad superficial ( $R_a$  = promedio del valor de rugosidad,  $AA$  = promedio aritmético).
- **Austenita: Solución sólida en la cual el Hierro** gama es el solvente.
- **Abolladura.** hundimiento en la superficie de un tubo.
- **Análisis de integridad,** se realiza para tener criterio de rigidez en los defectos, que requiere inspección no destructiva y garanticen la seguridad en las operaciones, la continuidad en la producción y el mínimo impacto ambiental, lo económico sea viables.
- **Norma:** se usa en la industria o empresa en forma general ejemplo, las Normas Oficiales Mexicana (NOM).
  - **AISI:** American Iron and Steel Institute
  - **ASM:** American Society for Metals.
  - **ASTM:** American Society for Testng Materials
  - **AWS:** Americam Welding Society.
- **Aplicación de la Carga de Prueba:** a la probeta es lenta y uniformemente, la carga de prueba en rango 10 a 15 s, a excepción de ciertos metales blandos (suaves.)
- **Estándar:** el concepto más general se trata de un documento que define las reglas de aceptación o rechazo de un producto. (Pellant, 1992, pág. 17).
- **Espacio entre las Huellas:** medimos la distancia del centro de la huella a la orilla de la otra huella o a la orilla de la probeta que debe ser por lo menos tres veces el diámetro de la misma.



## Medida de la huella

- **Diámetro:** en la prueba medimos dos diámetros de la huella perpendiculares entre sí. Que usa como base el valor promedio para calcular el número de dureza Brinell, los datos se toman del microscopio portátil a bajos aumentos que tiene una escala fija en el ocular.
- **Discontinuidad:** en la estructura de una soldadura, como son: falta de homogeneidad mecánica, metalúrgica o características físicas del material base o de la propia soldadura. Las discontinuidades no se deben considerar como defecto.
- **Defecto.** Imperfección de tamaño suficiente que los códigos los rechaza.
- **Diablo simulador (DUMMY).** Es un equipo de peso y su idéntica longitud a la del diablo instrumentado.
- **Curva de Solidificación:** En el diagrama de composición de un metal, es la curva de demarcación que separa al estado pastoso del estado sólido.
- **Tensión:** deformación de un material causado por la aplicación de una carga.
- **Tenacidad:** Resistencia a los esfuerzos que tienden a separar el metal.
- **Tubería:** material de diferente componente que son utilizan en un sistema de ductos.
- **Tubería sin costura:** este producto tubular de acero se fabrica con el conformado en caliente para formar una tubería sin el uso de algún proceso de soldadura.
- **Tubo:** de forma cilíndrica se usa estructuralmente o como parte de un sistema de conducción.
- **Tubos soldados:** se obtienen a partir de bandas de laminación en frío o caliente, chapa gruesa o chapa fina.
- **Verificación:** se compara o prueba de instrumento que se cumpla según el documento.

## **2.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Realizando las evaluaciones las inspecciones en la medición de dureza, influye en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la moderna refinera de Talara – SGS del Perú.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- Realizando las evaluaciones en las inspecciones de medición de dureza ensayo Leeb, influye en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la moderna refinera de Talara – SGS del Perú.
- Realizando las evaluaciones en las inspecciones de medición de dureza ensayo Rockwell, influye en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la moderna refinera de Talara – SGS del Perú.
- Realizando las evaluaciones en las inspecciones de medición de dureza ensayo UCI, influye en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la modernización de la refinera de Talara – SGS del Perú.

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

##### 3.1.1 Tipo de Investigación.

Es experimental, una de las características el investigador interviene directo al objeto de estudio, y su objetivos es conocer los hechos elaborados por el propio actor como técnicas o procedimiento para validar la hipótesis (Bernal, 2010).

**Por su naturaleza:** Experimental.

**De acuerdo al propósito o utilización:** Investigación aplicada.

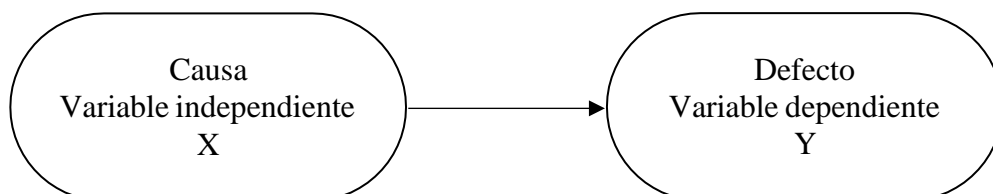
Se realiza investigación experimental y aplicada, en este trabajo ya que se realiza experimentos al nivel de laboratorio con un control mínimo para posteriormente aplicarlo en el proceso de soldadura de uniones soldadas en la refinería de Talara.

##### 3.1.2 Nivel de Investigación.

Es descriptivo y experimental, que se aplicara métodos y técnicas para desarrollar y subsanar la ubicación del problema, que da origen a la investigación (Carrasco, 2005).

##### 3.1.3 Diseño de la Investigación.

Dicho estudio se aplicará el diseño experimental, se manipularán las variables independientes, para contrastar sus efectos sobre las variables dependientes a estudiar. Determinando en ambas variables la relación causal con el control riguroso de otras variables no implicadas experimentalmente en el estudio (Pimienta, 2012, pág. 57).



### 3.1.4 Enfoque de la Investigación.

Es cuantitativo, el estudio de las variables o fenómenos cuantificables o fácilmente mensurables. “Los datos se recolecta para demostrar la hipótesis en el análisis estadístico y su medición numérica, estableciendo procedimientos y justificar teorías” (Fernandez, 2014).

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1 Población

Son las tuberías que se soldaran en la moderna planta de refinería en talara.

#### 3.2.1. Muestra

La muestra para el trabajo de investigación es la tubería de uniones soldadas en la moderna refinería de Talara.

## 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES e INDICADORES

Tabla 5.

*Operacionalización de variables e indicadores*

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>
Independientes	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección de la medición de dureza por ultrasonido</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Método Ensayo Leeb</li><li>• Ensayo Rockwell</li><li>• Ensayo UCI.</li></ul>
Dependientes	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Soldadura de uniones soldadas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acero</li><li>• Acero Forjado</li><li>• Hierro Forjado</li></ul>

Fuente: Elaboración del autor.

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1. Técnicas a implementar**

**a. Observación Directa.**

Aplicara la técnica al observar la investigación en instante que se desarrolla (Cegarra Sánchez J., 2011).

**b. Observación Indirecta.**

La técnica analiza, estudia diferentes escritos de información de la investigación.

**c. Observación experimental.**

Aplicaremos una técnica para desarrollar las actividades y extraer datos que son procesados después.

**d. Otras Técnicas.**

Reportes, fichas técnicas.

#### **3.4.2. Descripción de instrumentos**

- a. Ficha de observación.
- b. Lista de cotejo.
- c. Escalas libreta de notas.
- d. Filmadora, cámara fotográfica y grabadora.

### **3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Utilizamos la estadística y el Excel, modelamiento matemático, Spps etc., luego se muestra la información, en registros, figuras, tablas, medianas, promedios, desviación estándar y otros.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. CONDICION DE TRABAJO**

##### **4.1.1. Generalidades**

Para transportar un fluido y transmitir su presión, se usa cilindro cerrado, definiéndose como “tubería” cumpliendo con las especificaciones correspondientes del material. Los materiales usados en los tubos o caños se consideran como tubería en las especificaciones de servicios para presión (Revision ASME B31.3, 2010).

Para tuberías a presión código ASME son un número de secciones publicadas individualmente, según Norma Nacional Americana la dirección del Comité B31 de ASME Código Tuberías a Presión. En cada sección, se aplican las reglas y tipos de instalaciones en las tuberías para su desarrollo, de manera siguiente:

##### **Código Internacional de tuberías:**

- ASME B31.1 Planta de generación las tuberías.
- ASME B31.3 Proceso en la Planta.
- ASME B31.4 Transporte de Hidrocarburo de petróleo, líquido, gas.
- ASME B31.5 Refrigeración para tubería
- ASME B31.8 Conducción para gas
- ASME B31.9 Tuberías para los servicios en los edificios

#### 4.1.2. Toma de medida de dureza

Se realiza de la siguiente manera

- Tubería menores o iguales a 6 in. Una zona de inspección a 0° (figura 10)
- Tuberías mayores a 6 in y menores o iguales a 10 in. Dos zonas de inspección a 0° y 180° (figura 10).
- Tuberías mayores de 10 in se realizan en tres zonas de inspección a 0°, 120° y 240° (figura 10).

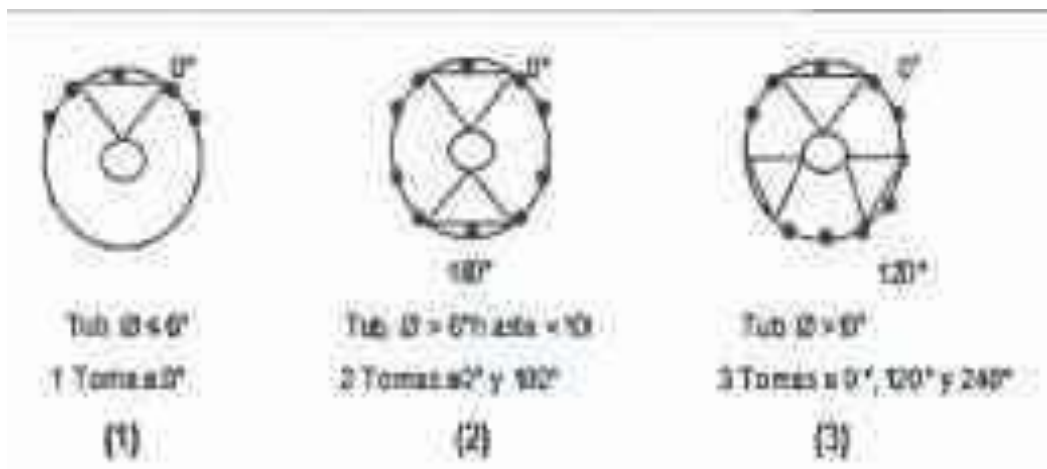


Figura 10 Toma de dureza en tuberías.

Fuente: Referencia SGS INDUSTRIAL SERVICES14

Tabla 6.

*Dureza requerida - ASME B31.3*

Zona de Evaluación	Max. Requerido dureza HB
0°	<b>235</b>
120°	<b>235</b>
240°	<b>235</b>

Fuente. Ed. 2012 tubería de proceso

Las condiciones de tratamiento térmico localizado deben cumplir las condiciones que se describen en la tabla 4 como requisitos para cumplir con los protocolos establecidos.

### **4.1.3. Proceso de Soldadura**

Al soldar tuberías se basa en los códigos ASME B31.1, ASME IX, (homologaciones de procedimientos y soldadores). Y ASME II (material de aportación).

Los procedimientos básicos de soldadura por arco utilizamos con más frecuencias en fabricación y reparación de tuberías, que son: (SMAW) soldadura de arco metálico, (GTAW) soldadura de arco de gas tungsteno, (GMAW) soldadura de arco de metal de gas, según su aplicación, cada uno de estos procesos tiene limitaciones y ventajas, que están predispuestos a tipos especiales (Estandar API, 1999)

Los controles anticipados a la soldadura.

#### **Preparación del metal base**

Los operarios a soldar cualquier pieza metálica, deben ser cuidadosos de limpiar el material base, eliminar todo tipo de óxido y contaminación por hidrocarburos que proviene de disolventes de corte o lubricantes.

El cepillo con alambre de acero inoxidable o soluciones decapantes o disolventes, sirven para eliminar los óxidos. Al usar el cepillo de acero inoxidable, se debe cepillar con cuidado y no presionar fuerte porque los óxidos se incrustan en la pieza y cepillar en una sola dirección. El cepillo debe ser usado para un determinado material y no para diversos materiales. Las soluciones químicas decapantes, deben ser eliminadas de las piezas antes de soldar.

Usar un desengrasante para eliminar los hidrocarburos de aceite o soluciones de corte, para minimizar el riesgo de la soldadura.

#### **Pre calentamiento**

Para evitar la fisura en la soldadura a la pieza metálica se le realiza un pre calentamiento que debe ser menor a 110°C, al calentamiento se controla con el indicador de temperatura. Para tener una eficacia de pre calentamiento a la zona a soldar colocar puntos de soldadura al inicio y final. Al soldar una pieza delgada se debe pre calentarse una pieza gruesa. Al inicio el problema de fusión, se puede solucionar al inicio y fin de soldadura con adición chapas.



**Soldaduras de forma convexa:** la mayoría de los defectos se debe a fisuración del cráter. El cráter cóncavo el riesgo a la fisuración es grande, porque al enfriarse la superficie del cráter se contrae y rompe. El origen de la fisuración se da por las contracciones y dilatación térmica del aluminio al ocurrir el enfriamiento de soldadura. Y se llena el cráter quedando de manera convexa (forma un montículo). Cambiará la forma convexa del cráter que nivelara la contracción de fuerza al enfriarse la soldadura.

#### a.- Soldadura por Arco con electrodo revestido (SMAW)

SMAW, es el más utilizado en la soldadura por arco. SMAW, usa como arco entre la piscina de soldadura y un electrodo cubierto. Consume el calor del arco, procedente de la punta de un electrodo cubierto, para fundir el metal base.

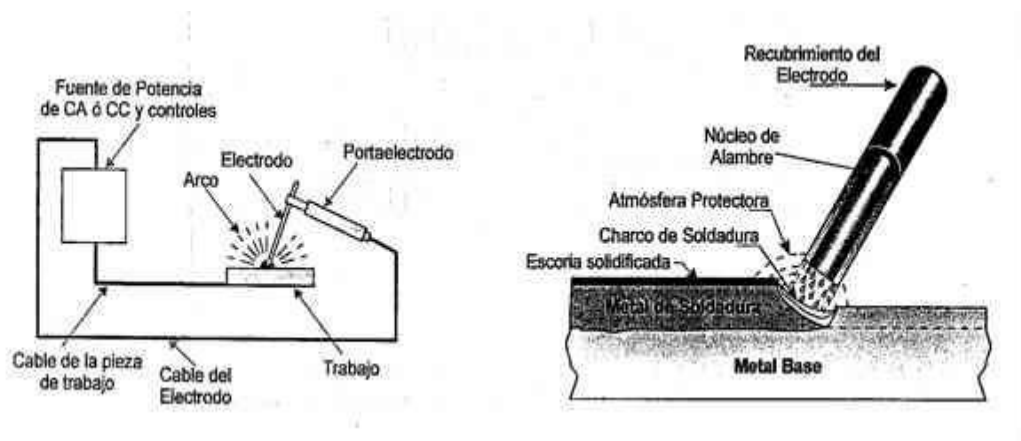


Figura 11 La soldadura de arco metálico con electrodo revestido

.Se puede emplear corriente alterna (CA) o corriente continua (CC), (Estandar API, 1999) depende de la fuente de alimentación de corriente constante (CC) y electrodo seleccionado, para la soldadura. SMAW es un proceso manual de soldadura.

#### b.- Soldadura por arco de tungsteno y gas de protección (GTAW)

El procedimiento de soldadura por arco (Estandar API, 1999) emplea un electrodo de tungsteno como arco no consumible y la piscina soldadura, denominándose soldadura TIG (Tungsten Inert Gas), y utiliza gas de protección sin la aplicación de presión. GTAW, usando con o sin la adición de relleno de aportación. Dicha fuente de alimentación de corriente constante (CC) puede ser DC o AC, y en función en gran medida del metal a soldar. La corriente de soldadura continua se lleva a cabo con polaridad negativa del electrodo (DCEN) su ventaja brinda una penetración profunda y velocidad de soldadura rápida. Pone a disposición una limpieza catódica

(pulverización catódica) la corriente alterna eliminando los óxidos refractarios de las superficies de la junta de soldadura, necesarios para soldar magnesio y aluminio. La acción de limpiar ocurre durante la parte de la onda AC, cuando electrodo es positivo con respecto a la pieza de trabajo.

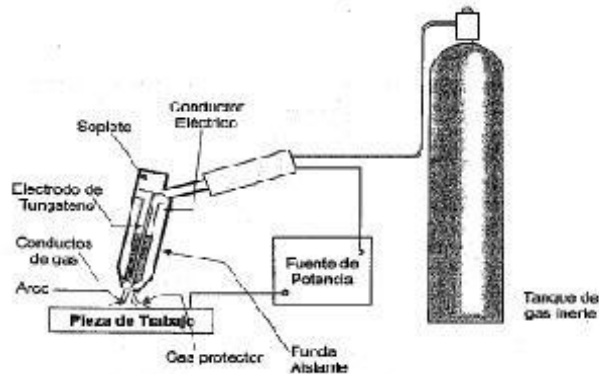


Figura 12 Proceso de Soldadura GTAW

### c.- Soldadura por arco metal y gas (GMAW)

El procedimiento por arco de soldadura (Estandar API, 1999), ocurre electrodo usa un arco entre el metal de relleno continuo y la piscina de soldadura. Dicho procedimiento usa un blindaje como gas suministrado exteriormente y sin la aplicación de presión. El arco metálico GMAW, opera en modo semiautomático, mecánico o automático. Como alimentación en la fuente de voltaje constante (CV) y usa en modos de cortocircuito, globular o pulverización, o transferencia pulsada para transferir como electrodo el metal de trabajo. A la transferencia se determina una serie de causantes el más influyente:

- Los tipo de corriente de soldadura y magnitud
- Electrodo y su diámetro
- Electrodo y su composición
- Amplitud del electrodo o distancia del contacto de tubo de trabajo (palanca hacia afuera)
- Gas protector

Utiliza soldadura de gran magnitud. Como material de aporte gas adecuado, soldando metales: acero inoxidable, acero al carbón, aluminio, cobre, aleaciones de níquel y de magnesio.

#### **4.1.4 Tratamiento Térmico**

El procedimiento describe la técnica para la correcta ejecución del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) con el objeto de evitar estructuras frágiles y/o disminuir tensiones residuales como parte del proceso de fabricación y/o reparación. El propósito de este procedimiento es describir en forma específica el método y técnica de ejecución del tratamiento térmico localizado post Soldadura, mediante el uso de Resistencias Eléctricas flexibles, para los Material de Especificación ASTM A-106 Gr. B (PN°1), ASTM A-335 Gr.P5 (PN°5B), ASTM A-335 Gr.P9 (PN°5B), ASTM A-335 Gr.P11 (PN°4) y ASTM A-335 Gr.P22 (PN°5A) y todos los materiales empleados en el alcance del presente contrato. En caso de adicionarse materiales de fabricación, se anexarán los parámetros específicos correspondientes.

Los presentes procedimiento describe la correcta ejecución de actividades tratamiento pre y post soldadura. Al usar Tratamiento Térmico Pre y Post Soldadura de Uniones Soldadas (Metal de Aporte y el Calor que afecta la zona), son elaborados por la WPS y PQR pre establecido, bajo las Recomendaciones de la Especificación Estándar NACE 0403-2008.

#### **4.1.5. Tratamiento térmico de Post soldadura (P.W.H.T)**

La soldadura de los tratamientos térmicos la mayor parte son suscriticos y no en la Recristalización Alotrópica (Austenización) se da en aceros de construcción en los elementos de maquina: ejes, engranajes, etc. (Laufgang S., 2006, pág. 12) Existen 5 razones por la cual hacer un tratamiento térmico post-soldadura “Postweld Heat Treatment” (P.W.H.T.):

- 1) Metal de soldadura y en la base material, la dureza ZAC Disminuye. Obtiene una microestructura dúctil y resistente a la fisuración, como resultado..
- 2) La resistencia a la corrosión, aumenta y la fisuración por corrosión bajo Tensión (SCC).
- 3) Su estabilidad dimensional de estructuras soldadas y mecanizadas aumenta al disminuir las tensiones residuales
- 4) En el material aumenta la Tenacidad al reducir las tensiones residuales, por disminución de la Triaxialidad.
- 5) Crece la Resistencia a la Fatiga al reducir las tensiones residuales

TTPS la finalidad es eliminar las Tensiones Residuales llamándole:

- a) **Distensionado** se lleva a cabo en aceros Ferríticos de baja aleación 595°C y los 675°C (1100°F a 1250°F), y de alta aleación puede llegar a los 1000°C mayormente no pasa 760°C.

El objetivo es que en estructuras Martensíticas la ZACes reducir la dureza y el TTPS se conoce:

- b) **Revenido**, en los aceros el Tratamiento Térmico se ha templado (parcialmente o total Martensíticos) la finalidad es reducir la dureza que influye en dos tipos corrientes de Fisuración:

- Inducida por Hidrógeno (HIC)
- por Corrosión bajo Tensión.

Al realizar los Tratamiento en obra, los aceros aleados al Cr Mo tipo P5, P9, P91 etc. se llama equivocadamente Distensionado, que eventualmente disminuye tensiones residuales se producen en la Soldadura. Lo que se conoce como revenido se remplaza a lo que se llama Tratamiento Térmico post Soldadura y no Distensionado.

A los dos Tratamientos Térmicos de Soldadura van hacer Tratamientos Suscriticos y conviene recordarlo porque tienen un límite superior de temperatura a respetar, la Temperatura Critica. (Laufgang S., 2006, pág. 30)

## 4.2. RESULTADOS OBTENIDOS: Ensayos de Dureza

El presente procedimiento establece la ejecución medición de dureza usando equipo de indentación o rebote (LEEB y UCI).

- El método de prueba de dureza se debe realizar colocando la punta del equipo de manera perpendicular a la zona de medición, e impulsando la carga de 10 kgf o presionando el dispositivo Leeb/Uci.
- Las zonas de interés son: Metal de Aporte (depósito de soldadura), Zona ZAC (ambos lados) y Metal Base (ambos lados).
- Se efectuará el barrido correspondiente por zona, según esta especificado en el documento GP 18-10-01 (tabla 6 y figura 10), se tomará 05 lecturas por cada zona (Figura 10), de lo cual deberá obtenerse como un promedio global final por zona.
- La dureza máxima admisible estará de acuerdo con el documento (Tabla 6).
- Si cualquiera de las medidas iniciales es superior a los valores máximos, deberán realizarse medidas de dureza adicionales a lo largo de la soldadura.

### Requerimiento de Valores Máximo de Dureza

NºP del Material <sup>(1)</sup>	Dureza Brinell (HBW) <sup>(2)</sup>
P-1	200 <sup>(1)</sup>
CA6NM	255
P-3/P-4	225 <sup>(1)</sup>
P-5A	235 <sup>(1)</sup>
P-5B (Excepto 9Cr-1Mo-V grado)	235 <sup>(1)</sup>
P-5B 9Cr-1Mo (F91, P91, T91, WP91, C12A)	248 <sup>(1)</sup>
P-5C/P-6/P-7	235 <sup>(1)</sup>
P-10A/P-10B/P-10C/P-10F/P-11	225 <sup>(1)</sup>

Notas:

- (1) Número P de Material de acuerdo a ASME SEC IX
- (2) Para material base de tubería, usar el valor más bajo mostrado o el valor dado en las especificaciones ASTM específica. Para metal de soldadura y ZAT, usar el valor más bajo mostrado o el valor en ASME B31.3
- (3) Para tubería una dureza Brinell de 225 es aceptable en el área de la curva formada en caliente
- (4) De acuerdo a NACE MR0103

Figura 13 Límite de dureza de material

Fuente: Referencia GP 18-10-01 y NACE MR 103-2003.

El requerimiento de dureza en soldaduras de componentes de tubería viene dado en la tabla 4 de la GP 18-10-01.

Tabla 7.

Reporte N° HTB-FW-C-30899 de Medición de Dureza. **LEEB**.

<b>3. CONDICIONES DE LA EXAMINACIÓN</b>									
Condición Superficial:	Aceptado						Díámetro:	1"	
Temperatura Superficial:	29.7°C						Espesor:	SCH-160(6.35mm)	
Rugosidad:	0.7µm						Proceso de Soldadura:	GTAW / SMAW	
Criterio de Aceptación:	El Valor Máximo de Dureza permitido para Material Base, Zona ZAC y Soldadura es de 200HB						Estándar:	ASME B31.3 Y ASTM A956	
<b>4. MEDICIONES ANTES DE TRATAMIENTO TERMICO</b>									
Nº Med.	Junta y tipo FW-021 / 0° - SW	Registro de Ensayo de Dureza (HB)					VALOR PROMEDIO	RESULTADO	Observaciones
		Valor A	Valor B	Valor C	Valor D	Valor E			
1	METAL BASE 1	140.2	1468.0	150.0	141.3	150.0	147.5	A	-
2	ZONA ZAC 1	160.1	163.3	18.1	160.1	161.1	160.5	A	-
3	SOLDADURA	186.6	182.3	185.6	178.0	187.8	184.1	A	-
4	ZONA ZAC 2	162.0	158.8	164.5	158.8	163.6	161.5	A	-
5	METAL BASE 2	148.6	150.0	144.4	142.2	139.9	145.0	A	-

Fuente: Referencia SGS INDUSTRIAL SERVICES.

Tabla 8.

Reporte N° HTA-FW-C-30991 de Medición de Dureza. **UCI**

<b>3. CONDICIONES DE LA EXAMINACIÓN</b>									
Condición Superficial:	Aceptado						Díámetro:	1"	
Temperatura Superficial:	29.2°C						Espesor:	SCH-160(6.35mm)	
Rugosidad:	0.5µm						Proceso de Soldadura:	GTAW / SMAW	
Criterio de Aceptación:	El Valor Máximo de Dureza permitido para Material Base, Zona ZAC y Soldadura es de 235HB						Estándar:	ASME B31.3 Y ASTM A1038	
<b>4. MEDICIONES DESPUES DE TRATAMIENTO TERMICO</b>									
Nº Med.	Junta y Tipo FW-012 / 0° - SW	Registro de Ensayo de Dureza (HB)					VALOR PROMEDIO	RESULTADO	Observaciones
		Valor A	Valor B	Valor C	Valor D	Valor E			
1	METAL BASE 1	168.0	174.2	172.7	171.1	170.0	171.2	A	-
2	ZONA ZAC 1	204.4	206.4	202.5	198.5	200.1	202.4	A	-
3	SOLDADURA	205.3	208.4	206.4	201.7	197.4	203.8	A	-
4	ZONA ZAC 2	185.5	187.6	197.0	189.5	191.9	190.3	A	-
5	METAL BASE 2	179.4	177.2	176.3	178.9	179.4	178.2	A	-

Fuente: Referencia SGS INDUSTRIAL SERVICES

**Como resultados, en ambos casos, se concluyó:**

La junta soldada cumple con los criterios de aceptación.

Ambos casos específicos obtuvieron durezas aceptadas después del PWHT, menores a 235 HB, según tabla 6. Se concluye aceptando el ensayo UCI, por ser mayores a los valores LEET, pero menores a 235 HB.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Estos valores de Leeb son menores y son no confiables por el espesor que son menores de 9mm.
- Los valores de espesor de UCI son mayores a comparación de Leeb y son más confiables su espesor, y están dentro del rango (tabla 6).
- Se acepta el método UCI, porque está dentro del rango o cercano a los valores de 235 HB (tabla 6).

#### **5.2 RECOMENDACIONES**

- Las aplicaciones de códigos, normas, y estándares, esto nos determina la seguridad en los trabajos a ejecutarse.
- El personal encargado de las evaluaciones, deben estar capacitados y entrenados, para garantizar una buena aplicación de las normas, códigos y el criterio de una buena interpretación de la misma.
- Los equipos y herramientas, deben estar calibrados.

## CAPITULO V

### BIBLIOGRAFICAS

- Alvarez, E. (2017). *Estudio de la investigacion metalurgica para la recuperacion de oro y plata a partir de minerales acopiados en la compañía minera Jerusalem S.A.C.* Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5338>
- Aquise, L. (2014). *Ampliación de la capacidad y optimización de la planta de beneficio Laytaruma.* Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2647>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* . Chía: Pearson.
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica* . Lima: San marcos.
- Cegarra, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica.* Barcelona: Díaz de Santos.
- Contreras, D. (1964). *Metalurgia del Oro y de la Plata.* México: Comisión de Fomento Minero.
- Dominic, E. (2001). *Hidrometalurgia "Fundamentos, procesos y aplicaciones"*. Chile: Andros Impresores Ltda.
- Estandar API, 1. (1999). *Soldadura de Tuberías e Instalaciones Relacionadas.* Washington.
- Estandar, A. (1999). *Soldadura de Tuberías e Instalaciones Relacionadas.* Washington.
- Fernandez, C. (2014). *Metodología de la investigación.* Mexico D.F: Mc Gram Hill .
- Guzman, F. (2013). *Analisis de Aceros por Microscopia Optica.* Mexico.
- Guzman, F. (2013). *Analisis de Aceros por Microscopia Optica.* Mexico.
- Guzman, F. (2013). *Analisis de Aceros por Microscopia Optica.* Mexico.
- Guzman, F. (2013). *Analisis de Aceros por Microscopia Optica.* Mexico.
- Industrial Services SGS. (2016). Lima.
- Industrial, S. S. (2016). *Equotip 550.* Lima.
- Jimenez B, D., & Bejarano O, D. (2017). *Inspeccion de Uniones Soldadas mediante ensayo no destructivo de ultrasonido con el equipo veo 16-64 sonatest.* Pereira.
- Laufgang S. (2006). *Tratamiento Termico de Soldadura.* (T. S. S.A., Ed.) Recuperado el 7 de Marzo de 2018, de <http://materias.fi.uba.ar/6713/CursosIASListook.pdf>
- Machaca, E. (2014). *Investigación para la optimización de la recuperación de oro y plata por el proceso de cianuración intensiva en la planta Antapite.* Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2695>
- Misari, F. (2010). *Metalurgia del oro.* Lima: San Marcos E.I.R.L.



- Morales, D. (2014). *Optimización de la recuperación de oro y plata de las arenillas en Century Mining Perú S.A.C.* Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2709>
- Pellant, C. (1992). *Manual de identificación de rocas y minerales*. Barcelona: Omega S.A.C.
- Pimienta, J. (2012). *Metodología de la investigación*. Mexico: Pearson Educación.
- Proceq. (1954). *Equotip Ensayo de dureza portatil Leeb - Rockwell - UCI*. Suiza.
- Proceq equotip. (2017). *Manual de operacion*. Suiza.
- Proceq SA. (2017). *equotip. Manual de operacion*. Suiza.
- Proceq, e. (2017). *Manual de Operaciones*. Washington.
- Punuera, F. (2016). *Evaluacion de la planta de beneficio de minerales auriferos, en la unidad minera Century Mining Perú S.A.C.* Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3366>
- Rajagopal k. (2008). *Text Books of Engineering Physics - Part I*. New Delhi: PHI Learning Private Limited,.
- Revision ASME B31.3. (2010). *Tuberia de proceso*. New York, NY.
- Vargas, J. (2007). *Metalurgia del oro y la plata*. Lima: San Marcos.

# ANEXO

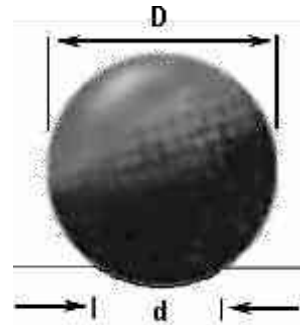


### Ensayo BRINELL.

**Indentador:** la esfera 10mm de carburo de tungsteno o acero.

**Carga = P**

$$\text{Fórmula: HBN} = \frac{2P}{\pi D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

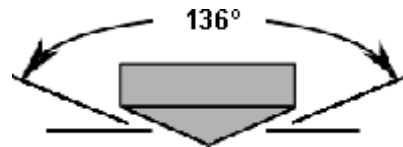


### Ensayo VICKERS

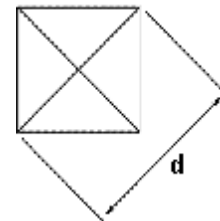
**Indentador:** Pirámide de diamante

**Carga = P**

$$\text{Fórmula: HVN} = 1,72 \frac{P}{d^2}$$



VISTA SUPERIOR



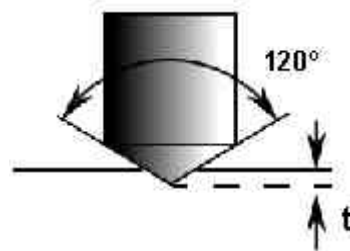
### Ensayo ROCKWELL A, C, D

**Indentador:** medida del diamante forma cono (HRA, HRC, HRD)

**Carga:**

$$\begin{aligned} P_A &= 60 \text{ Kg} \\ P_C &= 150 \text{ Kg} \\ P_D &= 100 \text{ Kg} \end{aligned}$$

**Formula:** HRA, HRC, HRD = 100 - 500t



**+ Ensayo ROCKWELL B, F, G, E**

**Indentador:**

Esfera de acero  $f = 1/16$  “  
(HRB, HRF, HRG)

Esfera de acero  $f = 1/8$  “  
(HRE)

**Carga:**

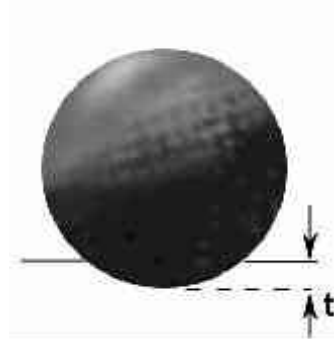
$P_B = 100$  Kg

$P_F = 60$  Kg

$P_G = 150$  Kg

$P_E = 100$  Kg

**Formula:** HRB, HRF, HRG, HRE =  $130 - 500t$



*Figura 14.* Comparando los procesos y el cálculo de cada número estandarizados


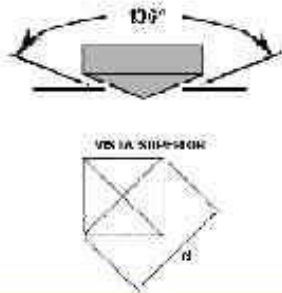
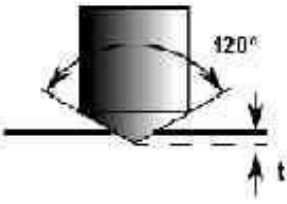
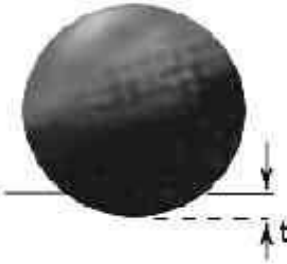
<p><b>Ensayo BRINELL.</b></p> <p>Indentador: Esfera de 10mm de acero o carburo de tungsteno.</p> <p>Carga = P</p> $\frac{2P}{\pi D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$	
<p><b>Ensayo VICKERS</b></p> <p>Indentador: Pirámide de diamante</p> <p>Carga = P</p> $HV = 1,8544 \cdot \frac{P}{d^2}$	
<p><b>Ensayo ROCKWELL A, C, D</b></p> <p>Indentador: Cono de diamante (<math>H_{RA}</math>, <math>H_{RC}</math>, <math>H_{RD}</math>)</p> <p>Carga:</p> <p><math>P_A = 60 \text{ Kg}</math>  <math>P_C = 150 \text{ Kg}</math>  <math>P_D = 100 \text{ Kg}</math></p> <p>Formula: <math>H_{RA}, H_{RC}, H_{RD} = 100 - 500t</math></p>	
<p><b>Ensayo ROCKWELL B, F, G, E</b></p> <p>Indentador: Esfera de acero <math>f = 1/16''</math> (<math>H_{BB}</math>, <math>H_{BE}</math>, <math>H_{BG}</math>)</p> <p>Esfera de acero <math>f = 1/8''</math> (<math>H_{BE}</math>)</p> <p>Carga:</p> <p><math>P_B = 100 \text{ Kg}</math>  <math>P_F = 60 \text{ Kg}</math>  <math>P_G = 150 \text{ Kg}</math>  <math>P_E = 100 \text{ Kg}</math></p> <p>Formula: <math>H_{BB}, H_{BF}, H_{BG}, H_{BE} = 130 - 500t</math></p>	

Figura 15. Formula del Ensayo de Dureza.

<b>SGS</b>	<b>INDUSTRIAL SERVICES</b>				Código:	D-PMT-INDIV-04
	<b>REPORTE DE MEDICION DE DUREZA PORTATIL PARA TUBERIA SEGÚN ASTM A956</b>				Versión:	01
					Fecha:	Octubre 2018
					Autor:	JG
					Aprobado por:	OC
				Página:	Página 1 de 1	

<b>1. DATOS GENERALES</b>											
Cliente:					Reporte N°:						
Proyecto:					Procedimiento N°:						
Equipo:					Fecha:						
Unidad de medida:					Estándar: ASME B31.3 y ASTM A956						
<b>2. DESCRIPCION DE ELEMENTO A INSPECCIONAR:</b>											
Codigo de Spool:			Tipo de Material Base:			Diámetro:					
Tipo de Junta:			Diseño de Junta:			Espesores:					
Clase de Material:			Categoría de Fluido:			Isométrico:					
Proceso de Soldadura:			Rugosidad:			Temperatura:					
Bloque de calibración:					Patrón N°:						
<b>3. EQUIPO Y MATERIALES USADOS:</b>											
Equipo ( Durómetros):				Marca:		N°Serie:		Fecha de Calibración:			
				Modelo:							
Bloque de Calibración:				Marca:		Escala:		Fecha de Calibración:			
				Modelo:							
<b>4. DUREZAS OBTENIDAS EN CAMPO:</b>											
N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	Registro de Ensayo de Dureza (HB)					Antes de PWNT		Resultados	Observaciones
			MB1	ZAC1	Soldadura	ZAC2	MB2	Promedio	Máx. Requerida		
		0°									
		120°									
		140°									
<b>5. TEMPERATURA REFERENCIAL:</b>											
N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	Registro de Ensayo de Dureza (HB)					Después de PWNT		Resultados	Observaciones
			MB1	ZAC1	Soldadura	ZAC2	MB2	Promedio	Máx. Requerida		
		0°									
		120°									
		140°									
<b>6. REPORTE FOTOGRAFICO</b>											

Figura 16. Medición de Reportes.  
Fuente: INGEMMET.

<b>SGS</b>	<b>INDUSTRIAL SERVICES</b>	Código:	PHT-INDIV-1-04
	<b>TOMA DE DUREZAS</b>	Versión:	02
		Fecha:	Octubre 2016
		Autor:	Jim Garay
		Aprobado por:	César Suarez
		Página:	16 de 17

El acordonamiento se realizará con cinta amarilla. La zona acordonada ingresará exclusivamente el personal que realice la labor, evitando que el personal ajeno al trabajo ingrese en el área acordonada.

### 9.3. Evaluación de Riesgos

SECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL TRABAJO	ACCIDENTES O PELIGROS POTENCIALES	PROCEDIMIENTO DE TTRABAJO SEGURO RECOMENDADO
1. Inspección del área de trabajo.	1.1. Caída igual nivel.	1.1.1. Caminar por áreas delimitadas con precaución, establecer vías de evacuación.
2. Transporte del equipo a la zona de operación.	2.1. Caída, golpe en el equipo. 2.2. Desperfecto en el equipo. 2.3. Choque del vehículo de transporte.	2.2.1. Mantener estático el equipo durante el transporte para evitar golpes bruscos. 2.3.1. Solo se llevara el equipo en el empaque original en la cabina del vehículo. 2.4.1. Manejo defensivo, respetar las señales del vigía.
3. Delimitación del área de trabajo.	3.1. Cortes, golpes, caídas al mismo y diferente nivel. 3.2. Caída de materiales y equipos.	3.1.1. Durante el transporte, descarga del material y delimitación de la zona de trabajo el personal deberá usar guantes para evitar laceraciones. 3.2.1. Verificar que todos los elementos de protección personal y protección colectiva estén en perfectas condiciones de uso antes de iniciar las actividades. 3.3.1. Señalar y delimitar alrededor de la zona de trabajo. 3.4.1. Adecuada iluminación en la zona a delimitar y de trabajo. 3.5.1. La entrada al área solo está permitido al personal autorizado. 3.6.1. Los trabajadores no podrán realizar ninguna actividad para la cual no estén autorizados por la supervisión directa. 3.7.1. Los trabajadores solo podrán ejecutar sus actividades una vez realizada la inducción de seguridad del supervisor.

Figura 17. Evaluación de Riesgos

**Tabla 9. Tabla de matrices.**

Titulo	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores
<p style="text-align: center;">“PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCION DE MEDICION DE DUREZA EN SOLDADURAS DE UNIONES SOLDADAS EN LA MODERNIZACION DE LA REFINERIA DE TALARA – SGS DEL PERU, 2018”</p>	<b>Generales</b>	<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Independiente</b>	
	<p>¿En qué medida los procedimientos de inspecciones en la medición de dureza influyen en la calidad de soldadura de uniones soldadas el moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú?</p>	<p>Evaluar los procedimientos de inspecciones en la medición de dureza que influyen en la calidad de soldadura de uniones soldadas el moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú</p>	<p>Realizando las evaluaciones en las inspecciones de medición de dureza, influye en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la moderno proyecto de la refinería de Talara – SGS del Perú.</p>	<p>Medición de Dureza</p>	<p>- Parámetro de control. - Estándares de calidad.</p>



Titulo	Específicos			Variable	Indicadores
	Problema	Objetivos	Hipótesis	Dependiente	
<p>“PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCION DE MEDICION DE DUREZA EN SOLDADURAS DE UNIONES SOLDADAS EN LA MODERNIZACION DE LA REFINERIA DE TALARA – SGS DEL PERU, 2018”</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿En qué medida los procedimientos de las inspecciones de medición de la dureza ensayo Leeb influyen en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú?</li> <li>- ¿En qué medida los procedimientos de las inspecciones de medición de la dureza ensayo Rockwell influyen en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú?</li> <li>- ¿En qué medida los procedimientos de las inspecciones de medición de la dureza ensayo UCI influyen en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar los procedimientos de inspecciones en la dureza ensayo Leeb que influyen en la calidad de soldadura en uniones soldadas en la modernización de la refinería de talara – SGS del Perú.</li> <li>- Evaluar los procedimientos de inspecciones en la dureza ensayo Rockwell que influyen en la calidad de soldadura en uniones soldadas en la modernización de la refinería de talara – SGS del Perú.</li> <li>- Evaluar los procedimientos de inspecciones en la dureza ensayo UCI que influyen en la calidad de soldadura en uniones soldadas en la moderno proyecto de la refinería de talara – SGS del Perú.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizando las evaluaciones en las inspecciones de medición de dureza ensayo Leeb, influye en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la modernización de la refinería de Talara – SGS del Perú.</li> <li>- Realizando las evaluaciones en las inspecciones de medición de dureza ensayo Rockwell, influye en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la modernización de la refinería de Talara – SGS del Perú</li> <li>- Realizando las evaluaciones en las inspecciones de medición de dureza ensayo UCI, influye en la calidad de soldadura de uniones soldadas en la moderno proyecto de la refinería de Talara – SGS del Perú.</li> </ul>	<p>Soldadura de uniones soldadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad de calentamiento.</li> <li>- Temperatura calentamiento.</li> <li>- Tiempo de calentamiento.</li> </ul>