



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“METODOLOGÍA PARA INSPECCIÓN VISUAL EN EL PROCESO  
DE SOLDADURA SMAW EN TUBERÍAS DE ACERO AL  
CARBONO”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

LISBETH MILENA BUÑAY PAGALO

RONNIE JOSUÉ RODRÍGUEZ PAREDES

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“METODOLOGÍA PARA INSPECCIÓN VISUAL EN EL PROCESO  
DE SOLDADURA SMAW EN TUBERÍAS DE ACERO AL  
CARBONO”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES: LISBETH MILENA BUÑAY PAGALO**

**RONNIE JOSUÉ RODRÍGUEZ PAREDES**

**DIRECTOR: Ing. EDISSON FERNANDO CALDERÓN FREIRE**

Riobamba – Ecuador

2022

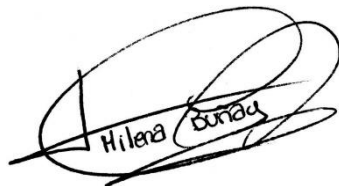
**© 2022, Lisbeth Milena Buñay Pagalo & Ronnie Josué Rodríguez Paredes**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, **LISBETH MILENA BUÑAY PAGALO**, y **RONNIE JOSUÉ RODRÍGUEZ PAREDES**, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

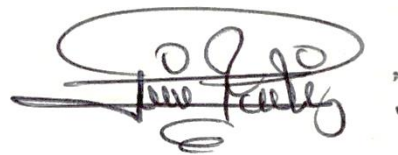
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 2 de diciembre de 2022

Handwritten signature of Milena Buñay Pagalo, featuring a large, stylized 'M' and 'B' that encircle the name.

---

Lisbeth Milena Buñay Pagalo  
CI: 060457400-4

Handwritten signature of Ronnie Josué Rodríguez Paredes, featuring a large, stylized 'R' and 'J' that encircle the name.

---

Ronnie Josué Rodríguez Paredes  
CI: 180457682-3

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico denominado **METODOLOGÍA PARA INSPECCIÓN VISUAL EN EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW EN TUBERÍAS DE ACERO AL CARBONO**, realizado por los señores: **LISBETH MILENA BUÑAY PAGALO** y **RONNIE JOSUÉ RODRÍGUEZ PAREDES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2022-12-02
Ing. Edison Fernando Calderón Freire <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2022-12-02
Ing. Alex Giovanni Tenicota García <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	 _____	2022-12-02

## **DEDICATORIA**

El presente trabajó va dedicado a Dios quien me ha bendecido a lo largo de toda mi vida, a mis padres José y Luz María, a mi hermano Byron quienes han sido mi pilar fundamental en todo momento ya que sin el apoyo de ellos no hubiera logrado superar cada obstáculo que se me ha presentado en mi camino.

**Lisbeth**

Dedico el presente trabajo a Dios por haberme bendecido a lo largo de mi vida y permíteme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres Hernán y Renee y a mi hermano Joel por haberme apoyado incondicionalmente en los momentos buenos y malos, por estar cuando más lo necesitaba y ser una motivación para cumplir mis objetivos.

**Ronnie**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme la capacidad y fortaleza para culminar esta meta importante en mi vida. A mis padres, José y Luz María por su amor y apoyo incondicional durante toda esta etapa, a mi hermano Byron por estar siempre presente acompañándome y motivándome siempre seguir adelante y no darme por vencida. A mi familia, por su preocupación y cariño, a esas amistades quienes de una u otra forma han estado apoyándome paso a paso en este trayecto. A los docentes de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento Industrial por contribuir con su conocimiento y experiencias en mi formación académica.

**Lisbeth**

A Dios por brindarme la capacidad y fortaleza para culminar esta meta importante en mi vida. A mis padres, Renee y Hernán por su amor incondicional, por la confianza y el apoyo que siempre me han brindado para lograr mis metas, a mi hermano Joel por estar siempre presente acompañándome, brindándome su ayuda sin dudarle y motivándome siempre a ser alguien mejor. A mi familia, por su preocupación y cariño, quienes de una u otra forma han logrado ayudarme para llegar a plasmar mis metas. A los docentes de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento Industrial por contribuir en mi formación académica.

**Ronnie**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	iii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	iv
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes de la investigación.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. <b>Fundamentación teórica.....</b>	<b>5</b>
2.1.1. <i>Soldadura</i> .....	5
2.1.2. <i>Clasificación de la soldadura</i> .....	5
2.1.2.1. <i>Proceso de soldadura MIG/MAG o GMAW</i> .....	6
2.1.2.2. <i>Proceso de soldadura TIG o GTAW</i> .....	9
2.1.2.3. <i>Proceso de soldadura FCAW</i> .....	11
2.1.2.4. <i>Proceso de soldadura SMAW</i> .....	12
2.1.2.5. <i>Defectos típicos del proceso de soldadura SMAW.</i> .....	13
2.2. <b>Material de aporte para el proceso de soldadura SMAW.....</b>	<b>16</b>
2.3. <b>Posiciones de soldadura en tuberías.....</b>	<b>17</b>
2.4. <b>Ensayos no destructivos.....</b>	<b>19</b>
2.4.1. <i>Inspección visual</i> .....	19
2.4.1.1. <i>Clasificación de las técnicas de inspección visual</i> .....	19



2.4.1.2.	<i>Ventajas y desventajas de la inspección visual</i> .....	20
2.4.1.3.	<i>Etapas para la realización de un ensayo de inspección visual</i> .....	20
<b>2.4.2.</b>	<b><i>Partículas magnéticas</i></b> .....	21
2.4.2.1.	<i>Tipos de partículas magnéticas</i> .....	21
2.4.2.2.	<i>Tipos de campo magnético</i> .....	22
2.4.2.3.	<i>Equipos y accesorios</i> .....	23
2.4.2.4.	<i>Ventajas y desventajas del ensayo mediante partículas magnéticas</i> .....	24
2.4.2.5.	<i>Pasos para realizar el ensayo de partículas magnéticas</i> .....	25
<b>2.4.3.</b>	<b><i>Tintas penetrantes</i></b> .....	25
2.4.3.1.	<i>Tipos de tintas penetrantes</i> .....	25
2.4.3.2.	<i>Principios físicos de las tintas penetrantes (PT)</i> .....	26
2.4.3.3.	<i>Proceso de aplicación de tintas penetrantes</i> .....	26
2.4.3.4.	<i>Ventajas y desventajas del ensayo de tintas penetrantes</i> .....	27
<b>2.4.4.</b>	<b><i>Videoscopio</i></b> .....	28
2.4.4.1.	<i>Partes fundamentales del videoscopio</i> .....	28
2.4.4.2.	<i>Funcionamiento del videoscopio</i> .....	28
2.4.4.3.	<i>Ventajas y desventajas del videoscopio</i> .....	28
<b>2.5.</b>	<b><i>Normas de referencia</i></b> .....	29
<b>2.5.1.</b>	<b><i>Norma API 1104</i></b> .....	29
<b>2.5.2.</b>	<b><i>Norma ASME SECCIÓN V</i></b> .....	29
<b>2.5.3.</b>	<b><i>Norma AWS D1.1</i></b> .....	30

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b><i>ELABORACIÓN DE PROBETAS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW</i></b> .....	32
<b>3.1.</b>	<b><i>Especificación de las probetas</i></b> .....	32
<b>3.1.1.</b>	<b><i>Elaboración de las probetas</i></b> .....	32
<b>3.2.</b>	<b><i>Verificación del procedimiento de soldadura</i></b> .....	35
<b>3.3.</b>	<b><i>Aplicación de Ensayos No Destructivos (END)</i></b> .....	37
<b>3.3.1.</b>	<b><i>Aplicación del videoscopio</i></b> .....	38
<b>3.3.2.</b>	<b><i>Aplicación de tintas penetrantes</i></b> .....	39
3.3.2.1.	<i>Medición de la luminosidad</i> .....	42
<b>3.3.3.</b>	<b><i>Aplicación de partículas magnéticas</i></b> .....	42
3.3.3.1.	<i>Medición del campo magnético</i> .....	44
<b>3.4.</b>	<b><i>Reportes de Ensayos No Destructivos</i></b> .....	45
<b>3.4.1.</b>	<b><i>Reporte de inspección mediante el videoscopio</i></b> .....	45

3.4.2.	<i>Reporte de inspección de tintas penetrantes</i> .....	46
3.4.3.	<i>Reporte de inspección de partículas magnéticas</i> .....	47

## CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	49
4.1.	<b>Elaboración de la metodología para inspección visual</b> .....	49
4.1.1.	<b>Metodología para aplicación del videoscopio modelo M430FM</b> .....	49
4.1.1.1.	<i>Sección de seguridad y medio ambiente</i> .....	49
4.1.1.2.	<i>Sección de información sobre el producto</i> .....	50
4.1.1.3.	<i>Sección de operación</i> .....	50
4.1.1.4.	<i>Recomendaciones para la utilización del videoscopio</i> .....	50
4.1.2.	<b>Metodología para aplicación de tintas penetrantes</b> .....	50
4.1.2.1.	<i>Sección de seguridad y medio ambiente</i> .....	50
4.1.2.2.	<i>Sección de información sobre el producto</i> .....	51
4.1.2.3.	<i>Sección de operación</i> .....	51
4.1.2.4.	<i>Recomendaciones para la aplicación de tintas penetrantes</i> .....	52
4.1.3.	<b>Metodología para aplicación de partículas magnéticas</b> .....	52
4.1.3.1.	<i>Sección de seguridad y medioambiente</i> .....	52
4.1.3.2.	<i>Sección de información sobre el producto</i> .....	52
4.1.3.3.	<i>Sección de operación</i> .....	53
4.1.3.4.	<i>Recomendaciones para el ensayo de Partículas Magnéticas</i> .....	54
4.2.	<b>Análisis previo a la aplicación de la metodología</b> .....	54
<b>CONCLUSIONES</b> .....		56
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		57

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Combinación de gases de protección, características y métodos de transferencia .....	7
<b>Tabla 2-2:</b>	Características generales de los métodos de transferencia de metal .....	8
<b>Tabla 3-2:</b>	Ventajas y desventajas de la soldadura GMAW .....	9
<b>Tabla 4-2:</b>	Tipos e identificación de electrodos de tungsteno.....	10
<b>Tabla 5-2:</b>	Ventajas y desventajas de la soldadura GTAW .....	11
<b>Tabla 6-2:</b>	Ventajas y desventajas del proceso de soldadura FCAW.....	12
<b>Tabla 7-2:</b>	Ventajas y desventajas de la soldadura SMAW .....	13
<b>Tabla 8-2:</b>	Tabla del defecto mordedura en el proceso de soldadura SMAW .....	14
<b>Tabla 9-2:</b>	Tabla del defecto inclusión de escoria en el proceso de soldadura SMAW .....	14
<b>Tabla 10-2:</b>	Tabla del defecto porosidad en el proceso de soldadura SMAW .....	14
<b>Tabla 11-2:</b>	Tabla de defecto de grietas en el cráter en el proceso de soldadura SMAW.....	15
<b>Tabla 12-2:</b>	Tabla del defecto por falta de fusión en los bordes en el proceso de soldadura SMAW .....	15
<b>Tabla 13-2:</b>	Tabla del defecto falta de penetración en el proceso de soldadura SMAW. ....	15
<b>Tabla 14-2:</b>	Tipos de recubrimiento y corriente.....	16
<b>Tabla 15-2:</b>	Listado de los componentes y tipo de corriente de electrodos revestidos de la serie 60. ....	17
<b>Tabla 16-2:</b>	Ventajas y desventajas de la inspección visual .....	20
<b>Tabla 17-2:</b>	Ventajas y limitaciones del ensayo mediante partículas magnéticas.....	24
<b>Tabla 18-2:</b>	Ventajas y desventajas del ensayo de líquidos penetrantes .....	27
<b>Tabla 19-2:</b>	Ventajas y desventajas del uso de un videoscopio .....	29
<b>Tabla 1-3:</b>	Especificaciones de las probetas .....	32
<b>Tabla 2-3:</b>	Elaboración del WPS para tuberías con espesor de 6 y 7 mm. ....	36
<b>Tabla 3-3:</b>	Elaboración del WPS para tuberías con espesor de 8mm .....	36
<b>Tabla 4-3:</b>	Especificaciones del equipo en el parámetro de luz .....	42
<b>Tabla 5-3:</b>	Datos técnicos del Teslámetro.....	45
<b>Tabla 6-3:</b>	Reporte de inspección mediante el videoscopio.....	46
<b>Tabla 7-3:</b>	Reporte de inspección mediante tintas penetrantes .....	47
<b>Tabla 8-3:</b>	Reporte de inspección mediante el videoscopio.....	48
<b>Tabla 1-4:</b>	Características del videoscopio. ....	50
<b>Tabla 2-4:</b>	Características de las tintas penetrantes .....	51
<b>Tabla 3-4:</b>	Características de las partículas magnéticas.....	52
<b>Tabla 4-4:</b>	Variables a considerar para la selección del END.....	54

<b>Tabla 5-4:</b>	Tabla de caracterización de costos directos.....	55
<b>Tabla 6-4:</b>	Tabla de caracterización de costos indirectos .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Clasificación de la soldadura.....	5
<b>Figura 2-2:</b>	Equipo de Soldadura GMAW .....	6
<b>Figura 3-2:</b>	Equipo de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno.....	9
<b>Figura 4-2:</b>	Forma de la piletta de soldadura según el sentido de la corriente. ....	10
<b>Figura 5-2:</b>	Proceso de soldadura FCAW y sus partes más importantes.....	11
<b>Figura 6-2:</b>	Equipo de soldadura para el proceso SMAW.....	13
<b>Figura 7-2:</b>	Clasificación de los electrodos según la AWS en el proceso SMAW.....	16
<b>Figura 8-2:</b>	Posición plana de prueba para soldar - 1G .....	17
<b>Figura 9-2:</b>	Posición horizontal de prueba para soldar -2G.....	18
<b>Figura 10-2:</b>	Posición múltiple de prueba para soldar - 5G. ....	18
<b>Figura 11-2:</b>	Posición múltiple de prueba para soldar - 6G. ....	19
<b>Figura 12-2:</b>	Campo magnético circular.....	22
<b>Figura 13-2:</b>	Campo magnético longitudinal. ....	23
<b>Figura 14-2:</b>	Magnetización con imán permanente.....	23
<b>Figura 15-2:</b>	Yugo con patas articuladas.....	24
<b>Figura 16-2:</b>	Proceso de aplicación de tintas penetrantes.....	27
<b>Figura 1-3:</b>	Probetas de acero con distinto diámetro y espesor.....	33
<b>Figura 2-3:</b>	Probetas de acero al carbono biseladas con ranura de 60°. ....	33
<b>Figura 3-3:</b>	Equipo de soldadura, consumibles y herramientas de limpieza. ....	33
<b>Figura 4-3:</b>	Equipos de protección personal para soldadura. ....	34
<b>Figura 5-3:</b>	Soldadura en posición 6G. A) Pase raíz, B) Pase de relleno, C) Pase de presentación.....	34
<b>Figura 6-3:</b>	Limpieza del cordón de soldadura para aplicación de END. ....	38
<b>Figura 7-3:</b>	Videoscopio modelo M430FM.....	39
<b>Figura 8-3:</b>	Uso del videoscopio en las probetas.....	39
<b>Figura 9-3:</b>	Limpieza del cordón de soldadura con cleaner .....	40
<b>Figura 10-3:</b>	Aplicación del penetrante.....	40
<b>Figura 11-3:</b>	Limpieza del exceso de penetrante.....	41
<b>Figura 12-3:</b>	Aplicación del revelador en las probetas.....	41
<b>Figura 13-3:</b>	Medición de la luminosidad. ....	42
<b>Figura 14-3:</b>	Partículas magnéticas fluorescentes. ....	43
<b>Figura 15-3:</b>	Elementos y equipos para la aplicación de MT.....	43
<b>Figura 16-3:</b>	Magnetización del área a inspeccionar.....	44
<b>Figura 17-3:</b>	Aplicación de partículas magnéticas en las probetas.....	44

**Figura 18-3:** Medición del campo magnético mediante un Teslámetro..... 45

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AC:</b>	Corriente alterna
<b>API:</b>	Instituto Americano de Petróleo
<b>ASME:</b>	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
<b>AWS:</b>	American Welding Society
<b>DC:</b>	Corriente directa
<b>END:</b>	Ensayos No Destructivos
<b>FCAW:</b>	Soldadura por arco con núcleo fundente
<b>GMAW:</b>	Soldadura por arco de metal y gas.
<b>GTAW:</b>	Soldadura por arco de tungsteno con gas
<b>MAG:</b>	Gas activo metálico
<b>MIG:</b>	Gas inerte metálico
<b>MT:</b>	Partículas magnéticas
<b>PT:</b>	Tintas penetrantes
<b>SAW:</b>	Soldadura por arco sumergido.
<b>SMAW:</b>	Soldadura por arco Manual con electrodo revestido
<b>TIG:</b>	Soldadura de gas inerte de tungsteno
<b>UV:</b>	Ultravioleta
<b>VT:</b>	Inspección visual
<b>WPS:</b>	Especificación del procedimiento de soldadura

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** REPORTES DE INSPECCIÓN MEDIANTE EL VIDEOSCOPIO EN LOS DISTINTOS CORDONES DE SOLDADURA.

**ANEXO B:** REPORTES DE INSPECCIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TINTAS PENETRANTES EN LOS DISTINTOS CORDONES DE SOLDADURA.

**ANEXO C:** REPORTES DE INSPECCIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS EN LOS DISTINTOS CORDONES DE SOLDADURA.



## RESUMEN

El objetivo del presente proyecto técnico fue la elaboración de una metodología para inspección visual en el proceso de soldadura SMAW en tuberías de acero al carbono ASTM A106 grado B. Para lo cual se elaboraron 3 probetas de distinto diámetro y espesor, cada una de ellas cuenta con 2 juntas de soldadura, con una unión a tope en V y un ángulo de ranura de 60°. Simultáneamente, se elaboró una especificación del proceso de soldadura (WPS) en el cual se especifican los parámetros de soldadura, características del material de aporte y material base junto con un esquema que detalla el tipo de junta y sus dimensiones. A continuación, se aplicaron distintas técnicas de inspección visual como videoscopia, tintas penetrantes y partículas magnéticas, las mismas que se emplearon bajo la norma ASME Sección V para posteriormente realizar reportes de inspección por cada técnica empleada, estos reportes se realizaron para cada cordón de soldadura en donde se detallan las características del equipo o material empleado, las discontinuidades encontradas en cada cordón de soldadura, el criterio de aceptación y rechazo según las normas API 1104 y AWS D1.1. Finalmente se elaboró la metodología para cada una de las técnicas aplicadas, la misma que está dividida en 4 secciones con distintos pasos y parámetros a considerar, además cuenta con una tabla de variables para un estudio previo a la implementación de estos ensayos. Se concluyó que para la correcta aplicación de los distintos métodos de inspección visual se debe hacer un análisis para seleccionar la técnica apropiada en base a la tabla de variables detallada en la metodología. Se recomienda cumplir con los parámetros y pasos detallados en las distintas Secciones de cada técnica.

**Palabras clave:** <METODOLOGÍA> <VIDEOSCOPIA> <TINTAS PENETRANTES> <PARTÍCULAS MAGNÉTICAS> <REPORTES DE INSPECCIÓN> <SOLDADURA POR ARCO MANUAL CON ELECTRODO REVESTIDO (SMAW)> <ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)> <ACERO AL CARBONO>.

2340-DBRA-UPT-2022



## SUMMARY

The objective of this technical project was the elaboration of a visual inspection methodology in the SMAW welding process in carbon steel pipes ASTM A106 grade B. Thus, 3 specimens of different diameter and thickness were elaborated, each of them has with 2 weld joints, with a V-butt joint and a 60° groove angle. Simultaneously, a WPS was developed for the verification of the welding process, in which the welding parameters, characteristics of the filler material and base material are specified, together with a scheme that details the type of joint and its dimensions. Next, different visual inspection techniques were applied, such as videoscopy, dye penetrant and magnetic particles, the same ones that were used under the ASME Section V standard. Subsequently, to make inspection reports for each technique used. These reports were made for each weld bead in where the characteristics of the equipment or material used, the discontinuities found in each weld bead, the acceptance and rejection criteria according to API 1104 and AWS D1.1 standards are detailed. Finally, the methodology for each of the applied techniques was elaborated, which is divided into 4 sections with different steps and parameters to consider. It also has a table of variables for a study prior to the implementation of these tests. It was concluded that for the correct application of the different visual inspection methods, an analysis must be made to select the appropriate technique based on the table of variables detailed in the methodology. It is recommended to comply with the parameters and steps detailed in the different sections of each technique.

**Keywords:** <VIDEOSCOPY> < SHIELD METAL ARC WELDING (SMAW)> <DYE PENETRANT ><MAGNETIC PARTICLES><<WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)><CARBON STEEL>



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema MsC  
C.I. 0603357062

## **INTRODUCCIÓN**

Los ensayos no destructivos son técnicas utilizadas para determinar imperfecciones internas o superficiales en soldaduras, partes o componentes de máquinas, sin dañar ni alterar su estado físico o químico, la aplicación de estas técnicas se remonta desde el siglo XIX las cuales han ido evolucionando de acuerdo con la necesidad de los nuevos avances tecnológicos.

Dentro de las distintas técnicas de ensayos no destructivos tenemos la inspección visual, tintas penetrantes, partículas magnéticas, entre otros, estos métodos son regulados por distintas normas como la ASME SECCIÓN V la cual contiene los requisitos y métodos para el análisis de estas técnicas, así como los procedimientos de evaluación para la detección de las distintas discontinuidades.

En la actualidad se han desarrollado nuevas técnicas de inspección visual como es el caso de la utilización del videoscopio, el mismo que es un equipo electrónico similar al endoscopio, el cual tiene la función de visualizar áreas de difícil acceso mostrando internamente cuales son las imperfecciones que se pueden encontrar en uniones de tuberías soldadas.

La estructura del presente trabajo está dividida en 4 capítulos, en el primer capítulo se describe la problemática que existe en la utilización del videoscopio en tuberías de acero al carbono, así como la justificación e importancia de este trabajo de integración curricular; en el segundo capítulo se encuentran los fundamentos teóricos del proyecto, donde se mencionan los distintos procesos de soldadura, las diferentes técnicas de ensayos no destructivos, sus ventajas y desventajas.

En el tercer capítulo se menciona el marco metodológico en el cual se elaboró las distintas probetas para posteriormente verificar el proceso de soldadura SMAW mediante la aplicación de ensayos no destructivos; por último, en el cuarto capítulo se presenta la metodología para la aplicación de tintas penetrantes, partículas magnéticas y el videoscopio en las distintas áreas del campo industrial.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

En el sector metalmecánico, constituido por las industrias; petrolera, construcción, alimento, automotriz, metalúrgicos, entre otros, utilizan procesos de soldadura por electrodo revestido SMAW, por lo que se han venido investigando y caracterizando defectos e imperfecciones que aparecen en este procedimiento, de este modo se crea un soporte técnico para mejorar los futuros procesos de soldadura incrementando la calidad de éstas (Acosta, 2016, p.15).

Uno de los parámetros más importantes en la soldadura es la composición química de los aceros, tomando en cuenta que a mayor contenido de carbono se obtiene una mayor templabilidad y dureza, pero una menor soldabilidad; en los elementos de aleación el contenido total de aleantes deben ser expresados en carbono equivalente ya que es un parámetro importante para la fabricación de tuberías (Luna et al, 2012, p24).

(Bernal, 2014, pp.8-9) en la tesis “Estudio técnico e implementación del laboratorio de Ensayos No Destructivos (END) para el Área de ciencia y tecnologías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca”. Realizan una evaluación del proceso de soldadura donde la técnica de ensayos no destructivos más utilizada es la inspección visual, la misma que requiere de una gran cantidad de información acerca de las características del elemento a ser inspeccionado, para una adecuada interpretación de los posibles defectos e imperfecciones que se puedan presentar.

La inspección visual se divide en dos técnicas como es la inspección directa en la cual se encuentra el ensayo de tintas penetrantes y partículas magnéticas, en la inspección indirecta se encuentran equipos que ayudan a determinar imperfecciones como el videoscopio el cual es un equipo que evalúa discontinuidades en inspecciones internas (The Tube & Pipe Journal, 2022, pp.10-12).

### 1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad se ha venido incrementando la aplicación del proceso de soldadura SMAW en tuberías de acero al carbono debido a que es un procedimiento de soldadura adecuado para trabajos en campo, puesto que esta técnica es discontinua ya que el material de aporte es limitado y produce imperfecciones superficiales y subsuperficiales, consecuentemente la soldadura

evidencia diferentes tipos de discontinuidades las mismas que son determinadas mediante la aplicación de técnicas de inspección visual directa e indirecta y evaluadas según los distintos criterios de aceptación y rechazo establecidas en las distintas normas existentes; donde el principal problema es la ausencia de una metodología que contenga los diversos parámetros y procedimientos normalizados para la aplicación de técnicas como líquidos penetrantes, partículas magnéticas y el uso del videoscopio.

### **1.3. Justificación e importancia**

En la actualidad, uno de los métodos más importantes para la unión de piezas y conjuntos metálicos en general es la soldadura y sus tecnologías; entre ellas están las fuentes de poder actuales las cuales están compuestas de tarjetas con circuitos electrónicos de potencia, además cuentan con pantallas digitales por lo que tienen interfaces simplificadas y ajustes automáticos las cuales ayudan a los operadores en la correcta manipulación de los equipos de soldadura (The fabricator, 2019, pp.26-29).

Por la necesidad de asegurar la confiabilidad del proceso de soldadura SMAW en tuberías de acero, la implementación de técnicas de ensayos no destructivos viene a jugar un rol muy importante, en el cual la inspección visual es el método más adecuado para este tipo de tareas debido a que con la aplicación de técnicas como tintas penetrantes, partículas magnéticas y la utilización del videoscopio se puede llegar a determinar imperfecciones superficiales y subsuperficiales las mismas que ayudan a realizar inspecciones continuas sin necesidad de tener tiempos largos de parada.

En el Ecuador se han llevado a cabo varias investigaciones a cerca de los distintos métodos de inspección visual, sin embargo, en la Carrera de Mantenimiento Industrial de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo no existe evidencia de trabajos técnicos relacionados con equipos de inspección visual directa e indirecta, por lo que el presente trabajo de integración curricular propone una idea innovadora y moderna encaminada a mejorar la calidad de esta técnica en el mantenimiento industrial mediante el desarrollo de una metodología para inspección visual, ya que se realizaran distintas pruebas para determinar las condiciones óptimas de trabajo buscando extender el conocimiento en la importancia de estas técnicas de mantenimiento que cada vez van tomando más fuerza.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. *Objetivo general***

Elaborar una metodología para inspección visual en el proceso de soldadura SMAW en tuberías de acero al carbono.

### **1.4.2. *Objetivos específicos***

Determinar el procedimiento de soldadura en tuberías de acero al carbono de acuerdo con las necesidades de investigación.

Preparar probetas para inspección visual en tuberías de acero al carbono con distinto diámetro y espesor para la identificación de imperfecciones.

Aplicar ensayos no destructivos al proceso de soldadura para verificar que cumplan con los parámetros establecidos en las normas API 1104 y AWS D1.1.

Establecer una metodología para la inspección visual en tuberías de acero al carbono.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Fundamentación teórica

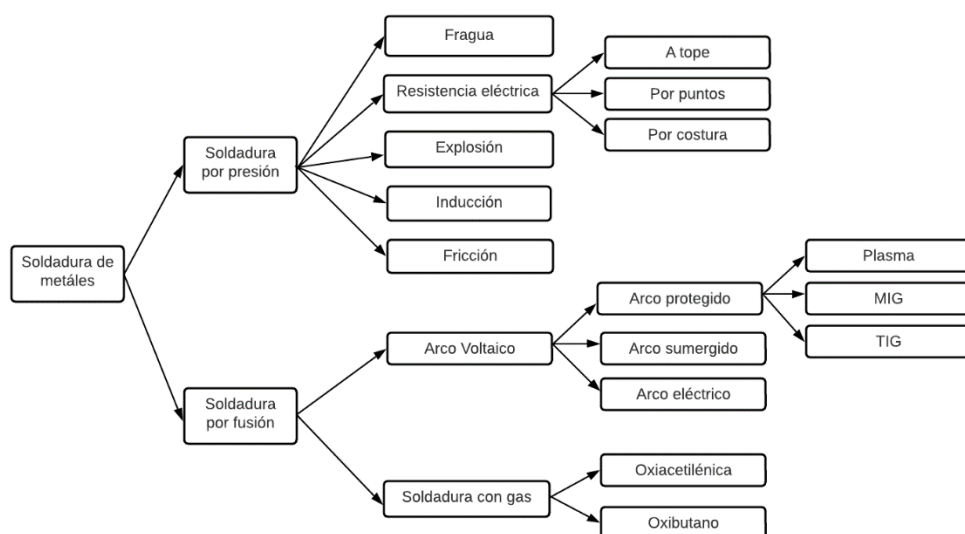
##### 2.1.1. Soldadura

La definición de proceso de soldadura está estipulada por la American Welding Society (AWS) en la cual dice que:

“Un proceso de soldadura es un procedimiento de unión que produce coalescencia de materiales mediante calentamiento de ellos a la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión, y con o sin empleo de material de aporte.” (AWS, 2020).

De forma más simple se puede decir que la soldadura es una técnica en la cual dos o más piezas metálicas se unen formando un solo cuerpo, esta unión se produce debido al calentamiento de la pieza hasta su punto de fusión. Existen varios métodos de soldadura donde se añade metal adicional que es conocido como material de aporte el cual ayuda adherir las piezas juntas durante este procedimiento.

##### 2.1.2. Clasificación de la soldadura



**Figura 1-2:** Clasificación de la soldadura

**Fuente:** (Pacheco, 2015, p.19)

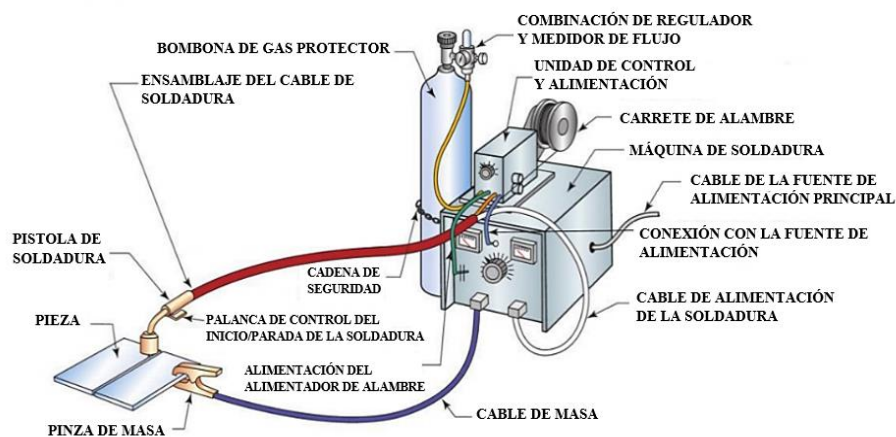
Para continuar con el desarrollo de este trabajo técnico los temas se enfocan en la clasificación de la soldadura por arco voltaico como se presentan a continuación:

### 2.1.2.1. *Proceso de soldadura MIG/MAG o GMAW*

La soldadura por arco eléctrico con gas de protección GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) es una técnica de soldadura por arco semiautomático, debido a que la longitud del arco y el nivel de la corriente se mantienen automáticamente y los únicos controles manuales requeridos son el posicionamiento de la pistola, guía, espesor del material base y velocidad de avance.

Su procedimiento consiste en unir piezas metálicas producidas por el calentamiento de éstas por medio de un arco eléctrico establecido entre un electrodo metálico sólido consumible y la pieza de trabajo.

En la **Figura 2-2:** Equipo de Soldadura GMAW se presenta un equipo básico GMAW el cual consiste en la pistola de soldadura, fuente de gas protector con regulador/medidor de flujo, placa de control de inicio/parada de la soldadura, alimentación de alimentador de alambre, cable de fuente de alimentación principal, cable de alimentación de soldadura, combinación de regulador y medidor de flujo, unidad de control y alimentación, mangueras, forros y cables relacionados.



**Figura 2-2:** Equipo de Soldadura GMAW

Fuente: (Jeffus, 2009, p.11)

El arco, el charco de soldadura y el cordón resultante necesitan ser protegidos contra la contaminación de elementos presentes en la atmósfera, para lo cual se utilizan gases de protección los mismo que se dividen en dos procesos:



- **El proceso MIG (metal inert gas):** Utiliza gas de protección inerte como el argón o helio resultando ser apropiado para soldar materiales como aluminio, cobre, magnesio y titanio.
- **El proceso MAG (metal active gas):** utiliza gas activo como protección entre los cuales tenemos O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub> siendo el más apropiado para soldar materiales no aleados, de baja y alta aleación (Castellanos et al., 2021, pp.47 – 60).

En la **Tabla 1-2:** Combinación de gases de protección, características y métodos de transferencia se presentan las posibles combinaciones de gases en las que el argón suele ser el gas predominante, así como las características y métodos de transferencia para estas combinaciones.

**Tabla 1-2:** Combinación de gases de protección, características y métodos de transferencia

COMBINACIONES	CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS DE TRANSFERENCIA POSIBLES
Ar + CO <sub>2</sub>	Estabilidad de arco normal Aporte térmico moderado Salpicadura moderada (aumenta más con CO <sub>2</sub> )	Cortocircuito Globular Aspersión (hasta el 20% de CO <sub>2</sub> )
Ar + O <sub>2</sub>	Estabilidad de arco buena Aporte térmico moderado Salpicadura moderada	Cortocircuito Globular Aspersión
CO <sub>2</sub>	Estabilidad de arco normal Aporte térmico alto Salpicadura alta	Cortocircuito

**Fuente:** (Restrepo y Rudas, 2019, pp. 39-41)

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

- **Métodos de transferencia de metal**

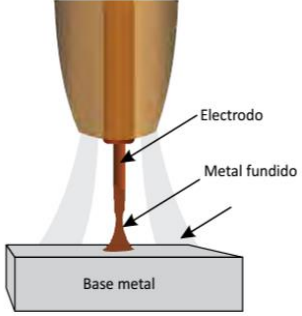
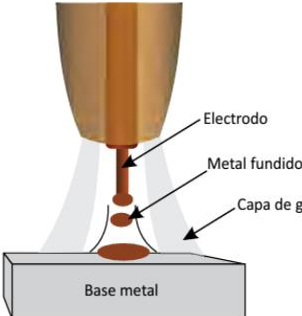
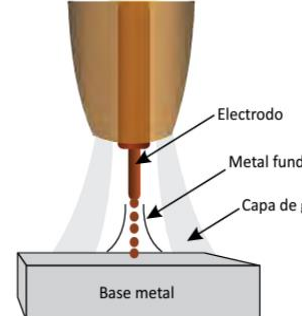
Los modos de transferencia que se dan de manera natural en el proceso GMAW son la transferencia por cortocircuito y transferencia en vuelo libre; este último se divide en transferencia globular y por aspersión, aunque se pueden encontrar hasta siete modos de transferencia.

Estos métodos hacen referencia a la forma en la que se produce la gota de metal fundido en la punta del electrodo y es transferida al charco de soldadura, la selección correcta de estos métodos influye en la eficiencia y productividad del proceso de soldadura; para seleccionar un modo de transferencia para un procedimiento determinado se debe tomar en cuenta los requerimientos del proceso, condiciones de aplicación, características del equipo, espesor del material, transferencia

de calor, la penetración, la dilución, posición de soldadura y material de aporte (Restrepo y Rudas, 2019, pp. 41-43).

En la **Tabla 2-2:** Características generales de los métodos de transferencia de metal se presentan los 3 métodos de transferencia más usados y estables utilizados en el proceso de soldadura GMAW:

**Tabla 2-2:** Características generales de los métodos de transferencia de metal

<b>CORTOCIRCUITO</b>	<b>GLOBULAR</b>	<b>ASPERSIÓN</b>
20 a 200 por segundo	5 gotas por segundo en promedio	Mas de 200 gotas por segundo
Corriente y voltaje bajo - moderado	Gotas con diámetro mayor al diámetro del electrodo	Gotas con diámetros menor al diámetro del electrodo
Energía de arco baja	Corriente alta, voltaje medio o alto	Corriente alta mayor, a la corriente de transición
Bajo aporte de calor	Sonido más estable que en cortocircuito	Voltaje moderado
Nivel de salpicadura depende de una correcta calibración	Vuelo de las gotas por fuera del eje axial	Sonido estable
El gas más empleado es de 78% Ar	Para aceros al carbón se trabaja con 100%	Se recomienda un mínimo de 80% Ar como gas protector
No hay vuelo de gota	Cordón irregular	Vuelo axial de las gotas
Cordón de soldadura plano	Para disminuir salpicadura se puede trabajar con arco sumergido	Baja salpicadura
Permite soldar en todas las posiciones	Aplicación de soldadura en posición plana y horizontal	Alto aporte de calor
Recomendado para espesores de 0.6 – 5 mm	Mayor tasa de deposición	Soldadura en diferentes posiciones
Se emplea electrodos entre 0.58 – 1.14 mm		Alta tasa de deposición
Niveles de corriente y voltaje: 16 – 22 V 50 – 150 A	Niveles de voltaje y corriente: 20 – 35 V 70 – 250 A	Niveles de corriente y voltaje: 24 40 V 150 – 500 A
		

Fuente: (Restrepo y Rudas, 2019, pp. 41-43).

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

A continuación, en la **Tabla 3-2:** Ventajas y desventajas de la soldadura GMAW se presentan las distintas ventajas y desventajas del proceso de soldadura GMAW.

**Tabla 3-2:** Ventajas y desventajas de la soldadura GMAW

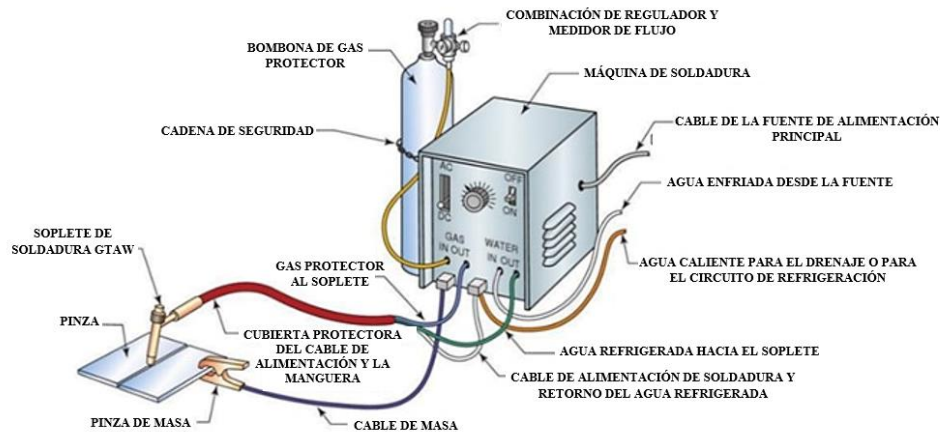
VENTAJAS	DESVENTAJAS
El suministro de material de aporte es continuo, siendo más productivo al evitar paros contantes para cambiarla.	El viento y las corrientes de aire pueden afectar la calidad de soldadura, por lo que su uso al aire libre es limitado.
Se utiliza para unir piezas de cualquier tipo de material.	El equipo de soldadura es más costosa y compleja que otros tipos de soldadura.
Permite realizar cordones continuos evitando zonas imperfectas que pueden afectar la calidad.	
Se lo utiliza en cualquier posición de soldeo.	

Fuente: Deingenierías.com, 2019

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 2.1.2.2. Proceso de soldadura TIG o GTAW

La soldadura de tungsteno por arco eléctrico GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) es un proceso de soldadura por fusión o arco eléctrico manual, en el cual el calor suministrado por la máquina de soldar funde el metal base con el arco que se genera entre el electrodo de tungsteno y la pieza a soldar obteniendo una soldadura limpia y sin escoria, todo esto sucede cuando está siendo protegido por una atmósfera de gas inerte los cuales pueden ser argón o helio (Andrade, 2020, pp. 24-25).



**Figura 3-2:** Equipo de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno

Fuente: (Jeffus, 2009, p.11)

El equipo de soldadura que se debe utilizar en este proceso de soldadura es el que se observa en la **Figura 3-2:** Equipo de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno, tomando en cuenta que este tipo de soldadura se lo puede realizar con o sin material de aporte ya que todo depende del tipo de trabajo en el que se vaya a emplear considerando que una soldadura sin material de aporte será menos resistente.

Las propiedades del tungsteno permiten elegir a este material como electrodo no consumible en el proceso de soldadura GTAW (TIG) ya que posee propiedades como: buen conductor eléctrico, tiene una temperatura de fusión alta y la de emitir fácilmente un arco. Estas propiedades pueden ser mejoradas seleccionando apropiadamente su tamaño, su forma final y añadiendo diferentes elementos específicos. Una de las características más relevantes es la resistencia a la oxidación ya que en condiciones atmosféricas normales no se oxida (Jeffus, 2010, p.45-47).

A continuación, en la **Tabla 4-2:** Tipos e identificación de electrodos de tungsteno se presentan los diferentes tipos o identificación de electrodos de tungsteno:

**Tabla 4-2:** Tipos e identificación de electrodos de tungsteno

CLASIFICACIÓN AWS	COMPOSICIÓN DEL TUNGSTENO	COLOR DE LA PUNTA
EWP	Puro	Verde
EWTh-1	1% de torio añadido	Amarillo
EWTh-2	2% de torio añadido	Rojo
EWZr	0.25% a 0.5% de circonio añadido	Rojo
		Marrón
EWCe-2	2% de cerio añadido	Naranja
EWLa-1	1% de lantano añadido	Negro
EWG	Aleación no especificada	

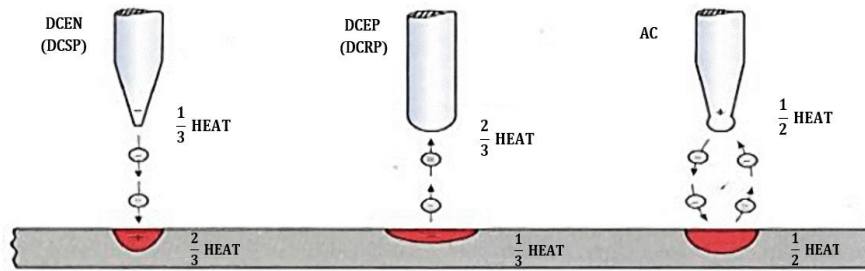
Fuente: (Jeffus, 2010, p.45-47)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Existen tres tipos de soldadura TIG según la dirección de la corriente suministrada por la máquina de soldar las cuales son:

- Corriente continua (DC) de polaridad directa: El electrodo de tungsteno es el del voltaje negativo.
- Corriente continua (DC) de polaridad inversa: El electrodo de tungsteno es el del voltaje positivo.
- Corriente alterna (AC)

De los tipos de soldadura según la dirección de corriente se derivan algunos factores, donde uno de los más importantes es la forma de la piqueta de soldadura como se observa en la **Figura 4-2:** Forma de la piqueta de soldadura según el sentido de la corriente.



**Figura 4-2:** Forma de la pileta de soldadura según el sentido de la corriente

Fuente: (Jeyaprakash et al., 2015, p. 13)

A continuación, en la **tabla 5-2** se presentan las distintas ventajas y desventajas del proceso de soldadura GTAW.

**Tabla 5-2:** Ventajas y desventajas de la soldadura GTAW

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Conserva el arco, a pesar de que las condiciones de corrientes sean muy bajas.	Presenta poca tolerancia a los contaminantes de los consumibles o metal base.
Se puede soldar una amplia gama de espesores sin preparación de bordes.	

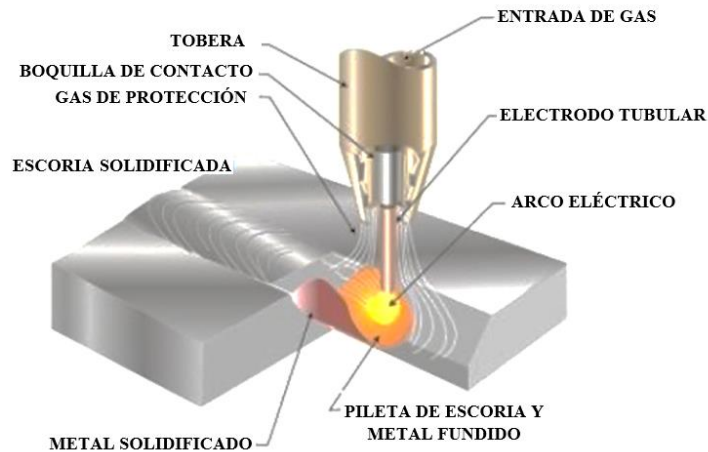
Fuente: García Flores; 2020

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 2.1.2.3. Proceso de soldadura FCAW

La soldadura por arco con núcleo de fundente FCAW (Flux Cored Arc Welding), es un proceso en el cual se obtiene la unión de los metales por el calentamiento de estos en un arco creado entre el electrodo tubular continuo y la pieza como se observa en la **Figura 5-2:** Proceso de soldadura FCAW y sus partes más importantes.

Este proceso es muy similar al GMAW, con la diferencia de que el alambre usado contiene un flux interno el cual desempeña una función similar al recubrimiento del electrodo en el proceso SMAW, este proceso es económico y de fácil aplicación ya que no se requiere de mucha práctica del soldador (Castillo, 2021, pp. 34-35).



**Figura 5-2:** Proceso de soldadura FCAW y sus partes más importantes

Fuente: (Chang, 2020, p. 5)

A continuación, en la **Tabla 6-2:** Ventajas y desventajas del proceso de soldadura FCAW se presentan las distintas ventajas y desventajas del proceso de soldadura FCAW.

**Tabla 6-2:** Ventajas y desventajas del proceso de soldadura FCAW

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Este proceso es óptimo adecuado para realizarse en exteriores, sin dañar la calidad de la soldadura.	La posición de la pistola de soldadura y la precisión en el movimiento, no permiten que se produzca una soldadura de calidad.
Los precios de producción son menores, debido a que el alambre tiene menor costo y no se gasta en gas de protección.	Se requiere un ajuste preciso en la máquina, ya que un ligero cambio de posición puede producir grandes defectos en la soldadura.
No se requiere gas ni equipo de protección adicional.	Solo se lo puede utilizar a distancias cortas debido al material de aporte.

Fuente: (Ferrepro, 2019)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

La soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW) presenta dos variaciones, los cuales dependen de la necesidad de usar o no gas de protección adicional durante el proceso, como se presenta a continuación:

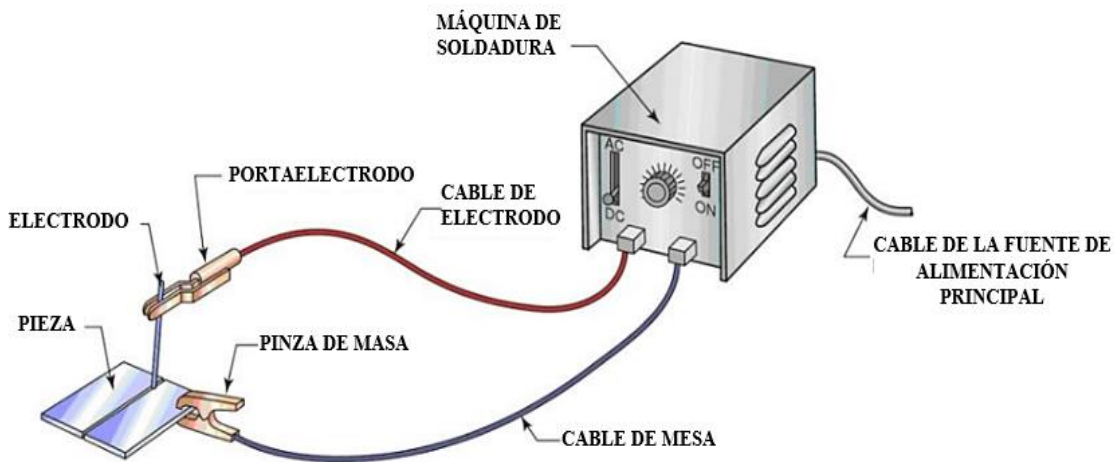
- **FCAW - S (con auto protección):** método en el cual los alambres tubulares se forman sin gas de protección suministrado de forma externa, conocidos como alambres autoprottegidos.
- **FCAW - G (con escudo de gas):** método en el cual los alambres tubulares se forman con gas de protección suministrado de forma externa (Chang, 2020, p. 5).

#### 2.1.2.4. Proceso de soldadura SMAW

La soldadura por arco eléctrico manual SMAW (Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido) es uno de los más conocidos y utilizado en la industria, su técnica consiste en calentar

la superficie del metal a soldar hasta alcanzar la zona de fusión, esto se da mediante el material de aporte que en este caso es un electrodo revestido. La fuente de calor que es generada por el arco eléctrico funde el electrodo y el material base provocando la unión del material cuando se solidifica.

Este procedimiento es sencillo y adaptable a diferentes tipos y posiciones de trabajo, el arco eléctrico en este tipo de soldadura se puede producir ya sea con corriente alterna AC o corriente directa DC. Una recomendación para la utilización de los electrodos es que no deben presentar humedad ya que este factor afecta en el terminado del cordón de soldadura (Canahua, 2022, pp. 28-30).



**Figura 6-2:** Equipo de soldadura para el proceso SMAW

Fuente: (Jeffus, 2009, p.10)

Este tipo de soldadura puede unir una gran variedad de tipos de metal y de distintos espesores con una sola máquina la cual se observa en la **Figura 6-2:** Equipo de soldadura para el proceso SMAW, tomando que en este proceso se debe tomar en cuenta la habilidad del soldador, el cual debe ser altamente calificado para asegurar que la soldadura aplicada esté acorde a los criterios de aceptación o rechazo de las distintas normas existentes.

A continuación, en la **Tabla 7-2:** Ventajas y desventajas de la soldadura SMAW se presentan las distintas ventajas y desventajas del proceso de soldadura SMAW.

**Tabla 7-2:** Ventajas y desventajas de la soldadura SMAW

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Equipo de bajo costo y de fácil transporte	No se puede soldar en espesores delgados
Proceso de fácil aplicación y de bajo costo	Produce escoria
Se lo utiliza en la en casi todos los materiales	Necesita cambio de electrodo constantemente
Se lo puede utilizar en campo abierto	

Fuente: (Canahua, 2022, pp. 28-30).


Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 2.1.2.5. Defectos típicos del proceso de soldadura SMAW.

Los defectos más comunes en este proceso de soldadura son las mordeduras, como se presentan en la **Tabla 8-2:** Tabla del defecto mordedura en el proceso de soldadura SMAW y las inclusiones de escoria presentadas en la **Tabla 9-2:** Tabla del defecto inclusión de escoria en el proceso de soldadura SMAW.

Otros defectos comunes en este proceso de soldadura son las porosidades que se presentan en la **Tabla 10-2:** Tabla del defecto porosidad en el proceso de soldadura SMAW las grietas en el cráter como se presentan en la **Tabla 11-2:** Tabla de defecto de grietas en el cráter en el proceso de soldadura SMAW y la falta de fusión en los bordes la cual se detalla en la **Tabla 12-2:** Tabla del defecto por falta de fusión en los bordes en el proceso de soldadura SMAW.


**Tabla 8-2:** Tabla del defecto mordedura en el proceso de soldadura SMAW

<b>DEFECTO: MORDEDURAS</b>	
	
Causa	Corrección
Intensidad de corriente de suelda elevada	Tomar en cuenta el espesor, el diámetro, la posición y el tipo de electrodo para ubicar la intensidad de corriente necesaria en la máquina de soldar.
Angulo de desplazamiento muy pequeño	Mantener un ángulo de inclinación para el desplazamiento que oscile entre los 5 a 10°.
Arco de soldadura largo	Se debe utilizar la longitud del arco igual al diámetro del electrodo u observar sus características técnicas.

Fuente: (Lorenza, 2019, pp. 81-83)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

**Tabla 9-2:** Tabla del defecto inclusión de escoria en el proceso de soldadura SMAW

<b>DEFECTO: INCLUSIONES DE ESCORIA</b>	
	
Causa	Corrección
Intensidad de soldeo demasiada baja	Utilizar siempre una correcta cantidad de corriente la cual permita la salida de la escoria antes que el metal aportado se solidifique.
La elevada velocidad de desplazamiento provoca el enfriamiento rápido de la soldadura esto no	Adecuada velocidad de desplazamiento a lo largo del proceso de soldadura.




permite la salida normal de la escoria en el cordón de soldadura.	
Soldar varias veces sin antes retirar la escoria del cordón anterior.	Limpiar correctamente la escoria antes de realizar el siguiente cordón de soldadura.

Fuente: (Lorenza, 2019, pp. 81-83)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.


**Tabla 10-2:** Tabla del defecto porosidad en el proceso de soldadura SMAW

<b>DEFECTO: POROSIDAD</b>	
	
<b>Causa</b>	<b>Corrección</b>
Material base con suciedad (óxidos, grasa, recubrimiento)	Eliminar toda clase de residuos en el material a soldar.
Arco demasiado largo	Utilizar una longitud de arco adecuada y mantenerla a lo largo del proceso de soldeo
Electrodos húmedos	Mantener los electrodos evitando ambientes húmedos, o ubicarlos en estufas o en hornos

Fuente: (Lorenza, 2019, pp. 81-83)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.


**Tabla 11-2:** Tabla de defecto de grietas en el cráter en el proceso de soldadura SMAW

<b>DEFECTO: GRIETAS EN EL CRÁTER</b>	
	
<b>Causa</b>	<b>Corrección</b>
Interrupción del arco de forma violenta, especialmente al soldar con alta intensidad de corriente	Utilizar técnicas de interrupción de arco.

Fuente: (Lorenza, 2019, pp. 81-83)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

**Tabla 12-2:** Tabla del defecto por falta de fusión en los bordes en el proceso de soldadura SMAW


<b>DEFECTO: FALTA DE FUSIÓN EN LOS BORDES</b>	
	
<b>Causa</b>	<b>Corrección</b>
Mala limpieza, existe presencia de alguna sustancia que no permite la unión correcta del material base.	Limpieza exhaustiva del material base o del área a soldar por lo menos unos 25 mm a cada lado de la unión.
Orientación inadecuada del electrodo	Orientar el electrodo correctamente.
Intensidad de corriente de soldeo baja o velocidad excesiva	Elegir los parámetros correctos para el proceso de soldadura

Fuente: (Lorenza, 2019, pp. 81-83)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Otros defectos que presenta este proceso de soldadura es la falta de penetración detallada a continuación en la **Tabla 13-2**: Tabla del defecto falta de penetración en el proceso de soldadura SMAW..

**Tabla 13-2:** Tabla del defecto falta de penetración en el proceso de soldadura SMAW.

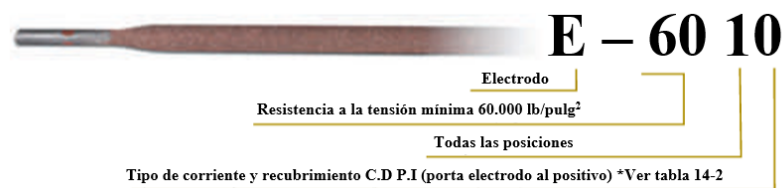
<b>DEFECTO: FALTA DE PENETRACIÓN</b>	
	
<b>Causa</b>	<b>Corrección</b>
Intensidad de corriente de soldeo baja o velocidad excesiva	Elegir los parámetros correctos para el proceso de soldadura
Diámetro del electrodo demasiado grande que no permite el acercamiento del electrodo a la raíz de la unión	Seleccionar el diámetro adecuado
Diámetro del electrodo demasiado fino que no tolera la intensidad necesaria para obtener buena penetración	Seleccionar el diámetro adecuado

Fuente: (Lorenza, 2019, pp. 81-83)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

## 2.2. Material de aporte para el proceso de soldadura SMAW

Según la norma AWS A5.1 clasifica a los electrodos revestidos de acuerdo con el tipo de corriente, revestimiento, posición de soldadura y las propiedades mecánicas del metal base a soldar (AWS, 2012). Su designación consiste en una letra seguida de 4 o 5 dígitos como se presenta a continuación en la **Figura 7-2**: Clasificación de los electrodos según la AWS en el proceso SMAW:



**Figura 7-2:** Clasificación de los electrodos según la AWS en el proceso SMAW

Fuente: (Grupo INFRA, 2019, p. 30)

Donde:

- E: Designa a un electrodo.
- Primeros dos dígitos: Indican la resistencia a la tracción del metal depositado.
- Penúltimo dígito, indica la posición de soldar:

- 1: Toda posición.
- 2: Posición plana y horizontal.
- 4: Toda posición y vertical descendente.
- Último dígito: Indica el tipo de corriente que emplea el electrodo y el tipo de revestimiento del electrodo, tal como se encuentra en la **Tabla 14-2**: Tipos de recubrimiento y corriente:

**Tabla 14-2:** Tipos de recubrimiento y corriente

DÍGITO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	CORRIENTE PARA SOLDAR
0	Celulósico con silicato sódico	CDPI
1	Celulósico con silicato potásico	CA o CDPI
2	Rutilo con silicato sódico	CA o CDPD
3	Rutilo con silicato potásico	CA o CD (ambas polaridades)
4	Rutilo con polvo de hierro	CA o CD (ambas polaridades)
5	Básico bajo en hidrógeno con silicato sódico	CDPI
6	Básico bajo en hidrógeno con silicato potásico	CA o CDPI
7	Ácido con polvo de hierro y óxido de hierro	CA o CDPD
8	Básico con silicato potásico y polvo de hierro bajo en hidrógeno.	CA o CDPI
CA= Corriente alterna CD= Corriente directa		CDPI=Corriente directa polaridad invertida (electrodo positivo) CDPD= Corriente directa polaridad directa (electrodo negativo)

Fuente: (AWS, 2012).

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Para la determinación del electrodo adecuado para los aceros al carbono tenemos la clasificación de electrodos de la serie 60, los cuales se detallan en la **Tabla 15-2**: Listado de los componentes y tipo de corriente de electrodos revestidos de la serie 60. que se presenta a continuación:

**Tabla 15-2:** Listado de los componentes y tipo de corriente de electrodos revestidos de la serie 60.

CLASIFICACIÓN AWS	TIPO DE REVESTIMIENTO	POSICIONES DE SOLDADURA	TIPO DE CORRIENTE
E6010	Alta celulosa sodio.	F, V, OH, H	DC+
E6011	Alta celulosa potasio	F, V, OH, H	AC o DC+
E6012	Alto % rutilo sodio	F, V, OH, H	AC o DC-
E6013	Alto % rutilo potasio	F, V, OH, H	AC o DC +/-
E6020	Alto % óxidos de hierro	Filete horizontal	AC o DC +/-
E6022	Alto % óxidos de hierro	F (para un solo pase)	AC o DC +/-
E6027	Alto % de óxidos de hierro Hierro en polvo	Filete Horizontal, F	AC o DC -
F=Plana, V=vertical, OH= sobrecabeza, H=horizontal			

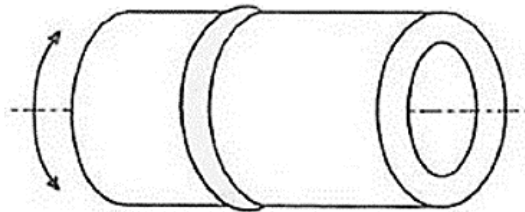
Fuente: (AWS, 2012).

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 2.3. Posiciones de soldadura en tuberías

Según la AWS A3.0, existen varias posiciones de soldeo en el proceso de soldadura, en cuanto a las posiciones de soldadura en tuberías tenemos las siguientes:

**1G:** Esta designación se usa para aplicar una soldadura de ranura en circunferencia a la junta de una tubería, para lo cual la tubería debe estar en una superficie plana y soldarla rotando la tubería alrededor de su eje como se presenta en la **Figura 8-2:** Posición plana de prueba para soldar - 1G:

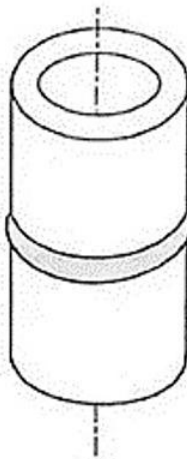


**CONDUCTO HORIZONTAL Y CON ROTACIÓN  
SOLDADURA PLANA DEPÓSITO DEL METAL  
DE APORTE EN LA PARTE SUPERIOR O CERCA  
DE ELLA.**

**Figura 8-2:** Posición plana de prueba para soldar - 1G

Fuente: (AWS, 2001)

**2G:** Esta designación se usa para aplicar una soldadura de ranura en circunferencia a la junta de un conducto, para lo cual la tubería debe estar con su eje de forma vertical como se observa en la **Figura 9-2:** Posición horizontal de prueba para soldar -2G, esta soldadura se realiza en la posición horizontal para soldar.



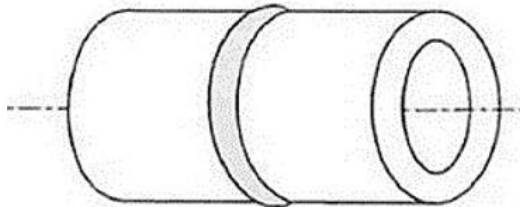
**CONDUCTO O TUBO VERTICAL  
Y SIN ROTACIÓN DURANTE LA  
SOLDADURA.**

**SOLDADURA HORIZONTAL**

**Figura 9-2:** Posición horizontal de prueba para soldar -2G

Fuente: (AWS, 2001)

**5G:** Esta designación se usa para aplicar una soldadura de ranura en circunferencia a la junta de un conducto con su eje horizontal, así como se presenta en la **Figura 10-2:** Posición múltiple de prueba para soldar - 5G, esta soldadura se realiza en las posiciones de soldadura plana, vertical y sobre cabeza. La tubería permanece fija hasta que la soldadura de la junta se haya completado.



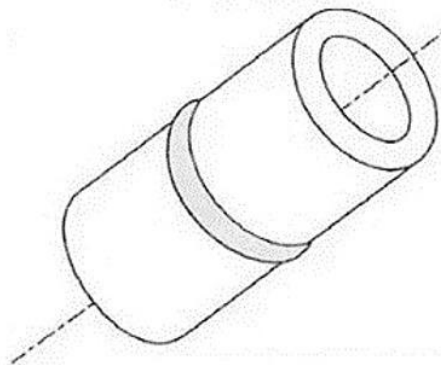
**CONDUCTO HORIZONTAL Y FIJO.**

**SOLDADURA PLANA, VERTICAL Y SOBRE CABEZA.**

**Figura 10-2:** Posición múltiple de prueba para soldar - 5G

Fuente: (AWS, 2001)

**6G:** Esta designación se usa para aplicar una soldadura de ranura en circunferencia a la junta de un conducto con su eje a aproximadamente 45° de la horizontal como se observa en la **Tabla 11-2:** Tabla de defecto de grietas en el cráter en el proceso de soldadura SMAW, la soldadura se puede realizar en las posiciones vertical, plana y sobre cabeza y la tubería permanece fija hasta que la soldadura se haya completado (AWS, 2001).



**CONDUCTO O TUBO CON INCLINACIÓN FIJA Y SIN ROTACIÓN DURANTE LA SOLDADURA.**

**Figura 11-2:** Posición múltiple de prueba para soldar - 6G.

Fuente: (AWS, 2001)

## 2.4. Ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos (END) son pruebas que permiten la identificación de defectos internos o superficiales en materiales, soldadura, piezas fabricadas y componentes, estas pruebas

ayudan en las inspecciones periódicas del mantenimiento predictivo ya que a pesar de que estos ensayos no pueden garantizar que las fallas no se produzcan llegan a desempeñar un papel importante para reducir al mínimo las posibilidades de falla (Buenaño et al., 2019, pp. 333-350).

A continuación, se detalla los distintos ensayos no destructivos empleados para la determinación de imperfecciones en el proceso de soldadura:

#### **2.4.1. Inspección visual**

Se considera inspección visual al primer ensayo no destructivo (END) utilizado por el hombre para la inspección de elementos estructurales. En la actualidad la inspección visual es la técnica más importante para la detección y evaluación de defectos, este método consiste en la revisión de la calidad de las superficies durante y después del proceso de fabricación de piezas y detectando discontinuidades en cordones de soldadura (Espinoza, 2019, pp. 30-32).

##### *2.4.1.1. Clasificación de las técnicas de inspección visual*

Este método se divide en dos tipos de técnicas:

- **La inspección directa:** Esta técnica se la realiza a una distancia corta del objeto a inspeccionar para lo cual se utiliza instrumentos de medición como: galgas, iluminación artificial, flexómetro, lentes de aumento, comparadores o dispositivos de procesamiento de imágenes en tiempo real.
- **La inspección indirecta:** Esta técnica se la realiza en aquellas condiciones donde no llega el ojo humano, entre los equipos que se pueden utilizar tenemos al videoscopio el cual es un que transmite fotografías o video grabaciones.

La evaluación e interpretación depende principalmente del conocimiento del inspector en lo referente a las propiedades y características del elemento, este análisis tiene ciertas limitaciones entre ellas está el tener que realizar un desmontaje total o parcial del equipo en estudio, interrumpiendo la producción u operación que se esté realizando.

##### *2.4.1.2. Ventajas y desventajas de la inspección visual*

A continuación, en la **Tabla 16-2:** Ventajas y desventajas de la inspección visual se presentan las distintas ventajas y desventajas del proceso de soldadura SMAW.

**Tabla 16-2:** Ventajas y desventajas de la inspección visual

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Aplicación de bajo costo	Se puede inspeccionar únicamente las superficies de los elementos a ensayar
Aplicado en la mayoría de los procesos productivos	Requiere de una fuente de iluminación apropiada
Ensayo realizado de forma rápida y sencilla	Es necesario al inspector de VT en la superficie a inspeccionar.
No depende de la geometría de la probeta a ensayar	Se requiere de personal capacitado para la evaluación y criterios de aceptación.

Fuente: (Espinoza, 2019, pp. 30-32)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

#### 2.4.1.3. *Etapas para la realización de un ensayo de inspección visual*

Para realizar un ensayo de inspección visual se debe respetar las siguientes etapas:

1. Inspección visual.
2. Limpieza de la superficie.
3. Revisar el cordón de soldadura.
4. Marcar la zona problemática.
5. Evaluación.

#### 2.4.2. *Partículas magnéticas*

El ensayo mediante partículas magnéticas consiste en magnetizar la pieza objetivo del examen y evidenciar la presencia de las líneas de fuga de flujo magnético; este ensayo es una combinación de dos ensayos no destructivos:

- **Ensayo de fuga de flujo magnético:** En este ensayo se utilizan imanes los cuales tienen líneas de fuerzas magnéticas que están asociadas a cada imán, donde una línea de fuerza magnética está ubicada en el interior del imán el cual interactúa con una discontinuidad superficial o subsuperficial originándose una fuga magnética en la superficie de la discontinuidad.
- **Ensayo visual:** Cuando se espolvorean limaduras de hierro en una fuga magnética las limaduras quedarán retenidas encima de la discontinuidad formando una indicación.

Los ensayos de partículas magnéticas ayudan a evidenciar discontinuidades evitando que entren en servicio componentes con defectos, estos ensayos pueden aplicarse entre y durante los procesos

de elaboración de componentes, pero generalmente se lo realiza al final de un proceso para asegurar que el producto terminado no tenga discontinuidades perjudiciales.

#### 2.4.2.1. *Tipos de partículas magnéticas*

El ensayo de partículas magnéticas ayuda a la obtención de indicaciones originadas como consecuencia de las discontinuidades presentes en la pieza a ensayar, por ello se recomienda elegir el tipo de partículas magnéticas correctas que sean capaces de brindar indicaciones fiables bajo determinadas condiciones, teniendo en cuenta que las mismas deben tener la mayor permeabilidad magnética posible para que sus líneas de fuerza puedan ingresar con facilidad dentro del material, ya que una selección inadecuada puede originar malas indicaciones, formaciones distorsionadas y estas llevarán a generar errores en el resultado del ensayo, dentro de la clasificación de estas partículas tenemos las siguientes:

- **Partículas magnéticas vía seca:** La aplicación de estas partículas se lleva a cabo mediante sopladores mecánico o manuales produciendo una dispersión uniforme en el aire las mismas que tienden a dirigirse hacia los campos de fuga magnéticos, las partículas que se emplean en este método son mezclas de diversos tamaños y formas en proporciones adecuadas de manera que las partículas más pequeñas proporcionen sensibilidad al método y las más grandes no solo ayuden a localizar discontinuidades grandes, sino que contrarresten la tendencia de producir indicaciones falsas con las partículas finas.
- **Partículas magnéticas vía húmeda:** La aplicación de estas partículas se lleva a cabo en un medio líquido como queroseno, derivados de petróleo o agua, lo que permite utilizar tamaños mucho más finos de entre 40 y 60 micras ya que las partículas grandes pueden alinearse y formar cadenas debido a las fuerzas de arrastre a las que está sometida el líquido formando indicaciones falsas. Las partículas magnéticas fluorescentes tienen un pigmento visible bajo la luz negra, este pigmento no se debe separar del material magnético ya que esto originaría indicaciones débiles.

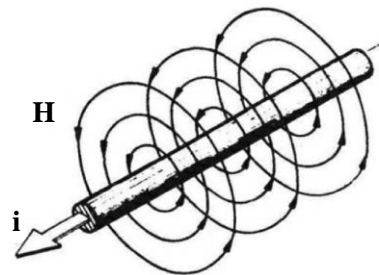
La diferencia entre estos dos tipos de partículas magnéticas es que en vía húmeda al estar dentro de un líquido pueden llegar fácilmente a todas las superficies de la pieza a ensayar, cosa que no sucede con las partículas magnéticas vía seca (Gómez, 2014, pp. 93-117).

#### 2.4.2.2. *Tipos de campo magnético*



Los tipos de campo magnético están en función de la orientación de la discontinuidad esperada, magnetizando la pieza a ensayar mediante un campo magnético circular o longitudinal como se detalla a continuación:

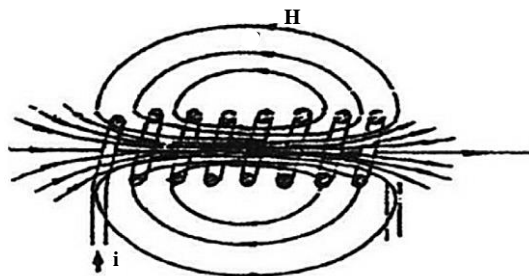
- **Campo magnético circular:** Una corriente eléctrica rectilínea ( $i$ ) crea un campo magnético circular como el indicado en la **Figura 12-2:** Campo magnético circular, donde las líneas de inducción magnética rodean al hilo conductor.



**Figura 12-2:** Campo magnético circular

Fuente: (Gómez, 2014, pp. 93-117)

- **Campo magnético longitudinal:** Cuando por una espira circular o un solenoide pasa una corriente eléctrica de intensidad " $i$ ", genera un campo magnético como se observa en la **Figura 13-2:** Campo magnético longitudinal, en cuyo interior las líneas de inducción magnética serán paralelas al eje de la misma (Gómez de León, 2014).



**Figura 13-2:** Campo magnético longitudinal

Fuente: (Gómez, 2014, pp. 93-117)

#### 2.4.2.3. Equipos y accesorios

Para realizar ensayos mediante partículas magnéticas se debe disponer de equipos de magnetización y de un medio capaz de detectar e indicar la presencia de las líneas de fuga; la selección de un equipo para este tipo de ensayos dependerá de la aplicación, tipo y magnitud de la corriente magnetizante, y el nivel de productividad deseada. (Gómez de León, 2014 págs. 93-117)

Los equipos de partículas magnéticas más utilizados son los siguientes:

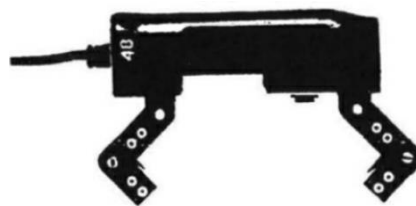
- **Imanes permanentes:** Cuando un material se sitúa entre los polos de un imán permanente, las líneas de fuerza del campo presentan una pieza magnetizada longitudinalmente generando un campo magnético tal como se puede observar en la **Figura 14-2:** Magnetización con imán permanente, de modo que cualquier discontinuidad superficial que corte las líneas de fuerza, dará lugar, a un campo de fuga cuya presencia será revelada cuando se apliquen partículas magnéticas sobre la superficie de la pieza.



**Figura 14-2:** Magnetización con imán permanente

Fuente: (Gómez, 2014, pp. 93-117)

- **Yugo:** Un yugo es un equipo especial en forma de U, que tiene una bobina para suministrar corriente de magnetización, cuando la bobina se energiza se coloca una pieza entre los polos del yugo, donde se establece un campo magnético longitudinal, alineado con los polos de yugo en la pieza de prueba, a continuación, en la **Figura 15-2:** Yugo con patas articuladas se presenta un yugo con patas articuladas el cual tiene un diseño ergonómico que mejora el trabajo y la productividad del operario.



**Figura 15-2:** Yugo con patas articuladas

Fuente: (Gómez, 2014, pp. 93-117)

Al igual que los otros métodos de ensayos no destructivos se deben tener condiciones óptimas de iluminación, entre las cuales tenemos:

- **Luz natural o visible:** esto puede ser de origen natural como el sol, o de origen artificial como bombillas, fluorescentes, entre otros; siempre y cuando la intensidad lumínica en la superficie de la pieza a examinar sea la adecuada.

- **Luz negra:** cuando se utilizan partículas fluorescentes, además de la intensidad lumínica de la luz ultravioleta debemos tener en cuenta el grado de oscuridad de la sala o recinto donde se lleve a cabo el ensayo.

#### 2.4.2.4. *Ventajas y desventajas del ensayo mediante partículas magnéticas*

A continuación, en la **Tabla 17-2:** Ventajas y limitaciones del ensayo mediante partículas magnéticas. se presentan las distintas ventajas y desventajas del ensayo mediante partículas magnéticas.

**Tabla 17-2:** Ventajas y limitaciones del ensayo mediante partículas magnéticas.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Es el más sensible para detectar discontinuidades superficiales	Solo es aplicable a materiales ferromagnéticos
Puede detectar discontinuidades subsuperficiales	Es necesario desmagnetizar después de la inspección
Forma una imagen de la discontinuidad sobre a superficie de la pieza	La presencia de capas de pintura o recubrimientos electrolíticos afecta a la sensibilidad
Resultados menos dependientes del factor humano que el método de líquidos penetrantes	El campo magnético debe tener dirección perpendicular al plano de la discontinuidad, lo que suele obligar a dos o más etapas de magnetización en diferentes posiciones.
Limpieza previa menos exigente que el método de líquidos penetrantes	A veces es necesario aplicar corrientes de muy elevada intensidad
Puede aplicarse a piezas de cualquier tamaño y es más rápido que el método de líquidos penetrantes.	

**Fuente:** (Abad, 2018, p. 25)

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

#### 2.4.2.5. *Pasos para realizar el ensayo de partículas magnéticas*

Como primer paso se debe limpiar el cordón de soldadura a inspeccionar con la ayuda de un cepillo de alambre y después con un limpiador como la acetona, posteriormente procedemos a ajustar las patas del yugo magnético aproximadamente a 1 pulgada del cordón de soldadura y procedemos a magnetizar la probeta.

Como segundo paso se deben aplicar las partículas magnéticas las cuales deben ser de un tamaño pequeño para que puedan llegar a detectar defectos pequeños o profunda, sin embargo, no deben ser demasiado pequeñas ya que se acumularían formando irregularidades en la superficie ocasionando lecturas erróneas, es por este motivo que lo habitual es combinar partículas pequeñas de entre 1  $\mu\text{m}$  y 60  $\mu\text{m}$  y en partículas grandes desde 60  $\mu\text{m}$  hasta 150  $\mu\text{m}$ .

Como tercer paso se procede a la aplicación de magnetismo en las partículas magnéticas para seguir con la eliminación de las partículas magnéticas excedentes, para observar los resultados obtenidos en la probeta.

Para finalizar con este ensayo se procede a limpiar la probeta limpiando los residuos de las partículas magnéticas con ayuda de la acetona y desmagnetizamos con la ayuda del yugo magnético.

### **2.4.3. Tintas penetrantes**

Es un método de ensayo no destructivo el cual permite la detección de discontinuidades y defectos superficiales como: poros, grietas, rechupes, traslapes, costuras, laminaciones en materiales no porosos.

Haciendo una comparación con los distintos métodos no destructivos el ensayo por tintas penetrantes es en general el menos complejo y no requiere de equipos costosos adicionales, pero se debe tomar las debidas consideraciones para su ejecución y tratar de no cometer errores; este ensayo permite detectar defectos superficiales como es en el caso de recipientes a presión y de piezas sometidas a esfuerzos ya que en la industria pueden ser los más peligrosos (Gómez, 2009, p. 7).

#### **2.4.3.1. Tipos de tintas penetrantes**

El ensayo de tintas penetrantes se divide en los siguientes métodos de aplicación:

- a) Método de líquidos fluorescentes
- b) Método de líquidos visibles

Los métodos antes mencionados se subdividen en los siguientes tipos:

- **TIPO I:** Lavable con agua - autoemulsificados
- **TIPO II:** Postemulsificables (emulsionante lipofílico o hidrofílico)
- **TIPO III:** Removibles con solvente

#### **2.4.3.2. Principios físicos de las tintas penetrantes (PT)**

Los principios físicos presentes en las tintas penetrantes son los que se detallan a continuación:

- **Capilaridad:** Permite la acción que origina que un líquido ascienda o descienda a través de los llamados tubos capilares.
- **Cohesión:** Fuerza que mantiene a las moléculas de un cuerpo a distancias cercanas unas de otras.
- **Adherencia:** Es la fuerza de atracción entre moléculas de sustancias diferentes.
- **Viscosidad:** Resistencia al deslizamiento de una capa de un fluido sobre otra capa.
- **Tensión superficial:** Es la fuerza por la unidad de longitud que se ejerce tangencialmente sobre la superficie de separación entre un gas y un líquido (Escalona, 2007, pp. 6-7).

#### 2.4.3.3. *Proceso de aplicación de tintas penetrantes*

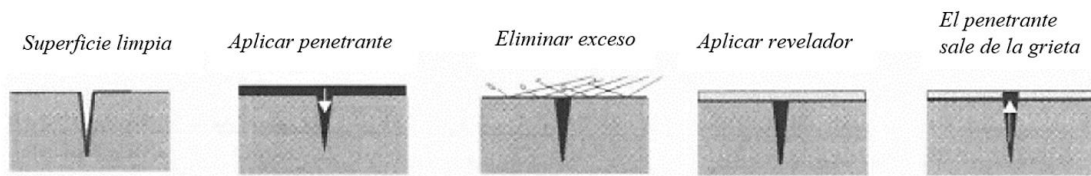
El procedimiento que comúnmente se realiza para la aplicación de tintas penetrantes comienza en la preparación de la superficie a ensayar para esto se utiliza el limpiador base solvente el cual consiste en retirar toda clase de impurezas juntamente con un cepillo de alambre teniendo en cuenta que este proceso es fundamental para la determinación de los resultados.

Existen diversos métodos para la aplicación de líquidos penetrantes como es en aerosol, brocha o por inmersión, donde una vez limpia la superficie se aplica el líquido penetrante a lo largo de la superficie preparada y se lo deja transcurrir cierto tiempo para permitir que la penetración del líquido en cualquiera de las discontinuidades que este abierta a la superficie pueda ser detectada, en el caso de cordones de soldadura el tiempo promedio suele ser de siete minutos.

El siguiente paso es retirar el excedente de penetrante asegurando la permanencia del líquido en cualquiera de las discontinuidades, esto se lo realiza con un trapo seco y de preferencia en una sola dirección, una vez limpiado el área de inspección en un trapo se coloca disolvente y se lo vuelve a limpiar tomado en cuenta las recomendaciones anteriores.

Finalmente, se aplica el revelador con una separación de 20 a 30 cm y se recomienda que se lo coloque de afuera hacia adentro en la zona de interés con una duración de revelado de 10 minutos, una vez transcurrido este tiempo las indicaciones se evalúan visualmente y bajo condiciones de visibilidad apropiadas

El procedimiento detallado anteriormente se puede observar en la **Figura 16-2:** Proceso de aplicación de tintas penetrantes. que se presenta a continuación.



**Figura 16-2:** Proceso de aplicación de tintas penetrantes.

**Fuente:** (Gómez, 2009, p. 93-117)

#### 2.4.3.4. Ventajas y desventajas del ensayo de tintas penetrantes

A continuación, en la **Tabla 18-2:** Ventajas y desventajas del ensayo de líquidos penetrantes se presentan las distintas ventajas y desventajas del ensayo mediante líquidos penetrantes.

**Tabla 18-2:** Ventajas y desventajas del ensayo de líquidos penetrantes

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Ensayo económico	Detección de fallas solo abiertas a la superficie
Inspección a simple vista	Difícil establecimiento de patrones
No se destruye la pieza a inspeccionar	La superficie por ensayar debe estar limpia y sin recubrimientos
Obtención de resultados inmediatos	No se puede inspeccionar materiales demasiado porosos
Aplicación en diferentes tipos de materiales	Inspección difícil en superficies rugosas
No requiere de suministros de energía	Inspección realizada por técnicos experimentados.
	No se puede determinar la profundidad de las discontinuidades.

**Fuente:** (Escalona, 2007, pp. 6-7).

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

#### 2.4.4. Videoscopio

El videoscopio es un dispositivo óptico desarrollado para realizar inspecciones visuales donde el área a ser evaluada es inaccesible, estas inspecciones se las realizan en: tuberías de gran y pequeño diámetro, válvulas, intercambiadores, máquinas térmicas, turbinas de gas y vapor.

##### 2.4.4.1. Partes fundamentales del videoscopio

El videoscopio consta de tres partes fundamentales como es una sonda flexible o rígida, el lente y la unidad de tratamiento de imágenes, las cuales se detallarán a continuación:

- **El lente:** posee tres características fundamentales que son la nitidez la cual no tiene unidades de medida ya que tan solo es una definición óptica que se lo comprueba en la

calidad de las imágenes, otras dos características como el ángulo de apertura y profundidad de campo las mismas que generalmente son intercambiables ya que se puede utilizar lentes que tienen diferentes ángulos de apertura, visión y profundidad.

- **La sonda:** posee de cuatro características que son la longitud, el diámetro, la flexibilidad y la movilidad de la cabeza ya que existe sondas con cabeza rígida y sondas que se pueden manipular y orientar como desee el operario.
- **Las unidades de visualización:** constan de una pantalla y una placa base, estas pueden ser complejas ya que pueden poseer funciones adicionales como la generación automática de informes o pueden ser unidades de medición muy básicas que tan solo permitan hacer zoom digital y manipulación de imágenes (Ordoñez, 2020, pp. 11-16).

#### 2.4.4.2. *Funcionamiento del videoscopio*

Su funcionamiento consiste en introducir la sonda del videoscopio en la tubería, la cual tiene una cámara que va grabando y facilita observar las distintas imperfecciones que se presentan en la tubería soldada; la cámara tiene un led que ayuda a iluminar las zonas para un mejor enfoque y mejor observación de los defectos.

#### 2.4.4.3. *Ventajas y desventajas del videoscopio*

A continuación, en la **Tabla 19-2:** Ventajas y desventajas del uso de un videoscopio se presentan las distintas ventajas y desventajas del ensayo mediante el uso del videoscopio.

**Tabla 19-2:** Ventajas y desventajas del uso de un videoscopio

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Son equipos compactos, flexibles y fáciles de transportar donde la sonda es de tamaño muy reducido por lo que puede llegar a lugares de difícil acceso.	Hay modelos de videoscopios donde la inspección de cerca no son fácil de realizarlos debido a la mala calidad de enfoque.
Se reducen los costos de reparación y daños ocasionados por el desmontaje excesivo de los elementos.	Algunos borocopios no permiten una buena visualización del espacio por las condiciones de poca luz.
Fácil de manejar por lo que facilita el proceso de diagnóstico.	

**Fuente:** (Maldonado y Encalada, 2021, pp. 15-19)

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

## 2.5. Normas de referencia

### 2.5.1. Norma API 1104

La norma API 1104 tiene como propósito ofrecer métodos para la producción de soldaduras de alta calidad tomando en cuenta el uso de soldadores calificados, procedimientos de soldadura, materiales y el uso de equipos aprobados. Esta norma presenta pautas para el estudio y realización de los procedimientos de soldadura que contiene el análisis de uniones soldadas a tope de tuberías de acero de baja aleación utilizadas en compresión, bombeo, transmisión y distribución de petróleo crudo, derivados del petróleo, gases combustibles, dióxido de carbono y nitrógeno.

Esta norma puede ser aplicada en la mayoría de los procesos de soldadura incluyendo el SMAW, además contiene información para la realización de procedimientos de ensayos no destructivos como son la radiografía, partículas magnéticas, líquidos penetrantes y ultrasonido; también se detalla los criterios de aceptación y rechazo para los ensayos antes mencionados (API, 2005).

### **2.5.2. Norma ASME SECCIÓN V**

Esta especificación hace referencia al desarrollo de procedimiento de exámenes no destructivos las cuales se realizan para detectar y dimensionar defectos de continuidad en el proceso de soldadura, fallas de material base en el proceso de soldadura durante la fabricación y construcción de piezas, también contiene los requisitos y métodos de análisis no destructivos que son los requisitos de los diferentes códigos. Da a conocer las responsabilidades de examinación del fabricante, los deberes de los inspectores autorizados y los requisitos para la calificación del personal como la inspección y la examinación, esta norma contiene dos secciones importantes.

La primera da a conocer los métodos de ensayos no destructivos donde se presentan las tintas penetrantes, partículas magnéticas, radiografía industrial, inspección visual y ultrasonido, manteniendo en cada una de ellas la siguiente estructura: el alcance, requerimientos generales, equipos y materiales, procedimientos, calibración, examinación e inspección, evaluación, registro y documentación que ayuda a definir correctamente el procedimiento, el análisis y verificación de defectos.

La segunda sección se indica los documentos que se han ido adoptando en la sección V, además contiene un glosario de términos técnicos el cual ayuda a tener un lenguaje técnico estandarizado.

Como conclusión podemos decir que esta especificación está orientada a detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldadura de piezas y componentes fabricados (ASME, 2019).



### **2.5.3. Norma AWS D1.1**

Esta norma contiene los requerimientos para fabricar y armar cualquier tipo de estructura soldada realizada con acero al carbono y de baja aleación para construcción, esta norma está dividida en varias secciones las mismas que contienen información acerca de los requisitos generales sobre el alcance y las limitaciones del código, las definiciones clave y las principales responsabilidades en las construcciones de acero, el diseño de conexiones soldadas con todos los requisitos para el diseño de las mismas, la precalificación de las WPS (Especificación del procedimiento de soldadura) la misma que contiene los requisitos para librar una WPS de los requisitos de calificación expuestos en esta norma.

Además, contiene información acerca de los requisitos para la calificación de la WPS y las pruebas de calificación de rendimiento que debe aprobar el personal de soldadura, los requisitos generales de fabricación y montaje aplicables a estructuras de acero soldadas que se rigen por este código, incluidos los requisitos para metales base, consumibles de soldadura, técnicas de soldadura, detalles soldados, preparación del material, etc.

También podemos encontrar información acerca de la inspección en la cual se encuentran los criterios para las calificaciones y responsabilidades de los inspectores, criterios de aprobación para soldadura de producción y los procedimientos estándar para realizar inspecciones visuales y ensayos no destructivos, así como la soldadura de pernos a acero estructural y la información básica relacionada con la modificación o la reparación por soldadura de estructuras de acero existentes.

Por último, encontramos los requisitos exclusivos para estructuras tubulares, teniendo en cuenta que los requisitos mencionados anteriormente, también se aplican a las estructuras tubulares a menos de que se especifique lo contrario (AWS, 2020).

## CAPÍTULO III

### 3. ELABORACIÓN DE PROBETAS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW

En este capítulo se detallan los pasos para la elaboración de las probetas con proceso de soldadura SMAW y su respectivo WPS, la aplicación de los distintos ensayos no destructivos como el ensayo de tintas penetrantes, partículas magnéticas y la utilización del videoscopio.

Además, se presentan reportes de inspección para cada cordón de soldadura junto con los criterios de aceptación y rechazo según las normas API 1104 y AWS D1.1.

#### 3.1. Especificación de las probetas

Previo a la elaboración de las probetas se decide escoger una tubería de acero con medio contenido de carbono de tipo ASTM A 106 – Grado B, ya que esta tubería es una de los más utilizados en el sector industrial para transportar fluidos en sectores petroleros, alimenticios, plantas de tratamientos de agua entre otros.

Una vez identificado el tipo de material, se decide escoger 3 tuberías de distinto diámetro y espesor con una longitud de 50 cm debido a fines académicos, la recopilación de esta información se presenta en la **Tabla 1-3**: Especificaciones de las probetas.

**Tabla 1-3:** Especificaciones de las probetas

N° de probeta	Tipo de material	Espesor (mm)	Diámetro (pulg)
1	A 106 grado B	6	4
2	A 106 grado B	7	3
3	A 106 grado B	8	8

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

##### 3.1.1. Elaboración de las probetas

Para comenzar con la elaboración de las probetas se decide dividir en 3 cupones a cada una de las probetas, cada cupón con una longitud de 16,67 cm cada una, como se puede observar en la **Figura 1-3**: Probetas de acero con distinto diámetro y espesor..



**Figura 1-3:** Probetas de acero con distinto diámetro y espesor.

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Además, se debe realizar un bisel en cada pega de las probetas los cuales tienen un ángulo de  $30^\circ$  por cada lado, y entre las juntas llegan a formar un ángulo de bisel de  $60^\circ$  como se presenta en la **Figura 2-3:** Probetas de acero al carbono biseladas con ranura de  $60^\circ$ , esto sirve para los diferentes pases de los cordones de soldadura.



**Figura 2-3:** Probetas de acero al carbono biseladas con ranura de  $60^\circ$

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

También se debe tener en cuenta la altura del talón del bisel el cual tiene una dimensión de 2 mm juntamente con la abertura de raíz que tiene una ranura de 3 mm. Consecutivamente se prepara el equipo, material de aporte a una temperatura de  $250^\circ\text{C}$  y herramientas de limpieza para dar inicio al proceso de soldadura SMAW, como se observa en la **Figura 3-3:** Equipo de soldadura, consumibles y herramientas de limpieza.



**Figura 3-3:** Equipo de soldadura, consumibles y herramientas de limpieza

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

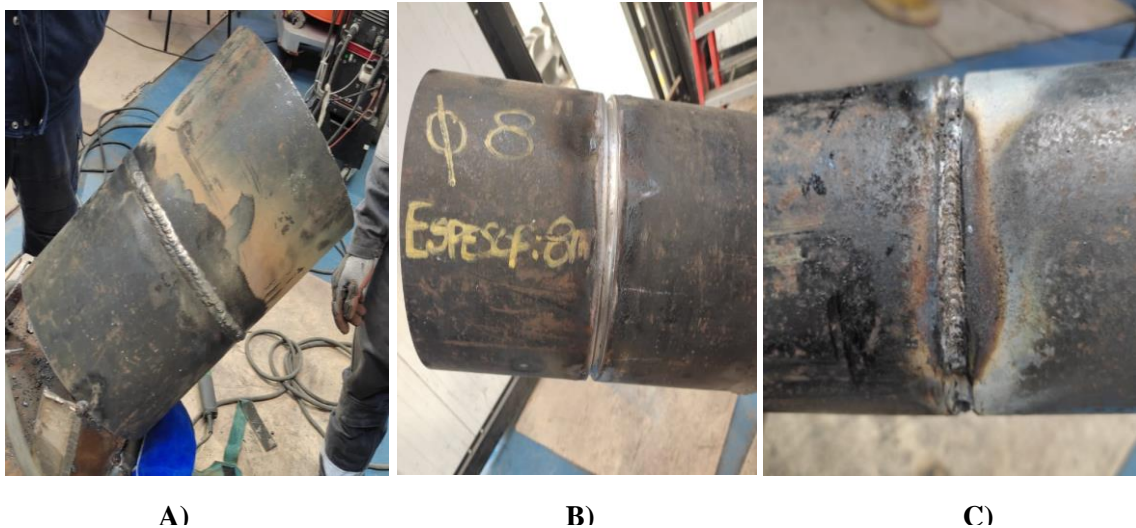
Para comenzar con el procedimiento de soldadura se debe utilizar equipos de protección personal como guantes y mandil de cuero, máscara de soldar, gorro, zapatos de seguridad y mascarilla respiratoria para humo metálico.



**Figura 4-3:** Equipos de protección personal para soldadura

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Para comenzar con el procedimiento de soldadura, se coloca la probeta en la posición 6G es decir, dispuestas a  $45^\circ$  y se apuntala a lo largo del diámetro de la tubería para no tener dificultades como el desplazamiento de las juntas al momento de realizar el cordón de soldadura.



**Figura 5-3:** Soldadura en posición 6G. A) Pase raíz, B) Pase de relleno, C) Pase de presentación.

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Como siguiente paso, se efectúa la soldadura del “pase raíz” el cual se lo realiza con electrodo E6010 con un diámetro de 1/8 " presentado en la **Figura 5-3:** Soldadura en posición 6G. A) Pase raíz, B) Pase de relleno, C) Pase de presentación. **A**, una vez finalizado el paso anterior se realiza el segundo pase conocido como “cordón de relleno” donde se utiliza el electrodo E6011 con diámetro de 1/8 " presentado en la **Figura 5-3:** Soldadura en posición 6G. A) Pase raíz, B) Pase de relleno, C) Pase de presentación. **B**, para finalizar con este procedimiento se realiza el “cordón de remate” para lo cual se utiliza el electrodo E7018 con un diámetro de 1/8 " presentado en la **Figura 5-3:** Soldadura en posición 6G. A) Pase raíz, B) Pase de relleno, C) Pase de presentación. **C**; tomando en cuenta que cada uno de estos cordones tienen diferentes parámetros de soldadura.

Debido a la utilización máquinas y herramientas se considera la pérdida de 2 mm en el corte del cupón de cada probeta, pero se gana longitud al momento de realizar el cordón de soldadura ya que en cada junta se deja una distancia de 3 mm para el pase de luz quedando con una longitud final de 50.2 cm cada probeta.

### 3.2. Verificación del procedimiento de soldadura

Según la norma AWS D1.1 para la verificación del proceso de soldadura se debe elaborar un WPS, el cual contiene información del soldador, características del material de aporte como el diámetro del electrodo, marca y tipos de electrodos utilizados.

También se detalla información acerca del material base como el tipo de material, diámetro y espesor de este; además contiene información acerca de las características de la junta como el tipo de junta, abertura de raíz, talón, ángulo de ranura, bisel, posición de soldadura, número de pases, y la técnica de soldadura utilizada.

Por último, se encuentra el esquema de las juntas en el cual se detalla el número de pases y las dimensiones que debe tener la junta, así como una tabla en donde se especifica el cuadro de variables de operación como características del material de aporte, corriente, polaridad, tensión de trabajo, velocidad de avance, la progresión y las técnicas de soldadura.

Para el desarrollo del WPS se debe tomar en cuenta las variables esenciales y no esenciales en el procedimiento, en este caso la variable “espesor” el cual según la norma llega abarcar hasta un espesor de 14 mm, pero en este caso se realizan 2 WPS debido a que en una de las probetas existen dos cordones superficiales y la progresión del cordón es diferente a las demás probetas, así como se puede observar en el esquema del detalle de las juntas presentadas en las **Tabla 2-3:** Elaboración del WPS para tuberías con espesor de 6 y 7 mm. para espesores de 6 y 7 mm y la **Tabla 3-3:** Elaboración del WPS para tuberías con espesor de 8mm para un espesor de 8 mm.

**Tabla 2-3:** Elaboración del WPS para tuberías con espesor de 6 y 7 mm.

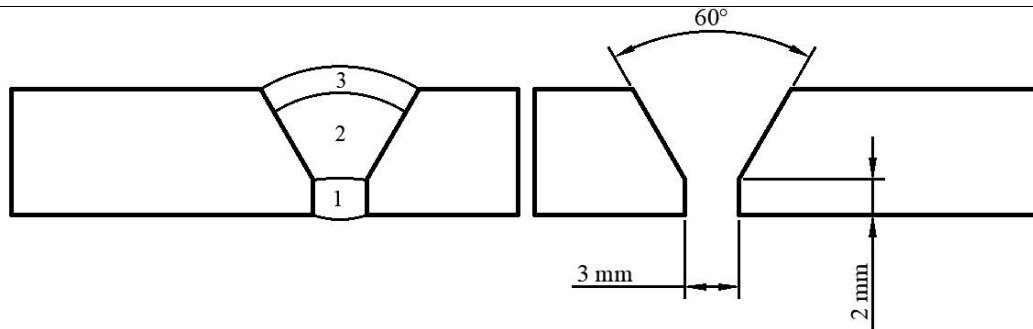
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)			
<b>Institución:</b> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo <b>Según Norma:</b> AWS D1.1		<b>WPS N.º:</b> <b>Fecha:</b> 22/05/2022 <b>Realizado por:</b> Paul Sánchez	
JUNTA UTILIZADA		POSICIÓN DE SOLDADURA	
<b>Tipo de junta:</b>	A tope en V	<b>Posición de soldadura:</b>	6 G (fija 45° sobre el eje horizontal)
<b>Abertura de raíz (e):</b>	3 mm		
<b>Talón (c):</b>	2 mm		
<b>Ángulo de ranura (β):</b>	30°	<b>Progresión:</b>	Descendente
<b>Placa de respaldo:</b>	Si: X      No:		
<b>Cordón de respaldo:</b>	Si:      No: X	<b>Técnica:</b>	3 pases
<b>Preparar bisel:</b>	Si: X      No:		
METAL BASE		PRECALENTAMIENTO	
<b>Especificación:</b>	A106 grado B - SCH: 80	<b>Temperatura:</b>	N/A
<b>Espesor (t):</b>	6 y 7 mm	<b>Temperatura ente pases:</b>	N/A
METAL DE APORTE		TÉCNICA DE SOLDADURA	
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Soldadura de:</b>	Ranura
		<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW
<b>Especificación (SFA):</b>	N/A	<b>Tipo de soldadura:</b>	Manual

<b>Diámetro:</b>	1/8 "	<b>Cordón de respaldo:</b>	Si: X      No:
<b>Denominación AWS:</b>	E6010 E6011 E7018	<b>Pase múltiples o simples (por lado)</b>	Simple
<b>Vel de alimentación (m/min):</b>	0.041	<b>Electrodos múltiples o únicos</b>	Múltiples
		<b>Cordón recto u oscilante:</b>	Oscilante
<b>Gas protección:</b>	N/A	<b>Limpieza:</b> Grata de 4"	
<b>Caudal:</b>	N/A		

**NOTAS**

- Asegurar la limpieza de las partes.
- Verificar la alineación de la junta

**DETALLE DE LA JUNTA**



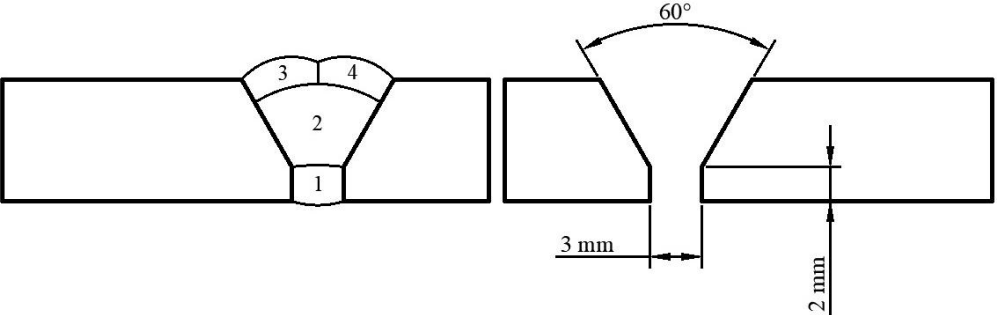
**CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN**

N.º de pase	Material de Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (V)	Vel. de avance (m/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (pulg)	Tipo de polaridad	Intensidad (A)				Oscilado	Recto
1	E6010	1/8 "	CC	70-75	22-24	0.043	Descendente	X	
2	E6011	1/8 "	CC	100-110	25-27	0.039	Descendente	X	
3	E7018	1/8 "	CC	95-100	20-25	0.039	Descendente	X	

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

**Tabla 3-3:** Elaboración del WPS para tuberías con espesor de 8mm

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL										
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)										
<b>Institución:</b> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo <b>Según Norma:</b> AWS D1.1					<b>WPS N.º:</b> <b>PQR de Soporte N.º:</b> <b>Fecha:</b> 22/05/2022 <b>Realizado por:</b> Paúl Sánchez					
<b>JUNTA UTILIZADA</b>					<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>					
<b>Tipo de junta:</b>	A tope en V				<b>Posición de soldadura:</b>	6G (fija 45° sobre el eje horizontal)				
<b>Abertura de raíz (e):</b>	3 mm					<b>Progresión:</b>	Ascendente			
<b>Talón (c):</b>	2 mm									
<b>Ángulo de ranura (β):</b>	30°				<b>Técnica:</b>	4 pases				
<b>Placa de respaldo:</b>	Si: X      No:									
<b>Cordón de respaldo</b>	Si:      No: X									
<b>Preparar bisel:</b>	Si:      No: X				<b>PRECALENTAMIENTO</b>					
<b>METAL BASE</b>					<b>PRECALENTAMIENTO</b>					
<b>Especificación:</b>	A106 grado B - SCH: 40				<b>Temperatura:</b>	N/A				
<b>Espesor (t):</b>	8 mm				<b>Temperatura ente pases:</b>	N/A				
<b>METAL DE APORTE</b>					<b>TÉCNICA DE SOLDADURA</b>					
<b>Proceso:</b>	SMAW				<b>Soldadura de:</b>	Ranura				
					<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW				
<b>Especificación (SFA):</b>	N/A				<b>Tipo de soldadura:</b>	Manual				
<b>Diámetro:</b>	1/8 "				<b>Cordón de respaldo:</b>	Si: X      No:				

<b>Denominación AWS:</b>	E6010 E6011 E7018	<b>Pase múltiples o simples (por lado)</b>	Simple						
<b>Velocidad de alimentación (m/min):</b>	0.039	<b>Electrodos múltiples o únicos</b>	Múltiples						
		<b>Cordón recto u oscilante:</b>	Oscilante						
<b>Gas protección:</b>	N/A	<b>Limpieza:</b> Grata de 4"							
<b>Caudal:</b>	N/A								
<b>NOTAS</b>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la limpieza de las partes.</li> <li>• Verificar la alineación de la junta</li> </ul>									
<b>DETALLE DE LA JUNTA</b>									
									
<b>CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN</b>									
N.º de pases	Material de Aporte		Corriente		Tensión de trabajo (V)	Velocidad de Avance (m/min)	Progresión	Técnica de soldadura	
	Clase	Diámetro (pulg)	Tipo de polaridad	Intensidad (A)				Oscilado	Recto
1	E6010	1/8 "	CC	70-75	22-24	0.043	Ascendente	X	
2	E6011	1/8 "	CC	100-110	25-27	0.039	Ascendente	X	
3	E7018	1/8 "	CC	95-100	20-25	0.039	Ascendente	X	

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 3.3. Aplicación de Ensayos No Destructivos (END)

Después de la elaboración de las probetas se debe limpiar el área en donde se va a realizar los ensayos en este caso los cordones de soldadura, mediante cepillos de alambres o gratas como se observa en la **Figura 6-3: Limpieza del cordón de soldadura para aplicación de END**, esto se lo realiza para retirar las impurezas o escorias que pueden afectar en la aplicación de los ensayos no destructivos.





**Figura 6-3:** Limpieza del cordón de soldadura para aplicación de END

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Para comenzar con la aplicación de las distintas técnicas de Ensayos No Destructivos, se debe realizar una inspección visual la misma que ayuda en la observación de discontinuidades perceptibles a simple vista como deformaciones, defectos de soldadura y fenómenos de corrosión.

Una vez finalizada esta técnica se puede llegar a determinar si el tipo de soldadura aplicadas en las probetas es aceptable o rechazable, según las distintas normas existentes como la API 1104 y la AWS D1.1, teniendo en cuenta que para la aplicación de estos ensayos se debe utilizar equipos de protección personal como guantes, mandil y mascarilla.

### **3.3.1. Aplicación del videoscopio**

La utilización del videoscopio es un tipo de inspección visual indirecta ya que utiliza un equipo para la evaluación de discontinuidades internas, para este análisis se usa un videoscopio modelo M430FM, el cual tiene una sonda con longitud de 3074 mm y un brillo de hasta 6800 Lux, el equipo antes descrito es el que se presenta en la **Figura 7-3:** Videoscopio modelo M430FM..



**Figura 7-3:** Videoscopio modelo M430FM.

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Para comenzar con el manejo de este equipo en las probetas, lo primero que se debe hacer es introducir la sonda hacia el área a inspeccionar, de tal manera que se pueda visualizar los cordones de soldadura internos y mediante la pantalla del equipo ir observando y capturando las imágenes de todas las imperfecciones internas que se encuentren en las probetas, como se puede observar en la **Figura 8-3:** Uso del videoscopio en las probetas..



**Figura 8-3:** Uso del videoscopio en las probetas.

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### **3.3.2. Aplicación de tintas penetrantes**

Para comenzar con la aplicación de esta técnica se debe limpiar toda la superficie a ser inspeccionada, la misma que debe estar libre de recubrimiento, pintura, grasa, polvo, etc., para lo cual se utiliza el kit de tintas penetrantes del fabricante “Magnaflux”, inicialmente se comienza con la aplicación del limpiador o cleaner el cual se lo aplica sobre un paño que no deje residuos

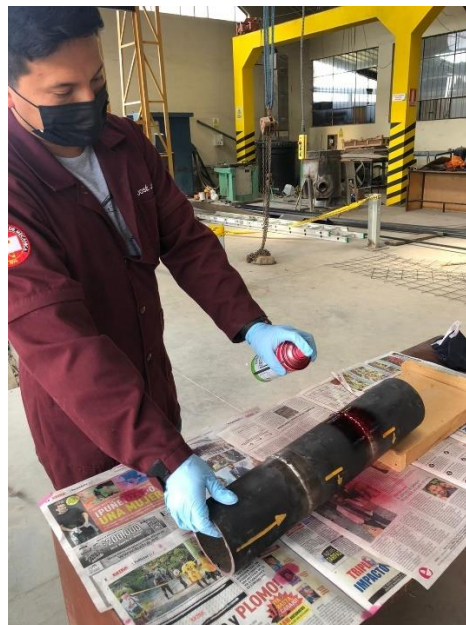
ya que no se lo debe aplicar directamente, tal como se puede observar en la **Figura 9-3: Limpieza del cordón de soldadura con cleaner.**



**Figura 9-3: Limpieza del cordón de soldadura con cleaner**

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

A continuación, se debe aplicar el penetrante el cual debe estar aproximadamente a 30 cm del área a examinar como se observa en la **Figura 10-3: Aplicación del penetrante**, se debe dejar pasar un tiempo prudente entre 5 a 10 minutos dependiendo de la temperatura ambiente según lo establecido en la norma ASME sección V.



**Figura 10-3: Aplicación del penetrante**

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Posteriormente se elimina el exceso del líquido penetrante para no formar indicaciones falsas como se observa en la **Figura 11-3**: Limpieza del exceso de penetrante, además se debe tener cuidado de no realizar una limpieza excesiva ya que puede ocasionar que el penetrante sea eliminado de las discontinuidades, tomando en cuenta que el área a ser inspeccionada debe estar seca antes de la aplicación del revelador.



**Figura 11-3:** Limpieza del exceso de penetrante

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

El revelador se lo aplica inmediatamente después de haber quitado el exceso del penetrante y se lo deja secar al aire libre o con ayuda de un secador como se observa en la **Figura 12-3**: Aplicación del revelador en las probetas, tomando en cuenta que el tiempo mínimo es 10 minutos y el tiempo máximo es una hora.



**Figura 12-3:** Aplicación del revelador en las probetas

Después de haber inspeccionado los cordones de soldadura de las probetas, se procede a la limpieza de este con la ayuda del disolvente para poder realizar el siguiente ensayo que en este caso es la aplicación de partículas magnéticas.

### 3.3.2.1. Medición de la luminosidad



**Figura 13-3:** Medición de la luminosidad

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Para realizar esta medición se debe utilizar un luxómetro, en este caso se utiliza un Anemómetro conocido como medidor 4 en 1, el cual mide la cantidad de humedad, temperatura, flujo de aire y luz tal como se observa en la **Figura 13-3:** Medición de la luminosidad, este dispositivo es de mucha utilidad ya que sirve para cuantificar el nivel de luz que se encuentra en el lugar que se va a realizar el ensayo, ya que es un dato necesario para el reporte de evaluación del proceso de soldadura. Las especificaciones del equipo en el parámetro de luz se presentan en la **Tabla 4-3:** Especificaciones del equipo en el parámetro de luz como se observa a continuación:

**Tabla 4-3:** Especificaciones del equipo en el parámetro de luz

Medición	Escala	Resolución	Precisión
Luz (Escala automática )	0 a 2200 Lux	1 Lux	±% lectura + 8 dígitos
	1800 a 2000 Lux	10 Lux	
	0 a 204 Fc	0.1 Fc	
	170 a 1860 Fc	1 Fc	

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 3.3.3. Aplicación de partículas magnéticas



Para comenzar con la aplicación de esta técnica se debe mencionar que las partículas que se van a utilizar en este ensayo son partículas líquidas fluorescentes, para lo cual primero se debe mezclar el acondicionador de agua y las partículas de hierro coloreadas en un litro de agua como se observa en la **Figura 14-3: Partículas magnéticas fluorescentes.**, esto se lo debe hacer 30 minutos antes de comenzar con la aplicación del ensayo en las probetas.



**Figura 14-3:** Partículas magnéticas fluorescentes.

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Se debe tomar en cuenta que para la aplicación de este ensayo se usa un aspersor manual para una mejor distribución de las partículas, además al ser partículas fluorescentes se utiliza un foco o lámpara de luz UV y un yugo magnético, tal como se observa en la **Figura 15-3: Elementos y equipos para la aplicación de MT.**



**Figura 15-3:** Elementos y equipos para la aplicación de MT

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

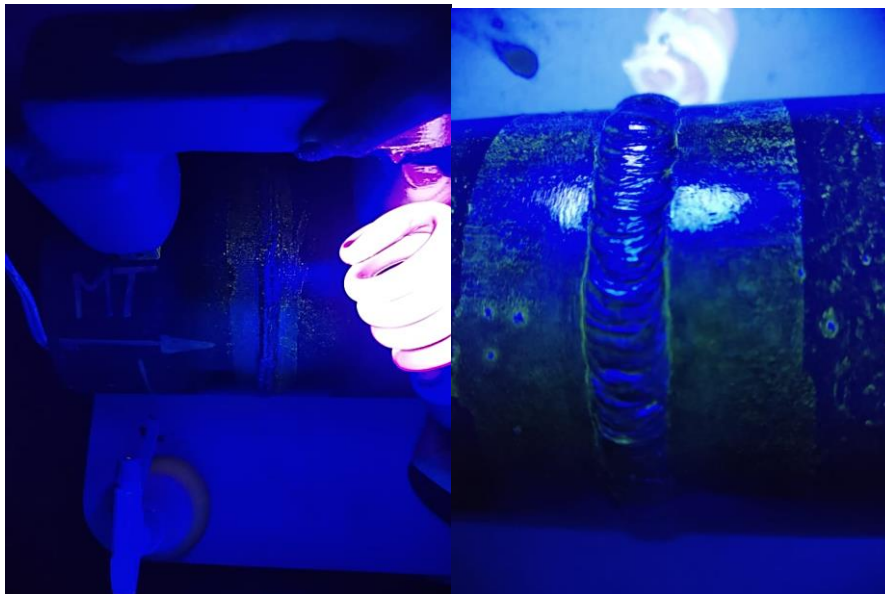
Para comenzar con el ensayo de partículas magnéticas se procede a magnetizar la probeta para lo cual se ubica el yugo sobre el área a inspeccionar de manera que produzca un campo magnético el mismo que va desde el polo positivo al polo negativo, como se observa en la **Figura 16-3: Magnetización del área a inspeccionar..**



**Figura 16-3:** Magnetización del área a inspeccionar.

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

A continuación, se esparcen las partículas magnéticas con ayuda del aspersor manual para finalmente llegar a observar las discontinuidades con ayuda del foco de luz UV, como se observa en la **Figura 17-3: Aplicación de partículas magnéticas en las probetas..**



**Figura 17-3:** Aplicación de partículas magnéticas en las probetas.

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 3.3.3.1. *Medición del campo magnético*

Para generar los reportes de inspección en partículas magnéticas se debe conocer la cantidad de campo magnético que produce el yugo en las probetas, para lo cual se utiliza un Teslámetro digital el mismo que sirve para medir campos magnéticos en corriente continua (DC) y corriente alterna (AC) tal como se puede observar en la **Figura 18-3: Medición del campo magnético mediante un Teslámetro..**



**Figura 18-3:** Medición del campo magnético mediante un Teslámetro.

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Los datos técnicos de este equipo se presentan en la **Tabla 5-3: Datos técnicos del Teslámetro** que se presenta a continuación:

**Tabla 5-3:** Datos técnicos del Teslámetro

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
Rangos de medición (mT)	3 rangos de medición 20-200-2000
Sensibilidad ( $\mu$ T)	10
Calibración (T)	Hasta 1
Salida	Analógica
<b>ACCESORIOS NECESARIOS</b>	
Sonda Hall	Axial (13610-01)
Sonda Hall	Tangencial (13610-02)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 3.4. Reportes de Ensayos No Destructivos






Los reportes y certificaciones de calificación en juntas soldadas son documentos que certifican el procedimiento de soldadura y al soldador, de acuerdo con un código o especificación dependiendo del tipo de trabajo que se desarrolle; a continuación, se presentan los distintos reportes realizados en cada tipo de ensayo.

#### 3.4.1. Reporte de inspección mediante el videoscopio



La **Tabla 6-3:** Reporte de inspección mediante el videoscopio presenta el reporte de inspección mediante el videoscopio junto con los criterios de aceptación y rechazo según la norma AWS D1.1. Los reportes de inspección de los demás cordones de soldadura se muestran en el **ANEXO A: REPORTES DE INSPECCIÓN MEDIANTE EL VIDEOSCOPIO EN LOS DISTINTOS CORDONES DE SOLDADURA..**

**Tabla 6-3:** Reporte de inspección mediante el videoscopio

		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>				
<b>REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL</b>						
<b>DATOS GENERALES</b>						
<b>Cliente:</b>	ESPOCH		<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura		
<b>Tipo de material:</b>	Acero de medio contenido de carbono		<b>Pieza:</b>	Tubería		
<b>Dimensiones:</b>	50 cm de longitud		<b>Estado superficial:</b>	Grateado		
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B		<b>Fecha:</b>	2022-06-01		
<b>CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>						
<b>Procedimiento N°:</b>	VT-001		<b>Norma:</b>	ASME SECCIÓN V		
<b>Método de inspección</b>	<b>Directo:</b>		<b>Indirecto:</b>	X		
<b>Distancia de la sonda</b>	3m		<b>Resolución:</b>	1280 x 720		
<b>Luminosidad:</b>	6800 Lux		<b>Número de aumentos:</b>	3		
<b>Capacidad de almacenamiento:</b>	32 GB					
<b>EQUIPO DE MEDICIÓN REMOTA</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Boroscopio:</b>		<b>Videoscopio</b>	X		
<b>Marca:</b>	yateks	<b>Modelo:</b>	M430FM	<b>N° de serie:</b>	MBC1911241016	
<b>Criterios de aceptación según:</b>			AWS D1.1			
<b>RESULTADOS</b>						
N°	Imagen	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación
			Relevante	No relevante		
1		Golpe de arco	X		Deberá haber fusión completa entre el metal de soldadura y metal base	Rechazado
2		Falta de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura.	Aceptado
3		Exceso de penetración		x	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Aceptado
<b>OBSERVACIONES</b>						
La inspección se realizó en el primer cordón de soldadura de la probeta de 8 " de diámetro.						
<b>Realizado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>		
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué		Ing. Alex Giovanni Tenicota García		Ing. Edison Fernando Calderón Freire		





Firma:	Firma:	Firma:
--------	--------	--------

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 3.4.2. Reporte de inspección de tintas penetrantes

La **Tabla 7-3:** Reporte de inspección mediante tintas penetrantes presenta el reporte de inspección de tintas penetrantes junto con los criterios de aceptación y rechazo según la norma API 1104. Los reportes de inspección de los demás cordones de soldadura se muestran en el **ANEXO B: REPORTES DE INSPECCIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TINTAS PENETRANTES EN LOS DISTINTOS CORDONES DE SOLDADURA..**

**Tabla 7-3:** Reporte de inspección mediante tintas penetrantes

		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>					
<b>REPORTE DE TINTAS PENETRANTES</b>							
<b>DATOS GENERALES</b>							
<b>Cliente:</b>	ESPOCH		<b>Zona inspeccionada</b>		Cordón de soldadura		
<b>Longitud de probeta:</b>	50 cm de longitud		<b>Pieza:</b>		Tubería		
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono		<b>Estado superficial:</b>		Grateado		
<b>Especificación</b>	ASTM - A 106 Grado B	<b>Revisión:</b>		001	<b>Fecha:</b>	2022-06-01	
<b>DATOS TÉCNICOS DE LA INSPECCIÓN</b>							
<b>Ensayo N°:</b>	PT - 001		<b>Norma de referencia:</b>		ASME Sección V	<b>Método:</b>	Manual
<b>Tipo de líquidos penetrantes:</b>	Líquidos penetrantes visibles removible con disolvente		<b>Tipo de aplicación:</b>		Aspersión		
<b>Iluminación:</b>	505 lux		<b>Marca comercial de los líquidos:</b>		MAGNAFLUX		
<b>Aplicación del Removedor:</b>		Limpieza indirecta mediante paño					
<b>Tiempo de Penetrante:</b>		6 min					
<b>Tiempo del Revelador:</b>		10 min					
<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:</b>			API 1104				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>							
N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		3 mm	Inclusiones sólidas o de escoria		X	La indicación lineal no excede los 4 mm	Aceptado
2		4 mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura.	Aceptado
<b>OBSERVACIONES</b>							
La inspección se realizó en el primer cordón de soldadura de la probeta de 3 " de diámetro.							

<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanni Tenicota García	Ing. Edison Fernando Calderón Freire
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>	<b>Firma</b>


Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

### 3.4.3. Reporte de inspección de partículas magnéticas

La **Tabla 8-3**: Reporte de inspección mediante el videoscopio presenta el reporte de inspección mediante el videoscopio junto con los criterios de aceptación y rechazo según la norma API 1104. Los reportes de inspección de los demás cordones de soldadura se muestran en el **ANEXO C: REPORTES DE INSPECCIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS EN LOS DISTINTOS CORDONES DE SOLDADURA..**

**Tabla 8-3:** Reporte de inspección mediante el videoscopio

	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>						
<b>REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</b>							
<b>DATOS GENERALES</b>							
<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura				
<b>Componente:</b>	Estructura	<b>Pieza:</b>	Tubería				
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado				
<b>Especificación:</b>	ASTM A 106 – Grado B	<b>Revisión:</b>	01	<b>Fecha:</b>	2022-06-02		
<b>CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>							
<b>Ensayo N°:</b>	001	<b>Equipo:</b>	Yugo electromagnético	<b>Marca:</b>	Artesanal		
<b>Método de magnetización:</b>	longitudinal		<b>Técnica:</b>	Yoke			
<b>Tipo de partículas</b>	húmedas		<b>Color:</b>	fluorescentes			
<b>Lámpara Luz Negra:</b>	Si		<b>Intensidad luminosa:</b>	26 W			
<b>Cantidad de campo magnético</b>	0.46 mT		<b>Número de bobinas</b>	1			
<b>Tipo de corriente:</b>	Alterna		<b>Intensidad:</b>	0.025 mA			
<b>Separación electrodos:</b>	14 cm		<b>Direcciones:</b>	Polo Norte a Sur			
<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:</b>				API 1104			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>							
N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		4mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Aceptado

2		2 mm	Fusión incompleta		X	La fusión incompleta no excede el 8% del cordón de soldadura	Acceptado
<b>OBSERVACIONES</b>							
La inspección se realizó en el primer cordón de soldadura de la probeta de 3 '' de diámetro.							
<b>Realizado por:</b>		<b>Revisado por:</b>			<b>Aprobado por:</b>		
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué		Ing. Alex Giovanni Tenicota García			Ing. Edison Fernando Calderón Freire		
<b>Firma</b>		<b>Firma</b>			<b>Firma</b>		

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

En este capítulo se elabora una metodología para inspección visual en el proceso de soldadura SMAW en tuberías de acero al carbono el mismo que ha sido elaborado en base a las distintas normativas existentes, como es el caso de tintas penetrantes en el cual se utiliza la norma ASTM E1220 la misma que detalla los principios generales y procedimientos estándar para pruebas de líquidos penetrantes visibles usando un proceso de eliminación de solventes, para el empleo de partículas magnéticas se utilizó la norma ASTM E1444 el cual contiene parámetros normalizados donde se detallan los requisitos mínimos y su respectivo procedimiento para la detección de imperfecciones en materiales ferromagnéticos y finalmente se empleó la norma UNE EN 13018, el cual detalla los principios generales de inspección visual directa e indirecta y a la vez es utilizada para determinar si un producto responde a los requisitos especificados como por ejemplo el estado de la superficie de la pieza y el alineamiento de la pieza.

#### 4.1. Elaboración de la metodología para inspección visual

A continuación, se detalla el procedimiento para la aplicación de las distintas técnicas de Inspección Visual en tuberías de acero al carbono, en donde se especifica el tiempo de aplicación, materiales y equipos utilizados para la ejecución de estos ensayos.

##### 4.1.1. *Metodología para aplicación del videoscopio modelo M430FM*

###### 4.1.1.1. *Sección de seguridad y medio ambiente*

- Use equipos de protección y seguridad personal como guantes de poliuretano, casco.
- No utilice en lugares donde existan fluidos de tipo ácido es decir con un PH menor a 7, ya que esto podría dañar el lente y el material del cual está compuesto la sonda.
- Tenga cuidado con la parte del tubo de la cámara flexible ya que éste funciona con un mecanismo de hilos de aleación de tungsteno, y al manipularlo manualmente puede llegar a dañarse.

#### 4.1.1.2. *Sección de información sobre el producto*

**Tabla 1-4:** Características del videoscopio.

<b>CARACTERÍSTICAS DEL VIDEOSCOPIO</b>	
Longitud de la sonda (m)	3.07
Diámetro exterior de la sonda (mm)	4
Ángulo de articulación	Gira 165°
Control de brillo	Si
Cantidad de brillo máximo (Lux)	6800
Uso de tarjeta de memoria	Si
Grabación de imágenes	Si

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

#### 4.1.1.3. *Sección de operación*

1. Encienda el equipo y verifique que cuente con suficiente batería y con disponibilidad de almacenamiento para la recepción de imágenes o videos, ya que en el caso de que no se encuentre cargado no se podrá obtener una iluminación adecuada en la inspección.
2. Inserte la sonda en la tubería hasta llegar a la zona de evaluación.
3. Ajuste los parámetros de resolución de la cámara, el nivel de luminosidad y el ángulo de inspección.
4. Inspeccione la tubería con ayuda del joystick para después capturar o grabar videos de las imperfecciones existentes.
5. Retire la sonda y limpie la cámara en caso de ser necesario, teniendo cuidado con el cuello de articulación ya que no se debe operar manualmente.
6. Extraer las imágenes o videos de la tarjeta de almacenamiento, para su posterior evaluación.

#### 4.1.1.4. *Recomendaciones para la utilización del videoscopio*

Después de cada inspección se debe limpiar la sonda y el lente de la cámara para evitar posibles daños futuros.

### **4.1.2. *Metodología para aplicación de tintas penetrantes***

#### 4.1.2.1. *Sección de seguridad y medio ambiente*

- Use guantes de poliuretano para la protección de manos, ropa de protección adecuada para protección de la piel.

- Use equipo respiratorio en base a los riesgos del producto y los límites de trabajo de seguridad para proteger las vías respiratorias.
- Manipule el kit de tintas penetrantes de acuerdo con las precauciones de higiene industrial y procedimientos de seguridad
- Mantenga una exposición ambiental por debajo de los límites permitidos en la localidad para la protección del medioambiente.

#### 4.1.2.2. Sección de información sobre el producto

**Tabla 2-4:** Características de las tintas penetrantes

<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS TINTAS PENETRANTES</b>	
Marca	Magnaflux
Tipo	2
Método	Método A o C
Nivel de sensibilidad	ISO 3452 Nivel 2
Toxicidad	Baja
Punto de inflamación	Mayor a 93°C
Densidad	0.87 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidad a 38°C	7.89 cs
Equipos requeridos	No se requieren equipos especiales
Temperatura de almacenamiento	5 a 54 °C
Temperatura de uso	10 a 30 °C
Cobertura	1 lata de aerosol cubrirá aproximadamente 6m <sup>2</sup>

Fuente: (Penetrante visible SKL - SP2, 2020)

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

#### 4.1.2.3. Sección de operación

1. Utilice equipos de protección personal como guantes de poliuretano, mascarilla, gafas y mandil.
2. Limpie el área a inspeccionar mediante el cepillo de alambre manual o gratas, la misma que debe estar libre de impurezas como aceite, pintura, o escoria en el caso de soldadura.
3. Divida en secciones iguales al cordón de soldadura de la tubería debido a que su forma geométrica no es regular como en el caso de una plancha.
4. Para comenzar con la aplicación del ensayo, use el disolvente en un paño y posteriormente aplíquelo en la zona de inspección, con el fin de eliminar aceites o grasas existentes en el área a evaluar.
5. Déjelo secar al aire libre por un tiempo aproximado de 5 minutos para posteriormente utilizar el penetrante, en este paso se recomienda esparcir una cantidad que cubra toda al área de inspección dejándolo secar por un tiempo mínimo de 5 minutos.
6. Retire el exceso del penetrante utilizando el disolvente en un paño y removiéndolo en un solo sentido de modo que el penetrante solo quede almacenado únicamente en las

discontinuidades. ya que este paso es el más importante del proceso debido a que los resultados de la inspección dependerán de su correcta realización.

7. Utilice el revelador el cual es un polvo blanco que al aplicarlo tarda en secar un tiempo mínimo de 10 minutos, el cual ayuda hacer contraste entre la superficie y las imperfecciones haciendo notar sus discontinuidades a simple vista.
8. Transcurrido el tiempo de revelado realice la interpretación de las discontinuidades encontradas.
9. Finalizada la inspección limpie las zonas evaluadas con la ayuda del disolvente para no dejar residuos del ensayo aplicado.

#### 4.1.2.4. *Recomendaciones para la aplicación de tintas penetrantes*

- Antes de cada aplicación se debe agitar los productos para que las partículas se dispersen en toda la solución.
- Tener en cuenta la fecha de caducidad del kit de tintas penetrantes ya que cada producto tiene una fecha límite de aplicación.

#### 4.1.3. *Metodología para aplicación de partículas magnéticas*

##### 4.1.3.1. *Sección de seguridad y medioambiente*

- Use guantes de poliuretano para la protección de manos, ropa de protección adecuada para protección de la piel.
- Use equipo respiratorio en base a los riesgos del producto y los límites de trabajo de seguridad para proteger las vías respiratorias.
- Manipule el kit de tintas penetrantes de acuerdo con las precauciones de higiene industrial y procedimientos de seguridad.
- Use ventilación adecuada para mantener la exposición de niveles de polvo en el aire, vapores, etc., por debajo de los niveles límites recomendados.

##### 4.1.3.2. *Sección de información sobre el producto*

**Tabla 3-4:** Características de las partículas magnéticas

<b>CARACTERISTICAS DE LAS PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</b>	
Marca	Magnaflux
Tipo	14A
Método END	Prueba por partículas magnéticas fluorescentes, método húmedo.

**Continua**



Apariencia	Polvo fino y seco
Color en luz visible	Marrón
Color en luz ultravioleta	Amarillo verdoso fluorescente
Olor	Inodoro
Sensibilidad según SAE	8 - 9
Equipos requeridos	Dispositivo magnetizante, fuente de luz ultravioleta
Temperatura de almacenamiento (°C)	6 a 48
Temperatura de uso (°C)	10 a 30
Concentración	Por cada litro de agua, 1.25 g de 14A

**Fuente:** (Partículas magnéticas fluorescentes 14A, 2020)

**Realizado por:** Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

#### 4.1.3.3. *Sección de operación*

1. Utilice equipos de protección personal como guantes de poliuretano, mascarilla, gafas y mandil.
2. A continuación, prepare la solución de partículas magnéticas, para lo cual mida la cantidad adecuada de suavizante de agua, agregue al agua y mezcle durante 5 minutos.
3. Mida la cantidad de partículas magnéticas 14A y agregue las mismas al agua acondicionada.
4. Agregue la mezcla en un spray y mezcle durante 15 minutos o hasta que las partículas se dispersen por completo sin provocar espuma.
5. Antes de su aplicación deje reposar la mezcla por 30 minutos, teniendo en cuenta que esta solución puede ser utilizada en un tiempo máximo de 24 horas.
6. Adecúe el lugar con una fuente de luz ultravioleta, las probetas a inspeccionar y mida la cantidad de luminosidad que existe en el lugar donde se va a realizar la inspección, ya que no debe exceder los 21.5 Lux.
7. Limpie el área a inspeccionar con un cepillo de alambre, gratas o removedor de base solvente, dejándolo libre de impurezas como aceite, pintura, o escoria en el caso de soldadura.
8. Analice el área a inspeccionar y escoja el método de magnetización más adecuado tomando en cuenta la dirección del campo magnético.
9. Magnetice con ayuda del yugo magnético el área de inspección.
10. Atomice las partículas magnéticas fluorescentes y con ayuda de la luz ultravioleta inspeccione el área evaluada en busca de discontinuidades.
11. Identifique el tipo de discontinuidades encontradas para su posterior interpretación.
12. Finalizada la inspección desmagnetice el área evaluada y limpie los residuos de partículas magnéticas.

#### 4.1.3.4. Recomendaciones para el ensayo de Partículas Magnéticas

- La persona a realizar el ensayo debe permanecer un tiempo mínimo de 5 minutos en el lugar de inspección para que se adapte al nivel de luminosidad existente Limpiar la humedad existente en el yugo magnético después de cada ensayo realizado.
- Antes de cada aplicación, agitar la solución de partículas magnéticas debido a que las partículas tienden ir al fondo del recipiente en el que se encuentra.

#### 4.2. Análisis previo a la aplicación de la metodología.

Previo a la utilización de la metodología se debe realizar una evaluación mediante inspección visual (VT) para determinar el tipo de ensayo a aplicar, esto se elige en base a distintas variables como el diámetro de la tubería, cantidad de imperfecciones que contiene el cordón de soldadura, material de aporte, tiempo de aplicación, el costo que tendrá cada uno de los ensayos y el tipo de imperfecciones a determinar, tal como se detalla en la **Tabla 4-4:** Variables a considerar para la selección del END.

**Tabla 4-4:** Variables a considerar para la selección del END

<b>TIPO DE ENSAYO</b> <b>VARIABLE</b>	<b>TINTAS PENETRANTES</b>	<b>PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</b>	<b>VIDEOSCOPIO</b>
<b>Diámetro de tubería</b>	Todos los diámetros de tubería	Todos los diámetros de tubería	En diámetros menor a 8" con una longitud menor o igual a la sonda de inspección.
<b>Cantidad de imperfecciones mediante VT</b>	Menor número de imperfecciones superficiales	Mayor número de imperfecciones superficiales	Solo para imperfecciones internas
<b>Tiempo de aplicación</b>	20 min/c.s.i	30 min/c.s.i	10 min/c.s.i
<b>Costo</b>	Barato	Costoso	Muy costoso
<b>Tipo de imperfecciones a determinar</b>	Para determinar imperfecciones superficiales	Para determinar imperfecciones superficiales y subsuperficiales	Para determinar imperfecciones superficiales internas
min/c.s.i = minuto por cada sección de inspección			

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

Este análisis ayuda a decidir el tipo de ensayo más adecuado y conveniente en base a las variables antes mencionadas, además para facilitar la selección del ensayo a realizar se establece una tabla de caracterización de costos.

En la **Tabla 5-4:** Tabla de caracterización de costos directos se presenta un cuadro comparativo del ensayo de tintas penetrantes, partículas magnéticas y la utilización del videoscopio y el costo de la mano de obra del inspector calificado para la realización de estos ensayos.

**Tabla 5-4:** Tabla de caracterización de costos directos

<b>COSTOS DIRECTOS</b> <b>TIPO DE ENSAYO</b>	Costo mano de obra por ensayo (USD)	Total (USD)
Tintas penetrantes	300	300
Partículas Magnéticas	300	300
Videoscopio	300	300

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

En la **Tabla 6-4:** Tabla de caracterización de costos indirectos se presenta un cuadro comparativo de los costos actuales para los ensayos antes mencionados, en donde se toma en cuenta los precios de venta al público de las distintas marcas existentes, los distintos materiales y equipos empleados.

**Tabla 6-4:** Tabla de caracterización de costos indirectos

<b>COSTOS INDIRECTOS</b> <b>TIPO DE ENSAYO</b>	Costo de materiales (USD)	Costo de equipos (USD)	Total (USD)	Valoración
Tintas penetrantes	50	-	50	Barato
Partículas Magnéticas	400	600	1000	Costoso
Videoscopio	-	3000	3000	Muy costoso

Realizado por: Buñay, L.; Rodríguez, R., 2022.

## CONCLUSIONES

Se elaboró una metodología para inspección visual directa e indirecta en el proceso de soldadura SMAW para tuberías de acero al carbono A106 grado B con distinto diámetro y espesor, la misma que contiene diversos parámetros y características para cada tipo de ensayo no destructivo.

Se estableció una tabla de variables para facilitar la selección de la técnica apropiada dependiendo del diámetro de tubería, cantidad de imperfecciones mediante inspección visual, tipo del material de aporte, tiempo de aplicación, costo y tipo de imperfecciones a determinar.

Se determinó la especificación del procedimiento de soldadura (WPS) tomando en cuenta las variables esenciales como el espesor, la temperatura de precalentamiento y las no esenciales como el diseño de la unión, el diámetro del electrodo, en este caso se tomó la variable “espesor” el cual según la norma llega abarcar hasta un espesor de 14 mm, pero se realizaron 2 WPS debido a que en una de las probetas existen dos cordones superficiales y la progresión del cordón es diferente.

Se aplicaron distintas técnicas de inspección visual directa como el ensayo de tintas penetrantes, partículas magnéticas el mismo que se empleó bajo la norma ASTM E 1220 y ASTM E 1444 respectivamente, se evaluó el proceso de soldadura utilizando la norma API 1104 debido a que esta norma contiene las distintas discontinuidades que el proceso de soldadura SMAW puede presentar ya que detalla las longitudes de discontinuidades aceptables o rechazables.

Se aplicó técnicas de inspección visual indirecta mediante la utilización de equipos remotos como el videoscopio el cual ayuda a encontrar discontinuidades internas superficiales en tuberías de diámetros menores a 8 pulgadas ya que no pueden ser determinadas a simple vista, este equipo permite capturar, grabar y almacenar información para posteriormente ser evaluada bajo la norma AWS D1.1 debido a que esta norma contiene criterios de aceptación y rechazo para inspección visual.

## **RECOMENDACIONES**

Disponer de una cabina para la aplicación de partículas magnéticas fluorescentes ya que ese ensayo necesita de un lugar con una determinada luminosidad para obtener una mejor calidad de interpretación en los resultados.

Utilizar galgas de medición de soldadura antes, durante y después del procedimiento para cuantificar imperfecciones en uniones soldadas, ya que esto permite comúnmente encontrar defectos como la desalineación del cordón, espesor de garganta, filete de soldadura, exceso de material de aporte.

Utilizar hornos o calefactores para la conservación de las propiedades del recubrimiento del electrodo el cual ayudará a eliminar la humedad de este, ya que éste es un factor decisivo en la calidad del cordón de soldadura.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABAD GIBERT, Victor.** Arduino y los Ensayos No Destructivos [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universitat Politècnica de Catalunya, Facultat de Nàutica de Barcelona. Barcelona – España. 2018. p. 25. [Consulta: 2022-06-09]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/120348?locale-attribute=es>

**ACOSTA CRUZ, David Antonio.** Caracterización de la discontinuidad de falta de fusión en uniones realizadas por procesos de soldadura con electrodo revestido – SMAW, en tubería de acero al carbono [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Santo Tomás, Bogotá – Colombia. 2016. pp. 15. [Consulta: 2022-05-23]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2472>

**ANDRADE ROSALES, Edda Geraldine.** Desarrollo de soldadura TIG de acero inoxidable sinterizado para deposición de membranas base Pd purificadora de H<sub>2</sub> [En línea] (Trabajo de titulación) (Maestría). Centro Atómico Bariloche, Instituto Balseiro. San Carlos de Bariloche – Argentina. 2020. pp. 24-25. [Consulta: 2022-05-25]. Disponible en: <https://bibliotecas.uncuyo.edu.ar/explorador3/Record/TSRCCAB019145/Details>

**ANSI/AWS A3.0:2001.** *Norma de términos y definiciones de Soldadura.*

**API 1104.** *Soldadura de Tuberías e Instalaciones Relacionadas*

**ASME SECCIÓN V.** *Ensayos No Destructivos*

**AWS A5.1/A5.1M:2012.** *Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura por arco de metal protegido.*

**AWS D1.1/D1.1M:2020.** *Código de soldadura estructural – Acero*

**BERNAL REINOSO, Christian Fernando.** Estudio técnico e implementación del laboratorio de Ensayos No Destructivos (END) para el área de ciencia y tecnologías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca – Ecuador. 2014. pp. 8-9. [Consulta: 2022-05-25]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7035>

**BUENAÑO MOYANO, Luis Fernando; CASTILLO CÁRDENAS, Edison Marcelo; CUAICAL ANGULO, Bolívar Alejandro & PADILLA PADILLA, Celin Abad.** “Ensayos no destructivos y rehabilitación de elevadores de vehículos ferroviarios”. *Ciencia Digital* [En línea], 2019, (Ecuador) 3(1), pp. 333-350. [Consulta: 03 junio 2022]. ISSN 2602-8085. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i1.295>

**CANAHUA ANCHAPURI, Nadir.** Estudio comparativo de los procesos de soldadura SMAW y GTAW en aceros inoxidables austeníticos AISI 304 para determinar la resistencia a la dureza [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica. Puno – Perú. 2022. pp. 28-30. [Consulta: 2022-05-30]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17803>

**CASTELLANOS, Mauricio Orlando; MORENO URIBE, Andrés; RAMÓN RAMÓN, Sergio Andrés & JÁCOME, José Leonardo.** “Evaluación de la transferencia metálica y estabilidad del proceso GMAW”. *UIS Ingenierías* [En línea], 2021, (Colombia) 20(3), pp. 47-60. [Consulta: 18 mayo 2022]. ISSN 2145-8456. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n3-2021003>

**CASTILLO ROMERO, José Luis.** Implementación del proceso de soldadura FCAW en la fabricación de estructuras metálicas de techos para mejorar la productividad en la empresa Grupo SEFEME SAC [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería. Lima – Perú. 2021. pp. 34-35. [Consulta: 2022-05-28]. Disponible en: [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4890/J.Castillo\\_Trabajo\\_de\\_Suficiencia\\_Profesional\\_Titulo\\_Profesional\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4890/J.Castillo_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**CHANG JIMENEZ, Juan Miguel.** Mejora del proceso de soldadura FCAW para el soldado de estructuras metálicas de obras civiles de la empresa construcciones y cubiertas KLAERE CÍA. LTDA. de Guayaquil [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial. Guayaquil – Ecuador. 2020. p. 5. [Consulta: 2022-05-28]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/54359/1/CHANG%20JIM%c3%89NEZ%20JUAN%20MIGUEL.pdf>

**ESCALONA MORENO, Iván.** *Líquidos penetrantes* [En línea]. Buenos Aires: El Cid Editor, 2007. [Consulta: 10 junio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/34448>

**ESPINOZA AGUILAR, Eduardo Esteban.** Elaboración de una metodología para la detección de fallas en estructuras metálicas empleando técnicas no destructivas [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería. Quito – Ecuador. 2019. pp. 30-32. [Consulta: 2022-06-08]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16654/TESIS%20PUCE%20EDUARDO%20ESPINOZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**FERREPRO.** *FCAW, ventajas y desventajas* [blog]. Ciudad de México: 2019. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <http://ferrepro.mx/fcaw-ventajas-y-desventajas/>

**GÓMEZ DE LEÓN, Eduardo.** *Líquidos penetrantes: nivel II* [En línea]. Madrid: FC Editorial, 2009. [Consulta: 09 junio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/114215>

**GÓMEZ DE LEÓN, Eduardo.** *Partículas magnéticas. Nivel II* [En línea] Madrid: FC Editorial, 2014. [Consulta: 09 junio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/114077>

**GRUPO INFRA.** “Aporte para Soldadura”. *Catálogo General de Productos 2019*, (2019) (México) pp. 30

**HAMMERS, Brian.** “La tecnología simplificada de soldadura de la actualidad, diseñada para impulsar la soldadura”. *The fabricator en español*, vol. 13, n° 2 (2019), (México) pp. 26-29.

**JANECKA, Charles.** “Bringing the technical details of remote visual inspection into focus”. *The Tube & Pipe Journal*, vol. 32. n° 2 (2022), (United States of America USA) pp. 10-12.

**JEFFUS, Larry.** *Manual de soldadura GTAW (TIG)*. Madrid – España: Paraninfo, S.A, 2010, pp. 45-47.

**JEFFUS, Larry.** *SOLDADURA. Principios y aplicaciones*. 5ª ed. Madrid – España: Paraninfo, S.A, 2009, pp. 10-11.

**JEYAPRAKASH, N; HAILE, Adisu & ARUNPRASATH, M.** “The Parameters and Equipments Used in TIG Welding: A Review”. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)* [en línea], 2015, (India) 4(2), p. 13. [Consulta: 25 mayo 2022]. ISSN 2319 – 1813. Disponible en: <https://www.theijes.com/papers/v4-i2/Version-2/C042011020.pdf>



**LORENZA TENA, Óscar.** Estudio de los procesos de soldadura GTAW y SMAW en la industria Naval: Análisis casos prácticos [En línea] (Trabajo de titulación) (Tecnología). Universitat Politècnica de Catalunya, Facultat de Nàutica de Barcelona, Departament de Ciències i Enginyeria Nàutiques. Barcelona – España. 2019. pp. 81-83. [Consulta: 2022-06-01]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/172338>

**LUNA GÓMEZ, Juan Carlos; TÉLLEZ TIRADO, César & GONZÁLEZ PINEDA Manuel.** Reparación de ductos de acero al carbono que transportan gas [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Instituto Politécnico Nacional, México D.F. – México. 2012. pp.24. [Consulta: 2022-05-23]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/11452>

**MALDONADO LOAYZA, Kevin Jair & ENCALADA ASANZA, Anthony José.** Estudio de los elementos internos de un motor ciclo otto y caja de velocidad manual del tren motriz mediante el uso de un boroscopio como herramienta de diagnóstico [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz. Riobamba – Ecuador. 2021. pp. 15-19. [Consulta: 2022-06-11]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/23/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=MalDONADO+Loayza%2C+Kevin+Jair>





**ORDOÑEZ ROJAS, Gerardo Manuel.** Elaboración de un sistema para análisis de fallas basado en procesamiento de imágenes capturadas por un boroscopio para inspección de turbinas a gas [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado. Lima – Perú. 2020. pp. 11-16. [Consulta: 2022-06-10]. Disponible en: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17209/ORDONEZ\\_ROJAS\\_GERARDO\\_ELABORACION\\_SISTEMA\\_ANALISIS.pdf?sequence=1&isAlloved=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17209/ORDONEZ_ROJAS_GERARDO_ELABORACION_SISTEMA_ANALISIS.pdf?sequence=1&isAlloved=y)

**PACHECO DÍAZ, Guilevaldo.** *Procesos en soldadura.* México D.F – México: Grupo Editorial Éxodo, 2015. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/esPOCH/titulos/128566>

**RESTREPO GONZÁLES, Juan Sebastián & RUDAS FLÓREZ, Juan Sebastián.** *Modos de transferencia en el proceso GMAW.* Medellín – Colombia: Fondo Editorial Pascual Bravo, 2019, pp. 39-43.

**ANEXOS**

**ANEXO A: REPORTES DE INSPECCIÓN MEDIANTE EL VIDEOSCOPIO EN LOS  
DISTINTOS CORDONES DE SOLDADURA.**

		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>				
<b>REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL</b>						
<b>DATOS GENERALES</b>						
<b>Cliente:</b>	ESPOCH		<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura		
<b>Tipo de material:</b>	Acero de medio contenido de carbono		<b>Pieza:</b>	Tubería		
<b>Dimensiones:</b>	50 cm de longitud		<b>Estado superficial:</b>	Grateado		
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B		<b>Fecha:</b>	2022-06-01		
<b>CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>						
<b>Procedimiento N°:</b>	VT-002		<b>Norma:</b>	ASME SECCIÓN V		
<b>Método de inspección</b>	<b>Directo:</b>		<b>Indirecto:</b>	X		
<b>Distancia de la sonda</b>	3m		<b>Resolución:</b>	1280 x 720		
<b>Luminosidad:</b>	6800 Lux		<b>Número de aumentos:</b>	3		
<b>Capacidad de almacenamiento:</b>			32 GB			
<b>EQUIPO DE MEDICIÓN REMOTA</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Boroscopio:</b>		<b>Videoscopio</b>	X		
<b>Marca:</b>	yateks	<b>Modelo:</b>	M430FM	<b>N° de serie:</b>	MBC1911241016	
<b>Criterio de aceptación según:</b>			AWS D1.1			
<b>RESULTADOS</b>						
N°	Imagen	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación
			Relevante	No relevante		
1		Falta de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Aceptado
2		Exceso de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Aceptado
<b>OBSERVACIONES</b>						
La inspección se realizó en el segundo cordón de soldadura de la probeta de 8 " de diámetro.						
<b>Realizado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>		
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué		Ing. Alex Giovanni Tenicota García		Ing. Edisson Fernando Calderón Freire		
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL**

**DATOS GENERALES**

<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura
<b>Tipo de material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Pieza:</b>	Tubería
<b>Dimensiones:</b>	50 cm de longitud	<b>Estado superficial:</b>	Grateado
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B	<b>Fecha:</b>	2022-06-01



**CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO**

<b>Procedimiento N°:</b>	VT-001	<b>Norma:</b>	ASME SECCIÓN V
<b>Método de inspección</b>	<b>Directo:</b>	<b>Indirecto:</b>	X
<b>Distancia de la sonda</b>	3m	<b>Resolución:</b>	1280 x 720
<b>Luminosidad:</b>	6800 Lux	<b>Número de aumentos:</b>	3
<b>Capacidad de almacenamiento:</b>	32 GB		

**EQUIPO DE MEDICIÓN REMOTA**

<b>Tipo</b>	<b>Boroscopio:</b>	<b>Videoscopio</b>	X
<b>Marca:</b>	yateks	<b>Modelo:</b>	M430FM
		<b>N° de serie:</b>	MBC1911241016
<b>Criterio de aceptación según:</b>	AWS D1.1		





**RESULTADOS**





N°	Imagen	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación
			Relevante	No relevante		
1		Falta de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Aceptado
2		Exceso de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Aceptado

**OBSERVACIONES**

La inspección se realizó en el primer cordón de soldadura de la probeta de 4 " de diámetro.

<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanni Tenicota García	Ing. Edison Fernando Calderón Freire
<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>

		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>				
<b>REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL</b>						
<b>DATOS GENERALES</b>						
<b>Cliente:</b>	ESPOCH		<b>Zona inspeccionada:</b>		Cordón de soldadura	
<b>Tipo de material:</b>	Acero de medio contenido de carbono		<b>Pieza:</b>		Tubería	
<b>Dimensiones:</b>	50 cm de longitud		<b>Estado superficial:</b>		Grateado	
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B		<b>Fecha:</b>		2022-06-01	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>						
<b>Procedimiento N°:</b>	VT-001			<b>Norma:</b>	ASME SECCIÓN V	
<b>Método de inspección</b>		<b>Directo:</b>			<b>Indirecto:</b>	X
<b>Distancia de la sonda</b>		3m		<b>Resolución:</b>	1280 x 720	
<b>Luminosidad:</b>	6800 Lux			<b>Número de aumentos:</b>	3	
<b>Capacidad de almacenamiento:</b>				32 GB		
<b>EQUIPO DE MEDICIÓN REMOTA</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Boroscopio:</b>		<b>Videoscopio</b>			X
<b>Marca:</b>	yateks	<b>Modelo:</b>	M430FM	<b>N° de serie:</b>	MBC1911241016	
<b>Criterio de aceptación según:</b>				AWS D1.1		
<b>RESULTADOS</b>						
N°	Imagen	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación
			Relevante	No relevante		
1		Falta de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Aceptado
2		Exceso de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Aceptado
<b>OBSERVACIONES</b>						
La inspección se realizó en el segundo cordón de soldadura de la probeta de 4 " de diámetro.						
<b>Realizado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>		
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué		Ing. Alex Giovanni Tenicota García		Ing. Edisson Fernando Calderón Freire		
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		

		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>				
<b>REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL</b>						
<b>DATOS GENERALES</b>						
<b>Cliente:</b>	ESPOCH		<b>Zona inspeccionada:</b>		Cordón de soldadura	
<b>Tipo de material:</b>	Acero de medio contenido de carbono		<b>Pieza:</b>		Tubería	
<b>Dimensiones:</b>	50 cm de longitud		<b>Estado superficial:</b>		Grateado	
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B		<b>Fecha:</b>		2022-06-01	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>						
<b>Procedimiento N°:</b>			VT-005		<b>Norma:</b> ASME SECCIÓN V	
<b>Método de inspección</b>			<b>Directo:</b>		<b>Indirecto:</b> X	
<b>Distancia de la sonda</b>			3m		<b>Resolución:</b> 1280 x 720	
<b>Luminosidad:</b> 6800 Lux			<b>Número de aumentos:</b>		3	
<b>Capacidad de almacenamiento:</b>			32 GB			
<b>EQUIPO DE MEDICIÓN REMOTA</b>						
<b>Tipo</b>		<b>Boroscopio:</b>		<b>Videoscopio</b>		X
<b>Marca:</b>		yateks		<b>Modelo:</b> M430FM		<b>N° de serie:</b> MBC1911241016
<b>Criterio de aceptación según:</b>					AWS D1.1	
<b>RESULTADOS</b>						
N°	Imagen	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación
			Relevante	No relevante		
1		Falta de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Aceptado
2		Exceso de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Aceptado
<b>OBSERVACIONES</b>						
La inspección se realizó en el primer cordón de soldadura de la probeta de 3 " de diámetro.						
<b>Realizado por:</b>			<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué			Ing. Alex Giovanni Tenicota García		Ing. Edison Fernando Calderón Freire	
<b>Firma:</b>			<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL**

**DATOS GENERALES**

<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura
<b>Tipo de material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Pieza:</b>	Tubería
<b>Dimensiones:</b>	50 cm de longitud	<b>Estado superficial:</b>	Grateado
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B	<b>Fecha:</b>	2022-06-01



**CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO**

<b>Procedimiento N°:</b>	VT-006	<b>Norma:</b>	ASME SECCIÓN V
<b>Método de inspección</b>	<b>Directo:</b>	<b>Indirecto:</b>	X
<b>Distancia de la sonda</b>	3m	<b>Resolución:</b>	1280 x 720
<b>Luminosidad:</b>	6800 Lux	<b>Número de aumentos:</b>	3
<b>Capacidad de almacenamiento:</b>	32 GB		

**EQUIPO DE MEDICIÓN REMOTA**

<b>Tipo</b>	<b>Boroscopio:</b>	<b>Videoscopio</b>	X
<b>Marca:</b>	yateks	<b>Modelo:</b>	M430FM
		<b>N° de serie:</b>	MBC1911241016
<b>Criterio de aceptación según:</b>	AWS D1.1		

**RESULTADOS**

N°	Imagen	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación
			Relevante	No relevante		
1		Falta de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Acceptado
2		Exceso de penetración		X	No deberá exceder el 10 % de la longitud de soldadura	Acceptado





**OBSERVACIONES**

La inspección se realizó en el segundo cordón de soldadura de la probeta de 3 " de diámetro.



<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanni Tenicota García	Ing. Edisson Fernando Calderón Freire
<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>



**ANEXO B: REPORTES DE INSPECCIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TINTAS PENETRANTES EN LOS DISTINTOS CORDONES DE SOLDADURA.**

	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>						
<b>REPORTE DE TINTAS PENETRANTES</b>							
<b>DATOS GENERALES</b>							
<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada</b>	Cordón de soldadura				
<b>Longitud de probeta:</b>	50 cm de longitud	<b>Pieza:</b>	Tubería				
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado				
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B	<b>Revisión:</b>	001	<b>Fecha:</b>	2022-06-01		
<b>DATOS TÉCNICOS DE LA INSPECCIÓN</b>							
<b>Ensayo N°:</b>	PT - 002	<b>Norma de referencia:</b>	ASME Sección V	<b>Método:</b>	Manual		
<b>Tipo de líquidos penetrantes:</b>	Líquidos penetrantes visibles removible con disolvente	<b>Tipo de aplicación:</b>	Aspersión				
<b>Iluminación:</b>	505 lux	<b>Marca comercial de los líquidos:</b>	MAGNAFLUX				
<b>Aplicación del Removedor:</b>	Limpieza indirecta mediante paño						
<b>Tiempo de Penetrante:</b>	6 min						
<b>Tiempo del Revelador:</b>	10 min						
<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:</b>	API 1104						
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>							
N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		1 mm	Porosidad		X	El poro no excede los 3 mm	Acceptado
2		2 mm	Fisura de cráter		X	La indicación lineal no excede los 4 mm.	Acceptado
<b>OBSERVACIONES</b>							
La inspección se realizó en el segundo cordón de soldadura de la probeta de 3 " de diámetro.							
<b>Realizado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>			
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué		Ing. Alex Giovanni Tenicota García		Ing. Edison Fernando Calderón Freire			
<b>Firma</b>		<b>Firma</b>		<b>Firma</b>			

	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>	
---	--	---

REPORTE DE TINTAS PENETRANTES							
DATOS GENERALES							
<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada</b>	Cordón de soldadura				
<b>Longitud de probeta:</b>	50 cm de longitud	<b>Pieza:</b>	Tubería				
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado				
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B	<b>Revisión:</b>	001	<b>Fecha:</b>	2022-06-01		
DATOS TÉCNICOS DE LA INSPECCIÓN							
<b>Ensayo N°:</b>	PT - 003	<b>Norma de referencia:</b>	ASME Sección V	<b>Método:</b>	Manual		
<b>Tipo de líquidos penetrantes:</b>	Líquidos penetrantes visibles removible con disolvente	<b>Tipo de aplicación:</b>	Aspersión				
<b>Iluminación:</b>	505 lux	<b>Marca comercial de los líquidos:</b>	MAGNAFLUX				
<b>Aplicación del Removedor:</b>	Limpieza indirecta mediante paño						
<b>Tiempo de Penetrante:</b>	6 min						
<b>Tiempo del Revelador:</b>	10 min						
<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:</b>	API 1104						
RESULTADOS DEL ENSAYO							
N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		1 mm	Porosidad		X	El poro no excede los 3 mm	Aceptado
2		5 mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Aceptado
OBSERVACIONES							
La inspección se realizó en el primer cordón de soldadura de la probeta de 4 " de diámetro.							
<b>Realizado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>			
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué		Ing. Alex Giovanni Tenicota García		Ing. Edison Fernando Calderón Freire			
<b>Firma</b>		<b>Firma</b>		<b>Firma</b>			





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**REPORTE DE TINTAS PENETRANTES**

**DATOS GENERALES**




<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada</b>	Cordón de soldadura		
<b>Longitud de probeta:</b>	50 cm de longitud	<b>Pieza:</b>	Tubería		
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado		
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B	<b>Revisión:</b>	001	<b>Fecha:</b>	2022-06-01

**DATOS TÉCNICOS DE LA INSPECCIÓN**

<b>Ensayo N°:</b>	PT - 004	<b>Norma de referencia:</b>	ASME Sección V	<b>Método:</b>	Manual
<b>Tipo de líquidos penetrantes:</b>	Líquidos penetrantes visibles removible con disolvente	<b>Tipo de aplicación:</b>	Aspersión		
<b>Iluminación:</b>	505 lux	<b>Marca comercial de los líquidos:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Aplicación del Removedor:</b>	Limpieza indirecta mediante paño				
<b>Tiempo de Penetrante:</b>	6 min				
<b>Tiempo del Revelador:</b>	10 min				

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:** API 1104

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		2 mm	Fusión incompleta		X	La fusión incompleta no excede el 8% del cordón de soldadura	Aceptado
2		5 mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Aceptado
3		2 mm	Porosidad		X	El poro no excede los 3 mm	Aceptado

**OBSERVACIONES**

La inspección se realizó en el segundo cordón de soldadura de la probeta de 4 " de diámetro.

<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanni Tenicota García	Ing. Edisson Fernando Calderón Freire
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>	<b>Firma</b>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**REPORTE DE TINTAS PENETRANTES**

**DATOS GENERALES**

<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada</b>	Cordón de soldadura		
<b>Longitud de probeta:</b>	50 cm de longitud	<b>Pieza:</b>	Tubería		
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado		
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B	<b>Revisión:</b>	001	<b>Fecha:</b>	2022-06-01

**DATOS TÉCNICOS DE LA INSPECCIÓN**

<b>Ensayo N°:</b>	PT - 005	<b>Norma de referencia:</b>	ASME Sección V	<b>Método:</b>	Manual
<b>Tipo de líquidos penetrantes:</b>	Líquidos penetrantes visibles removible con disolvente	<b>Tipo de aplicación:</b>	Aspersión		
<b>Iluminación:</b>	505 lux	<b>Marca comercial de los líquidos:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Aplicación del Removedor:</b>	Limpieza indirecta mediante paño				
<b>Tiempo de Penetrante:</b>	6 min				
<b>Tiempo del Revelador:</b>	10 min				

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:** API 1104

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		2 mm	Porosidad		X	El poro no excede los 3 mm	Acceptado
2		2 mm	Fusión incompleta		X	La fusión incompleta no excede el 8% del cordón de soldadura	Acceptado
3		3 mm	Inclusión de escoria		X	La indicación lineal no excede los 4 mm	Acceptado

**OBSERVACIONES**

La inspección se realizó en el primer cordón de soldadura de la probeta de 8 " de diámetro.

<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanni Tenicota García	Ing. Edison Fernando Calderón Freire
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>	<b>Firma</b>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**REPORTE DE TINTAS PENETRANTES**

**DATOS GENERALES**




<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada</b>	Cordón de soldadura		
<b>Longitud de probeta:</b>	50 cm de longitud	<b>Pieza:</b>	Tubería		
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado		
<b>Especificación:</b>	ASTM - A 106 Grado B	<b>Revisión:</b>	001	<b>Fecha:</b>	2022-06-01

**DATOS TÉCNICOS DE LA INSPECCIÓN**

<b>Ensayo N°:</b>	PT - 006	<b>Norma de referencia:</b>	ASME Sección V	<b>Método:</b>	Manual
<b>Tipo de líquidos penetrantes:</b>	Líquidos penetrantes visibles removible con disolvente	<b>Tipo de aplicación:</b>	Aspersión		
<b>Iluminación:</b>	505 lux	<b>Marca comercial de los líquidos:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Aplicación del Removedor:</b>	Limpieza indirecta mediante paño				
<b>Tiempo de Penetrante:</b>	6 min				
<b>Tiempo del Revelador:</b>	10 min				

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:** API 1104

**RESULTADOS DEL ENSAYO**






N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		2 mm	Porosidad		X	El poro no excede los 3 mm	Aceptado
2		2 mm	Fusión incompleta		X	La fusión incompleta no excede el 8% del cordón de soldadura	Aceptado
3		3 mm	Inclusión de escoria		X	La indicación lineal no excede los 4 mm	Aceptado

**OBSERVACIONES**

La inspección se realizó en el segundo cordón de soldadura de la probeta de 8 " de diámetro.

<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanny Tenicota García	Ing. Edison Fernando Calderón Freire
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>	<b>Firma</b>

**ANEXO C: REPORTES DE INSPECCIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE  
PARTÍCULAS MAGNÉTICAS EN LOS DISTINTOS CORDONES DE  
SOLDADURA.**

	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>						
<b>REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</b>							
<b>DATOS GENERALES</b>							
<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura				
<b>Componente:</b>	Estructura	<b>Pieza:</b>	Tubería				
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado				
<b>Especificación:</b>	ASTM A 106 – Grado B	<b>Revisión:</b>	001				
		<b>Fecha:</b>	2022-06-02				
<b>CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>							
<b>Ensayo N°:</b>	002	<b>Equipo:</b>	Yugo electromagnético				
		<b>Marca:</b>	Artesanal				
<b>Método de magnetización:</b>	longitudinal	<b>Técnica:</b>	Yoke				
<b>Tipo de partículas</b>	húmedas	<b>Color:</b>	fluorescentes				
<b>Lampara Luz Negra:</b>	Si	<b>Intensidad luminosa:</b>	26 W				
<b>Cantidad de campo magnético</b>	0.46 mT	<b>Número de bobinas</b>	2				
<b>Tipo de corriente:</b>	Alterna	<b>Intensidad:</b>	0.025 mA				
<b>Separación electrodos:</b>	14 cm	<b>Direcciones:</b>	Polo Norte a Sur				
<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:</b>		API 1104					
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>							
N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		4mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Aceptado
2		5 mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Aceptado
3		3 mm	Fisura de cráter		X	La indicación lineal no excede los 4 mm	Aceptado
<b>OBSERVACIONES</b>							
La inspección se realizó en el segundo cordón de soldadura de la probeta de 3 " de diámetro.							
<b>Realizado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>			
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué		Ing. Alex Giovanni Tenicota García		Ing. Edison Fernando Calderón Freire			
<b>Firma</b>		<b>Firma</b>		<b>Firma</b>			



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

**DATOS GENERALES**




<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura
<b>Componente:</b>	Estructura	<b>Pieza:</b>	Tubería
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado
<b>Especificación:</b>	ASTM A 106 – Grado B	<b>Revisión:</b>	001
		<b>Fecha:</b>	2022-06-02

**CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO**

<b>Ensayo N°:</b>	003	<b>Equipo:</b>	Yugo electromagnético	<b>Marca:</b>	Artesanal
<b>Método de magnetización:</b>	longitudinal			<b>Técnica:</b>	Yoke
<b>Tipo de partículas</b>	húmedas			<b>Color:</b>	fluorescentes
<b>Lampara Luz Negra:</b>	Si			<b>Intensidad luminosa:</b>	26 W
<b>Cantidad de campo magnético</b>	0.46 mT			<b>Número de bobinas</b>	2
<b>Tipo de corriente:</b>	Alterna			<b>Intensidad:</b>	0.025 mA
<b>Separación electrodos:</b>	14 cm			<b>Direcciones:</b>	Polo Norte a Sur

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:** API 1104

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		4mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Acceptado
2		3 mm	Fusión incompleta		X	La fusión incompleta no excede el 8% del cordón de soldadura	Acceptado
3		5 mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Acceptado

**OBSERVACIONES**

La inspección se realizó en el primer cordón de soldadura de la probeta de 4 " de diámetro.

<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanni Tenicota García	Ing. Edison Fernando Calderón Freire
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>	<b>Firma</b>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

**DATOS GENERALES**

<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura
<b>Componente:</b>	Estructura	<b>Pieza:</b>	Tubería
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado
<b>Especificación:</b>	ASTM A 106 – Grado B	<b>Revisión:</b>	001
		<b>Fecha:</b>	2022-06-02

**CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO**

<b>Ensayo N°:</b>	004	<b>Equipo:</b>	Yugo electromagnético	<b>Marca:</b>	Artesanal
<b>Método de magnetización:</b>	longitudinal	<b>Técnica:</b>	Yoke		
<b>Tipo de partículas</b>	húmedas	<b>Color:</b>	fluorescentes		
<b>Lampara Luz Negra:</b>	Si	<b>Intensidad luminosa:</b>	26 W		
<b>Cantidad de campo magnético</b>	0.46 mT	<b>Número de bobinas</b>	2		
<b>Tipo de corriente:</b>	Alterna	<b>Intensidad:</b>	0.025 mA		
<b>Separación electrodos:</b>	14 cm	<b>Direcciones:</b>	Polo Norte a Sur		

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:**

API 1104

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		3 mm	Fusión incompleta		X	La fusión incompleta no excede el 8% del cordón de soldadura	Aceptado
2		5 mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Aceptado

**OBSERVACIONES**

La inspección se realizó en el segundo cordón de soldadura de la probeta de 4 " de diámetro.

<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanni Tenicota García	Ing. Edison Fernando Calderón Freire
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>	<b>Firma</b>





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

**DATOS GENERALES**




<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura		
<b>Componente:</b>	Estructura	<b>Pieza:</b>	Tubería		
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado		
<b>Especificación:</b>	ASTM A 106 – Grado B	<b>Revisión:</b>	001	<b>Fecha:</b>	2022-06-02

**CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO**

<b>Ensayo N°:</b>	005	<b>Equipo:</b>	Yugo electromagnético	<b>Marca:</b>	Artesanal
<b>Método de magnetización:</b>	longitudinal		<b>Técnica:</b>	Yoke	
<b>Tipo de partículas</b>	húmedas		<b>Color:</b>	fluorescentes	
<b>Lampara Luz Negra:</b>	Si		<b>Intensidad luminosa:</b>	26 W	
<b>Cantidad de campo magnético</b>	0.46 mT		<b>Número de bobinas</b>	2	
<b>Tipo de corriente:</b>	Alterna		<b>Intensidad:</b>	0.025 mA	
<b>Separación electrodos:</b>	14 cm		<b>Direcciones:</b>	Polo Norte a Sur	

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:** API 1104

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación:
				Relevante	No relevante		
1		1 mm	Porosidad		X	El poro no excede los 3 mm	Acceptado
2		4 mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Acceptado
3		3 mm	Fusión incompleta		X	La fusión incompleta no excede el 8% del cordón de soldadura	Acceptado

**OBSERVACIONES**

La inspección se realizó en el primer cordón de soldadura de la probeta de 8 " de diámetro.

<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanni Tenicota García	Ing. Edison Fernando Calderón Freire
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>	<b>Firma</b>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

**DATOS GENERALES**

<b>Cliente:</b>	ESPOCH	<b>Zona inspeccionada:</b>	Cordón de soldadura
<b>Componente:</b>	Estructura	<b>Pieza:</b>	Tubería
<b>Material:</b>	Acero de medio contenido de carbono	<b>Estado superficial:</b>	Grateado
<b>Especificación:</b>	ASTM A 106 – Grado B	<b>Revisión:</b>	001 <b>Fecha:</b> 2022-06-02




**CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO**

<b>Ensayo N°:</b>	006	<b>Equipo:</b>	Yugo electromagnético	<b>Marca:</b>	Artesanal
<b>Método de magnetización:</b>	longitudinal			<b>Técnica:</b>	Yoke
<b>Tipo de partículas</b>	húmedas			<b>Color:</b>	fluorescentes
<b>Lampara Luz Negra:</b>	Si			<b>Intensidad luminosa:</b>	26 W
<b>Cantidad de campo magnético</b>	0.46 mT			<b>Número de bobinas</b>	2
<b>Tipo de corriente:</b>	Alterna			<b>Intensidad:</b>	0.025 mA
<b>Separación electrodos:</b>	14 cm			<b>Direcciones:</b>	Polo Norte a Sur

**CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según:**

API 1104

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

N°	Imagen	Longitud	Tipo	Discontinuidad		Criterios de aceptación	Evaluación :
				Relevante	No relevante		
1		2 mm	Falta de fusión		X	La fusión incompleta no excede el 8% del cordón de soldadura	Aceptado
2		3 mm	Mordedura		X	La mordedura no excede el 1/6 de la longitud del cordón de soldadura	Aceptado
3		1 mm	Porosidad		X	El poro no excede los 3 mm	Aceptado

**OBSERVACIONES**

La inspección se realizó en el segundo cordón de soldadura de la probeta de 8 " de diámetro.

<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Buñay Pagalo Lisbeth Milena Rodríguez Paredes Ronnie Josué	Ing. Alex Giovanni Tenicota García	Ing. Edison Fernando Calderón Freire
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>	<b>Firma</b>