



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y**

**METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA**



**SOLDADURA POR TERMOFUSIÓN A TOPE EN TUBERÍAS DE  
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA EMPRESA MINERA**

**ANTAPACCAY ESPINAR - CUSCO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. NOEL ESPINOZA CHELQQUETUMA**

**Bach. JULBER AMED TINTAYA SINCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO METALURGISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*En especial a Dios nuestro ser supremo, ya que nos mantiene la fe y esperanza así mismo nos da la fuerza día a día para continuar en el camino con la finalidad de cumplir nuestros objetivos de obtener el título profesional.*

*A los seres queridos que nos dieron la vida, a nuestros padres, Baltazar, Dolores y Bonifacio, Robertina por el apoyo permanente durante nuestros estudios universitarios, por el amor, trabajo y esfuerzos, para que seamos profesionales universitarios.*

*A nuestros hermanos, Julio, Tito, Noemi, Erwin y Jhon que con su paciencia e inmenso amor nos apoyaron moralmente en cumplir nuestros objetivos como profesional.*

***Noel y Julber Amed.***



## AGRADECIMIENTO

*Agradecimiento especial a la “Universidad Nacional del Altiplano - Puno” en especial a mi Facultad de Ingeniería Metalúrgica, por facilitar la infraestructura donde recibimos las clases presenciales, así mismo a todos los docentes que impartieron las sesiones compartiendo sus experiencias y conocimientos durante el tiempo que estuvimos en la universidad donde aplicaron diferentes metodologías de enseñanza.*

*A los miembros del jurado calificador Dr. Hipólito Cordova Gutierrez, M.Sc. Ing. Carlos Alejandro Chavez Catacora, Mg. Sergio Tito Arohuanca Mamani, que con sus observaciones y aportes en el trabajo de investigación se logró concluir el cual nos permite cumplir uno de nuestros objetivos.*

*A nuestro asesor de tesis, Dr. Hector Clemente Herrera Cordova por su tiempo, colaboración permanente y aporte en la ejecución del trabajo de investigación.*

***Noel y Julber Amed.***



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 12**

**ABSTRACT..... 13**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 14**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 15**

1.2.1. Pregunta general ..... 15

1.2.2. Preguntas específicas ..... 15

**1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS ..... 15**

1.3.1. Hipótesis general ..... 15

1.3.2. Hipótesis específicas ..... 15

**1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 16**

**1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 17**

1.5.1. Objetivo general ..... 17

1.5.2. Objetivos específicos ..... 17

## **CAPÍTULO II**



## REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.2.1. Polímeros .....	22
2.2.1.1. Termoplásticos .....	23
2.2.1.2. Termo endurecibles o termofijos .....	23
2.2.1.3. Elastómeros .....	24
2.2.2. Tuberías de polietileno .....	24
2.2.2.1. Estructura del polietileno.....	25
2.2.2.2. Clasificación de polietileno .....	25
2.2.2.3. Polietileno de alta densidad .....	26
2.2.2.4. Propiedades del polietileno de alta densidad .....	26
2.2.2.5. Propiedades reológicas del polietileno de alta densidad .....	30
2.2.2.6. Ventajas de la soldadura de plásticos .....	31
2.2.2.7. Soldadura de plásticos .....	31
2.2.2.9. Calidad de la superficie a soldar.....	32
2.2.3. Soldadura por termofusión .....	32
2.2.3.1. Descripción del equipo de Termofusión.....	33
2.2.3.2. Elemento calefactor .....	33
2.2.3.3. Refrentadora .....	33
2.2.3.4. Método de unión.....	33
2.2.3.5. Método de transmisión de la energía hidráulica.....	34
2.2.3.6. Motor de accionamiento de la unidad de potencia .....	34
2.2.3.7. Generador eléctrico.....	34
2.2.4. Parámetros de soldadura de termofusión .....	34



2.2.4.1. La temperatura en la superficie .....	36
2.2.4.2. La presión de pre-calentamiento.....	36
2.2.4.3. La presión del calentamiento.....	37
2.2.4.4. La presión de su unión.....	37
2.2.4.5. Tiempo de Enfriamiento.....	38
2.2.4.6. Los fundamentos de soldadura a tope .....	39
2.2.4.7. El sistema de la soldadura al tope.....	40
2.2.5. Proceso de soldadura por termofusión de tuberías de HDPE.....	41
2.2.5.1. Colocación de las Tuberías.....	41
2.2.5.2. Presentación.....	41
2.2.5.3. Refrentado .....	42
2.2.5.4. Precalentamiento .....	42
2.2.5.5. Calentamiento.....	42
2.2.5.6. Desprendimiento o separación .....	43
2.2.5.7. La unión o asentamiento.....	43
2.2.5.8. El enfriamiento .....	43
2.2.5.9. Factores que influyen en la calidad de la soldadura .....	44
2.2.6. Control de calidad.....	45
2.2.6.1. Los ensayos no destructivos.....	46
2.2.6.2. Ensayos Destructivos.....	51
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>51</b>
2.3.1. Minería.....	51
2.3.2. Tubería de polietileno.....	52
2.3.3. Termofusión.....	52
2.3.4. Calidad.....	52



2.3.5. Control.....	52
2.3.6. Supervisión.....	52
2.3.7. Proceso.....	52

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....</b>	<b>53</b>
3.1.1 Accesibilidad.....	53
<b>3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.....</b>	<b>54</b>
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>54</b>
3.4.1. Población.....	54
3.4.2. Muestra.....	54
3.4.3. Muestreo .....	55
<b>3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO .....</b>	<b>55</b>
3.5.1. Tipo de investigación.....	55
3.6.1. Variables de estudio .....	56
<b>3.7. MATERIALES Y MÉTODOS POR OBJETIVO .....</b>	<b>57</b>
3.7.1. Materiales y métodos para la experimentación de la temperatura.....	57
3.7.2. Materiales y métodos para la experimentación del tiempo.....	58
3.7.3. Pruebas Experimentales en función a los objetivos específicos.....	60
3.7.3.1. Temperatura de la muestra 1 .....	60
3.7.3.2. Pruebas del tiempo de calentamiento .....	60
<b>3.8. PROCEDIMIENTO PARA EL PROCESO DE SOLDADURA.....</b>	<b>61</b>
<b>3.9. ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>62</b>
<b>3.10. PRUEBA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>62</b>



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADOS EXPERIMENTALES .....</b>	<b>63</b>
4.1.1. Resultados experimentales de la temperatura .....	63
4.1.2. Resultados experimentales del tiempo.....	65
4.1.4. Resultado final. ....	68
4.1.5. Prueba de hipótesis .....	71
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>73</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>81</b>

### ÁREA: INGENIERÍA METALÚRGICA

**Tema:** Soldadura por termofusión

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 20 diciembre del 2022



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Polietileno de alta densidad y propiedades físicas.....	27
<b>Tabla 2.</b> Polietileno de alta densidad y propiedades químicas.....	28
<b>Tabla 3.</b> Polietileno de alta densidad y propiedades mecánicas .....	29
<b>Tabla 4.</b> Polietileno de alta densidad y propiedades térmicas .....	30
<b>Tabla 5.</b> Parámetros de soldadura por termofusión .....	35
<b>Tabla 6.</b> Pautas de espesor y ancho del reborde fundido .....	45
<b>Tabla 7.</b> Acceso a la Mina Antapaccay.....	54
<b>Tabla 8.</b> Operacionalización de variables. ....	56
<b>Tabla 9.</b> Cálculo de tiempos.....	59
<b>Tabla 10.</b> N° de pruebas de temperatura del plato calefactor para la muestra -1 .....	60
<b>Tabla 11.</b> N° de pruebas de temperatura del plato calefactor para la muestra -2 .....	60
<b>Tabla 12.</b> N° de pruebas de tiempo de calentamiento muestra-1.....	60
<b>Tabla 13.</b> N° de pruebas de tiempo de calentamiento muestra-2.....	61
<b>Tabla 14.</b> Temperatura de calentamiento más óptima M-1 .....	63
<b>Tabla 15.</b> Temperatura de calentamiento más óptima M-2 .....	64
<b>Tabla 16.</b> Tiempo de calentamiento más óptimo M-1 .....	66
<b>Tabla 17.</b> Tiempo de calentamiento más óptima M-2 .....	67
<b>Tabla 18.</b> Parámetros de soldadura a muestra 1 .....	68
<b>Tabla 19.</b> Parámetros de soldadura muestra 2 .....	69
<b>Tabla 20.</b> Comparación de parámetros de soldadura antes y después .....	70
<b>Tabla 21.</b> Estadística descriptiva de la fuerza de rotura a 90° de un ensayo de dobléz. 71	
<b>Tabla 22.</b> Prueba “t” de student para la fuerza de rotura .....	72



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Composición química del polietileno.....	25
<b>Figura 2.</b> Difusión de moléculas en una unión soldada de dos materiales plásticos .....	32
<b>Figura 3.</b> Temperatura de calentamiento más óptima para M-1 .....	64
<b>Figura 4.</b> Temperatura de calentamiento más óptima para M-2 .....	65
<b>Figura 5.</b> Tiempo de calentamiento más óptimo para M-1 .....	66
<b>Figura 6.</b> Tiempo de calentamiento más óptimo para M-2.....	68
<b>Figura 7.</b> Prueba de dobléz muestra 1 .....	69
<b>Figura 8.</b> Prueba de dobléz muestra 2.....	70



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Fuga de agua por tubería soldada por termofusión.....	81
<b>Anexo 2.</b> Termofusión de tubería enfriando a presión .....	81
<b>Anexo 3.</b> Permiso Escrito para Trabajo de Alto Riesgo (PETAR ) .....	82
<b>Anexo 4.</b> Chek list de preuso para tecles o polipastos.....	83
<b>Anexo 5.</b> Formato de IPER continuo.....	84
<b>Anexo 6.</b> Check list para herramientas manuales .....	86
<b>Anexo 7.</b> Check list para generador eléctrico .....	87
<b>Anexo 8.</b> Check list para equipo de termofusión.....	88
<b>Anexo 9.</b> Resultados de la primera muestra M-1 .....	89
<b>Anexo 10.</b> Resultado para la segunda muestra M-2 .....	90
<b>Anexo 11.</b> Norma ASTM 2620 .....	91
<b>Anexo 12.</b> Tabla para PE.....	101
<b>Anexo 13.</b> Procedimiento Escrito de Trabajo para soldadura por termofusión.....	102
<b>Anexo 14.</b> Evidencias de resistencia a la fuerza de rotura a 90° .....	108
<b>Anexo 15.</b> Evidencias del proceso de termofusión a tope .....	109



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>HDPE</b>	: <i>High Density Poly Ethylene</i>
<b>m.s.n.m.</b>	: metros sobre el nivel del mar
<b>IPERC</b>	: Identificación de Peligros Evaluación de Riesgos y Control.
<b>ASTM</b>	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
<b>S.A.</b>	: Sociedad Anónima
<b>UTM</b>	: <i>Universal Transverse Mercator</i>
<b>PEAD</b>	: Polietileno de Alta Densidad
<b>PETS</b>	: Procedimientos Escritos de trabajo Seguro



## RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco”. Se ha realizado en el mismo yacimiento y actualmente la empresa viene instalando tuberías de HDPE de 12 metros de longitud y de un diámetro de 14 pulgadas, los mismos que se han realizado según la norma ASTM f 2620 a una temperatura del plato calefactor es de 220 °C y un tiempo de calentamiento de 8:00 minutos, ha ocurrido incidentes de fuga de agua a través de las uniones soldadas, porque la soldadura fue a una altura de 4200 msnm lugar donde se encuentra el yacimiento, razón por lo que se ha evaluado la influencia de la temperatura del plato calefactor y tiempo de calentamiento, utilizando un equipo de termofusión marca Widox 5100 y se ha encontrado que, al incrementar la temperatura de 220°C a 230°C y el tiempo de calentamiento de 8.00min a 9.00min, aplicado el ensayo de doblez a un ángulo de 90° en el equipo de ensayo universal; se obtiene una fuerza de rotura de 4227.55 Kg, mientras que según la norma fue de 2653.60 Kg, lográndose incrementar la resistencia a la rotura de 1573.95 Kg equivalente a 59.3% de mayor resistencia a la tracción, debido a la polimerización:

La reacción bajo las condiciones fijadas, es completa, debido a que las moléculas entran en condiciones torturantes generando radicales orgánicos libres con electrones sueltos, los que se enlazan unos con otros para formar una estructura molecular extensa, con una resistencia de la unión igual o superior al polímero, más rígido (>E) y mayor resistente a la fluencia.

**Palabras clave:** Minería, temperatura, termofusión, tuberías de polietileno.



## ABSTRACT

The research work entitled "Butt welding by thermofusion in high density polyethylene pipes in the Antapaccay Espinar Mining Company - Cusco". It has been carried out in the same deposit and currently the company is installing HDPE pipes of 12 meters long and a diameter of 14 inches, the same that have been made according to ASTM f 2620 at a temperature of the heating plate is 220 ° C and a heating time of 8: 00 minutes, there have been incidents of water leakage through the welded joints, because the welding was at an altitude of 4200 masl where the reservoir is located, reason why the influence of the heating plate temperature and heating time has been evaluated, using a Widox 5100 thermofusion equipment and it has been found that, by increasing the temperature from 220°C to 230°C and the heating time from 8. 00min to 9.00min, applied the bending test at an angle of 90° in the universal test equipment; a breaking strength of 4227.55 Kg is obtained, while according to the standard it was 2653.60 Kg, increasing the breaking strength of 1573.95 Kg equivalent to 59.3% of higher tensile strength, due to polymerization:

The reaction under the set conditions is complete, because the molecules enter into tortuous conditions generating free organic radicals with loose electrons, which bond with each other to form an extensive molecular structure, with a bond strength equal or superior to the polymer, more rigid (>E) and more resistant to creep.

**Keywords:** Mining, temperature, hot melt, polyethylene pipe.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Empresa Minera Antapaccay viene realizando las instalaciones de tuberías de polietileno de alta densidad HDPE de 12 metros de longitud y 14 pulgadas de diámetro, por otra parte, las uniones se realizan mediante la soldadura por termofusión al tope. Según la revisión de la norma ASTM-F2620 se evidencia que solo especifica la soldadura a nivel del mar en la cual no especifica la soldadura para una altitud de 4200 m.s.n.m. en el cual se ubica la Empresa Minera Antapaccay, donde se viene realizando la soldadura de tuberías por termofusión al tope en tuberías de polietileno de alta densidad.

Al aplicar la soldadura bajo la norma indicada ASTM 2620 a nivel del mar a una temperatura de 200°C, tiempo de calentamiento 8.00 minutos y tiempo de enfriamiento 40.00 min en una tubería de 14” de diámetro, se presentó problemas de soldabilidad, ya que presentó el desprendimiento de las uniones soldadas generando fuga de agua en el momento de la puesta en operación de transporte de agua, al observar este problema nace la necesidad de plantear el presente tema de investigación y evaluar los parámetros de la temperatura y tiempo de calentamiento del plato calefactor en la Empresa Minera Antapaccay.

A consecuencia de lo mencionado nace la necesidad de aplicar la soldadura por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad HDPE, ya que se viene realizando las instalaciones para el flujo de agua en diferentes áreas de la Empresa Minera Antapaccay, es necesario conocer la temperatura y tiempo para poder mejorar el proceso de soldadura por termofusión a de tuberías de polietileno de alta densidad HDPE.



## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿Cómo mejorar la resistencia de la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

- ¿Cómo influye la temperatura de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200 m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco?
- ¿Cómo influye el tiempo de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200 m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco?

## **1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis general**

Mediante la aplicación de las variables mejora el calentamiento del plato calefactor para realizar la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

- Aumentando la temperatura del plato calefactor mejora la soldabilidad y resistencia a la tracción para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.
- Aumentando el tiempo de calentamiento mejora la soldabilidad y resistencia a la tracción del plato calefactor por termofusión a tope de las tuberías de



polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La empresa Minera Antapaccay ubicado en el distrito de Yauri, Espinar, Cusco actualmente tiene una capacidad de procesamiento de minerales sulfurados de cobre de 10000 TM/día, con una recuperación del 98% obteniéndose concentrados con una ley de 27%. La empresa viene realizando el tendido de tuberías de polietileno de alta densidad para el transporte de agua, estas tuberías tienen una longitud de 100 metros y diámetro de 8 pulgadas, obedeciendo la norma ASTM 2620, para el transporte de agua a grandes distancias es necesario realizar las uniones de las tuberías mediante la soldadura por termofusión a tope a una altitud de 4200m.s.n.m.

Para la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad se recurre a la normativa ASTM 2620, el cual indica sus parámetros de soldadura a nivel del mar, careciendo los parámetros fijados para realizar a otras altitudes, motivo por el cual para obtener una buena soldabilidad de las tuberías de polietileno se ha evaluado los parámetros de temperatura (del medio ambiente o soldabilidad) y el tiempo de soldabilidad, bajo las condiciones climatológicas de la zona, obteniéndose cordones de soldadura de buena calidad.

La presente investigación se realizó para mejorar la resistencia de la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad, al mejorar la soldadura hace posible estandarizar la temperatura y tiempo de calentamiento del plato calefactor para una altitud de 4200 m.s.n.m. , por otra parte en la revisión bibliográfica no se encuentra los parámetros de soldadura de tuberías de polietileno de alta densidad por termofusión a tope, para aplicar a una altitud de 4200 m.s.n.m. altura que se encuentra la Empresa Minera Antapaccay. Así mismo se estableció en reemplazo de la tubería acero



que se usaba anteriormente por ser difícil para el manipuleo en las instalaciones y por la corrosión en el tiempo de uso, para la conducción de aguas acidas y así eliminando el problema que se tenía con la instalación de las tuberías en la Empresa Minera Antapaccay.

Por otra parte, el trabajo de investigación es importante porque nos permitió conocer los aspectos técnicos para mejorar la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m., ya que la norma ASTM 2620 solo tiene parámetros para la soldadura por termofusión a tope a nivel del mar y no se especifica los parámetros de soldadura por termofusión a tope para una altitud de 4200 m.s.n.m. ya que desde hace algunos años viene creciendo en el mercado internacional la utilización de la termofusión a tope en las uniones de las tuberías de polietileno.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

Analizar la soldadura por termofusión a tope en tubería de polietileno de la alta densidad en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar cómo influye la temperatura de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar-Cusco.
- Determinar cómo influye el tiempo de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antes de iniciar con los trabajos de termofusión de los paneles de geomembrana se deben de realizar pruebas de velocidad y temperatura, someterlas a una prueba destructiva ya que mucho influye el clima, tales como asoleamiento, viento, cielo despejado, nublado u otros, mas no se debe realizar la termofusión con un clima desfavorable (Quispe Apaza, 2021).

Según Lopez (2021) concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que existe una relación directa y significativamente considerable entre la variable dependiente e independiente, esto es el cumplimiento de las especificaciones técnicas en concordancia con el diseño del proyecto desarrolladas es eficaz para la instalación del tendido de emisor submarino para lixiviados industriales con tubería HDPE mediante termofusión. De acuerdo a los datos conseguido para la evolución de una estrategia de diseño para una adecuada apariencia subacuática se concluyó que ya que la longitud de 3.86 m es inferior a la distancia máxima permisible de 5.6 m entre los pesos. El peso de la figura 11 debería tener un SDR de 32,5 y un diámetro de la parte externa de 324 mm, lo que sería conveniente para que el submarino saliera de la zona de rompientes, por lo que la disposición anterior es efectiva.

Las tuberías de tipo HDPE son recomendables para altas presiones debido a su vida útil, por otra parte se demostró que tiene un costo menor respecto a las tuberías de PVC, así mismo se concluye que se debe realizar estudios de presiones en diferentes diámetros de tuberías de HDPE lo señalan (Ccari & Condori, 2021).

Los testeos en tensiómetros con la finalidad de conocer los parámetros de termofusión en equipo *Munsch MAK-58D* y *Platic Weldin Technologies Wedge-It 2000*



teniendo como la fuente del análisis de la prueba de corte y desgarro con un total de 1000 datos evaluados, a temperatura del medio ambiente siempre según las normas de calidad ASTM 6392 y GM-19 lo afirma (Quispe, 2020).

Las tuberías que se usan en estas obras son de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Y Policloruro de Vinilo (PEV) se caracteriza por su alta resistencia a la fisura y un excelente comportamiento a largo plazo, demostrando una duración proyectada de más de 100 años llamado Very Resistance To Crack (VRC), un tubo fabricado con polietileno reforzado por coextrusión lo manifiestan (Fernandez et al., 2017).

Se evaluó la resistencia a la tracción en juntas soldadas por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE) en las instalaciones del laboratorio de materiales del Instituto Tecnológico Priado Tecsup frente a las variables como la temperatura de soldeo y tiempo de soldadura para evitar problemas de fugas afirmado por (Pfacsi, 2019).

Utilizando pruebas destructivas y no destructivas y sus criterios de aceptación, se determinó que el mejor proceso de soldadura para tuberías de HDPE es la fusión por calor. Por otro lado, el proceso de soldadura por termofusión tiene la limitación de que no permite unir tuberías con diferentes espesores de pared, debido a que los equipos cuentan con sujetadores específicos para cada tamaño, y esto provoca un calentamiento desigual de las uniones, concluyendo que en la obtención de probetas mediante fricción los valores adecuados de las principales variables del proceso son: 85.71% de la capacidad máxima de velocidad de rotación del equipo (4200 rpm), 77.78% de la máxima presión de forja (3500 kgf) y un tiempo promedio de calentamiento de 30 segundos mencionados por (Lopez & Toapanta , 2019).

La investigación estadística muestra que las principales variables que afectan la oposición al corte de las películas de HDPE están representadas por procedimientos



estadísticos. Por último, se concluye que en los análisis de la temperatura y la velocidad influyen en la resistencia al corte, encontrándose una temperatura adecuada del proceso de soldadura, en la cual a una velocidad adecuada se obtuvo la mayor resistencia al corte de la geomembrana de alta densidad (HDPE), para las condiciones evaluadas lo afirma (Checco, 2018).

Los resultados mecánicos, estadísticos y evaluaciones microscópicas de las uniones soldadas, el mejor valor de temperatura para obtener mayores valores de resistencia mecánica tanto para el ensayo de desgarro como el de corte en láminas de geomembrana HDPE de 2.0 mm., es de 450 °C lo señala (Villasante, 2014).

Los procedimientos empleados para la construcción de lastres de concreto y la termofusión de tuberías HDPE, así como el montaje, cumplió con los estándares exigidos por el proyecto, los cuales garantizan el buen funcionamiento de las tres líneas submarinas lo afirma (Arévalo, 2014).

Para alcanzar los parámetros óptimos en la soldadura por termofusión es primordial realizar pruebas antes de iniciar el proyecto en campo, por otra parte menciona que las condiciones climatológicas del ambiente es un factor importante al momento de realizar la termofusión afirman (Jacay & Lopez, 2013).

Actualmente, las tuberías de polietileno se utilizan para solucionar muchas dificultades que se generan en diversas disciplinas de la ingeniería: montaje, redes de agua potable, transporte de residuos mineros, alcantarillados, cloacas, canalizaciones, etcétera. En beneficio a su flexibilidad, se puede quitar el requerimiento de conexiones y minimizar los costes de instalación. Este tubo es muy liso por dentro, lo que facilita la transferencia de fluidos por gravedad con la menor cantidad de inclinación. Además, en comparación con la composición de tubería tradicionales, los sistemas de tuberías de HDPE pueden ahorrar costos de instalación, en el personal y equipo. La tubería de



polietileno es muy competitiva, considerando el potencial que tiene de reducir costos de mantenimiento y dar una larga vida de servicio en diversas aplicaciones mencionado (Contreras, 2005).

Bajo las condiciones de soldadura aplicadas de ASTM F 2620, las soldaduras muestran una dispersión de las propiedades medidas. Un análisis posterior reveló que esto se debía a la falta de superposición uniforme del material en toda la superficie de la junta y dispersión independiente de la posición de soldadura en la máquina. Por otro lado, la presencia de soldadura reduce la dureza y la resistencia al impacto de los dos compuestos de polietileno en comparación con los valores encontrados para el material base. No obstante, si se tiene en cuenta la superposición de las bandas de dispersión de los resultados la soldadura en algunos casos fue capaz de alcanzar los valores obtenidos para el material base obteniéndose una calificación Buena a Excelente afirmado (Cegna, 2011).

La necesidad de un sistema de calidad en la fábrica de tanques verticales y los sistemas de tuberías en la empresa SERGEAR S.A.C. causó re-procesos, pérdidas referidas a tiempo por paradas innecesarias. Con la propuesta de sistema de gestión de calidad, se logró un mejor proceso de fabricación en cuanto a tiempo y calidad por otra parte en la fabricación de sistemas de tuberías se redujo de 143 y 285 horas perdidas, a 33,0 y 18,5 en los proyectos donde se mejoró el proceso de inspección técnica señalado por (Chambilla, 2011).

El tipo de conexión campana/solenoide utilizado en la refinería de Talara para uniones de tubería corrugada de HDPE no forma parte del Código ASME B31.3. Versión 2014 y ASTM F1055. Por lo tanto, este tipo de unión es bastante nuevo y actualmente no está contemplado en la norma. Por lo tanto, si es una asociación que no está explícitamente especificada en la versión 2014 del token ASME B31.3 y, por lo tanto,



imposible recuperar directamente la versión 9 2015 del token ASME BPV, lo único que se puede hacer o recomendar para su implementación. De acuerdo con las especificaciones del fabricante de la tubería o si no está de acuerdo con las especificaciones del fabricante del conjunto de tubería (Práctica recomendada) del proveedor o fabricante para este modelo de fabricación. Además, a diferencia de una fusión, el transcurso de fusión es más estandarizado y hay menos dificultad para tomar las pruebas y exámenes requeridos para realizar la certificación del operador y aprobación de información sobre la especificación de carga de fusión (FPS). Sin embargo, en la termofusión se tiene una mayor cantidad de parámetros a controlar siendo necesario que sean anotados por el operador conforma van pasando los tiempos con la finalidad de tener un mejor control de estas uniones señala (Guanilo, 2017).

Para todos los resultados, se encontró que el polietileno fusionó correctamente, la alineación fue adecuada y la profundidad de penetración fue uniforme. Con esto, se concluyó que el rango de temperatura (216–264 °C) y el tiempo (8–12 min) podrían usarse para lograr una fusión y fusión consistentes. En la punta, observamos que a temperaturas más altas (264 °C), había un margen más amplio a 32 mm y 20 mm. En el caso de una temperatura de 240 °C, los resultados son uniformes. Cabe resaltar que las características del reborde, al ser externo al ducto, no afectan al flujo de gas afirma (Sandoval, 2014).

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Polímeros**

Un polímero se define como material conformado de moléculas, que tienen largas secuencias más de una clase de átomos o conjuntos de átomos, juntados entre sí por enlaces primarios, generalmente covalentes, además son generados mediante la polimerización de los monómeros o unidades simples de las cuales



están formados (Torres García, 1999) es conocido como plástico de manera convencional a los materiales poliméricos que pueden contener algún tipo de aditivo debido a su comportamiento en su estado de fluidez, particularmente en el caso de los termoplásticos. (Parra, 2013) ,clasifica a los polímeros en 03 grupos según su función del comportamiento termo-mecánico.

#### **2.2.1.1. Termoplásticos**

Son plásticos que se ablandan por acción del calor y que aún después de haberse formado los artículos pueden volverse a fundir y formarse repentinamente (Valverde, 2006).

- Están compuestos de cadenas lineales o ramificadas y se ablandan con calor
- Son procesables en el estado de fluidez.
- Pueden ser vueltos a procesar: son reciclables.
- Ejemplos de materiales termoplásticos: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Poli (cloruro de vinilo) (PVC), etc.

#### **2.2.1.2. Termo endurecibles o termofijos**

Según Valverde (2006) por la acción del calor este tipo de plástico se endurece, estos casos no son regulares, su formación no se pueden ser repetidamente. El proceso cíclico es un moldeo por inyección que está formado por las siguientes etapas:

- Calentamiento y fundición del plástico.
- Mezclado y homogenización del molde.
- Inyección de la fusión del molde
- Enfriamiento del material
- Inyección del artículo después de formado



### **2.2.1.3. Elastómeros**

Los elastómeros se pueden definir como polímeros naturales o sintéticos con un bajo módulo de elasticidad a temperatura ambiente, que pueden soportar el alargamiento reversible sin cambios después de someterse a reticulación. Con una variedad de estructuras posibles, los elastómeros tienen una masa molar de  $M_n$  de 104 a 106 g/mol (Alcuri, 2018).

Los elastómeros elastoméricos a menudo se usan en mezclas para mejorar sus propiedades físicas y químicas, lo que puede no ser suficiente al nivel de un material base puro para las funciones que usaría el producto industrial. Industrialmente, las mezclas pueden combinar un número relativamente grande de componentes para producir productos finales con diferentes requisitos de estabilidad funcional, mecánica o química, con diferentes condiciones de fabricación. Se producen en el proceso de moldeo o extrusión o al costo del producto terminado. Finalmente, la actividad está determinada por la naturaleza y distribución de la masa molecular del polímero original, la densidad de reticulación de las cadenas macromoleculares, las interacciones entre el polímero y las cargas aditivas y las cargas (Alcuri, 2018).

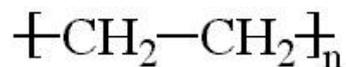
### **2.2.2. Tuberías de polietileno**

La tubería de polietileno es considerada como un polímero que presenta una cadena recta, con moléculas que contienen miles de átomos de carbono alineados. Para estos materiales un calentamiento origina un reblandecimiento antes de llegar a su punto de fusión sin alterar su estructura molecular, es decir sin que se haya modificado las propiedades químicas del material (Contreras, 2005). El Polietileno es un polímero de material sintético termoplástico que es resultado de la polimerización del etileno. Es un material que no tiene forma y parcialmente cristalino, de color translucido y blanquecino. Los diferentes tipos de Polietileno

que se encuentran son el resultado de las distintas condiciones de operación, llevadas a cabo en la reacción de polimerización (Lopez & Toapanta, 2019).

### 2.2.2.1. Estructura del polietileno

La estructura química del Polietileno es (CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-). Esta molécula está constituida en su unidad estructural por 2 de átomos de carbono y 4 átomos de hidrógeno juntados por enlaces covalentes. La fuerza de los enlaces C-C y C-H es 347 y 414 Kj/mol respectivamente. Esta unidad básica se puede replicar de manera indefinida para generar el Polietileno. Del tipo de catalizador usado en una reacción química, la temperatura y la presión, depende de la cantidad de veces que puede repetirse esta unidad básica (Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019).



**Figura 1.** Composición química del polietileno

Fuente: Tecnología de los plásticos

### 2.2.2.2. Clasificación de polietileno

Generalmente se clasifica el Polietileno de tres maneras diferentes acorde a la densidad que presentan, ya que por esta propiedad se conoce el modelo de la organización que tiene el polímero (Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019).

- Polietileno de un peso específico bajo.
- Polietileno de un peso específico medio.
- Polietileno de un peso específico alto.

Según (Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019) el polietileno de una densidad baja, es un polímero de varios ramales de secuencias el cual es resultado

por polimerización del etileno a elevadas coacciones por la mecánica de radicales libres, este contiene remplazos alquilo. Este cuenta con una densidad definida en el siguiente intervalo 0.910 0.925 g/cm<sup>3</sup>; No tiene color, no tiene olor y no es tóxico, así mismo se divide en: Polietileno de una densidad baja, Polietileno lineal de una densidad baja, Polietileno de densidad muy baja y Etil-Vinil-Acetato.

El Polietileno de una densidad media es un polímero con una densidad que comprende entre 0.930 0.940 g/cm<sup>3</sup>, el cual se aplica en la fabricación de tuberías.

### **2.2.2.3. Polietileno de alta densidad**

El Polietileno de una densidad alta (PEAD) es un polímero con distribución lineal y cortas divisiones. Se consigue mediante la polimerización del etileno aplicando bajas presiones utilizando catalizadores Ziegler-Natta o Proceso Philips. El mismo cuenta con una densidad que comprende entre 0.941 - 0.954 gr/cm<sup>3</sup> es inodoro, no tiene color, no tóxico y presenta resistencia a los agentes químicos y esfuerzos (Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019).

### **2.2.2.4. Propiedades del polietileno de alta densidad**

(Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019) las características del PEAD dependen de su estructura como las de algún otro polímero dependen de su distribución fundamentalmente; es decir, de su grado de cristalización y peso molecular. Es un material termoplástico sin forma y parcialmente cristalino.

#### **- Propiedades físicas**

La tabla 1 muestra el valor de la densidad que va desde 0.941 a 0.965 gr/cm<sup>3</sup>, evidencia un grado alto de cristalización, considerándose un material de aspecto ceroso y opaco (Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019).

#### **- Propiedades químicas**

La solidez química de los polímeros es superior a la reacción inorgánica como álcalis y ácidos. Pero son sensibles a algunos disolventes orgánicos, más que todo si su estructura química tiene semejanza con las unidades de su formación (Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019).

**Tabla 1.**

*Polietileno de alta densidad y propiedades físicas*

Propiedades	Unidades	Valor
Absorción de agua	mg a 96h	<0.5
Contracción	%	1.5 – 3
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0.941 – 0.965
Elongación punto de ruptura	%	1000
Solidez a la tensión	N/mm <sup>2</sup>	18 -35
Resistencia al impacto ranurado 1		
A 20 °C	KJ/m	No rompe -6
A -20°C	KJ/m	>5
Resistencia dieléctrica	KV/cm	>600

Fuente: (Lopez & Toapanta, 2019).

Cabe mencionar que (Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019) menciona que la permeabilidad es dependiente del espesor, del peso específico y de la temperatura del medio ambiente. A mayor peso específico se tiene menor permeabilidad; es decir, el PEAD tiene baja permeabilidad.

**Tabla 2.**

*Polietileno de alta densidad y propiedades químicas*

<b>Reactivo</b>	<b>Resistencia</b>
Ácidos – Concentrados	Muy buena
Ácidos – diluidos	Muy buena
Álcalis	Muy buena
Alcoholes	Muy buena
Cetonas	Muy buena
Grasas y aceites	Buena
Halógenos	Mala
Hidrocarburos aromáticos	Buena

Fuente: (Lopez & Toapanta, 2019).

- **Propiedades mecánicas**

(Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019) señala que las propiedades mecánicas del PEAD son dependientes de factores de su formación como: distribución de la cristalinidad, peso molecular y del peso molecular. Así mismo depender por factores externos como: la temperatura, el tiempo y medio químico. Cabe recalcar que la resistencia de tracción, rigidez y dureza de los Polietilenos se incrementa con la densidad.

La tabla 3 muestra las características o propiedades mecánicas más relevantes del PEAD.

**Tabla 3.**

*Polietileno de alta densidad y propiedades mecánicas*

Propiedades	Unidades	Valor
Coefficiente de fricción	-	0.29
Dureza (Rockwell)	-	D 60 – 73
Modelo de elasticidad	Gpa	0.5 – 1.2
Coherencia de Poisson	-	0.46
Fuerza a la tracción	Mpa	15 – 40
Fuerza al impacto	Jm <sup>-1</sup>	20 – 210

Fuente: (Valverde, 2006).

Existen varias evaluaciones y ensayos aplicados para las mediciones de propiedades mecánicas del Polietileno de una densidad alta, las mismas que son útiles para elaborar gráficas, como las de Esfuerzo y Deformación.

- **Propiedades térmicas**

(Lopez Pozo & Toapanta Herrera, 2019) afirma que las propiedades térmicas son dependientes de su distribución por otra parte, es diferente su comportamiento si se trata de un polímero sin forma, semicristalino o cristalino. La tabla siguiente muestra las características térmicas más primordial del PEAD.

**Tabla 4.***Polietileno de alta densidad y propiedades térmicas*

Propiedades	Unidades	Valor
Valor específico	$\text{KJ} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	1.9
Conductividad térmica	A 23°C ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )	0.45 – 0.52
Dilatación térmica	$\text{X}10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$	100-200
Temperatura máxima de utilización	°C	55-120
Temperatura de deflexión en caliente – 0.45Mpa	°C	75

Fuente: (Valverde, 2006).

#### 2.2.2.5. Propiedades reológicas del polietileno de alta densidad

(Arévalo Espinoza, 2016) Señaló que entendía la reología como la ciencia de la deformación y el flujo de la materia. En los polímeros, el comportamiento reológico involucra una variedad de fenómenos que de alguna manera están relacionados con diferentes mecanismos moleculares. Estos fenómenos y los principales mecanismos asociados a ellos se nombran de la siguiente manera:

- Flujo viscoso
- Viscoelasticidad
- Elasticidad

##### a) Índice de fluidez

(Arévalo Espinoza, 2016) afirma que Esta propiedad se usa comúnmente para medir el peso molecular, y son inversamente proporcionales, es decir, si nuestro índice de flujo es alto, nuestro peso molecular será bajo. Usando esta caracterización, también es posible determinar si es un polímero adecuado para la aplicación prevista del proceso de conversión.



### **b) Tiempo de degradación**

(Arévalo Espinoza, 2016) afirma que el tiempo de degradación es el tiempo máximo de residencia que un polímero puede trabajar a una temperatura dada sin disminuir sus propiedades, debido a que la degradación reduce el peso molecular del material, debilitándolo al romper los enlaces covalentes de las cadenas formadas durante el proceso de polimerización.

### **c) Termoplásticos**

(Arévalo Espinoza, 2016) señala que están compuestos de cadenas lineales o ramificadas y se ablandan con calor:

- Son procesables en el estado de fluidez.
- Pueden ser vueltos a procesar: son reciclables.
- Ejemplos de materiales termoplásticos: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Poli (cloruro de vinilo) (PVC), etc.

#### **2.2.2.6. Ventajas de la soldadura de plásticos**

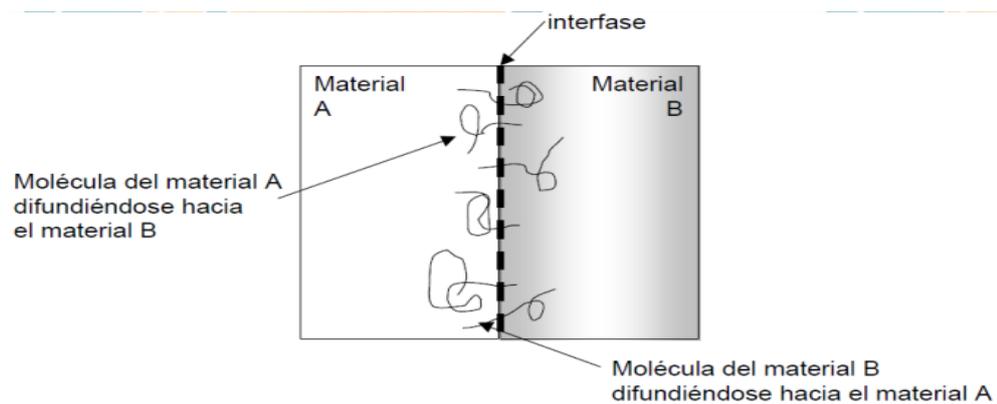
- La unión entre ambos materiales es relativamente homogénea.
- La resistencia de la unión es igual o superior a la del material base.
- Si la soldadura está bien hecha, los efectos de concentración de esfuerzos son relativamente bajos.
- No hay materiales extraños que puedan disminuir la resistencia química del plástico.

#### **2.2.2.7. Soldadura de plásticos**

Para que una unión soldada tenga características similares a las del material base, y por lo tanto presente buenas propiedades físicas (mecánicas, térmicas, etc), es necesario que las moléculas del plástico que están cerca de la interfase pasen de un material a otro y viceversa. Esto se llama difusión de las moléculas del polímero (Muñoz Pinzón, 2014).

### 2.2.2.8. Fenomenología de uniones soldadas de polímeros

- El aumento en la temperatura de los materiales poliméricos aumenta la movilidad de las cadenas poliméricas.
- De esta forma la difusividad del material es también aumentada.
- Algunos segmentos de las cadenas que se encuentran cerca de la intercara migran por difusión de un lado de la misma hacia el otro.



**Figura 2.** Difusión de moléculas en una unión soldada de dos materiales plásticos

Fuente: (Muñoz Pinzón, 2014)

### 2.2.2.9. Calidad de la superficie a soldar

- Otro requisito para una buena unión soldada es la homogeneidad y limpieza de las superficies a unir.
- En el caso del HDPE, debe esmerilarse las superficies antes de ser soldadas, debido a que los compuestos de bajo peso molecular migran a la superficie y dan esa superficie cerosa característica del HDPE.

### 2.2.3. Soldadura por termofusión

Este proceso de ablandamiento y endurecimiento se puede repetir sin cambiar sus propiedades. Esta propiedad es precisamente la que se aprovecha en el proceso de termosellado. El polietileno es un componente más importante de este grupo y es apto para su montaje (Lopez & Toapanta , 2019).



### **2.2.3.1. Descripción del equipo de Termofusión**

(Lopez & Toapanta , 2019) el equipo de termofusión principalmente se clasifica según al método de transferencia de potencia que se puede aplicar. Los más importantes son:

- Según el accionamiento mecánico. En las tuberías que tienen un diámetro disminuido (menores de 4”).
- Según el accionamiento hidráulico. Considerados equipos más adecuados para utilizar en la industria.

### **2.2.3.2. Elemento calefactor**

Es una placa calefactora de metal basada en la resistencia interna. La placa de metal es liviana para un fácil manejo con una fina capa de teflón para evitar que el plástico se pegue (Lopez & Toapanta , 2019).

### **2.2.3.3. Refrentadora**

El plato giratorio está equipado con cuchillas que eliminan la lámina para normalizar la superficie de las caras ensambladas y obtener un contacto completo entre ellas (Lopez & Toapanta , 2019).

### **2.2.3.4. Método de unión**

Es un método hidráulico o mecánico cuya función es separar y/o colocar en contacto la tubería secuencialmente con el equipo calefactor, la refrentadora y los extremos de la tubería fundida (Lopez & Toapanta , 2019).



### **2.2.3.5. Método de transmisión de la energía hidráulica**

Este método está compuesto por la tubería, bomba y accesorios que transmiten y conducen la energía por los diferentes mecanismos que tiene el equipo (Lopez & Toapanta , 2019).

### **2.2.3.6. Motor de accionamiento de la unidad de potencia**

Puede ser de combustión interna o eléctrico, su función es facilitar energía mecánica a al generador y en algunos casos a la bomba hidráulica (Lopez & Toapanta , 2019).

### **2.2.3.7. Generador eléctrico**

Es un mecanismo que brinda energía eléctrica a las partes del calefactor. Para los equipos de una energía automática, este mecanismo es iniciado mediante el motor de combustión interna y del mismo modo acciona la bomba (Lopez & Toapanta , 2019).

## **2.2.4. Parámetros de soldadura de termofusión**

(Lopez & Toapanta , 2019) lo denomina a los tamaños que deben ser controlados con la finalidad de garantizar una junta de garantía:

- Temperatura en la parte superficie de la plancha
- Presión del precalentado, calentamiento y la presión durante la unión.
- Tiempo durante el enfriamiento y tiempo durante la separación.

En la tabla 5 se presentan valores para los parámetros de una soldadura por termofusión, de acuerdo con el espesor de la tubería seleccionada.

**Tabla 5.**

*Parámetros de soldadura por termofusión*

Espesor tubo (mm)	Altura bordón inicial*h(mm)	Tiempo de calentamiento t2 (s)	Tiempo para retirar placa t3 (s)	Tiempo para alcanzar la presión t4 (s)	Tiempo de enfriamiento t5 (min)
>4.5	0.5	45	5	5	5
4.5-7	1.0	45-70	5-6	5-6	6-10
7-12	1.5	70-120	6-8	6-8	10-16
12-19	2.0	120-190	8-10	8-11	16-24
19-26	2.5	190-260	10-12	11-14	24-32
26-37	3.0	260-370	12-16	14-19	32-45
37-50	3.5	370-500	16-20	19-25	45-60
50-70	4.0	500-700	20-35	25-35	60-80

Fuente: (Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos, 2010)

Dónde:

- t1=Tiempo de creación del cordón inicial de altura \*h.
- t2=Tiempo del calentado en segundos.
- t3=Tiempo de separar la placa en segundos.
- t4=Tiempo para conseguir la tensión de soldadura en segundos.
- t5=Tiempo de refrigerado en minutos.
- t6=Tiempo necesario antes de supeditar al tubo a la tensión.
- A continuación, se indica en orden de prioridad de los parámetros teniendo en cuenta la obtención de la soldadura que obedezca con los requisitos y estándares de calidad:
- **Tiempo de calentamiento (t2):** Conseguir suficiente de la zona fundida



- **Tiempo de enfriamiento (t5):** Tomar en consideración de que si el tiempo de enfriamiento es corto traerá consecuencias de roturas débiles debido a presiones internas.
- **Rampa de presión (t4):** Al concluir el calentamiento, las puntas o extremos de los tubos serán unidas inmediatamente, siendo la presión gradualmente.
- **Retirar placa y cerrar (t3):** Esta actividad se la realiza en un tiempo menor posible, lo recomendado es  $< 10$  Seg. El tiempo debe ser el menor para evitar que las superficies calentadas de los tubos se enfríen.
- **Presión de fusión (p1):** Se ubica en el rango de 0.10-0.22 N/mm<sup>2</sup>. Es aconsejable no tener valores máximos cuando la fuerza de arrastre (p2) sea alta. El valor de p1 se obtiene de la tabla de la máquina más la tensión de arrastre. En la mayoría de los casos el valor de p2 acostumbra ser la décima parte de p1.
- **Temperatura (T):** Se encuentra entre 200-230 °C, esta variación no representa significativamente una diferencia en la resistencia de la soldadura.

#### 2.2.4.1. La temperatura en la superficie

(Contreras Almidón, 2005) menciona la temperatura recomendada por el fabricante es entre 400°F y 450°F. El valor está cerca del límite inferior para tubos de diámetro pequeño, debido al fácil control del grosor del grano, y el valor está cerca del límite superior para tubos de diámetro más grande, para acelerar el proceso de fusión.

#### 2.2.4.2. La presión de pre-calentamiento.

Esta presión es requerida para poner los tubos en contacto con la placa de calentamiento, es posible que experimente presiones similares en el proceso de



diseño de la asociación, esta presión debe mantenerse hasta la formación del bucle de fusión basal (Contreras Almidón, 2005).

#### **2.2.4.3. La presión del calentamiento.**

Una vez obtenido el anillo básico de fusión; Es necesario disminuir al mínimo la presión para consentir la generación de una masa buena fundida en sus extremos (Contreras Almidón, 2005).

#### **2.2.4.4. La presión de su unión.**

(Contreras Almidón, 2005) señala el inicio de fusión se define en calentar 2 superficies a una temperatura determinada y luego fusionarlas utilizando una presión. La presión hace que el material fundido fluya, lo que hace que se mezcle y fluya. La parte molecular cambia del estado cristalino al estado sin forma desde que se calienta el tubo de polietileno. Las moléculas de cada parte del polietileno se mezclan entre sí, cuando se aplica presión de fusión. Las moléculas vuelven a una forma cristalina y se convierten así en una unidad homogénea, cuando la unión se enfría. Los valores de la fuerza pueden variar y depender del diámetro y espesor (SDR) de la tubería y del modelo de máquina se utiliza. El tiempo de pegado mucho depende de factores ya mencionados anteriormente, generalmente de 1 a 2 min. por tubo dependiendo del espesor. Siempre revise la configuración y las secuencias recomendadas por el fabricante.

Definición de variables:

De = Diámetro externo, pulg.

T = Espesor de la pared, pulg.

$\Pi = 3.1416$

SDR = Standard dimensional relation (relación dimensional estándar)



PIF = Presión interfacial recomendada por el fabricante, PSI.

AETP = Área efectiva total del pistón, pulg<sup>2</sup>.

$$t = \frac{De}{SDR}$$

$$\text{Área} = (De - t) * t * \pi$$

$$\text{Fuerza} = \text{Árera} * PIF$$

$$t = \frac{(De - t) * t * \pi * PIF}{AETP} + 30P.S.I. (\text{arrastre})$$

Tamaño del tubo = 8"

De del tubo = 8.625 pulg.

SDR del tubo = 11

Presión interfacial recomendada = 75 PSI

Utilizando una unidad de fusión Modelo-28

$$t = \frac{De}{SDR} = \frac{8.625}{11} = 0.784 \text{ pulg} \quad AETP = 4.710 \text{ pulg}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Presión} &= \frac{(8.625 - 0.784) * 0.784 * 3.1416 * 75}{4.710} + 30P.S.I. (\text{arrastre}) \\ &= 338PSI \end{aligned}$$

#### 2.2.4.5. Tiempo de Enfriamiento

La junta fusible se instala hasta que se enfría y aumenta la resistencia, el tiempo de enfriamiento de la junta depende del espesor de la pared y lo establece el quién fabrica la tubería. Se deben considerar el tiempo de enfriamiento porque el objetivo es conseguir la integridad del sello (Contreras Almidón, 2005).



#### 2.2.4.6. Los fundamentos de soldadura a tope

La soldadura de botones consiste en el calentamiento de los extremos de tubos ensamblados con una placa caliente de 210 a 225 °C, y los tubos se ensamblan aplicando una presión preprogramada a cada modelo de tubo (Contreras Almidón, 2005).

(Contreras Almidón, 2005) Esta presión que se aplica para conectar las tuberías es continua, en todos los casos 0,15 N/mm<sup>2</sup>, ya que la presión aplicada en el sistema hidráulico se ve afectada por el área de la sección transversal de cada tubería conectada, la presión que conecta las tuberías y el área del pistón, las constantes se determinan de antemano.

Dónde:

Sistema hidráulico:  $F = p * S$

Tubo:  $F_1 = p_k * S_1$

De estas expresiones se tendrá:

$$F = F_1 \qquad p * S = p_k * S_1 \qquad p = p_k * \frac{S_1}{S}$$

Siendo:

F y F1 = Fuerza (Kg)

p = Presión del sistema hidráulico (manómetro en bar)

$p_k$  = Constante de presión de soldadura: 0.15 N/mm<sup>2</sup> o 1.5 bar

S = Superficie pistones hidráulicos (cm<sup>2</sup>)

$S_1$  = Superficie sección transversal del tubo (cm<sup>2</sup>)

#### **2.2.4.7. El sistema de la soldadura al tope**

En la introducción de la norma ISO 21307: Tubos y accesorios de plástico - Procedimiento de unión por fusión a tope para tubos y accesorios de polietileno (PE) utilizados en la construcción de sistemas de distribución de gas y agua, dice lo siguiente:

Con el aumento de la utilización de los materiales de polietileno bimodales, como PE 80 y PE 100, diariamente están hallándose más compuestos de PE en los mercados de tubos, adjuntando propuestas de secuencias de soldadura a tope que a corto tiempo demoran en un material similar. El objetivo de la normalización es motivar la utilización de secuencias iguales para los mismos modelos de materiales. Por todo ello, existe una obligación de evaluar, a escala mundial, las prácticas usuales de ejecución de soldaduras a tope en sistemas de abastecimiento y distribución de agua y gas, con objeto de establecer los mejores procedimientos que garanticen la máxima calidad de las soldaduras, de modo consistente y eficiente (International Standard ISO 21307, 2017).

En esta norma, se consideran los siguientes procesos:

- **Baja presión**

Temperatura de placa: 200 a 245°C

Presión inicial y presión final:  $P1 = P3 = 0.17 \text{ N/mm}^2$

Normas de referencia; DVS 2207.1 (Alemania), NEN 7200 (Holanda), UNE 533394 (España).

- **Baja presión dual**

Temperatura de placa: 200 a 245°C

Presión inicial y presión final:  $P1 = P3 = 0.17 \text{ N/mm}^2$

$P4=0,025 \text{ N/mm}^2$

Normas de referencia: UNI 10520 (Italia), WIS 4-32-08 (UK)



- **Alta presión**

Temperatura de placa: 200 a 230°C

Presión inicial y presión final:  $P1 = P3 = 0.52 \text{ N/mm}^2$

Normas de referencia: ASTM D 2657 (USA)

### **2.2.5. Proceso de soldadura por termofusión de tuberías de HDPE**

(Contreras Almidón, 2005) menciona que antes de iniciar el proceso de soldadura, todos los equipos eléctricos y fuentes de energía deben colocarse en lugares seguros, de lo contrario puede ocurrir un incendio o un accidente fatal. Los soportes de tubería deben prepararse con anticipación ajustando la altura para que la tubería quede alineada con las abrazaderas. La soldadura por tratamiento térmico, que se realiza en HDPE, requiere seguir un proceso específico, que se detalla a continuación:

#### **2.2.5.1. Colocación de las Tuberías**

(Contreras Almidón, 2005) define que los extremos de los tubos fundidos se limpian por dentro y por fuera. Las mordazas superiores se abren y los tubos a soldar se insertan en la máquina en pares de mordazas, asegurando una buena alineación hasta que los tubos estén perfectamente alineados y los extremos de los tubos puedan sobresalir aproximadamente 1 pulgada del frente de las mordazas.

#### **2.2.5.2. Presentación**

Una vez ensamblados los tubos en la máquina, se revisa las condiciones siguientes: la perpendicularidad de las caras al eje del tubo y el contacto completo de las caras del tubo soldado. Entonces el tubo se reinicia (Contreras Almidón, 2005).



### **2.2.5.3. Refrentado**

La cara se coloca entre los conectores del tubo. Se adjunta allí al mecanismo de flejado y el espacio restante mencionará el tamaño de material a cortar al final de la tubería. Se enciende el enderezador, luego se verifica que ambos extremos del tubo tengan un corte adecuado. Si el resultado de la prueba es positivo; El contador ha sido borrado. Luego se enroscan los extremos del tubo bajo presión de fusión para verificar el deslizamiento y, si las hay, se ajustan las abrazaderas (Contreras Almidón, 2005).

### **2.2.5.4. Pre calentamiento**

Cuando la plancha eléctrica alcance la temperatura que se recomienda por el fabricante; Esto es colocado entre los extremos del tubo. Los tubos entran en contacto con el hierro a una determinada presión y se calientan hasta formar un anillo base de fusión. Las estufas no son a prueba de explosiones y el uso del calefactor en entornos peligrosos sin las precauciones de seguridad adecuadas puede provocar una explosión y lesiones fatales (Contreras Almidón, 2005).

### **2.2.5.5. Calentamiento**

Las temperaturas de calentamiento incorrectas pueden dar como resultado una mala calidad de la unión. Verifique la temperatura del calentador dando importancia a la lectura del termómetro de cuadrante. Una vez reducido la presión de la plancha en contacto con las tuberías; Se inicia con el calentamiento para formar gránulos de suficiente espesor en ambos extremos del tubo (Contreras Almidón, 2005).



#### **2.2.5.6. Desprendimiento o separación**

Se considera al tiempo que se dedica en poner en contacto las tuberías una vez excluido el plato calefactor. El tiempo debe ser en lo posible insignificante para prevenir la solidificación de la masa plastificada (Contreras Almidón, 2005).

#### **2.2.5.7. La unión o asentamiento**

Conseguidas las condiciones deseadas en el proceso anterior; se dividen las tuberías para poder apartar la plancha. Por otra parte, se unen velozmente los extremos calentados a la presión de unión (Contreras Almidón, 2005).

#### **2.2.5.8. El enfriamiento**

(Contreras Almidón, 2005) considera que sin minimizar la presión, se deja el enfriamiento por un tiempo adecuado hasta que el material pueda alcanzar la temperatura del ambiente. Finalmente, este paso, se sueltan las mordazas y se mueven las tuberías, permitiendo el último extremo de la tubería al nivel del equipo y disponiendo la siguiente tubería. Del mismo modo los pasos referidos son considerados como fases dependientes de control a las siguientes:

- Calentamiento.
- Presión.
- Separación.
- Precalentamiento.
- Unión.
- Tiempo.



- Enfriamiento.

### **2.2.5.9. Factores que influyen en la calidad de la soldadura**

#### **- Condiciones de trabajo**

La protección de la unión del sol, viento y polvo es necesaria, para ello es recomendable realizar las uniones en un lugar cerrado o si estamos trabajando en campo se arme una tienda. La limpieza y el orden, antes, durante y después de realizar la soldadura es necesario, para ello se debe permanecer los extremos de los tubos por otra parte la placa calefactora, sin polvos o de sustancias extrañas que pueden alterar y contaminar el desarrollo correcto de la soldadura (Contreras Almidón, 2005).

#### **- Alineación**

El desalineamiento en los tubos PEAD no debe ser mayor al 10% del espesor del tubo como se especifica en la norma ASTM F2620, debido a que puede generar una disminución en la vida útil de la soldadura o a su vez disminuir su fuerza. Dicho desnivel puede ser generado por un acople inadecuado del tubo en las abrazaderas del equipo o que los extremos de los tubos estén mal cortados o refrentados. Es recomendable tener el mínimo desalineamiento posible, para lograr una correcta unión o pega. Al tener el caso que el desalineamiento sea mayor se pueden tener maneras de entallar o afilar, con manifestación de fuerzas, lo que puede generar una temprana falla en la unión de las tuberías (Contreras Almidón, 2005).

#### **- Índice de fluidez en masa (MFR)**

Este índice se define como un criterio para soldar diferentes materiales por el mismo procedimiento de soldadura.



Considerando el índice de fluidez es posible llevar a cabo soldaduras o uniones entre tubos PE 80 Y PE 100.

- **Parámetros de soldadura**

Para que la soldadura cumpla con todos los modelos y requisitos de calidad, es elemental considerar los siguientes parámetros de soldadura: temperatura y presión, tiempo, esto nos brinda seguridad para lograr una soldadura duradera y fiable.

### **2.2.6. Control de calidad**

(Contreras Almidón, 2005) considera que el programa de control de calidad de soldadura depende en gran medida de cada etapa de operación dentro de los rangos de tensión, tiempo y temperatura especificados; Estos parámetros se verificarán en un formato conocido como procedimiento del proceso de soldadura, en el que se deberán reflejar los valores más recomendados. La configuración de la junta nos mencionará directamente la corrección de los valores asignados en el control anterior. Se deberá considerar los siguientes aspectos:

- Una presión superior a la recomendada hará que la llanta se superponga, lo que puede dar lugar a una mala calidad, ya que la llanta saldrá forzada de los diámetros exterior e interior del compuesto, creando un "bucle frío" en la zona. La zona central de la fusión funcionando.
- Una presión inferior a la recomendada dará como resultado una fusión insuficiente debido a un contacto insuficiente en la región fundida. Los bordes formados deberán tener un tamaño y una forma uniformes alrededor de la junta de acuerdo con el diámetro exterior e interior.

### **Tabla 6.**

*Pautas de espesor y ancho del reborde fundido*



Medida del tubo (mm)	Ancho del tubo (mm)	Espesor del rebote (mm)
32 – 90	Cerca de 2	3 – 7
90 – 160	2 – 3	7 – 9
160 – 200	3 – 5	9 – 10
200 a más	5 – 7	10 - 13

Fuente: (Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos, 2010)

Una condición básica es un buen alineamiento para que la tubería pueda resistir con facilidad esfuerzos de flexión en la zona de costura. A fin de poder revisar la calidad de la instalación de la tubería de HDPE, es necesario realizar evaluaciones no destructivas y destructivas.

#### **2.2.6.1. Los ensayos no destructivos.**

Un ensayo no destructivo es un ensayo que determina la resistencia o calidad de una pieza sin limitar su utilidad ni aplicar métodos físicos indirectos como la transmisión del sonido. Estos métodos no modifican de forma permanente las propiedades físicas, químicas o dimensionales del material, por lo que la parte considerada puede ser reutilizada una vez finalizada la prueba. Las soldaduras se pueden verificar mediante métodos no destructivos, incluida la verificación visual de la forma del cordón de soldadura, la inspección ultrasónica, la prueba de presión hidrostática y la prueba de tensión neumática; Estas evaluaciones pueden encontrar defectos como desalineaciones, agujeros e incluso huecos y grietas. Si bien las pruebas no destructivas son relativamente factibles de aplicar, las personas que realizan la prueba están debidamente capacitadas y calificadas y tienen la experiencia para interpretar y evaluar adecuadamente los resultados, la precisión y



evitar el desperdicio de documentos o tiempo al realizar el examen (Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos, 2010).

- **Inspección Visual.**

Esta técnica se recomienda para comprobar la integridad de la superficie de los materiales, por lo que su empleabilidad es práctica cuando existe la necesidad de encontrar discontinuidades en la superficie. Cabe señalar que las soldaduras ópticamente buenas no son garantía de una calidad mecánica buena. La inspección visual identifica las condiciones de la superficie, como las superficies de las juntas desviadas, la forma o la presencia de fugas. El ángulo de aproximación o visibilidad y la luz son consideraciones muy importantes porque la inspección visual depende directamente de las condiciones presentes (Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos, 2010).

La revisión visual directo a simple vista se puede realizar a una distancia de aproximadamente 24 pulgadas (609,6 mm) y un ángulo de visión de al menos 30 grados desde la superficie a examinar. Los espejos se pueden usar para mejorar los ángulos de visión, al igual que una lupa o una lupa. Esta área debe estar suficientemente iluminada. La iluminación debería ser natural o artificial (350 lux). La inspección visual se puede monitorear a través de cámaras, lentes, fibras ópticas, etc. Cabe aclarar que las soldaduras visualmente buenas no son garantía de una buena calidad mecánica, por lo que es necesario realizar ensayos no destructivos fiables para comprobar la calidad de las tuberías en este campo (Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos, 2010).

- **Prueba de Inspección por Ultrasonido.**

(Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos, 2010) Las ondas ultrasónicas son ondas sonoras de la misma forma que las ondas



sonoras, excepto que su dominio de frecuencia se ubican en la región audible. Este método es una de las principales medidas de control no destructivo. Su implementación permite saber la integridad del material a través de su espesor y encontrar discontinuidades interiormente invisibles en la superficie de soldadura, así como determinar las diferencias estructurales de propiedades físicas y del material. El equipo es el siguiente:

- Equipo ultrasónico con generador de señales de 2.25 MHZ con un elemento de Lucita de 6 mm x 6 mm (1/4" x 1/4").
- Palpadores de incidencia angular, específicamente de emisión 60°.
- Acoplante: aceite.
- Trapos de limpieza.

Se realiza una limpieza de forma manual en toda la zona de soldadura y perímetro para eliminar cualquier resto de residuos presente en la misma. La superficie debe encontrarse libre de residuos y completamente seca. El dispositivo estará calibrado a la frecuencia nominal de 4MHz. Cuando la superficie esté limpia, la composición se aceitará, en este caso con aceite. Si el haz de ultrasonido está lo suficientemente espaciado para cubrir todo el grosor de la articulación, no es necesario mover el transductor hacia adelante y hacia atrás. Los resultados se muestran en alturas de eco de indicador, que representan la intensidad del haz de ultrasonido reflejado. La forma del índice de eco puede facilitar información sobre la morfología de la heterogeneidad. Si el indicador de eco obtiene la altura completa en unos pocos pasos (modo de frecuencia), generalmente proviene de un reflector plano que irradia en una dirección cercana a la perpendicular en ese plano; Esto será un signo de buena soldadura. Por el contrario, si la heterogeneidad es irregular, desigual, plana o rugosa, no irradia en dirección vertical, el aumento



de la radiación del eco será generalmente más gradual, lo que dará como resultado una soldadura deficiente y aparecerá un error (Contreras Almidón, 2005).

#### - **Prueba de Presión Hidrostática**

Desde las pruebas no destructivas hasta las pruebas de fuerza hidrostática realizadas en la línea de HDPE antes de su puesta en marcha, son más confiables y las utilizan las empresas que fabrican y controlan las tuberías de HDPE. Cabe aclarar que, debido a la flexibilidad del plástico, el alargamiento debido a la alta tensión circunferencial, además, el agua de llenado es necesaria como material para la resistencia a la fuerza hidrostática. Luego, el éxito de la prueba se evalúa por la cantidad de agua de reposición requerida para restaurar y mantener la presión de prueba original (Contreras Almidón, 2005).

Las actividades deben ser ejecutados por trabajadores cualificadas, así como las que realizarán las juntas como las que realizarán los ensayos y aprobarán la instalación. Las pruebas de tuberías de HDPE deben llevarse a cabo hasta una "longitud razonable", según la función, el diámetro de la tubería y la disponibilidad del volumen de agua requerido para la prueba hidrostática. Se sugiere dejar los tubos abiertos en sus uniones en el momento de la prueba hidrostática. Se puede identificar más fácilmente al contacto, una pequeña fuga de soldadura. Las condiciones del sitio, los accesorios de tubería, los procedimientos de la revisión y el contratista o ingeniero determinarán si la soldadura quedará expuesta durante la revisión (Contreras Almidón, 2005).

Toda tubería de polietileno propenso debe cubrirse por un tiempo determinado de cambios repentinos de temperatura durante la revisión. El agua, las tuberías y el suelo deben ser estables y térmicamente equilibrados. Los tubos deben llenarse y configurarse durante la noche (32°F) para la estabilidad térmica.



El período de estabilización térmica depende de la temperatura del agua residual, el tamaño de la tubería y las condiciones climáticas (Contreras Almidón, 2005).

Por razones de estabilidad y seguridad térmica, y para reducir la deflexión del bucle formado por el acoplamiento, la tubería debe estar firmemente apoyada no solo al principio y al final de la línea a ensayar, sino también en las curvas laterales y transversales y desviaciones Verticalmente para evitar cambios dimensionales, el tubo debe cubrirse con listones para evitar desviaciones bruscas en la dirección del tubo (Contreras Almidón, 2005).

La presión de revisiones debe tomarse en el punto más bajo de la línea para permitir que escape el aire a medida que se llena la línea. Se deben colocar dispositivos de ventilación mecánica adecuados en los puntos elevados. La bomba se puede operar de forma manual o automática, y la bomba y las válvulas deben probarse previamente para garantizar que no haya fugas o fugas durante la prueba (Contreras Almidón, 2005).

La tubería se somete a una fuerza de prueba de 1,5 veces la fuerza de diseño y se producirá una lenta caída de fuerza no solo debido a la expansión de la fuerza así mismo a las fluctuaciones de temperatura durante la revisión; A medida que aumenta la temperatura, la fuerza medida incrementará. Posterior de alcanzar la fuerza de revisión, debe mantenerse durante cinco horas, bombeando constantemente una cantidad necesaria de agua (Contreras Almidón, 2005).

El volumen de agua  $\Delta V(3H - 2H)$  adecuado para mantener la cantidad de agua permanente entre la 2da y 3ra hora tiene que ser controlado, de la misma forma la cantidad de agua entre la 4ta y 5ta hora  $\Delta V(5H - 4H)$ .



Donde se concluye que en intervalos que no son regulares de 2 horas deben restaurarse la fuerza de la revisión para el sucesivo bombeo. Así de esta forma se puede encontrar el incremento de volumen, controlando el volumen de agua que se ha introducido continuamente.

Si el volumen de agua  $\Delta V(5H - 4H)$  es más grande que:

$$\Delta V(5H-4H) = 0,550*\Delta V(3H-2H)$$

Entonces se concluye que no hubo fugas ni cambios inesperados en el tamaño del tubo durante el tiempo de revisión debido al incremento de alargamiento axial y/o temperatura. Cuando ocurre una fuga, generalmente se expresa como la cantidad de agua por longitud de tubería y para diferentes diámetros de tubería. Si este bloque se entrega con una validez de 1 hora y la longitud real del tubo probado  $V_{leak}$  es de 1 hora, los criterios de aceptación se pueden formular de la siguiente manera:

$$\Delta V (5H -4H) = 0,550*\Delta V(3H - 2H)+_{Leak,1h}$$

#### **2.2.6.2. Ensayos Destructivos.**

En las pruebas destructivas de tuberías de polietileno, la prueba de flexión es la prueba de flexión, que consiste en tomar una probeta por los extremos, sujetarla, sujetarla y aplicar la misma presión en cada lado, solo si es delgada. - amurallado. Esa fuente se puede hacer antes o después, sin grietas, poros o cavidades no visibles en la junta, sin cerco interno o cintura (Contreras Almidón, 2005).

### **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.3.1. Minería.**

La minería es un proceso de extracción algún tipo de mineral mediante un método de explotación ya sea tipo subterráneo o superficial.



### **2.3.2. Tubería de polietileno.**

Son tuberías fabricadas con polietileno de alta densidad (HDPE) o también llamada polipropileno (PP).

### **2.3.3. Termofusión.**

Es una técnica aplicada para unir, soldar tuberías de polietileno de alta densidad en el cual se utiliza una máquina que aplica una temperatura mayor a 250°C.

### **2.3.4. Calidad.**

Es una satisfacción del cliente con algún producto, servicio o resultado de algún trabajo.

### **2.3.5. Control.**

Es un proceso de observación minuciosa con la finalidad de realizar alguna comparación en algún parámetro en especial.

### **2.3.6. Supervisión.**

Es el proceso de vigilancia mediante la observación durante la ejecución de alguna actividad por parte de alguna máquina, equipo o persona.

### **2.3.7. Proceso.**

Es un conjunto de tareas, operaciones o fases de una actividad durante la transformación del producto.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en la Empresa Minera Antapaccay la cual está ubicada en el distrito de Yauri, provincia de Espinar y departamento de Cusco, aproximadamente a una altitud de 4200 m.s.n.m.

##### **Coordenadas geográficas:**

- 14° 47'32" Latitud Sur.
- 71° 24'38" Longitud Oeste.

##### **Coordenadas UTM, en el sistema WGS84, son:**

- 241661 Este 8348010 Norte      - 246771 Este 8348010 Norte
- 246771 Este 8347999 Norte      - 241661 Este 8347999 Norte

##### **3.1.1 Accesibilidad**

Para acceder a la mina Antapaccay, desde la ciudad de Cusco, se utiliza la siguiente ruta:

**Tabla 7.**

*Acceso a la Mina Antapaccay*

<b>Tramo</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Tipo de vía</b>
Cusco – Sicuani	118	2	Asfaltada
Sicuani – Espinar	87	1.75	Asfaltada
Espinar – Tintaya	20	0.5	Trocha
Tintaya – Antapaccay	2	0.25	Trocha
<b>Total</b>	<b>227</b>	<b>4.5</b>	

Fuente: elaboración propia

### **3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO**

El periodo de la duración del estudio fue durante el año 2021.

### **3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO**

Todos los materiales utilizados en la investigación fueron facilitados por la empresa METAL SUR FAMIN S.R.L.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

#### **3.4.1. Población**

La población de estudio estuvo conformada por todas las instalaciones de las tuberías de polietileno de alta densidad HDPE de diferentes diámetros (desde 1” -54”) que se instalaron para el flujo de agua en la Empresa Minera Antapaccay Así mismo Ríos (2017) afirma que la población es la totalidad de grupo de elementos u objetos que se desea investigar.

#### **3.4.2. Muestra**

La muestra para la investigación estuvo conformada por las tuberías de polietileno de alta densidad HDPE que tienen un diámetro de 14 pulgadas. Ya que



Niño (2011), afirma que la muestra es una parte representativa de una cantidad o población de estudio.

### **3.4.3. Muestreo**

El muestreo para el caso es de tipo no probabilístico según a la conveniencia de los investigadores. Porque según Niño (2011) menciona qué muestreo debe ser la más conveniente para el caso.

## **3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO**

### **3.5.1. Tipo de investigación**

El trabajo de investigación fue experimental ya que se manipuló la temperatura y el tiempo de calentamiento para mejorar la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad, ya que se cuenta con un solo grupo realizando las observaciones antes y después. Así mismo Hernandez et al. (2014) mencionan que se trata de estudios donde el primer requisito es la manipulación intencional de una o más variables independientes.

GE = O1-----X-----O2

GE = grupo experimental

O1 = observación antes

O2 = observación después

## **3.6 VARIABLES**



### 3.6.1. Variables de estudio

**Variables independientes:** Temperatura y tiempo de calentamiento del plato calefactor en la soldadura por termofusión a tope en tubería de polietileno de alta densidad en la Empresa Minera Antapaccay.

**Variable dependiente:** Soldadura por termofusión a tope en tubería de polietileno de alta densidad en la Empresa Minera Antapaccay.

**Tabla 8.**

*Operacionalización de variables.*

Variable de estudio	Indicadores	Escala de medición
Temperatura y tiempo de calentamiento del plato calefactor en la soldadura por termofusión a tope en tubería de polietileno de alta densidad en la Empresa Minera Antapaccay.	Temperatura Tiempo	Grados Celsius Minutos.
Soldadura por termofusión a tope en tubería de polietileno de alta	- Temperatura	- Grados Celsius
	- Presión	- Bar



---

densidad en la Empresa Minera	-	Tiempo	de	-	Minutos
Antapaccay.		calentamiento			
	-	Tiempo	de	-	Minutos
		enfriamiento			
	-	Fuerza	de	-	Kg
		rotura a un			
		ángulo de 90°			

---

Fuente: elaboración propia

### **3.7. MATERIALES Y MÉTODOS POR OBJETIVO**

#### **3.7.1. Materiales y métodos para la experimentación de la temperatura**

- Determinar cómo influye la temperatura de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar-Cusco.

#### ***Materiales***

- Pirómetro
- Trapo industrial
- Alcohol
- Generador eléctrico
- Cronómetro
- Bomba hidráulica
- Laptop
- Libreta de apuntes



### ***Método***

- Primeramente, se regulariza la temperatura requerida en el tablero eléctrico para realizar la soldadura, posteriormente se espera un tiempo de 10 min para llegar a la temperatura adecuada.
- Seguidamente se procede a la interacción con la tubería de polietileno de alta densidad para su calentamiento.

### **3.7.2. Materiales y métodos para la experimentación del tiempo**

- Determinar cómo influye el tiempo de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

### ***Materiales***

- Cronómetro
- Trapo industrial
- Alcohol
- Generador eléctrico
- Cronómetro
- Bomba hidráulica
- Computadora de escritorio
- Libreta de apuntes
- Calculadora

### ***Método***



Realizar los cálculos respectivos de la tubería HDPE, longitud de la tubería multiplicado por el espesor de la tubería y dividido en 60 min, agregando más un minuto a cada prueba para tener un resultado óptimo a una altitud de 4200 m.s.n.m.

**Tabla 9.**

*Cálculo de tiempos*

<b>Fase y/o etapas</b>	<b>Descripción</b>
Fase 1: Labio = $0.5+0.1*e = 4.59$ mm.	Formación de los labios requisitos en etapa 1
Fase 2: $t_2 = 12*e = 490.8$ s.	Un tiempo se calienta las caras homogéneas
Fase 3: $t_3 = 4+0.3 * e = 16.27$ s.	Se extrae el plato calefactor lo más rápido posible.
Fase 4: $t_4 = 4+0.4 * e = 20.36$ s.	Se cierra los tubos y se aplica la presión máxima.
Fase 5: $t_5: 3 + e = 43.9$ min.	Tiempo de enfriamiento con presión
Fase 6: $t_6 = 1.5*e = 61.35$ min.	Tiempo de enfriamiento sin presión

Fuente: elaboración propia

### 3.7.3. Pruebas Experimentales en función a los objetivos específicos

#### 3.7.3.1. Temperatura de la muestra 1

Para este proceso se realizó 6 pruebas y con 2 muestras de soldadura a diferente temperatura desde un mínimo hasta un máximo cómo se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 10.**

*N° de pruebas de temperatura del plato calefactor para la muestra -1*

Muestra	N° de pruebas	Temperatura del PC (°C)
1	1	215
	2	220
	3	225
	4	230
	5	235
	6	240

Fuente: elaboración propia

**Tabla 11.**

*N° de pruebas de temperatura del plato calefactor para la muestra -2*

Muestra	N° de pruebas	Temperatura del PC (°C)
2	7	215
	8	220
	9	225
	10	230
	11	235
	12	240

Fuente: elaboración propia

#### 3.7.3.2. Pruebas del tiempo de calentamiento

Para este proceso se realizó 6 pruebas y con 2 muestras de soldadura a diferentes tiempos desde un mínimo hasta un máximo, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 12.**

*N° de pruebas de tiempo de calentamiento muestra-1*

Muestra	N° de pruebas	Tiempo de calentamiento (min.)
1	1	7
	2	8
	3	8.5
	4	9
	5	9.5
	6	10

Fuente: elaboración propia

**Tabla 13.**

*N° de pruebas de tiempo de calentamiento muestra-2*

Muestra	N° de pruebas	Tiempo de calentamiento (min.)
2	7	7
	8	8
	9	8.5
	10	9
	11	9.5
	12	10

Fuente: elaboración propia

### 3.8. PROCEDIMIENTO PARA EL PROCESO DE SOLDADURA

El procedimiento que siguió la investigación fue de la siguiente manera.

- Revisión de equipos y herramientas.
- Posicionamiento de la máquina termo-fusión.
- Aseguramiento de la condición climática.
- Colocación y alineación de la tubería o accesorio a soldar.
- Comprobar la presión de arrastre.
- Proceso de refrentado.
- Colocación del plato calefactor entre ambas caras de la tubería.
- Comprobación de la presión de soldadura.
- Aproximación de las caras del tubo al plato calefactor y aplicar presión hasta formar un cordón uniforme.



- Retirar el plato calefactor y unir los extremos de la tubería.
- Mantener presión sobre las piezas.
- Desmontaje de piezas soldadas y el control de la calidad

### 3.9. ANÁLISIS DE DATOS

Respecto al análisis de datos se realizó mediante la estadística descriptiva e inferencial utilizando el software estadístico SPSS v.25, aplicando la prueba t de student.

### 3.10. PRUEBA DE HIPÓTESIS

- *Planteamiento de la hipótesis estadística*

**H<sub>0</sub>:** Hipótesis nula

**H<sub>i</sub>:** Hipótesis alterna

**H<sub>0</sub>:** La soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad no contribuye de manera significativa mediante el incremento de temperatura y tiempo de calentamiento del plato calefactor en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

**H<sub>i</sub>:** La soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad contribuye de manera significativa mediante el incremento de temperatura y tiempo de calentamiento del plato calefactor en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

- *Nivel de significancia*

Alpha = 5% = 0,05

- *Prueba estadística*

La prueba t de student

- *Criterio de decisión*

Si (p-value) < Alpha => rechaza la H<sub>0</sub>



Si  $(p\text{-value}) > \text{Alpha} \Rightarrow$  se acepta la  $H_0$

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

##### 4.1.1. Resultados experimentales de la temperatura

Se determino como influye la temperatura de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar-Cusco.

Para lograr con el objetivo se realizó en 2 muestras con 6 pruebas a diferentes temperaturas de calentamiento.

**Tabla 14.**

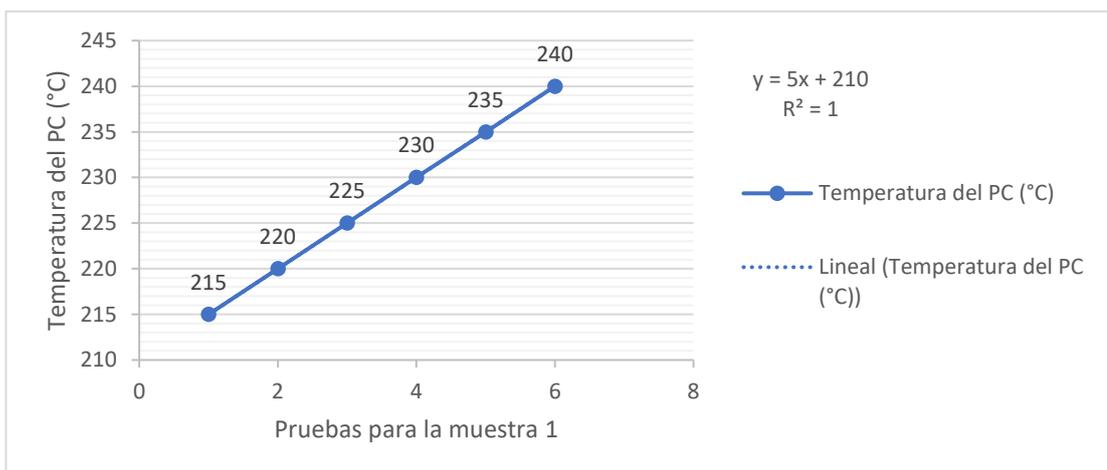
*Temperatura de calentamiento más óptima M-1*

N° de pruebas	Temperatura del PC (°C)	Fuerza de rotura a 90° (Kg)	Resultado
1	215	2326.7	Muy Malo
2	220	2609.7	Malo

3	225	2761.8	Malo
4	230	4191.7	Excelente
5	235	3656.6	Bueno
6	240	3612.6	Malo

Fuente: elaboración propia

La tabla 14 muestra las temperaturas de calentamiento para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad, donde las 6 pruebas que se le aplicó a la muestra 1, se evidencia que a mayor temperatura tiene mayor fuerza de rotura a 90° de un ensayo de dobles, la prueba 4 es la más óptima con 230°C y la fuerza de rotura a 90° de un ensayo de doblez, aplicando 4191.7 Kg donde el resultado es conforme, el resto de las pruebas tienen un resultado negativo frente a la aplicación de la fuerza de rotura.



**Figura 3.** Temperatura de calentamiento más óptima para M-1

La figura 3 muestra la temperatura más óptima de calentamiento para el soldeo por termofusión a tope en la tubería de polietileno de alta densidad, donde la prueba 4 tiene la temperatura máxima en la muestra 1 y el resultado es de conformidad.

**Tabla 15.**

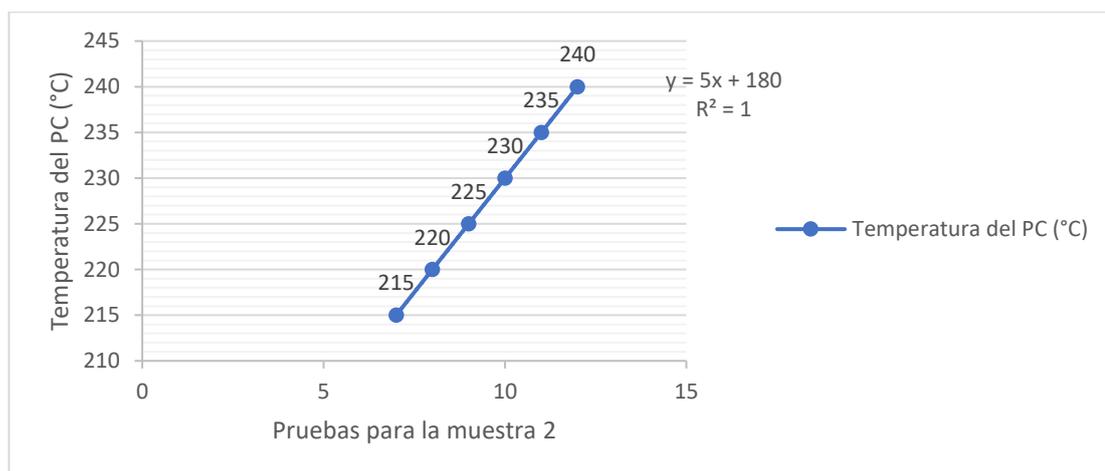
*Temperatura de calentamiento más óptima M-2*

N° de pruebas	Temperatura del PC (°C)	Fuerza de rotura a 90° (Kg)	Resultado
7	215	2334	Muy Malo

8	220	2697.5	Malo
9	225	2798.5	Malo
10	230	4263.4	Excelente
11	235	3696.8	Bueno
12	240	3686.8	Malo

Fuente: elaboración propia

La tabla 15 muestra las temperaturas de calentamiento para el soldeo por termofusión a tope en la tubería de polietileno de alta densidad, donde se aplicó a cada prueba diferente temperatura determinando que el valor máximo de temperatura tiene como resultado una conformidad, la prueba 4 con temperatura de calentamiento de 230°C y una fuerza de rotura a 90° de un ensayo de doblez con 4263.4Kg es conforme, el resto de pruebas tienen resultados negativos.



**Figura 4.** Temperatura de calentamiento más óptima para M-2

La figura 4 muestra la temperatura de calentamiento más óptima para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad, donde la prueba 4 es la que tiene la conformidad con 230 °C.

#### 4.1.2. Resultados experimentales del tiempo.

Determinar el tiempo de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m. de la Empresa Minera Antapaccay Espinar-Cusco.

Para lograr con el objetivo se analizó los resultados de 2 muestras donde a cada muestra se le aplicó 6 pruebas, con diferentes tiempos de calentamiento.

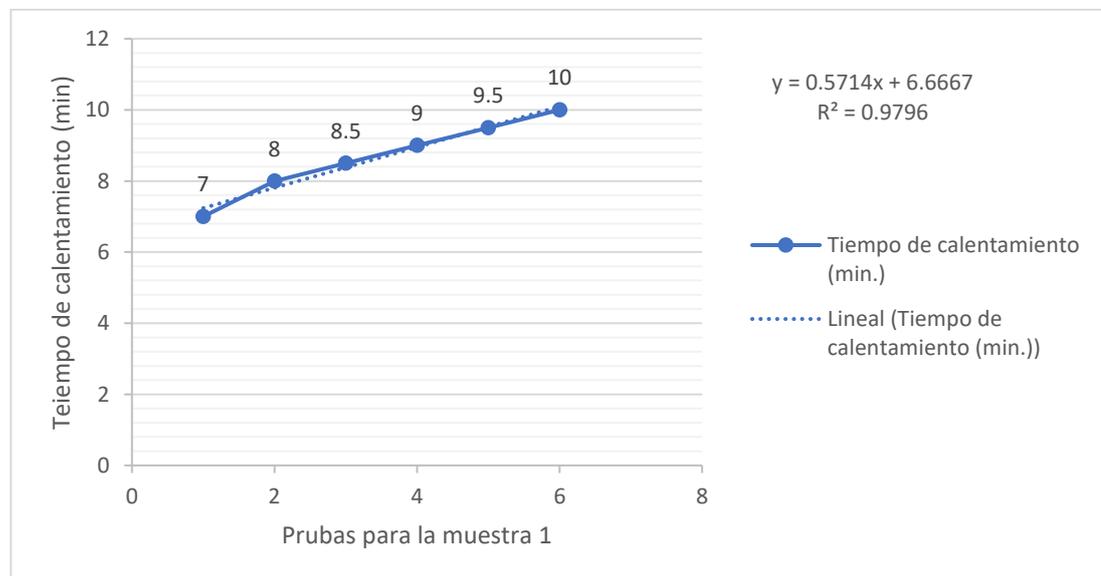
**Tabla 16.**

*Tiempo de calentamiento más óptimo M-1*

N° de pruebas	Tiempo de calentamiento (min.)	Tiempo de enfriamiento (min)	Fuerza de rotura a 90° (Kg)	Resultado
1	7	40	2326.7	Muy Malo
2	8	40	2609.7	Malo
3	8.5	40	2761.8	Malo
4	9	40	4191.7	Excelente
5	9.5	40	3656.6	Bueno
6	10	40	3612.6	Malo

Fuente: elaboración propia

La tabla 16 evidencia el tiempo más óptimo sobre el calentamiento del plato calefactor para un correcto soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad, donde la prueba 4 con un tiempo de calentamiento con 9.00 minutos es el más óptimo teniendo un resultado de conformidad.



**Figura 5.** Tiempo de calentamiento más óptimo para M-1

La figura 5 evidencia que el valor máximo es 9.00 minutos y es el más óptimo teniendo un resultado de conformidad frente al tiempo de calentamiento para un soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad.

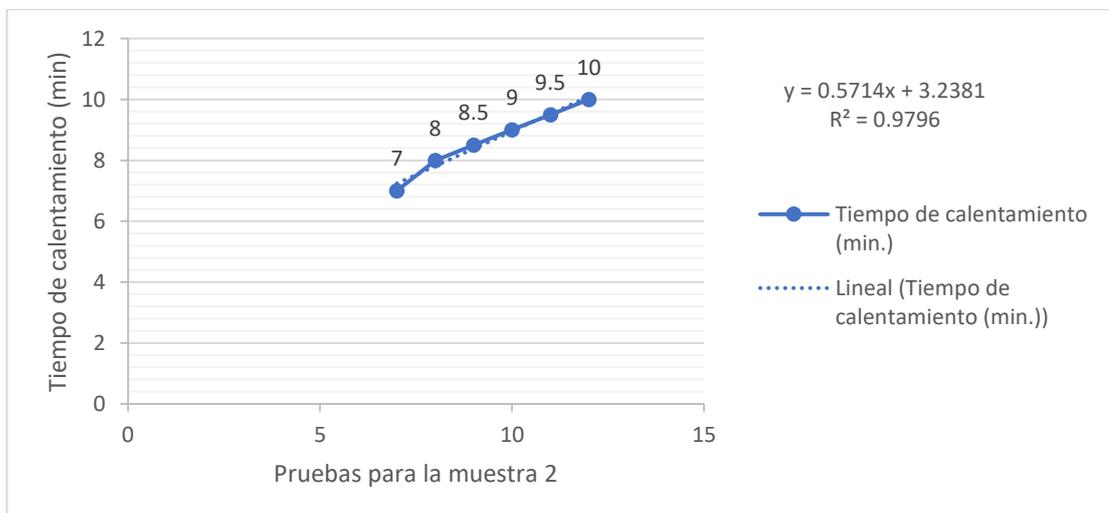
**Tabla 17.**

*Tiempo de calentamiento más óptima M-2*

N° de pruebas	Tiempo de calentamiento (min.)	Tiempo de enfriamiento (min)	Fuerza de rotura a 90° (Kg)	Resultado
7	7	40	2334	Muy Malo
8	8	40	2697.5	Malo
9	8.5	40	2798.5	Malo
10	9	40	4263.4	Excelente
11	9.5	40	3696.8	Bueno
12	10	40	3686.8	Malo

Fuente: elaboración propia

La tabla 17 muestra el tiempo de calentamiento del plato calefactor más óptimo para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad, donde la prueba 4 tiene el valor máximo en el tiempo de calentamiento con 9.00 minutos y presenta un resultado de conformidad así mismo a una fuerza de rotura a 90° de un ensayo de doblez con 4263.4 Kg, el resto de las pruebas tiene un resultado negativo.



### Figura 6. Tiempo de calentamiento más óptimo para M-2

La figura 6 muestra el valor máximo 9.00 minutos, la prueba 4 respecto al tiempo de calentamiento es el más óptimo para un adecuado soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad, el resto de las pruebas tiene un resultado negativo.

#### 4.1.4. Resultado final.

Analizar la soldadura por termofusión a tope en tubería de polietileno de la alta densidad en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

Para lograr el resultado final de la investigación se tuvo que realizar el análisis en dos muestras que se llevaron al laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos GEOMET S.A.C. INGENIEROS ASOCIADOS, para realizar la prueba de doblez en el cual podemos observar en la siguiente tabla.

**Tabla 18.**

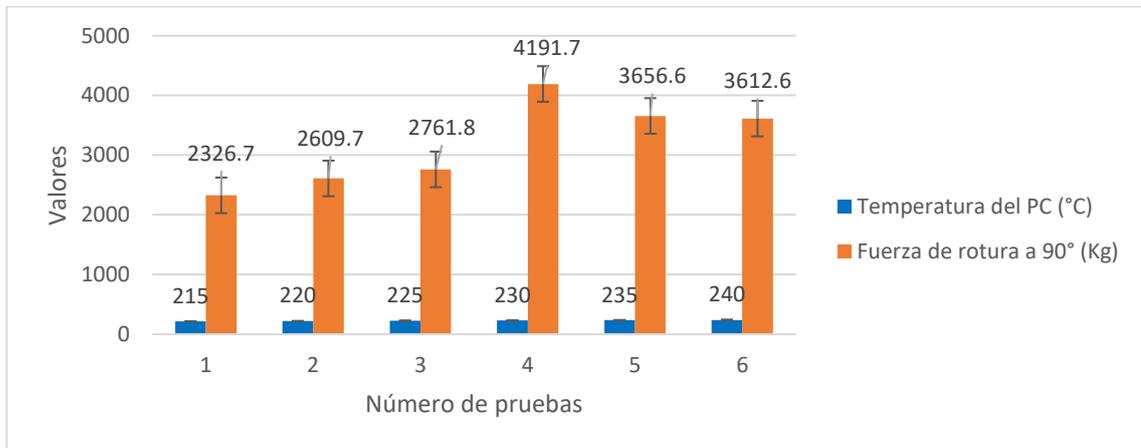
*Parámetros de soldadura a muestra 1*

N° de pruebas	Temperatura del PC (°C)	Presión (bar)	Tiempo de calentamiento (min.)	Tiempo de enfriamiento (min)	Fuerza de rotura a 90° (Kg)	Resultado
1	215	60	7	40	2326.7	Muy malo
2	220	60	8	40	2609.7	Malo
3	225	60	8.5	40	2761.8	Malo
4	230	60	9	40	4191.7	Excelente
5	235	60	9.5	40	3656.6	Bueno
6	240	60	10	40	3612.6	Malo

Fuente: elaboración propia

La tabla 18 muestra la fuerza máxima a la cuál fue aplicada la probeta de HDPE, ya que la prueba 4 fue donde se obtuvo la máxima fuerza de rotura a 90° de un ensayo de doblez con 419.7 Kg a una temperatura de 230°C y 9.00 minutos de tiempo de calentamiento, dando como resultado la conformidad de la calidad. Esto quiere decir que a mayor temperatura y a mayor tiempo de calentamiento del plato calefactor

de la tubería HDPE se tiene una mejor soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad.



**Figura 7.** Prueba de doblez muestra 1

La figura 7 muestra que la prueba 4 es la que presenta la mayor resistencia en la prueba de doblez analizando la muestra 1.

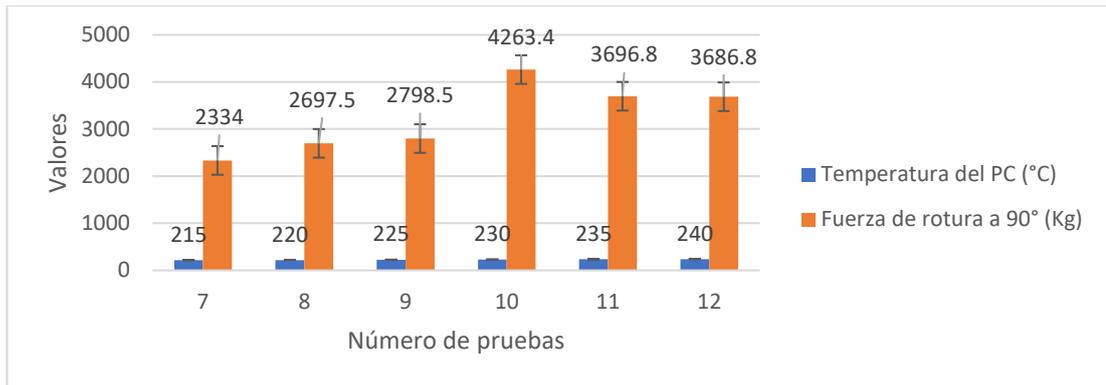
**Tabla 19.**

*Parámetros de soldadura muestra 2*

N° de pruebas	Temperatura del PC (°C)	Presión (bar)	Tiempo de calentamiento (min.)	Tiempo de enfriamiento (min)	Fuerza de rotura a 90° (Kg)	Resultado
7	215	60	7	40	2334	Muy malo
8	220	60	8	40	2697.5	Malo
9	225	60	8.5	40	2798.5	Malo
10	230	60	9	40	4263.4	Excelente
11	235	60	9.5	40	3696.8	Bueno
12	240	60	10	40	3686.8	Malo

Fuente: elaboración propia

La tabla 19 evidencia los resultados de la muestra 2 donde lo más resaltante es la prueba 4 donde se le aplicó una temperatura 230 durante 9.00 min. de calentamiento logrando una fuerza de rotura a 90° de un ensayo de doblez con 4263.4 Kg. Esto quiere decir que a mayor temperatura y a mayor tiempo de calentamiento se tiene una mejor soldadura por termofusión a tope en las tuberías de polietileno de alta densidad.



**Figura 8.** Prueba de doblez muestra 2

La figura 8 muestra el resultado de las 6 pruebas que se realizaron en la muestra 2 donde lo más resaltante se evidencia en la prueba 4 que a mayor temperatura 230°C se tiene una mayor fuerza de rotura con 4263.4Kg, de esta manera se cumple con las exigencias de las normas internacionales.

**Tabla 20.**

*Comparación de parámetros de soldadura antes y después*

Soldadura por termofusión	Nº de muestras	Temperatura del PC (°C)	Presión (bar)	Tiempo de calentamiento (min.)	Tiempo de enfriamiento (min)	Fuerza de rotura a 90° (Kg)	Resultado
Antes	1	220	60	8	40	2609.7	Negativo
	2	220	60	8	40	2697.5	Negativo
después	1	230	60	9	40	4191.7	Conforme
	2	230	60	9	40	4263.4	Conforme

Fuente: elaboración propia

La tabla 20 muestra los parámetros de soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad, donde se evidencia que tan solo con incrementar los valores de la temperatura y tiempo de calentamiento, se incrementa la fuerza de rotura a 90° de un ensayo de doblez, llegando a una conformidad y cumpliendo con los requisitos de la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad.

#### 4.1.5. Prueba de hipótesis

Se realizó la prueba “t” de student para verificar si existe diferencia significativa estadísticamente entre la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad en la Empresa Minera Antapaccay.

##### a) Planteamiento de la hipótesis estadística

**H<sub>0</sub>:** La soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad no contribuye de manera significativa mediante el incremento de temperatura y tiempo de calentamiento del plato calefactor en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

**H<sub>1</sub>:** La soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad contribuye de manera significativa mediante el incremento de temperatura y tiempo de calentamiento del plato calefactor en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

##### b) Nivel de significancia

Alpha = 5% = 0,05

Intervalo de confianza = 95%

##### c) Criterio de decisión

Si (p-value) < Alpha => se rechaza la H<sub>0</sub>

Si (p-value) > Alpha => se acepta la H<sub>0</sub>

**Tabla 21.**

*Estadística descriptiva de la fuerza de rotura a 90° de un ensayo de doblez*

Soldadura por termofusión	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Antes	2	2653,6000	62,08398	43,90000
Después	2	4227,5500	50,69956	35,85000

Fuente: elaboración propia

La tabla 21 muestra el promedio de los dos análisis de la fuerza de rotura a un ángulo de 90° de un ensayo de doblez el antes y después, resultados de la soldadura mediante termofusión a tope en tuberías de polietileno alta densidad.

Para determinar la diferencia significativa estadísticamente entre los dos análisis se aplica la prueba de “t” de student para la fuerza de rotura, tenemos los siguientes resultados que se muestra en la tabla 21.

**Tabla 22.**

*Prueba “t” de student para la fuerza de rotura*

<b>Incidentes</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>Diferencia de error estándar</b>
Se asumen varianzas iguales	- 27,770	2	0,001	-1573,95000	56,67832
No se asumen varianzas iguales	- 27,770	1,923	0,002	-1573,95000	56,67832

Fuente: elaboración propia

#### **d) Conclusión estadística**

Según la tabla 22 se puede observar que el p-value = 0.002 siendo < a 0.050 por lo tanto se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , esto quiere decir que la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad contribuye de manera significativa mediante el incremento de temperatura y tiempo de calentamiento del plato calefactor en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco, quedando demostrado estadísticamente mediante la prueba t de student.

## 4.2. DISCUSIÓN

La contribución positiva de la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad mediante el incremento de temperatura y tiempo de calentamiento en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco, se logró incrementar la resistencia a la fuerza de rotura a un ángulo de 90° de un ensayo de doblez de la probeta de HDPE desde una media de 2653,6000 a 4227,5500, así mismo se tuvo que incrementar la temperatura desde 220°C a 230°C y el tiempo de calentamiento de 8.00 min a 9.00 min. Del plato calefactor. De forma similar Sandoval (2014) encuentra los rangos recomendables para la termofusión respecto a la temperatura (216°C-264°C) y en tiempo de (8.00min-12.00min). Por otra parte Guanilo (2017), manifiesta que en la termofusión se tiene varios parámetros que es necesario controlar y den ser anotados por los operadores para así tener un mejor control.

La temperatura de calentamiento para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200m.s.n.m. se determinó un valor máximo en las dos muestras, la temperatura de 230°C con un resultado conforme. Del mismo modo Pfacsi (2019) menciona que los parámetros del proceso de termofusión es necesario controlar para evitar problemas de fuga en las tuberías HDPE. Sin embargo la falta de un sistema de control de calidad en las soldaduras de las tuberías HDPE genera pérdidas económicas, pérdidas de tiempo lo manifiesta (Chambilla, 2011).

El tiempo de calentamiento más óptimo para el soldeo por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad es de 9.00 minutos en las dos muestras teniendo un resultado de conformidad, donde se le aplicó 6 pruebas a cada muestra. De la misma manera Quispe (2021) manifiesta de que el clima influye, como el asoleamiento, viento, cielo despejado o nublado y sugiere no realizar la termofusión en un clima desfavorable. De forma similar Jacay & Lopez (2013) indican que para lograr los parámetros óptimos



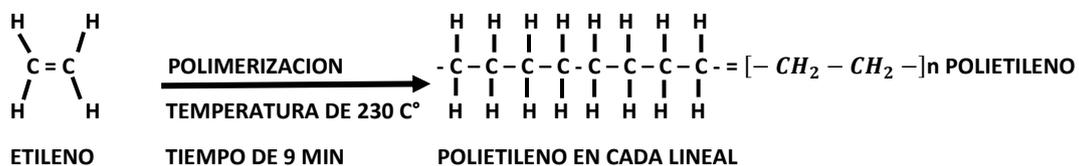
en la termofusión es importante realizar varias pruebas y las condiciones climáticas del ambiente es un factor muy importante para la termofusión.

## V. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación contribuye de manera positiva y significativa en la soldadura por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad por sus excelentes propiedades en la Empresa Minera Antapaccay Espinar – Cusco.

Primero: La temperatura de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200 m.s.n.m.; tiene una incidencia directa que, al incrementar la temperatura de 220°C a 230°C, La polimerización es más completa debido a que las moléculas entran en condiciones torturantes por la temperatura donde se obtendrá radicales orgánicos libres y a si los electrones se unen uno con otro formando una cadena lineal de electrones sueltos,

Según la reacción:



Bajo las condiciones indicadas se obtuvo una mayor resistencia a la tracción de 4191.7 Kg a 4263.4 Kg, mientras que a 220°C se obtiene baja resistencia de 2609.7 Kg a 2697.5 Kg, como se muestra en la tabla 15. Comparación de parámetros de calidad antes y después.



Segundo: El tiempo de calentamiento del plato calefactor para el soldeo por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad a una altitud de 4200 m.s.n.m. Es de suma importancia, ya que se observa en la tabla 15 que, al incrementar el tiempo de 8,0 minutos a 9,0 minutos, se obtiene que la polimerización de los electrones llega a fusionarse uno con otra obteniendo una estructura molecular extensa y la resistencia de la unión es igual o superior al polímero, más rígido ( $>E$ ) y mayor resistencia a la fluencia.



## VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere que al realizar un soldeo a mayor altitud por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad se debe incrementar la temperatura y tiempo de calentamiento el cual no está indicado en la norma ASTM 2620.

Se sugiere que al realizar el soldeo a mayor altitud por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad se debe incrementar la temperatura y hacer controles de resistencia en cada valor que se incrementa con la finalidad de obtener la mejor soldadura de la tubería.

Así mismo que al realizar el soldeo a mayor altitud por termofusión a tope de las tuberías de polietileno de alta densidad se debe incrementar el tiempo de calentamiento y hacer los controles del tiempo para encontrar el tiempo óptimo de soldadura de las tuberías.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcure, G. (2018). Los elastómeros en la construcción : aplicaciones y valorización medioambiental. *Memoria Investigaciones En Ingeniería, Núm, 16*, 1–19.  
<http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/294/353>
- Arévalo Espinoza, J. A. (2016). *Análisis de la variación de la temperatura de degradación, índice de fluidez y el torque máximo del polietileno de alta densidad en mezclas de material puro con pigmentos y material reciclado* [Universidad Politécnica salesiana sede Cuenca].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12035/7/UPS-CT005842.pdf>
- Arévalo Silva, J. A. (2014). *Construcción y lanzamiento de líneas submarinas de HDPE 18" de diámetro en la repontenciación del sistema de captación de agua de mar hasta 130 l/s Sociedad Minera Cerro Lindo - ICA* [Universidad Nacional del Callao]. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/1714>
- Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos, A. (2010). *Soldadura térmica en tuberías de polietileno (PE)*. <http://www.masa.es/wp-content/uploads/2013/06/INFORME-DE-SOLDADURA-TUBERIA-DE-PE-ASETUB-MAYO-2010.pdf>
- Ccari CCahua, E., & Condori Huanca, E. (2021). *Evaluación del sistema convencional (PVC) y el sistema de termofusión (HDPE) para el abastecimiento de agua, Puno - 2021* [Universidad Cesar Vallejo].  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/13069/Diaz\\_MYS-Cuevas\\_PIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/13069/Diaz_MYS-Cuevas_PIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cegna, G. (2011). *Caracterización mecánica al impacto de uniones de Polietileno soldadas por termofusión* [Universidad Nacional de Mar del Plata].  
<http://dspace.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/212/GCegna-TFG-IM-2011.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Chambilla Rivera, J. C. (2011). *Propuesta de diseño de un sistema de gestión de calidad en la fabricación de tanques y sistemas de tuberías para la empresa*



- Sergear S.A.C.* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann].  
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/459%0Ahttp://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1073%0Ahttp://www.unjbg.edu.pe/institucion/historia.php>
- Checco Colque, V. (2018). *Estudio del comportamiento de la soldadura por termofusión en geomembranas de alta densidad (HDPE) para pilas de lixiviación de cobre - caso pad de óxidos Antapaccay* [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/3452>
- Contreras Almidón, J. A. (2005). *Instalación de tuberías de polietileno ( HDPE ) para redes de alcantarillado : colector Torres de Marcavalle* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/11026>
- Fernandez Soledispa, V. H., Ugalde Vicuña, J. W., & Santos Mendez, M. M. (2017). Comparación cualitativa entre tuberías de polietileno de alta densidad y very resistance to rack. *Polo Del Conocimiento*, 2(5), 269–284.  
<https://doi.org/10.23857/casedelpo.2017.2.5.may.269-284>
- Guanilo Briones, C. (2017). Estudio de los procesos de electrofusión y termofusión en unión de tuberías de HDPE en una refinería [Universidad de Piura]. In *Universidad de Piura* (Vol. 1). <https://hdl.handle.net/11042/3195>
- Hernandez-Sampieri, R., Fernandez-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. In *Journal of Chemical Information and Modeling: Vol. 6ta edició* (6ta edició, Issue 9).  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- International Standard ISO 21307, 2017. (2017). *Plastics pipes and fittings — Butt fusion jointing procedures for polyethylene (PE) piping systems Tubes*. In *61010-1 © Iec:2001* (Third edit, Vol. 2003, p. 13).  
[https://www.google.com/search?q=ISO+21307&sxsrf=APq-WBsl4cv9k26zksvX5oS\\_MceoOOrS4Q%3A1647453214478&ei=HiQyYsXUHJKYwbkPmYOOsAU&ved=0ahUKEwjF24e9mcv2AhUSTDABHZmBA1YQ4dUDCA8&uact=5&oq=ISO+21307&gs\\_lcp=Cgndnd3Mtd2l6EAMyBQgAEIAEMgUIA BCABDIGCAAQFhAeMgYIABAWEB4yB](https://www.google.com/search?q=ISO+21307&sxsrf=APq-WBsl4cv9k26zksvX5oS_MceoOOrS4Q%3A1647453214478&ei=HiQyYsXUHJKYwbkPmYOOsAU&ved=0ahUKEwjF24e9mcv2AhUSTDABHZmBA1YQ4dUDCA8&uact=5&oq=ISO+21307&gs_lcp=Cgndnd3Mtd2l6EAMyBQgAEIAEMgUIA BCABDIGCAAQFhAeMgYIABAWEB4yB)
- Jacay Gallardo, A. R., & Lopez Huaynate, F. R. (2013). *Uso de la soldadura por termofusión en la impermeabilización con geomembrana HDPE del recrecimiento de los diques N° 1 y N° 2 de la relavera rumichaca U.E.A. Carahuacra Cia Minera*



- Volcan S.A.A. [Universidad Nacional del Centro del Perú].  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- Lopez Carhuancho, W. J. (2021). *Implementación del plan de control de calidad para la instalación del tendido del emisario submarino y componentes auxiliares del EIA-D (Proyecto provisión de servicios de saneamiento para los distritos del Sur de Lima -PROVISUR) 2019* [Universidad Privada del Norte].  
<https://hdl.handle.net/11537/27856>
- Lopez Pozo, J. M., & Toapanta Herrera, V. H. (2019). *Análisis comparativo del comportamiento de la soldadura por termofusión frente a las asoldaduras por adhesión y fricción en tuberías de polietileno (PE) para conducción de gas licuado de petróleo* [Escuela Politécnica Nacional].  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/786%0Ahttps://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/786/1/CD-1222.pdf>
- Muñoz Pinzón, S. A. (2014). *Soldadura por fricción batido de tuberías de polietileno para gas natural* [Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/5563>
- Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la Investigación* (A. Gutierrez (ed.); Primera ed). Ediciones de la U. [www.edicionesdelau.com](http://www.edicionesdelau.com)
- Parra, K. (2013). *Materiales plásticos, textiles, petróleo y Cerámicos*.  
<https://www.slideshare.net/Koldoparra/materiales-plsticos-textiles-ptreos-y-cermicos>
- Pfacsi Villagra, P. R. (2019). *Evaluación de resistencia a la tracción en juntas soldadas por termofusión a tope en tuberías de polietileno de alta densidad* [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].  
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/2874/253T20171097.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quispe Apaza, W. L. (2021). *Diseño e instalación de geomembrana para impermeabilización de depósito de relaves, Sina, Puno, 2021* [Universidad Cesar Vallejo].  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



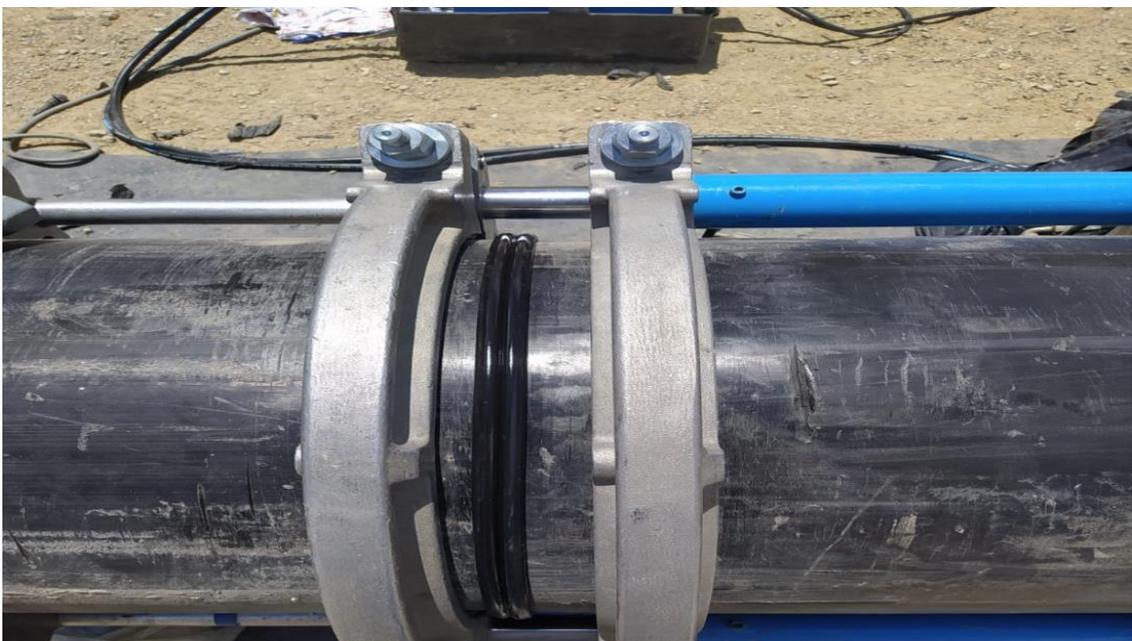
- Quispe Ortiz, J. R. (2020). *Diseño y conformación del revestimiento con geosintéticos de una poza para almacenamiento de aguas en exceso en una empresa a tajo abierto en Cajamarca* [Universidad Privada del Norte].  
<https://hdl.handle.net/11537/23899>
- Ríos Ramírez, R. R. (2017). *Metodología para la investigación y redacción* (Servicios Académicos Intercontinentales S.L. (ed.); Primera ed). Biblioteca Virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2017/1662/index.html?id=1662>
- Sandoval Paredes, C. M. (2014). *Análisis de los parámetros de la termofusión manual a socket en tuberías de HDPE* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos].  
<https://doi.org/http://hdl.handle.net/123456789/4368>
- Torres García, F. G. (1999). Polímeros: Procesos de Manufactur y diseño parte 1: termoplásticos. *Revista de Química*, XIII(1), 55–68. <https://docplayer.es/39253515-Polimeros-procesos-de-manufactura-y-diseno-parte-1-termoplasticos.html>
- Valverde Islas, J. (2006). *Utilización de métodos sistemáticos para el diseño de productos: caso de un portabebidas para automóviles* [Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo].  
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/285>
- Villasante Huahuacondori, F. R. (2014). *Evaluar las propiedades mecánicas y el deterioro de la microestructura de las uniones soldadas por termofusión (cuña caliente) a diferente temperatura y velocidad de avance en Láminas de Geomembrana HDPE de 2.0 mm.* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2930>

## ANEXOS

### Anexo 1. Fuga de agua por tubería soldada por termofusión



### Anexo 2. Termofusión de tubería enfriando a presión





Anexo 3. Permiso Escrito para Trabajo de Alto Riesgo (PETAR )

Código: TAN-NOP-SEG-013-REG-001	<b>PERMISO DE TRABAJO CON EXPOSICIÓN A ENERGÍA (NO ELECTRICA)</b>	
Versión: 03		
Fecha de revisión: 28/02/2018		

<b>INFORMACION GENERAL</b>		FECHA	02.11.20
RESPONDER ANTES DE DAR INICIO A UN TRABAJO CON EXPOSICION INDIRECTA A ENERGIA:			
¿PUEDE ESTA LABOR SER EVITADA?		¿HAY ALGUNA MANERA MÁS SEGURA DE HACERLO?	
El presente formato es el requisito indispensable para la realización de toda actividad temporal la cual conlleve la posibilidad de ser realizada con las maquinas o equipos en movimiento o donde la energia no pueda ser bloqueada desde la fuente principal de alimentación, este tipo de actividades siempre implica cierto grado de riesgo para las personas y equipos, por lo que se requiere procedimientos especiales donde se controlen los riesgos para evitar daños. Este permiso no es aplicable para los trabajos con exposición directa a energia eléctrica			
Nombre de la Tarea:			
Gerencia: R-H	Área: Hidroenergía	Empresa: M.S.F	
Lugar de Trabajo: P.B1	Fecha: 02-11-20		
NOMBRE		FIRMA	
1. <u>Antonio Castañeda</u>	1. <u>[Firma]</u>	5. _____	5. _____
2. <u>David Espinoza</u>	2. <u>[Firma]</u>	6. _____	6. _____
3. _____	3. _____	7. _____	7. _____
4. _____	4. _____	8. _____	8. _____

Turno de trabajo	Día ( <input checked="" type="checkbox"/> )	Noche ( )
Este permiso de trabajo no podrá ser autorizado por más de un turno		
<b>PRECAUCIONES REQUERIDAS</b>		
	SI	N/A
Existe un procedimiento escrito para la tarea y los trabajadores han sido debidamente entrenados	<input checked="" type="checkbox"/>	
El responsable del área, equipo, instalación o sistema que va a ser intervenido, ha evaluado el procedimiento para la realización del trabajo y lo aprueba	<input checked="" type="checkbox"/>	
Las herramientas y equipos que se utilizarán son apropiadas para el trabajo, se encuentran en buenas condiciones y el personal esta familiarizado con ellas	<input checked="" type="checkbox"/>	
El Equipo de Protección Personal es apropiado para hacer frente a los riesgos presentes en la labor, se encuentra en buen estado y los trabajadores conocen su uso	<input checked="" type="checkbox"/>	
El personal del área y el personal encargado de las labores conoce los riesgos inherentes al equipo, instalaciones y sistemas, así como los provenientes del método de trabajo empleado	<input checked="" type="checkbox"/>	
Se han identificado energías que pueden ser aisladas y bloqueadas durante la labor y se ha aplicado el procedimiento de bloqueo a estas		<input checked="" type="checkbox"/>
El trabajo requiere retiro de guardas, si la respuesta es "SI" estas deben ser repuestas a su estado original al termino del trabajo		<input checked="" type="checkbox"/>
Existe una persona adicional que acompañe en la realización de la tarea	<input checked="" type="checkbox"/>	
Se cuenta con personal entrenado en primeros auxilios	<input checked="" type="checkbox"/>	
Se ha comunicado a las personas del área sobre el trabajo a realizar	<input checked="" type="checkbox"/>	
Al término del trabajo las condiciones del equipo o área DEBEN ser restituidas a su estado original. Deben haberse repuesto las guardas y otros elementos de seguridad y el área debe quedar limpia y ordenada, libre de desperdicios, repuestos usados o derrames de líquidos.		

1) Supervisor de la Contratista  
Nombre: Juan Quispe  
Firma: [Firma]

2) Supervisor de la Tarea  
Nombre: PE  
Firma: [Firma]

3) Supervisor de Area  
Nombre: \_\_\_\_\_  
Firma: [Firma]



### Anexo 4. Chek list de preuso para tecles o polipastos



**INSPECCION DE TECLES**

MSF-001

Versión: 00

Fecha: 07/05/2018

PROYECTO: *Antepoche*  
 AREA: *Hydrogeología*  
 Frecuencia de Inspección: *Dias* Fecha: *02-11-20*

NÚMERO DE REGISTRO	NÚMERO DE REGISTRO / CODIGO	CAPACIDAD MAXIMA VISIBLE	LENGUETAS DE SEGURIDAD EN GANCHOS	DEFORMACIONES EN GANCHOS	FISURAS EN GANCHOS	CORROSION EN GANCHOS	DEFORMACIONES, MUSCAS, O TORCEDURAS EN ESLABONES	CORROSION EN ESLABONES	OJOS O ESLABON DESGASTADO.	TRIZADURAS EN PARTES SOLDADAS.	ALMACENAMIENTO ADECUADO	OTRO:
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	TRUPER 1 1/2	B 1 1/2	✓	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	TRUPER 1 1/2	B B	✓	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

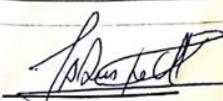
CONDICIÓN: *Buena*  
 B: BUENO  
 M: MALO (CÓDIGO DE FALLA)  
 NA = NO APLICA

PLAN DE ACCIÓN				
IDENTIFICACIÓN	CÓDIGO DE FALLA	¿QUÉ?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

OBSERVACIONES:

---

NOMBRE DEL INSPECTOR: León Quispe

  
 FIRMA

Página 1 de 1

Escaneado con CamScanner

Anexo 5. Formato de IPER continuo

Código: TAN-NGE-SGI-001-REG-001 Versión: 4 Fecha de revisión: 01/02/2020 AREA/UBICACIÓN/NIVEL: <b>Antapaccay</b> <b>Micrologologic</b> <b>PB1</b>		<b>-IPERC CONTINUO-</b> <b>ANÁLISIS DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO (AST)</b> AUTORIZACIONES (FIRMAS NECESARIAS ANTES DEL INICIO DE LA TAREA) SUPERVISOR DE LA TAREA (Antapaccay) Aprobado y revisa el presente documento: NOMBRE: <b>R.R.P.H.</b> SUPERVISOR CONTRASTA (responsable de la ejecución de la tarea) NOMBRE: <b>Walter Hanco.C</b> SEGURIDAD CONTRASTA: NOMBRE: <b>Walter Hanco.C</b>		FECHA: <b>02-11-2020</b> EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL: Casaca, casco reflectante, tapabocas, protección auditiva, guantes, Arnés, Protección Respiratoria, fibra de mantenimiento, Media Cara, Fullface, Guantes tipo <b>cuero</b> , Bloqueador Solar, Otro: <b>barbi quyo</b>	
NOMBRE DE LA TAREA: <b>Soldado de tub HOPE por termomision</b>		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS A USAR: <b>Generador Eléctrico, Equipo de termomision, teclé, llave, barbeta,</b>		RECOMENDACIONES GENERALES: REVISAR IPERC LÍNEA BASE Y PETA antes de la ejecución del IPERC Continuo PROCEDIMIENTO: ADJUNTAR PLAN DE RESCATE PARA TRABAJOS EN ALTURA SUPERIOR A 6 METROS Y TRABAJO EN ESPACIOS CONFINADOS (SI APLICA LA EJECUCIÓN DE ESTAS ACTIVIDADES) SI UN TRABAJO NO TIENE TODOS LOS CONTROLES O NO REUNE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD Y RESPONSABILIDAD DE DETENER LA TAREA, REPORTARLO A SU SUPERVISOR Y AL INGENIERO SSO	
EMPRESA: <b>Antapaccay</b> Controlada: <b>M.S.F</b>		PERSONAL QUE EJECUTA LA TAREA			
HORA <b>7:00</b> <b>7:00</b> <b>7:00</b>	NOMBRES <b>Noel Espinoza Ch</b> <b>Wilber Cruz Coate</b> <b>Julber Arned Tinbayé</b>	HORA   	FIRMA <b>N.R.P.H.</b>   	NOMBRES   	FIRMA   
<b>PELIGROS FATALES ASOCIADOS. ADJUNTAR PETA SI ES APLICABLE (ROJO)</b>					
1. Alentamiento y liberado de energía <input type="checkbox"/> 5. Trabajo cerca o taladas Excavación <input type="checkbox"/> 9. Trabajo en Caliente riesgo de incendio y Explosión <input type="checkbox"/> 13. Manipulación de materiales peligrosos <input type="checkbox"/> 17. Exposición directa a energía no eléctrica <input checked="" type="checkbox"/>					
2. Trabajo en Altura <input type="checkbox"/> 6. Trabajo en o cerca a partes energizadas eléctricamente <input type="checkbox"/> 10. Manipulación de explosivos/Vozabuzo <input type="checkbox"/> 14. Exposición a fuerzas radiactivas <input type="checkbox"/>					
3. Trabajo en espacios confinados <input type="checkbox"/> 7. Respuesta a emergencias <input type="checkbox"/> 11. Manipulación, mantenimiento de ligeros <input type="checkbox"/> 15. Trabajo en marde acuático <input type="checkbox"/>					
4. Operación de equipo Móvil <input type="checkbox"/> 8. Operaciones de golpe <input type="checkbox"/> 12. Con riesgo de resaca y estallido <input type="checkbox"/> 16. Operación de tratamientos o equipos con calor (calentado) <input type="checkbox"/>					
<b>SALUD E HIGIENE OCUPACIONAL</b>					
Alergias <input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vibración <input type="checkbox"/> Radiación UV <input type="checkbox"/> Iluminación <input type="checkbox"/> Radiación ionizante <input type="checkbox"/>		Gases <input type="checkbox"/> Humos <input type="checkbox"/> Vapor <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Aerosoles biológicos <input type="checkbox"/> Neblinas <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>		Movimiento repetitivo <input type="checkbox"/> Manejo manual de carga <input type="checkbox"/> Carga leve/recomendada <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>	
<b>ASPECTOS AMBIENTALES</b>					
Emisiones a la atmósfera <input type="checkbox"/> Generación de efluentes <input type="checkbox"/>		Potenciales biológicos <input type="checkbox"/> Confinamiento de recursos <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>		Radiación ionizante <input type="checkbox"/>	
<b>EQUIPOS/HERRAMIENTAS/MATERIALES/AMBIENTE DE TRABAJO</b>					
Protección de partículas <input checked="" type="checkbox"/> Gases Comprimidos <input type="checkbox"/> Guardas <input type="checkbox"/> Superficie metálica o oxidada <input checked="" type="checkbox"/> Material inflamable <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>		Estado de conservación <input checked="" type="checkbox"/> Frecuencia de habilitación <input type="checkbox"/> Zona: <b>1</b> Estado de comunicación <input checked="" type="checkbox"/>		Condición Climática Adversa <input type="checkbox"/>	
<b>PELIGROS PARA LAS MANOS</b>					
Superficies cortantes <input type="checkbox"/> Superficies colgantes <input type="checkbox"/>		Potenciales biológicos <input type="checkbox"/> Energía eléctrica <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>		Indicar los lugares en los que se identifican los peligros:	
Puntos de atracción/atrapamiento <input type="checkbox"/>		Equipos/partes en movimiento <input type="checkbox"/>		Carga y descarga de materiales <input type="checkbox"/>	
Superficies con contaminantes <input type="checkbox"/>		Sustancias químicas <input type="checkbox"/>		Otros: <input type="checkbox"/>	



<b>Chequeo Trimestral de Herramientas</b> Enero - Marzo <input type="checkbox"/> Abril - Junio <input type="checkbox"/> Julio - Septiembre <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre <input type="checkbox"/>	
Lista de Verificación antes de iniciar la tarea Herramientas <input checked="" type="checkbox"/> PEPAR (permisos) <input checked="" type="checkbox"/> Equipos <input checked="" type="checkbox"/> JET <input checked="" type="checkbox"/> EPP <input checked="" type="checkbox"/> IMSDS <input checked="" type="checkbox"/> Equipo de emergencia <input checked="" type="checkbox"/> Área de trabajo <input checked="" type="checkbox"/>	

<b>APTO PARA EL TRABAJO</b> 1. Hecho, trabajado y autorizado por el APY <input checked="" type="checkbox"/> 2. Inspección y certificación para el trabajo <input checked="" type="checkbox"/> 3. No haber consumido alcohol 48 horas antes del trabajo <input checked="" type="checkbox"/>
---



Tu seguridad está en tus Manos. Cuidadas, son irremplazables. ¿Qué harías sin ellas? Tus Manos son únicas. No existe repuesto. Tu vida necesita de tus MANOS. Aplica los procedimientos de SEGURIDAD

SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO (PASOS DE LA TAREA)	PELIGRO/ ASPECTO	RIESGO/ IMPACTO	Probabilidad	Consecuencia	Nivel de Riesgo			MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR (CONTROLES CRITICOS QUE AFLIQUEN)	Probabilidad	Consecuencia	Nivel del Riesgo residual		
					A	M	B				A	M	B
			17-23	7-11	1-6	17-23	7-11	1-6					
* Instalación de Equipo de termofusión a una fuente de Exotermia y posicionamiento en la bancada	* Superficie Inestable * Postura Dismorfonómica	* Caída a mismo nivel * Sobre esfuerzo	D	3	9	E	3	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Delimitar el área de trabajo</li> <li>* Caminar por zonas seguras</li> <li>* No levantar más de 25kg</li> <li>* Postura Adecuada</li> <li>* Apoyo del compañero</li> <li>* Uso de Guante de cuero</li> <li>* No tener contacto con el plato calefactor</li> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Check List del equipo</li> <li>* Comunicación ida y vuelta con el op</li> <li>* Uso de porticos o camison gvoz</li> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Contar con la higa MSDse</li> <li>* Embase rotulada con rumbo NPPA</li> <li>* Uso de tapon auditivo o orejeras</li> </ul>				
* Colocación de mordaza y levantado de la tubería	* Energía térmica	* Exp a superficie caliente	D	3	9	E	3	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Check List del equipo</li> <li>* Comunicación ida y vuelta con el op</li> <li>* Uso de porticos o camison gvoz</li> <li>* No exp a la línea de fuego</li> </ul>				
* Limpieza de la tubería con alcohol	* Repentadora	* Exp a partes filudas de	D	3	9	E	3	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Contar con la higa MSDse</li> <li>* Embase rotulada con rumbo NPPA</li> <li>* Uso de tapon auditivo o orejeras</li> </ul>				
* Proceso de termofusión de la tubería HDPE	* Carga Suspendida	* Exp a desplazamiento * Adición de mano	D	3	9	E	3	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Contar con la higa MSDse</li> <li>* Embase rotulada con rumbo NPPA</li> <li>* Uso de tapon auditivo o orejeras</li> </ul>				
* Documentación de la tubería HDPE de la bancada	* Alcohol	* Exp a Sustancias Químicas	D	2	5	E	2	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Contar con la higa MSDse</li> <li>* Embase rotulada con rumbo NPPA</li> <li>* Uso de tapon auditivo o orejeras</li> </ul>				
	* Riesgo operativo	* Exp a ruido	D	2	5	E	2	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Contar con la higa MSDse</li> <li>* Embase rotulada con rumbo NPPA</li> <li>* Uso de tapon auditivo o orejeras</li> </ul>				
	* Radiación UV	* Exp a rayos UV	D	2	5	E	2	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Contar con la higa MSDse</li> <li>* Embase rotulada con rumbo NPPA</li> <li>* Uso de tapon auditivo o orejeras</li> </ul>				
	* Generador Eléctrico	* Exp a cheque eléctrico	C	3	13	D	3	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Contar con la higa MSDse</li> <li>* Embase rotulada con rumbo NPPA</li> <li>* Uso de tapon auditivo o orejeras</li> </ul>				
	* Condición Climática adversa	* Exp a descarga eléctrica	C	4	18	D	4	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Contar con la higa MSDse</li> <li>* Embase rotulada con rumbo NPPA</li> <li>* Uso de tapon auditivo o orejeras</li> </ul>				
	* Covid 19	* Exp a covid 19	C	4	18	D	4	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No exp a la línea de fuego</li> <li>* Contar con la higa MSDse</li> <li>* Embase rotulada con rumbo NPPA</li> <li>* Uso de tapon auditivo o orejeras</li> </ul>				

MATRIZ DE RIESGOS												
NIVEL	PROBABLE			POSIBLE			IMPROBABLE			RARE		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 - CASUAL/EFÍMERO	15	19	23	24	21	25	26	22	27	28	24	29
2 - MENOR	10	14	18	18	16	21	23	24	20	22	25	26
3 - MODERADO	6	8	11	13	14	17	20	21	16	18	22	23
4 - MAYOR	3	4	5	6	7	8	10	11	12	14	16	17
5 - EXTREMAMENTE ALTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

CONSECUENCIA												
NIVEL	PROBABLE			POSIBLE			IMPROBABLE			RARE		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 - CASUAL/EFÍMERO	15	19	23	24	21	25	26	22	27	28	24	29
2 - MENOR	10	14	18	18	16	21	23	24	20	22	25	26
3 - MODERADO	6	8	11	13	14	17	20	21	16	18	22	23
4 - MAYOR	3	4	5	6	7	8	10	11	12	14	16	17
5 - EXTREMAMENTE ALTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

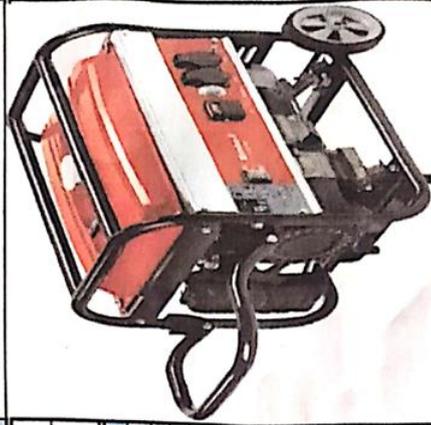


Anexo 6. Check list para herramientas manuales

CHECK LIST PRE- USO DE HERRAMIENTAS MANUALES SEMANAL																			
MSF-SEG-FOR-0155 Versión: 03 Fecha: 07/01/18																			
UNIDAD MINERA:	SERCICO		FECHA:		R		Requiere Cambio		NA										
UBICACIÓN:	PBI		02-11-20		J-701		J-701		J-701										
AREA:	Hidrocarburos		02-11-20		J-701		J-701		J-701										
METODO DE EVALUACION		X		Replacian		J-701		J-701											
Conforme		No Conforme		X		02-11-20		J-701											
NOMBRES Y FIRMA DEL TRABAJADOR		FECHA		Código		R		Requiere Cambio											
Noel Espinosa Ch		02-11-20		J-701		J-701		J-701											
NOMBRES Y FIRMA - SUPERVISOR		FECHA		Código		R		Requiere Cambio											
Noel Espinosa Ch		02-11-20		J-701		J-701		J-701											
IDENTIFICACIÓN DE LA HERRAMIENTA		CÓDIGO HERRAMIENTA		R		Requiere Cambio		NA											
Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA HERRAMIENTA		CÓDIGO HERRAMIENTA		R		Requiere Cambio		NA										
1	llave 1 1/4		MSF-001		J-701		J-701		J-701										
2	barreta 1		MSF-002		J-701		J-701		J-701										
3					J-701		J-701		J-701										
4					J-701		J-701		J-701										
5					J-701		J-701		J-701										
6					J-701		J-701		J-701										
7					J-701		J-701		J-701										
8					J-701		J-701		J-701										
9					J-701		J-701		J-701										
10					J-701		J-701		J-701										
11					J-701		J-701		J-701										
12					J-701		J-701		J-701										
13					J-701		J-701		J-701										
ELEMENTOS NO CRITICOS NO IMPIDE EL FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL EQ																			
ACCION CORRECTIVA					RESPONSABLE					FECHA DE CUMPLIMIENTO					FECHA DE CORRECCION				
DIA										RESPONSABLE DEL REGISTRO									
Nombre: Luis Buispo					Supervisor					02-11-20					Firma:				
Código: 100000					Sede					02-11-20					Firma:				

Anexo 7. Check list para generador eléctrico

CHECK LIST PRE USO - GENERADOR ELÉCTRICO SEMANAL									
		MSF-SEG-FOR-0175 Versión: 03 Fecha: 07/01/18							
UNIDAD MINERA:	Antapaccay								
UBICACIÓN:	PBI								
AREA:	Hidrogeología								
CRITERIO DE EVALUACIÓN		NO CONFORME	X	REPARACIÓN	R	REQUIERE CAMBIO	RC	NO APLICA	NA
DÍA		FECHA DE CONTROL (DD/MM/AA)							
FECHA DE CONTROL		02/11/2020	/	11/2020	/	02/2020	/	11/2020	/
NOMBRES Y FIRMA DEL TRABAJADOR									
NOMBRES Y FIRMA - SUPERVISOR									
EVALUACIÓN DEL EQUIPO									
1	Estado de Motor (Visual)	/	/	/	/	/	/	/	/
2	Nivel de Aceite & Condición	/	/	/	/	/	/	/	/
3	Tanque de Combustible	/	/	/	/	/	/	/	/
4	Nivel de Refrigerante Radiador	/	/	/	/	/	/	/	/
5	Limpieza de Bornes de Batería	/	/	/	/	/	/	/	/
6	Conexiones y Cables Eléctricos	/	/	/	/	/	/	/	/
7	Estado de Radiador	/	/	/	/	/	/	/	/
8	Panel de Control	/	/	/	/	/	/	/	/
9	Escapes de Motor visible	/	/	/	/	/	/	/	/
10	Dispositivo Parada Emergencia	/	/	/	/	/	/	/	/
11	Cuerda de arranque	/	/	/	/	/	/	/	/
12	Toma de Tierra	/	/	/	/	/	/	/	/
13	Extintor PQS de 6kg	/	/	/	/	/	/	/	/
14	Bandeja Antiderrame	/	/	/	/	/	/	/	/
15	Otros	/	/	/	/	/	/	/	/
ELEMENTOS NO CRÍTICOS NO IMPIDE EL FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL EQUIPO									
ACCIÓN CORRECTIVA									
DÍA									
RESPONSABLE DEL REGISTRO									
Nombre:		Noel Espinoza Ch		Cargo:		Op. Soldado HDP E		Fecha:	
Nombre:				Cargo:				Fecha:	
								02-11-2020	
								Firma:	
								Firma:	



Escaneado con CamScanner

Anexo 8. Check list para equipo de termofusión

UNIDAD MINERA:		INSPECCIÓN PRE- USO DE EQUIPO DE TERMOFUSIÓN			
UBICACIÓN:		SERVICIO:	FECHA:	MSF-SEG-FOR-014	
MARCA DE EQUIPO:		AREA:	HORA:	Versión: 02	
		MODELO:	SERIAL:	Fecha: 07/01/18	
ITEM	DESCRIPCIÓN	BUENO	MALO	NO APLICA	OBSERVACIONES
1	Conexión eléctrica apropiadas (enchufes industriales, cables eléctricos, conectores)	✓			
2	Guardas y cubiertas protectoras.	✓			
3	Pistones hidráulicos.	✓			
4	Condiciones de bastagos y sellos de los orrines	✓			
5	Condiciones de plato refrentador y cuchillas	✓			
6	Condiciones de plato calefactor	✓			
7	Estado de Mordazas sujeción de tubería HDPF	✓			
8	Estabilidad de equipo ( bastidor fijo, bancada estructural, act)	✓			
9	Conexiones hidráulicas, mangueras, acoples	✓			
10	Existe fuga de aceite en la bomba hidráulica.			N/A	
11	Tiene Varilla de medición de nivel de aceite hidráulico.	✓			
12	Nivel de aceite apropiado para operación	✓			
13	Estado de la bomba hidráulica	✓			
14	Cinta de inspección trimestral.	✓			
15	Condición adecuada de manómetro.	✓			
16	Extintor PQS de 6 kg.	✓			
COMENTARIO:					





## Anexo 9. Resultados de la primera muestra M-1

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
		DOBLEZ				
		(NORMA ASME IX, ASTM 2620)				
PROYECTO: <b>ANTAPACAY</b>						
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: <b>CUSCO</b>		PROVINCIA: <b>ESPINAR</b>		DISTRITO: <b>ESPINAR</b>		
SOLICITANTE: <b>NOEL ESPINOZA CHELQUETUMA - JULBER AMED TINTAYA SINCA</b>						
<b>DATOS DE MUESTRA</b>						
Concepto: <b>EVALUACION DE DOBLEZ EN TUBERIAS</b>				Fecha: <b>Diciembre del 2021</b>		
MUESTR: <b>PROBETAS DE HDPE</b>		Lado: <b>HORIZONTAL</b>		MUESTRA <b>M-1</b>		
TUBO: <b>ASTM F-714/D3350</b>		Localización: <b>-</b>		Hecho por: <b>J.C.E.</b>		
<b>DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS</b>						
TIPO DE ENSAYO: <b>DOBLEZ</b>		CALIFICACION INICIAL <b>X</b>		RECALIFICACION <b>N/A</b>		
IDENTIFICACIÓN DEL FPS SEGUIDO: <b>-</b>						
ESPECIFICACIÓN DEL TUBO (DIÁMETRO): <b>ASTM F-714/D3350</b>		CLASIFICACIÓN: <b>PE - 4710</b>				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERIA HDPE</b>						
ESPECIFICACION DE LA TUBERIA <b>ASTM F-714/D3350</b>		CLASIFICACIÓN: <b>PE - 4710</b>				
TAMAÑO DEL TUBERIA (DIÁMETRO) (pulg) <b>14 "</b>		ESPESOR DE LA PARED DE LA TUBERIA : <b>39.7 mm</b>				
TAMAÑO DEL TUBERIA (DIÁMETRO) (mm) <b>355 mm</b>		SDR <b>9</b>				
PE <b>100</b>		PN <b>16</b>				
<b>RESULTADOS</b>						
EXAMINACION VISUAL DE JUNTA COMPLETA		<b>CONFORME</b>				
EXAMINACIÓN DE DATOS DE DATA LOGGER:		<b>CONFORME</b>				
<b>ENSAYO DE DOBLADO</b>						
N°PRUEBAS	TEMPERATURA DEL PC	PRESION	TIEMPO DE CALENTAMIENTO	TIEMPO DE ENFRAMENTO	RESULTADOS	FUERZA DE ROTURA A 90°
1	215 C°	60 BAR	7:00MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	2326.7KG
2	220 C°	60 BAR	8:00MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	2609.7KG
3	225 C°	60 BAR	8:30MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	2761.8KG
4	230 C°	60 BAR	9:00MIN	40 MIN	SOL EPICAZ	4191.7KG
5	235 C°	60 BAR	9:30MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	3656.6KG
6	240 C°	60 BAR	10:00MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	3612.6KG
<b>OBSERVACIONES</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condición de muestra: visualmente en buen estado.</li> <li>- Las muestras ensayadas fueron extraídas de las muestras proporcionadas por el solicitante</li> <li>- Norma del ensayo ASTM F2620 edición 2013 y ASME IX 2013 - edición 2016 parte 8. sección a328,2.1</li> <li>- Temperatura ambiente durante ensayo: 18.6 °c</li> <li>- Las muestras se rompieron en el material base</li> </ul>						
<b>LABORATORIO GEOMET S.A.C.</b>		<b>REVISADO</b>		<b>SUPERVISOR</b>		
Nombre: <b>Ing. John D. Coronado Enriquez</b>		Nombre: <b>Ing. Florencio Curo Tito</b>		Nombre:		
Firma:		Firma:		Firma:		
Ing. John D. Coronado Enriquez JEFE DE CONTROL DE CALIDAD		Ing. Florencio Curo Tito CIP. 121433 RESPONSABLE DE LABORATORIO				
Fecha: <b>Diciembre del 2021</b>		Fecha: <b>Diciembre del 2021</b>		Fecha:		

## Anexo 10. Resultado para la segunda muestra M-2

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
		DOBLEZ				
		(NORMA ASME IX, ASTM 2620)				
PROYECTO: <b>ANTAPACAY</b>						
UBICACIÓN:		DEPARTAMENTO: <b>CUSCO</b>	PROVINCIA: <b>ESPINAR</b>	DISTRITO: <b>ESPINAR</b>		
SOLICITANTE: <b>NOEL ESPINOZA CHELQUETUMA - JULBER AMED TINTAYA SINCA</b>						
<b>DATOS DE MUESTRA</b>						
Concepto:	<b>EVALUACION DE DOBLEZ EN TUBERIAS</b>			Fecha:	<b>Diciembre del 2021</b>	
MUESTRA:	<b>PROBETAS DE HDPE</b>			MUESTRA:	<b>M-2</b>	
TUBO:	<b>ASTM F-714/D3350</b>	Lado:	<b>HORIZONTAL</b>	Hecho por:	<b>J.C.E.</b>	
Localización:	-					
<b>DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS</b>						
TIPO DE ENSAYO:	<b>DOBLEZ</b>	CALIFICACION INICIAL:	<b>X</b>	RECALIFICACION:	<b>N/A</b>	
IDENTIFICACIÓN DEL FPS SEGUIDO:	-					
ESPECIFICACIÓN DEL TUBO (DIÁMETRO):	<b>ASTM F-714/D3350</b>	CLASIFICACIÓN:	<b>PE - 4710</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERIA HDPE</b>						
ESPECIFICACION DE LA TUBERIA	<b>ASTM F-714/D3350</b>	CLASIFICACIÓN:	<b>PE - 4710</b>			
TAMAÑO DEL TUBERIA (DIÁMETRO) (pulg)	<b>14"</b>	ESPESOR DE LA PARED DE LA TUBERIA:	<b>39.7 mm</b>			
TAMAÑO DEL TUBERIA (DIÁMETRO) (mm)	<b>355 mm</b>	SDR	<b>9</b>			
PE	<b>100</b>	PN	<b>16</b>			
<b>RESULTADOS</b>						
EXAMINACION VISUAL DE JUNTA COMPLETA	<b>CONFORME</b>					
EXAMINACIÓN DE DATOS DE DATA LOGGER:	<b>CONFORME</b>					
<b>ENSAYO DE DOBLADO</b>						
N°PRUEBAS	TEMPERATURA DEL PC	PRESION	TIEMPO DE CALENTAMIENTO	TIEMPO DE ENFRIAMIENTO	RESULTADOS	FUERZA DE ROTURA A 90°
1	215 C°	60 BAR	7 MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	2334.0KG
2	220 C°	60 BAR	8:00MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	2697.5KG
3	225 C°	60 BAR	8:30MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	2798.5KG
4	230 C°	60 BAR	9:00MIN	40 MIN	SOL EFICAZ	4263.4KG
5	235 C°	60 BAR	9:30MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	3696.8KG
6	240 C°	60 BAR	10:00MIN	40 MIN	SOL NO BUENA	3686.8KG
<b>OBSERVACIONES</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condición de muestra: visualmente en buen estado.</li> <li>- Las muestras ensayadas fueron extraídas de las muestras proporcionadas por el solicitante</li> <li>- Norma del ensayo ASTM F2620 edición 2013 y ASME IX 2013 - edición 2016 parte 8. sección a328.2.1</li> <li>- Temperatura ambiente durante ensayo: 18.6 °c</li> <li>- Las muestras se rompieron en el material base</li> </ul>						
<b>LABORATORIO GEOMET S.A.C.</b>		<b>REVISADO</b>		<b>SUPERVISOR</b>		
Nombre:		Nombre:		Nombre:		
Firma:		Firma:		Firma:		
Ing. John D. Córdoba Enriquez JEFE DE CONTROL DE CALIDAD		Ang. Florencio Curo Tito CIP: 121433 RESPONSABLE DE LABORATORIO				
Fecha: Diciembre del 2021		Fecha: Diciembre del 2021		Fecha:		

## Anexo 11. Norma ASTM 2620

ASTM Internacional ha autorizado la traducción de esta norma pero no se responsabiliza por la exactitud técnica o lingüística de la traducción. Sólo la edición inglesa que ASTM publicó y protegió por la propiedad literaria debe ser considerada la versión oficial.

This Spanish standard is based on ASTM F2620-13, Standard Practice for Heat Fusion Joining of Polyethylene Pipe and Fittings, 2014, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Translated and reprinted pursuant to license agreement with ASTM International.

Esta norma en español se basa en la ASTM F2620-13, Práctica estándar para la unión por termofusión de tuberías y accesorios de polietileno, 2014, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Traducida y reimpresa conforme a lo dispuesto en el acuerdo de licencia con ASTM International.



**Designación: F2620-13**

Una norma nacional estadounidense

### Práctica estándar para Uniones por Termofusión de Tuberías y Accesorios de Polietileno<sup>1</sup>

Esta norma se emite bajo la designación fija F2620; el número que aparece inmediatamente después de la designación indica el año de aprobación original, o en el caso de una revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Una letra épsilon superíndice (ε) indica un cambio editorial desde la última revisión o reaprobación.

#### 1. Alcance\*

1.1 Esta práctica describe procedimientos para realizar uniones con tuberías y accesorios de polietileno (PE) mediante uniones por termofusión en campo, pero sin limitarse a este entorno. Pueden obtenerse otros procedimientos adecuados para la unión por termofusión de diversas fuentes, como por ejemplo los fabricantes de tuberías y accesorios. Esta norma no pretende tratar todos los procedimientos de unión por termofusión, ni excluir el uso de procedimientos calificados elaborados por terceros con los que se ha demostrado que se producen uniones por termofusión confiables.

1.2 Los parámetros y procedimientos son aplicables solo para unir tuberías y accesorios de polietileno con similar composición química de polímeros. Están destinados a tuberías de PE para gas de combustión según la especificación D2513 y tuberías de PE para agua potable, desagües e industriales fabricadas según lo dispuesto en la Especificación F714, la Especificación D3035 y la AWWA C901 y C906. Consulte al fabricante de las tuberías para asegurarse que aprueba este procedimiento para la tubería en la que va a realizarse la unión (ver Apéndice X1).

NOTA 1 - En Plastic Pipe Institute (PPI) TR-33 y TR-41 se presenta información sobre tuberías y accesorios de polietileno con composición química de polímeros similar.

1.3 Las partes que se encuentran dentro de las tolerancias indicadas en las especificaciones actuales de ASTM deben producir uniones sólidas entre tuberías y accesorios de polietileno cuando se utilizan las técnicas de unión descritas en esta práctica.

1.4 Los valores indicados en pulgadas-libras deben considerarse como la norma. Los valores encerrados entre paréntesis son conversiones matemáticas a unidades SI que se proporcionan únicamente con fines informativos y no se consideran como la norma.

1.5 El texto de esta práctica hace referencia a notas, notas al pie de página y apéndices que proporcionan material explicativo. Estas notas y notas al pie (a excepción de aquellas que aparecen en tablas e ilustraciones) no deben considerarse como un requisito de la práctica.

1.6 *Esta norma no pretende tratar todas las cuestiones de seguridad, en caso de existir, asociadas con su uso. El usuario de esta norma es responsable de establecer prácticas de seguridad y salud apropiadas y de determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.*

#### 2. Documentos citados

##### 2.1 Normas ASTM:<sup>2</sup>

**D2513** Especificación para Tuberías a Presión, Tuberías y Accesorios de polietileno (PE) para Gas.

<sup>1</sup>Esta práctica se encuentra bajo la jurisdicción del Comité F17 de ASTM sobre Sistemas de Tuberías Plásticas y es responsabilidad directa del Subcomité F17.20 sobre Uniones.

Edición actual aprobada el 1 de noviembre de 2013. Publicada en enero de 2014. Aprobada originalmente en 2006. Última edición previa aprobada en 2012 como F2620-12. DOI: 10.1520/F2620-13.

<sup>2</sup>En el caso de las normas ASTM citadas, visite el sitio web de ASTM, [www.astm.org](http://www.astm.org), o póngase en contacto con Atención al cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org). Para obtener información sobre el *Anuario de normas de ASTM*, consulte la página Resumen de documento de la norma en el sitio web de ASTM.



**D3035** Especificación para Tuberías Plásticas (DR-PR) de Polietileno (PE) Basada en el Diámetro Externo Controlado.

**F714** Especificación para Tuberías Plásticas (SDR-PR) de Polietileno (PE) Basadas en el Diámetro Externo.

**F1056** Especificación para las Herramientas Fusión de Encaje para la Unión por Fusión de Encaje de Tuberías o Tubos y Accesorios de Polietileno

#### 2.2 Documentos PPI:

**TR-33** Procedimiento Genérico de Unión por Fusión a Tope para la Unión en Campo de Tuberías de Polietileno<sup>3</sup>

**TR-41** Procedimiento Genérico de Unión por Fusión de Silleta para Tuberías de Gas de Polietileno<sup>3</sup>

#### 2.3 Documentos AWWA:

**AWWA C901** Norma para Tuberías y Tubos de Polietileno a Presión (PE), 1/2 pulg. (13 mm) a 3 pulg. (76 mm) para Servicio de Agua.<sup>4</sup>

**AWWA C906** Norma para Tuberías y Tubos de Polietileno a Presión (PE), 4 pulg. (100 mm) a 63 pulg. (1575 mm) para la Distribución y Transmisión de Agua<sup>4</sup>

### 3. Resumen de prácticas

3.1 El principio de la unión de tuberías de polietileno (PE) por termofusión consiste en calentar dos superficies preparadas hasta una determinada temperatura, y luego fundirlas mediante la aplicación de una fuerza suficiente. Esta fuerza hace que los materiales fundidos fluyan y se mezclen, dando como resultado la fusión.

3.2 Los procedimientos de termofusión incluidos en esta práctica son fusión de encaje, fusión a tope y fusión a silleta.

3.2.1 *Procedimiento 1, Fusión de Encaje*—El procedimiento de fusión de encaje consiste en calentar simultáneamente la superficie exterior del extremo de una tubería y el interior de un accesorio de encaje, cuyo tamaño es menor al menor diámetro externo de la tubería. Una vez generada el derretimiento adecuado en cada una de las superficies, se unen ambos componentes insertando uno dentro del otro. Vea la Fig. 1. La unión por fusión se forma como resultado del ajuste de las secciones que se interceptan. Ambos materiales derretidos fluyen en conjunto y se fusionan cuando se enfría la unión. Durante el proceso de unión, se utilizan dispositivos opcionales de alineación para sostener la tubería y el accesorio de encaje alineados longitudinalmente, en particular con tuberías de 3 pulgadas IPS (89 mm) y mayores. La fusión automatizada de encaje no está incluida en este procedimiento.

3.2.2 *Procedimiento 2, Fusión a Tope*—El procedimiento de fusión a tope en su forma más simple consiste en calentar los bordes cortados a escuadra de dos tuberías, una tubería y un accesorio, o dos accesorios, sosteniéndolos contra una plancha calentadora, se retira la plancha cuando se obtiene el derretimiento adecuado, se unen rápidamente los dos extremos y se deja enfriar la unión al tiempo que se mantiene la fuerza aplicada correspondiente.

3.2.2.1 Se utiliza una máquina para fusión a tope del tamaño adecuado para sostener, alinear y refrentar los extremos de la tubería o accesorio y aplicar la fuerza de fusión especificada. Vea la Fig. 2.

3.2.3 *Procedimiento 3, Fusión de Silleta*—El procedimiento de fusión de silleta consiste en derretir la superficie cóncava de la base de un accesorio de silleta, mientras al mismo tiempo se derrite un patrón coincidente en la superficie de la tubería, se unen las dos superficies derretidas y se deja enfriar la unión al tiempo que se mantiene la fuerza aplicada correspondiente. Vea la Fig. 3.

3.2.3.1 Se utiliza una máquina de fusión de silleta del tamaño adecuado para sostener la tubería y el accesorio, alinear las partes y aplicar la fuerza de fusión especificada.

### 4. Importancia y uso

4.1 Los procedimientos descritos en las Secciones de la 7 a la 9 están destinados en principio (pero sin limitarse a ellas) a las uniones en campo de tuberías y accesorios de polietileno, con un equipo adecuado y los procedimientos de control ambiental correspondientes. Cuando se implementan de manera correcta, se producen uniones de alta integridad y herméticas. Cuando se realizan ensayos destructivos a estas uniones, las fallas ocurren fuera del área unida por fusión.

4.2 Las características de derretimiento, el peso molecular y la distribución del peso molecular son factores que influyen en la determinación de los parámetros de fusión adecuados; por lo tanto, tenga en cuenta las instrucciones del fabricante acerca del uso o ejecución de un determinado procedimiento de fusión. Vea el Anexo A1.

<sup>3</sup>Disponible en Plastics Pipe Institute (PPI), 05 Decker Court, Suite 825, Irving, TX 75062, <http://www.plasticpipe.org>.

<sup>4</sup>Disponible en American Water Works Association (AWWA), 6666 W. Quincy Ave., Denver, CO 80235, <http://www.awwa.org>.



F2620-13

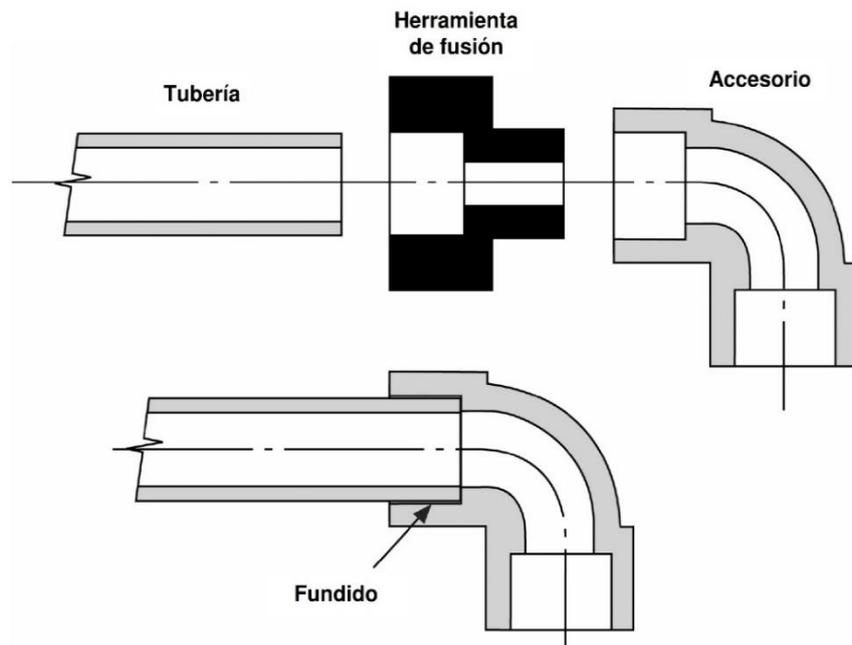


FIG. 1 Fusión de Encaje

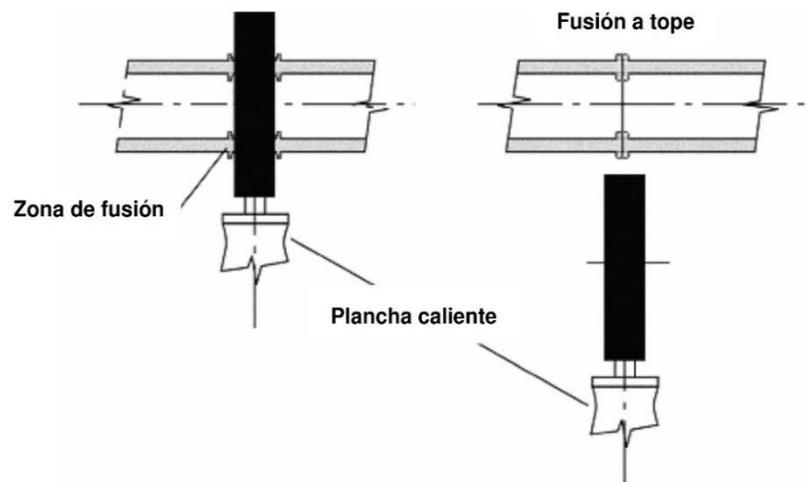


FIG. 2 Fusión a Tope



F2620-13

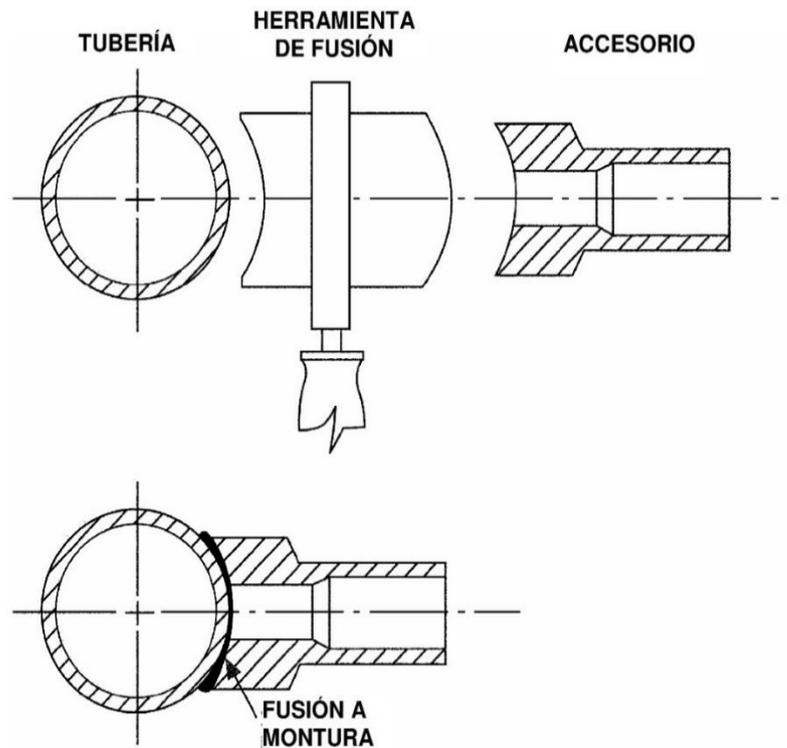


FIG. 3 Fusión de Sileta

4.3 Los procedimientos de fusión de encaje, fusión a tope y fusión de sileta en esta práctica resultan adecuados para unir tuberías y accesorios de PE para gas, tuberías y tubos de PE para agua y tuberías y accesorios de PE de uso general fabricados según las especificaciones para PE de organizaciones como ASTM, AWWA, API e ISO utilizadas en aplicaciones a presión, baja presión y sin presión. Para las aplicaciones de gas, se exige la calificación del procedimiento mediante el ensayo de las uniones utilizando el procedimiento según los reglamentos de la autoridad competente.

## 5. Experiencia del operador

5.1 El operador debe tener habilidades y conocimientos para obtener una unión de buena calidad. Estas habilidades y conocimientos se obtienen realizando uniones según procedimientos comprobados bajo la guía de operadores calificados. Evalúe la competencia del operador realizando pruebas a uniones de muestra.

5.2 El responsable de las uniones de tuberías y accesorios garantizará que se expidan, antes de comenzar efectivamente las operaciones de unión, los procedimientos detallados elaborados en conjunto con los códigos y reglamentos aplicables y los fabricantes de tuberías, accesorios y equipos para uniones involucrados, incluidas las precauciones de seguridad que deben seguirse.

## 6. Equipo—Recomendaciones generales

6.1 *Herramienta calentadora*—Las herramientas calentadoras eléctricas son de una variedad de tamaños que coinciden con las capacidades de las máquinas de fusión. Están diseñadas con el potencia y el control electrónico suficientes para mantener la temperatura especificada en la cara del calentador exigida en este procedimiento. El rango de control del calentador será mayor a la especificación de temperatura de calentamiento (el rango de control típico es 50°F (30°C) por encima y por debajo de las temperaturas de superficie de la herramienta calentadora requeridas). Las planchas calentadoras eléctricas mantienen temperaturas de fusión constante cuando tienen una fuente de energía adecuada.



## F2620-13

8.1.1 *Herramienta Calentadora*—La herramienta calentadora tendrá un área suficiente como para cubrir de manera adecuada los extremos del tamaño de la tubería que se desea unir. Esta herramienta eléctrica tendrá la potencia y control suficientes como para mantener la temperatura superficial especificada de sus caras. También estará equipada con caras de calentamiento revestidas con un material anti-adherente para evitar que se peguen a la superficie de la tubería.

8.1.2 *Máquina para Fusión a Tope*—Una máquina para fusión a tope tiene tres partes básicas: (1) un accesorio de fijación estático y uno móvil para alinear y sujetar cada una de las dos partes que se fundirán. Puede incluir o no el suministro de energía para operar la máquina; (2) una refrentadora para preparar simultáneamente los extremos de las partes a unir (Nota 5); y (3) insertos adecuados para sujetar los diferentes tamaños de tubería o formas de accesorios. Las máquinas para fusión a tope pueden ser manuales o hidráulicas. Algunas tienen su propia fuente de alimentación y otras requieren un generador aparte. Hay disponibles en diversos tamaños para fusionar tuberías y accesorios producidos según las especificaciones de ASTM y otras industrias.

NOTA 5 - Una refrentadora es un dispositivo rotativo de corte utilizado para cortar a escuadra los extremos de la tubería o accesorios para obtener superficies de fusión que coincidan adecuadamente. En caso de tenerlo, el refrentado debe continuar hasta llegar al tope mecánico positivo de la máquina de fusión a tope.

8.1.3 *Soportes de Tubería*— Soportes de tuberías o bastidores opcionales son utilizados en ambos extremos de la máquina de fusión a tope para ayudar con la carga y alineación de la tubería.

### 8.2 Configuración:

8.2.1 Los parámetros de configuración de la máquina de fusión a tope se indican en la Tabla 2.

**TABLA 2 Parámetros de Configuración de la Máquina de Fusión a Tope**

Parámetro de configuración		Condición requerida
Máquina de fusión a tope manual	Máquina de fusión a tope hidráulica	
Fijar la temperatura de la herramienta calentadora y el calor en la temperatura especificada.		La temperatura superficial de las caras de la herramienta calentadora debe estar entre 400 y 450 °F (204 a 232 °C). (Vea X1.1) Debe utilizarse un pirómetro u otro dispositivo de medición de la temperatura superficial periódicamente para garantizar la temperatura superficial adecuada de las caras de la herramienta calentadora.
Instalar los insertos	Instalar los insertos	Instalar los insertos para el OD de la tubería o del accesorio que se fusionará.
Suministro de energía eléctrica.	Suministro de energía eléctrica	Verifique que el generador en campo tenga el suministro de energía adecuado y el combustible suficiente para finalizar la unión por fusión.
Presión manual	Fije la presión de refrentado	Según sea necesario Cumpla las instrucciones del fabricante de la máquina de fusión a tope para fijar la presión de refrentado.
Presión manual	Fije la presión de calentamiento	Cumpla con las instrucciones del fabricante de la tubería y de la máquina de fusión a tope para fijar las presiones de calentamiento.
Presión manual.	Fije la presión de fusión	Determine la presión de fusión para el OD de la tubería y la relación de tamaño (DR) utilizando una presión de interfacial de 60 a 90 psi (414 a 621 kPa). Siga las instrucciones del fabricante de la tubería y la máquina de fusión para determinar la presión de fusión teórica.
	Determine la presión de arrastre	La presión de arrastre es la presión requerida para que el carro de mordazas se mueva. Sume esta presión a la presión de fusión teórica para obtener la presión manométrica real que se debe fijar en la máquina.

8.2.2 Se utiliza una presión interfacial (IFP) de 60 a 90 psi (0.41 a 0.62 MPa) para determinar la fuerza requerida para fundir a tope los componentes de la tubería. Para máquinas de fusión manuales, debe aplicarse suficiente fuerza para arrastrar el cordón de regreso hasta la superficie de la tubería. Puede utilizarse una llave de torque para aplicar la fuerza adecuada. En muchos servicios públicos de gas se ha utilizado exitosamente la fusión manual sin llave de torque. Para las máquinas de fusión operadas hidráulicamente, la presión interfacial se multiplica por el área de tubería ( $A_p$ ) para obtener la fuerza de fusión requerida en libras. La fuerza de fusión requerida se divide por el área total efectiva del pistón (TEPA) del charrión de la máquina de fusión para obtener la presión de fusión teórica (TFP) (ver Eq 2). La presión de arrastre ( $P_D$ ) se añade a la TFP para obtener la presión manométrica de la máquina de fusión ( $P_G$ ) en psig requerida por la máquina (ver Eq 1). (TFP e IFP no son el mismo valor). La  $P_D$  se obtiene acercando los extremos enfrentados de las tuberías a menos de 2 pulg. (50 mm) uno de otro y



umentando la presión sobre el charrión hasta que comienza a moverse. Libere la presión hasta que el charrión casi no se mueva y registre la presión de arrastre en psig. Las ecuaciones utilizadas para calcular la presión manométrica de la máquina de fusión se indican a continuación. Estas ecuaciones solo se aplican cuando se utiliza una máquina de fusión hidráulica.

$$P_G = TFP + P_D \quad (1)$$

$$TFP = (A_p \times IFP)/TEPA \quad (2)$$

$$A_p = (OD - t) \times t \times 3.1416 \quad (3)$$

donde:

$P_G$  = Presión manométrica de la máquina de fusión, psig

$TFP$  = Presión de fusión teórica, psig

$IFP$  = Presión interfacial, 60 – 90 psig

$TEPA$  = Área total efectiva del pistón, pulgadas<sup>2</sup> – Suministrada por el fabricante de la máquina de fusión

$P_D$  = Presión de arrastre de la máquina de fusión, psig

$A_p$  = Área de tubería, pulgadas<sup>2</sup>

$OD$  = Diámetro exterior de la tubería, pulgadas

$t$  = Espesor de pared de la tubería, pulgadas

NOTA 6 - La presión interfacial se utiliza para determinar las configuraciones de la presión de unión por fusión a tope para las máquinas de fusión a tope hidráulicas cuando se unen diámetros de tubería específicos y de DR. La presión interfacial *no* es la presión manométrica. Se puede utilizar una regla de cálculo o una calculadora de presión manométrica obtenida del fabricante de la máquina como herramienta de cálculo.

### 8.3 Procedimiento:

8.3.1 Limpie el interior y el exterior de los componentes (tubería o tubería y accesorio) a unir con un paño limpio y seco, libre de hilachas, de un material que no sea sintético, por ejemplo algodón. Retire todas las partículas extrañas de las superficies de los componentes de las tuberías en donde se sujetarán a la máquina de fusión a tope. Si no elimina la contaminación, consulte X1.7.1.

8.3.2 Si corresponde, coloque soportes de la tubería en ambos extremos de la máquina de fusión a tope y ajústelos para alinear la tubería con la línea central de la máquina de fusión. Instale las tuberías y accesorios que se unirán en las abrazaderas fijas y móviles de la máquina de fusión a tope. Deje que sobresalga suficiente tubería a través de las abrazaderas para permitir el refrentado y ajuste con la abrazadera de la tubería o el accesorio en la máquina.

8.3.2.1 Coloque con cuidado la tubería o los accesorios en la máquina de fusión a tope. Las tuberías deberán estar alineadas antes de cerrar las mordazas de alineación. No intente forzar la tubería para alinearla empujándola contra el lado de una abrazadera de la máquina de fusión a tope abierta. Las tuberías recién cortadas y los accesorios recién moldeados por lo general no tienen divergencia, y cuando se las enfrenta con tuberías cortadas hace un tiempo o accesorios fabricados, se puede lograr con mayor facilidad un buen ajuste de la alineación alta-baja si se elimina esa divergencia.

8.3.3 Enfrente los extremos de los componentes de la tubería hasta que la refrentadora toque fondo en los topes y se traben en las grampas para establecer superficies de acople limpias y paralelas entre los extremos de tubería/accesorio (vea Nota 5). Mueva el carro de mordazas para separar los extremos de la tubería de la refrentadora, retire la refrentadora y todas las virutas y residuos de la operación de refrentado limpiando con un paño limpio, seco, libre de hilachas y de un material que no sea sintético, por ejemplo algodón. Junte los extremos de la tubería y del accesorio a la presión de refrentado. Debe inspeccionarse visualmente el apoyo a escuadra de esta operación, perpendicular a la línea central de la tubería sobre cada extremo de tubería y que no haya luz (espacio) detectable.

8.3.4 Verifique la alineación alta-baja y la falta de redondez de los extremos de la tubería. Si es necesario algún ajuste, hágalo siempre ajustado hacia abajo la abrazadera del lado más alto. No afloje la abrazadera del lado bajo ya que pudiese provocar deslizamiento de la tubería durante la fusión. Vuelva a refrentar la tubería o el accesorio si se requiere un ajuste excesivo (rotación superior a los 180° de la perilla de la abrazadera) y retire las virutas generadas al volver a refrentar con un



F2620-13

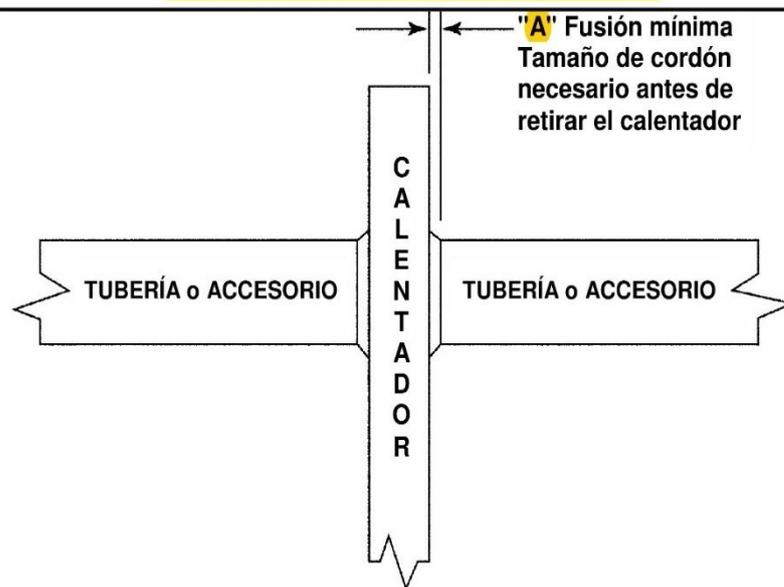
pañó limpio, seco, sin hilachas, de un material que no sea sintético, como por ejemplo algodón. La máxima falta de alineación alta-baja del OD permitida en el procedimiento de fusión a tope debe ser inferior al 10 % del espesor de pared mínimo de la tubería.

8.3.5 Verifique que las temperaturas de superficie del calentador estén dentro del rango de temperatura especificado de 400 a 450°F (204 a 232°C). (Vea el Apéndice X1.) Debe utilizarse un pirómetro u otro dispositivo medidor de temperatura superficial antes de realizar la primera unión del día y periódicamente a lo largo del día para garantizar la temperatura correcta de la cara de la herramienta calentadora. Todos los pirómetros son sensibles a las técnicas de uso. Siga con atención las instrucciones del fabricante para obtener los mejores resultados.

8.3.5.1 Limpie las superficies de contacto de la herramienta calentadora con un paño limpio, seco, sin hilachas, de un material que no sea sintético como el algodón. Coloque la herramienta calentadora en la máquina de fusión a tope entre los extremos del componente de la tubería y ponga en contacto completo los extremos de la tubería y el accesorio con la herramienta calentadora a presión de fusión. Asegure brevemente el contacto completo entre los extremos del componente de la tubería y la herramienta calentadora y luego reduzca la presión de la presión de arrastre sin romper el contacto entre los extremos del componente de la tubería y la herramienta calentadora. (En tuberías de mayor tamaño, (14 pulgadas y más) mantenga la presión de fusión hasta observar una leve fusión alrededor de la circunferencia de la tubería o accesorio antes de reducir la presión. Esto normalmente varía alrededor de 10s en tuberías de 14 pulgadas a más de 2 min en tuberías de 36 pulgadas o de mayor tamaño.)

8.3.5.2 Una vez que se observa una mínima indicación de fusión alrededor de la circunferencia de la tubería, comience la saturación de calor reduciendo la presión para mantener el contacto, sin fuerza, mientras se forma un cordón de polietileno fundido entre el calentador y los extremos de las tuberías o accesorios. Para tuberías de 14 pulgadas IPS o mayores, mantenga la saturación de calor durante al menos 4.5 minutos por cada pulgada (25.4 mm) de espesor de pared de la tubería. (ejemplo: el tiempo mínimo de saturación de calor para una tubería con una pared de .50 pulgadas (12.7 mm) sería 2min 15s). Continúe calentando los extremos de la tubería hasta que se haya formado el tamaño de cordón fundido contra la cara del calentador según se indica en la Tabla 3.

**TABLA 3 Tamaño Mínimo del Cordón de Fusión**



Tubería (OD) [Diámetro exterior, pulgadas (mm)]	"A" Tamaño mínimo de cordón, pulgadas (mm)
< 2.37 (60)	<sup>1</sup> / <sub>32</sub> (1)
≥ 2.37 (60) ≤ 3.5 (89)	<sup>1</sup> / <sub>16</sub> (1.5)
> 3.5 (89) ≤ 8.62 (219)	<sup>3</sup> / <sub>16</sub> (5)
> 8.62 (219) ≤ 12.75 (324)	<sup>1</sup> / <sub>4</sub> (6)
> 12.75 (324) ≤ 24 (610)	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> (10)
> 24 (610) ≤ 36 (900)	<sup>7</sup> / <sub>16</sub> (11)
> 36 (900) ≤ 65 (1625)	<sup>9</sup> / <sub>16</sub> (14)



8.3.6 Una vez logrado el tamaño de cordón apropiado, separe rápidamente los extremos de los componente de tubería de la herramienta calentadora, retire la herramienta calentadora e inspeccione con rapidez los extremos de la tubería.

8.3.6.1 Un fundido aceptable se ve plano y suave sin áreas sin derretir. Un aspecto inaceptable de la fusión es cualquier tipo de combinación de una superficie cóncava, áreas sin derretir, una superficie similar a papel de lija con marcas de burbujas o en la que el material derretido se pegue a las superficies de la herramienta calentadora (vea la Fig. X2.7). Un aspecto inaceptable de la fusión da como resultado uniones de baja resistencia. Detenga el procedimiento de unión, deje que los extremos de los componentes se enfríen por completo y vuelva a comenzar desde el punto 8.3.1. (Vea el Apéndice X2.)

8.3.6.2 El tiempo máximo permitido para abrir la máquina, retirar el calentador y juntar los extremos de las tuberías se muestra en la Tabla 4. Para tamaños de tubos que generalmente se fusionan a tope con máquinas de fusión mecánica (sin control hidráulico) ( $1/2$  CTS a  $1 1/2$  pulgadas de IPS), el tiempo máximo de abertura/cierre es de 4 s. Cuanto más rápido puede realizarse este proceso de manera segura, mejor será. Vea el punto A1.4.3.1 para obtener pautas sobre la fusión a tope en temperaturas frías. No golpee los extremos de las tuberías para juntarlos.

NOTA 7 - Una presión inaceptable durante el calentamiento causa una superficie de fusión cóncava.

**TABLA 4 Tiempos Máximos de Remoción de Placa Calentadora**

NOTA 1—Las uniones por fusión realizadas en un entorno de fabricación controlado tolerarán y podrán usar tiempos máximos de remoción del calentador más prolongados.

Aplicaciones en campo Espesor de pared de la tubería, pulg. (mm)	Máx. Segundos del tiempo de remoción de placa calentadora
0.17 a 0.36 (5 a 9)	8
>0.36 a 0.55 (9 a 14)	10
>0.55 a 1.18 (14 a 30)	15
>1.18 a 2.5 (30 a 64)	20
>2.5 a 4.5 (64 a 114)	25

8.3.6.3 La presión de fusión correcta forma ambos cordones de fusión de manera que estos toquen la superficie exterior de los componentes de tubería. No utilice fuerza excesiva ni insuficiente (inferior o superior al rango de presión interfacial de fusión). Si los componentes se unen con demasiada fuerza, el material derretido puede ser desplazado fuera de la unión y hacer que entre en contacto material frío, formando una unión "fría". Si se utiliza muy poca fuerza, pueden formarse vacíos y áreas débiles en la unión a medida que el material derretido se enfría y se contrae.

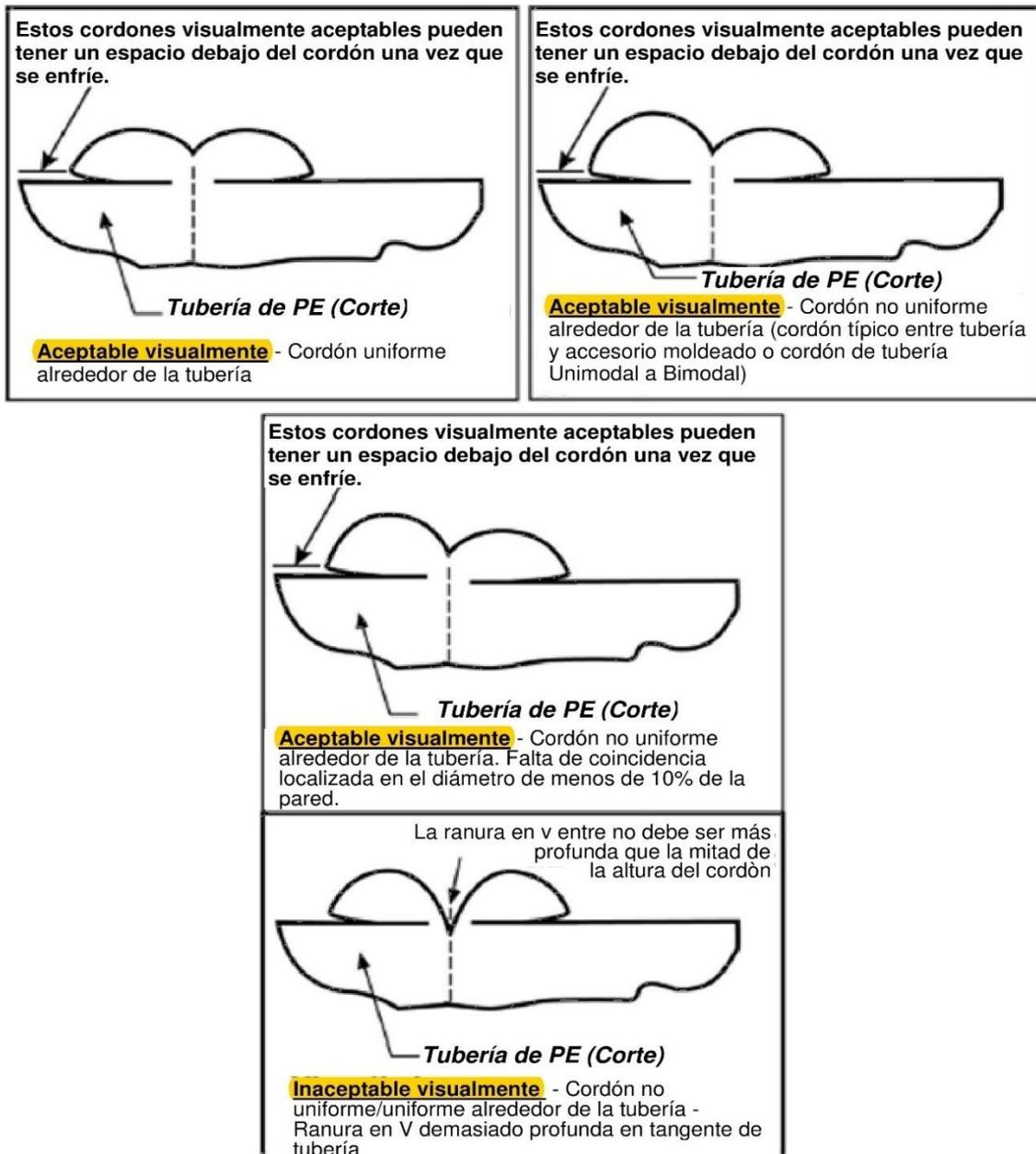
8.3.7 Sostenga inmóvil la unión derretida bajo presión de fusión hasta que esté lo suficientemente fría. Es importante dejar enfriar bajo presión antes de retirar de la máquina de fusión a tope para lograr una buena integridad de la unión. Mantenga la presión de fusión contra los extremos de los componentes de tubería durante al menos 11 minutos por pulgada (25.4 mm) de espesor de pared de la tubería. Para temperaturas ambiente de 100°F y superiores, puede ser necesario más tiempo de enfriamiento. Evite los grandes esfuerzos, como tirar, instalar o manipular con brusquedad, durante al menos 30 minutos o más luego de retirar de la máquina de fusión (las tuberías de 1 pulgada IPS o menores de IPS requieren tan solo 10 minutos de tiempo de enfriamiento adicional). No aplique presión interna hasta que la unión y el material que la rodea haya alcanzado la temperatura ambiente del aire. (Vea el Apéndice X1.)

NOTA 8 - No debe echarse agua ni aplicar paños húmedos a la unión para reducir el tiempo de enfriamiento. Se puede aplicar aire acondicionado solo como parte de un procedimiento de ciclo de enfriamiento controlado en el que los ensayos demuestren que se hacen uniones aceptables utilizando el procedimiento de ciclo de enfriamiento controlado.

8.3.7.1 Inspeccione visualmente y compare la unión con la pauta de aceptación de inspección visual del cordón de fusión a tope en la Figura 4. La ranura en "V" entre los cordones no debe ser más profunda que la mitad de la altura por encima de la superficie de la tubería. Cuando se lleve a cabo fusión a tope a accesorios moldeados, el cordón del lado del accesorio puede presentar irregularidades en su forma tal como hendiduras menores, desviaciones y corrimiento no uniforme del cordón causado durante el enfriamiento de la parte de moldeo y las líneas de costura. En estos casos, la evaluación visual se basa principalmente en el tamaño y la forma del cordón del lado de la tubería. (Consulte el Apéndice X2 para obtener más pautas.)



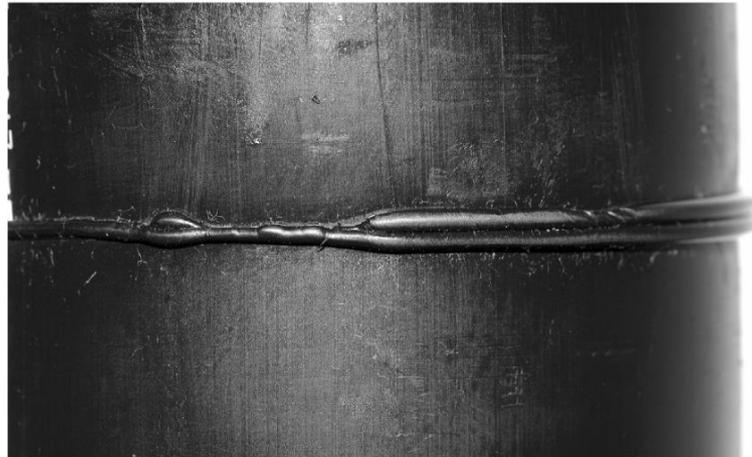
F2620-13



**FIG. 4** Pauta para el cordón de fusión a tope diámetro exterior



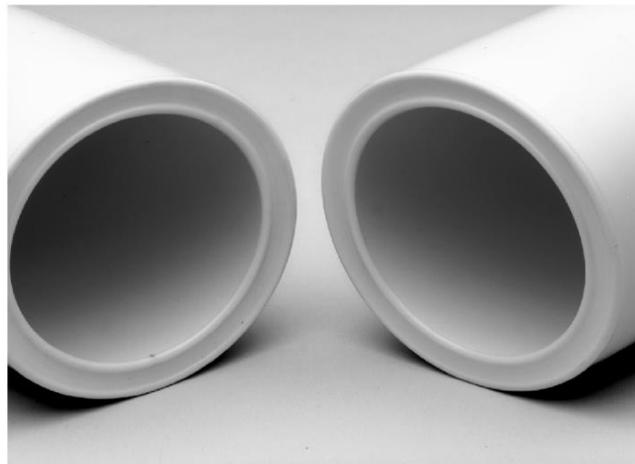
F2620-13



**Aspecto visual inaceptable**

Refrentado incompleto.

**FIG. X2.6 Fusión a tope**



**Aspecto visual inaceptable**

Aspecto de fusión cóncava inaceptable luego del calentamiento.  
Posible exceso de presión durante el ciclo de calentamiento.

**FIG. X2.7 Fusión a tope**

## Anexo 12. Tabla para PE

### Table for PE



Basis: DVS data sheets 2207, 2208 - State 2016

Field of application: **5100 / 5500**

1 bar on pressure gauge: **141** N (Effective surface of cylinder: 1414 mm<sup>2</sup> / 2,19 inch<sup>2</sup>)

The heating element temperature is 220° C ± 10° C / 428° F ± 18° F.

The change-over time should be kept as low as possible.

The joining pressure build-up time should be recognized as maximum value and may be overrun by up to 50%.

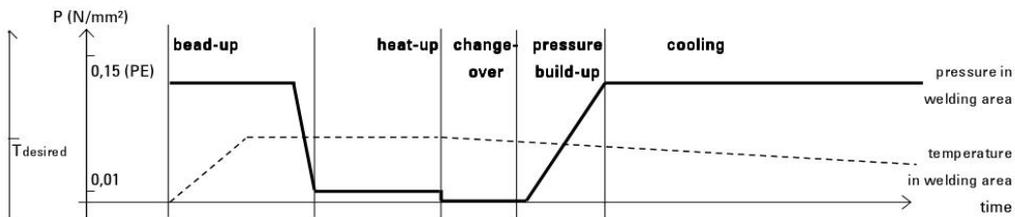
You must add the motion pressure of the welding machine to the indicated bead-up and cooling pressure in each case!

The maximum pressure of the welding machine is to be observed.

**1** These cooling times are only valid under the following conditions:

- Welding connection is produced under workshop conditions
- Removal from the welding machine and temporary storage until complete cooling time elapses only cause minor strain for the welding connection

All information without guarantee



pipe wall (s)	SDR degree	bead-up pressure [bar]	circular bead height min. [mm]	heat-up time [min:s]	max. change-over time [s]	pressure build-up time [s]	welding pressure [bar]	cooling time for ambient temperature			special cooling time <b>1</b> [min:s]
								< 15°C < 59°F [min:s]	15-25°C 59-77°F [min:s]	> 25°C > 77°F [min:s]	
<b>DA 400</b>											
9,8	41	13	1,5	01:38	7	7	13	07:58	10:01	12:52	06:41
12,3	33	16	2	02:03	8	8	16	09:42	12:15	15:52	08:10
15,3	26	20	2	02:33	9	9	20	11:37	14:50	19:30	09:53
19,1	21	25	2,5	03:11	10	11	25	14:04	18:05	24:07	12:03
22,7	17,6	29	2,5	03:47	11	13	29	16:39	21:10	28:14	14:07
23,7	17	30	2,5	03:57	11	13	30	17:21	22:02	29:22	14:41
29,4	13,6	37	3	04:54	13	16	37	21:28	27:05	36:01	18:10
36,3	11	45	3	06:03	16	19	45	26:29	33:22	44:10	22:33
44,7	9	54	3,5	07:27	18	23	54	32:20	41:06	54:29	27:44
54,7	7,4	64	4	09:07	21	27	64	39:17	50:14	66:38	33:49
<b>DA 450</b>											
11,0	41	17	1,5	01:50	8	8	17	08:48	11:06	14:18	07:24
13,8	33	21	2	02:18	9	9	21	10:39	13:33	17:41	09:02
17,2	26	25	2	02:52	9	10	25	12:51	16:27	21:49	10:58
21,5	21	31	2,5	03:35	11	12	31	15:47	20:09	26:51	13:26
25,5	17,6	37	2,5	04:15	12	14	37	18:39	23:34	31:26	15:43
26,7	17	38	3	04:27	12	14	38	19:31	24:38	32:50	16:27
33,1	13,6	47	3	05:31	15	17	47	24:10	30:27	40:23	20:31
40,9	11	56	3,5	06:49	17	21	56	29:42	37:36	49:48	25:24
50,3	9	68	4	08:23	20	25	68	36:13	46:16	61:22	31:11
61,5	7,4	80	4	10:15	23	31	80	44:03	56:21	74:48	37:54

### Anexo 13. Procedimiento Escrito de Trabajo para soldadura por termofusión

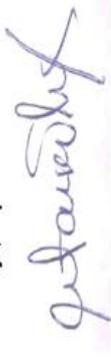
ETAPAS DE LA TAREA	RIESGO / ASPECTO	PROCEDIMIENTO SEGURO
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Traslado de tuberías HDPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición a contagio del virus Covid-19</li> <li>Contacto con objetos cortantes /punzantes.</li> <li>Posturas inadecuadas y sobre esfuerzo.</li> <li>Caidas al mismo nivel.</li> <li>Exposición a condición climática adversa.</li> <li>Exposición a radiación UV.</li> <li>Exposición a polvo</li> <li>Exposición a ruido</li> </ul>	<p><b>CONTROLES COVID PARA LA UNIDAD VEHICULAR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Antes abordar la unidad vehicular se hará la desinfección correspondiente (superficies de mayor contacto como: manubrios, pasamanos, puerta, k volante, etc) de acuerdo al protocolo de desinfección (solución de hipoclorito de sodio o amonio cuaternario) Así mismo colocar en la puerta alcohol en gel o en vulperizador para desinfectar manos a todo personal y cada vez que se aborde la unidad.</li> <li>Las unidades vehiculares cuentan con señalética de distanciamiento social, el conductor deberá velar por el cumplimiento de ello.</li> <li>En camioneta solo se debe transportar 4 personas incluido el conductor. Para vehículos mayores los ocupantes deberán sentarse del lado de la ventana.</li> </ul> <div data-bbox="571 510 833 927" style="text-align: center;"> </div> <p><b>CONTROLES COVID PARA CONDUCTOR Y TRABAJADORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cumplir con el triángulo de prevención COVID-19. Distanciamiento obligatorio de 1.5 m a 2 m, lavado frecuente de manos como mínimo 20 segundos y uso permanente de mascarilla.</li> <li>En unidades mayores se ubicará alcohol en gel a la entrada de la unidad para el uso de los trabajadores que abordan la unidad vehicular.</li> <li>Realizar control de temperatura, uso de lentes, uso de guantes descartables, uso de alcohol en gel, jabón.</li> <li>Cambio de Saludo, campaña de "Saludo Verbal"</li> <li>Restringir las reuniones en la unidad, en caso necesario deberán realizarse en lugares ventilados.</li> <li>Evitar actividades donde es probable un contacto cercano (dentro de 1.5 m) de otras personas.</li> <li>Se debe realizar el protocolo de desinfección de la cabina para ello el operador deberá utilizar EPP traje microporoso careta facial, lentes tipo buso, respirador N95, Guantes de nitrilo o quirúrgicos y la sustancia de desinfección Amonio Cuaternario o Solución de Hipoclorito de sodio.</li> <li>Uso de alcohol en Gel, al ascender o descender de la cabina o uso de pulverizador de alcohol.</li> <li>Limpiarse los zapatos en los pediluvios proporcionados</li> <li>El protocolo se hará cumplimiento en todas las etapas del presente procedimiento</li> <li>El carguío y descargue se realizará en forma manual en todo momento se utilizará los guantes. Y no cargar más de 25 Kg.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utilizará camión grúa y/o la camioneta 4x4 para el traslado de tuberías y accesorios al punto de trabajo.</li> <li>• Los materiales de tuberías los proporcionará el dueño de contrato.</li> <li>• Sujeción apropiada de carga (tuberías) la sujeción será verificado por el operador del equipo.</li> <li>• Para levantar la tubería no debe sobre pasar los 25 kg de lo contrario solicitar ayuda.</li> <li>• Contar con radio (frecuencia 2) para informarse de las condiciones climáticas, actuar de acuerdo a la alerta emitida y contar con refugio en el punto de trabajo</li> <li>• Uso de cortavientos, polo de manga larga y bloqueador.</li> <li>• Uso de respirador de polvo</li> <li>• Uso de tapones auditivos</li> </ul>
<p>2. Instalación De Pórtico / Teclas (Para tuberías)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aplastamiento de pies</li> <li>• atricción de manos sobre esfuerzo</li> <li>• Exposición a condición climática adversa.</li> <li>• Exposición a radiación uv.</li> <li>• Exposición a polvo</li> <li>• Exposición a ruido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes de iniciar se verificara que los permisos estén firmados, check list de grupo electrógeno, equipos herramientas y EPP's</li> <li>• Demarcar y señalar la zona de trabajo, especialmente la zona de maniobras.</li> <li>• Inspección de elementos de izaje y accesorios.</li> <li>• Uso de cuñas y/o para soporte de tuberías e instalación de pórticos y teclas, previamente inspeccionados</li> <li>• Prohibir el ingreso de personal no autorizado en la zona de trabajo, especialmente en la zona de fuego.</li> <li>• Se Colocara el pórtico sobre la tubería a unir, una vez posicionado se procede a ajustar el gancho de tecla de cadena en el pórtico</li> <li>• Uso de eslingas enrollado a la tubería, y entre ojales colocar grillete, el que debe unirse / enganchar a tecla, sin exponer dedos a puntos de pellizco / línea de fuego</li> <li>• Acomodar tubería a la altura necesaria, según posición de línea existente.</li> <li>• No levantar pesos mayores a 25kg por persona</li> <li>• Contar con radio (frecuencia 2) para informarse de las condiciones climáticas, actuar deacuerdo a la alerta emitida y contar con refugio en el punto de trabajo</li> <li>• Uso de cortavientos, polo de manga larga y bloqueador.</li> <li>• Uso de respirador de polvo</li> <li>• Uso de tapones auditivos</li> </ul>
<p>3. Corte de tubería con sierra circular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Cortes y atrapamiento en las manos en las manos.</li> <li>➔ Golpeado por objeto.</li> <li>➔ Caída a nivel.</li> <li>➔ Contacto con objeto cortante.</li> <li>➔ Contacto con superficie caliente.</li> <li>➔ Atrapamiento de dedos de la mano.</li> <li>➔ Sobre esfuerzo</li> <li>➔ Choque eléctrico.</li> <li>➔ Incrustación de partículas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ El Operario Soldador HDPE realizará el Check list de la sierra circular, tecla y el pórtico. Además verificara que cuenten con la inspección mensual.</li> <li>➔ Está prohibido hacer uso de la sierra circular si esta no cuenta con su guarda de protección.</li> <li>➔ Está prohibido realizar el corte de tubería si no cuenta con su check list de preuso.</li> <li>➔ El operario verificara que la guarda fija este en buenas condiciones y que la guarda móvil que protege al disco de corte esté operativa.</li> <li>➔ El ayudante soldador señalará el área de trabajo, y proveerá de herramientas y equipos al operario. Tanto el Operario y el Ayudante usaran permanentemente los EPP'S necesarios y en buenas condiciones.</li> <li>➔ Este tipo de trabajo debe de ser realizado por personal entrenado y autorizado (Operario) por la supervisión.</li> </ul>

	<p>Potencial contaminación del suelo con residuos sólidos (viruta HDPE) Consumo de energía. Exposición a ruido. Exposición a Tormentas eléctricas.</p>	<p>El área donde se realizará el corte debe de estar limpia y ordenada libre de obstáculos en un diámetro de 3 metros. Se realizará el trazo de corte de la tubería, posicionando adecuadamente la tubería de acuerdo a la realización del corte. El operario verificará que nadie esté dentro de un radio de 3 metros para iniciar el corte. Para iniciar el corte el operario tomará la sierra circular con ambas manos, adoptando una postura adecuada y dirigirá el corte hacia adelante y no hacia el cuerpo. Nunca realizar el corte con una mano. Si el disco de corte se traba el operario dejará de presionar el botón de encendido desconectará la energía eléctrica y procederá a manipular la sierra para el desatoro. Llevar un solo ritmo de corte. Dejar puntos de apoyo, para evitar la caída brusca de la tubería, además se deberá verificar la recitud del corte. No ubicar partes del cuerpo por debajo de la tubería. El operario una vez terminado el corte realizará la limpieza de las virutas retenidas en el interior de la guarda, para evitar que la guarda móvil se atore y no cumpla su función. Luego procederá con el siguiente corte de tubería HDPE. Realizar el recojo de los residuos generados por el corte (virutas de HDPE), en bolsas y/o saquillos. Los residuos generados según sus características serán dispuestos en cada cilindro en nuestras oficinas temporales.</p> <p><b>Uso racional de la energía, dejar desenergizados y bloqueado los equipos una vez terminado de utilizarlos, para esto además se colocará bloqueo en la toma de la sierra.</b></p>
<p>4. <b>Posicionamiento de la tubería HDPE al Equipo de Termofusión</b></p> 	<p>Atrapamiento de dedos. Exposición a carga suspendida. Golpeado por tubería HDPE Sobreesfuerzo Golpeado por herramientas manuales Potencial contaminación del suelo con residuos sólidos (viruta HDPE) Consumo de energía. Exposición a ruido. Exposición a Tormentas eléctricas.</p>	<p>Antes de iniciar se verificará que los permisos estén firmados, check list de grupo electrógeno, equipos herramientas y EPP's Este trabajo lo realizará el Operario Soldador HDPE, Oficial Soldador HDPE y el Ayudante Soldador de HDPE, antes de iniciar las labores el operario realizará el check list de la máquina de Termofusión, pórticos, teclés y herramientas manuales. El operario deberá de izar la tubería con el apoyo de pórticos y teclés de ser necesario. El tubo es de 4" aprox. se trasladará y colocará a la máquina de Termofusión manualmente con apoyo de los compañeros de trabajo. La tubería HDPE deberá ser colocada en la bancada del equipo de termo fusión donde usará polines de tubería HDPE del mismo diámetro para un mejor y fácil posicionamiento. Se procederá a colocar las mordazas y ajustar las tuercas. El personal involucrado no debe de posicionarse en la línea de fuego a una posible rotura de tubería. Los involucrados en la tarea no deberán de exponer las manos a la línea de fuego cuando se posicione la tubería en la bancada estos deberán usar barretas para el movimiento de tubería HDPE y bancada de termo fusión. Una vez alineada la tubería se ajustará las mordazas de la bancada verificando que la tubería este alineada.</p>
<p>5. <b>Refrentado de tubería HDPE.</b></p>	<p>Caída a nivel Contacto con objeto cortante.</p>	<p>Este trabajo lo realizará El Operario Soldador HDPE, Oficial Soldador HDPE y el Ayudante Soldador de HDPE, antes de iniciar las labores el operario realizará el check list de la máquina de Termofusión, pórticos, teclés y herramientas manuales.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Sobre esfuerzo</li> <li>➔ Atrapamiento de dedos y manos.</li> <li>➔ Generación de residuos sólidos no peligrosos</li> <li>➔ Potencial contaminación del suelo con residuos sólidos (viruta HDPE)</li> <li>➔ Consumo de energía.</li> <li>➔ Exposición a ruido.</li> <li>➔ Exposición a Tormentas eléctricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Una vez terminado de posicionar el tubo HDPE se colocará la redentadora en el equipo de Termofusión, para que la cara de tubo quede lisa y paralelo a la pega del tubo.</li> <li>➔ Se realizará el proceso de refrenado primero limpiando manualmente la zona que se trabajara de la tubería, nunca se tendrá contacto con la refrenadora cuando esté en marcha, el operario será la persona que realice las maniobras con el equipo.</li> <li>➔ Se usará bolsas de basura para retirar las virutas de HDPE y luego segregar al cilindro negro.</li> <li>➔ Terminado de refrenar el tubo HDPE se retira y se coloca al porta refrenador.</li> <li>➔ Se instalará el grupo electrógeno a una distancia apropiada, para lo cual se contará con extintor, el cableado deberá ser señalado por conos a fin de evitar que sean pisados por equipos. Se colocará el grupo electrógeno en una bandeja anti derrame para evitar posibles derrames.</li> <li>➔ La comunicación es siempre de ida y vuelta.</li> <li>➔ El trabajo se realizará en coordinación con los compañeros.</li> <li>➔ Es obligatorio de EPP básico y específico.</li> <li>➔ En caso de alerta naranja parar la actividad y en caso de alerta roja refugiarse en la combi.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>6. Soldeo por Termofusión</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Golpes por accesorios del equipo.</li> <li>➔ Sobreesfuerzo.</li> <li>➔ Contacto con superficie.</li> <li>➔ Caída a nivel.</li> <li>➔ Atrapamiento de dedos de la mano.</li> <li>➔ Tormenta eléctrica.</li> <li>➔ Aplastamiento de pies.</li> <li>➔ Choque eléctrico.</li> <li>➔ Aplastamiento por tubería o máquina de termofusión.</li> <li>➔ Generación de Residuos Sólidos no peligrosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Antes de realizar la pega se limpiará con alcohol isopropílico los bordes de la tubería refrenada.</li> <li>➔ Se debe calentar la plancha a 200 °C aprox. de acuerdo a la tabla según su espesor y diámetro del tubo HDPE.</li> <li>➔ Una vez calentada la plancha se coloca en el equipo de Termofusión y se acciona la bomba hidráulica para presionar y calentar los bordes de pegado a un tiempo de 5 minutos aprox. de acuerdo a tabla según su diámetro y espesor del tubo HDPE.</li> <li>➔ Luego de calentar los bordes de ambos tubos, se retira la plancha calentadora y se acciona la bomba hidráulica para que ambos tubos de HDPE se junten a una presión de acuerdo a tablas y con el lapso de tiempo según el operador.</li> <li>➔ Luego de pasar el tiempo de pegado, se acciona la palanca de la bomba hidráulica para liberar la presión entre los tubos.</li> <li>➔ Luego se desajusta las tuercas y las mordazas para luego sacar los tubos de la máquina de Termofusión.</li> <li>➔ Todo el personal involucrado deberán contar con EPP básico además de respirador para polvo, tapón auditivo</li> <li>➔ El operario será la persona que dirija las maniobras con el equipo de termofusión, para esto la tubería deberá estar posicionada adecuadamente utilizando pórticos y teclés, en caso de apoyo con equipo auxiliar las coordinaciones con el operador será por la frecuencia 8 teniendo la comunicación de ida y vuelta.</li> <li>➔ El Líder y el operario deberán estar atento a la radio ante Tormentas eléctricas, se paralizará el trabajo y todo el personal se ubicará en la zona de refugio.</li> <li>➔ El personal contará con agua para bebida y bloqueador solar.</li> <li>➔ El trabajo se realizará en coordinación con los compañeros.</li> <li>➔ Es obligatorio de EPP básico y específico.</li> <li>➔ En caso de alerta naranja parar la actividad y en caso de alerta roja refugiarse en la combi.</li> </ul>

<p>7. Embrizado de tuberías HDPE y ajuste de pernos.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas al mismo nivel</li> <li>• Posturas inadecuadas, Sobrefuerzo.</li> <li>• Atrapamiento por herramientas y parantes</li> <li>• Exposición a condición climática adversa.</li> <li>• Exposición a radiación uv.</li> <li>• Exposición a polvo</li> <li>• Exposición a ruido</li> <li>• <b>Potencial Contaminación de suelo por generación de residuos sólidos no peligrosos.</b></li> <li>• Exposición a ruido.</li> <li>• Exposición a condición climática adversa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la correcta sujeción de las tuberías en el pórtico mediante el tecele de cadena, una vez verificado se ajustará 07 las bridas en ambos extremos de la tubería HDPE unido al STUB END / a unir</li> <li>• Colocar los espárragos, y ajustar las tuercas colocando antes las arandelas, enroscándolos a mano</li> <li>• Uso de bloqueador solar c/2horas</li> <li>• Mantener distancias de 1m entre personas cercanas a su tarea</li> <li>• Comunicación efectiva de ida y vuelta</li> <li>• Siempre adoptar la posición más correcta para realizar su trabajo, evite las posiciones inadecuadas podrían causarle problemas ergonómicos, No levante objetos doblándose. Levante un objeto flexionando las rodillas y agachándose para levantarlo. Mantenga la espalda derecha y sostenga el objeto cerca del cuerpo. Evite girar el cuerpo mientras levanta objetos, y no exceder de carga máxima de 25 kg por persona, en caso de que sobrepase las cargas manipular la carga entre dos o más personas.</li> <li>• Trasladar los parantes y bandejas entre 2 personas y trasladarse por zonas seguras y libres de obstáculos.</li> <li>• No exponer la mano entre los parantes / soportes.</li> <li>• Contar con radio (frecuencia 2) para informarse de las condiciones climáticas, actuar deacuerdo a la alerta emitida y contar con refugio en el punto de trabajo</li> <li>• Uso de cortavientos, polo de manga larga y bloqueador.</li> <li>• Uso de respirador de polvo</li> <li>• Uso de tapones auditivos</li> <li>• <b>Correcta Clasificación y segregación los desechos en los cilindros correspondientes.</b></li> <li>• <b>Contar, difundir con un plan de manejo ambiental.</b></li> <li>• <b>Coordinar el recojo con la empresa encargada para el traslado de los residuos generados.</b></li> </ul>
<p>8. <b>Instalación de tubería HDPE.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Golpes / astringión de manos / dedos</li> <li>• Movimientos repetitivos</li> <li>• Caídas al mismo nivel</li> <li>• Golpes en los dedos por zafadura de llaves.</li> <li>• Exposición a condición climática adversa.</li> <li>• Exposición a radiación uv.</li> <li>• Exposición a polvo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La instalación de la tubería HDPE armado previamente se trasladará hasta el punto de trabajo que esta cerca de la faja Overland Tintaya.</li> <li>• Esta instalación es para la línea de agua presurizada en la supresión de polvo.</li> <li>• Se coordinará con los compañeros para instalar las tuberías de 2", 3" y4 " todo según plano yen coordinación con personal de Antapaccay.</li> <li>• La tubería se empalmará a la tubería de acero que se encuentra cerca de la faja Overland.</li> <li>• Una parte de la tubería será enterrada con tierra, según planos.</li> <li>• No exponer manos en la línea de fuego / puntos de apriete</li> <li>• Realizar una correcta selección del tipo/tamaño de herramienta manual a usar y realizar check list de pre uso</li> <li>• NO usar herramientas hechas</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición a ruido</li> <li>Generación de residuos sólidos no peligrosos</li> <li>Sobreesfuerzos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar pausas activas / alternar personal y/o tareas</li> <li>Mantener área de trabajo libre de obstáculos</li> <li>Mantener distancias de 1m entre personas cercanas a su tarea</li> <li>Comunicación efectiva de ida y vuelta</li> <li>Mantener distancias de 1m entre personas cercanas a su tarea</li> <li>Comunicación efectiva de ida y vuelta</li> <li>Contar con radio (frecuencia 2) para informarse de las condiciones climáticas, actuar deacuerdo a la alerta emitida y contar con refugio en el punto de trabajo</li> <li>Uso de cortavientos, polo de manga larga y bloqueador.</li> <li>Uso de respirador de polvo</li> <li>Uso de tapones auditivos.</li> <li>Correcta Clasificación y segregación los desechos en los cilindros correspondientes.</li> <li>Contar, difundir con un plan de manejo ambiental.</li> <li>Coordinar el recojo con la empresa encargada para el traslado de los residuos generados.</li> </ul>
<p><b>Elaborado Por:</b> Equipo de Trabajo/Supervisor</p>  <p>Ing. Antoine Samuraj Holguino Sullia</p>	<p><b>Revisado:</b> Asesor de Seguridad y Salud</p>  <p>Ing. Dorian Vilca Macedo</p>	<p><b>Aprobado:</b> Gerente de Área/Jefe de Proyecto</p>  <p>Ing. Julio JULIO CESAR FARCANA</p>



### Anexo 14. Evidencias de resistencia a la fuerza de rotura a 90°



Foto (A)



Foto (B)



Foto (C)



Foto (D)

### Anexo 15. Evidencias del proceso de termofusión a tope



Foto 1. Condición de trabajo



Foto 2. Limpieza de la tubería HDPE



Foto 3. Posicionamiento y alineamiento de la tubería HDPE



Foto 4. Refrentado de la tubería HDPE



Foto 5. Producto final de la termofusión en tuberías HDPE



Foto 6. Medición de los labios



Foto 7. Uniformidad del cordón



Foto 8. Probetas de HDPE



Foto 9. Prueba de doblez