

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y
Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,
Mecánica Eléctrica y Mecatrónica



**“IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DE SOLDADURA POR
TERMOFUSIÓN Y ELECTROFUSIÓN PARA TUBERÍAS DE
TRANSPORTE DE GAS NATURAL”**

Tesis presentada por los Bachilleres:

Ramos Benavente, Alexander Eloy

Valdivia Escalante, Mauricio Elar

para optar el Título Profesional de

Ingeniero Mecánico Electricista.

Asesor:

Dr. Gordillo Andia, Carlos Alberto

Arequipa- Perú

2020

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 01 de Agosto del 2020

Dictamen: 000864-C-EPIMMEM-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 000864, presentado por:

2011400281 - VALDIVIA ESCALANTE ELAR MAURICIO

2011400421 - RAMOS BENAVENTE ALEXANDER ELOY

Titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DE SOLDADURA POR TERMOFUSIÓN Y ELECTROFUSIÓN PARA
TUBERÍAS DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1530 - FERNANDEZ BARRIGA CAMILO GRIMALDO
DICTAMINADOR**



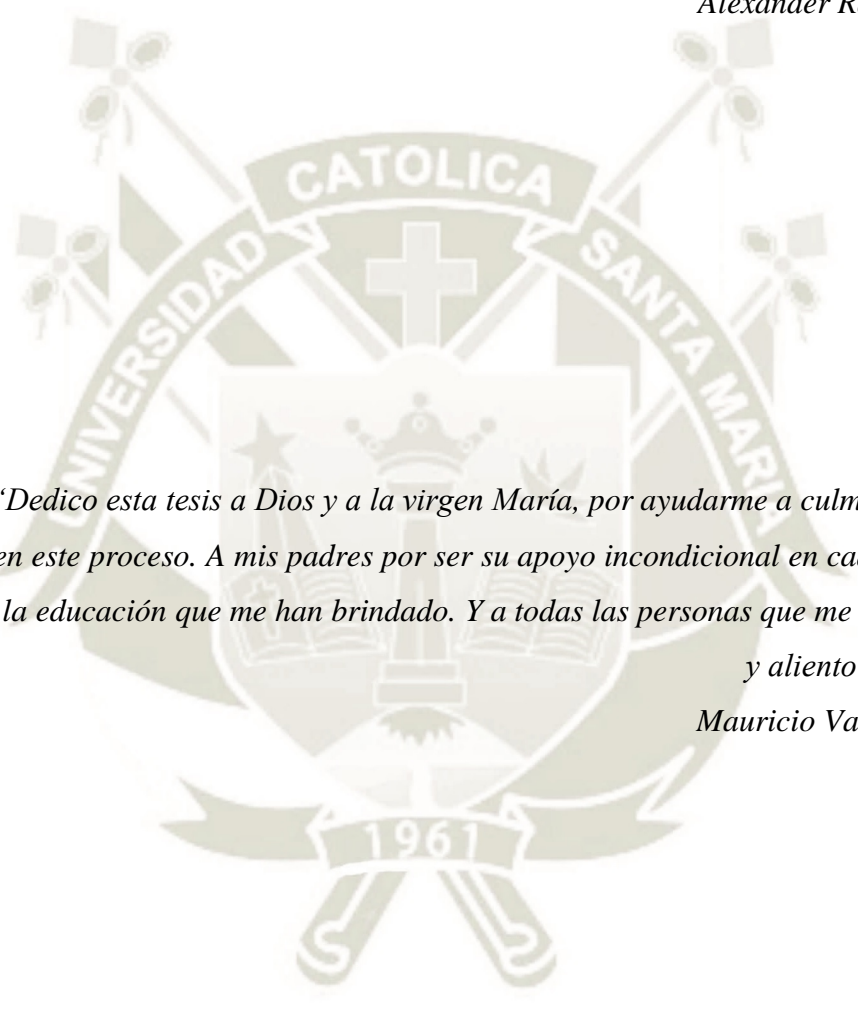
**1828 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis primeramente a Dios por darme la fuerza y salud necesaria para llevar a cabo mis metas y objetivos. A mis padres y hermana por sus consejos y apoyo incondicional en todo momento.

Alexander Ramos Benavente



“Dedico esta tesis a Dios y a la virgen María, por ayudarme a culminar esta obra y guiarme en este proceso. A mis padres por ser su apoyo incondicional en cada paso, por sus consejos y la educación que me han brindado. Y a todas las personas que me dieron su apoyo y aliento incondicional”.

Mauricio Valdivia Escalante

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Católica de Santa María de Arequipa; a todos los mentores quienes contribuyeron en nuestra formación profesional en el proceso pre grado.

Finalmente, a todas las personas que forman parte de mi vida.

Alexander Ramos Benavente

A los profesores e ingenieros por sus enseñanzas; a mi tía Zoila y a mi tío Carlos por sus insistencias en culminar mi formación y a todas las personas que estuvieron conmigo en este largo proyecto.

Mauricio Valdivia Escalante

RESUMEN

La presente tesis está basada en la construcción e implementación de un módulo de soldadura para tuberías de polietileno aplicado al transporte de gas natural; se construyó el módulo en el cual se implementaron dos tipos de uniones por soldadura en el laboratorio de termofluidos de la Universidad Católica Santa María. El primer proceso es por transferencia de energía calorífica, que se conoce como Termofusión; y el segundo proceso es por efecto Joule, aplicando corriente eléctrica, llamado Electrofusión.

Se inició dando conocimientos de lo concerniente al gas natural, su medio de transporte y tipos de las tuberías de polietileno; seguidamente los conceptos previos que son necesarios para entender los procesos de termofusión y electrofusión de nuestro módulo práctico.

Luego se realizó la construcción del módulo de soldadura para tuberías de polietileno; se realizaron los cálculos eléctricos para la instalación de dos equipos de termofusión con rangos de diámetro de tubería hasta 63 mm y un equipo de electrofusión de hasta 160 mm de diámetro.

A continuación, se desarrolló una guía práctica para termofusión y otra para electrofusión cada una con los detalles del paso a paso de los procedimientos de identificación, operación y cuidado de las máquinas de soldadura (Polifusora R63 y Electrolight), que deberá ser desarrollado de forma práctica en el laboratorio de termofluidos de la Universidad Católica de Santa María, de tal manera que se fortalezcan los conocimientos.

Palabras claves: gas natural, termofusión, electrofusión, polietileno (PE).

ABSTRACT

The present thesis is based on the construction and implementation of a welding module for polyethylene pipes applied to the transport of natural gas; The module was built in which two types of weld joints were implemented in the Fluid Terms Laboratory of the Santa María Catholic University. The first process is by transfer of heat energy, which is known as Thermofusion; and the second process is by Joule effect, applying electric current, called Electrofusion.

It was given knowledge about natural gas, its means of transportation and types of polyethylene pipes; Then the previous concepts that are necessary to understand the thermofusion and electrofusion processes of our practical module.

Then the construction of the welding module for polyethylene pipes was carried out; The electrical equipment was used for the installation of two thermofusion units with ranges of pipe diameter up to 63 mm and an electrofusion unit of up to 160 mm diameter.

Next, a practical guide for thermofusion and another for electrofusion are required, each with the details of the step-by-step procedures for the identification, operation and care of welding machines (Polifusora R63 and Electrolight), which must be developed in a detailed manner. Practice in the laboratory of thermofluids of the Catholic University of Santa María, in such a way that it strengthens knowledge.

Key words: natural gas, thermofusion, electrofusion, polyethylene (PE).

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se sabe del crecimiento de la utilización del gas natural, va en aumento y la proyección a futuro se inclina a desplazar a otros combustibles fósiles, por el mismo es necesario entrar en contacto directo con todas las líneas de gas. Por otro lado, el avance en la industria nos permite tener resinas plásticas para la fabricación de tuberías con mejores propiedades.

El enfoque principal de este proyecto es el interés de que los estudiantes consoliden sus conocimientos teóricos con la ayuda de la práctica. Para ello, se realizará un módulo de métodos de soldadura de tuberías de polietileno (HDPE) para el transporte de gas natural, por lo mismo se detallará el desglosado:

Capítulo 1 ASPECTOS GENERALES. Detallar la identificación del problema para así poder continuar con los objetivos del desarrollo de este proyecto, aclarando los alcances, justificaciones.

Capítulo 2 MARCO TEÓRICO. Conceptos fundamentales teóricos bibliográficos, sobre la historia, proyecciones del gas natural, el polietileno.

Los siguientes capítulos detallarán los procesos de soldadura (guías de práctica) de los dos métodos tales como termofusión y la electrofusión.

Finalizando, con las conclusiones, referencias bibliográficas y los anexos respectivos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	vii
CAPÍTULO I	
1. ASPECTOS GENERALES	6
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
1.2 OBJETIVOS	6
1.2.1 Objetivo General	6
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 Alcances	7
1.4 Justificación	8
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 GAS NATURAL EN EL TIEMPO	10
2.1.1 Cambio de Fuentes Energeticas en el Perú	12
2.2 CONSUMO DE GAS NATURAL EN EL PERÚ	14
2.3 GAS NATURAL	15
2.3.1 Conceptos de gas natural	15
2.3.2 Formación del gas natural	15
2.3.3 Composición	16
2.3.4 Formas de extracción	18
2.3.5 Presiones de transporte	19
2.3.6 Medición del Gas Natural	20
2.3.7 Gasoducto del Sur en Perú	21
2.4 TUBERÍAS DE POLIETILENO	22
2.4.1 Polietileno	22
2.4.2 Polietileno de Baja Densidad (LDPE)	23
2.4.3 Polietileno Lineal de baja Densidad (LLDPE)	24
2.4.4 Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	25
2.4.5 Obtención del Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	26
2.4.6 Diámetros nominales	27
CAPÍTULO III	
3. SOLDADURA POR TERMOFUSIÓN	31
3.1 CONCEPTO DE TERMOFUSIÓN	31
3.2 EQUIPOS DE SOLDADURA POR TERMOFUSIÓN	32
3.3 POLIFUSORA R63 – MÁQUINA DE TERMOFUSIÓN	33
3.3.1 Características Técnicas	34
3.3.2 Procedimiento de Uso	35
CAPÍTULO IV	
4. SOLDADURA POR ELECTROFUSIÓN	40

4.1	CONCEPTO DE ELECTROFUSIÓN.....	40
4.2	ELECTROLIGHT – MÁQUINA DE ELECTROFUSIÓN.....	41
4.2.1	Características técnicas.	42
4.2.2	Criterios generales de soldadura.	43
4.2.3	Ingreso de datos de la Electro Light.	44
CAPÍTULO V		
5.	CÁLCULO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO.....	47
5.1	SELECCIÓN DE CONDUCTOR:.....	47
5.2	SELECCIÓN DE LLAVE TERMOMAGNETICA.....	50
5.3	SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR DIFERENCIAL.....	51
CAPÍTULO VI		
6.	EVALUACIÓN DE COSTOS.....	54
6.1	COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	54
6.2	COMPARACIÓN ECONÓMICA TERMOFUSIÓN Y ELECTROFUSIÓN.....	55
6.3	INVERSIÓN FIJA.....	56
6.4	COSTOS Y GASTOS DEL PROYECTO.....	57
6.5	CÁLCULO DE DEPRECIACIÓN DE LAS INVERSIONES FIJAS.....	59
6.6	CÁLCULO DE AMORTIZACIÓN DE LAS INVERSIONES DIFERIDAS.....	60
6.7	INGRESO DE PROYECTO.....	61
6.8	MARGEN DE GANANCIA.....	62
CONCLUSIONES.....		63
RECOMENDACIONES.....		64
REFERENCIAS.....		65
ANEXOS.....		69

Lista de Tablas

- Tabla 01: Equivalencias Referidas al Gas Natural
- Tabla 02: Propiedades Físicas del Polietileno HDPE
- Tabla 03: Diámetro de Interior de Tuberías de Polietileno
- Tabla 04: Características Físicas y Mecánicas
- Tabla 05: Espesor de Tuberías de Polietileno
- Tabla 06: Características técnicas Polifusora R63 Ritmo
- Tabla 07: Características técnicas Electro Light - Ritmo
- Tabla 08: Especificaciones de Equipos de Soldadura
- Tabla 09: Conductores eléctricos
- Tabla 10: Selección Interruptores Termomagnéticos
- Tabla 11: Selección Interruptores Diferencial BT DIN
- Tabla 12: Costo del proyecto
- Tabla 13: Comparación Económica entre Termofusión y Electrofusión
- Tabla 14: Costo de Equipos
- Tabla 15: Inversión Diferida
- Tabla 16: Costos de Accesorios
- Tabla 17: Potencia de Equipos
- Tabla 18: Tiempo por Práctica
- Tabla 19: Depreciación de Equipos
- Tabla 20: Depreciación Diferida
- Tabla 21: Costo Utilización del Módulo
- Tabla 22: Costo de Consumibles
- Tabla 23: Depreciación Total de Módulo

Lista de Imágenes

- Figura 01: Reservas probadas de gas (TCF)
- Figura 02: Transición Energética en 100 años
- Figura 03: Consumo de Mundial de Energías Primarias 2019
- Figura 04: Proyección Mundial de Energías Primarias 2040
- Figura 05: Origen del Gas Natural
- Figura 06: Constituyentes del Gas Natural
- Figura 07: Gaseoducto Sur Peruano
- Figura 08: Estructura Química del Polietileno
- Figura 09: Símbolo Reciclable LDPE
- Figura 10: Molécula de polietileno LDPE
- Figura 11: Molécula de Polietileno (LLDPE)
- Figura 12: Molécula de Polietileno HDPE
- Figura 13: Proceso HDPE Fase Gaseosa
- Figura 14: Soldadura por Termofusión
- Figura 15: Máquina de Termofusión a Socket
- Figura 16: Máquina de Termofusión a Tope
- Figura 17: Polifusora R63 Ritmo
- Figura 18: Despiece de Polifusora R63
- Figura 19: Esquema de Soldadura por Electrofusión
- Figura 20: Electra Light Ritmo
- Figura 21: Diagrama de Instalación Eléctrico
- Figura 22: Diagrama de Unifilar
- Figura 23: Tarifa Eléctrica



CAPÍTULO I

“IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DIDÁCTICO DE SOLDADURA POR TERMOFUSIÓN Y ELECTROFUSIÓN PARA TUBERÍAS DE POLIETILENO DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL”

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad con el avance tecnológico y desarrollo de nuevas tecnologías no es suficiente la información y/o aprendizaje recibido por nuestras casas de estudios. Y con la construcción del gasoducto sur peruano (GSP) nos proyectamos hacia una demanda tanto en el sector industrial como en el sector residencial. Estamos seguros que en el futuro el polietileno estará presente en cualquier canalización.

El empleo de tuberías de polietileno tiene ventajas muy amplias, por no decir su vida útil. Se trata del material idóneo para las nuevas instalaciones, ya que una vez soldado no tiene fugas. Estamos seguros que en el futuro el polietileno estará presente en cualquier canalización.

Es por ello que optamos por implementar un módulo formativo para el profesional en formación de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica Y Mecatrónica; debido a su importante acogida en el sector industrial y los porvenires del desarrollo del gasoducto hacia la zona sur de nuestro país.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Construir e implementar un módulo formativo del proceso de soldadura por termofusión y electrofusión en tuberías de polietileno utilizadas en el transporte

de gas natural, para el laboratorio de termofluidos de la Universidad Católica de Santa María.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Definir los conceptos fundamentales de soldaduras por termofusión y electrofusión para tuberías de polietileno; y dar un alcance del gas natural.
- Realizar cálculo eléctrico para la instalación de los equipos en el módulo.
- Elaborar guías con los procedimientos de soldadura, utilización y cuidado de equipos garantizando una unión soldadura de calidad.
- Realizar las prácticas de soldadura por termofusión y electrofusión.

1.3 Alcances

El presente proyecto contempla la implementación y puesta en marcha de los dos tipos más comunes de soldadura de tuberías de polietileno para el transporte de gas natural mayormente usados en el sector residencial, con tres máquinas soldadoras, una máquina de soldadura por electrofusión de hasta 160 milímetros de diámetro de tubería y otras dos máquinas manuales de soldadura por termofusión de 20 mm hasta 63 mm de diámetro nominal; para su demostración posterior puede ser más beneficioso un stock de tuberías de polietileno, hasta 160 mm.

1.4 Justificación

El estudio y proyecto de implementación del módulo de soldadura de tuberías de polietileno determina las obligaciones que deben cumplir los operadores, técnicos e ingenieros de campo a la hora de comenzar una obra de transporte de gas natural.

La importancia del proyecto es garantizar las condiciones adecuadas de trabajo apropiadas durante toda la ejecución de una obra. Para ello es fundamental e importante que el joven profesional adquiera conocimientos de mediana envergadura y así pueda afrontar los diversos problemas en el campo de ingenierías.

Nos proponemos entonces investigar todo el proceso de soldadura de tuberías de polietileno para el transporte de gas natural en sus dos formas (termofusión y electrofusión). Lo que comprende las concepciones teóricas y prácticas de soldadura, pues consideramos que es muy importante para el profesional en formación tener conocimientos de este tema.



2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollarán un resumen de la historia de lo concerniente al gas natural y su medio de transporte; y también de los conceptos previos que son necesarios para entender los procesos de termofusión y electrofusión de nuestro módulo práctico.

2.1 GAS NATURAL EN EL TIEMPO

A mitades del siglo XIX, la leña se encontraba en decaída debido a que la combustión incompleta producía un humo que causaba daños en la salud las personas; y estaba el carbón como reemplazo de la leña, al ser abundante y barato; se utilizaba como combustible para las viviendas, industrias y centrales de generación de energía eléctrica, que hasta la actualidad se viene generando con este combustible pero en condiciones de emergencia y/o alta demanda; a pesar de que es culpable del cambio climático.

Para comienzos del siglo XIX empezó a declinar el consumo de carbón a raíz del descubrimiento del petróleo, ya que se descubrieron las bondades de este hidrocarburo y la cantidad de derivados que se podían obtener de este.

Las energías renovables son fuentes de energía limpia en constante crecimiento, amigable para el medio ambiente y representando más de la mitad de la producción de electricidad en nuestro país.

Sobre el gas natural en la línea del tiempo tenemos lo siguiente:

El gas natural se conocía mucho antes de que empiece la industria del carbón y petróleo, pero fueron por estos desarrollos que el gas se dejó de lado y además porque se desconocía cómo transportarlo a grandes longitudes.

Para comienzos del siglo XIX se llegó a transportar gas, en pequeñas cantidades, para el uso en lámparas de iluminación.

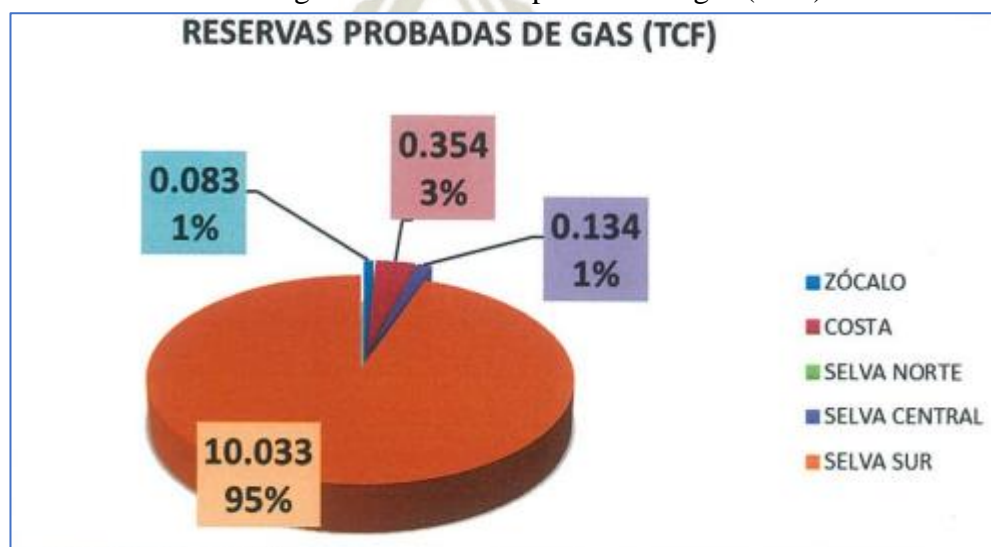
Posteriormente se desarrollaron uniones herméticas que podían transportar el gas a mayores longitudes, 150 kilómetros aproximadamente.

En 1924: La tecnología de cañerías ha evolucionado y en Estados Unidos comienzan a construirse grandes sistemas de transmisión de gas (gasoductos), de más de 51 centímetros de diámetro y 320 kilómetros. En 1970 en Rusia, comienza a construirse la tubería más larga para el transporte de gas natural, la Red de Northern Lights, con 5470 kilómetros de longitud, atraviesa los Urales uniendo Europa Oriental con Siberia (Nortegas, 2019).

En la actualidad: En España las redes de transporte y distribución de gas natural superan los 35.000 kilómetros y se consumen en el mundo más de 2.350 millones de metros cúbicos al año. Hoy por hoy existen unas reservas probadas de gas natural que superan los 160.000 millones de metros cúbicos (Nortegas, 2019).

En el Perú se ha estimado las reservas probadas de gas natural en 10.604 trillones de pies cúbicos (MINEM, 2018).

Figura 01: Reservas probadas de gas (TCF)



Fuente: (MINEM, 2018)

2.1.1 Cambio de Fuentes Energéticas en el Perú

Es de estimarse que la demanda de energía a nivel mundial aumente notablemente en los próximos años, debido al constante aumento de población e industrias de desarrollo económico.

Perú es rico en fuentes de producción energética, las llamadas energías renovables, las que encontramos en nuestra tierra y hasta se podría decir que son inagotables como:

- La Energía Hidráulica. - aprovechan la energía cinética del agua y la transforman en energía eléctrica, en centrales hidroeléctricas.
- La Energía Térmica. - es la energía eléctrica que se produce por combustión de algún combustible fósil, como el carbón, petróleo o gas natural.
- La Energía Eólica. - aprovecha la energía cinética del viento y la transforma en energía eléctrica por medio de aerogeneradores.
- La Energía Solar Térmica. - aprovecha la radiación solar para el calentamiento de algún fluido el cuál se utiliza para producir energía eléctrica.
- La Energía Solar Fotovoltaica. - se produce energía eléctrica mediante la obtención directa de la radiación solar.
- La Energía Biomasa. - usa materia orgánica (natural, residual o de cultivos energéticos) como fuente de energía calorífica, es decir, producción de calor para luego desprender su energía en una turbina generando así la energía eléctrica.

La participación energética en nuestro país está presentando cambios considerables con respecto al tipo de fuente:

En el 2003 la hidroelectricidad representaba el 81% de la generación de electricidad.

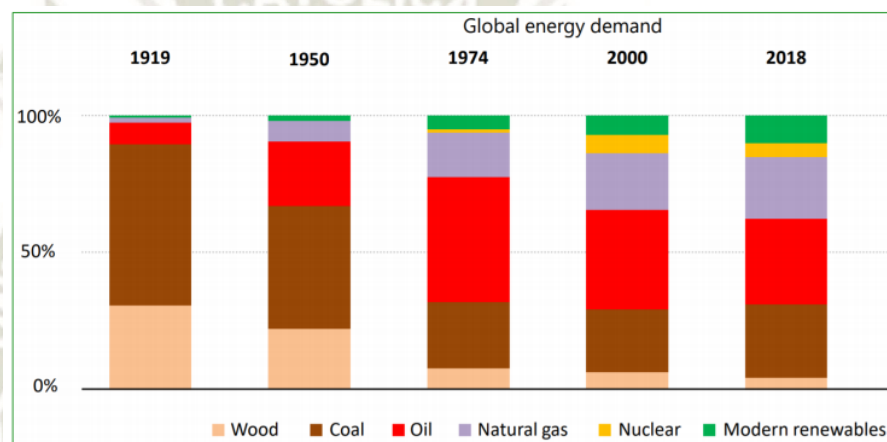
La diferencia era generación térmica, mayoritariamente diésel y residual. Del 2004 en

adelante, la generación térmica a gas ha cubierto el crecimiento de la demanda (MINEM, 2014).

Entonces vemos como la demanda de consumo de gas natural para producción de energía eléctrica está aumentando considerablemente y que es un mercado para futuras obras y proyectos en el sector.

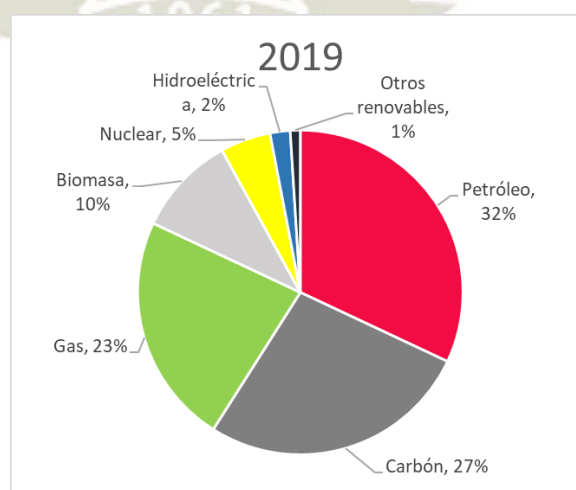
En la siguiente imagen también se muestra el aumento del consumo de gas natural en los últimos 100 años.

Figura 02: Transición Energética en 100 años



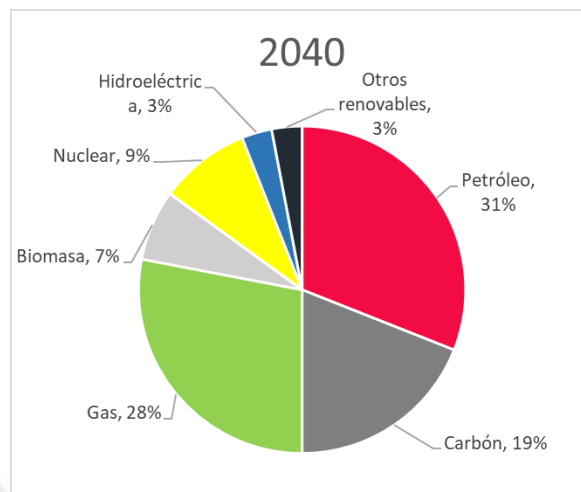
Fuente: (Perupetro, 2019)

Figura 03: Consumo de Mundial de Energías Primarias 2019



Fuente: (Repsol, 2019)

Figura 04: Proyección Mundial de Energías Primarias 2040



Fuente: (Osinermin, 2014)

Haciendo una comparación de consumo de hidrocarburos entre el año 2019 y una proyección al año 2040, notablemente la utilización del petróleo se mantiene seguidamente por el gas quitándole posicionamiento al carbón.

El gas natural se afianzó como la fuente mayoritaria en la canasta energética del Perú, pues su participación en la producción de energía primaria del país pasó de un 50 % en 2013 a un 56 % en 2017 (Promigas, 2018).

2.2 CONSUMO DE GAS NATURAL EN EL PERÚ

Evolución en el Perú hasta fines de 2013, han sido 14 distritos de lima metropolitana los abastecidos por Cálida. Se han instalado 135 mil conexiones domiciliarias, beneficiando alrededor de 700 mil personas (Osinermin, 2017).

Con respecto a los principales consumidores de GN para 2013, Perú LNG se ha constituido como el más importante, llegando a concentrar cerca de 54% de toda la producción de GN de Camisea, seguido de las generadoras eléctricas que ostentan una significativa proporción de aproximadamente 30% del total de consumo de GN del país.

Asimismo, los clientes industriales, grupo conformado principalmente por empresas dedicadas a la industria de cerámicas, aceros y cemento consumen alrededor de 3.8% del total, mientras que las empresas dedicadas a la distribución de GN, Contugas y Cálidda, han utilizado 13% del total producido en 2013 (Osinergmin, 2017).

2.3 GAS NATURAL

2.3.1 Conceptos de gas natural

El gas natural es una combinación de gases generado debajo de la superficie terrestre siendo un Hidrocarburo.

El gas natural hidrocarburo mezclado de gases es una sustancia de origen fósil, procedente de la descomposición de materia orgánica atrapada bajo la superficie terrestre en estratos que han impedido su liberación a la atmósfera (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 1999).

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos de origen natural, en estado gaseoso o asociados con el petróleo.

2.3.2 Formación del gas natural.

El gas natural, es parte de la familia de hidrocarburos, al igual que el petróleo, se forma en el subsuelo profundo en sedimentos con alto contenido de materia orgánica y denominados “roca madre”. Este proceso tiene lugar en extensas regiones geológicas denominadas cuencas sedimentarias, La materia orgánica presente en los sedimentos se deriva a partir de organismos marinos y terrestres (lagos), depositados en diversos

ambientes sedimentarios antiguos de baja energía y deficiencia del oxígeno, hasta mixtos (deltas), bajo condiciones reductoras y un rápido sepultamiento que permiten la acumulación de esta materia (Colegio de Geólogos de Costa Rica, 2013).

El gas y el petróleo fueron formados hace millones de años, cuando plantas y animales principalmente microscópicos, conocidos como fitoplancton y zooplancton se depositaron principalmente en el fondo del mar y fueron enterrados por sedimentos. Las capas de sedimentos fueron acumulándose, originando un aumento de presión y temperatura, lo cual convirtió la materia orgánica en compuestos de hidrógeno y carbono (hidrocarburos) (Perúpetro, 2010).

Figura 05: Origen del Gas Natural



Fuente: (Perúpetro, 2010)

2.3.3 Composición

La composición del gas natural varía según el yacimiento, pero el componente principal del gas natural es el metano, que se presenta en un 70 a 90%, además lleva en su composición otros hidrocarburos más ligeros, como el etano, el propano y el butano,

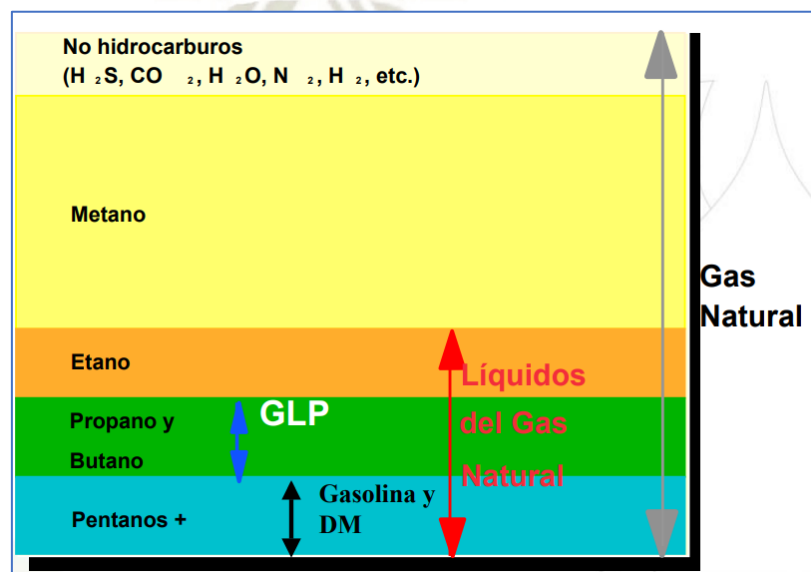
en cantidades significativas. Otros de sus componentes son el sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono, nitrógeno, etc., que se eliminan en la extracción, ya que no tienen utilidad alguna como combustible (Osinergmin, 2019).

Compuesta por metano y etano, y en menor proporción por propano, butanos, pentanos e hidrocarburos más pesados. Las principales impurezas que puede contener la mezcla son vapor de agua, gas carbónico, nitrógeno, sulfuro de hidrógeno y helio, entre otros (Ecopetrol, 2014).

Está formado en su mayor parte por metano (en proporciones próximas al 90% en volumen, dependiendo de la procedencia) y fracciones variables de hidrocarburos gaseosos más pesados (etano, propano, butano, pentano y hexano principalmente) y otros gases como nitrógeno y dióxido de carbono, en función de su origen y procesos a los que haya sido sometido. Es incoloro, no tóxico e inodoro (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 1999).

Constituyentes del gas natural:

Figura 06: Constituyentes del Gas Natural



Fuente: (Perúpetro, 2010)

2.3.4 Formas de extracción

El gas natural se extrae de los reservorios que se encuentran bajo tierra a profundidades que van desde los 500 m hasta los 3500 (Minem, 2019).

Tipos de extracción y producción de gas natural. Una vez detectada la existencia de un yacimiento y comprobado que se dan las condiciones técnicas y económicas que hacen viable la extracción del gas natural, se procede a la perforación del mismo. Generalmente, se utiliza una técnica de perforación por rotación directa (es decir, la materia perforada se traslada a la superficie a través del interior del brazo perforador). El desarrollo reciente de las técnicas de perforación horizontal permite acceder a yacimientos más alejados desde una misma plataforma de extracción. Los últimos avances en técnicas de extracción se están produciendo en la naciente industria del gas no convencional.

En los últimos años se han investigado y desarrollado, especialmente en los EE.UU., nuevas formas de extracción de gas natural denominadas “no convencionales” (ver Figura 3 4), en parte debido a los elevados precios de los combustibles. Entre las principales nuevas fuentes de “gas no convencional” se encuentran las siguientes:

- “Shale gas” (o gas procedente de pizarras y esquistos). Los esquistos y las pizarras son formaciones minerales procedentes de sedimentos ricos en arcillas, de grano fino, pero bastante impermeables que se almacenan en capas paralelas que suelen contener gas natural. Las propiedades de estas rocas hacen que sea difícil extraer el gas natural, ya que para liberarlo es necesario fracturar la roca mediante la técnica conocida como “fracking”.

- “Tight sand gas accumulations” (o gas en arenas de baja permeabilidad). Como consecuencia de la baja permeabilidad de estas acumulaciones de arena, el gas natural queda atrapado en ellas sin poder ascender a capas más superficiales. Al igual que ocurre con el “shale gas” es necesario fracturar esta estructura para extraer el gas, dificultando su extracción.
- “Coalbed methane” (CBM) o metano en capas de carbón. De la misma manera que podemos encontrar el gas natural asociado al petróleo, también podemos encontrarlo asociado al carbón. Antiguamente esto suponía un problema a la hora de extraer el carbón en las minas, por su peligrosidad. Actualmente se recupera este gas liberado en la extracción de carbón y se conduce a los gasoductos (Energía y Sociedad, 2017).

2.3.5 Presiones de transporte

Existen dos formas de transporte para el gas natural:

- Gas Natural Seco (GNS): se aprovecha el estado gaseo de este para poder ser transportado en ductos (gaseoducto) con tubería de acero con alto contenido de carbono con presiones que rodean de 20 a 70 bar. En distribución se trabaja por debajo de 20 bar (Ministerio de Energía y Minas, 2009).
- Gas Natural Comprimido (GNC): Este tipo de transporte se realiza por vía terrestre por tanques, camiones bajo la presión de 200 bar.

Para las tuberías de polietileno normalmente trabajo con la presión de distribución que va de 0.4 bar a 4 bar presiones con las que trabaja la industria, la presión con la que

se trabaja en interiores (Hogares) es de 16 mbar y 23 mbar. Las tuberías de Polietileno soportan una presión máxima es 7 bar.

2.3.6 Medición del Gas Natural

Las unidades de medida son un resultado a la necesidad humana para poder contabilizar la producción, exportación, venta de distintos tipos.

Para poder revisar las unidades de medida del gas natural se tiene que tener en consideración algunas variables como son diferencia de presiones, etc.

Las diferentes unidades que se tiene para el gas natural son:

Tenemos la unidad de BTU, es una unidad térmica británica, pero también se utiliza el millón de BTU que tiene una equivalencia de 27.8 m³, otra muy utilizada es los trillones de pies cúbicos (TCF) con una equivalencia de 2830 MM m³.

Toda relacionado con producción y comercialización es necesario trabajar con una unidad de medida. El gas natural utiliza la unidad de medida de los hidrocarburos, en el sistema ingles pie – libra y en el sistema internacional metro – kilogramo.

Teniendo en cuenta que se tiene que llegar a una globalización en las unidades se creó el “Sistema Internacional de Unidades” que fue creado en el año de 1960 por la Convención General de Pesas y Medidas para darle uniformidad y coherencia a las mediciones pero es la Organización Internacional de Normalización – ISO quien regula detalladamente su aplicación práctica (ISO 1000 e ISO 31/0, etc.) inclusive contempla y estandariza las denominaciones, abreviaturas, y símbolos de las unidades propias de la medición de los hidrocarburos que no son derivadas del SI (Cáceres Grazini, 2002).

Tabla 01: Equivalencias Referidas al Gas Natural

Unidad	Multiplicado por	Se obtiene
Metros cúbicos gas	35	pies cúbicos gas
BTU	0,001	pies cúbicos gas
Pies cúbicos gas	0,02832	metros cúbicos gas
Kilo caloría	4 183	joules
Kilo caloría	3,9683	BTU
BTU	252	calorías
Barril petróleo N° 6	6 000	pies cúbicos gas
Barril petróleo	6 megas	BTU
Galón petróleo	140 000	BTU
Joule	0,000 948	BTU
Barriles petróleo	42	galones petróleo
Tonelada carbón	27,3	millones BTU
Toneladas carbón	27 300	pies cúbicos gas

Fuente: (Cáceres Grazini, 2002)

2.3.7 Gasoducto del Sur en Perú.

La construcción del gaseoducto sur peruano que beneficiará a 6 departamentos del Perú, Cusco, Apurímac, Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna. La primera ventaja es dar una seguridad energética al país que beneficiaría a tres centrales térmicas, Quillabamba, Mollendo e Ilo.

La construcción del gaseoducto sur peruano consta de 4 tramos. El tramo B, consta de la construcción de gasoducto y poliducto de la Planta de Separación Malvinas al punto de derivación con el sistema de transporte existente. Este tramo representa el reforzamiento del sistema de transporte existente de gas natural (GN) y líquidos de gas natural (LGN). El tramo A1, es la construcción de gasoducto desde el punto de derivación hasta Urcos. comprende los gasoductos secundarios a la central térmica de Quillabamba y a la provincia de Anta. El tramo A2 con de la construcción de gasoducto desde Urcos hacia la central térmica de Ilo pasando por la central térmica de Mollendo y el tramo C y los futuros gasoductos regionales hacia Apurímac, Puno, Arequipa, Cusco, Moquegua y Tacna (Proinversión, 2017).

Figura 07: Gaseoducto Sur Peruano



Fuente: (Peru21, 2015)

2.4 TUBERÍAS DE POLIETILENO

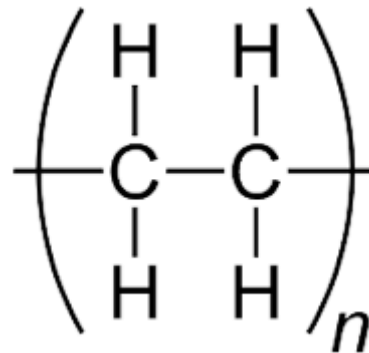
2.4.1 Polietileno.

El polietileno conocido también con las silabas “PE”, es un material plástico de costo no muy elevado, sabiendo que la fabricación del polietileno es un proceso no muy complejo el cual se detalla a continuación:

La fabricación del polietileno proviene de la combinación entre benzaldehído y el etileno (polimerización de etileno), la producción mundial de polietileno se encuentra alrededor de los 60,000,000 de toneladas plásticas.

La estructura química del polietileno básica está formada por átomos, dos de carbono y cuatro de hidrógeno. Su fórmula química es $(C_2H_4)_n$.

Figura 08: Estructura Química del Polietileno



Fuente: (Google, 2019)

Existen diferentes tipos de polietilenos estos dependen de densidad y son los siguientes:

- Polietileno de Baja Densidad (LDPE).
- Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
- Polietileno lineal de baja densidad.
- Polietileno de Alta densidad de Alto Peso Molecular.
- Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular.

2.4.2 Polietileno de Baja Densidad (LDPE).

Este polietileno también es conocido con las siglas en español “PEBD” y está representada por el símbolo:

Figura 09: Símbolo Reciclable LDPE



Fuente: (Wikipedia, 2020)

La estructura química del polietileno de baja densidad presenta ramificaciones entre 20 a 40 en un átomo y la gran distancia entre estos átomos de carbono hace que la densidad baje, esto hace que sea un producto no muy duro, pero si tener flexibilidad a la manipulación y tener resistencia a golpes, la densidad esta alrededor de 0.9 g/cm³.

Cabe resaltar algunos beneficios que contiene este polietileno de baja densidad: no presenta olor, ni color, es muy flexible, resistente a temperaturas.

Las utilizaciones que tiene en el mercado mayorista y minorista, mayor mente es generación de botellas, juguetes, bolsa de plástico, tuberías, bandejas de alimentos, etc.

Figura 10: Molécula de polietileno LDPE



Fuente: (Tecnologiadelosplasticos, 2012)

2.4.3 Polietileno Lineal de baja Densidad (LLDPE).

Este polietileno es más parecido al polietileno de alta densidad, este presenta un modelo lineal con escasas ramificaciones de un tamaño mucho más corta a las que presenta el polietileno de baja densidad (LDPE).

Alguno de los beneficios de este material es resistente a bajas temperaturas por debajo de 0°C, poco brillo y es inoloro, es resistente a fuerzas de tracción.

Figura 11: Molécula de Polietileno (LLDPE)



Fuente: (Delgado Vargas, 2007)

2.4.4 Polítileno de Alta Densidad (HDPE).

Este polietileno también es conocido con las siglas en español “PEAD”. Este polietileno es de forma lineal sin ninguna clase de ramificación esto debido a la distancia entre los átomos sabiendo que la fuerza de atracción es alta.

Para poder obtener este tipo de polietileno el proceso es polimerizar el etileno a nivel de presiones inferiores con catalizadores Ziegler Natta. El punto de fusión esta entre la temperatura de 135 °C por encima del punto de la ebullición del agua.

Tabla 02: Propiedades Físicas del Polietileno HDPE

Propiedades	Unidades	Valor
Densidad	g/cm ³	0.941 – 0.965
Absorción de Agua	mg a 96 h	<0.5
Contracción	%	1.5 – 3
Resistencia a la tensión al Cede	N/mm ²	18 – 35
Elongación Punto de Ruptura	%	1000
Resistencia al impacto Ranurado1		
A 20 C	KJ/m	No rompe –6
A –20 C	KJ/m	>5
Temperatura de Defección		
1.86 N/mm ²	C°	50
0.45 N/mm ²	C°	75
Resistencia Dieléctrica	KV/cm	>600

Fuente: (Roca Girón, 2005)

Los beneficios que tiene este tipo de polietileno es un bajo costo, alta duración, resistencia a las temperaturas elevadas, para uso químico,

La aplicación más común en el mercado es bastante variada tenemos recipientes, geo membrana, películas, juguetes, etc.

Figura 12: Molécula de Polietileno HDPE



Fuente: (Tecnologiadelosplasticos, 2012)

2.4.5 Obtención del Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Tenemos dos únicos métodos de fabricación de este polietileno HDPE los cuales se detalla a continuación.

- Proceso de Suspensión

Este proceso consta de tres pasos para la obtención del polietileno

1. Purificación de la Materia

Como materia prima tenemos etileno comonomero la idea es quitar todas las impurezas que afecten al catalizador.

2. Reacción

Seguidamente ingresa a un reactor, el sistema de enfriamiento es igual de los de un motor de combustión por medio de chaquetas (intercambiador de calor), donde es mezclado por un agitador (etileno, diluyente, comonomero) estos pasando por un separador.

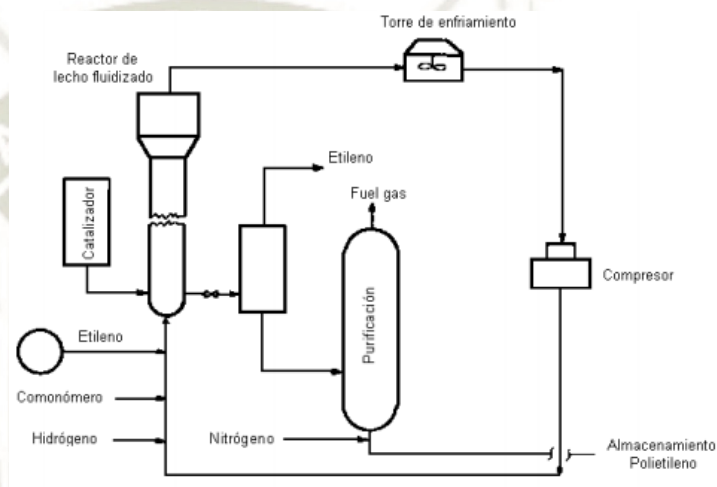
3. Separación de la Suspensión

Las partículas que se encuentran flotando en el aire son evacuadas del reactor contantemente las cuales se requiere que pasen un proceso de secado donde se agregan aditivos extras para terminar con este proceso.

- Frase Gaseosa

En este proceso el etileno ingresa a un reactor de lecho fluidizado con un porcentaje de 99% de limpieza donde se mezcla con el cromo y silicio, estos son el famoso catalizador, acá es evacuado el polietileno a un cámara de desgasificación.

Figura 13: Proceso HDPE Fase Gaseosa



Fuente: (Delgado Vargas, 2007)

2.4.6 Diámetros nominales

Las tuberías cuentan un diámetro nominal que es el mismo del diámetro externo y también cuenta con un diámetro interior, a continuación, se detallada en las siguientes tablas estándar.

Tabla 03: Diámetro de Interior de Tuberías de Polietileno

DIÁMETRO INTERIOR DE LAS TUBERÍAS											
Dn. (mm.)	PE 50A (PN MPa)				PE 50B (PN MPa)			PE 32 (PN MPa)			
	0.4	0.6	1.0	1.6	0.6	1.0	1.6	0.4	0.6	1.0	1.6
10										6	6
12										8	7.2
16	14.0	13.6	12.0	11.6	-	-	-	14.0	12.0	11.6	9.6
20	17.8	17.2	16.0	14.4	-	16.0	14.4	17.4	16.0	14.4	12.0
25	22.4	21.0	20.4	18.0	21.0	20.4	18.0	21.0	20.4	18.0	15.0
32	29.0	28.0	26.2	23.2	28.0	26.2	23.2	28.0	26.2	23.2	19.2
40	36.0	35.2	32.6	29.0	35.2	32.6	29.0	35.2	32.6	29.0	24.0
50	46.0	44.0	40.8	36.2	44.0	40.8	36.2	44.0	40.8	36.2	30.0
63	58.2	55.4	51.4	45.8	55.4	51.4	45.8	55.4	51.4	45.8	37.8
75	69.2	66.0	61.4	54.4	66.0	61.4	54.4	66.0	61.4	54.4	45.0
90	83.0	79.2	73.6	65.2	79.2	73.6	65.2	79.2	73.6	65.4	-
110	101.6	96.8	90.0	79.6	-	-	-	96.8	90.0	85.4	-
125	115.4	110.2	102.2	-	-	-	-	110.2	102.2	79.8	-
140	129.2	123.4	114.6	-	-	-	-	123.4	114.6	90.8-	-
160	147.6	141.0	130.6	-	-	-	-	141.0	130.8	101.6	-
180	166.2	158.6	147.2	-	-	-	-	158.6	147.2	116.2	-
200	184.6	176.2	163.6	-	-	-	-	176.2	163.6	130.8	-
225	207.8	198.2	184.0	-	-	-	-	198.2	184.0	145.4	-
250	230.8	220.4	204.6	-	-	-	-	220.4	204.6	-	-
280	258.6	246.8	229.2	-	-	-	-	246.8	229.2	-	-
315	290.8	277.6	257.8	-	-	-	-	277.6	257.8	-	-
355	333.6	312.8	290.4	-	-	-	-	312.8	-	-	-
400	369.2	352.6	327.2	-	-	-	-	352.6	-	-	-
450	415.6	396.6	368.0	-	-	-	-	396.6	-	-	-
500	461.8	440.8	409.0	-	-	-	-	440.8	-	-	-

Fuente: (Euita, 2019)

Seguidamente para poder calcular el espesor de una tubería se calcula mediante fórmula:

$$e = \frac{PN * DN}{2\sigma + PN}$$

Donde:

PN: Presión Nominal (MPa)

DN: Diámetro Nominal (mm)

σ : Esfuerzo Tangencial de Trabajo (MPa) a 20°.

Tabla 04: Características Físicas y Mecánicas

PROPIEDADES	PE 32	PE 50A	PE 50B	PE100
□ Densidad (g/cm ³)	≤ 0,93	> 0,94	0,93 A 0,94	> 0,94
□ Contenido en negro carbono (% en peso)	2,5±0,5	2,5±0,5	2,5±0,5	2,5±0,5
□ Coeficiente de seguridad (PR/PN)	1,60	1,60	1,60	1,25
□ Esfuerzo tangencial de trabajo a 20° (σ MPa)	3,2	5	5	8
□ Factor de corrección de la PN para T°>20°	0,75 a 0,36	0,8 a 0,32	0,8 a 0,32	0,8 a 0,32
□ Módulo de elasticidad (MPa)	200	900	700	1.200
□ Coeficiente térmico de dilatación lineal (m/m K)	1,7 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	2,0 x 10 ⁻⁴
□ Resistencia mínima a la tracción (MPa)	10	19	15	19

Fuente: (Euita, 2019)

Tabla 05: Espesor de Tuberías de Polietileno

Tipo	Presión Nominal (Atm.)								
	2.5	3.2	4	(5) ¹	6	(8)	10	(12.5)	16
D ₀ mm	e mm	e mm	e mm	e mm	e mm	e mm	e mm	e mm	e mm
PE-32	-	-	2.5	3.2	4	(5)	6	(8)	10
PE-50A	2.5	3.2	4	(5) ¹	6	(8)	10	(12.5)	16
PE-80	3.2	4	(5)	6	(8)	10	(12.5)	16	(20)
PE-100	4	(5)	6	(8)	10	(12.5)	16	(20)	25
20	-	-	-	-	-	-	2.3	2.3	2.8
25	-	-	-	-	-	-	2.3	2.8	3.5
32	-	-	-	-	-	2.4	2.9	3.6	4.4
40	-	-	-	2.3	2.4	3.0	3.7	4.5	5.5
50	-	-	-	2.4	3.0	3.7	4.6	5.6	6.9
63	-	2.6	2.4	3.0	3.8	4.7	5.8	7.1	8.6
75	-	2.3	2.9	3.6	4.5	5.5	6.8	8.4	10.3
90	2.2	2.8	3.5	4.3	5.4	6.6	8.2	10.1	12.3
110	2.7	3.4	4.2	5.3	6.6	8.1	10.0	12.3	15.1
125	3.1	3.9	4.8	6.0	7.4	9.2	11.4	14.0	17.1
140	3.5	4.3	5.4	6.7	8.3	10.3	12.7	15.7	19.2
160	4.	4.9	6.2	7.7	9.5	11.8	14.6	17.9	21.9
180	4.4	5.5	6.9	8.6	10.7	13.3	16.4	20.1	24.6
200	4.9	6.2	7.7	9.6	11.9	14.7	18.2	22.4	27.4
225	5.5	6.9	8.6	10.8	13.4	16.6	20.5	25.1	30.8
250	6.2	7.7	9.6	11.9	14.8	18.4	22.7	27.9	34.2
280	6.9	8.6	10.7	13.4	16.6	20.6	25.4	31.2	38.3
315	7.7	9.7	12.1	15.0	18.7	23.3	28.6	35.0	43.1
355	8.7	10.9	13.6	16.9	21.1	26.1	32.3	39.5	48.5
400	9.8	12.3	15.3	19.1	23.7	29.4	36.4	44.5	54.7
450	11.0	13.8	17.2	21.5	26.7	33.1	41.0	50.0	61.5
500	12.3	15.3	19.1	23.9	29.6	36.8	45.5	55.6	-

Fuente: (Euita, 2019)



3. SOLDADURA POR TERMOFUSIÓN

3.1 CONCEPTO DE TERMOFUSIÓN

La termofusión es una técnica fácil de ser utilizada no requiere de instrucción compleja es de muy bajos costos en la aplicación.

La termofusión tiene un principio básico el cual es utilizado para la unión de tuberías de plástico en este caso para tuberías de polietileno (PE), el rango de diámetros es muy amplio esta entre los 20 mm hasta 1600 mm, pero cada equipo tiene su propio rango de medidas dependerá de los diámetros que se desean soldar.

El método está basado en calentar las caras de las piezas que se desea unir con el uso de una plancha calefactora a temperaturas alrededor de los 200°C por un tiempo determinado, tiempos que se encuentran tabulados que nos facilita el fabricante, retirando de la plancha se procede a juntar las partes calentadas aplicando una presión en sentidos opuestos que también nos facilita el fabricante con una tabla.

La operación de las máquinas de termofusión puede requerir de una instrucción profesional a una instrucción básica esto dependerá del tamaño del equipo, cabe resaltar que con el avance de la tecnología mucho de los equipos vienen siendo automatizados por lo que cada vez es más sencilla la operación de estos garantizando una mejor calidad de soldado teniendo un mejor control de tiempo, temperatura, fuerza, presión y como no decir de la seguridad sabiendo que es una parte muy crítica en este método.

Figura 14: Soldadura por Termofusión



Fuente: Propio

3.2 EQUIPOS DE SOLDADURA POR TERMOFUSIÓN.

Existen dos tipos de equipos para soldadura por termofusión que se diferencia por la forma en que la tubería se une; y estos son:

- **Equipo de Termofusión a Socket:** Necesita de un accesorio. Es un equipo para fusionar tuberías de polietileno (PE), polipropileno (PP), polibutadieno (PB) y polifluoruro de vinilideno (PVDF). Para tamaños de tubería de 20 a 100 mm.

Figura 15: Máquina de Termofusión a Socket



Fuente: (Ferrepat, 2019)

- **Equipo de Termofusión a Tope:** No necesita de accesorio. Este equipo se usa para fusionar tuberías de polietileno, polipropileno y polifluoruro de vinilideno. Se clasifica según su tipo de operación:

- Manual
- Hidráulica
- Electro – hidráulica

Estos equipos son más utilizados en tuberías de gran tamaño.

Figura 16: Máquina de Termofusión a Tope



Fuente: (Imactermofusión, 2019)

3.3 POLIFUSORA R63 – MÁQUINA DE TERMOFUSIÓN.

El equipo escogido para el módulo didáctico son dos polifusoras Tipo R63 marca ritmo C/Pirómetro serie TE (permite la regulación de la temperatura de funcionamiento).

Figura 17: Polifusora R63 Ritmo



Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2014)

3.3.1 Características Técnicas.

Tabla 06: Características técnicas Polifusora R63 Ritmo

Alimentación	220 - 230 V
Frecuencia	50 - 60 HZ
Potencia nominal absorbida	800 W
Grado de potencia	IP24
Tiempo de consecución de la temperatura de ejercicio	10 min
Peso	1.82 kg.
Dimensiones	360 x 175 x 50 mm
Regulación de temperature	180 °C a 290 °C
Composición de elementos soldables	PE-HD,PP,PP-R,PVDF
Campo diámetro de trabajo	16 mm a 63 mm
Clase de aislamiento	1 conducto de protección
Campo de temperatura entorno de uso	-5 °C entre +40 °C

Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2017)

3.3.2 Procedimiento de Uso.

3.3.2.1 Preparación de la Polifusora:

Montar la polifusora en la base metálica para una mayor seguridad y estabilidad, seguidamente instalar las bussolas en ambos lados hembra y macho según los diámetros de las partes a soldar (la superficie de las bussolas en contacto con el polifusor debe estar siempre bien limpia). Ajustar las bussolas fuertemente al polifusor, con la llave alíen y utilizar otra para evitar que la bussola se gire, a fin de obtener el intercambio térmico con la efectividad más alta indispensable para que alcance la temperatura deseada en las bussolas.

3.3.2.2 Conexión a la red eléctrica:

Identificar punto de abastecimiento de energía eléctrica, conectar a la toma de corriente en el tablero tenemos un switch de encendido, inmediatamente pongamos en la posición “ON” encienden un led que emitirá dos colores, amarillo significa presencia de tensión en la red y el testigo verde significa el correcto funcionamiento del termorregulador. Después de 10 minutos aproximadamente de la alimentación de corriente al polifusor (o después de que éste haya llegado al régimen de temperatura), el testigo de color verde comenzará a destellar confirmando que se obtuvo la temperatura deseada.

3.3.2.3 Control de Temperatura:

Controlar que la temperatura en el extremo de la bussola sea la misma que la que recomienda el fabricante del tubo que se desea soldar. En caso de que el valor de temperatura no coincidiera con el previsto, se debe ajustar el termorregulador con un destornillador para aumentar o disminuir la temperatura.

El rango de temperaturas que disponemos con estas polifusoras son de 180° C a 290° C.

3.3.2.4 Preparación de la tubería y accesorio a soldar:

Cortar en forma perpendicular al tubo obteniendo los extremos de los tubos sin material sobrante (virutas) para una mejor corte utilizar la tijera de marca truper, especialmente para tuberías.

Limpiar con un paño, que no desprenda pelusas, el extremo de tubería a soldar y también el accesorio evitar contacto con la tubería.

Marcar la profundidad de penetración del tubo en el accesorio (empalme).

3.3.2.5 Proceso de unión:

Cuando se haya alcanzado la temperatura adecuada introducir el accesorio y el tubo en las bussolas para calentarlos. **No girar las piezas.** Esperar el tiempo de calentamiento indicado por el fabricante de tubería y del accesorio.

Una vez finalizado el tiempo de calentamiento, extraer el tubo y el accesorio de las bussolas e introducir inmediatamente el tubo en el accesorio hasta el tope o la marca.

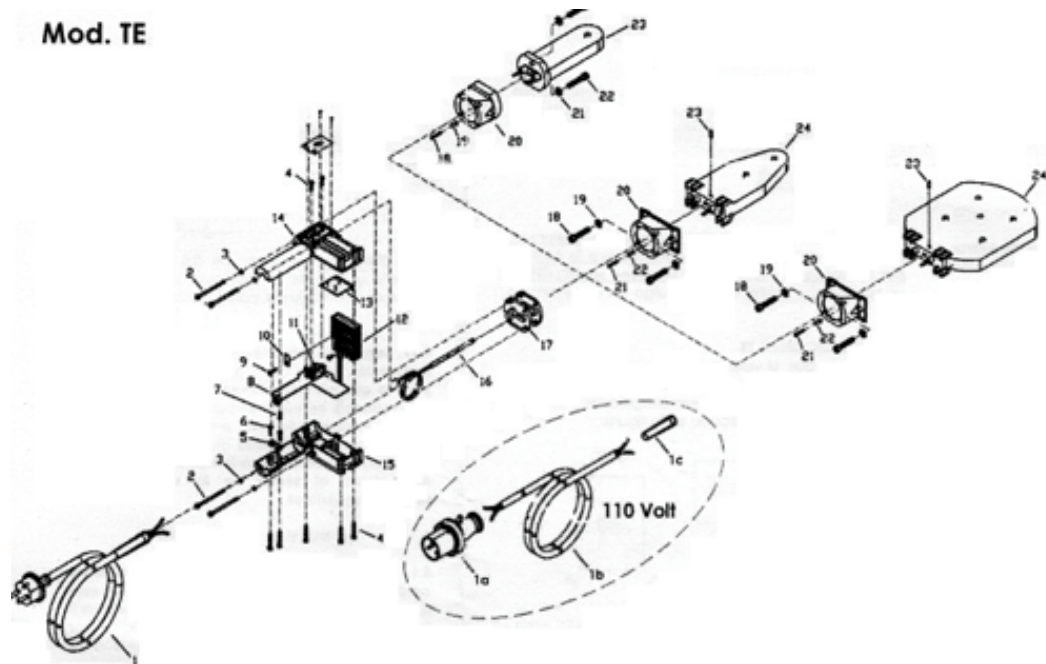
No girar las piezas entre sí durante el acoplamiento.

3.3.2.6 Recomendaciones generales:

Una vez finalizado los trabajos de soldadura, desenchufar el equipo y esperar que la máquina vuelva por si sola a la temperatura ambiente, no tratar de enfriarla con agua u otros líquidos. Limpiar las bussolas. Y colocar el equipo en un lugar seco.

- Verificar periódicamente el estado de desgaste del revestimiento antiadherente de las bussolas.
- Evitar el contacto con materiales abrasivos que puedan estropear la superficie teflonada.
- Controlar que la soldadura presente un anillo uniforme y continuo a lo largo de toda la circunferencia de la unión.

Figura 18: Despiece de Polifusora R63



nº	Cod.	Descripción
1	56551120	CAVO H07 RN-F 3x1, 5l=3000/S CHUKO
2	40121142	VITE TCEI 8.8 M4x60 UNI5931-Zn
3	41221041	ROSETTA ELAST.Fe B4 UNI1751-Zn
4	42105531	VITE TCB Fe AB3, 5x13 UNI6954-Zn
5	78120010B	STRINGICAVO P/POL NERO 24/58
6	42105541	VITE TCB Fe AB3, 5x16 UNI6954-Zn
7	42105281	VITE TCB Fe AB3, 5x13 UNI7954-Zn
8	53070210	TERMOREG.ELETR. IPREL4POLIF
9	40780732	VITETCB4 .8 M3x6 UNI7687-Zn
10	56901000	LINGUETTA DI TERRA ACCIAIO Zn
11	32310000	GOMMINO x POTENZ.D 15 24/60
12	72260010	DISSIPATORE 42x51, 5x15 24/60
13	74150030B	ISOLANTE SEPARAT.NERO 24/59
14	73970060B	INPUGN. TP DX-TE NERA 24/63
15	73970050B	INPUGN. TP DX-TE NERA 24/62
16	53050000	SONDA TP 100 d6x 60CAVO L200mm
17	74154960A	ISOLANTE DISTANZ.VERDE 8/73

nº	Cod.	Descripción
18	40121702	VITE TCEI 8.8 M6*30 UNI5931-Zn
19	41221061	ROSETTA ELAST.Fe B6 UNI1751-Zn
20	77884954A	SCATOLA ATTACCO POLIFUS. 8/103
21	40120972	VITE TCEI 8.8 M4x8 UNI5931-Zn
22	41253041	ROSETTA ELAST.Fe A4 UNI8842-Zn
23	40331573	VITE STEI 12.9 m6x6 UNI 5923-8r
24	76544960	POLIFUSORE R63 800W 230V 8/35
1a	56710250	SPINA MOBILE 1.6A 2P+T 110V IP67
1b	56620020	CAVO NED PR.H07RN-F 3x1.5 NERO
1c	56500010	PASSACORDONE LZ 1475 NERO
24	76544970	POLIFUSORE R63 800W 110V

Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2017)



CAPÍTULO IV

4. SOLDADURA POR ELECTROFUSIÓN

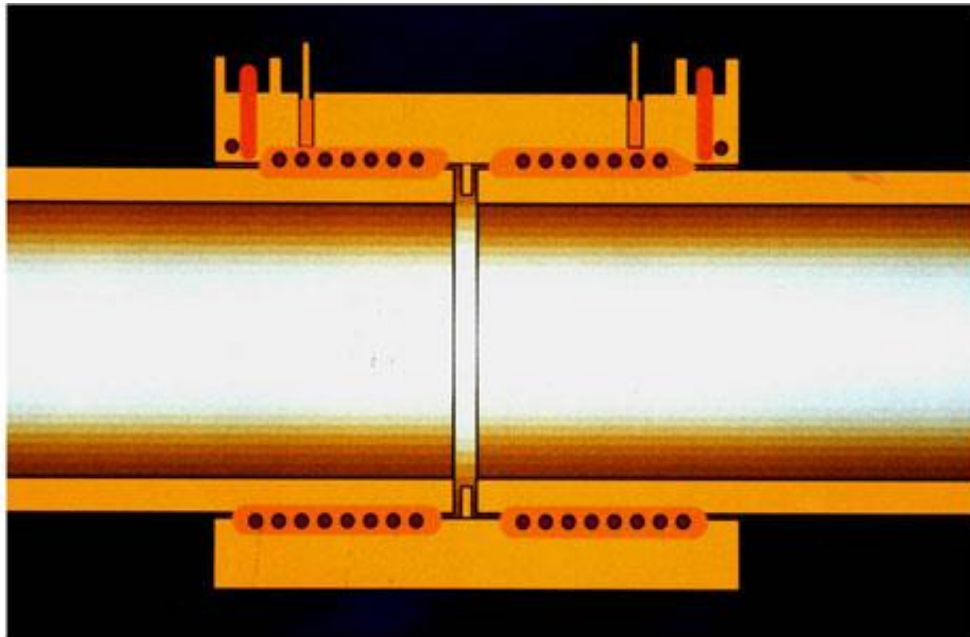
4.1 CONCEPTO DE ELECTROFUSIÓN.

La electrofusión es un proceso de soldadura de aplicación muy sencilla y duradera, pero a la vez tiene un costo mayor a la de la termofusión ya que necesita básicamente de un equipo generador de tensión (Electro Light) y también de un accesorio especial por el tipo de fabricación.

El principio fundamental de este tipo de soldadura está basado en el efecto Joule, la energía eléctrica generada por la Electro Light pasa por el accesorio que contiene un bobinado interno por el cual circulara la energía eléctrica, parte de esta energía eléctrica se transformara en energía calorífica el cual hace que se funda parte del material de la tubería como la del accesorio logrando así la fusión.

La electrofusión es un método de soldadura muy amigable con el operario, solo se tiene que seguir con una secuencia de paso para poder obtener una unión soldada de buena calidad, para esto se tiene dos factores como son el amperaje y el tiempo de circulación de esta corriente eléctrica, esto tiene que ver con la forma y dimensiones del accesorio, cabe resaltar que este accesorio no reutilizable y que cada fabricante establece su tiempo de enfriamiento, la intensidad de corriente dependerá también del fabricantes por bobinado que tiene cada accesorio.

Figura 19: Esquema de Soldadura por Electrofundición



Fuente: (Maquinaria, 2013)

4.2 ELECTROLIGHT – MÁQUINA DE ELECTROFUSIÓN.

El equipo que vamos a presentar es una máquina de soldar de la marca Ritmo con el modelo Elektra Light. Es una soldadora polivalente (provista de escáner) en baja tensión $8\div 48$ V con una corriente de hasta 60 A, es capaz de soldar cualquier tipología de conexión electrosoldable hasta un diámetro de 160 mm.

Este equipo cuenta con tres formas de ingresar el tiempo y la corriente que recomienda el fabricante para ejecutar la soldadura:

- El uso del escáner es la manera más sencilla es el uso del escáner para poder leer el código de barras que trae el fabricante del accesorio esto configurara al equipo con todos los parámetros.
- Ingreso manual del código de barras muchas veces el código de barras está dañado y se necesita ingresar el código de barras manualmente al equipo.
- Ingreso manual del tiempo y el amperaje solicitado por el fabricante.

Figura 20: Electra Light Ritmo



Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2019)

4.2.1 Características técnicas.

Diámetros soldables: 20mm @ 125 mm. (Es posible soldar el diámetro de 160 mm, tomando la precaución de esperar el enfriamiento de la máquina, después de cada soldadura). Dimensiones

Tabla 07: Características técnicas Electro Light - Ritmo

Materiales soldables	HDPE / PP / PP-R
Dimensiones	200 x 250 x 210 mm
Peso	8 kg.
Tensión de alimentación	230 V + 15%
Frecuencia	50 - 60 HZ
Potencia nominal	1300 W
Corriente nominal absorbida	5.7 A
Temperatura de trabajo	-10 °C entre +50 °C
Tensión de soldadura	8 a 48 V
Corriente pico	60 A
Precisión termómetro ambiente	+1 °C
Grado de protección	IP 54
Diámetro de conectores	F 4 - 4.7 mm

Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2017)

4.2.2 Criterios generales de soldadura.

La calidad de una unión soldada depende de varios factores técnicos y cuidados de materiales, son detalles que se deben tener en cuenta antes, durante y después de la soldadura.

4.2.2.1 Almacenamiento de tubos y accesorios:

Mantener las tuberías y accesorios a la temperatura ambiente, sin exposición a los rayos solares o a la intemperie sin ningún control durante la soldadura, su temperatura, podría asumir valores muy diferentes a la temperatura ambiente con resultados negativos para la electrofusión adecuada (fusión del tubo – accesorio inadecuada o excesiva).

4.2.2.2 Corte de tuberías:

El corte de tuberías tiene que ser con una herramienta que deje un buen acabado de corte, la cual recomendamos el uso de la tijera de corte de tuberías marca Truper, tijera adecuada y verificada con pruebas realizadas obteniendo un corte transversal a la tubería sin tener material sobrante conocido con el nombre de “rebaba”.

Nota: si observa curvaturas u ondulaciones en dichos extremos, tratar de eliminarlas o volver hacer otro corte.

4.2.2.3 Limpieza y Raspado de Tuberías:

Para una limpieza adecuada, se debe utilizar el raspa-tubo y se debe empezar raspando uniformemente la capa superficial de los extremos de las tuberías a soldar, asegurarse de raspar en una longitud de al menos 1 centímetro mayor que la longitud media del accesorio.

La escasez de esta limpieza produce solo un pegado superficial, evitando la penetración molecular de los componentes, lo cual da como resultado una falsa unión. No utilizar raspadores abrasivos como papel lija, discos de esmerilar, moladoras, etc.

Nota: Retirar el accesorio de su envoltura justo antes de su uso y limpiar el interior.

4.2.2.4 Posicionamiento:

Introducir los extremos del tubo en el accesorio, verificando que las partes permanezcan firmes y en posición durante el ciclo de soldadura y enfriamiento.

4.2.2.5 Soldadura:

Se debe proteger el entorno, donde se llevará a cabo la soldadura, de influencias climáticas desfavorables, como las temperaturas inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ o superiores a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, a la humedad, vientos fuertes y rayos solares directos.

Las tuberías y el accesorio deben estar compuestos del mismo material o compatibles.

4.2.2.6 Enfriamiento:

El tiempo de enfriamiento varía según el diámetro de la tubería y también de la temperatura ambiente, estos tiempos los brinda el fabricante del accesorio dependerá mucho del diámetro estos tiempos tienen que ser utilizados correctamente.

4.2.3 Ingreso de datos de la Electro Light.

Existen dos posibilidades de operación de la máquina Electro Light, un método es el uso con escáner el cual debe estar conectado al equipo antes de encenderlo; y el otro método es sin utilización del escáner, ingresando manualmente los valores de tiempo y tensión de soldadura.

4.2.3.1 Ingreso de datos con Escáner:

Encender la máquina presionando el switch, en la pantalla se mostrarán los datos principales como fecha y hora, temperatura ambiente y memoria disponible.

Lectura del código de barras con escáner: Coger el escáner y manteniendo pulsado el gatillo apuntar al código de barras en el accesorio, los datos serán visualizados inmediatamente. Los datos son el diámetro, la tensión y el tiempo de soldadura.

Luego presionar el botón OK para que empiece el ciclo de soldadura.

Nota: si en cualquier instante desea interrumpir el proceso, se debe presionar el botón STOP. Los accesorios son reutilizables.

En la pantalla se informará un mensaje confirmando el proceso de soldadura, “SOLDADURA CORRECTA”.

4.2.3.2 Utilización sin escáner:

Encender la máquina presionando el switch, en la pantalla se mostrarán los datos principales como fecha y hora, temperatura ambiente y memoria disponible.

Ingresar tensión: Presionar el botón OK para ingresar manualmente la tensión y el tiempo. En la pantalla se mostrará el último valor de tensión ingresado, para modificar este valor utilizar los botones de aumentar y disminuir (flecha arriba “+” y flecha abajo “-”) hasta llegar a la tensión deseada. Luego pulsar el botón OK.

Ingresar tiempo: En la pantalla se mostrará el último valor de tiempo ingresado, para modificar este valor utilizar los botones de aumentar y disminuir (flecha arriba + y flecha abajo -) hasta llegar al tiempo deseado. Luego pulsar el botón OK.

En la pantalla se informará un mensaje confirmando el proceso de soldadura, “SOLDADURA CORRECTA”.

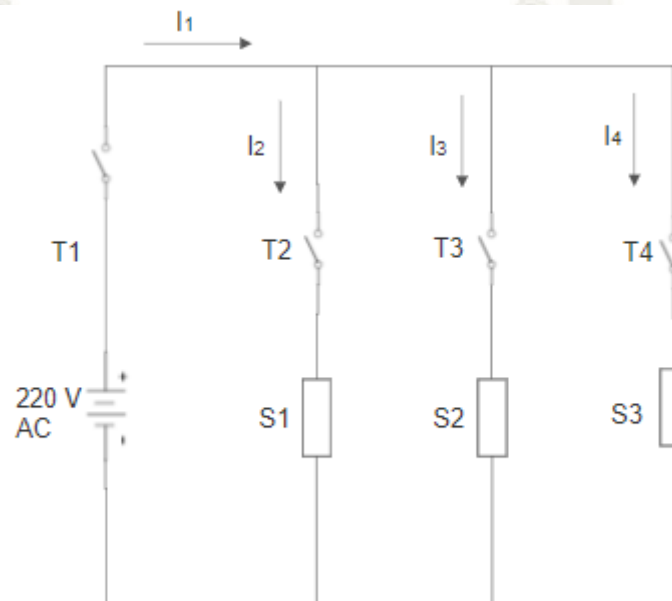


5. CÁLCULO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

5.1 SELECCIÓN DE CONDUCTOR:

A continuación, presentamos el diagrama de instalación eléctrica para realizar los cálculos de protección térmica (termo magnética) y el calibre de cable correcto.

Figura 21: Diagrama de Instalación Eléctrico



Fuente: Elaboración Propia.

Seguidamente, tenemos información técnica del fabricante de ambos equipos

Tabla 08: Especificaciones de Equipos de Soldadura

	Elektra Light	Polifusora R63
Materiales	HDPE/PP/PP-R	PE-HD/PP/PP-R/PVDF
Rango de trabajo	Ø 20 ÷ 125/160 mm	Max. 63 mm
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Alimentación	230 V	230 V
Potencia máxima absorbida	1300 W	800 W

Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2017)

Fórmula para calcular la potencia en base al voltaje y la corriente.

$$P = V * I$$

Se necesitará hacer el cálculo de la corriente total para la selección de la llave térmica y la corriente para cada circuito para seleccionar el cable adecuado.

Circuito 1 Electro Light:

$$I = \frac{P}{V}$$

Comenzaremos hallando las corrientes, tenemos la potencia máxima de la máquina de soldadura (Electro Light) 1300 Watts y el voltaje de la toma general 220 V.

$$I_2 = \frac{1300}{220}$$

$$I_2 = 5.91 \text{ Amp}$$

Circuito 2 y 3 Polifusora:

Tenemos la potencia máxima de la máquina de soldadura (Polifusora) 800 Watts y el voltaje de la toma general 220 V.

$$I_{3-4} = \frac{800}{220}$$

$$I_{3-4} = 3.64 \text{ Amp}$$

Procedemos a la suma de las corrientes de cada equipo para obtener una corriente total.

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

$$I_1 = 5.91 + 3.64 + 3.64$$

$$I_1 = 13.19 \text{ Amp}$$

Tabla 09: Conductores eléctricos

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ohm/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7

Fuente: (Molina, 2019)

Según la Tabla 9 procederemos a la selección del alambre de cobre de calibre 14, tiene una capacidad de 6.0 Amperios capacidad necesaria para el circuito 1 de 5.91 Amperios para la soldadora electro light.

De la misma forma hacemos la selección para los siguientes dos circuitos según la Tabla 9 seleccionaremos el alambre de cobre de calibre 16 que tiene una capacidad de 3.7 Amperios capacidad necesaria para el circuito 2 y 3 por separado. Cada Circuito tiene 3.64 Amperios.

5.2 SELECCIÓN DE LLAVE TERMOMAGNETICA.

Necesitamos calcular toda la corriente que consumirá nuestro módulo teniendo un factor de simultaneidad de 1, asumiendo que se utilizará los tres equipos de soldadura en simultáneos. Habiendo calculado la corriente por circuitos y obteniendo una corriente total de 13.19 Amperios.

Tabla 10: Selección Interruptores Termomagnéticos

Artículo	INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS	
	Bipolar - 230/400 Va.c.	
	In (A)	N° de módulos
FN820YC6	6	2
FN820YC10	10	2
FN820YC16	16	2
FN820YC20	20	2
FN820YC25	25	2
FN820YC32	32	2
FN820YC40	40	2
FN820YC50	50	2
FN820YC63	63	2

Fuente: (Bticino, 2018)

Según la Tabla 10 seleccionaremos los interruptores termo magnéticos bipolar considerando un factor de seguridad y por razones comerciales.

- Para la selección de la llave principal T1 que circula una corriente de 13.19 Amperios seleccionaremos una termo magnética de 16 Amperios.
- Para la selección de la llave de seguridad para para la máquina soldadora Electro light T2 que circula una corriente de 5.91 Amperios seleccionaremos una termo magnética de 6 Amperios.
- Para la selección de la llave de seguridad para para la máquina soldadora Polifusora T3 y T4 sabiendo que son de las mismas características, circula una corriente de 3.64 Amperios seleccionaremos una termo magnética de 6 Amperios.

5.3 SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR DIFERENCIAL.

Teniendo en cuenta la norma NTP – IEC 61008 – 1 de acuerdo a al código nacional el uso de interruptor diferencial es obligatorio en toda instalación eléctrica.

$$I_{nd} \geq K_u \cdot K_s (I_{n1} + I_{n2} + I_{n3} + I_{n4})$$

- I_{nd} : Intensidad nominal del diferencial
- I_{n1} : Intensidad nominal del interruptor automático
- K_u : Factor de utilización 1
- K_s : Factor de simultaneidad 1

$$I_{nd} \geq 1 \times 1 (5.91 + 3.64 + 3.64)$$

$$I_{nd} \geq 13.19$$

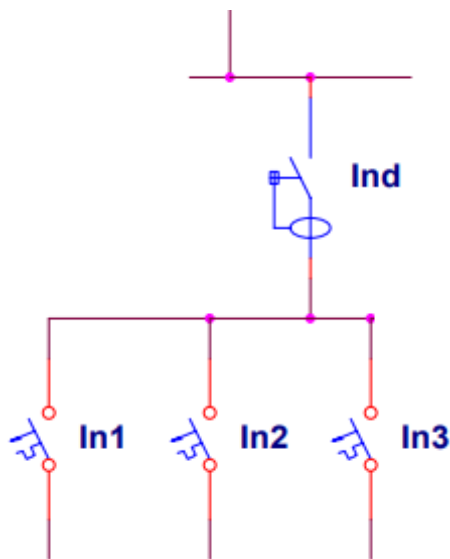
Por temas de seguridad y equipos comerciales según la tabla 11 del proveedor Bticino seleccionas el de 25 Amperios con un numero de parte G7230AC25.

Tabla 11: Selección Interruptores Diferencial BT DIN

Artículo	INTERRUPTORES DIFERENCIALES	
	Bipolar - 230/400 Va.c. I Δ N=0.03A	
	In (A)	Nº de módulos
G7230AC25	25	2
G7230AC40	40	2
G7230AC63	63	2

Fuente: (Bticino, 2018)

Figura 22: Diagrama de Unifilar



Fuente: Elaboración Propia



6. EVALUACIÓN DE COSTOS

6.1 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Tabla 12: Costo del proyecto

COSTO DEL PROYECTO ELECTROFUSIÓN Y TERMOFUSIÓN				
N°	MATERIAL	CANTIDAD	P.	PRECIO
		UNIDAD/METROS	UNITARIO S/	S/
1	ELEKTRA LIGHT / EQ. DE ELECTROFUSIÓN	1.00	5,900.00	5,900.00
2	POLIFUSORA / EQ. DE TERMOFUSIÓN	2.00	1,149.79	2,299.58
3	BUSSOLAS PARA POLIFUSORA DE 20 MM	1.00	154.43	154.43
4	BUSSOLAS PARA POLIFUSORA DE 32 MM	1.00	188.33	188.33
5	TIJERA CORTADORA	1.00	50.00	50.00
6	TUBERÍA HDPE 20 MM	20.00	11.275	225.50
7	TUBERÍA HDPE 32 MM	0.00	14.07	00.00
8	COOPLA RECTA 20 MM (ELECTROFUSIÓN)	7.00	17.00	119.00
9	COOPLA CODO 20 MM (ELECTROFUSIÓN)	0.00	19.00	00.00
10	COOPLA RECTA 32 MM (ELECTROFUSIÓN)	0.00	28.00	00.00
11	COOPLA CODO 32 MM (ELECTROFUSIÓN)	0.00	38.00	00.00
12	COOPLA RECTA 20 MM (TERMOFUSIÓN)	5.00	1.50	7.50
13	COOPLA CODO 20 MM (TERMOFUSIÓN)	5.00	1.50	7.50
14	COOPLA RECTA 32 MM (TERMOFUSIÓN)	0.00	1.50	00.00
15	COOPLA CODO 32 MM (TERMOFUSIÓN)	0.00	1.50	00.00
16	COOPLA CODO 32 MM (TERMOFUSIÓN)	0.00	1.50	00.00
17	MUEBLE	1.00	505.00	505.00
18	TABLERO ELÉCTRICO	1.00	138.00	138.00
19	GUANTES TÉRMICOS	2.00	10.00	20.00
	TOTAL S/.			9,614.84

Fuente: Elaboración Propia.

6.2 COMPARACIÓN ECONÓMICA TERMOFUSIÓN Y ELECTROFUSIÓN

Tabla 13: Comparación Económica entre Termofusión y Electrofusión

SOLDADURA POR		TERMOFUSIÓN	ELECTROFUSIÓN
Nº	MATERIAL	P. UNITARIO S/	P. UNITARIO S/
1	EQUIPO DE SOLDADURA	1,304.22	5,900.00
2	TUBERÍA HDPE 20 MM (1 metro)	11.275	11.275
3	COOPLA RECTA 20 MM (TERMOFUSIÓN)	1.5	17
TOTAL		1,317.00	5,928.28

Fuente: Elaboración Propia

Analizando los precios de ambas técnicas de soldadura notamos rápidamente el costo de unión por electrofusión es mucho más elevado alrededor de 4.5 veces el valor de una unión por termofusión esto se debe al costo del equipo, sabiendo que tiene mayor tecnología, y accesorios de soldadura debido a la tecnología de fabricación que se necesita.

Ahora no todo es negativo para la electrofusión, basándonos en los ensayos realizados con el módulo notamos que al realizar una soldadura por termofusión se necesita mayor técnica al efectuar la unión, comparada con la electrofusión esto es mucho más digitalizado lo que hace una mejor calidad de soldado. Teniendo en cuenta los tiempos la termofusión para poder obtener una unión de tubo con otro se necesita hacer dos procesos de soldado, primero el tubo con el accesorio y seguidamente otro proceso con la otra parte del tubo, con la electrofusión se reduciría a solo un proceso de soldado entre las tres piezas el tubo el accesorio y la otra parte del tubo en una sola ejecución de soldado.

6.3 INVERSIÓN FIJA

Se estima como inversión inicial la compra de las máquinas sin incluir costos de transporte, instalación, mantenimiento o capacitación del personal. Los cuales están reflejados en la tabla:

Tabla 14: Costo de Equipos

	ELECTRO LIGHT	POLIFUSORA 20	POLIFUSORA 32	TOTAL
Inversión fija / Costo de máquina	5900	1304.22	1304.22	8508.44

Fuente: Elaboración Propia

Los motivos de selección de estas máquinas son debido a que son equipos fáciles de usar y no conlleva una gran capacitación en el uso, son pequeñas y pueden demostrar el mismo principio de funcionamiento para uniones con mayores diámetros de tuberías; además que cumplen con normas de seguridad y son equipos de calidad, procedencia italiana.

Teniendo en cuenta el costo de transporte de los equipos, a este se sumarán los siguientes costos para obtener la inversión diferida:

Tabla 15: Inversión Diferida

Inversión Diferida	ELECTRO LIGHT	POLIFUSORA 20	POLIFUSORA 32	TOTAL
Envío Nacional	25	15	15	55
Costo del Mueble	168.4	168.3	168.3	505
Instalación eléctrica	46	46	46	138
Total	239.4	229.3	229.3	S/ 698.00

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta la inversión fija que es el costo de la máquina y la inversión diferida que es el costo de colocación de máquina, se calculó la inversión inicial que requiere el proyecto para su inicio, el cual se **S/ 698.00**

6.4 COSTOS Y GASTOS DEL PROYECTO

Para poder calcular los costos y gastos del proyecto se tendrán en cuenta las siguientes categorías para el cálculo:

- Costos Variables: Como costos variables se definen los requeridos para el desarrollo de la guía práctica, en este caso se tendrán en cuenta la cantidad de materia prima adicional requerida para cada práctica con los equipos, dicha cantidad de materia prima requerida se calculó en función a las uniones que realizarán los alumnos, cada alumno realizará dos uniones de termofusión y dos alumnos realizarán una unión de electrofusión, a continuación se muestra el detalle de los costos de materia prima por año, para calcular este costo se tomó como referencia los costos en el mercado.

Tabla 16: Costos de Accesorios

Costos y gastos del proyecto	ELECTRO LIGHT	POLIFUSORA 20	POLIFUSORA 32	TOTAL
Costo por unidad de Coopla	17	1.5	1.5	
Cantidad de Cooplas	80	160	160	400
Total de Cooplas S/	1360	240	240	1840
Costo de Tubería	450.8	225.4	225.4	901.6
Total	1810.8	465.4	465.4	S/ 2,741.60

Fuente: Elaboración Propia

- Gasto fijo: Como gasto fijo se definen al gasto relacionado con el servicio público, según la referencia técnica de la máquina esta solo requiere para su funcionamiento energía eléctrica. A continuación, las potencias de nuestros equipos.

Tabla 17: Potencia de Equipos

Equipo de Electrofusión y Termofusión	Potencia	Conversión a KW
ELEKTRA LIGHT	1300 W	1.3 Kw
POLIFUSORA R63 (20mm)	800 W	0.8 Kw
POLIFUSORA R63 (32mm)	800 W	0.8 Kw

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta que los equipos no se van a usar en simultáneo, ya que son prácticas diferentes, se va a asumir la potencia mayor, que es cuando los 2 equipos de termofusión estén funcionando en paralelo; esta potencia sería de **1.6 Kw**.

El cálculo del tiempo está en función al uso de los equipos, para lo cual se requiere que los equipos estén encendidos por un determinado tiempo el cual se ve en la siguiente tabla.

Tabla 18: Tiempo por Práctica

Tipo de práctica	Tiempo por Soldadura	Cantidad de alumnos por práctica	Tiempo por práctica
P. Electrofusión	5 minutos	2 alumnos	2.5 min/alumno
P. Termofusión	7 minutos	1 alumno	7 min/alumno

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla se toma un tiempo de 9.5 minutos por alumno y para un total de 160 alumnos el total de tiempo es 1,605.5 minutos lo que equivale a **26.8 horas**. Este tiempo sería el tiempo consumido al año.

Según el tarifario máximo del servicio público de electricidad de la empresa distribuidora SEAL, como se muestra en la imagen, se obtiene la tarifa eléctrica.

Figura 23: Tarifa eléctrica

TARIFA MT3: TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
Cargo Fijo Mensual	S/./mes	8.28
Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kW.h	25.90
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kW.h	21.43
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
Presentes en Punta	S/./kW-mes	58.96
Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	36.94
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
Presentes en Punta	S/./kW-mes	11.87
Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	11.70
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4.57

Fuente: (Osinergmin, 2020)

La tarifa para la UCSM es de **S/ 11.70 por Kw al mes**, considerando que la práctica se desarrollará fuera de hora punta.

Luego el consumo promedio es: $1.6 \text{ Kw} * 26.8 \text{ h} = 42.88 \text{ Kwh}$; llevándolo a consumo mensual $42.88 \text{ Kwh} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} = \mathbf{0.06 \text{ Kw} - \text{mes}}$

Entonces los equipos representarían mensualmente un costo fijo de:

$$11.70 \frac{\text{S/}}{\text{Kw} - \text{mes}} * 0.06 \text{ Kw} - \text{mes} = \mathbf{S/ 0.70}$$

Podemos ver que el costo eléctrico por prácticas con nuestros equipos es no significativo.

6.5 CÁLCULO DE DEPRECIACIÓN DE LAS INVERSIONES FIJAS

Para el cálculo de la depreciación fija solo se tendrán en cuenta los valores de las máquinas, ya que son el único activo que compone inversión fija.

Tabla 19: Depreciación de Equipos

Depreciación de inversión	ELECTRO LIGHT	POLIFUSORA 20	POLIFUSORA 32	TOTAL
Inversión	5900	1304.22	1304.22	8508.44
% Depreciación Anual	10%	10%	10%	10%
Valor Depreciación Anual Año 1	590	130.422	130.422	S/ 7,657.60
Valor Depreciación Anual Año 2	590	130.422	130.422	S/ 6,806.75
Valor Depreciación Anual Año 3	590	130.422	130.422	S/ 5,955.91

Fuente: Elaboración Propia

6.6 CÁLCULO DE AMORTIZACIÓN DE LAS INVERSIONES DIFERIDAS

El cálculo de amortización se calculará a la inversión diferida con un valor de 20%, a continuación, se detalla esa información:

Tabla 20: Depreciación Diferida

Depreciación de inversión Diferidas	ELECTRO LIGHT	POLIFUSORA 20	POLIFUSORA 32	TOTAL
% Depreciación Anual	20%	20%	20%	20%
Envío Nacional	5	3	3	11
Costo del Mueble	33.68	33.66	33.66	101
Instalación eléctrica	9.2	9.2	9.2	27.6
Valor Depreciación Anual Año 1	47.88	45.86	45.86	S/ 558.40
Valor Depreciación Anual Año 2	47.88	45.86	45.86	S/ 418.80
Valor Depreciación Anual Año 3	47.88	45.86	45.86	S/ 279.20

Fuente: Elaboración Propia

6.7 INGRESO DE PROYECTO

En el mercado actual se cotiza el alquiler de estos equipos por día de trabajo como se muestran en la siguiente tabla. Para el uso de estos equipos en la UCSM, se estima 5 días por cada práctica (Electrofusión y Termofusión); obteniendo un costo total de S/ 2,000.00.

Tabla 21: Costo Utilización del Módulo

	Precio	Días de Uso	Costo Anual
Costo por días Electrolight	S/ 300.00	5	S/ 1,500.00
Costo por día Polifusora	S/ 100.00	5	S/ 500.00
Costo Utilización del Módulo			S/ 2,000.00

Fuente: Elaboración Propia

Se asumirán los costos de utilización para recuperar la inversión, a esto se añade los costos de los consumibles, como tuberías y accesorios.

Tabla 22: Costo de Consumibles

Costos de Consumibles		
Costo en Accesorios	400 und	1840
Costo en Tuberías	80 m	902
Total		S/ 2,742.00

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo el costo de alquiler del módulo y gastos por consumibles tenemos un costo anual de S/ 4,742.00. Estimando la cantidad de alumnos, 10 grupos con 16 alumnos, podemos determinar el costo por alumno.

$$\frac{S/ 2,000.00 + S/ 2,742.00}{160 \text{ Alumnos}} = S/ 29.64 * \text{Alumno}$$

El costo final por alumno será de S/ 29.64, esto implicará que el alumno podrá realizar las dos guías prácticas de soldadura.

6.8 MARGEN DE GANANCIA

Para determinar el margen de ganancia del módulo, es necesario calcular la depreciación de nuestro módulo de forma anual.

Tabla 23: Depreciación Total de Módulo

	Equipos	Mueble
Inversión fija / Costo de máquina	S/ 8,508.44	S/ 698.00
% Depreciación Annual	10%	20%
Depreciación Annual	S/ 850.84	S/ 139.60
Depreciación Total del Módulo	S/990.44	

Fuente: Elaboración Propia

En el primer año, el módulo se devalúa en S/ 990.44.

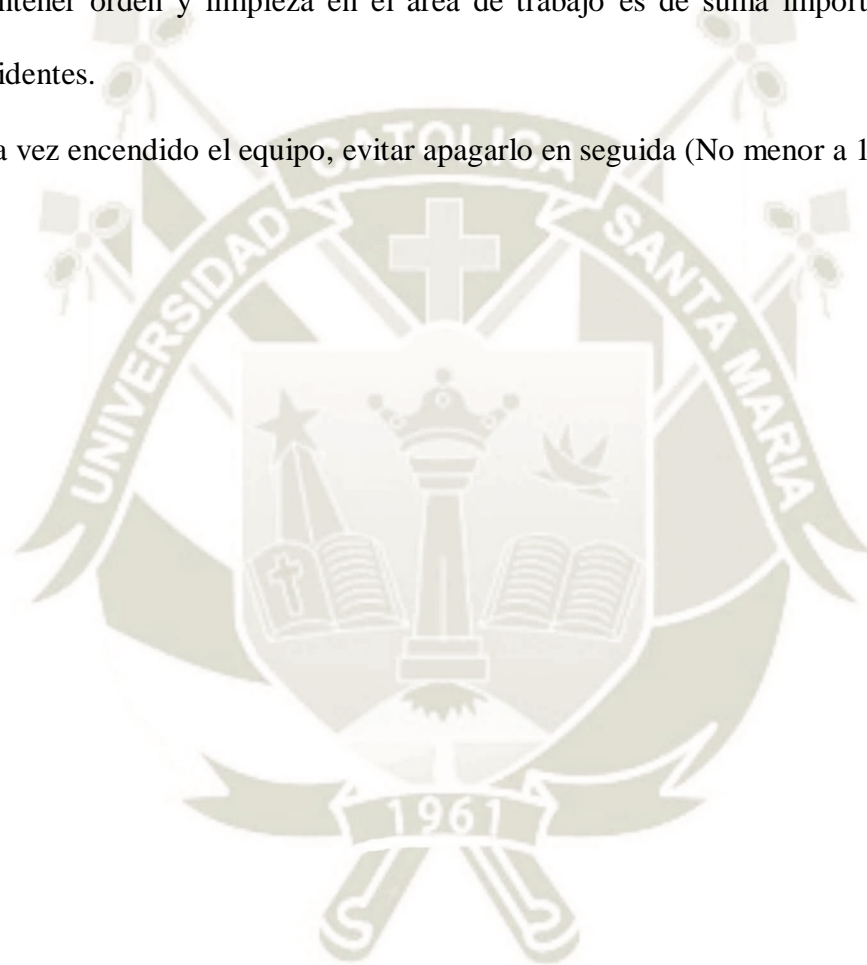
Teniendo un ingreso neto S/ 2,000.00 y la depreciación de S/ 990.44, obtenemos la ganancia neta de S/ 1,009.56 por ello consideramos rentable el proyecto.

CONCLUSIONES

- Se construyó e implementó un módulo de práctica con dos equipos de termofusión (Polifusoras R63 – Ritmo) y un equipo de electrofusión (Electrolight - Ritmo), instalado en el laboratorio de termofluidos de la Universidad Católica de Santa María para fines formativos en la práctica en uniones de tuberías de polietileno para el transporte de gas natural.
- Se definió los conceptos y principio de los métodos de soldadura, también se definió los tipos de tuberías de polietileno, fabricación, aplicación y usos en el rubro del gas natural.
- Se realizó los cálculos de los conductores eléctricos para la instalación y protección de los equipos del módulo de soldadura. Partiendo de la potencia total de los equipos con 2.9 KW, seleccionando el calibre 14 del conductor y el interruptor termomagnético de 20A.
- Se elaboraron guías prácticas con procedimientos adecuados para cada método de soldadura, priorizando la seguridad del operario, la calidad de la soldadura y el cuidado de los equipos.
- Se desarrollaron de forma práctica ambas guías con el módulo instalado en el laboratorio de termofluidos, comprobando los procedimientos de soldadura y obteniendo las muestras de uniones de tuberías como ejemplo.
- En la práctica se concluye que, la soldadura por electrofusión tiene un mayor control de los parámetros de soldadura debido a la digitalización, a diferencia de la termofusión que depende de la experiencia y técnica del operador.
- Se revisó la proyección de la demanda del gas natural, por ende, aumentará el requerimiento de uniones soldadas en tuberías de gas natural, para las cuales aplican nuestros equipos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de la soldadura de electrofusión y termofusión basándonos en el tiempo del proceso de soldadura, son más rápidos a comparación de métodos antiguos.
- La temperatura utilizada en el método de termofusión son elevadas por lo que se recomienda la utilización de guantes para trabajos en calientes.
- Mantener orden y limpieza en el área de trabajo es de suma importancia para evitar accidentes.
- Una vez encendido el equipo, evitar apagarlo en seguida (No menor a 1 minuto).



REFERENCIAS

- Bticino. (Marzo de 2018). *Protecciones de Tableros*. Obtenido de <https://bticino.com.pe/wp-content/uploads/2018/03/BTDIN-NEW-min.pdf>
- Cáceres Grazini, L. (2002). *El Gas Natural*. Obtenido de http://bvs.minsa.gob.pe/local/GOB/990_AUTOR27.pdf
- Colegio de Geólogos de Costa Rica. (2013). *Comisión de Hidrocarburos del Colegio de Geólogos*. Obtenido de <http://www.geologos.or.cr/la-mujer-virtuosa/>
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (1999). *El Gas Natural*. Obtenido de https://web.archive.org/web/20150218081224/http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/informe_sectores/1999/gas/chap2.pdf#
- Delgado Vargas, K. A. (Abril de 2007). Estudio de la Polimerización de Etileno en Sistemas Homogéneos y Heterogéneos. pág. 7.
- Ecopetrol. (2014). *Gas Natural*. Obtenido de [https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/que-es-el-gas-natural!/ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9g4I8nIz0C7IdFQEONbdQ/#targetText=El%](https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/productos-y-servicios/productos/gas-natural/Informaci%C3%B3n%20General/que-es-el-gas-natural!/ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DZwt3QwcjTwsQxw9g4I8nIz0C7IdFQEONbdQ/#targetText=El%20gas%20natural%20es%20un%20combustible%20que%20se%20extrae%20de%20la%20tierra%20y%20se%20utiliza%20para%20generar%20energ%C3%ADa%20y%20calor)
- Energía y Sociedad. (2017). *Reservas, Extracción y Producción*. Obtenido de <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-2-reservas-extraccion-y-produccion/>
- Euita. (2019). *Polietileno*. Obtenido de <http://www.euita.upv.es/dira/Imagenes/files/Hidra/PE.pdf>
- Ferrepat. (2019). *Ferrepat*. Obtenido de <https://www.ferrepat.com/sku/kit-termofusor-con-acces-tuboplus-rjq-32-de-600w/7109>
- Google. (2019). *Plásticos*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/plasticos1415/polietileno>

Imactermofusión. (2019). *Termofusión*. Obtenido de

<https://www.imactermofusion.com/termofusion-tuberiaspead/termofusion/>

Maquinaria, A. (2013). *Aristegui*. Obtenido de [https://www.aristegui.info/como-se-hace-una-](https://www.aristegui.info/como-se-hace-una-soldadura-por-electrofusion-en-tubos-y-accesorios-de-pe/)

[soldadura-por-electrofusion-en-tubos-y-accesorios-de-pe/](https://www.aristegui.info/como-se-hace-una-soldadura-por-electrofusion-en-tubos-y-accesorios-de-pe/)

MINEM. (2014). *Plan Energético Nacional 2014-2025*. Obtenido de

http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Presentacion_2014-2025.pdf

MINEM. (Diciembre de 2018). *Libro Anual de Recursos de Hidrocarburos 2018*. Obtenido

de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/LARH%202018.pdf>

Minem. (2019). *Minem*. Obtenido de

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/gasnatural.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (2009). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de

http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/GAS%20NATURAL%20EN%20EL%20SECTOR%20INDUSTRIAL%20_JUNIO%202009_.pdf

Molina, P. (Diciembre de 2019). *profesormolina*. Obtenido de

<http://www.profesormolina.com.ar/electromec/tabla.htm>

Nortegas. (2019). *Historia del Gas Natural*. Obtenido de [https://www.nortegas.es/nuestros-](https://www.nortegas.es/nuestros-negocios/distribucion-de-gas-natural/historia-del-gas/)

[negocios/distribucion-de-gas-natural/historia-del-gas/](https://www.nortegas.es/nuestros-negocios/distribucion-de-gas-natural/historia-del-gas/)

Osinergmin. (2014). *Osinergmin*. Obtenido de

<https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoTacna/3/2-Mercado%20Internacional%20de%20GN-Gerardo%20Meza.pdf>

Osinergmin. (Marzo de 2017). *La Industria del Gas Natural en el Perú*. Obtenido de

https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-Industria-Gas-Natural-Peru-10anios-Camisea.pdf

- Osinerghmin. (2019). *Osinerghmin*. Obtenido de
https://www.osinerghmin.gob.pe/gas/informacion_general/composicion-gas-natural
- Peru21. (2015). *Gasoducto Sur Peruano ayudará a incrementar el Producto Bruto Interno*.
Obtenido de <https://peru21.pe/economia/gasoducto-sur-peruano-ayudara-incrementar-producto-bruto-interno-178265-noticia/>
- Perúpetro. (2010). *Conceptos Básicos sobre el Gas Natural*. Obtenido de
<https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/984b352d-2ac3-4f97-815c-104617f8528f/Charla+Basica+sobre+GasNatural.pdf?MOD=AJPERES>
- Perupetro. (Diciembre de 2019). *Cambio de Matriz Energética e Iniciativas Sostenibles*.
Obtenido de <https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/51bd149d-632c-4e41-9b7b-4e6e6d1dae45/Cambio+de+Matriz+Energ%C3%A9tica+V.8-.pdf?MOD=AJPERES>
- Proinversión. (2017). *Proinversión*. Obtenido de
http://www.proinversion.gob.pe/RepositorioAPS/0/1/JER/SALA_PRENSA_INFOGRAFIAS/infografias/INFO_Gasoducto_Sur_Peruano.pdf
- Promigas. (2018). *Informe del Sector Gas Natural en el Perú 2018*. Obtenido de
http://www.promigas.com/Es/Noticias/Documents/Informe-Sector-Gas-Peru/ISGNPERU2018_181018_DIGITAL.pdf
- Repsol. (2019). *Estadístico-Energetico*. Obtenido de
https://www.repsol.com/imagenes/global/es/anuario-estadistico-energetico-2019_tcm13-168076.pdf
- Ritmo. (2017). *Manual de Uso y Mantenimiento*. Italia.
- Ritmo Plastic Welding Technology. (2017). *Manual de Polifusores R63 Serie TE*.
- Ritmo Plastic Welding Technology. (2019). *Electro Light*. Obtenido de
<https://www.ritmo.it/es/elettro-fusion/elektra-light/>

Ritmo Platic Welding Technology. (2014). *Polifusora*. Obtenido de

<https://inversionescjv.wixsite.com/ritmo-chile/equipos-manuales>

Roca Girón, I. E. (Septiembre de 2005). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y

APLICACIONES INDUSTRIALES DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

(PEAD). pág. 18. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf

Tecnologiadelosplasticos. (2012). *Polietileno (PE)*. Obtenido de

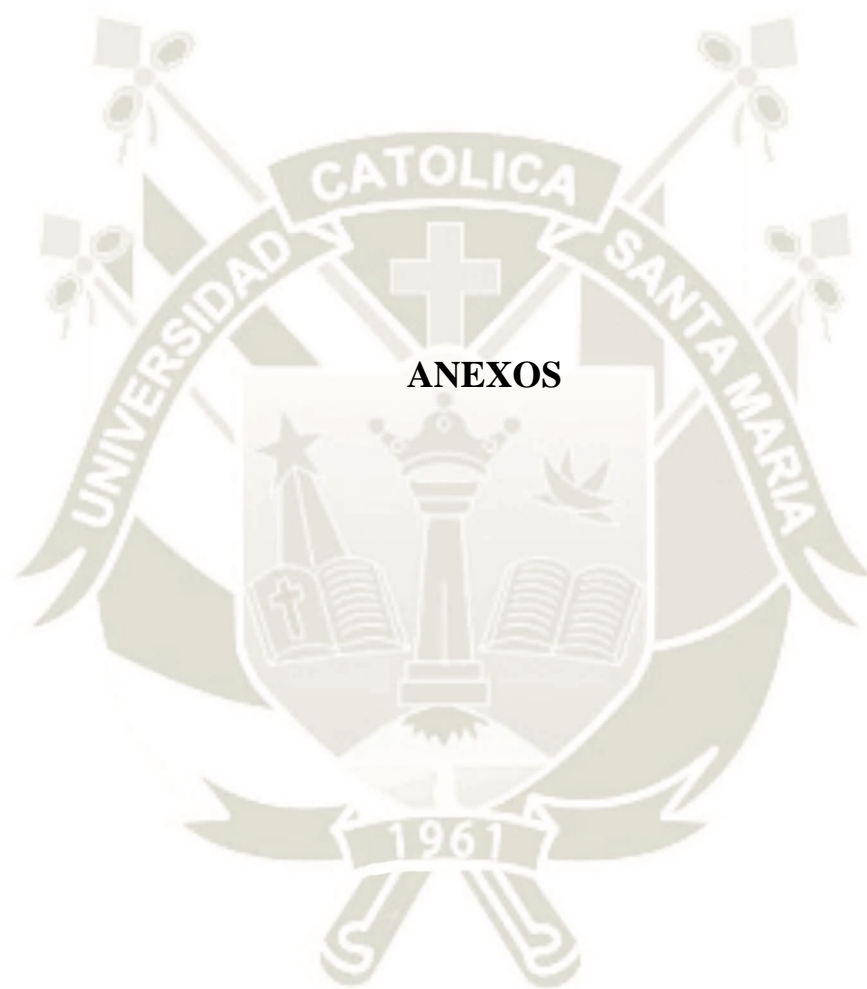
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/07/polietileno-pe.html>

Wikipedia. (2020). *Gas Natural*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Gas_natural


Wikipedia. (2020). *Polietileno de Baja Densidad*. Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno_de_baja_densidad





ANEXOS

	Universidad Católica de Santa María	“SOLDADURA POR TERMOFUSIÓN”	Fecha de la Prueba: 21/09/2020	
Título De la Práctica: Reconocimiento del equipo, accesorios y procedimiento de soldadura			Práctica N°	1
Apellidos y Nombres:		Ramos Benavente, Alexander Eloy		
		Valdivia Escalante, Mauricio Elar		

I. OBJETIVOS

- Reconocer el equipo de soldadura R63 Ritmo y los accesorios de soldadura, así como determinar sus características según fabricante.
- Reconocer todos los tipos y medidas de bussolas.
- Aprender el encendido, regulación de parámetros de la Polifusora R63 Ritmo.
- Poner en práctica el procedimiento para la obtención de una soldadura de calidad.
- Limpieza y cuidado de equipo, bussolas y módulo en general.

II. ACCESORIOS Y EQUIPOS

Figura 1 Equipo y Accesorios



Fuente: Elaboración Propia

1. Máquina de Termofusión Ritmo.
2. Termómetro de la plancha y sockets (240°C).
3. Bussolas de 20 mm y 32 mm.
4. Tubo de polietileno PE.
5. Accesorios de soldadura por termofusión.
6. Guantes térmicos.
7. Switch de encendido.

III. REQUERIMIENTO DE MATERIALES

N°	MATERIAL	CANTIDAD UNIDAD/ METROS	P. UNITARIO S/	PRECIO S/
1	TUBERÍA HDPE 20 MM	1	11.30	11.30
2	COOPLA RECTA 20 MM	3	1.50	4.50
3	COOPLA CODO 20 MM	3	1.50	<u>4.50</u>
	TOTAL			20.30

IV. RECOMENDACIONES GENERALES

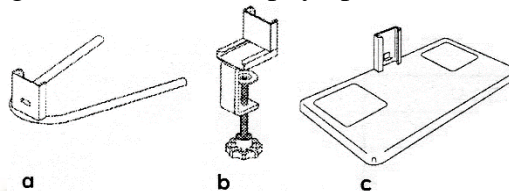
- Observar las características del equipo y rangos de soldadura.
- Antes y después del uso limpiar las bussolas con un paño, sin raspar para evitar quitar el teflón de las bussolas.
- Equipo de soldadura debe permanecer sujetado a una base fija para evitar accidentes.
- Esperar a que la máquina vuelva por si misma a la temperatura ambiente. No enfriar con agua u otros líquidos.
- Tener cuidado con la temperatura de la plancha después del uso.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

VI. Preparación del Equipo:

- i. Colocar el equipo en una mesa fija en las bases correspondiente

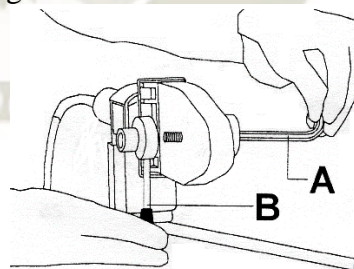
Figura 02: Bases de Apoyo para Polifusora.



Fuente: (Ritmo, 2017)

- ii. Observar la conexión de los equipos (cable de poder, termómetro).
- iii. Montar bussolas: Al momento de unir las bussolas al polifusor debemos garantizar una unión limpia y debemos ajustar fuertemente con una llave hexagonal, esto permitirá que la transferencia de calor sea efectiva y las bussolas lleguen a la temperatura deseada.

Figura 03: Instalación de Bussolas.

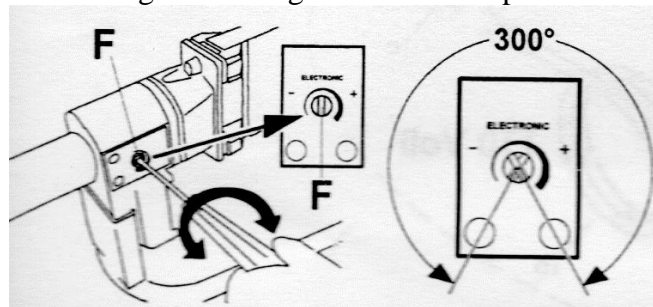


A: Llave allen
B: Grupo de pernos para casquillos

Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2017)

- iv. Regulación de Temperatura: en caso la temperatura no sea la deseada para aumentar o disminuir la temperatura ajustara el termostato F con un destornillador plano como muestra la imagen:

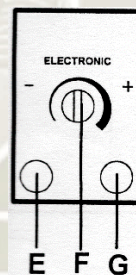
Figura 04: Regulación de Temperatura.



Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2017)

Después de 10 a 15 minutos aproximadamente de la alimentación eléctrica al polifusor los testigos D y G comenzarán a destellar esto indicara que la polifusora llegó la temperatura calibrada comprobar con el termómetro

Figura 05: Termorregulador.



Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2017)

VII. Proceso de Soldadura por Termofusión

- Paso 1: Corte de Tuberías

Cortar el tubo con la tijera en forma perpendicular limpiar tubos y coplas (uniones, codos, T, reductores, etc.) con un paño que no deje residuos en las zonas involucradas de soldadura.

Figura 06: Corte de Tubería.



Fuente: Elaboración Propia

- Paso 2: Marcado de Tuberías

Marcar la profundidad de la penetración del tubo con el accesorio utilizando un marcador indeleble.

Figura 07: Marcado de Tuberías.



Fuente: Elaboración Propia

- Paso 3: Calentamiento de Tubos y Accesorios

Verificar la temperatura de la polifusora en el termómetro del equipo (240°C). ATENCIÓN: a partir de esta operación se tiene un riesgo de quemadura por lo que se recomienda utilizar guantes protección a prueba de calor.

Figura 08: Termómetro de la Polifusora



Fuente: Elaboración Propia

luego de alcanzar esta temperatura se introducirá dentro del socket la tubería y el accesorio al mismo tiempo sin girar en forma perpendicular a la polifusora hasta la marca ya realizada. Se verificará el tiempo de calentamiento, según la siguiente tabla 1 (Tiempos de Calentamiento).

NOTA: Tiempo inicia cuando se alcanza la profundidad ya marcada.

Figura 09: Calentamiento de Tuberías



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1: Tiempos de Calentamiento

Temperatura Equipo	Diámetro Nominal	Tiempo de Calentamiento (Seg)
		POLIETILENO
240 °C	20	5
	25	6
	32	7
	40	10
	50	15
	63	20
	75	25
	90	35
	110	45
	125	50
	140	--
	160	--

Fuente: (Ritmo, 2017)

- Paso 4 Proceso de Soldado

Seguidamente finalizado el tiempo de calentamiento se retirará la tubería y accesorio de las bussolas, estos no deben ser girados. Se procederá a la unión rápidamente de ambos tubería y accesorio en forma perpendicular uno al otro cubriendo la marca realizada con el anillo formado de material sobrante de la tubería.

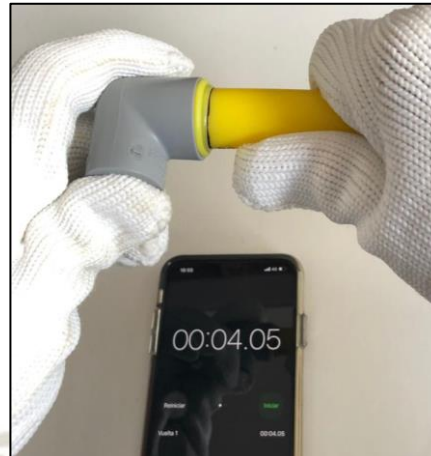
NOTA: Respetar la profundidad ya establecida para evitar que esta se comprima o se taponee el ducto.

Tabla 02: Tiempos de Soldadura

Temperatura Equipo	Diámetro Nominal	Tiempo de Soldadura (Seg)
		POLIETILENO
240 °C	20	4
	25	4
	32	4
	40	6
	50	6
	63	8
	75	8
	90	8
	110	10
	125	10
	140	--
	160	--

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10: Unión Soldada



Fuente: Elaboración Propia

- Paso 5 Enfriamiento

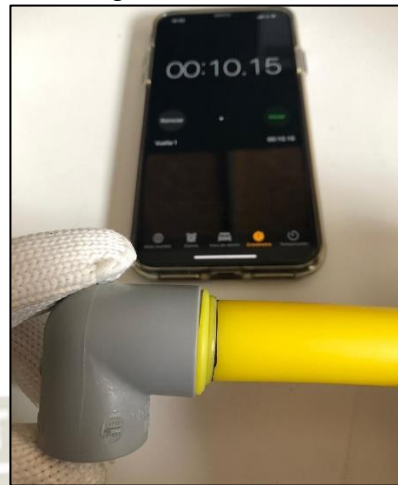
Durante el tiempo de enfriamiento (tabla 3) se debe mantener alineada la unión sin ser girada. Pasado el tiempo de enfriamiento la tubería estará correctamente soldada.

Tabla 03: Tiempos de Enfriamiento

Temperatura Equipo	Diámetro Nominal	Tiempo de Enfriamiento (Seg)
		POLIETILENO
240 °C	20	10
	25	15
	32	15
	40	25
	50	25
	63	40
	75	40
	90	50
	110	60
	125	65
	140	--
	160	--

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11: Enfriamiento



Fuente: Elaboración Propia

v. CUESTIONARIO

5.1 Defina Soldadura por termofusión.

5.2 ¿Cuáles son las ventajas de soldadura de termofusión?

5.3 ¿Cuál es el rango temperatura del equipo?

5.4 ¿Qué es el SDR de la tubería utilizada y cuanto es este valor para instalaciones en edificaciones?

5.5 ¿Cómo se podría comprobar la correcta unión?


5.6 Aplicaciones de la soldadura de termo fusión.

5.7 ¿Qué es termofusión a tope y como se diferencia de la termofusión aplicada en la práctica?

vi. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

vii. BIBLIOGRAFÍA

- <https://colindustria.com/todos-los-productos-colindustria/>

	Universidad Católica de Santa María	“SOLDADURA POR ELECTROFUSIÓN”	Fecha de la Prueba: 21/09/2020	
Título De la Práctica: Reconocimiento del equipo, accesorios y procedimiento de soldadura			Práctica N°	2
Apellidos y Nombres:		Ramos Benavente, Alexander Eloy		
		Valdivia Escalante, Mauricio Elar		

I. OBJETIVOS

- Reconocer las partes, accesorios del equipo principal y accesorios de soldadura.
- Aprender el uso del Equipo Ejecución del paso a paso de la soldadura por electro fusión.

II. ACCESORIOS Y EQUIPOS

Figura 01: Equipo y Accesorios



Fuente: Elaboración Propia

1. Máquina de electrofusión ELEKTRA LIGHT 160.
2. Puntas de conexión entre máquina y accesorios de soldadura.
3. Scanner para códigos de barras de los accesorios de electrofusión.
4. Cable de poder 220 V.

5. Accesorios de soldadura.

III. REQUERIMIENTO DE MATERIALES

Nº	MATERIAL	CANTIDAD UNIDAD/ METROS	P. UNITARIO S/	PRECIO S/
1	TUBERÍA HDPE 20 MM	0.5	11.30	5.70
2	COOPLA RECTA 20 MM	1	17.0	17.0
3	COOPLA CODO 20 MM	1	19	<u>19.0</u>
	TOTAL			41.70

IV. RECOMENDACIONES GENERALES

- Observar las características del equipo y rangos de soldadura.
- Tener en cuenta el uso de guantes nitrilo al manipular los accesorios y tuberías previas a la soldadura.
- Una vez encendido el equipo se tiene que esperar un tiempo adecuado para poder ser apagado.
- Equipo de soldadura debe permanecer en todo momento dentro de su maletín.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

a) Recomendaciones Previas

- Colocar el equipo en lugar sólido y plano (no retirar la funda del equipo)
- Observar la conexión de los equipos (cable de poder, Scanner, puntas de soldadura).
- Cortar la tubería de polipropileno (PP) en tramos de 20 centímetros aproximadamente. Usando la tijera de corte (Truper).

b) Proceso de Soldadura

- Paso 1: Preparación

Limpiar tubos con un paño que no deje residuos en las zonas involucradas de soldadura. Tener cuidado con las coplas (uniones, codos, T, reductores, etc.) revisar que estas no tengan golpes y libres de polvo.

Figura 02: Limpieza de Tubería



Fuente: Elaboración Propia

- Paso 2: Marcado

Tomamos la medida de la parte que se introducirá dentro del accesorio, adicional se dará un centímetro más donde se iniciará el raspado.

Figura 03: Marcado de tubería



Fuente: Elaboración Propia

- Paso 3: Raspado

Para una buena soldadura, las zonas a unirse tienen que ser raspadas con el uso del raspador manual esto evitará la presencia de impurezas, grasas, etc. La distancia

a ser raspada debe ser de acuerdo a la copla y debe marcarse con un bolígrafo. Zona raspada no debe ser tocada con nada.

Figura 04: Raspado



Fuente: Elaboración Propia

- Paso 4: Soldadura
 - Conectar la máquina Electro Light a la fuente 220V
 - Conectar los cables al accesorio (No cuenta con polaridad).
 - Tenemos tres formas de ingresar el tiempo y voltaje de soldadura para cada accesorio. Escanear el código de barras del accesorio. Ingresar el código de barras y el voltaje manualmente.
 - Retire las puntas de soldadura una vez finalizado el tiempo de enfriamiento.

Figura 05: Soldado por Electrofusión



Fuente: Elaboración Propia

- Paso 5: Verificación de Soldadura
 - Cortar en forma transversal la unión y la tubería.
 - Limar para para tirar partículas excedentes producto del corte.
 - Apreciar la fusión provocada por la electricidad que recorre por la bobina alrededor de la tubería.

VI. CUESTIONARIO

- 5.1. Defina Soldadura por electrofusión.
- 5.2. ¿Cuál es el rango de trabajo del equipo de soldadura utilizado en laboratorio?
- 5.3. Enumere las formas de ingresar el tiempo de soldadura de cada accesorio.
- 5.4. ¿Cuáles son los proyectos vigentes sobre el gas natural?
- 5.5. Según las normas técnicas peruanas (NTP), ¿Qué tipo de tuberías se usan en la distribución de gas natural?
- 5.6. ¿El transporte de gas natural provoca desgaste de la tubería? ¿Por qué?
- 5.7. Enumere los campos de utilización para la soldadura de electrofusión.
- 5.8. ¿Cómo es que el gas natural llegará al sur del país?

VII. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicacione/s/EventosRealizados/ForoTumbes/4/8.%20Distribucion%20de%20Gas%20Natural%20-%20Tumbes.pdf>
- <https://www.ritmo.it/es/category/elettro-fusion/>

Anexo A

Ficha Técnica de las Polifusoras Ritmo R63



R 63

Campo di lavoro	max Ø 63 mm
Materiali	PE, PP, PP-R, PB, PVDF
Alimentazione versione TE	230 V 50/60 Hz
Alimentazione versione TFE	110 V o 230 V 50/60 Hz
Assorbimento	800 W
Temperatura di esercizio TE	180° - 290° C
Temperatura di esercizio TFE	260° C ± 10° C
Dimensioni	175 x 50 x 360 mm

Anexo B

Ficha Técnica Máquina de la Electro Light Ritmo

Specifiche tecniche:

Materiale	PE/PP/PP-R
Campo di lavoro	Ø 20 ÷ 125/160 mm
Alimentazione	110 V Monofase 50/60 Hz 230 V Monofase 50/60 Hz
Assorbimento	1300 W
Max output Corrente	60 A
Corrente saldatura 60% Duty Cycle	23 A
Memoria	325 cicli
Grado di protezione	IP 54
Dimensioni	200 x 250 x 210 mm
Peso	7 Kg

DOTAZIONE DI SERIE

			
saldatrice	spinotti universali	scanner laser	raschietto manuale

ACCESSORI A RICHIESTA

	
software	DB9M-USB

Anexo C

Ficha Técnica Tuberías de Polietileno (PE)

TUBERÍAS DE POLIETILENO PARA GAS



Descripción: Tuberías de Polietileno de mediana y alta densidad para Gas
PE80 : Tubería para gas amarilla (yellow) - MDPE
PE100 : Tubería para gas naranja (orange) - HDPE

Usos / Aplicaciones: Redes para distribución de gas

Rango de Diámetros: 20-630 mm (diámetro exterior tubería de PE)

Presión de Operación: 4 bar para PE80 / 10 bar para PE100

Normas Utilizadas: ISO 4437, NCh 2296/1

Certificaciones: Cesmec - Bureau Veritas, ISO 9001:2008, ISO 14001

Sistemas de Unión:

Soldaduras a Tope

Proceso en el que tuberías y fittings se someten por un tiempo determinado a una temperatura tal, que los materiales entren en fusión, luego las superficies fundidas se unen bajo cierta presión, logrando la interacción molecular. Al enfriar se consigue un cuerpo único, que mantiene las características y propiedades del material original.

Electrofundición

En la técnica de Electrofundición se utilizan fittings especiales, provistos internamente de una resistencia eléctrica que se conecta mediante terminales externos a una fuente de corriente continua. El calor generado hace que la superficie interna del fittings y la externa de la tubería se fundan e interactúen, produciéndose la unión.

Es una sistema práctico, permite realizar ramificaciones, desviaciones, etc., sin necesidad de cortar el fluido principal, posibilitando hacer pruebas en la nueva instalación, antes de ponerla en funcionamiento. Esta técnica es una solución moderna, especialmente bien adaptada a la realización de redes y que se basa en la explotación máxima de las cualidades plásticas propias del PE.

Control de Calidad:

Vinilit fabrica tuberías de polietileno a partir de resinas de excelente calidad pigmentadas en origen, suministradas por proveedores certificados bajo normas de la serie ISO 9000. ponerla en funcionamiento. Esta técnica es una solución moderna, especialmente bien adaptada a la realización de redes y que se basa en la explotación máxima de las cualidades plásticas propias del PE.

Control de Calidad:

Vinilit fabrica tuberías de polietileno a partir de resinas de excelente calidad pigmentadas en origen, suministradas por proveedores certificados bajo normas de la serie ISO 9000. Los ensayos de control de calidad, tanto de materia prima como de producto terminado, están basados en la Norma Chilena NCh 2296/1 y en la Norma ASTM D 1248. Dentro de los ensayos más importantes se encuentran:

Materia Prima

Características	Métodos de Ensayo
Densidad	ISO 1183 ISO 1872-1
Índice de Fluidez	ISO 1133

Producto Terminado

Características	Métodos de Ensayo
Densidad	ISO 1183 ISO 1872-1
Tiempo de Inducción a la oxidación, TIO	ISO/TR 10837
Índice de Fluidez	ISO 1133
Contracción Longitudinal	NCh 1649

Suministro Estándar

Diámetro	Rollos	Tiras
20 - 40 mm	150 m	
50 - 110 mm	50 / 100 / 150 m	12 m
125 - 630 mm		12 m

Designación y Clasificación

MRS (Minimum Required Strength): Es el nivel de resistencia mínima requerida que se debe considerar en el diseño de las tuberías para el transporte de gas a 20°C por un tiempo de servicio de al menos 50 años.

Designación	MRS MPa
PE 80	8.0
PE 100	10.0

Designación	MRS MPa
PE 80	8.0
PE 100	10.0

Ventajas del PE para conducción de gas

- Es resistente a la corrosión.
- Es liviano, fácil de transportar.
- De fácil manejo e instalación.
- Es dúctil y resistente al impacto, incluso a bajas temperaturas.
- Posee una larga vida útil.
- Las uniones son seguras y fáciles de realizar.
- Es flexible, permitiendo que las tuberías sean enrolladas y producidas en extensas longitudes, minimizando el número de uniones.



Anexo C

Ficha Técnica Tuberías de Polietileno (PE)

TUBERÍAS DE POLIETILENO PARA GAS DIMENSIONES TUBERÍA GAS SDR 11 • NCh 2296/1 - 2002



DIÁMETRO mm			OVALAMIENTO MÁXIMO mm		PE80		PE100		EXENTRICIDAD MÁXIMA %
NOM.	MIN.	MAX.	ROLLO	TIRA	ESP. MIN. mm	FACTOR Kg/mt	ESP. MIN. mm	FACTOR Kg/mt	
20	20,0	20,3	1,2	1,2	3,0	0,160	3,0	0,162	12%
25	25,0	25,3	1,5	1,2	3,0	0,208	3,0	0,210	12%
32	32,0	32,3	2,0	1,3	3,0	0,274	3,0	0,276	12%
40	40,0	40,4	2,4	1,4	3,7	0,423	3,7	0,427	12%
50	50,0	50,4	3,0	1,4	4,6	0,662	4,6	0,668	12%
63	63,0	63,4	3,8	1,5	5,8	1,037	5,8	1,047	12%
75	75,0	75,5	5,0	1,6	6,8	1,448	6,8	1,462	12%
90	90,0	90,6	5,0	1,8	8,2	2,099	8,2	2,119	12%
110	110,0	110,7	5,0	2,2	10,0	3,113	10,0	3,142	12%
125	125,0	125,8		2,5	11,4	4,038	11,4	4,076	12%
140	140,0	140,9		2,8	12,7	5,033	12,7	5,081	12%
160	160,0	161,0		3,2	14,6	6,606	14,6	6,669	12%
180	180,0	181,1		3,6	16,4	8,349	16,4	8,429	12%
200	200,0	201,2		4,0	18,2	10,296	18,2	10,395	12%
225	225,0	226,4		4,5	20,5	13,033	20,5	13,157	12%
250	250,0	251,1		5,0	22,7	16,014	22,7	16,167	12%
280	280,0	281,7		9,8	25,4	20,094	25,4	20,286	12%
315	315,0	316,9		11,1	28,6	25,436	28,6	25,679	12%
355	355,0	357,2		12,5	32,3	32,375	32,3	32,685	12%
400	400,0	402,4		14,0	36,4	41,089	36,4	41,482	12%
450	450,0	452,7		15,6	40,9	51,909	40,9	52,405	12%
500	500,0	503,0		17,5	45,5	64,103	45,5	64,785	12%
560	560,0	563,4		19,6	50,9	80,376	50,9	81,145	12%
630	630,0	633,8		22,1	57,3	101,819	57,3	102,793	12%

■ PE 80 : Presión máxima de servicio 4 bar
PE 100: Presión máxima de servicio 10 bar

Anexo C

Ficha Técnica Tuberías de Polietileno (PE)

CORTADOR DE TUBO DE PVC, HASTA 1-5/8"



CÓDIGO: 12860 CLAVE: COT-PVC

CARACTERÍSTICAS

- ▶ Cuerpo fabricado en aluminio
- ▶ Cuchilla fabricada en acero inoxidable
- ▶ Sistema automático de apertura
- ▶ Avance progresivo de cuchilla para un mínimo esfuerzo y corte rápido



Capacidad de
corte (41 mm)



PVC, CPVC,
PP-R, PEX,
POLY, PE y
mangueras de
goma

ESPECIFICACIONES

Capacidad de corte	1 5/8" (42mm)
Longitud de la cuchilla	50 mm
Longitud del cuerpo	200 mm
Ancho del cuerpo	86 mm
Empaque	Blister

Anexo D

GALERÍA DE FOTOS

Preparación de la base metálica



Preparación del panel de control



Pintado del módulo



Colocación de la mesa de trabajo



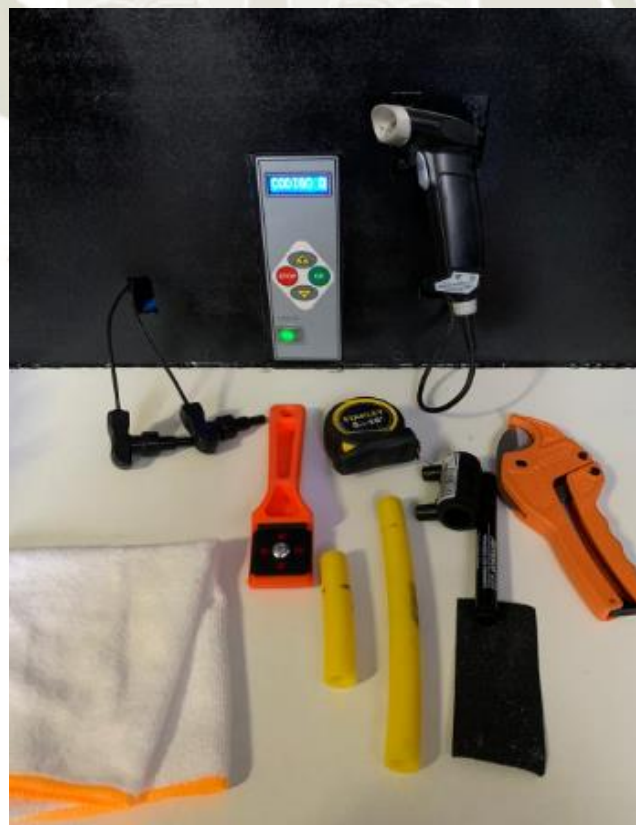
Módulo completado (frente)



Módulo parte posterior



Equipo de Electrofundición



Prueba / Ensayo de Electrofundición



Resultado en corte de unión por Electrofundición



Equipo de Termofusión



Ensayo de Termofusión



Transporte del módulo

