



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**EVALUACION COSTO-TIEMPO EN LA IMPLEMENTACION DE  
LA TUBERIA PEAD FRENTE AL PVC EN LAS REDES  
SECUNDARIAS DE AGUA POTABLE DE LA HABILITACIÓN  
URBANA SANTA MARIA DE HUACHO 3RA Y 4TA ETAPA**

Línea de Investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Modalidad de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Autor

Sierra Calderon, Alejandro

Asesor

Jaramillo Tarazona, Francisco  
ORCID: 0000-0002-9638-7814

Jurado

Tapia Julca, Elías Teodoro  
Madrid Saldaña, César Karlo  
Arévalo Vidal, Samir

Lima – Perú  
2023

### **Dedicatoria**

A mi madre Patricia por darme el empuje necesario para cumplir esta meta. A mi padre Alejandro por darme la oportunidad de ser un profesional. A mi abuela Edith y a mi tío Miguel, que si bien ya no se encuentran en este plano terrenal, fueron parte importante de mi formación como persona.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Trayectoria del autor .....	11
1.2. Descripción de la empresa.....	11
1.3. Organigrama de la empresa.....	13
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	13
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA .....	15
2.1. Introducción al tema.....	15
2.1.1. Descripción y formulación del problema.....	15
2.1.2. Objetivos .....	25
2.1.3. Justificación .....	25
2.1.4. Hipótesis .....	26
2.2. Marco teórico .....	27
2.2.1. Antecedentes bibliográficos.....	27
2.2.2. Bases teóricas.....	32
2.2.2.1. Tubería de policloruro de vinilo (PVC) .....	32
2.2.2.2. Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD).....	40
2.2.2.3. Programación de obra con el método tradicional.....	50
2.2.2.4. Método de la ruta crítica.....	50
2.2.2.5. Análisis de precios unitarios .....	51
2.2.3. Marco normativo.....	53
2.3. Método .....	53
2.3.1. Tipo de investigación.....	53
2.3.2. Ámbito espacial y temporal .....	53
2.3.3. Variables .....	53
2.3.4. Población y muestra.....	54
2.3.5. Instrumentos.....	54
2.3.6. Procedimientos.....	54
2.3.7. Análisis de datos .....	55
2.4. Resultados .....	56
2.4.1. Ubicación .....	56

2.4.2. Mapa de ubicación .....	56
2.4.3. Características del proyecto .....	57
2.4.4. Resultados del informe .....	59
2.5. Discusión de resultados .....	76
III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA .....	78
IV. CONCLUSIONES .....	79
V. RECOMENDACIONES .....	80
VI. REFERENCIAS .....	81
VII. ANEXOS .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

1.	Tabla 1	Metrados de tubería y accesorios para la línea de PVC .....	59
2.	Tabla 2	Metrados de conexiones domiciliarias de agua potable en PVC.....	59
3.	Tabla 3	Metrados de tubería y accesorios para la línea de PEAD.....	60
4.	Tabla 4	Metrados de conexiones domiciliarias de agua potable en PEAD .....	60
5.	Tabla 5	Presupuesto de tuberías y accesorio de PVC para la línea de agua potable. ....	61
6.	Tabla 6	Presupuesto de tuberías y accesorios de PEAD para la línea de agua potable....	62
7.	Tabla 7	Presupuesto para conexiones domiciliarias de agua potable en PVC .....	63
8.	Tabla 8	Presupuesto para conexiones domiciliarias de agua potable en PEAD.....	63
9.	Tabla 9	Resumen de costos de materiales de PVC y PEAD .....	64
10.	Tabla 10	Partidas en común para las tuberías de PVC y PEAD.....	65
11.	Tabla 11	Partidas sólo para la tubería PVC .....	66
12.	Tabla 12	Partidas sólo para la tubería PEAD .....	66
13.	Tabla 13	Cálculo de horas hombre para PVC .....	66
14.	Tabla 14	Cálculo de horas hombre para PEAD.....	68
15.	Tabla 15	Resumen del costo de mano de obra de PVC y PEAD .....	70
16.	Tabla 16	Duración de partidas en común (PVC – PEAD) .....	71
17.	Tabla 17	Duración de partidas sólo PVC .....	72
18.	Tabla 18	Duración de partidas sólo PEAD.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Figura 1 Proyectos de Inversiones El Pino a nivel nacional.....	12
2. Figura 2 Organigrama de Inversiones el Pino .....	13
3. Figura 3 Población, en porcentaje, que consume agua que proviene de la red pública. Año móvil: mayo 2019 – abril 2020. ....	16
4. Figura 4 Población urbana que consume agua que proviene de la red pública por tipo de conexión. Año móvil: mayo 2019 – abril 2020. ....	17
5. Figura 5 Población, en porcentaje, sin acceso a agua que proviene de la red pública por tipo de abastecimiento. Año móvil: mayo 2019 – abril 2020. ....	18
6. Figura 6 Población urbana, en porcentaje, sin acceso a agua que proviene de la red pública por tipo de abastecimiento. Año móvil: mayo 2019 – abril 2020. ....	19
7. Figura 7 Población que consume agua de la red pública por departamento, año 2019....	20
8. Figura 8 Brecha, en millones de soles, en infraestructura de corto plazo por sector .....	21
9. Figura 9 Brecha, en millones de soles, en infraestructura de largo plazo por sector .....	21
10. Figura 10 Tasa de empleo adecuado 2019-2020 según región.....	22
11. Figura 11 Evolución del empleo adecuado y subempleo para el periodo 2007-2020 .....	23
12. Figura 12 Cuadro de series, clases y presiones nominales en el PVC.....	32
13. Figura 13 Esquema de zanja para tubería .....	34
14. Figura 14 Esquema de ejecución de la zanja .....	35
15. Figura 15 Esquema de instalación de tubería PVC .....	36
16. Figura 16 Esquema de instalación de tubería PVC .....	36
17. Figura 17 Sección típica de relleno de tubería .....	38
18. Figura 18 Anclaje de los accesorios de PVC.....	38
19. Figura 19 Conexión domiciliaria completa de agua potable .....	39
20. Figura 20 Tipos de tubería PEAD .....	42
21. Figura 21 Características de la tubería PE 80.....	43
22. Figura 22 Características de la tubería PE 100.....	43
23. Figura 23 Tubería PEAD – PE 100 bajo la norma ISO 4427.....	44
24. Figura 24 Sistema de unión mecánica .....	45
25. Figura 25 Sistema de unión por temperatura por electrofusión.....	46
26. Figura 26 Procedimiento de la unión de temperatura por electrofusión.....	47
27. Figura 27 Sistema de unión por temperatura por termofusión .....	48
28. Figura 28 Procedimiento de la unión de temperatura por termofusión .....	49
29. Figura 29 Esquema de ruta crítica .....	51
30. Figura 30 Ejemplo de análisis de precios unitarios .....	52

31. Figura 31 Mapa provincial .....	56
32. Figura 32 Ubicación del proyecto .....	57
33. Figura 33 Esquema de la red secundaria de agua potable de Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa .....	58
34. Figura 34 Costo de materiales para cada tipo de tubería.....	64
35. Figura 35 Tabla salarial periodo 2019 – 2020.....	69
36. Figura 36 Costo de mano de obra para cada tipo de tubería.....	70
37. Figura 37 Cronograma para tubería de PVC .....	74
38. Figura 38 Cronograma para tubería de PEAD.....	75
39. Figura 39 Duración de proyecto por cada tipo de tubería .....	76

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la influencia de la implementación de tubería PEAD frente al PVC en la evaluación costo-tiempo de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa. **Método:** El estudio es del tipo cuantitativo y explicativo. El diseño es del tipo experimental y los instrumentos a emplear serán los metrados, los análisis de precios unitarios, rendimientos y órdenes de compra del proyecto en mención y similares. **Resultados:** De acuerdo a los costos de tuberías y accesorios, el costo de la aplicación con el material de PVC es un 85.2% del costo de una implementación con un sistema PEAD. Con respecto a los costos de mano de obra, la implementación de un sistema PEAD representa el 98% del costo de una implementación con el sistema tradicional de PVC, una mínima diferencia. Con respecto a los plazos de ejecución, se observa que no existe variación en la aplicación de ambos materiales. **Conclusiones:** Se determinó que no hay una influencia considerable en la evaluación costo – tiempo en la implementación de la tubería PEAD frente al PVC de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho.

*Palabras clave:* tubería, agua potable, costo, tiempo.

## ABSTRACT

**Objective:** Toward regulate the inspiration of the operation of HDPE pipes compared to PVC in the cost-time evaluation of the secondary drinking water networks of the Santa María de Huacho 3rd and 4th stage urban development. **Method:** The research is quantitative and explanatory type. The design is the experimental type and the apparatuses near remain rummage-sale resolve remain the meters, the analysis of unit prices, yields and purchase orders of the project and other similars. **Results:** About the costs of pipes and accessories, the cost of the application with the PVC material is 85.2% of the cost of an implementation with a HDPE system. Regarding labor costs, the implementation of a HDPE system represents 98% of the cost of an application with the traditional PVC scheme, a minimal difference. Regarding the execution terms, it is experiential that here is no difference in the application of both materials. **Conclusions:** It remained strongminded that here is not a substantial influence on the cost-time evaluation in the employment of the HDPE pipe compared to the PVC of the secondary drinking water networks of the Santa María de Huacho urban development.

*Keywords:* pipeline, drinking water, cost, term.

## I INTRODUCCIÓN

Sabemos que el agua es el líquido vital por naturaleza. Sin ello no es posible la vida en todo el planeta.

Esta se distribuye de manera natural a través de mares, ríos, lagos, lluvias y demás llegando a algunos puntos de la Tierra, sin embargo, esta distribución natural no es suficiente para abastecer a todos los seres vivos. Ante ello, el hombre ha desarrollado, a través del tiempo diversos sistemas de abastecimiento para suplir de agua a la población tales como acueductos (Roma), presas (Egipto) y bombas de agua (Asiria) hasta llegar a los sistemas de tuberías y obras civiles de captación que tenemos hoy.

Actualmente, en gran parte de nuestro país, tanto para redes primarias y secundarias de agua potable se viene usando el policloruro de vinilo (PVC) como material predilecto en las obras de habilitaciones urbanas por ser económico, fácil de encontrar, duradero y de fácil instalación.

A pesar de ello, se vienen desarrollando otras tecnologías para las redes de tuberías, una de ellas es el sistema de tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) que viene siendo empleado en la ciudad capital, Lima.

Por lo tanto, la esencia de este informe será comparar ambas tecnologías, PEAD y PVC, en cuanto a costos y plazos de ejecución para verificar cuál trae más beneficios. Para realizar el análisis respectivo se tomará como muestra a las redes secundarias de agua potable de una habilitación urbana de la ciudad de Huacho llamada Santa María, ejecutada por la empresa Inversiones el Pino.

## **1.1 Trayectoria del autor**

Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Federico Villarreal desde el año 2013 y bachiller de la misma desde el año 2015.

Empecé a laborar en el rubro de las edificaciones, formando parte de la empresa Eital Edificaciones en las distintas áreas tales como calidad, producción y oficina técnica. Dentro de algunos de los proyectos que fui partícipe estuvieron los siguientes: Edificio Multifamiliar Los Cisnes – San Isidro y Edificio Soho Plus y Bloom Tower – Magdalena del Mar.

A finales del 2015 pasé a integrarme GMC Innova, empresa dedicada la construcción de edificaciones, especialmente retails. Pasé a formar parte del área de presupuestos.

Culminando el 2016 entré a laborar a JLG Constructores, compañía dedicada la edificación de colegios. Tuve la oportunidad de ser partícipe en la edificación de un par de pabellones de los colegios Innova. Además de participar en las obras de colegios públicos en la región Ica.

A partir del año 2018, soy parte de Inversiones El Pino, empresa cuyo rubro es el de habilitaciones urbanas. He podido colaborar en sus proyectos a nivel nacional tales como: Santa María – Huacho, Altosol – Piura, Praderas del Sol – Chiclayo y actualmente me encuentro como ingeniero de obra del proyecto La Encantada localizado en el distrito de Lurín, provincia y departamento de Lima.

## **1.2 Descripción de la empresa**

Inversiones El Pino SAC es una compañía peruana enfocada en la ejecución de proyectos inmobiliarios y de habilitaciones urbanas desde hace más de 30 años, con la finalidad de crear espacios innovadores que posibilitan al propietario mejorar su calidad de vida.

Su misión es el desarrollo de proyectos inmobiliarios de calidad, cuyo diseño pueda mejorar el desarrollo del entorno urbano y así crear un entorno que asegure una mejor calidad de vida.

A su vez, su visión es ser una de las entidades inmobiliarias líderes que impulsen el progreso del país, contribuyendo al desarrollo y prosperidad de las ciudades en las que opera.

Cuentan con más de 15,000 unidades inmobiliarias entregadas en todo el país.

Actualmente tienen proyectos a nivel nacional y están presentes en las ciudades de Lima, Huacho, Barranca, Chimbote, Chiclayo, Piura, Ica y Arequipa.

En la figura 1 se mostrará todos los proyectos manejados actualmente en la empresa.

**Figura 1**

*Proyectos de Inversiones El Pino a nivel nacional*



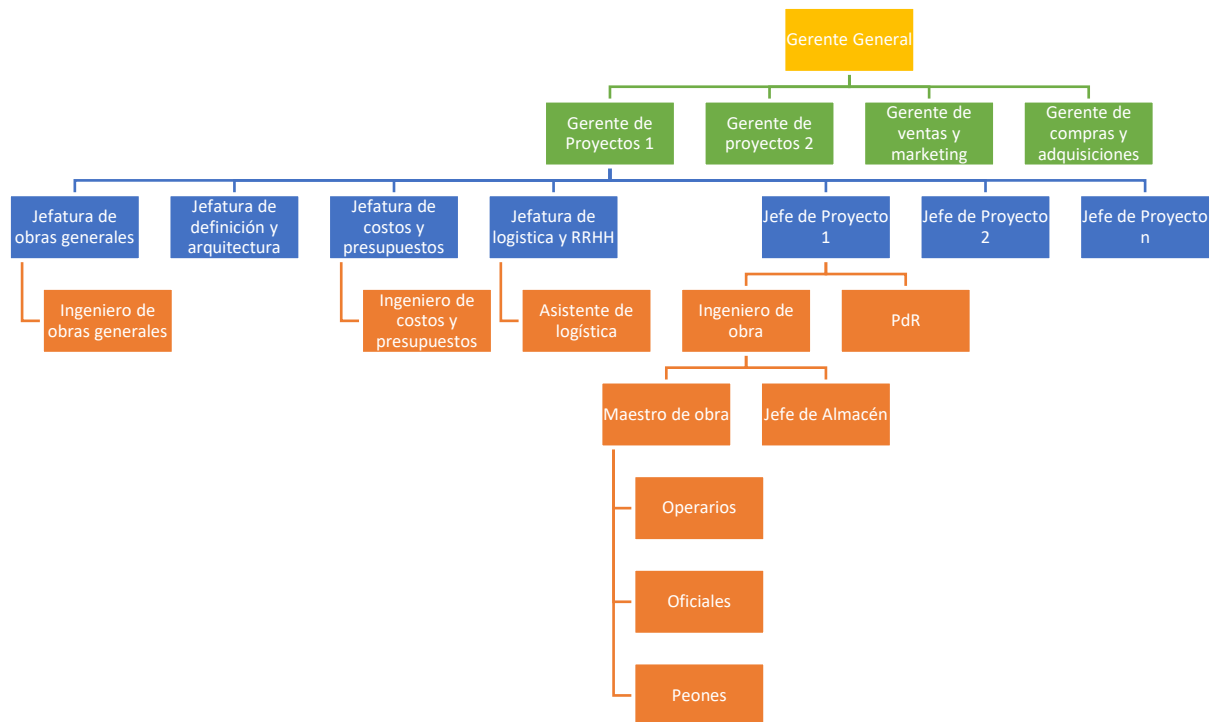
*Nota.* Adaptado de *Nuestros proyectos a nivel nacional* [Fotografía], Inversiones el Pino S.A.C, 2022, <https://elpino.com.pe/nosotros>.

### 1.3 Organigrama de la empresa.

En la figura 2 podemos observar el organigrama actual de Inversiones el Pino.

**Figura 2**

*Organigrama de Inversiones el Pino*



*Nota.* Fuente propia

En la actualidad tengo el cargo de **ingeniero de obra.**

### 1.4 Áreas y funciones desempeñadas

Comencé en el área de calidad de Eital Edificaciones en los proyectos “Edificio Multifamiliar Los Cisnes”, “Bloom Tower” y “Edificio de Oficinas Soho+”. Mi trabajo era realizar las liberaciones de los elementos estructurales y arquitectónicos de la obra. Dentro de esas labores también se encontraba el llenado de protocolos, realización de observaciones y no conformidades y el armado del dossier de calidad.

De igual manera, pertenecí a las áreas de oficina técnica, donde se realizaban todas las tareas relacionadas a los costos y presupuestos de los proyectos, y producción, donde veía la planificación y distribución adecuada de los recursos para los cumplimientos de las acordadas fechas.

En GMC Innova pertenecí al área de costos y presupuestos. Las funciones eran desarrollar propuestas económicas para concursos del rubro privado.

Algunas de nuestras postulaciones fueron con clientes tales como Makro, Molitalia y Telefónica entre otros.

Terminada esa experiencia, ingresé a laborar a JLG Constructores, empresa que se dedicaba a la construcción de colegios. Mi papel en esa ocasión fue hacerme cargo de la planificación y ejecución de dichas escuelas. Cumpliendo estándares de costos y calidad. Algunos proyectos en lo que participé fueron: “Ampliación colegio Innova School, sede La Florida – Rímac”, “Mejoramiento de la infraestructura educativa del IE N ° 22246 – Chíncha” y “Sustitución y construcción de la infraestructura y equipamiento en la IE N ° 22724 Teresa de la Cruz, Subtanjalla – Ica” entre otros más.

En el presente y, desde el año 2018, me encuentro laborando en Inversiones El Pino SAC, compañía dedicada al rubro de habilitaciones urbanas. He formado parte de las áreas de calidad, control y obra y, además, fui parte en proyectos de las ciudades de Huacho, Piura y Chiclayo. Ahora me encuentro el proyecto de habilitación urbana “La Encantada de Lurín” realizando funciones de planificación, programación y producción de obra. Asimismo, velo por que se cumpla el estándar de calidad establecido por la empresa conjuntamente con el costo del proyecto.

## II DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

### 2.1 Introducción al tema

#### 2.1.1 *Descripción y formulación del problema*

Sabemos que el agua suficiente y segura garantiza la higiene, que es una medida importante en la prevención de infecciones respiratorias agudas, enfermedades diarreicas y muchas enfermedades tropicales no atendidas. (OMS, 2022)

En todo el mundo, al menos 2 mil millones de individuos utilizan fuentes de agua potable contaminadas con heces humanas. Esto significa que existe un alto riesgo de propagar enfermedades como el cólera, la diarrea, tifoidea, la fiebre etc. (OMS, 2022)

Más de 2 mil millones de individuos habitan en países con escasez de agua y la situación puede empeorar con el cambio climático y la sobrepoblación. (OMS, 2022)

El agua potable contaminada puede transmitir todas estas enfermedades, y unas 485.000 personas mueren cada año a causa de la diarrea. (OMS, 2022)

En 2020, el 74% de la población mundial (aproximadamente 5.800 millones de personas) tenía acceso a agua segura para el consumo humano. (OMS, 2022)

A nivel nacional, se sabe que, en el año móvil de mayo de 2019 a abril de 2020, el 90,8% de la población del país tuvo acceso al agua a través de redes públicas. (INEI, 2020).

En la figura 3 podemos observar con mayor detalle los indicadores.

**Figura 3**

*Población, en porcentaje, que consume agua que proviene de la red pública. Año móvil: mayo 2019 – abril 2020.*

Año móvil	Nacional	Urbana	Rural
<b>Indicadores anuales</b>			
Abr 2018 - Mar 2019	90,9	95,2	75,2
May 2018 - Abr 2019	90,8	95,1	75,3
Jun 2018 - May 2019	90,9	95,2	75,5
Jul 2018 - Jun 2019	90,8	95,1	75,1
Ago 2018 - Jul 2019	90,7	95,1	75,0
Set 2018 - Ago 2019	90,7	95,0	75,0
Oct 2018 - Set 2019	90,7	95,0	75,0
Nov 2018 - Oct 2019	90,7	94,9	75,3
Dic 2018 - Nov 2019	90,8	95,0	75,3
Ene 2019 - Dic 2019	90,8	94,9	75,6
Feb 2019 - Ene 2020	90,8	95,0	75,5
Mar 2019 - Feb 2020	91,0	95,1	75,8
Abr 2019 - Mar 2020	91,2	95,0	76,8
May 2019 - Abr 2020 P/	90,8	94,8	76,3
<b>Diferencia con similar año anterior (puntos porcentuales)</b>			
May 2018 - Abr 2019/			
May 2019 - Abr 2020	0,0	-0,4	1,0

*Nota.* Adaptado de *Perú: Población que consume agua proveniente de red pública por área de residencia año móvil: mayo 2019 – abril 2020 (porcentaje)*, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020, Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico.

En el mismo año móvil, el operador dijo que el servicio estaba disponible para el 94.8% de la población de la ciudad. (INEI, 2020).

Todo ese porcentaje podemos apreciarlo en la figura 4

#### Figura 4

*Población urbana que consume agua que proviene de la red pública por tipo de conexión.*

*Año móvil: mayo 2019 – abril 2020.*

Año móvil	Total	Red pública		Píón de uso público
		Dentro de la vivienda	Fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	
<b>Indicadores anuales</b>				
Abr 2018 - Mar 2019	95,2	89,2	5,0	1,0 a/
May 2018 - Abr 2019	95,1	89,1	5,1	1,0 a/
Jun 2018 - May 2019	95,2	89,1	5,0	1,1 a/
Jul 2018 - Jun 2019	95,1	89,0	5,0	1,1 a/
Ago 2018 - Jul 2019	95,1	89,2	4,9	1,0 a/
Set 2018 - Ago 2019	95,0	89,2	4,8	1,0 a/
Oct 2018 - Set 2019	95,0	89,1	4,9	0,9 a/
Nov 2018 - Oct 2019	94,9	89,0	5,0	1,0 a/
Dic 2018 - Nov 2019	95,0	89,1	4,9	1,0 a/
Ene 2019 - Dic 2019	94,9	88,9	4,9	1,0 a/
Feb 2019 - Ene 2020	95,0	88,9	5,0	1,0 a/
Mar 2019 - Feb 2020	95,1	89,1	4,9	1,0 a/
Abr 2019 - Mar 2020	95,0	89,2	4,9	1,0 a/
May 2019 - Abr 2020 P/	94,8	88,8	4,8	1,2 a/
<b>Diferencia con similar año anterior (puntos porcentuales)</b>				
May 2018 - Abr 2019/	-0,4	-0,3	-0,3	0,2
May 2019 - Abr 2020				

*Nota.* Adaptado de *Perú - urbano: Población que consume agua proveniente de red pública por tipo de conexión año móvil: mayo 2019 – abril 2020 (porcentaje)*, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020, Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico.

En el mismo período, se puede comprobar que el 9,2% de la población total del país no tenía acceso al agua a través de la red pública. Se entiende que el abastimimiento de este sector de la población es a través de camiones cisternas, pozos, entre otros. (INEI, 2020)

En la figura 5 podemos ver con un poco más de detalle el porcentaje de la población global que no posee accesibilidad a una red de agua potable.

**Figura 5**

*Población, en porcentaje, sin acceso a agua que proviene de la red pública por tipo de abastecimiento. Año móvil: mayo 2019 – abril 2020.*

Año móvil	Total	Camión - cisterna u otro similar	Pozo	Río, acequia, manantial o similar	Otro	
<b>Indicadores anuales</b>						
Abr 2018 - Mar 2019	9,1	1,2	a/	1,8	3,3	2,8
May 2018 - Abr 2019	9,2	1,2	a/	1,8	3,4	2,8
Jun 2018 - May 2019	9,1	1,2	a/	1,8	3,3	2,8
Jul 2018 - Jun 2019	9,2	1,1	a/	1,8	3,5	2,9
Ago 2018 - Jul 2019	9,3	1,1	a/	1,8	3,5	2,9
Set 2018 - Ago 2019	9,3	1,2	a/	1,7	3,6	2,9
Oct 2018 - Set 2019	9,3	1,2	a/	1,7	3,6	2,8
Nov 2018 - Oct 2019	9,3	1,2	a/	1,7	3,5	2,8
Dic 2018 - Nov 2019	9,2	1,2	a/	1,7	3,6	2,8
Ene 2019 - Dic 2019	9,2	1,2	a/	1,7	3,6	2,8
Feb 2019 - Ene 2020	9,2	1,1	a/	1,6	3,6	2,8
Mar 2019 - Feb 2020	9,0	1,1	a/	1,6	3,6	2,7
Abr 2019 - Mar 2020	8,8	1,2	a/	1,5	3,4	2,7
May 2019 - Abr 2020 P/	9,2	1,2	a/	1,6	3,5	2,8
<b>Diferencia con similar año anterior (puntos porcentuales)</b>						
May 2018 - Abr 2019/	0,0	0,0	-0,1	0,2	0,0	
May 2019 - Abr 2020						

*Nota.* Adaptado de *Perú: Población sin acceso a agua por red pública, por tipos de abastecimiento año móvil: mayo 2019 – abril 2020 (porcentaje)*, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020, Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico.

En cuanto a las ciudades, se puede decir que el 5,2% de la población no tiene acceso a los servicios de agua potable a través de la red pública, sino mediante cisternas, pozos, etc. (INEI, 2020)

En la figura 6 se puede verificar el cuadro con los porcentajes de la población urbana que no tiene accesibilidad a una red de agua potable.

## Figura 6

*Población urbana, en porcentaje, sin acceso a agua que proviene de la red pública por tipo de abastecimiento. Año móvil: mayo 2019 – abril 2020.*

Año móvil	Total	Camión - cisterna u otro similar	Pozo	Río, acequia, manantial o similar	Otro		
<b>Indicadores anuales</b>							
Abr 2018 - Mar 2019	4,8	1,3	a/	0,9	0,2	a/	2,3
May 2018 - Abr 2019	4,9	1,4	a/	1,0	0,2	a/	2,3
Jun 2018 - May 2019	4,8	1,3	a/	1,0	0,3	a/	2,3
Jul 2018 - Jun 2019	4,9	1,3	a/	1,0	0,3	a/	2,4
Ago 2018 - Jul 2019	4,9	1,2	a/	1,0	0,3	a/	2,4
Set 2018 - Ago 2019	5,0	1,3	a/	1,0	0,3	a/	2,4
Oct 2018 - Set 2019	5,0	1,3	a/	1,0	0,3	a/	2,3
Nov 2018 - Oct 2019	5,1	1,3	a/	1,0	0,3	a/	2,4
Dic 2018 - Nov 2019	5,0	1,3	a/	1,0	0,3	a/	2,4
Ene 2019 - Dic 2019	5,1	1,3	a/	1,0	0,4	a/	2,4
Feb 2019 - Ene 2020	5,0	1,3	a/	1,0	0,4	a/	2,4
Mar 2019 - Feb 2020	4,9	1,3	a/	1,0	0,4	a/	2,3
Abr 2019 - Mar 2020	5,0	1,3	a/	1,0	0,4	a/	2,3
May 2019 - Abr 2020 P/	5,2	1,4	a/	1,0	0,4	a/	2,4
<b>Diferencia con similar año anterior (puntos porcentuales)</b>							
May 2018 - Abr 2019/ May 2019 - Abr 2020	0,4	0,0	0,1	0,2	0,1		

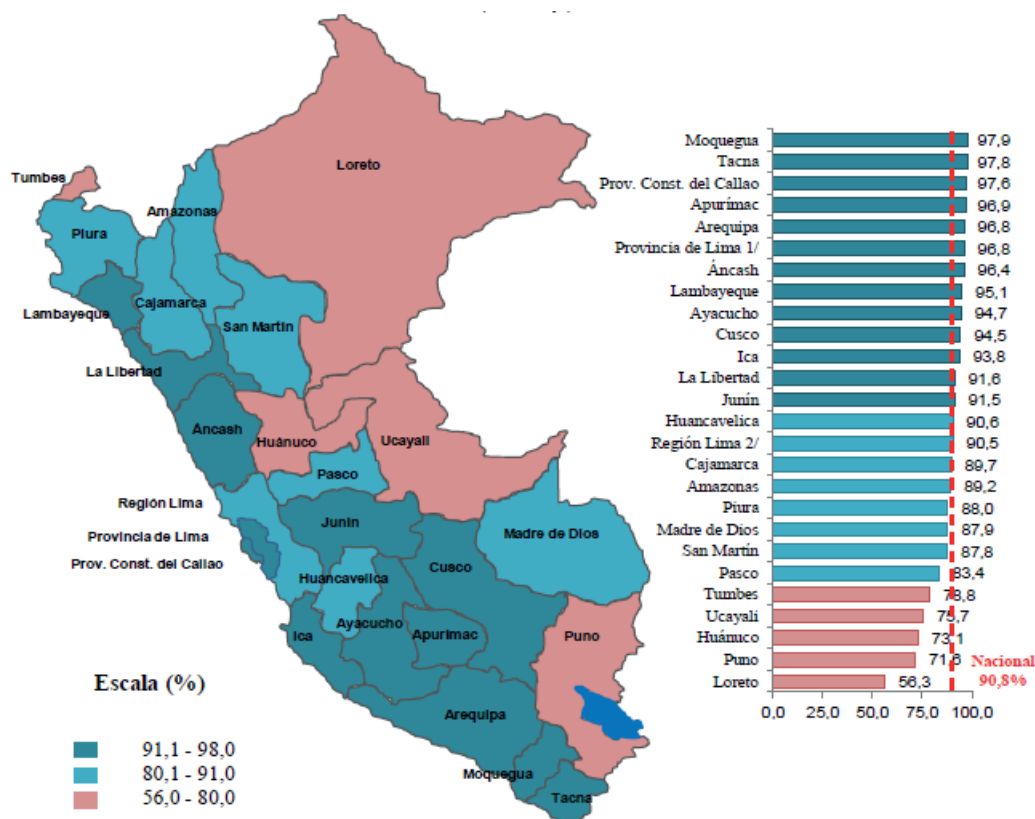
*Nota.* Adaptado de *Perú - urbano: Población sin acceso a agua por red pública, por tipos de abastecimiento año móvil: mayo 2019 – abril 2020*, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020, Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico.

Más del 91% de la población en más de 14 provincias del país obtiene su agua a través de la red pública, siendo los más destacados las regiones de Moquegua, Tacna, Callao, Apurímac, Arequipa, Lima Metropolitana, Ancash y Lambayeque. Las regiones que tiene menos cobertura de este servicio son Tumbes, Ucayali, Puno, Huánuco y Loreto. (INEI, 2020)

La Figura 7 muestra el esquema de consumo de agua potable en redes públicas, dividido por sector.

Figura 7

*Población que consume agua de la red pública por departamento, año 2019*



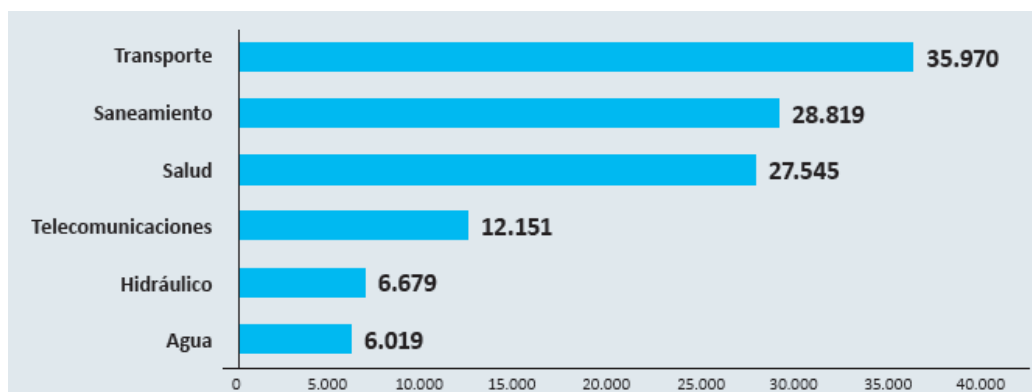
*Nota.* Adaptado de *Perú: Población que consume agua proveniente de red pública, según departamento, 2019*, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020, Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico.

Por lo tanto, se puede afirmar que aún existe una brecha en el servicio de agua potable para el consumo en la zona urbana que se debe atender.

De acuerdo al Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad (2019) Déficit total de infraestructura de corto plazo (5 años) de 117,183 millones de soles. Para el largo plazo (20 años) se obtuvo un valor de la brecha de 363,452 millones de soles. En las figuras 8 y 9 se podrán apreciar las tablas con las brechas de cada sector.

**Figura 8**

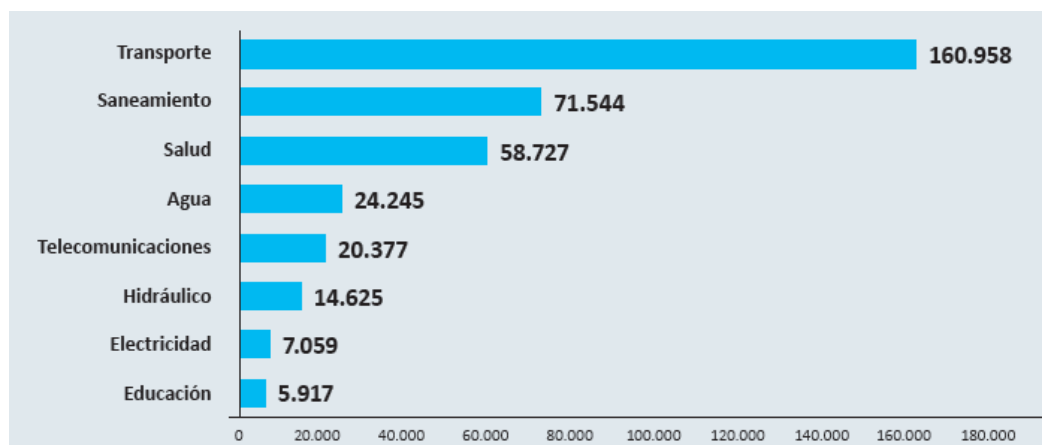
*Brecha, en millones de soles, en infraestructura de corto plazo por sector*



*Nota.* Adaptado de *Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad*, Ministerio de Economía y Finanzas, 2019, Brecha de infraestructura de corto plazo (millones de soles).

**Figura 9**

*Brecha, en millones de soles, en infraestructura de largo plazo por sector*



*Nota.* Adaptado de *Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad*, Ministerio de Economía y Finanzas, 2019, Brecha de infraestructura de largo plazo (millones de soles).

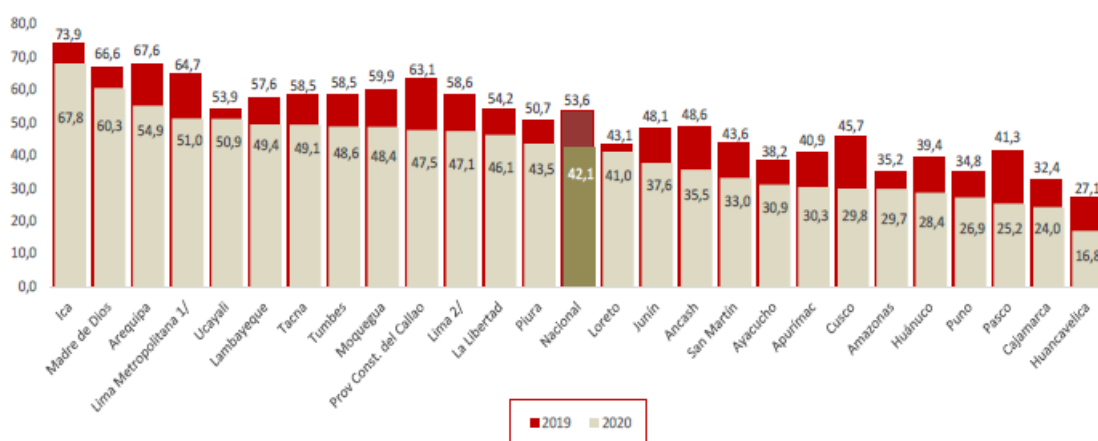
Asimismo, el PNIC (2019) Indica una brecha de calidad de corto plazo de 41,248 millones de soles en infraestructura de agua y saneamiento y para el largo plazo el monto sube a 118,929 millones de soles.

Es importante saber que, en el año 2020, las mayores tasas de empleo adecuado fueron encontradas en las regiones de Ica, Madre de Dios, Arequipa, Lima Metropolitana, Ucayali, Tacna, Tumbes, Moquegua, Callao, Lima provincias, La Libertad y Piura presentando un valor mayor al 42,1% que es el valor nacional. (INEI, 2021)

En la figura 10 podemos apreciar gráficamente la variación del empleo en el periodo 2019-2020.

**Figura 10**

*Tasa de empleo adecuado 2019-2020 según región*



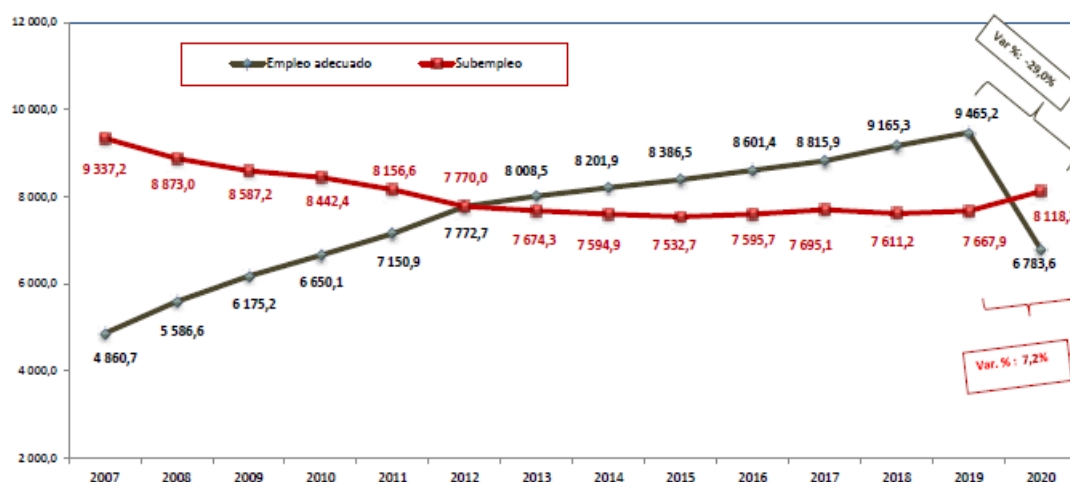
*Nota.* Adaptado de *Perú: Tasa de empleo adecuado, según departamento, 2019 y 2020*, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021, *Perú: Evolución de los indicadores de Empleo e Ingreso por departamento, 2007-2020*.

En el tema del subempleo, para el 2007-2019 se aprecia una disminución del mismo en forma constante. Sin embargo, para el 2020 el subempleo subió en 7,2%. (INEI, 2021)

La figura 11 nos presenta gráficamente el decrecimiento de subempleo y el aumento del empleo adecuado.

**Figura 11**

*Evolución del empleo adecuado y subempleo para el periodo 2007-2020*



*Nota.* Adaptado de *Perú: Evolución del empleo adecuado y subempleo, 2007-2020* Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021, Perú: Evolución de los indicadores de Empleo e Ingreso por departamento, 2007-2020.

Por ende, desde el año 2007 ha habido un aumento constante de la empleabilidad en algunas ciudades del país y podemos decir que muchas familias se reubicarán en dichos lugares en busca mejoras laborales. Una de esas regiones es Lima provincias, donde se encuentra la ciudad de Huacho, ciudad de donde se tomará el caso de estudio.

Manejando esta información, sumado a los datos que indican que aún existe una brecha de acceso al agua para el consumo humano a nivel nacional nos compromete a buscar soluciones a la falta de infraestructura para el servicio de agua potable.

Estas soluciones deben ser optimas en costo y tiempo. Pudiendo ser el Polietileno de Alta Densidad (PEAD), material novedoso que viene siendo empleado por SEDAPAL en las redes de Lima Metropolitana, un posible remedio para atender esta necesidad.

Si bien el tubo de policloruro de vinilo (PVC) es el más empleado en la construcción de los sistemas de agua potable presenta algunas desventajas con respecto a la tubería PEAD, tales como:

- La tubería PEAD es un material más firme y denso que resiste la abrasión y el calor.
- El PVC no es tan bueno absorbiendo golpes como el PEAD. También es menos resistente a la corrosión.
- El PEAD resiste mejor a la lluvia, la nieve y el viento. También puede soportar los rayos del sol mucho más tiempo que el PVC.

### **Problema general**

¿Cuál es la influencia de una implementación de tubería PEAD frente al PVC en la evaluación costo-tiempo para las redes secundarias de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa?

### **Problemas específicos**

¿Cuál es la influencia de una implementación de tubería PEAD frente al PVC en los costos de tuberías y accesorios para las redes secundarias de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa?

¿Cuál es la influencia de una implementación de tubería PEAD frente al PVC en los costos de mano de obra para las redes secundarias de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa?

¿Cuál es la influencia de una implementación de tubería PEAD frente al PVC en el cronograma de obra para las redes secundarias de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa?

### **2.1.2 *Objetivos***

Los objetivos del presente trabajo son:

#### **Objetivo general**

Determinar la influencia de la implementación de tubería PEAD frente al PVC en la evaluación costo-tiempo de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa.

#### **Objetivos específicos**

Determinar la influencia de la implementación de tubería PEAD frente al PVC en los costos de tuberías y accesorios de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa.

Establecer la influencia de la implementación de tubería PEAD frente al PVC en los costos de mano de obra de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa.

Precisar la influencia de la implementación de tubería PEAD frente al PVC en el cronograma de obra de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa.

### **2.1.3 *Justificación***

El presente trabajo buscar dar a conocer un poco más sobre las aplicaciones de la tubería PEAD y su influencia en el aspecto económico, ya que el uso de la misma se viene empleando en Lima Metropolitana.

Muchas veces debido a factores como la accidentabilidad del terreno o condiciones climáticas adversas no será posible el uso del PVC, haciendo del PEAD una buena alternativa para su reemplazo.

Asimismo, las empresas inmobiliarias podrán emplear los conocimientos que se adquirirán en esta investigación para futuros proyectos, optimizando tiempo y costo en sus obras de agua potable.

De igual manera, este trabajo hará un aporte al área de gestión de proyectos ya que, al dar a conocer los costos y los plazos de la implementación, habrá un mejoramiento en la toma de decisiones en proyectos venideros.

Si bien se usará el método tradicional de programación de obras y de costos, estos procedimientos aún siguen siendo utilizados por varias empresas, lo que hace que la recolección de datos sea más sencilla.

#### **2.1.4 Hipótesis**

Las hipótesis del presente trabajo son:

##### **Hipótesis general**

Una implementación de tubería PEAD frente al PVC influye significativamente en la evaluación costo-tiempo de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa.

##### **Hipótesis específicas**

Una implementación de tubería PEAD frente al PVC disminuye los costos de las tuberías y accesorios de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa.

Una implementación de tubería PEAD frente al PVC disminuye los costos de mano de obra de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa.

Una implementación de tubería PEAD frente al PVC disminuye los plazos en el cronograma de obra de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 *Antecedentes bibliográficos***

Ccari y Condori (2021) tuvieron como finalidad una descripción detallada de la naturaleza técnica y económica de la aplicación de sistemas de fusión en caliente de HDPE en comparación con los sistemas tradicionales de PVC en tuberías de suministro de agua de baja temperatura rural en la región de Puno, el método aplicó un enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental, una población de sistemas de agua potable construidos con sistemas de fusión en caliente de HDPE y sistemas de PVC convencionales, las muestras son todos los componentes y las líneas de datos técnicos y los métodos de muestreo de los sistemas de agua potable en línea no probabilística, la evaluación técnico-económica de las líneas de abastecimiento de agua en el sistema termofusible de HDPE en comparación con el sistema de PVC convencional sirve como objetivo y determinar el material más ventajoso para el uso de ambos sistemas, para ello es necesario considerar continuamente el programa y métodos para actividades tales como levantamiento topográfico, registro y evaluación. Los resultados de los datos se desarrollaron con el software Excel, Civil 3D y S10 para la estimación de la pérdida de carga, el estrés y el análisis de presupuesto. De esta forma se determinó el material de tubería más adecuado para las líneas de abastecimiento de agua rural, se comparó la diferencia de costo con la tabla, se hizo una comparación técnica con el sistema tradicional y se comprobó que es tan fácil de usar como el PVC. Se concluye que el sistema HDPE se recomienda para el detallado de proyectos y es más eficiente que la tubería de PVC. Por lo tanto, las tuberías de

HDPE se prefieren a las tuberías de PVC en las líneas de agua debido a su aceptación técnica y económica.

Comentarios: Este trabajo nos advierte de la aplicación del sistema PEAD en una línea de conducción en la ciudad de Puno, comparando el aspecto técnico (topografía, presiones y velocidades) y el económico frente a un sistema convencional de PVC. Se concluye que el sistema PEAD es más beneficioso que el PVC para este caso. El presente estudio nos puede ayudar en la comparación de precios entre la aplicación de la tubería PEAD frente al PVC.

Chaquisbol y Bacala (2019) realizaron su trabajo en dos lugares de la provincia de Chachapoyas, uno es Nuevo Olmal, en la localidad del Sonche y la otra es Quillunya, en el distrito de La Jalca Grande. Con la creciente adopción de tuberías de HDPE en el mercado, esta investigación nació de la importancia de estar a la vanguardia de la tecnología en su construcción y uso, especialmente en el sector sanitario. El objetivo fue realizar una evaluación técnico-económica de líneas de distribución de agua con tubería de PVC-UF y HDPE-100 y determinar qué material es el más práctico en cada área de estudio. Para lograrlo, se debe evaluar un programa continuo y metódico de operación, se deben realizar levantamientos topográficos en la superficie del acueducto, así como el diseño hidráulico con ayuda de simulaciones del sistema, en el cual se prueba la operación, es óptima y satisfactoria obteniéndose así resultados; donde se puede verificar que el costo estimado de una línea de agua bien diseñada con tubería de PVC-UF es de S/. 88 302,51 Nuevo Olmal y S/. 302 788,43 en Quillunya; por otro lado, las tuberías de HDPE-100 tienen un precio de S/ S/56 013,74 y S/. Nuevo Olmal y Quillunya tenían S/. 182 539,34 cada uno Se realiza una comparación técnico-económica y los resultados obtenidos muestran que el uso de tuberías de HDPE-100 en líneas eléctricas es más beneficioso que las tuberías de PVC-UF debido a su adaptabilidad técnica y económica.

Comentarios: De igual manera, el estudio líneas arriba concluye que la tubería PEAD (100) trae más beneficios que una tubería PVC. Determina que hay un ahorro significativo en costos, para ambos proyectos mencionados en el trabajo de investigación, si se aplicara un sistema PEAD. Este antecedente nos podrá ayudar en los cuadros comparativos referentes a costos de tuberías y accesorios.

Fernández (2019) La finalidad es identificar las mejores alternativas de solución a la falta de servicios básicos de la asociación de viviendas Santa María del Gramadal, como redes de agua potable, tratamiento de aguas residuales y conexiones domiciliarias. Hay dos opciones para hacer el trabajo. El primero es un material fabricado en PVC y el segundo es un material fabricado en HDPE. La asociación está localizada en el distrito de Puente Piedra y no cuenta con los servicios esenciales mencionados por lo cual pretende elaborar un análisis comparativo con dos alternativas de proyecto en cuanto a tiempo, calidad y costo de ejecución para promover el desarrollo, utilizando en relación a los costos, comparándolos con las líneas presupuestarias del proyecto para cada caso, cada presupuesto se basa en informaciones de las principales entidades que fabrican tuberías. En cuanto al tiempo de ejecución, se ingresarán los datos históricos de las obras realizadas por la entidad peruana Orión Ingenieros Contratistas SAC en ambos casos mediante indicadores de productividad y desempeño. Asimismo, se discutirán las nuevas tecnologías de maquinaria y equipo en la construcción de redes de salud en el Perú y su impacto en la mano de obra peruana. En términos de calidad, las propiedades más importantes de cada material ensayado se analizarán mediante una matriz. De esta manera, pretende brindar a las cooperativas de vivienda la mejor opción en términos de tiempo, calidad y costo.

Comentarios: En este caso, el objetivo es realizar un proyecto de saneamiento desde sus inicios para poder realizar una evaluación de costos, plazos y calidad con el fin de encontrar la mejor alternativa entre el PEAD y el PVC. El trabajo nos ayudará a tener un mejor panorama

respecto a los costos y duración para cada tipo de tubería y nos permitirá realizar análisis comparativos.

Espinoza (2021) La finalidad es calcular en qué medida la introducción de tuberías de HDPE afecta las características técnicas y económicas de los sistemas de agua potable en comparación con el PVC, este método es un tipo de aplicación con métodos cuantitativos, diseño cuasi-experimental, población agua potable hecha de HDPE y sistema de PVC. La muestra consta de todos los componentes y datos técnicos del sistema de agua potable en la tubería de suministro de agua, el método de muestreo no es posible, por lo que es necesario evaluar objetivamente la precisión del material más apropiado para la tubería de suministro de agua de HDPE contra PVC y utilizando ambas tuberías para alcanzar el objetivo de utilizar un programa continuo de actividades metódicas tales como levantamiento topográfico, registro y evaluación. Como resultado de la evaluación técnica, la presión de las tuberías de HDPE (1" y 1 ½") fue 6,07% y 13,66% inferior a la de las tuberías de PVC (1" y 1 ½"), donde la presión de las tuberías de HDPE fue comparado con el PVC donde fue relativamente técnico presentando un impacto positivo, la velocidad de la tubería de HDPE de 1" es un 10,19 % menor en comparación con el PVC y la velocidad de la tubería de HDPE de 1,5" es un 2,56 % mayor en comparación con el PVC, por lo que no hay una gran diferencia en la tecnología. En la evaluación económica se determina el impacto del HDPE frente al PVC en el precio de las tuberías y accesorios s/. 82,225.22 (42.58%) y costos laborales s/. 40767.774 (32,31%). Luego se concluyó que las tuberías de HDPE son más ventajosas que las de PVC en las tuberías porque tienen mayores ventajas en términos de propiedades técnicas y económicas.

Comentarios: Otra investigación que describe desde un aspecto económico y técnico, las cualidades de la aplicación de un sistema PEAD en una línea de conducción en el departamento de Ayacucho. Se concluye que los costos de tuberías y accesorios y los de mano

de obra tienen una considerable reducción al implementar la tubería PEAD. El estudio nos ayudará para realizar un mejor estudio de los costos de materiales y mano obra con respecto a ambos tipos de tubería.

García (2021) El objetivo general es examinar y definir las propiedades de los mejores materiales para su uso en sistemas de agua potable y alcantarillado. Usando el cuadro de comparación como herramienta, es posible determinar el tipo de prueba, costo, tiempo de entrega y análisis de costo-beneficio que resulta en el uso de tuberías y accesorios de polietileno (HDPE) en sistemas de agua potable que cumplan con S/. 365,931.90 comparado con S/. 199.756.33, material de PVC, también se verificó si el precio de cada material por metro lineal de tubería de PVC es de s/. 314.03, y el material polietileno es de s/. 372.47, diferencia 15.69% también registra que el presupuesto para tuberías y accesorios de PVC utilizados en el sistema de alcantarillado es de S/. 439.031,78. Se concluyó que el polietileno (HDPE) es el mejor material para usar en sistemas de agua potable y alcantarillado debido a sus ventajas competitivas sobre el PVC y el cemento de asbesto. Aunque es más costoso, se deben tener en cuenta todos los procedimientos de construcción y las ventajas de ahorro de tiempo, y la vida útil óptima de las tuberías y accesorios de polietileno es mejor que la del PVC.

Comentarios: El informe de suficiencia igualmente describe los beneficios de una implementación PEAD frente al PVC para un mejor servicio de agua potable y del alcantarillado con una particularidad. En la investigación se afirma que el costo de implementar el sistema PEAD es más costoso que el sistema PVC, sin embargo, comenta que tiene otros beneficios tales como el ahorro de tiempo y mayor vida útil de las mismas. Su información nos dará una mejor visión del problema al realizar una evaluación costo – tiempo para cada sistema.

## 2.2.2 Bases teóricas

2.2.2.1 **Tubería de policloruro de vinilo (PVC).** Son tuberías diseñadas para durar 50 años. El concepto se basa en el comportamiento real de los materiales probados en las tuberías de servicio, que se pronosticó hace más de 30 años. Estos valores se extrapolan después de 50 años con un factor de seguridad de 2,5. (Eurotubo, 2012)

Esta formado a partir de la combinación química de carbono, hidrógeno y cloro.

Las aplicaciones de la tubería PVC son variadas. Entre las cuales tenemos: construcción, riego tecnificado, minería, drenaje, desagüe y alcantarillado, industria y entubado de pozos. (Eurotubo, 2012)

NTP ISO 1452 ordena tubos para la serie (S) en base a la presión de trabajo en condiciones normales. La serie S es según el grosor de la tubería, cuanto mayor sea la serie, el tubo disminuye de espesor y viceversa. Las series más comerciales son la S20, S13.3, S10 y S6.6. (Eurotubo, 2012)

En la figura 12 veremos un resumen de las series, presiones y clases de la tubería PVC.

### Figura 12

*Cuadro de series, clases y presiones nominales en el PVC*

Serie	Clase	Pn (Bar)	Pn (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pn (lb/plg <sup>2</sup> )	Pn (Mpa)
20	5	5	5	75	0.50
16.7	6	6	6	85	0.60
16	6.3	6.3	6.3	90	0.63
13.3	7.5	7.5	7.5	105	0.75
12.5	8	8	8	115	0.80
10	10	10	10	150	1.00
8	12.5	12.5	12.5	180	1.25
6.6	15	15	15	200	1.50
6.3	16	16	16	230	1.50
4	25	25	25	360	2.50

*Nota.* Adaptado de *Clasificación de la tubería PVC-U*, Eurotubo, 2012, Catálogo y manual técnico NTP ISO-1452.

**A. Tipos de ensambles.** Se tienen dos tipos de ensamble entre un tubo y otro.

El primero es un sistema de ensamble flexible con anillos flexibles. Este tipo de conexión se realiza en un extremo de la tubería. Su función es lograr el sellado a través de un anillo flexible ubicado en la carcasa interior del conjunto. El sistema es seguro y eficiente, y su uso ayuda a una fácil instalación de tuberías de PVC-U para líquidos a presión. Para el ensamble de ambas partes (campana y espiga) se utiliza lubricante, cuya función es facilitar y agilizar el trabajo. (Eurotubo, 2012)

El otro sistema es el de ensamble con unión cementada. Consiste en la unión de tuberías de PVC-U mediante cemento solvente para conectar los grifos de tubería en el interior de la campana. El éxito del ensamble dependerá de la habilidad del operario y la calidad del pegamento. (Eurotubo, 2012)

Según Eurotubo (2012) algunas ventajas de la unión flexible son:

- Fácil ensamble
- Rapidez en las instalaciones que triplican rendimientos
- El diseño del conector flexible disminuye el riesgo de una mala conexión.
- Cada junta actúa como una junta de expansión.
- Sin el uso de pegamento en las juntas, una vez que se completan las juntas, las tuberías están listas para la prueba hidráulica.
- Las conexiones flexibles están completamente selladas.
- Los anillos flexibles se fabrican de acuerdo con los requisitos de NTP ISO 4633.
- Es económica
- Es fácilmente desmontable

- Facilidad en el trabajo bajo la lluvia e inundaciones.

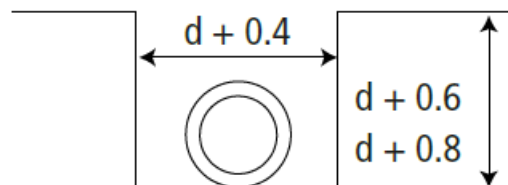
**B. Instalación de tubería.** El fondo de la zanja debe ser libre de elementos aguilados y plano. Si esto no se puede evitar, se debe aplicar una capa de arena o material escogido. (Tigre, 2018)

El ancho mínimo de la zanja debe ser de 40 cm más el diámetro exterior de la tubería. La profundidad mínima de la zanja debe proteger la tubería contra cargas vivas. Determinar la profundidad máxima no complica los trabajos de mantenimiento y reparación. Si hay un gran flujo de personas, se recomienda que la profundidad sea de al menos 0,80 m más el diámetro de la tubería; durante el transporte normal debe ser de 0,60 m. (Tigre, 2018)

Un esquema de una zanja tipo podemos apreciarlo en la figura 13.

### Figura 13

*Esquema de zanja para tubería*



*Nota.* Adaptado de *Características de la zanja*, Tigre, 2018, Catálogo de infraestructura Unión flexible y Unión Rieber (JEI)

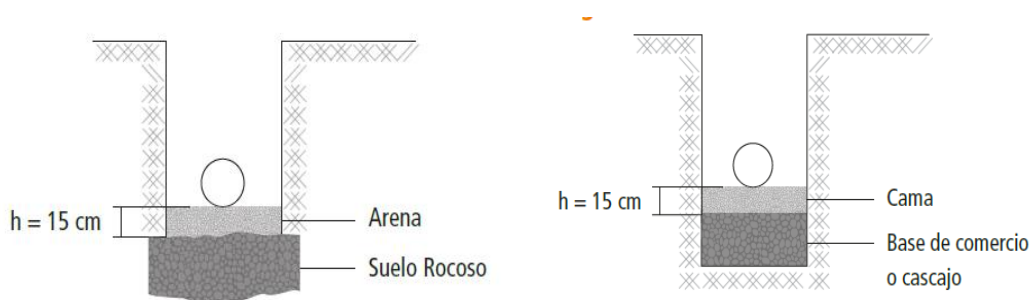
Siga el procedimiento a continuación para instalaciones ranuradas. Primero, la excavación de la zanja se debe hacer de tal manera que el material removido se separe y se cubra en los bordes de la zanja para que el material no se deslice durante la instalación. Las tuberías no deben instalarse en la canaleta por mucho tiempo, ya que la canaleta puede colapsar. Si el material del suelo es piedra, se debe preparar una base de arena de 15 cm de altura para

colocar la tubería. Si hay material arcilloso o lodo en el fondo de la zanja, se debe hacer una base de grava o concreto. Las tuberías deben descansar sobre estos cimientos, que descansan sobre arena o material similar. (Tigre, 2018)

En la figura 14 se detalla la ejecución adecuada de una zanja para recibir la tubería.

### Figura 14

#### *Esquema de ejecución de la zanja*



*Nota.* Adaptado de *Instalación de la zanja*, Tigre, 2018, Catálogo de infraestructura Unión flexible y Unión Rieber (JEI)

Para la instalación de la tubería se tiene que realizar los siguiente: Primero, antes de realizar la instalación del tubo, asegúrese de que el fondo de la zanja esté libre de materiales afilados y que las tuberías y los accesorios no estén agrietados. (Tigre, 2018)

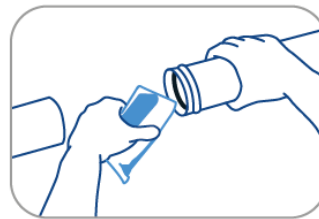
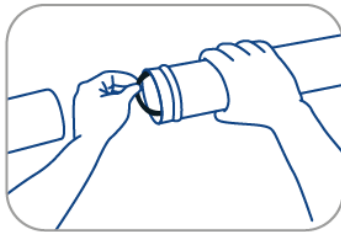
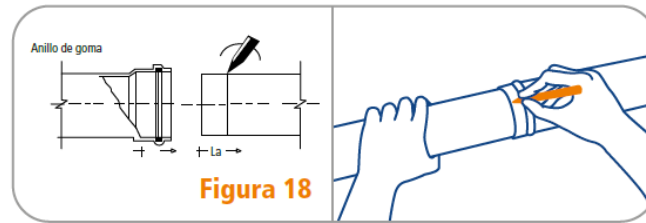
El interior de la campana y el exterior del grifo deben limpiarse con un paño limpio, prestando atención a la integridad de las tuberías. (Tigre, 2018)

Luego mida la campana y márkela en el extremo biselado del otro tubo para verificar la profundidad de inserción. Verifique que el pasador tenga un bisel de 15°, luego limpie el anillo elástico e insértelo dentro de la campana. (Tigre, 2018)

Luego emplear una capa de lubricante de grasa de aprox. 1 mm de espesor en el interior de la campana y en el exterior de espiga.

## Figura 15

*Esquema de instalación de tubería PVC*



*Nota.* Adaptado de *Instalación de tubería y accesorios con unión flexible*, Tigre, 2018, Catálogo de infraestructura Unión flexible y Unión Rieber (JEI)

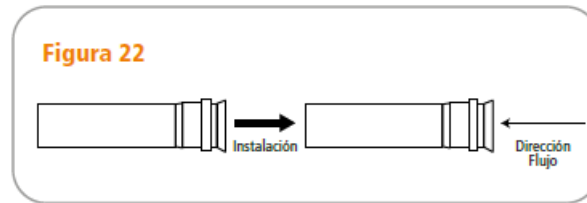
Seguidamente, inserte el extremo biselado en la campana del tubo o presione en el accesorio, diámetro inferior a 110 mm (4") esta tarea se elabora manualmente, para diámetros mayores se requiere fuerza mecánica. No inserte debajo de la campana debido que el soporte se usa con una junta de expansión. (Tigre, 2018)

En las figuras 15 y 16 observamos la correcta instalación de una tubería de PVC.

## Figura 16

*Esquema de instalación de tubería PVC*





*Nota.* Adaptado de *Instalación de tubería y accesorios con unión flexible*, Tigre, 2018, Catálogo de infraestructura Unión flexible y Unión Rieber (JEI)

Las tuberías deben instalarse de modo que el escudo se incline hacia arriba o en contra de la dirección del flujo. Se prefiere la orientación de montaje desde el extremo del tubo en el sentido de las agujas del reloj (Tigre, 2018)

El propósito del relleno es proteger la tubería y brindarle un soporte firme y continuo para asegurar el correcto funcionamiento del equipo y actuar como un amortiguador contra las cargas externas. Todos los rellenos deben ser monitoreados. (Eurotubo, 2012)

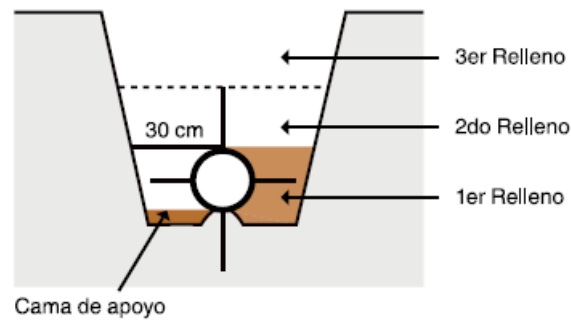
El material desde la cama hasta los 30cm por encima del clave del tubo será material selecto, comúnmente es arena. El material debe poseer la humedad óptima y la densidad correspondiente. (Eurotubo, 2012)

El siguiente relleno se realiza en capas de 15 a 30 cm de la superficie. El material de relleno se excavará retirando grandes piedras. Se probará la compactación, en especial en las capas cercanas a la superficie. (Eurotubo, 2012)

Logramos observar un esquema de relleno típico en la figura 17.

### Figura 17

Sección típica de relleno de tubería



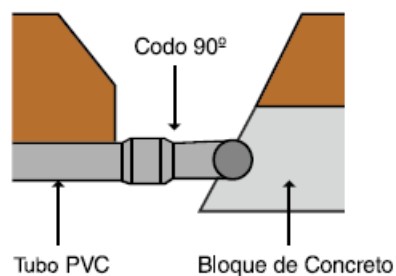
*Nota.* Adaptado de *Relleno y compactación*, Eurotubo, 2012, Catálogo y manual técnico NTP ISO-1452.

La tubería y sus accesorios están sujetos a esfuerzos y deformaciones a lo largo de la línea, por lo que se fabrican bloques de anclaje en cada accesorio para soportar estas presiones. Estos bloques deben cubrir todo el accesorio sin llegar a envolverlos. (Eurotubo, 2012)

Un ejemplo de anclaje podemos distinguirlo en la figura 18.

### Figura 18

Anclaje de los accesorios de PVC



*Nota.* Adaptado de *Anclaje de los accesorios de PVC*, Eurotubo, 2012, Catálogo y manual técnico NTP ISO-1452.

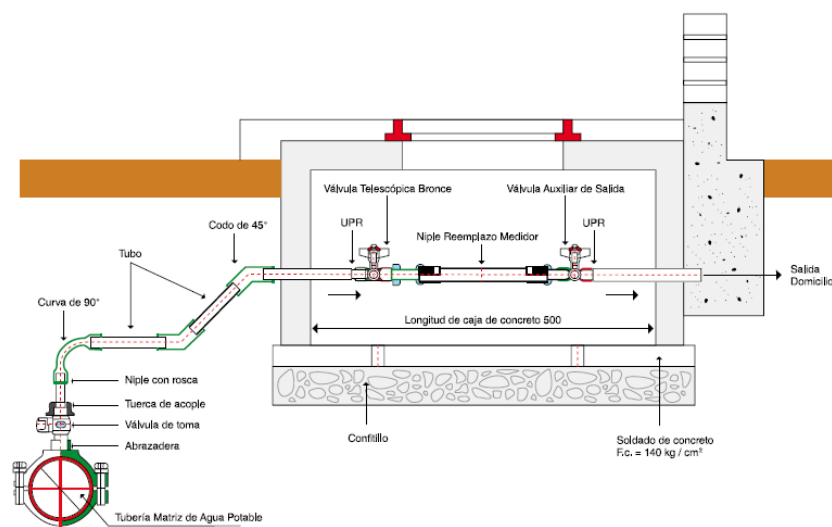
**C. Instalación de conexión domiciliaria.** Se pueden utilizar clips de PVC, acetal o hierro fundido para instalar conexiones domésticas a tuberías de agua potable de PVC. La perforación de las tuberías de PVC se realiza en seco mediante un taladro. La abrazadera es una conexión tipo colgador que es compatible con el diámetro de la línea de agua potable. (Eurotubo, 2012)

Para instalar la conexión domiciliaria se debe perforar con un taladro o un birbiqui el tubo matriz, el cual primero se calentará con un soplete para introducirlo en la matriz, con una lima para alisar los bordes. Luego instale la abrazadera perpendicular a la rosca de PVC, considerando la arandela de jebe esté correctamente colocada y sujeta con el collar y la tuerca de ajuste. Algunas abrazaderas tienen tornillos de fijación que se rompen cuando alcanzan el ajuste máximo, proporcionando un ajuste perfecto sin comprometer la integridad del tubo. (Eurotubo, 2012)

El producto final de la conexión domiciliaria debe quedar con lo que se presenta en la figura 19.

**Figura 19**

Conexión domiciliaria completa de agua potable



*Nota.* Adaptado de *Instalación (tubo en servicio con presión)*, Eurotubo, 2012, Catálogo y manual técnico NTP ISO-1452.

**D. Pruebas hidráulicas.** El fin de realizar la prueba consiste en comprobar si el trabajo hecho durante la instalación, manipuleo y los empalmes de los tubos están bien ejecutados. Antes de hacer la prueba de presión se debe verificar que la tubería, las conexiones y los accesorios estén debidamente anclados. Además, debe existir relleno (aproximadamente 50cm) sobre el tubo, con excepción de las conexiones y las campanas. Seleccionar el tapón de cierre de los extremos de la línea y colocar un buen anclaje. (Eurotubo, 2012)

No se recomienda hacer pruebas en longitudes mayores de 400 metros. El equipo necesario para realizar la prueba consiste en una bomba de presión, un manómetro y una válvula de retención. No debe hacer fuga de agua en la prueba de presión y durante la prueba no deben hacerse trabajo en la misma línea.

**2.2.2.2 Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD).** Son tuberías empleadas para el transporte de agua a 20°C en sistemas enterrados de distribución de agua. También es empleada para el transporte de líquidos industriales y mineras. (Tigre, 2019)

**A. Características del PEAD.** Algunas de las propiedades de la tubería PEAD son las siguientes:

- Tienen una vida útil de aproximadamente 50 años.
- Es un material inodoro, insípido y atóxico, cualidades adecuadas para el transporte de agua potable. (Eurotubo, 2016)
- Tiene una superficie interior lisa, lo que hace que la pérdida de carga sea mucho menor a de las tuberías tradicionales. (Eurotubo, 2016)

- Son flexibles. Pueden ser curvadas en frío, lo cual hace más rápido y abarata la instalación. De igual manera, se adapta a las irregularidades del terreno. (Eurotubo, 2016)
- Tiene buena resistencia a la abrasión. Superior a las de las tuberías de acero y cemento. (Tigre, 2018)
- Presenta buena resistencia a los sismos debido a su flexibilidad en comparación a otros materiales. (Tigre, 2018)
- Además, tiene propiedades eléctricas ya que el polietileno es un material aislante. (Tigre, 2018)

**B. Aplicaciones del PEAD.** Algunas de las aplicaciones de la tubería PEAD son las siguientes:

- Conducción de residuos industriales
- Plantas de minas
- Emisoras de aguas servidas
- Conducción de agua potable
- Transporte de petróleo y gas
- Aplica para el riego tecnificado.
- Protección de cables telefónicos y electrónicos.
- Redes de desagüe

**C. Evolución del polietileno.** Para 1950, se obtiene el primer tipo de polietileno PE 32/40 que se empleaba para el riego a baja presión y el transporte de aguas servidas. (Tigre, 2019).

Luego se desarrolló el PE 53/63, con el cual ya se podía usar para la conducción de agua potable. Actualmente se han desarrollado los polietilenos PE 80 y PE 100, que son usados

para sistemas de transporte de gas y de agua potable. Esto permite tener un tubo de menor espesor que pueda soportar mayor presión. (Tigre, 2019)

Los actuales tipos de tubería PEAD se muestran en la figura 20.

## Figura 20

### *Tipos de tubería PEAD*

MRS (MPa)	Designación Material	Tensión de Diseño ( $\sigma_s$ )
8,0	PE 80	6,3
10,0	PE 100	8,0

*Nota.* Adaptado de *Clasificación de tuberías de PE*, Tigre, 2019, Catálogo de productos polietileno de alta densidad para conducción de agua potable y riego.

A continuación, se mostrará un cuadro resumen de las características para las tuberías PEAD de 80 y 100 en las figuras 21, 22 y 23.

**Figura 21***Características de la tubería PE 80*

Propiedad	Método de prueba	Valor típico	Unidad
Densidad (resina base)	ISO 1183	945	Kg/m <sup>3</sup>
Densidad (compuesto)	ISO 1183	955	Kg/m <sup>3</sup>
Índice de fluidez (190°C/5Kg)	ISO 1183	0.2 - 1.4	g/10 min
Tensión máxima elástica	ISO 6259	21	Mpa
Alargamiento a la rotura	ISO 6259	>600	%
Módulo de elasticidad	ISO 527	1000	Mpa
T° de reblandecimiento Vicat (1Kg)	ISO 306	125	°C
T° de reblandecimiento Vicat (5Kg)	ISO 306	72	°C
Estabilidad térmica (OIT <sup>1)</sup> , 210°C)	ISO 10837	>20	min
ESCR (10% Igepal), F <sub>50</sub>	ASTM D 1693-A	>10000	h
Contenido de negro de humo	ASTM D 1603	...>2	%

1) OIT: oxidation induction time

*Nota.* Adaptado de *Especificaciones técnicas del PE 80*, Eurotubo, 2016, Tuberías de polietileno de alta densidad.

**Figura 22***Características de la tubería PE 100*

Propiedad	Método de prueba	Valor típico	Unidad
Densidad (resina base)	ISO 1183	949	Kg/m <sup>3</sup>
Densidad (compuesto)	ISO 1183	959	Kg/m <sup>3</sup>
Índice de fluidez (190°C/5Kg)	ISO 1133	0.2 - 1.4	g/10 min
Tensión máxima elástica	ISO 6259	25	Mpa
Alargamiento a la rotura	ISO 6259	>600	%
Módulo de elasticidad	ISO 527	1400	Mpa
T° de reblandecimiento Vicat (1Kg)	ISO 306	127	°C
T° de reblandecimiento Vicat (5Kg)	ISO 306	77	°C
Estabilidad térmica (OIT <sup>1)</sup> , 210°C)	ISO 10837	>20	min
ESCR (10% Igepal), F <sub>50</sub>	ASTM D 1693-A	>10000	h
Contenido de negro de humo	ASTM D 1603	...>2	%

1) OIT: oxidation induction time

*Nota.* Adaptado de *Especificaciones técnicas del PE 100*, Eurotubo, 2016, Tuberías de polietileno de alta densidad.

**Figura 23**

Tubería PEAD – PE 100 bajo la norma ISO 4427

PE 100	SDR 7.4		SDR 9		SDR 11		SDR 13.6		SDR 17	
	PN 25		PN 20		PN 16		PN 12.5		PN 10	
Diámetro Nominal (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)	Espesor (mm)	Peso (Kg / m)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	3.00	0.16	2.30	0.13	2.00	0.12	-	-	-	-
25	3.50	0.24	3.00	0.21	2.30	0.17	2.00	0.15	-	-
32	4.40	0.39	3.60	0.33	3.00	0.28	3.00	0.23	2.00	0.20
40	5.50	0.61	4.50	0.51	3.70	0.43	2.40	0.36	2.40	0.30
50	6.90	0.94	5.60	0.79	4.60	0.67	3.70	0.55	3.00	0.45
63	8.60	1.48	7.10	1.27	5.80	1.056	4.70	0.88	3.80	0.72
75	10.30	2.11	8.40	1.78	6.80	1.48	5.60	1.24	4.50	1.02
90	12.30	3.03	10.10	2.56	8.20	2.14	6.70	1.78	5.40	1.46
110	15.10	4.53	12.30	3.81	10.00	3.17	8.10	2.63	6.60	2.18
125	17.10	5.83	14.00	4.93	11.40	4.11	9.20	3.39	7.40	2.78
140	19.20	7.31	15.70	6.17	12.70	5.12	10.30	4.25	8.30	3.49
160	21.90	9.52	17.90	8.04	14.60	6.73	11.80	5.55	9.50	4.55
180	24.60	12.06	20.10	10.17	16.40	8.50	13.30	7.04	10.70	5.76
200	27.40	14.91	22.40	12.57	18.20	10.48	14.70	8.64	11.90	7.10
225	30.80	18.85	25.20	15.91	20.50	13.27	16.60	10.97	13.40	9.01
250	34.20	23.27	27.90	19.56	22.70	16.32	18.40	13.51	14.80	11.04
280	38.30	29.18	31.30	24.58	25.40	20.46	20.60	16.93	16.60	13.87
315	43.10	36.93	35.20	31.10	28.60	25.90	23.20	21.45	18.70	17.57
355	48.50	46.83	39.70	39.50	32.20	32.87	26.10	27.20	21.10	22.36
400	54.70	59.48	44.70	52.10	36.30	41.73	29.40	34.49	23.70	28.25
450	61.50	75.24	50.30	63.44	40.90	52.85	33.10	43.69	26.70	35.80
500	-	-	55.80	78.17	45.40	65.21	36.80	53.90	29.70	44.23
560	-	-	62.50	98.08	50.80	81.69	41.20	67.63	33.20	55.41
630	-	-	70.30	124.11	57.20	103.51	46.30	85.48	37.40	70.18
710	-	-	-	-	64.50	131.70	52.20	108.77	42.10	89.18
800	-	-	-	-	-	-	58.80	137.97	47.40	113.09
900	-	-	-	-	-	-	66.20	174.79	53.30	143.05
1000	-	-	-	-	-	-	-	-	59.30	176.80
1200	-	-	-	-	-	-	-	-	67.90	243.52

*Nota.* Adaptado de *Tubos PEAD bajo la norma ISO 4427, PE100*, Tigre, 2018, Catálogo de infraestructura polietileno de alta densidad.

**D. Instalación de la tubería.** Los procesos de excavación, rellenos y pruebas hidráulicas son similares a las que se hacen con la tubería de PVC.

Sin embargo, para unir la tubería PEAD se manejan los sistemas de unión, los cuales son dos:

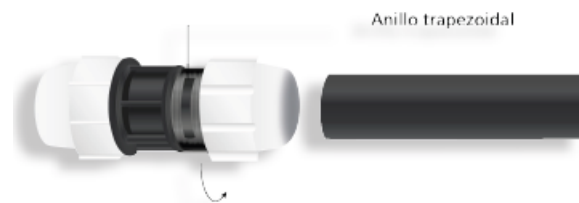
- Unión mecánica
- Unión por temperatura por electrofusión.
- Unión por temperatura por termofusión.

**E. Sistema de unión mecánica.** Esta se realiza con un accesorio especial, el cual está compuesto por un casquillo cónico, que tiene en la superficie que estará en contacto con las tuberías unas estrías que sostienen al tubo para evitar un desplazamiento axial. (Tigre, 2019)

La figura 24 nos muestra un ejemplo de la unión mecánica.

#### **Figura 24**

Sistema de unión mecánica



*Nota.* Adaptado de *Unión mecánica con juntas de compresión*, Tigre, 2019, Catálogo de productos polietileno de alta densidad para conducción de agua potable y riego.

**F. Sistema de unión por temperatura por electrofusión.** Es un sistema de unión de tuberías y accesorios de PEAD. Para este caso, el accesorio lleva incorporada una resistencia, este se conecta mediante dos bornes a una máquina que provee tensión, lo cual crea la circulación de corriente eléctrica a través de la resistencia. (Eurotubo, 2016)

La temperatura que produce la resistencia plastifica tanto el tubo como el accesorio. El parámetro básico a tener en cuenta es el tiempo de conexión del accesorio a la campana de electrofusión. La presión necesaria para la unión viene dada por la interferencia que se produce al plastificarse el tubo y el accesorio. (Eurotubo, 2016)

En la figura 25 y 26 se describe el procedimiento de la electrofusión con más detalle.

### Figura 25

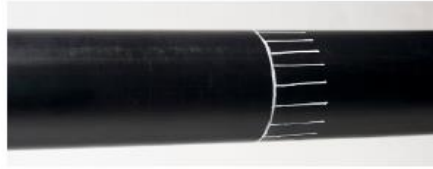
Sistema de unión por temperatura por electrofusión



*Nota.* Adaptado de *Sistema de unión*, Eurotubo, 2016, Tuberías de polietileno de alta densidad.

**Figura 26****Procedimiento de la unión de temperatura por electrofusión**

**Paso 1.** Limpie muy bien y seque el extremo de la tubería.



**Paso 2.** Marque primeramente la longitud del tubo a introducirse en el accesorio, luego marque el área del tubo que se va a raspar trazando líneas visibles y perpendiculares al raspado.



**Paso 3.** Raspe en forma manual o con el raspador mecánico un espesor de aproximadamente 0.3 mm de la superficie exterior. No tocar con las manos la superficie ya raspada.



**Paso 4.** Realice los pasos anteriores para el tubo opuesto, retire el accesorio del embalaje e introduzca el tubo hasta las marcas realizadas. La zona que se va a soldar debe permanecer estable e inmóvil, para esto es posible utilizar el alineador.



**Paso 5.** Conecte los electrodos de la electrofusora al accesorio verificando los colores de los terminales, realice la soldadura activando la soldadora. Deje enfriar el tiempo indicado en la etiqueta antes de quitar el alineador.

**Nota.** Para mayor detalle de la operación de soldadura, se recomienda consultar el manual de conexiones por electrofusión.

*Nota.* Adaptado de *Unión por temperatura con electrofusión*, Tigre, 2019, Catálogo de productos polietileno de alta densidad para conducción de agua potable y riego.

**G. Sistema de unión por temperatura por termofusión.** Es un procedimiento de soldadura para tuberías de polietileno de alta densidad y sus accesorios correspondientes. Para llevar a cabo esta tarea, las partes que se van a fusionar se llevan a una temperatura determinada y se juntan por presión. (Eurotubo, 2016)

Este sistema de unión permite que las superficies terminen soldadas al comprimirse contra el termoelemento, esto con la aplicación de una fuerza proporcional al diámetro del tubo, luego esta decae hasta llegar a un valor determinado de presión. El objetivo principal es que estas caras absorban el calor necesario. Todo este proceso dará por resultado un cordón que rodea la circunferencia del tubo. Los parámetros a considerar son los siguientes: temperatura de la plancha calentadora, tiempo de calentamiento y la presión. (Eurotubo, 2016)

En la figura 27 y 28 se describe el procedimiento de la termofusión con más detalle.

### **Figura 27**

Sistema de unión por temperatura por termofusión



*Nota.* Adaptado de *Sistema de unión*, Eurotubo, 2016, Tuberías de polietileno de alta densidad.

**Figura 28****Procedimiento de la unión de temperatura por termofusión**

Los equipos comunmente utilizados por termofusión están constituidos por tres elementos: unidad de fuerza (compuesta de una unidad hidráulica y un alineador), refrentador y placa calentadora.



**Paso 1.** A partir de la tabla entregada por el fabricante, verifique la presión de soldadura requerida y súmela a la presión inicial para desplazamiento (inercia de la máquina más el peso propio del tubo a ser desplazado).



**Paso 2.** Verificar el perfecto alineamiento de los tubos.



**Paso 3.** Use el refrentador para rectificar las superficies a ser unidas.



**Paso 4.** Limpiar la superficie con la solución a base de alcohol y a partir de ese instante evite tocar la región a ser soldada.



**Paso 5.** Cuando la temperatura de la placa calentadora llegue al valor recomendado por el fabricante, posicónela manteniendo la presión de soldadura hasta la formación de un cordón inicial entre la placa y el tubo (la tabla suministrada de la máquina indicará la dimensión del cordón).



**Paso 6.** Retire la placa calentadora y aproxime los tubos. El cordón de soldadura aumentará de dimensión. Aguarde el enfriamiento recomendado por el fabricante del equipo.



**Paso 7.** Solamente después de logrado el enfriamiento requerido, puede mover el equipo para una próxima soldadura.

*Nota.* Adaptado de *Unión por temperatura con termofusión*, Tigre, 2019, Catálogo de productos polietileno de alta densidad para conducción de agua potable y riego.

**2.2.2.3 Programación de obra con el método tradicional.** La metodología tradicional de programación, también llamada push, reside en llevar a cabo una obra y “empujar” los procesos en orden correlativo.

Se toma el inicio de la obra como punto de partida y luego se extiende hacia adelante. Cada actividad se desarrolla después de otra hasta llegar a la culminación de la obra. El responsable de su realización es el ingeniero residente y/o jefe de obra. Entre los métodos más conocidos están:

- Diagrama de barras o Gantt
- Método Pert
- Método CPM o ruta crítica

**2.2.2.4 Método de la ruta crítica.** Es una de las técnicas de la planificación tradicional que radica en reconocer las acciones requeridas con el fin de culminar un proyecto u obra y establecer cierta flexibilidad en el cronograma. Se llama ruta crítica a la sucesión más larga

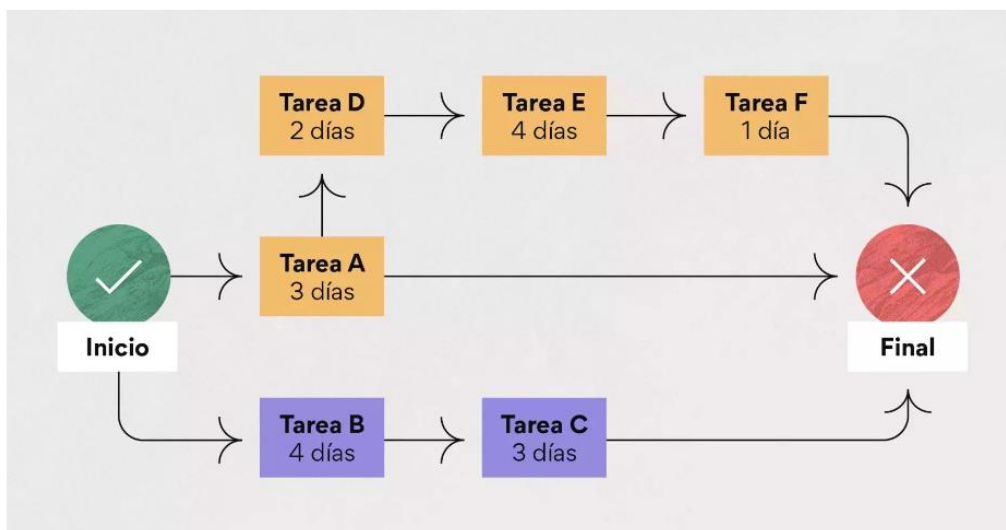
de acciones que tienen que culminarse a tiempo con el fin de culminar todo el proyecto. Se llama tareas críticas a aquellas que, si sufren algún retraso en su ejecución, pospone el trabajo en otras actividades y con ello afecta la fecha de culminación del proyecto.

Su objetivo es registrar las actividades más significativas del proyecto, reconocer la dependencia y hallar la duración de las acciones.

Un ejemplo de esquema con ruta crítica se ve en la figura 29.

**Figura 29**

Esquema de ruta crítica



*Nota.* Adaptado de *Como utilizar el método de la ruta crítica en la gestión de proyectos* [Fotografía], Asana, 2021, <https://n9.cl/74yfb>

**2.2.2.5 Análisis de precios unitarios.** También llamado análisis de costos unitarios. Esta técnica radica en separar los costos por unidad de medida de cada sección, determinando rendimiento, costo y cantidad de todos los materiales o insumos a emplearse,

y así definir el costo en los distintos factores de la sección como: mano de obra, materiales y equipos

Algunas de sus más conocidas características son:

- Es un método aproximado, ya que cada proyecto tiene sus propias particularidades.
- Esta fundado en la experiencia del analista.
- Se trata de un proceso dinámico, ya que está en constante mejora continua.

Un modelo de análisis de precios unitarios se ve en la figura 30.

### Figura 30

Ejemplo de análisis de precios unitarios

01.06 MURO DE LADRILLO KK (0.10x0.12x0.24) AMARRE SOGA MORTERO 1:5 JUNTA 1.5 cm.						
m2/DIA	MO. 18.0000	EQ. 18.0000	Costo unitario directo por : m2		73.22	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.10	0.0444	27.49	1.22	
OPERARIO	hh	2.00	0.8889	26.14	23.24	
PEON	hh	1.00	0.4444	18.61	8.27	
					32.73	
<b>Materiales</b>						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.4100	5.51	2.26	
ARENA GRUESA	m3		0.0310	29.66	0.92	
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0200	10.00	0.20	
CEMENTO PACASMAYO TIPO HS	bol		0.2180	26.27	5.73	
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X12.5X23 cm	mll		0.0400	760.00	30.40	
					39.51	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	32.73	0.98	
					0.98	

*Nota. Fuente propia*

### 2.2.3 *Marco normativo*

A nivel nacional, la tubería PVC está regida bajo la norma NTP-ISO 1452. Para la tubería PEAD se encuentra la norma NTP-ISO 4427.

Tener en cuenta que para Lima Metropolitana según el Comité Técnico Permanente de SEDAPAL (CTPS-RE-001) toda red secundaria nueva (incluido las conexiones domiciliarias) deben ser de polietileno PE100.

## 2.3 Método

### 2.3.1 *Tipo de investigación*

La investigación será del tipo cuantitativo y de corte explicativo. El diseño será del tipo experimental.

### 2.3.2 *Ámbito espacial y temporal*

En el ámbito espacial, la investigación se enfocará en la ciudad de Huacho. Exactamente en el distrito de Santa María, provincia de Huaura, departamento de Lima.

Para el ámbito temporal, nos ubicaremos en la etapa pre-Covid, es decir, en el año 2019.

### 2.3.3 *Variables*

Siendo el título del informe “*Evaluación costo-tiempo en la implementación de la tubería PEAD frente al PVC en las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa*” las variables son las siguientes:

- Variable independiente (X): **La implementación de la tubería PEAD frente al PVC para las redes secundarias.**
- Variable dependiente (Y): **Evaluación costo-tiempo.**

Sin embargo, la variable dependiente “Y” se dividirá en las siguientes subvariables:

- Variable dependiente (Y1): **Costos de tuberías y accesorios.**
- Variable dependiente (Y2): **Costos de mano de obra.**
- Variable dependiente (Y3): **Cronograma de obra**

Según Hernández (2014) la hipótesis que se presenta es del tipo causal multivariada.

#### **2.3.4 Población y muestra**

La población del estudio serían todas las redes secundarias para agua potable de la ciudad de Huacho.

La muestra del estudio sería las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa. Considerar que la muestra es no probabilística del tipo conceptual.

#### **2.3.5 Instrumentos**

El instrumento que se manejará con el fin del desarrollo del tema del informe será de corte documental, entre los cuales tenemos los siguientes:

- Metrados.
- Análisis de precios unitarios.
- Rendimientos/ velocidades de las partidas.
- Órdenes de compra de las tuberías.

#### **2.3.6 Procedimientos**

Los procedimientos variarán de acuerdo al objetivo. Estos serán los siguientes.

Para el objetivo 1 (costos de tuberías y accesorios):

- Sacar los metrados de tuberías y accesorios para PVC.
- Sacar los metrados de tuberías y accesorios para PEAD.

- Se tomarán algunas órdenes de compra y/ APU de cada material para definir los precios.
- Se realizará un presupuesto de tuberías y accesorios por cada sistema.
- Se harán cuadros comparativos

Para el objetivo 2 (costos de mano de obra):

- Se deberá definir las partidas tanto para PVC como para PEAD.
- Se calculará las hh empleadas con su respectivo costo por cada sistema.
- Se harán cuadros comparativos.

Para el objetivo 3 (cronograma de obra):

- Se deberá definir los metrados para cada tipo de sistema.
- Determinar los rendimientos de las diferentes partidas para ambos sistemas
- Una vez tenido esos datos, realizar un cronograma para cada uno de los sistemas.
- Establecer la ruta crítica para calcular el plazo para ambos métodos.
- Se harán cuadros comparativos.

### **2.3.7 *Análisis de datos***

Para esta sección se hará uso del programa Microsoft Excel para manejar todos los datos correspondientes a los costos, por ser este de uso universal y sencillo de ejecutar.

Para establecer los cronogramas se hará empleo del programa Microsoft Project. Este software nos permitirá realizar un cronograma para cada sistema con su respectiva ruta crítica. Se podrá conocer los tiempos totales para cada tipo de material para analizar los resultados.

## 2.4 Resultados

### 2.4.1 Ubicación

El caso de estudio se halla en el distrito de Santa María, provincia de Huaura y departamento de Lima. Tiene una superficie total de 127.51 km<sup>2</sup> y una altitud de 75 m.s.n.m.

### 2.4.2 Mapa de ubicación

A continuación, podremos ubicar el proyecto del caso de estudio en las figuras 31 y 32.

#### Figura 31

Mapa provincial



*Nota.* Adaptado de *Municipalidad Provincial de Huaura [Fotografía]*, Municipalidad

Provincial de Huaura, 2019,

<http://www.munihuacho.gob.pe/portalweb/index.php/municipalidad/informacion-general/municipalidades-distritales>

**Figura 32**

Ubicación del proyecto



*Nota.* Adaptado de *Google Maps [Fotografía]*, Google Maps, 2022, <https://www.google.com/maps/@-11.093173,-77.5863595,17.3z>

### 2.4.3 Características del proyecto

El proyecto consiste en la habilitación de agua potable de 139 lotes residenciales. Es importante mencionar que es un proyecto que fue ejecutado en el año 2019 y el material que fue utilizado en ese momento fue el PVC.

El proyecto de agua potable radica en una línea de agua potable que tiene diámetro variable (90mm y 110mm) y sus respectivas conexiones domiciliarias de 15mm de diámetro. En la figura 33 se puede ver el esquema de la red secundaria de agua potable para la habilitación urbana Santa María de Huacho.

Figura 33

Esquema de la red secundaria de agua potable de Santa María de Huacho 3ra y 4ta etapa



Nota. Fuente propia.

#### 2.4.4 Resultados del informe

Para el cumplimiento del **objetivo 1** se realiza lo siguiente:

Primero, se coloca los metrados de tubería y accesorios para línea y las conexiones domiciliarias de PVC y PEAD del proyecto, que se podrán ver en las tablas 1, 2, 3 y 4.

**Tabla 1**

*Metrados de tubería y accesorios para la línea de PVC*

<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>
<b>Tubería tipo PVC PN10 DN 110 mm</b>	590.45 m
<b>Tubería tipo PVC PN10 DN 90 mm</b>	344.46 m
<b>Tee PVC 110 mm</b>	6 u
<b>Tee PVC 90 mm</b>	1 u
<b>Tee PVC 110mm x 90mm</b>	3 u
<b>Codo PVC 90° x 90 mm</b>	1 u
<b>Tapón PVC 110 mm</b>	2 u
<b>Tapón PVC 90 mm</b>	2 u
<b>Válvula compuerta HD 110 mm</b>	4 u
<b>Válvula compuerta HD 90 mm</b>	1 u
<b>Grifo contra incendio HD 110 mm</b>	2 u

*Nota. Fuente propia.*

**Tabla 2**

*Metrados de conexiones domiciliarias de agua potable en PVC*

<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>
<b>Suministros de tubería PVC PN10 15mm (1/2") p/ conexión corta</b>	107 u
<b>Suministros de tubería PVC PN10 15mm (1/2") p/ conexión larga</b>	32 u

*Nota. Fuente propia.*

**Tabla 3***Metrados de tubería y accesorios para la línea de PEAD*

<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>
<b>Tubería tipo PEAD PN10 DN 110 mm</b>	590.45 m
<b>Tubería tipo PEAD PN10 DN 90 mm</b>	344.46 m
<b>Tee PEAD 110 mm</b>	6 u
<b>Tee PEAD 90 mm</b>	1 u
<b>Tee PEAD 110mm x 90mm</b>	3 u
<b>Codo PEAD 90° x 90 mm</b>	1 u
<b>Tapón PEAD 110 mm</b>	2 u
<b>Tapón PEAD 90 mm</b>	2 u
<b>Válvula compuerta HD 110 mm</b>	4 u
<b>Válvula compuerta HD 90 mm</b>	1 u
<b>Grifo contra incendio HD 110 mm</b>	2 u
<b>Flange PEAD 110mm c/ brida</b>	8 u
<b>Flange PEAD 90mm c/ brida</b>	2 u

*Nota. Fuente propia.***Tabla 4***Metrados de conexiones domiciliarias de agua potable en PEAD*

<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>
<b>Suministro de tubería PEAD PN10 15mm (1/2") p/ conexión corta</b>	107 u
<b>Suministro de tubería PEAD PN10 15mm (1/2") p/ conexión larga</b>	32 u

*Nota. Fuente propia.*

Luego se realiza, de acuerdo a los precios de las órdenes de compra y de los análisis de precios unitarios, un presupuesto para cada uno de los materiales. Todos ellos se consiguen evidenciar en las tablas 5,6, 7 y 8.

**Tabla 5**

*Presupuesto de tuberías y accesorio de PVC para la línea de agua potable.*

<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Parcial</b>
<b>Tubería tipo PVC PN10 DN 110 mm</b>	590.45 m	S/. 13.66	S/. 8065.55
<b>Tubería tipo PVC PN10 DN 90 mm</b>	344.46 m	S/. 9.37	S/. 3227.59
<b>Tee PVC 110 mm</b>	6 u	S/. 82.19	S/. 493.14
<b>Tee PVC 90 mm</b>	1 u	S/. 79.32	S/. 79.32
<b>Tee PVC 110mm x 90mm</b>	3 u	S/. 88.47	S/. 265.41
<b>Codo PVC 90° x 90 mm</b>	1 u	S/. 47.32	S/. 47.32
<b>Tapón PVC 110 mm</b>	2 u	S/. 30.41	S/. 60.82
<b>Tapón PVC 90 mm</b>	2 u	S/. 27.19	S/. 54.38
<b>Válvula compuerta HD 110 mm</b>	4 u	S/. 298.90	S/. 1,195.60
<b>Válvula compuerta HD 90 mm</b>	1 u	S/. 240.42	S/. 240.42
<b>Grifo contra incendio HD 110 mm</b>	2 u	S/. 1330.73	S/. 2,661.46
<b>Total</b>			<b>S/. 16390.01</b>

*Nota. Fuente propia.*

**Tabla 6***Presupuesto de tuberías y accesorios de PEAD para la línea de agua potable.*

<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Parcial</b>
<b>Tubería tipo PEAD PN10</b>	590.45 m	S/. 15.16	S/. 8951.22
<b>DN 110 mm</b>			
<b>Tubería tipo PEAD PN10</b>	344.46 m	S/. 10.92	S/. 3761.50
<b>DN 90 mm</b>			
<b>Tee PEAD 110 mm</b>	6 u	S/. 33.72	S/. 202.32
<b>Tee PEAD 90 mm</b>	1 u	S/. 23.61	S/. 23.61
<b>Tee PEAD 110mm x</b>	3 u	S/. 33.72	S/. 101.16
<b>90mm</b>			
<b>Codo PEAD 90° x 90 mm</b>	1 u	S/. 23.61	S/. 23.61
<b>Tapón PEAD 110 mm</b>	2 u	S/. 20.32	S/. 40.64
<b>Tapón PEAD 90 mm</b>	2 u	S/. 16.80	S/. 33.60
<b>Válvula compuerta HD</b>	4 u	S/. 298.90	S/. 1,195.60
<b>110 mm</b>			
<b>Válvula compuerta HD 90</b>	1 u	S/. 240.42	S/. 240.42
<b>mm</b>			
<b>Grifo contra incendio HD</b>	2 u	S/. 1330.73	S/. 2,661.46
<b>110 mm</b>			
<b>Flange PEAD 110mm c/</b>	8 u	S/. 21.91	S/. 175.28
<b>brida</b>			
<b>Flange PEAD 90mm c/</b>		S/. 20.95	S/. 41.90
<b>brida</b>	2 u		
<b>Total</b>			<b>S/. 17452.32</b>

*Nota. Fuente propia.*

**Tabla 7***Presupuesto para conexiones domiciliarias de agua potable en PVC*

<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Parcial</b>
<b>Suministro de tubería PVC PN10 15mm (1/2") p/ conexión corta</b>	107 u	S/. 216.46	S/. 23161.22
<b>Suministro de tubería PVC PN10 15mm (1/2") p/ conexión larga</b>	32 u	S/. 267.88	S/. 8572.16
<b>Total</b>			<b>S/. 31733.38</b>

*Nota. Fuente propia***Tabla 8***Presupuesto para conexiones domiciliarias de agua potable en PEAD*

<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Parcial</b>
<b>Suministro de tubería PEAD PN10 15mm (1/2") p/ conexión corta</b>	107 u	S/. 267.64	S/. 28637.48
<b>Suministro de tubería PEAD PN10 15mm (1/2") p/ conexión larga</b>	32 u	S/.324.62	S/. 10387.84
<b>Total</b>			<b>S/. 39025.32</b>

*Nota. Fuente propia*

A continuación, se hará un cuadro resumen con los montos calculados tanto para PVC como para PEAD. Todo ello es mostrado en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Resumen de costos de materiales de PVC y PEAD*

<b>Descripción</b>	<b>PVC</b>	<b>PEAD</b>
<b>Línea de agua potable</b>	S/. 16390.01	S/. 17452.32
<b>Conexiones domiciliarias de agua potable</b>	S/. 31733.38	S/. 39025.32
<b>Total</b>	<b>S/. 48123.39</b>	<b>S/. 56477.64</b>

*Nota. Fuente propia*

Finalmente, en la figura 32 apreciaremos una gráfica con el costo del material para cada tipo de tubería.

**Figura 34**

Costo de materiales para cada tipo de tubería



*Nota. Fuente propia*

Para la realización del **objetivo 2**, se hace lo siguiente:

Se definen las partidas para la línea de agua de potable y para la conexión domiciliaria tanto en PVC como en PEAD en las tablas 10, 11 y 12.

**Tabla 10**

*Partidas en común para las tuberías de PVC y PEAD*

<b>Descripción</b>	<b>Partida</b>
<b>Línea de agua potable</b>	Trazo de línea de agua potable
	Excavación en terreno natural
	Cama de apoyo c/ arena fina
	Primer relleno de zanja
	Segundo relleno de zanja con material propio
	Prueba hidrostática
<b>Conexiones domiciliarias</b>	Trazo de conexiones domiciliarias de agua
	Excavación de zanja para conexión corta
	Excavación de zanja para conexión larga
	Refine y cama de apoyo para conexión corta
	Refine y cama de apoyo para conexión larga
	Acompañamiento e instalación de forros
	Primer relleno para forros
	Segundo relleno para forros
	Relleno compactado para conexión corta
Relleno compactado para conexión larga	
	Prueba hidrostática

*Nota. Fuente propia*

**Tabla 11***Partidas sólo para la tubería PVC*

<b>Descripción</b>	<b>Partida</b>
<b>Línea de agua potable</b>	Instalaciones de tubería PVC 110mm
	Instalaciones de tubería PVC 90mm
	Instalación de accesorios PVC
	Dados de concreto para anclajes
<b>Conexiones domiciliarias</b>	Instalación de tubería PVC 15mm en conexión corta
	Instalación de tubería PVC 15mm en conexión larga

*Nota. Fuente propia***Tabla 12***Partidas sólo para la tubería PEAD*

<b>Descripción</b>	<b>Partida</b>
<b>Línea de agua potable</b>	Instalación de tubería PEAD 110mm
	Instalación de tubería PEAD 90mm
	Instalación de accesorios PEAD electro fusión
<b>Conexiones domiciliarias</b>	Instalación de tubería PEAD 15mm en conexión corta
	Instalación de tubería PEAD 15mm en conexión larga

*Nota. Fuente propia*

Se realiza el conteo de horas hombre por actividad para cada tipo de tubería. Dicho ejercicio se puede ver en las tablas 13 y 14.

**Tabla 13***Cálculo de horas hombre para PVC*

<b>Descripción</b>	<b>Partida</b>	<b>HH operario</b>	<b>HH oficial</b>	<b>HH peón</b>	<b>HH parcial</b>
<b>Línea de agua potable</b>	Trazo de línea de agua	8.31		8.31	16.62

	Excavación en terreno natural		44	44	
	Cama de apoyo c/ arena fina	24.93	24.93	49.86	
	Primer relleno de zanja		70.12	70.12	
	Segundo relleno de zanja con material propio		101.99	101.99	
	Prueba hidrostática	12.47	12.47	24.93	
	Instalación de tubería PVC 110mm	23.62	23.62	47.64	
	Instalaciones de tubería PVC 90mm	13.78	13.78	27.56	
	Instalación de accesorios PVC	11	11	22	
	Dados de concreto para anclajes	11.73	5.87	17.60	
<b>Conexiones domiciliarias</b>	Trazo de conexiones domiciliarias de agua	5.03	5.03	10.07	
	Excavación de zanja para conexión corta		9.20	9.20	
	Excavación de zanja para conexión larga		13.23	13.23	
	Refine y cama de apoyo para conexión corta	11.15	11.15	22.31	
	Refine y cama de apoyo para conexión larga	4.89	4.89	9.77	
	Acompañamiento e instalación de forros	14.43	14.43	28.86	
	Primer relleno para forros		23.81	23.81	
	Segundo relleno para forros		64.10	64.10	
	Relleno compactado para conexión corta		77.82	77.82	
	Relleno compactado para conexión larga		25.60	25.60	
	Prueba hidrostática	9.27	9.27	18.53	
	Instalación de tubería PVC 15mm en conexión corta	28.40	28.40	56.80	
	Instalación de tubería PVC 15mm en conexión larga	15.06	15.06	30.12	
	<b>Total (HH)</b>	194.07	0.00	618.05	<b>812.12</b>

*Nota. Fuente propia*

**Tabla 14***Cálculo de horas hombre para PEAD*

<b>Descripción</b>	<b>Partida</b>	<b>HH operario</b>	<b>HH oficial</b>	<b>HH peón</b>	<b>HH parcial</b>	
<b>Línea de agua potable</b>	Trazo de línea de agua	8.31		8.31	16.62	
	Excavación en terreno natural			44	44	
	Cama de apoyo c/ arena fina	24.93		24.93	49.86	
	Primer relleno de zanja			70.12	70.12	
	Segundo relleno de zanja con material propio			101.99	101.99	
	Prueba hidrostática	12.47		12.47	24.93	
	Instalación de tubería PEAD 110mm	18.89		37.69	56.68	
	Instalación de tubería PEAD 90mm	11.02		22.05	33.07	
	Instalación de accesorios PEAD electro fusión	13.54		13.54	27.08	
	<b>Conexiones domiciliarias</b>	Trazo de conexiones domiciliarias de agua	5.03		5.03	10.07
		Excavación de zanja para conexión corta			9.20	9.20
		Excavación de zanja para conexión larga			13.23	13.23
		Refine y cama de apoyo para conexión corta	11.15		11.15	22.31
Refine y cama de apoyo para conexión larga		4.89		4.89	9.77	
Acompañamiento e instalación de forros		14.43		14.43	28.86}	
Primer relleno para forros				23.81	23.81	
Segundo relleno para forros				64.10	64.10	
Relleno compactado para conexión corta				77.82	77.82	
Relleno compactado para conexión larga				25.60	25.60	
Prueba hidrostática		9.27		9.27	18.53	
Instalación de tubería PEAD 15mm en conexión corta		27.05		27.05	54.10	

Instalación de tubería PEAD 15mm en conexión larga	14.22	14.22	28.44
<b>Total (HH)</b>	<b>175.20</b>	<b>0.00</b>	<b>634.97</b>
			<b>810.19</b>

Para hallar los costos de mano de obra necesitamos la tabla salarial de ese periodo, la cual se puede evidenciar en la figura 35.

**Figura 35**

Tabla salarial periodo 2019 – 2020

TABLA DE SALARIOS CON BENEFICIOS SOCIALES REGIM DE CONSTRUCCION CIVIL Expediente N° 173-2019-MTPE/2/14-NC (Del 01.06.2019 al 31.05.2020)				
<b>OPERARIO</b>				
Jornal Básico	70.30	*	6 Días	421.80
Dominical	11.72	*	6 Días	70.30
BUC 32%	22.50	*	6 Días	134.98
Movilidad	8.00	*	6 Días	48.00
Indem. 12% + Util. 3%	10.55	*	6 Días	63.27
Vacaciones 10%	7.03	*	6 Días	42.18
Gratificación Navidad	18.75	*	7 Días	131.23
B. Extraordinaria Ley 29351	1.69	*	7 Días	11.81
<b>Total bruto salarios</b>				<b>923.56</b>
Descuento S.N.P. 13%				87.00
Descuento CONAFOVICER 2%				9.84
<b>Pago neto semanal</b>				<b>826.72</b>
<b>OFICIAL</b>				
Jornal Básico	55.40	*	6 Días	332.40
Dominical	9.23	*	6 Días	55.40
BUC 30%	16.62	*	6 Días	99.72
Movilidad	8.00	*	6 Días	48.00
Indem. 12% + Util. 3%	8.31	*	6 Días	49.86
Vacaciones 10%	5.54	*	6 Días	33.24
Gratificación Navidad	14.77	*	7 Días	103.41
B. Extraordinaria Ley 29351	1.33	*	7 Días	9.31
<b>Total bruto salarios</b>				<b>731.34</b>
Descuento S.N.P. 13%				67.70
Descuento CONAFOVICER 2%				7.76
<b>Pago neto semanal</b>				<b>655.89</b>
<b>PEON</b>				
Jornal Básico	49.70	*	6 Días	298.20
Dominical	8.28	*	6 Días	49.70
BUC 30%	14.91	*	6 Días	89.46
Movilidad	8.00	*	6 Días	48.00
Indem. 12% + Util. 3%	7.46	*	6 Días	44.73
Vacaciones 10%	4.97	*	6 Días	29.82
Gratificación Navidad	13.25	*	7 Días	92.77
B. Extraordinaria Ley 29351	1.19	*	7 Días	8.35
<b>Total bruto salarios</b>				<b>661.03</b>
Descuento S.N.P. 13%				60.73
Descuento CONAFOVICER 2%				6.96
<b>Pago neto semanal</b>				<b>593.34</b>

Nota. Adaptado de *Tabla salarial FTCCP 2019-2020 [Fotografía]*, Federación de trabajadores en construcción civil del Perú, 2019, <https://n9.cl/incco>

Podemos verificar que el pago semanal para un operario es de 926.56 soles y para un peón es de 661.03 soles, lo que corresponde un costo de hora hombre de 19.30 soles y 13.77 soles respectivamente. En la tabla 15 podremos divisar un cuadro resumen.

**Tabla 15**

*Resumen del costo de mano de obra de PVC y PEAD*

Descripción	Costo hh operario	Costo hh peón	Totales
<b>PVC</b>	S/. 3745.55	S/. 8510. 55	<b>S/. 12256.10</b>
<b>PEAD</b>	S/. 3381.36	S/. 8743.54	<b>S/. 12124.90</b>

*Nota. Fuente propia*

Para concluir, en la figura 36 observamos los costos de mano de obra por cada tipo de tubería.

**Figura 36**

Costo de mano de obra para cada tipo de tubería



*Nota. Fuente propia*

Para cumplir el **objetivo 3**, se desarrolla lo siguiente:

Primero se hallará la duración de cada partida con base en los metrados y rendimientos para cada tipo de tubería, lo cual se mostrará en las tablas 16, 17 y 18.

**Tabla 16**

*Duración de partidas en común (PVC – PEAD)*

<b>Descripción</b>	<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento (unidad/día)</b>	<b>Duración (día)</b>
<b>Línea de agua potable</b>	Trazo de línea de agua potable	934.91	m	900	2
	Excavación en terreno natural	934.91	m	170	6
	Cama de apoyo c/ arena fina	934.91	m	300	4
	Primer relleno de zanja	934.91	m	320	3
	Segundo relleno de zanja con material propio	934.91	m	220	5
	Prueba hidrostática	934.91	m	600	2
	<b>Conexiones domiciliarias</b>	Trazo de conexiones domiciliarias de agua	566.35	m	900
Excavación de zanja para conexión corta		230.05	m	200	2
Excavación de zanja para conexión larga		297.60	m	180	2
Refine y cama de apoyo para conexión corta		230.05	m	165	2
Refine y cama de apoyo para conexión larga		100.80	m	165	1
Acompañamiento e instalación de forros		297.60	m	165	2
Primer relleno para forros		297.60	m	300	1
Segundo relleno para forros		297.60	m	130	3
Relleno compactado		107	u	33	4

para conexión corta				
Relleno compactado para conexión larga	32	u	30	2
Prueba hidrostática	139	u	120	2

*Nota. Fuente propia*

**Tabla 17**

*Duración de partidas sólo PVC*

<b>Descripción</b>	<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento (unidad/día)</b>	<b>Duración (día)</b>
<b>Línea de agua potable</b>	Instalación de tubería PVC 110mm	590.45	m	200	3
	Instalación de tubería PVC 90mm	344.46	m	200	2
	Instalación de accesorios PVC	22	u	16	2
<b>Conexiones domiciliarias</b>	Dados de concreto para anclajes	22	u	15	2
	Instalación de tubería PVC 15mm en conexión corta	71	u	20	4
	Instalación de tubería PVC 15mm en conexión larga	32	u	17	2

*Nota. Fuente propia*

**Tabla 18***Duración de partidas sólo PEAD*

<b>Descripción</b>	<b>Partida</b>	<b>Metrado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento (unidad/día)</b>	<b>Duración (día)</b>
<b>Línea de agua potable</b>	Instalación de tubería PEAD 110mm	590.45	m	250	3
	Instalación de tubería PEAD 90mm	344.46	m	250	2
	Instalación de accesorios PEAD electro fusión	22	u	13	2
<b>Conexiones domiciliarias</b>	Instalación de tubería PEAD 15mm en conexión corta	71	u	21	4
	Instalación de tubería PEAD 15mm en conexión larga	32	u	18	2

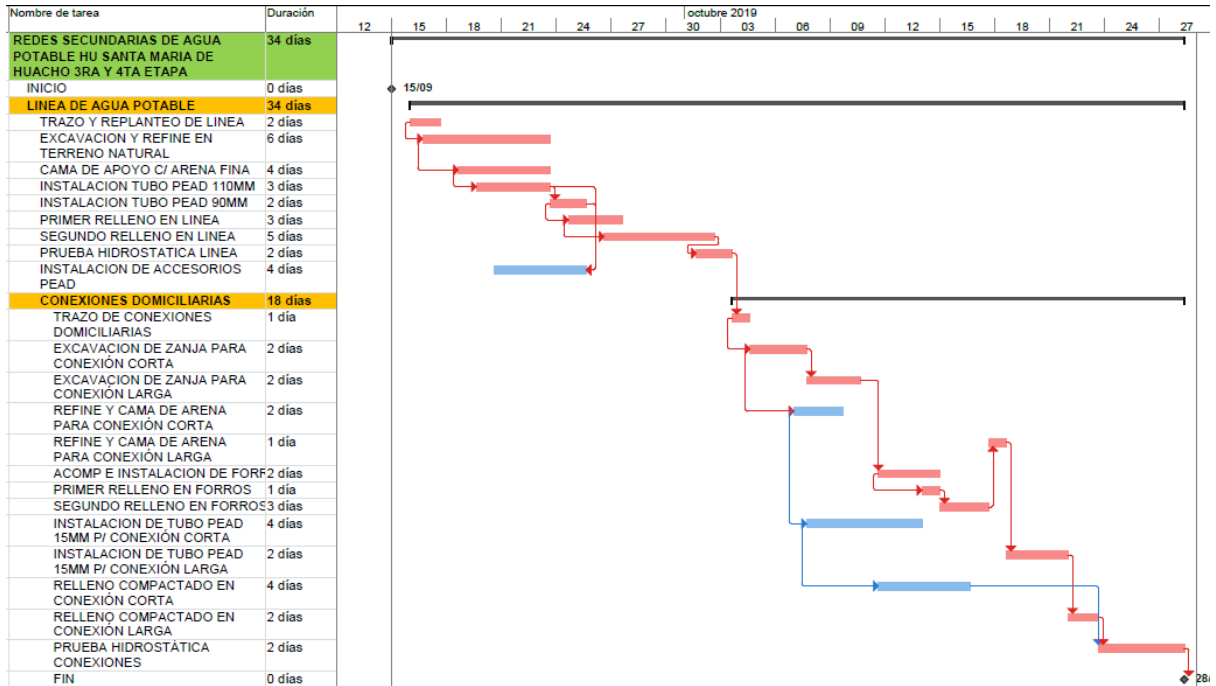
*Nota. Fuente propia*

En las figuras 37 y 38 se mostrará el cronograma con los tiempos hallados en las tablas para cada tipo de tubería.



**Figura 38**

**Cronograma para tubería de PEAD**



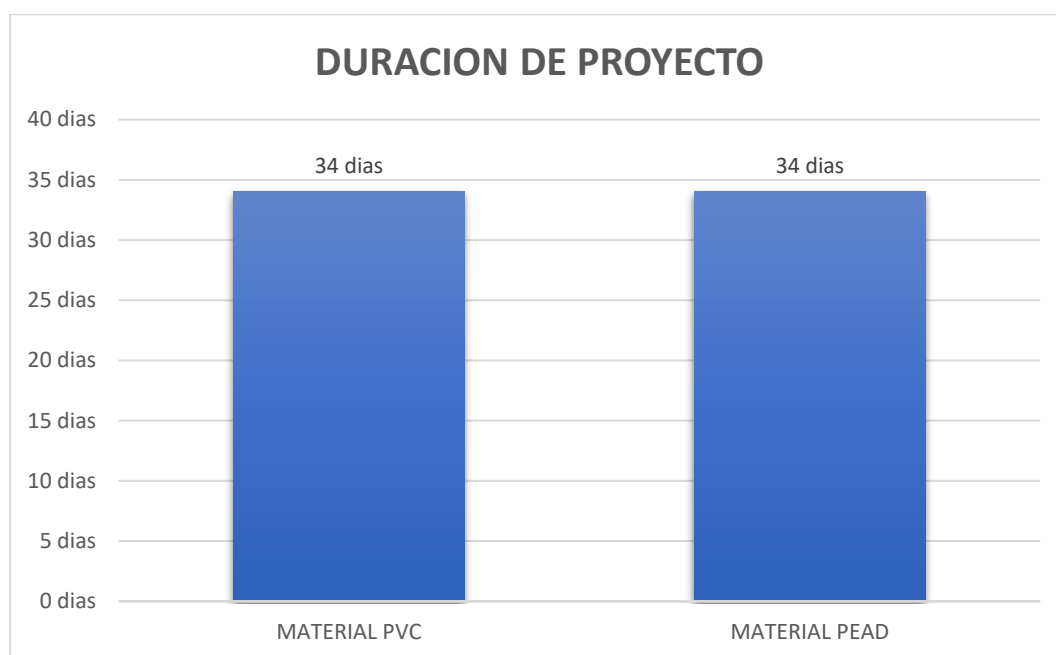
*Nota. Fuente propia*

La duración del cronograma de la figura 38 es de 34 días calendario igualmente.

En la figura 39 se puede observar la duración del proyecto por cada tipo de tubería.

**Figura 39**

Duración de proyecto por cada tipo de tubería



*Nota. Fuente propia*

## 2.5 Discusión de resultados

Al terminar la evaluación de los resultados podemos determinar que una implementación PEAD frente al PVC en la evaluación costo-tiempo en la red secundaria de agua potable, no influye significativamente en el caso de estudio. Sin embargo, Ccari y Condori (2021), Chasquibol y Bacala (2019), Espinoza (2021) y García (2021) afirman que la tubería PEAD si tiene una influencia importante en el aspecto técnico y económico.

Según la tabla 9, con respecto al costo de tuberías y accesorios, podemos afirmar que la implementación de un sistema PEAD frente al sistema PVC resulta más costoso. Siendo el costo de la aplicación del sistema PVC sólo un 85.2% del costo de la implementación de un sistema PEAD, habiendo una diferencia de S/. 8354.25. García (2021) en la mejora de la red de agua potable también determina que una implementación PEAD es más cara que una de PVC. Teniendo valores de S/. 236931.90 para el empleo de una tubería PEAD versus S/.

199756.33 si se usara un sistema convencional de tuberías de PVC. Por otro lado, Chaquisbol y Bacala (2019) en su línea de conducción, evidencian un ahorro del 35.15%, en la localidad de Nuevo Olmal, cuando se implementa tubería PEAD-100 y un ahorro del 39.19% para la localidad de Quillnuya. Espinoza (2021) también tiene un ahorro significativo en los costos de tuberías y de accesorio en la línea de conducciones aplicando tubería PEAD haciendo un total S./ 110901.30 frente a los S/. 193.126.52 si se aplicara PVC, haciendo una diferencia de 42.58%. De igual manera, Ccari y Condori (2021) economizan al implementar el PEAD en la línea de conducción, teniendo un ahorro de S/. 22958.9 en los costos de tuberías y accesorios.

Acerca del costo de mano de obra, en la tabla 15 podemos ver una pequeña disminución del costo si se aplicara una implementación de tubería PEAD. Siendo la diferencia de unos S/. 131.20 (98% del costo de una aplicación del sistema convencional de PVC). Para Espinoza (2021) y Ccari y Condori (2021) también muestran disminuciones en los costos de mano de obra aplicando el sistema PEAD, habiendo un ahorro de S/. 40767.78 y de S/. 4360.83 respectivamente.

Hablando de la duración de las actividades, de acuerdo a la figura 37, no existe variación con respecto a los tiempos de duración entre la aplicación de un sistema PEAD y un sistema convencional de PVC para el caso de estudio. Por otro lado, Fernandez (2019) advierte que si hay una disminución de plazo si se aplica un sistema PEAD, esta reducción es de 4 días calendario. Chaquisbol y Bacala (2019), en su trabajo de la línea de conducción, también afirma que hay una reducción de 5 días calendario para el proyecto de Nuevo Olmal y de 8 días calendario para el de Quillunya, al implementar un sistema PEAD.

### **III APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA**

Los aportes más importantes que se pueden mencionar del informe son:

- Da a conocer un poco más sobre la tecnología PEAD en tubería para el suministro de agua potable.
- Nos da un mejor alcance de los tiempos de ejecución de ambos materiales (PEAD y PVC). Esto nos puede ayudar en la optimización de los cronogramas.
- De igual forma, nos da a conocer los costos de instalación y de materiales con la finalidad de poder ser empleados en futuros presupuestos.
- Al tener una noción más clara de los costos y los plazos de ejecución para ambos tipos de material, se podrá mejorar en la toma de decisiones para proyectos similares en cuanto a la decisión del material más adecuado.

#### IV CONCLUSIONES

Las conclusiones que derivan del presente informe son:

- Se determinó que no hay una influencia considerable en la evaluación costo – tiempo en la implementación de la tubería PEAD frente al PVC de las redes secundarias de agua potable de la habilitación urbana Santa María de Huacho.
- De igual manera, se determinó que hay una influencia negativa en la implementación del PEAD frente al PVC en los costos de tuberías y de los accesorios, ya que el costo de emplear materiales de PVC resulta ser 14.8% menor si se usará materiales de PEAD. Por lo tanto, resulta más costoso utilizar materiales PEAD.
- También se estableció que el influjo de la implementación PEAD frente al PVC en el costo de mano de obra de las redes secundarias de agua potable es casi imperceptible. Debido a que el costo de mano de obra con una implementación PEAD sólo es 2% menor que una con PVC.
- Y además se precisó que el influjo de la implementación de tubería PEAD en el cronograma de obra es nula porque para ambos casos la duración del proyecto es de 34 días calendarios, mostrando así ninguna variación en los tiempos.
- Por lo tanto, para este caso particular, una implementación con un sistema PEAD, viendo los aspectos costo-tiempo, no es conveniente.

## V RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se dan son:

- Llevar a cabo un estudio de vida útil y los costos de mantenimiento del PEAD frente al PVC con el fin de observar si estos costos pueden compensar los costos de compra de material para la ejecución de obra.
- Realizar un análisis del costo de mano de obra de PEAD versus PVC con un proyecto con mayor cantidad de metros para verificar si el porcentaje a favor del PEAD se mantiene constante o aparecerá algún cambio.
- Hacer un estudio de tiempos con un proyecto que tenga un mayor volumen de metros para observar si los rendimientos propuestos en el informe pueden hacer variar la duración de los cronogramas.
- Ejecutar una evaluación costo – tiempo similar a la del presente informe, pero con las partidas de alcantarillado.

## VI REFERENCIAS

- Ccari Ccahua, E., & Condori Huanca, E. (2021). *Evaluaciones del sistema convencional (PVC) y los sistemas de termofusión (HDPE) con el fin del suministro de agua, Puno – 2021*[Tesis de Grado, Universidad César Vallejo] <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71586>
- Chasquibol Daza, D. A., & Bacalla Fernandez, M. A. (2019). *Evaluaciones técnica-económicas de la línea de conducción de agua con tubería de PVC - UF y HDPE, Chachapoyas, Amazonas, 2018.* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza] <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1989>
- Espinoza Terraza, A. (2021). *Evaluaciones técnica-económicas en la implementación de tubería HDPE frente al PVC en la línea de conducción de los sistemas agua potable, C.P. Maraycera, Ayacucho 2021.* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo] <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63040>
- Eurotubo (2016) *Tuberías de Polietileno de Alta Densidad.* <https://n9.cl/j1uw3>
- Eurotubo (2012) Catálogo y Manual Técnico NTP ISO - 1452. <https://n9.cl/cs3dk>
- Fernández Aucapuella, F. (2020). *Estudio comparativo de costos, tiempos y calidad entre la tubería de PVC y HDPE en la instalación sanitaria de la Corporación Santa María del Gramadal, Lima 2019* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte] <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23467>
- García Buiza, E. M. (2021). *Estudio comparativo de los materiales manwajados en los sistemas de redes de agua potable y alcantarillado entre asbesto – cemento, PVC y HDPE, en el proyecto: Mejora de la infraestructura vial para la transitabilidad de la Av. la molina; tramo II - i etapa: Av. Elías Aparicio – Av. Laguna Grande, 2021.* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte] <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29060>

Hernandez et al (2014). *Metodología de la Investigación (6ta ed.)*. Mc Graw Hill Education.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020) *Perú: Formas del acceso al agua y saneamientos básicos*. <https://n9.cl/279f>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019) *Perú: Evolución del indicador de empleo e ingreso por departamento 2007 - 2018*. <https://n9.cl/o45p>

Ministerio de Economía y Finanzas (2019) *Plan Nacional de Infraestructura con el fin de la Competitividad*. <https://n9.cl/rcm8>

Organización Mundial de la Salud (21 de marzo del 2022) *Agua para la ingesta humana*. <https://n9.cl/xyeiy>

Tigre (2018) *Catálogo de Infraestructura Unión flexible y unión Rieber (JEI)*. <https://n9.cl/9emrau>

Tigre (2018) *Catálogo de Infraestructura Polietileno de Alta Densidad*. <https://n9.cl/7ywgq>

## VII ANEXOS

Se tienen los siguientes anexos:

**Anexo A:** Planos de redes secundarias de agua potable.

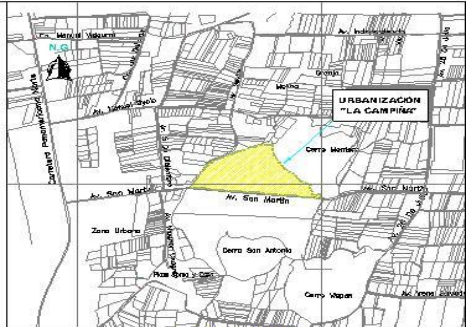
**Anexo B:** Análisis de precios unitarios.

**Anexo C:** Órdenes de compra de tuberías y accesorios.





**PLANTA: CONEXIONES DOMICILIARIAS**  
P. 2 - 2/20



**LOCALIZACIÓN**  
P. 3 - 2/20

LEYENDA	
	RED DE AGUA POTABLE PRIMARIA (RED GENERAL)
	RED DE AGUA POTABLE SECUNDARIA (RED DE CALLES)
	RED DE AGUA POTABLE SECUNDARIA (RED DE CALLES)
	RED DE AGUA POTABLE SECUNDARIA (RED DE CALLES)
	RED DE AGUA POTABLE SECUNDARIA (RED DE CALLES)
	RED DE AGUA POTABLE SECUNDARIA (RED DE CALLES)
	RED DE AGUA POTABLE SECUNDARIA (RED DE CALLES)
	RED DE AGUA POTABLE SECUNDARIA (RED DE CALLES)
	RED DE AGUA POTABLE SECUNDARIA (RED DE CALLES)
	RED DE AGUA POTABLE SECUNDARIA (RED DE CALLES)

CUADRO DE OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS			
PROYECTO	TIPO DE OBRAS	CANTIDAD	VALOR ESTIMADO
1	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000
2	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000
3	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000
4	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000
5	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000
6	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000
7	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000
8	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000
9	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000
10	CONEXIONES DOMICILIARIAS	10	100.000

BOVARIAS TÉCNICAS	
BOVARIAS	ESPECIFICACIONES
1. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
2. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
3. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
4. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
5. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
6. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
7. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
8. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
9. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
10. OBRAS DE CONEXIONES DOMICILIARIAS	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE

NOTA: VER ANEXOS Y PLANOS DE ALIMENTACIÓN DE OBRAS.

EPS EMAPA HUACHO S.A.			
INVERSIONES EL PINO			
PROYECTO	OBRA	FECHA	ESTADO
OBRAS GENERALES DE AGUA POTABLE - REDES SECUNDARIAS DE AGUA POTABLE Y ALICANTARILLADO PARA LA URBANIZACIÓN "LA CAMPESINA"	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE	2023	EN EJECUCIÓN
	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE	2023	EN EJECUCIÓN
PROYECTO	OBRA	FECHA	ESTADO
CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE	2023	EN EJECUCIÓN
	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE	2023	EN EJECUCIÓN

**AP-3**



























### Anexo C: Órdenes de compra de tuberías y accesorios

		<b>INMOBILIARIA MASIAS S.A.C.</b> RUC 20510915748 AV. ANGAMOS ESTE NRO. 871 -SAN BORJA - LIMA	Fecha 27-10--2022 09:27:41 Página 1 de 1				
<b>Orden de Compra # 0000003177</b>							
Proveedor:	<b>COSMOPLAS PERU S.A.C.</b>	Fecha Preparación:	23-10-2019				
Nro. RUC:	20602624014	C.Costo	000404 Agua Potable - HU				
Dirección:	CAL.LOS HILANDEROS NRO. 109 URB. VULCANO LIMA -	Proyecto	0000460 LA ENCANTADA DE LURIN				
Observaciones:	Sem 42-comp-Tubos Hdpe Agua HU fase 1	Clasificación:	Orden de Compra				
Estado:	<b>Completada</b>	Forma de Pago:	FA/30 Días				
#	Item	Cnd	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Monto Total
1	0000004052	0	Tubo PVC C-5 3" x 5 Mtrs	UND	135.00	28.0240	3,783.24
2	0000022691	0	Tubo HDPE PN 10 de 110mm ISO 4427 PE 100 SDR 17 AZUL	MT	1,500.00	15.1550	22,732.50
3	0000024746	0	Tubo HDPE PN 10 de 90mm ISO 4427 PE100 SDR 17 AZUL	MT	700.00	10.9250	7,647.50
4	0000031840	0	Tubo HDPE PN 10 de 1/2" ISO 4427 PE100 SDR 17 AZUL	MT	700.00	.8550	598.50
						Total Neto S/	34,761.74
						I.G.V. S/	6,257.11
						Total O/C S/	41,018.85

		<b>INMOBILIARIA MASIAS S.A.C.</b> RUC 20510915748 AV. ANGAMOS ESTE NRO. 871 -SAN BORJA - LIMA	Fecha 27-10--2022 09:29:55 Página 1 de 1				
<b>Orden de Compra # 0000003198</b>							
Proveedor:	<b>CONCYSSA INDUSTRIAL S.A.C</b>	Fecha Preparación:	08-11-2019				
Nro. RUC:	20600011881	C.Costo	000404 Agua Potable - HU				
Dirección:	CAL.FELIPE SANTIAGO SALAVERRY NRO. 148 URB. EL P	Proyecto	0000460 LA ENCANTADA DE LURIN				
Observaciones:	Sem 42-Comp-Accesorios conex domic. HU fase I	Clasificación:	Orden de Compra				
Estado:	<b>Completada</b>	Forma de Pago:	Contado contra Entrega				
#	Item	Cnd	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Monto Total
1	0000010942	0	Valvula de paso Termop c/niple Telescopico 15mm 1/2	UND	246.00	12.3630	3,041.30
2	0000025878	0	Abrazadera Toma en Carqa 90 x 15mm ( con Obturador)Consysa	UND	80.00	70.0000	5,600.00
3	0000025879	0	Abrazadera Toma en Carqa 110 x 15mm ( con Obturador)Consysa	UND	141.00	74.0000	10,434.00
4	0000025992	0	Conector Macho 1/2 para Tuberia PE	UND	246.00	4.5840	1,127.66
5	0000034864	0	Caja, Losa, Marco y Tapa c/Visor Termop. p/ Medidor	UND	246.00	52.5038	12,915.93
						Total Neto S/	33,118.89
						I.G.V. S/	5,961.40
						Total O/C S/	39,080.29

#	Item	Cnd	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Monto Total
1	0000019290	0	Tee HDPE 110mm x 90mm ISO 4427 PN 10 SDR 17 PE 100 Electrofusión	UND	10.00	33.7200	337.20
2	0000022528	0	Codo HDPE 110mm x 45° ISO 4427 PN 10 SDR 17 PE 100 Electrofusión	UND	7.00	32.4700	227.29
4	0000024753	0	Tee HDPE 110mm x 110mm ISO 4427 PN 10 SDR 17 PE 100 Electrofusión	UND	11.00	33.7200	370.92
5	0000024986	0	Codo HDPE 110mm x 90° ISO 4427 PN 10 SDR 17 PE 100 Electrofusión	UND	6.00	33.7200	202.32
6	0000025740	0	Tee HDPE 90 mm x 90mm ISO 4427 PN 10 SDR 17 PE 100 Electrofusión	UND	4.00	23.6100	94.44
7	0000026095	0	Reduccion de 110mm a 90mm HDPE- ELECTROFUSION	UND	12.00	30.9700	371.64
8	0000026096	0	Acople HDPE 110MM ELECTROFUSION	UND	3.00	8.4100	25.23
9	0000026099	0	Tapon 90mm HDPE - ELECTROFUSION	UND	1.00	16.8000	16.80
10	0000027329	0	TAPON HDPE 110mm ELECTROFUSIÓN	UND	4.00	20.3200	81.28
11	0000031843	0	Flanqe Adapter de 110 mm HDPE C/BRIDA	UND	22.00	21.9100	482.02
12	0000033547	0	Flanqe Adapter de 90mm HDPE con brida	UND	10.00	20.0500	200.50
13	0000033549	0	Acople HDPE 90MM ELECTROFUSION	UND	2.00	7.6600	15.32
						Total Neto	US\$ 2,424.96
						I.G.V.	US\$ 436.49
						Total O/C	US\$ 2,861.45

#	Item	Cnd	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Monto Total
1	0000008249	0	Marco y Tapa de FFD para Valvula	UND	5.00	89.4100	447.05
2	0000018684	0	Valvula de Aire H.D. 50 mm	UNI	1.00	494.4400	494.44
3	0000022533	0	GRIFO CONTRA INCENDIO HIERRO DUCTIL DE 110MM 2 BOCAS	UND	1.00	1,330.7300	1,330.73
4	0000026637	0	VALVULA COMPUERTA HIERRO DUCTIL DE 110 mm	UND	3.00	298.9000	896.70
5	0000038832	0	VALVULA COMPUERTA HIERRO DUCTIL DE 90MM	UND	1.00	240.4200	240.42
						Total Neto	S/ 3,409.34
						I.G.V.	S/ 613.68
						Total O/C	S/ 4,023.02

		<b>INVERSIONES EL PINO S.A.C.</b> RUC 20112804553 AV. ANGAMOS ESTE NRO. 871 (CHACARILLA) LIMA - LIMA - SAN BORJA	Fecha 26-10--2022 13:31:10 Página 1 de 1				
<b>Orden de Compra # 0000013737</b>							
Proveedor:	<b>A&amp;G INDUSTRIES SAC</b>	Fecha Preparación:	08-11-2019				
Nro. RUC:	20509193828	C.Costo	000404 Agua Potable - HU				
Dirección:	AV. PROLONGACION JAVIER PRADO MZ G1 LT. 34	Proyecto	0000770 LA CAMPIÑA - SANTA MARIA DE				
Observaciones:	Semana 44 Compra - Accesorios para conexiones de Agt	Clasificación:	Orden de Compra				
Estado:	<b>Completada</b>	Forma de Pago:	015				
#	Item	Cnd	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Monto Total
1	0000000060	0	Codo PVC de 1/2" x 45°	UND	206.00	.5000	103.00
2	0000000061	0	Curva PVC 1/2" X 90°	UND	103.00	.5000	51.50
3	0000032073	0	Valvula Corporation Completa PVC 1/2"	UND	103.00	4.6200	475.86
4	0000032126	0	Caja, Losa, Marco y Tapa s/Visor Termoplastica P/ Medidor	UND	103.00	54.0000	5,562.00
5	0000033619	0	Abrazadera de 2 Cuerpos termop Pvc 110mm x 1/2"	UND	48.00	12.8900	618.72
6	0000038951	0	Abrazadera de 2 Cuerpos termop Pvc 90mm x 1/2"	UND	55.00	12.3800	680.90
						Total Neto S/	7,491.98
						I.G.V. S/	1,348.56
						Total O/C S/	8,840.54

		<b>INVERSIONES EL PINO S.A.C.</b> RUC 20112804553 AV. ANGAMOS ESTE NRO. 871 (CHACARILLA) LIMA - LIMA - SAN BORJA	Fecha 26-10--2022 13:31:49 Página 1 de 1				
<b>Orden de Compra # 0000013609</b>							
Proveedor:	<b>NICOLL PERU S.A.</b>	Fecha Preparación:	14-10-2019				
Nro. RUC:	20100051169	C.Costo	000404 Agua Potable - HU				
Dirección:	JR. REPUBLICA DEL ECUADOR N°308 Z.I. AV ARGENTINA	Proyecto	0000770 LA CAMPIÑA - SANTA MARIA DE				
Observaciones:	SEMANA 41 COMPRA DE TUBERIAS PARA AGUA POTABLI	Clasificación:	Orden de Compra				
Estado:	<b>Completada</b>	Forma de Pago:	F7D				
#	Item	Cnd	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Monto Total
1	0000032069	0	Anillo de Jebe P/Aqua 110mm	UND	5.00	2.2600	11.30
2	0000032080	0	Tubo PVC 90mm, C-10	UND	12.00	53.9500	647.40
3	0000033630	0	Tubo PVC 110 mm x 6mts. C-10 Aqua	UND	59.00	79.6900	4,701.71
						Total Neto S/	5,360.41
						I.G.V. S/	964.87
						Total O/C S/	6,325.28