



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis comparativo técnico-económico entre tuberías PVC-O y PVC-U
para el sistema de agua potable del Distrito de Laberinto-
Madre de Dios-2022”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Quispe Cusacani, Ruth Eliana (ORCID:0000-0001-5506-2637)

Ugarte Ramos, Herberth Iván (ORCID:0000-0002-9956-7132)

ASESOR:

Ms. Ing. Requis Carbajal, Luis Villar (ORCID: 0000-0002-3816-7047)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA - PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios que me concedió la vida y es el, quien guía cada paso que doy.

A mi familia por ser el motor que me levanta cada día y alienta para seguir cumpliendo mis metas.

Ruth Eliana Quispe Cusacani

A Dios que ha sido mi luz, inspiración, fortaleza y compañía esencial en mis luchas.

A mi madre Lilia Adela Ramos Condori, a mi padre Buenaventura Ugarte Mamani por brindarme la vida, darme su cariño, confianza, y consejos.

A mi esposa por ser mi inspiración y el motor y motivo, quien me impulsa a ser mejor día a día.

Herberth Iván Ugarte Ramos

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor de Tesis Ms. Ing. Luis Villar Requis Carbajal, por dedicar su tiempo y conocimientos para el desarrollo de la presente tesis.

A la Universidad César Vallejo por la acogida y la oportunidad que nos brinda para nuestra formación profesional.

Ruth Eliana Quispe Cusacani y Herberth Iván Ugarte Ramos.

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos y figuras.....	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.2.3. Justificación de la investigación	2
1.3. Importancia.....	2
1.4. Delimitaciones	3
1.4.1. Delimitación social	3
1.4.2. Delimitación geográfica.....	3
1.4.3. Delimitación económica	5
1.4.4. Limitaciones	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general	5
1.5.2. Objetivos específicos	5

1.6.	Hipótesis.....	6
1.6.1.	Hipótesis general	6
1.6.2.	Hipótesis específicas	6
II.	MARCO TEÓRICO	7
2.1.	Trabajos previos	7
2.1.1.	Internacional.....	7
2.1.2.	Nacional	9
2.2.	Teorías relacionadas al tema	10
2.2.1.	Definición del Policloruro de Vinilo (PVC)	10
2.2.2.	Procesos de fabricación de la tubería de PVC.....	11
2.2.3.	Policloruro de Vinilo no plastificado PVC-U.	12
2.2.4.	Policloruro de Vinilo Orientado PVC-O.	12
2.2.5.	Normas de Fabricación de la Tubería PVC-O en el Perú:	22
2.2.6.	Tipos de orientación molecular	22
2.2.7.	Ecuaciones para el cálculo y diseño de tuberías	26
2.2.8.	WaterCAD V8.....	28
III.	METODOLOGÍA.....	30
3.1.	Tipo y diseño de investigación.....	30
3.1.1.	Tipo de investigación	30
3.1.2.	Nivel de investigación	30
3.1.3.	Diseño de la investigación.....	31
3.2.	Variables y operacionalización	31
3.3.	Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	32

3.3.1. Población	32
3.3.2. Muestra	32
3.3.3. Muestreo	32
3.3.4. Unidad de Análisis	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	33
3.4.1. Técnicas.....	33
3.4.2. Instrumentos	33
3.5. Procedimientos.....	34
3.6. Aspectos éticos.....	35
IV. RESULTADOS	36
4.1. Datos técnicos para análisis y diseño hidráulico	36
4.2. Análisis de resultados comparativos entre tuberías PVC-O y PVC-U	41
4.2.1. Para el primer objetivo específico:	41
4.2.2. Para el segundo objetivo específico:.....	44
4.2.3. Para el tercer objetivo específico:	54
V. DISCUSIÓN.....	56
5.1. Discusión de resultados.....	56
VI. CONCLUSIONES	59
6.1. Conclusión general.....	59
6.2. Conclusiones específicas	59
VII. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS	67

Índice de tablas

Tabla N° 1 Características físicas de la resina de PVC.....	15
Tabla N° 2 Pérdida de Carga en impulsión	21
Tabla N° 3 Potencia necesaria de bombeo para cada material	21
Tabla N° 4 Potencia necesaria en la Estación de Bombeo para cada material % ...	21
Tabla N° 5 Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales	27
Tabla N° 6 Muestra de tuberías en estudio	32
Tabla N° 7 Cálculo de caudal de diseño	36
Tabla N° 8 Propiedades técnicas de la tubería PVC-U UF ISO 1452	41
Tabla N° 9 Especificaciones Técnicas de tubería PVC-U NTP- ISO 1452 PN 10 bar	41
Tabla N° 10 Propiedades técnicas de la tubería PVC-O Clase 500 ISO-16422.....	42
Tabla N° 11 Especificaciones técnicas TOM PVC-O 500 ISO -16422	43
Tabla N° 12 Características Técnicas de Tuberías en estudio.....	44
Tabla N° 13 Análisis estadístico para prueba de hipótesis (presiones).....	46
Tabla N° 14 Análisis estadístico para prueba de hipótesis (velocidades).	48
Tabla N° 15 Comparación de velocidades en porcentaje de incidencia.....	50
Tabla N° 16 Análisis estadístico para prueba de hipótesis de presiones entre tubería PVC-O y PVC-U en línea de impulsión	51
Tabla N° 17 Resultados de capacidad hidráulica de un tubo PVC-O contra el PVC-U.	53
Tabla N° 18 Pérdida de Carga unitaria entre tubería PVC-O y PVC-U.	54
Tabla N° 19 términos de capacidad hidráulica y pérdida de carga.....	57

Índice de gráficos y figuras

Figura N° 1 Mapa de ubicación del estudio.....	3
Figura N° 2 Mapa de la provincia de Tambopata	4
Figura N° 3 Ubicación del Distrito y área de estudio	4
Figura N° 4 Transformación de la partícula de Monómero de Cloruro de Vinilo en polímero PVC.....	11
Figura N° 5 Efecto de la orientación en la estructura molecular.....	13
Figura N° 6 Ciclo de vida de las tuberías de PVC-O	14
Figura N° 7 Clasificación del material de la tubería de PVC Orientado.....	18
Figura N° 8 Propiedades mecánicas de la tubería PVC-O frente a la PVC-U	18
Figura N° 9 diferencia de espesores entre tubo PVC-O, PVC-U y HDPE.....	19
Figura N° 10 Sobrepresión producida por cierre brusco en tuberías.....	20
FIGURA N° 11 Imágenes de Instalación de Tuberías PVC-O.....	22
Figura N° 12 Orientación Mono-axial y Bi axial	23
Figura N° 13 Unidad de control térmico para precalentamiento.....	24
Figura N° 14 Proceso de orientación molecular biaxial	24
Figura N° 15 Unidad de Orientación Molecular Biaxial.....	25
Figura N° 16 Composición del Plato de Orientación Molecular	26
Figura N° 17 Descripción gráfica del caudal	28
Figura N° 18 Mapa del Distrito de Laberinto	37
Figura N° 19 Mapa de curvas de nivel del Distrito de Laberinto.....	38
Figura N° 20 Esquema del sistema de impulsión de agua potable	39

Figura N° 21 Esquema del sistema de aducción de agua potable	39
Figura N° 22 Esquema de la Red de Distribución del Distrito de Laberinto	40
Figura N° 23: Comparación de presiones entre tubería PVC-O y PVC-U	45
Figura N° 24 Comparación de la velocidad del caudal en línea de aducción	47
Figura N° 25 Esquema de línea de impulsión desde PTAP hasta Reservoirio	49
Figura N° 26 Comparación de velocidad del caudal en Línea de impulsión.....	50
Figura N° 27 Comparación de presiones entre tubería PVC-U y PVC-O en Línea de impulsión	51
Figura N° 28 Análisis de costos unitarios de suministro e instalación de tuberías PVC-O y PVC-U.....	55
Figura N° 29. Plano de redes ejecutadas de agua potable.	103
Figura N° 30. Plano de levantamiento topográfico – curvas de nivel.	104
Figura N° 31. Inspección de Tuberías utilizadas en el sistema de agua potable, en la línea de conducción y línea de aducción.....	105
Figura N° 32. Herramienta software Watercad v8i, para el procesamiento de datos y modelamiento hidráulico del sistema de agua potable.....	106

RESUMEN

El objetivo de la investigación es evaluar la incidencia del análisis comparativo técnico-económico entre sistemas de agua potable, con tuberías de PVC-O y PVC-U en el distrito de Laberinto, Madre de Dios. El uso de tuberías PVC-O, brindará mayores beneficios técnicos – económicos respecto a la tubería convencional de PVC-U.

La metodología de la investigación, es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, un nivel de investigación explicativa y un diseño no experimental de carácter descriptivo comparativo; la población objetivo, es el sistema de agua potable del distrito de laberinto y la muestra del presente estudio fueron las líneas de impulsión, aducción y red de distribución de agua potable, el muestreo se realizó por el método no probabilístico, por conveniencia.

Los resultados obtenidos entre el análisis de la tubería PVC-O y la tubería PVC-U son significativos, ya que se hizo el modelamiento hidráulico, de la línea de impulsión, línea de aducción y red de distribución y se obtuvo un mejor comportamiento hidráulico con la aplicación de la tubería PVC-O, que la tubería PVC-U, tomando en consideración en cada una de las características técnicas como diámetro interior, rugosidad, tipo de material, costo, entre otros. Así mismo se recomienda la utilización de tubos PVC-O en sistemas que abastecen a grandes poblaciones, ya que es ahí en donde se utilizan mayores diámetros de tuberías, así como en los caudales transportados, siendo esto factor importante para la optimización económica.

Palabras clave: Policloruro de Vinilo, PVC Orientado, PVC no plastificado, PVC-O, PVC-U.

ABSTRACT

The objective of the research is to evaluate the incidence of the technical-economic comparative analysis between drinking water systems, with PVC-O and PVC-U pipes in the district of Laberinto, Madre de Dios. The use of PVC-O pipes will provide greater technical and economic benefits compared to conventional PVC-U pipes.

The research methodology is of an applied type, with a quantitative approach, an explanatory level of research and a non-experimental design of a comparative descriptive nature; the target population is the drinking water system of the district of labyrinth and the sample of the present study was the impulsion lines, adduction and distribution network of drinking water, the sampling was carried out by the non-probabilistic method, for convenience.

The results obtained between the analysis of the PVC-O pipe and the PVC-U pipe are significant, since the hydraulic modeling of the impulsion line, adduction line and distribution network was carried out and a better hydraulic behavior was obtained with the application of the PVC-O pipe, than the PVC-U pipe, taking into consideration each of the technical characteristics such as inner diameter, roughness, type of material, cost, among others. Likewise, the use of PVC-O pipes is recommended in systems that supply large populations, since it is there where larger diameters of pipes are used, as well as in the transported flows, this being an important factor for economic optimization.

Keywords: Polyvinyl chloride, Oriented PVC, non-plasticized PVC, PVC-O, PVC-U.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El acceso a servicios de agua potable de calidad y sostenible tiene un impacto directo y positivo en la salud y la calidad de vida de las personas, contribuyendo a mejorar la autoestima de las personas y su integración en la sociedad. Además, tiene efectos positivos en la educación, la economía y el medio ambiente. Desde un punto de vista estratégico, el servicio de agua potable es el principal medio de desarrollo sostenible para toda la población.

Según el último censo nacional (INEI), en el año 2017, la población del Perú era de 31.237.385 ese año, de los cuales el 78,8% vivía en zona urbana y el 21,2% en zona rural, de los cuales había unos 3 millones de peruanos que no tienen acceso a agua potable. servicios, el 9,5% de ellos viven en zonas rurales. Sin duda es una prioridad en las políticas públicas del país y en el plan nacional de saneamiento 2022-2026 Ministerio de Vivienda (2021 p. 30-32).

En la actualidad se vienen ejecutando proyectos de saneamiento y alcantarillado en su gran mayoría con tuberías de Policloruro de Vinilo, más conocido como PVC, teniendo en el mercado las tuberías tradicionales de policloruro de vinilo no plastificado PVC-U, la cual ofrece mayores pérdidas de carga, menores diámetros interiores y un bajo rendimiento durante la instalación de la tubería. Con la finalidad de modernizar y mejorar las redes de agua potable, existen nuevas tecnologías de fabricación de tuberías, como el de policloruro de vinilo no plastificado orientado PVC-O la cual ofrecen mejores características técnicas como: mejores diámetros internos, menor rugosidad, menores pérdidas de carga, entre otros y con ello se busca obtener un mayor rendimiento durante la instalación de la misma.

Actualmente el distrito de Laberinto, se cuenta con un proyecto en el que se plantea el uso de tubería PVC-U el fin es proponer el uso de tubería PVC-O como nuevo material, para de esta manera contribuir con el uso de nuevas tecnologías en usando a materiales de construcción se refieren.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué beneficios nos brinda el análisis comparativo técnico-económico entre sistemas de agua potable con tuberías de PVC-O y PVC-U en el distrito de Laberinto – Madre de Dios?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las características técnicas de una tubería PVC-O y de una tubería PVC-U?

¿En qué medida beneficia hidráulicamente, el uso de tubería de tipo PVC-O frente a la tubería PVC-U?

¿Cómo influye económicamente el uso de tuberías PVC-O en comparación a la tubería PVC-U?

1.2.3. Justificación de la investigación

La investigación propuesta pretende incorporar dentro de la construcción, nuevas tecnologías en cuanto a materiales se refieren, es así que, con el presente estudio se pretende diseñar, calcular y evaluar de forma técnica y económica las tuberías PVC-O versus los tubos tradicionales PVC-U, con el objeto de incorporar dentro de futuros proyectos en el sector público y privado, el uso de estos nuevos materiales de construcción que vienen ingresando al mercado latinoamericano y peruano.

1.3. Importancia

La presente investigación permitirá a los futuros profesionales, proyectistas, empresarios, contratistas, y consultores, aplicar nuevos materiales en obras de saneamiento y afines, siendo la tubería PVC-O un material de vanguardia que viene ingresando al mercado peruano.

Así mismo es conveniente el estudio ya que se pretende evaluar aspectos técnicos - económicos para en base a ello descubrir las ventajas y desventajas de dicha tubería para el uso y aplicación de nuevos proyectos.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación social

La presente investigación tendrá como beneficiarios directos a los habitantes del distrito de Laberinto Provincial de Tambopata, Región Madre de Dios.

1.4.2. Delimitación geográfica

El estudio se realiza en el Distrito de Laberinto, particularmente en la propiedad de la planta de tratamiento de agua, línea de impulsión y parte alta del distrito, así mismo dentro de las calles del distrito que componen las redes de distribución.

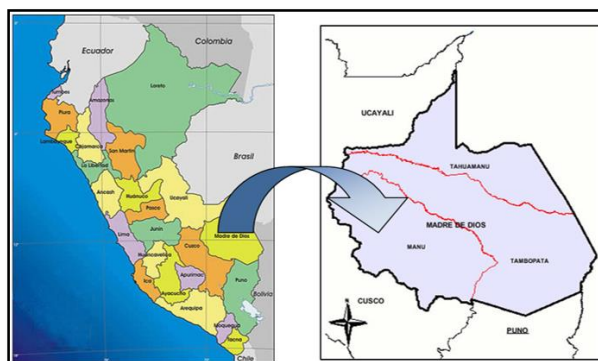
Ubicación geográfica:

Coordenadas UTM. L19 436313.83 E

L19 8594057.83 N

Altitud: 200.20 msnm

Figura N° 1 Mapa de ubicación del estudio



Fuente: Expediente técnico servicio de agua potable y saneamiento del distrito de Laberinto.

Figura N° 2 Mapa de la provincia de Tambopata



Fuente: Expediente técnico servicio de agua potable y saneamiento del distrito de Laberinto.

Figura N° 3 Ubicación del Distrito y área de estudio



Fuente: Google earth.

1.4.3. Delimitación económica

La propuesta tendrá como beneficiarios inmediatos a los pobladores del distrito de Laberinto, y futuros proyectos referente a sistemas de agua potable y otros afines.

1.4.4. Limitaciones

La principal limitante será la disponibilidad en el mercado de estas nuevas tecnologías.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la incidencia del análisis comparativo técnico-económico entre sistemas de agua potable con tuberías de PVC-O y PVC-U en el distrito de Laberinto – Madre de Dios.

1.5.2. Objetivos específicos

Evaluar las características técnicas de una tubería PVC-O y de una tubería PVC-U.

Analizar mediante un modelamiento hidráulico el uso de tubería de tipo PVC-O respecto a la tubería PVC-U y obtener los beneficios de uno, respecto al otro.

Evaluar económicamente el costo unitario de suministro e instalación de la tubería PVC-U y tubería PVC-O.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El uso de tuberías PVC-O brindará mayores beneficios técnicos – económicos respecto a la tubería convencional de PVC-U, en sistemas de agua potable en el distrito de Laberinto – Madre de Dios.

1.6.2. Hipótesis específicas

Al evaluar aspectos técnicos de una tubería PVC-O y de una tubería PVC-U se puede determinar que las tuberías PVC-O brindan mejores condiciones mecánicas, por su composición y la orientación molecular.

La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.

La tubería PVC-O es económicamente más rentable en comparación a la tubería PVC-U.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Trabajos previos

2.1.1. *Internacional*

Navarrete Aguas (2018) En su estudio denominado “El Principio de Orientación Molecular en Policloruro de Vinilo (PVC-O)” realiza una comparación entre un material ya conocido como es el PVC no plastificado y el PVC- orientado. En el que concluye que el PVC-O debido a sus propiedades mecánicas, su vida útil es superior al tradicional. Siendo este más recomendable y compatible con el medio ambiente.

Lalama Fernandez (2015) En su artículo denominado “Análisis Comparativo de Costos entre Tuberías Plásticas de PVC Tradicional y Tuberías de PVC Orientado en Obras de Infraestructura” realiza la evaluación entre estas dos tuberías y puede concluir que, mediante observación en laboratorio, y revisando la bibliografía, se concluye que es necesaria la difusión de los beneficios de la tubería PVC-O en futuros proyectos de acueductos, así mismo indica que el uso de PVC-O se traduce en ahorros energéticos, pues el consumo de energía en kWh es mayor en una tubería PVC-U, a diferencia de la PVC-O.

Albuquerque Mederios & Wiebeck (2013) En el artículo llamado “PVC Orientado - Evaluación del Proceso de Orientación y Propiedades Mecánicas en Función de la Relación de Estiramiento” incorpora a la aplicación de PVC Orientado, la importancia de la gelificación, la cual en base a un determinado nivel de gelificación varía la calidad de los productos. Así mismo se hace el experimento en una muestra de una tubería y se puede observar que: al aumentar la relación de estiramiento, se observan mejoras principalmente en la resistencia máxima a la tracción, el módulo de tracción y la tenacidad de la tubería. Recomienda que se debe de tener bien monitorizados los procesos de gelificación ya que puede provocar diferencias en las propiedades del producto final.

Oscar Alejandro LALAMA FERNANDEZ (2015) demostró mediante mediciones numéricas, análisis estadísticos e investigaciones de campo, que al

usar un nuevo material puede ahorrar dinero significativamente para que pueda hacer mucho más en términos de infraestructura; Además, se concluiría que ayuda a cuidar el medio ambiente al comparar las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía. El apartado de conclusiones nos introducirá en el enfoque cualitativo, ya que se harán ciertas regulaciones de lo particular a lo general, y por tanto habrá muchas en el enfoque global. Se realizará una especie de investigación exploratoria y comparativa, cuyas conclusiones contribuirán al desarrollo del conocimiento científico. En el país existen instalaciones de agua potable designadas mediante tubería de PVC, con amortiguadores elásticos o similares. Se ha propuesto al contratista principal y a los proyectistas de varios proyectos permitir la instalación de tubería de PVC orientado, requisito que en ocasiones se acepta por las ventajas que ofrece este tipo de tubería y el propósito de la tubería. Este documento es legítimo. Por ello, se estudiarán y compararán unos proyectos donde se estudiarán y compararán tuberías de ambas tecnologías (UPVC y PVCO), para finalmente llegar a la conclusión deseada, centrándose en el ahorro y la economía energética y la protección del medio ambiente.

M.A. Osry (2004) En su artículo llamado “Desarrollos modernos y criterios de diseño PVC-U, PVC.M y PVC-O” afirma que la tecnología de materiales para tuberías y la demanda del mercado se han combinado para promover el desarrollo de materiales. Ahorro al mejorar las propiedades de la tubería. Un aumento en la tensión de diseño del material de la tubería de PVC de 10 a 32 MPa y una disminución correspondiente en el espesor de la pared y un factor de seguridad teniendo en cuenta los conceptos de resistencia y tenacidad descritos se aplican a los criterios de diseño para la presión de PVCU, PVCM y PVCO tubería. Comenzando con los estrictos requisitos para la tubería modificada para la industria minera, estos desarrollos demuestran claramente la versatilidad y durabilidad del PVC.

2.1.2. Nacional

Zevallos Quinto y Lopez Churampi (2018) Realizó una tesis sobre el uso de tuberías de PVCO para sistemas de abastecimiento de agua potable, zona Minas del Pedregal, Huarochirí, 2018, en la que concluyó que para utilizar tuberías de PVC es necesario conocer la topografía., datos y diámetros internos para el modelamiento hidráulico utilizando como herramienta el waterGEMS 10.1.

Fabian Janampa, Cesar Ying (2013) En su tesis realiza la comparación técnico económica del uso de tuberías convencionales de PVC versus las tuberías de polipropileno en instalaciones interiores de una edificación, en la región Lima, en el concluye que las tuberías de polipropileno brindan una mejor opción tanto técnica como económica.

Molecor (2021) en su ficha técnica muestra las características técnicas de la tubería PVC-O bajo la política internacional ISO 16422:2014 *“Tubos y empalmes de poli(cloruro de vinilo) no plastificado orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión”*. En uno que muestra tuberías con orientación molecular clase 500, donde se refiere al nivel mínimo de resistencia que se requiere tener en cuenta en el diseño de tuberías para tuberías de agua a 20°C para una vida útil menor de 50 años. En este caso es de 50 MPa, donde presenta tuberías con presiones nominales de PN 12 bar, PN 16 bar, PN 20 bar y PN 25 bar.

Benito (2019) en su artículo titulado *“Uso del PVC-O en las redes hidráulicas de modernizaciones y transformaciones en regadío como medida de optimización del consumo eléctrico y ahorro energético”* concluyó que la alta potencia hidráulica y la baja rugosidad hacen del PVC-O Clase 500 el material ideal para transportar agua con un mínimo consumo de energía.

Martínez del Amo & Romero Montoya (2015) en sus conclusiones finales indica que, gracias a la orientación molecular, las tuberías de PVC-O presentan ventajas tanto en la calidad del producto cómo en sus propiedades mecánicas, así como una mayor eficiencia durante la instalación, beneficiándose así en las redes de riego.

Asimismo, resulta muy importante el desarrollo sostenible del planeta y la optimización del consumo de recursos naturales, tales como:

- Eficiencia o Menos consumo de materias primas: Petróleo y PVC o Menos residuos y además 100% reciclable o Largo vida útil.
- Económica o Reducción del consumo de energía en todo su ciclo de vida: producción, transporte, instalación, uso (bombeo) y disposición final u Optimización del agua
- Durabilidad o Mejor huella ambiental que otros materiales tradicionales o Menor contribución al calentamiento global.

2.2. Teorías relacionadas al tema

2.2.1. Definición del Policloruro de Vinilo (PVC)

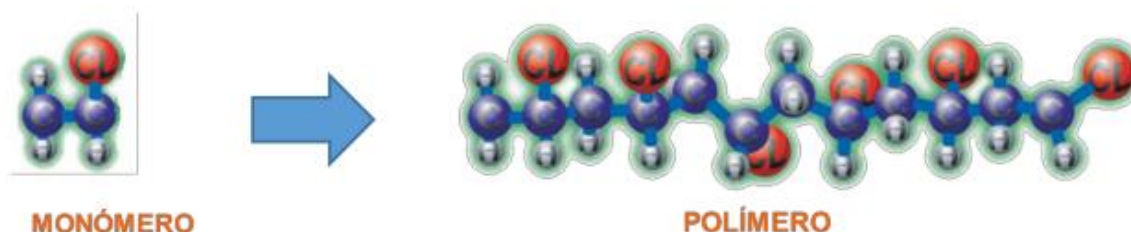
Según el Instituto nacional de seguridad e higiene den el trabajo (2016) El PVC es obtenido por un proceso de polimerización de cloruro de vinilo monómero (CVM). Se fabrica en diferentes presentaciones: sólidas y líquidas. Las sólidas consisten en polvo, gránulos, fibras o pellets. A éste también se le denomina: cloruro de polivinilo, polímero de cloroetileno, cloruro de polietileno, polímero de cloruro vinílico, cloroetileno homopolímero, entre otros.

Para Bruera & Suarez (2018) El PVC es un polímetro termoplástico, y se obtiene de dos materias primas encontradas en la naturaleza: 57% del cloruro de sodio o sal común (ClNa), que es una fuente inagotable y un 43% del petróleo, El PVC es el plástico con menos dependencia del petróleo, ya que dicha fuente es limitada en el tiempo. Así mismo solo el 4% del consumo total del petróleo van a la fábrica de materiales plásticos y de ello solo la octava parte va a la fabricación del PVC.

Para Revilla Velarde (2018) La resina de Policloruro de Vinilo se produce de 2 recursos naturales, petróleo (43%) y sal común (57%), que sometido a altas temperaturas y presiones y a través de una reacción química transforma el monómero en polímero, a su vez el autor indica que lo siguiente:

“la polimerización es un proceso de unir varias partículas (moléculas) libres en una única cadena, llamada polímero” (p. 44).

Figura N° 4 Transformación de la partícula de Monómero de Cloruro de Vinilo en polímero PVC.



Fuente: Revilla Velarde (2018)

2.2.2. Procesos de fabricación de la tubería de PVC.

“Los procesos de fabricación de tubería de PVC, son extrusión, inyección y formación manual de piezas” Shuan Toledo (2018, p. 21).

a) Extrusión:

Según Cruz de la Cruz y Salirrosas Cuzquipoma (2019, p. 28) El proceso consiste en calentar el polímero y pasarlo a través de la matriz, el método empleado es válido para el polietileno y el PVC.

Para Shuan Toledo (2018) La extrusora de PVC gira principalmente múltiples tornillos, cae de la tolva, el compuesto de PVC en forma de polvo pasa a través de una ranura hacia el cilindro de extrusión y el bloque de plástico de PVC se forma bajo la alta presión de 140 - 350 kg/cm² (2,000-5 , 000 PSI), y este plástico caliente se moldea en un cilindro.

b) Inyección:

Para Cruz de la Cruz y Salirrosas Cuzquipoma (2019) en el proceso de inyección se tiene un molde de diversas formas, por el que se inyecta el polímero o resina fundida mediante un proceso cíclico. Las máquinas de tipo inyección posee una estructura similar a la de extrusión.

2.2.3. Policloruro de Vinilo no plastificado PVC-U.

Lalama Fernandez (2015) indica como definición que la materia prima con la que se fabrican los tubos, sus fibras no se encuentran ordenadas a nivel molecular.

Navarrete Aguas (2018) En su tesis hace referencia que el policloruro de vinilo es un polímero amorfo, y que las moléculas se presentan en varias direcciones, principalmente inerte e indestructible, así mismo con una adición de carbono, hidrogeno y cloro, se obtiene materiales en estado rígido (tuberías, perfiles, etc.) o flexible (suelos, cables, etc.).

Según Eurotubo (2012) Los Tubos de PVC-U son diseñados para una duración de 50 años, esto en función al comportamiento del material, se comprueba con tuberías de hace más de 30 años, siendo estos valores extrapolados con un factor de seguridad de 2.5 en el que se obtiene 50 años.

2.2.4. Policloruro de Vinilo Orientado PVC-O.

2.2.4.1. El PVC y la orientación molecular:

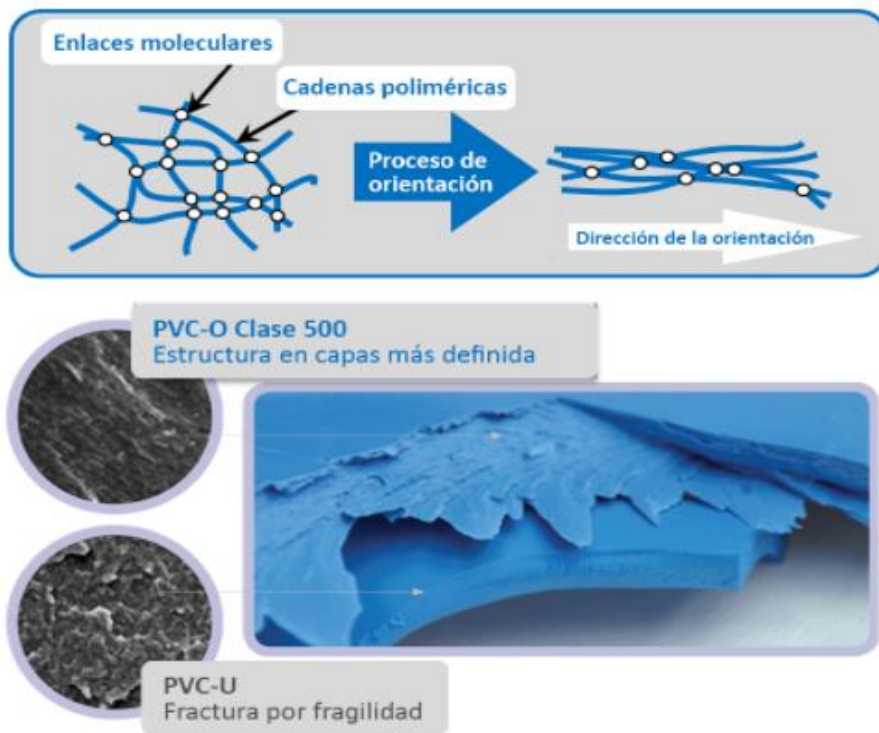
Molecor (2021a) El PVC-O es el resultado de la reorganización de la estructura amorfa del PVC-U en una estructura multicapa, lo que otorga propiedades mecánicas únicas a las tuberías de plástico, tales como: alta rigidez y resistencia a la fatiga, alta resistencia al impacto (prácticamente irrompible), excelente comportamiento de alivio de presión, prevención de fisuras por transferencia y buena flexibilidad.

Rincón Benito & Muñoz (2020) Indica que el PVC es básicamente un polímero amorfo, y que las moléculas se encuentran ubicadas en direcciones aleatorias. Pero dada una determinada condición de presión, temperatura y velocidad, y estirando dicho material, las moléculas de polímero pueden ajustarse en la misma dirección en la que se realizó el estiramiento.

(Rincón Benito y Muñoz, 2020) indica que: La orientación molecular altera la estructura del PVC mediante la disposición de moléculas poliméricas. (p.7).

Ferrante & Capponi (2017) indica que el PVC orientado molecularmente se puede considerar como una mejora del PVC no plastificado más convencional (PVC-U o PVC). Para lograr la orientación molecular, los tubos extruidos se agrandan primero mediante un aumento de la presión interna a alta temperatura y luego se enfrían por medio de agua o aire. Como consecuencia de este proceso, la resistencia a la tracción casi se duplica, dando lugar a mayores diámetros internos y pesos reducidos para la misma presión nominal de tubería (Pag. 1).

Figura N° 5 Efecto de la orientación sobre la estructura molecular



Fuente: MOLECOR, (2021)

Osry (2004) Las tuberías de presión de PVC-O se han utilizado durante casi 30 años, pero solo con la llegada del proceso de producción en línea, el producto se ha vuelto competitivo frente a otras tuberías por las siguientes razones principales:

- Las tasas de producción de producción muy mejoradas y los costos de fabricación reducidos.

- La notable combinación de propiedades de resistencia y tenacidad que permite mayores tensiones de diseño y ahorro de material, especialmente en las clases de presión más altas.

Según Rincón Benito & Muñoz (2020) El PVC orientado es rígido e impermeable a los productos químicos naturales, lo que lo hace inerte a la degradación en comparación con otras tuberías tradicionales.

Martínez del Amo & Romero Montoya (2015) indica en su revista *“Tuberías de PVC Orientado: Eficiencia, ahorro energético y sostenibilidad”* La tubería de PVC está orientada evitando consumos innecesarios de energía durante su larga vida útil, ya que al haber sido analizados todos sus parámetros da mejores resultados que otros materiales. (p. 1).

Figura N° 6 Ciclo de vida de las tuberías de PVC-O



Fuente: Martínez del Amo & Romero Montoya (2015)

2.2.4.2. Materia Prima

La tubería de PVC-O se fabrica con resina de PVC, considerando la norma UNE-ISO 16422:2015, Pérez Arrieta & Merizalde Dobles (2020) a continuación, se muestra la siguiente tabla.

Tabla N° 1 Características físicas de la resina de PVC

Características	Requisitos	Parámetros de ensayo	Métodos de ensayo
Valor de K	≥ 64	ISO 1628-2	ISO 1628-2

Fuente: Pérez Arrieta & Merizalde Dobles (2020).

2.2.4.3. Términos y Definiciones Según Norma Técnica Peruana NTP-ISO 16422

a) Diámetro exterior nominal (DN):

Según NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422 (2012) “Designación de tamaño numérico común a todos los componentes termoplásticos en sistemas de tuberías, excepto para las designaciones de tamaño de brida y rosca” (p. 5).

b) Espesor nominal de pared (e_n):

Espesor de pared especificado, en milímetros.

c) Presión nominal (PN):

Para la NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422 (2012) es la “Símbolos alfanuméricos relacionados con las propiedades mecánicas de los componentes del sistema de tuberías para referencia” (p.6).

d) Presión hidrostática (P):

Para la NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422 (2012) es la “Presión dentro del sistema de tuberías” (p. 6).

e) Presión de trabajo:

La NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422 (2012) define como “Presión máxima que el sistema de tuberías puede soportar en uso continuo sin sobrepresión” (p. 6).

Para sistemas de tuberías fabricados con materiales termoplásticos, el valor de la presión nominal es igual a la presión de trabajo a una temperatura de 20 °C, en bar.

f) Esfuerzo hidrostático (σ):

La NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422 (2012) define como “Tensión generada en la pared de la tubería bajo la influencia de la presión hidráulica interna, en MPa” (p. 6).

$$\sigma = p \frac{(d_n - e_n)}{20 e_n}$$

Dónde:

p es la presión interna aplicada, en bar.

d_n es el diámetro exterior nominal de la tubería, en milímetros.

e_n es el espesor de pared nominal, en milímetros.

g) Resistencia hidrostática para 50 años a 20 °C , σ LTHS:

El valor del esfuerzo, MPa, se puede considerar como una propiedad del material en consideración..

Proporciona un límite de confianza inferior del 97,5 % para la resistencia hidrostática a largo plazo y es igual a la resistencia media esperada a 20 °C y 50 años de presión hidrostática. NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422 (2012 p. 6).

h) Resistencia mínima requerida (RMR):

Según la NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422 (2012) indica que el valor requerido de σ_{LPL} a la temperatura T es de 20 °C y el tiempo t es de 50 años.

Para un material en particular, su RMR se establece a partir del valor de σ_{LPL} redondeado hacia abajo al valor inferior más cercano de la primera serie R 10, cuando σ_{LPL} es inferior a 10 MPa o al valor inferior más cercano con la serie R 20 cuando σ_{LPL} es mayor de 10 MPa, según ISO 3

i) Coeficiente de diseño (C):

La NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422 (2012) Definido de la siguiente manera: Para valores mayores a 1, el valor incluye las condiciones y propiedades de operación de los componentes del sistema de tuberías además de las contenidas en los límites de confianza inferiores. σ_{LPL} .

j) Tubo serie (S):

Es un Número adimensional para designar un tubo.

k) Relación dimensional estándar (SDR):

La *“Designación numérica de una serie de tuberías, cuyo número se redondeará a un factor de tamaño aproximadamente igual al diámetro exterior nominal d_n y al espesor de pared nominal considerado”*. NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422 (2012 p. 6).

2.2.4.4. Propiedades de resistencia y tenacidad del PVC-O

Las tuberías de PVC-O se fabrican por un proceso patentado que orienta las moléculas de cadena larga de la tubería de PVC-U como materia prima producida por métodos convencionales de extrusión Osry (2004).

Según Osry (2004) en su artículo indica que si se aumenta el diámetro de la tubería durante el proceso de extrusión, orienta a las moléculas en la dirección del aro y conduce a mejoras sustanciales en las propiedades físicas, tanto de resistencia como de tenacidad. La orientación molecular aumenta en gran medida la resistencia a corto y largo plazo del material.

Así mismo Osry (2004) indica que dadas las excelentes propiedades de resistencia y tenacidad, se pueden aplicar factores de seguridad de 1,6 o 1,4 a 50 años para los materiales de PVC-O MRS 45 y MRS 50 (20). Se utilizan tensiones de diseño de 28 y 32 MPa para estas tuberías de PVC-O, lo que genera un ahorro de material de más del 50 % y el 30% en comparación con los productos equivalentes de PVC-U y PVC-M, respectivamente.

2.2.4.5. Clasificación del material:

Pérez Arrieta & Merizalde Dobles (2020) Indica que, según los grados de la norma internacional ISO 16 22 (estándar que da origen a la NTP ISO 16 22) se definen entre los valores 315, 355, 400, 450 y 500, de los cuales la clase 500 PVCO es el grado más alto. Esto implica que después de 50 años, la MRS (resistencia mínima requerida) será de 50 MPa.

Figura N° 7 Clasificación del material de la tubería de PVC Orientado.

Número de clasificación del material del tubo	315		355		400		450			500		
MRS MPa ^a	31,5		35,5		40		45			50		
C	1,6	2	1,6	2	1,6	2	1,4	1,6	2	1,4	1,6	2
σ_s MPa	20	16	22	18	25	20	32	28	23	36	32	25

^a Se pueden escoger clases de MRS más altas, siempre que sigan la serie R20 de la Norma ISO 3:1973.

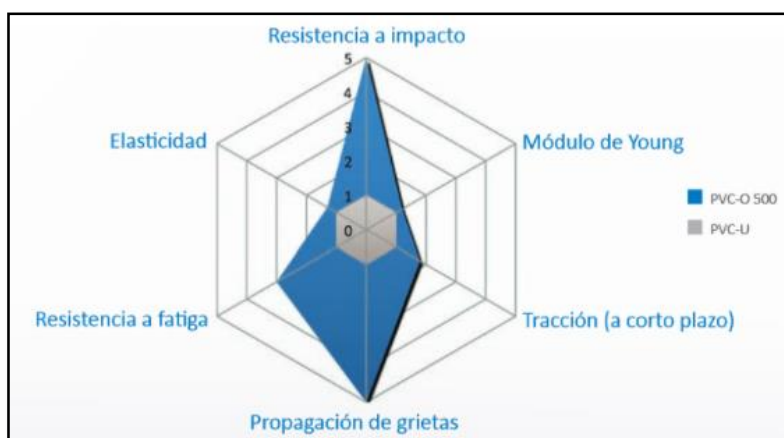
Fuente: AENOR (2015, p. 12)

2.2.4.6. Ventajas

a) Resistencia Mayor al Impacto

AGITALY PERU (2019) La tubería orientada molecular (TOM) o PVC-O es sin duda casi indestructible por golpes. Es así que se evita en su totalidad las roturas de las tuberías al momento de la instalación, así mismo su orientación molecular evita la propagación de grietas, grietas o rayones, lo que aumenta la vida útil del producto.

Figura N° 8 Propiedades mecánicas de la tubería PVC-O frente a la PVC-U



Fuente: MOLECOR (2021b)

b) Elevada resistencia hidrostática a corto y largo plazo

AGITALY PERU (2019) El tubo PVC-O soporta Resistencias a presión interna de más del doble de presión nominal, por lo que podemos decir que soporta sobrepresiones puntuales como golpe de ariete. De manera similar, las tuberías que operan a presión nominal tienen una vida útil de más de 100 años.

c) Resistencia a la corrosión

MOLECOR (2021b) El PVC-O no está sujeto a la corrosión, la cual puede ser causada por sustancias naturales del suelo, así como por agroquímicos, en definitiva, las tuberías no requieren de ninguna medida de protección adicional o especial, esto equivale al ahorro de costes.

d) Mayor capacidad hidráulica

Según MOLECOR (2021b) Una tubería de PVC-O al tener un menor espesor de las paredes, se incrementa el diámetro interior, al final esto ayuda a que se pueda transportar mucha más agua con un mismo diámetro nominal.

AGITALY PERU (2019) La superficie interior de la tubería de PVCO es muy suave, lo que reduce en gran medida la caída de presión y evita la formación de depósitos en la pared de la tubería. Esto optimiza la potencia hidráulica entre un 15 % a un 40 % más que otras mangueras fabricadas con otros materiales con diámetros exteriores similares.

Figura N° 9 diferencia de espesores entre tubo PVC-O, PVC-U y HDPE.

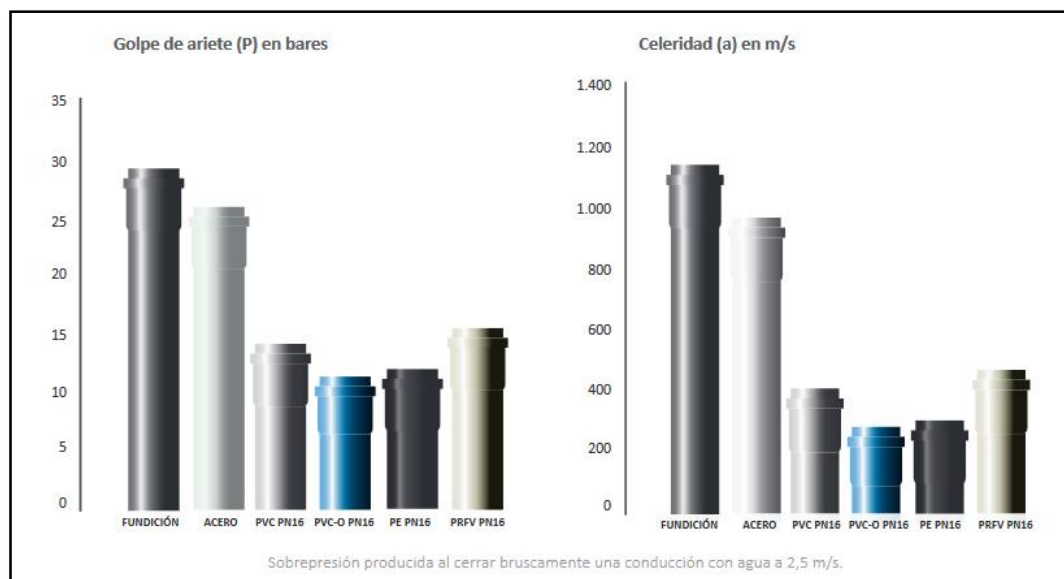


Fuente: (MOLECOR, 2021b)

e) Excelente comportamiento frente al golpe de ariete

Según MOLECOR (2021b) Una línea PVC-O Clase 500, reduce drásticamente los picos de sobrepresión que actúan como un resorte, durante la operación de la red, siendo esta absorbida por la tubería, así mismo indica que dicha tubería tiene un coste muy bajo de mantenimiento, por lo que resulta económicamente rentable en el tiempo.

Figura N° 10 Sobrepresión producida por cierre brusco en tuberías



Fuente: MOLECOR, (2021b) Conducción con agua 2.5 m/s.

f) Eficiencia energética

MOLECOR (2021b) Indica que durante el proceso de fabricación de las tuberías PVC-O requiere menos cantidad de energía para su producción, en comparación a las tuberías convencionales, con esto se concluye que se convierten en altamente eficientes.

Según estudios realizados por Benito Rincón (2019) para bombear 300 l/seg. A una diferencia de altura de 70 m. se tiene una tubería con diámetro nominal DN 500 y un límite de velocidad de 2 m/s obtiene los siguientes resultados mostrados en la Tabla N° 2:

Tabla N° 2 Pérdida de Carga en impulsión

	Tubería			Caudal	C (Hazen Williams)	J (m/km)	LONG (km)	Total J	10% Pérdidas localizadas	Total J
	Material	PN	DN							
1	PVC-O	16	500	300	140	4,67	5	23,33	2,33	25,67
2	PEAD	16	560	300	140	5,43	5	27,13	2,71	29,84
3	PVC-U	16	500	300	140	6,58	5	32,90	3,29	36,19
4	PRFV	16	500	300	100	6,63	5	33,14	3,31	36,45
5	Acero	16	500	300	90	8,05	5	40,27	4,03	44,30
6	Fundición	C30	500	300	100	6,63	5	33,14	3,31	36,45

Fuente: Benito Rincón (2019)

Tabla N° 3 Potencia necesaria de bombeo para cada material

	Material	DN (mm)	Caudal (l/s)	Diferencia de cotas (m)	Pérdida carga total (m)	Altura de bombeo (m.c.a.)	Grav (m/s ²)	Densidad del agua	Potencia demandada en E.B (CV)
1	PVC-O	500	300	100	23,33	123,33	10	1.000	503,4
2	PEAD	560	300	100	27,13	127,13	10	1.000	518,9
3	PVC-U	500	300	100	32,90	132,90	10	1.000	542,4
4	PRFV	500	300	100	33,14	133,14	10	1.000	543,4
5	Acero	500	300	100	40,27	140,27	10	1.000	572,5
6	Fundición	C30	300	100	33,14	133,14	10	1.000	543,4

Fuente: Benito Rincón (2019)

Según los cuadros mostrados se observa un incremento de diámetro en el caso de tubería de Polietileno de alta densidad (PEAD), así mismo en la tabla N° 3 se puede ver que la potencia demandada en la estación de bombeo es la menor, 503.40 CV.

Tabla N° 4 Potencia necesaria en la Estación de Bombeo para cada material %

	Material	DN (mm)	Potencia demandada en E.B (CV)	%
1	PVC-O	500	503,41	100%
2	PEAD	560	518,89	103,1
3	PVC-U	500	542,45	107,8
4	PRFV	500	543,41	107,9
5	Acero	500	572,55	113,7
6	Fundición	500	543,41	107,9

Fuente: Benito (2019, p.7)

g) Menor coste de instalación

MOLECOR (2021b) Indica que el rendimiento del PVC-O en metros / hora de instalación es mucho mayor, debido a su ligereza y flexibilidad; su ligereza permite su manipular e instalar sin ayuda mecánica plumas o grúas, hasta un diámetro de 250 mm.

FIGURA N° 11 Imágenes de Instalación de Tuberías PVC-O



Fuente: MOLECOR (2021b)

2.2.5. Normas de Fabricación de la Tubería PVC-O en el Perú:

SGE Perú (2022) Indica que la tubería PVC-O 500 está fabricada de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP – ISO 16422 – 2012 “Tubos y accesorios de Poli (cloruro de vinilo orientado (PVC-O) para tuberías de agua a presión.

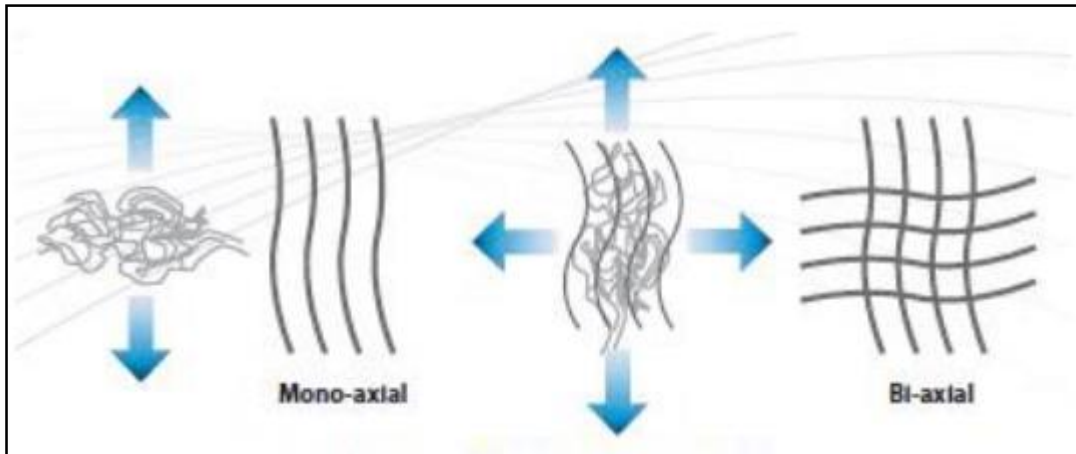
2.2.6. Tipos de orientación molecular

Según Manrich, (2005) en su libro en portugués “*Processamento de termoplásticos*” indica lo siguiente:

“La orientación molecular modifica las propiedades mecánicas y ópticas e incluso la resistencia a los productos químicos y la radiación ultravioleta, entre otros. El procesamiento (moldeo por inyección, extrusión, calandrado), genera una orientación molecular que, a su vez, gobierna la mayoría de las propiedades del producto final” (p.48).

Alvez de Lima Júnior (2016) Indica que la orientación molecular de los polímeros se puede hacer a partir de materiales semi cristalinos como el Polipropileno (PP) y el Polietileno tereftalato (PET) o amorfos como el Poliestireno (PS), el Polimetilmetacrilato (PMMA) o incluso el PVC.

Figura N° 12 Orientación Mono-axial y Bi axial



Fuente: Alvez de Lima Júnior (2016)

a) Moldeo por extrusión con orientación molecular biaxial

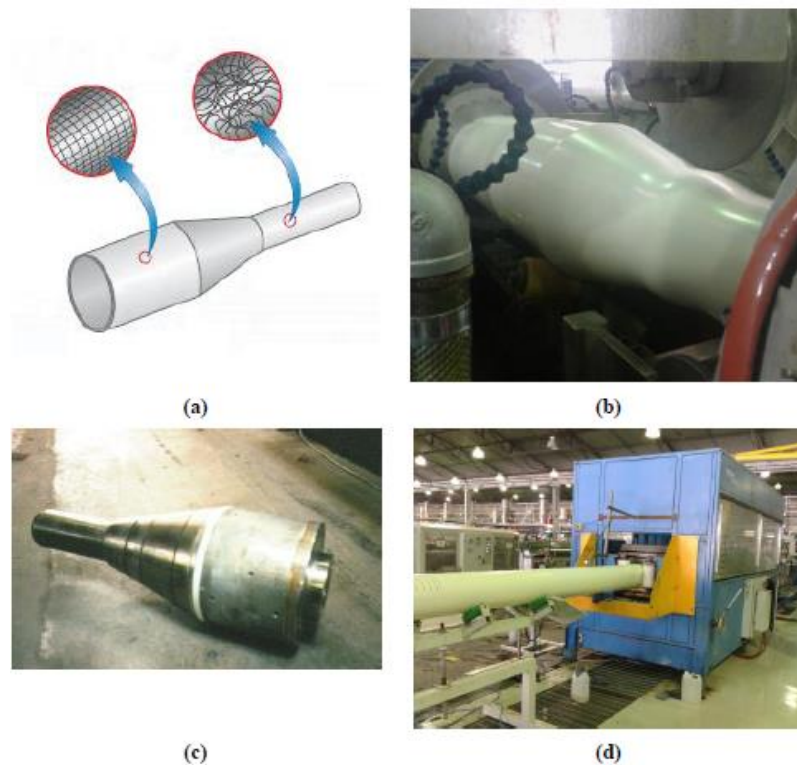
Brevemente, la preforma se precalienta en una unidad de control térmico, conocida como “horno de orientación”, mostrada en la Figura 13, seguidamente, se extruye (también con un diámetro menor y mayor espesor de pared que el tubo final) y bajo temperatura adecuada, pasa sobre un mandril de diámetro exterior mayor que el diámetro interior del extruido, orientando el tubo de forma circunferencial, mientras que un mango se encarga de orientar el componente axial, paralelo a la línea de extrusión, tirando del tubo a una velocidad superior a la de extrusión de la preforma, como se muestra en la Figura 14. Todo este proceso se realiza en un sistema conocido como “Unidad de Orientación”, que se muestra en la figura como se ilustra en la Figura 15.

Figura N° 13 Unidad de control térmico para precalentamiento



Fuente: Alvez de Lima Júnior (2016). Unidad de control térmico para precalentamiento de preformas para orientación molecular.

Figura N° 14 Proceso de orientación molecular biaxial



(a) Vista esquemática de la expansión de la preforma; (b) Visión Real de la Expansión de Preformas; (c) Mandril de Orientación Molecular (d) Mango

Fuente: Alvez de Lima Júnior (2016).

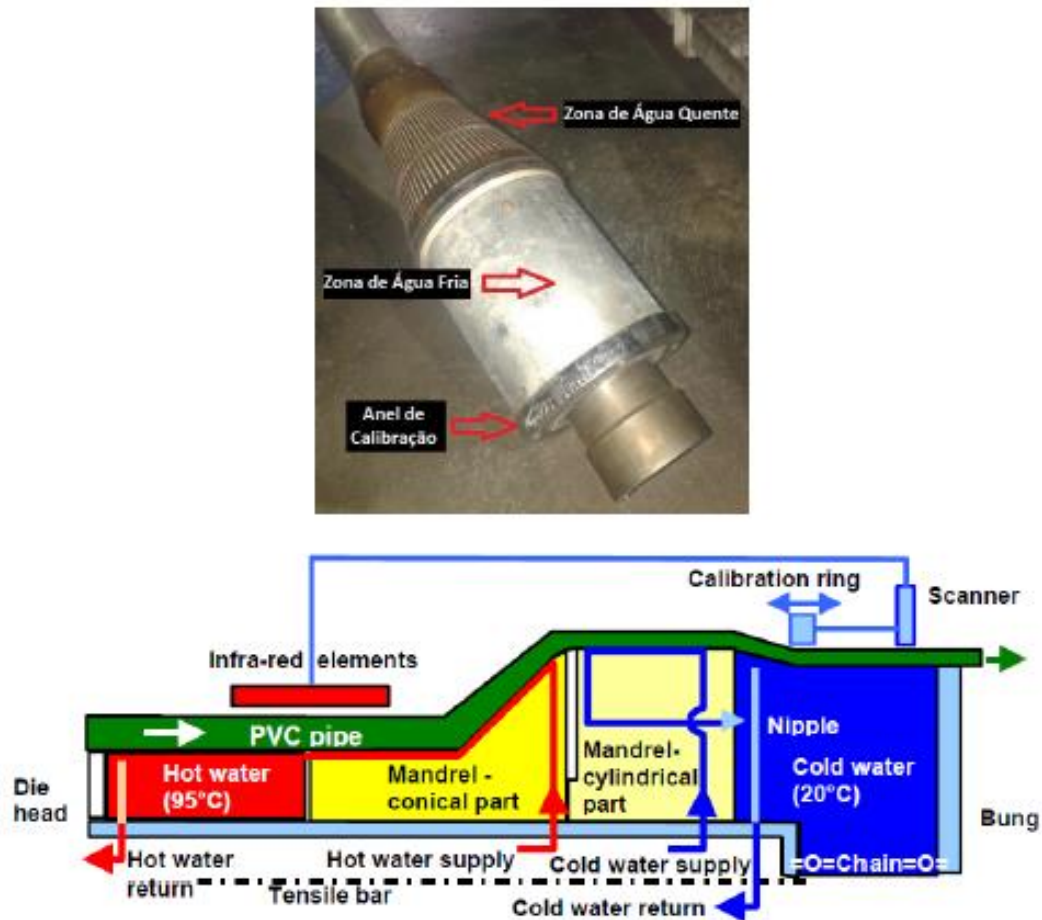
Figura N° 15 Unidad de Orientación Molecular Biaxial



Fuente: Alvez de Lima Júnior (2016).

Alvez de Lima Júnior (2016) El mandril orientado molecularmente se compone de tres zonas distintas, como se muestra en la Figura 16. En la región de orientación molecular, el agua caliente fluye a unos 95°C. Después del enfriamiento de la región de orientación molecular a unos 20°C, para congelar las microestructuras alineadas. Después del enfriamiento, el control dimensional se realiza a través del anillo de calibración.

Figura N° 16 Composición del Plato de Orientación Molecular



Fuente: Alvez de Lima Júnior (2016).

2.2.7. Ecuaciones para el cálculo y diseño de tuberías

2.2.7.1. Diseño de tubería

Para Saldarriaga (2007, p. 87) el diseño de una tubería se requiere una bomba o diferencia de niveles, algunas tipologías del tubo como: longitud, accesorios y sus pérdidas de carga; propiedades del flujo como: densidad y viscosidad dinámica. El diámetro de tubería debe de escogerse de acuerdo a lo comercializado en el mercado y considerar el diámetro interior.

2.2.7.2. Ecuación de Hazen Williams

Para Saldarriaga (2007) indica que es una de las ecuaciones empíricas más exitosas elaborada por G. S. Williams y A. H. Hazen en el año 1906. (p. 153).

Para Rocha Felices (2007) Es ampliamente utilizado en el cálculo de tuberías de suministro de agua. Su uso está limitado a aguas en flujo turbulento, a tuberías de diámetro superior a 2" y velocidad no superior a 3 m/s. (p. 218).

$$hf = \frac{10.674 \times L \times Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.871}}$$

Dónde:

hf = Pérdida de Carga (mH₂O)

L = Longitud de tubo (m)

Q = Caudal (l/s)

C = Factor Hazen-Williams (150) (ver tabla N° 5)

D = Diámetro (mm)

Tabla N° 5 Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Fuente: Alegret Breña y Martínez Valdés (2019).

Bombardelli y García (2005) concluye que la fórmula de Hazen Williams es aplicable para un rango de valores de C entre 100 y 160.

2.2.7.3. Velocidades de Diseño

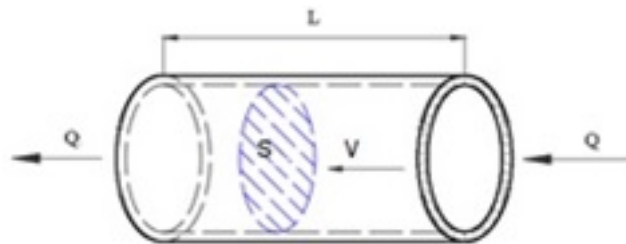
a) Velocidad Mínima.- La velocidad mínima no debe producir sedimentos ni erosión, esta velocidad no debe ser inferior a 0.60 m/s MINISTERIO DE VIVIENDA (2006).

b) Velocidad Máxima. – La velocidad máxima en tuberías de hormigón no debe superar los 3 m/s y en tuberías de fibrocemento, acero y PVC = 5 m/s MINISTERIO DE VIVIENDA (2006).

2.2.7.4. Caudal

Monge Redondo (2017) define al caudal como “La cantidad de agua que pasa sobre una superficie en un tiempo dado”.

Figura N° 17 Descripción gráfica del caudal



Fuente: Monge Redondo (2017)

Ecuación de caudal:

$$Q = V * \frac{d}{t} = S * v$$

Dónde:

- V= Velocidad
- d= L= distancia
- t= tiempo
- v= velocidad.

2.2.8. WaterCAD V8

Para Saldarriaga (2007) WaterCAD V8 XM es un programa muy potente que se utiliza para la gestión completa de las redes de distribución de agua potable, incluida la simulación hidráulica, la calibración y el diseño optimizado de la red.

Este software puede modelar varios componentes hidráulicos, como estaciones de bombeo, válvulas reguladoras, y controles automatizados sensibles a la presión o al caudal.

Para BENTLEY SYSTEMS (2022) el uso de WaterCAD V8i es beneficioso para la planificación, diseño y operación de los sistemas de distribución de agua.

- Le permite ampliar la capacidad para que coincida con los niveles de servicio.
- Puede proporcionar agua potable limpia sin problemas.
- Le permite hacer diseños rentables y de alta calidad.

III. METODOLOGÍA

La metodología empleada en la investigación obedece a los procesos de un estudio y ensayos practicados en la investigación comprenden el enfoque cuantitativo. Muñoz Rocha (2015), la investigación cuantitativa contiene la información en base de datos numéricos, en especial los datos estadísticos que aportan para dar respuestas al objeto de estudio, por lo general para este tipo de investigación el investigador debe diseñar sus propios métodos en cuanto a la elección de la muestra, diseñar sus instrumentos de recolección de datos, formas de recopilar los resultados, analizarlos y obtener las conclusiones previo análisis de validez científica para su aplicación.

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Sampieri Hernandez, Collado Fernandez, and Lucio Baptista (2003) Corresponde a métodos cuantitativos, utilizando la recolección de datos de campo para probar hipótesis basadas en mediciones numéricas y establecer patrones de comportamiento a través del análisis estadístico.

Borja Suarez (2016) Muestra una forma confiable de conocer el hecho de que las preguntas del estudio pueden responderse y la hipótesis de contraste puede responderse mediante la recopilación y el análisis de datos. Este tipo de investigación cuenta estadístico y utiliza estadísticas para establecer el comportamiento de la población correctamente.

3.1.2. Nivel de investigación

La presente tesis es de tipo explicativo, ya que para el estudio y la obtención de los resultados esperados se realizarán cálculos en donde interviene aspectos técnicos como: rugosidad, diámetro interior, pendiente, caudal, tipo de material y así mismo económicos como el costo de producción y el rendimiento durante su instalación.

3.1.3. Diseño de la investigación

El diseño es no experimental de carácter descriptivo comparativo, ya que no se varían las propiedades físicas de las tuberías, solo describirlas, analizarlas mediante fórmulas hidráulicas para el cálculo de presiones y la obtención de pérdidas de carga, lo cual al final pretende compararse resultados obtenidos entre los dos tipos de tuberías como son: PVC-O versus PVC-U.

3.2. Variables y operacionalización

Para el desarrollo de la investigación se tomó en cuenta las variables de estudio:

Variable dependiente:

Borja Suarez (2016) Es el resultado o consecuencia, por la acción de la variable independiente. Por lo general, la letra "Y" se denota con una letra. Por lo tanto, su relación se puede definir de la siguiente manera $Y = f(X)$, para nuestro objeto de investigación se convierte en:

- Perdida de carga (m)
- Presión (m)
- Velocidad (m/seg)
- Costo (soles)

Variable independiente:

Borja Suarez (2016) Es la variable que origina el efecto al estudio, la cual es denotada por lo general con la letra "X", en nuestra investigación viene a ser las siguientes variables: Caudal, pendiente, diámetro interior, rugosidad.

- Tubería PVC-U (m)
- Tubería PVC-O (m)
- Diámetro (m)
- Accesorios (tipo)
- Rugosidad (adimensional)
- Caudal (lt/seg)

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

La población se encuentra representada todo el sistema de agua potable proyectado en el distrito de Laberinto, la cual alberga a 9,741 personas las cuales se distribuyen en 1,950 viviendas. El sistema de agua potable se encuentra instalada con tuberías de PVC-U con diámetros variables 63mm, 90mm, 110mm y 160mm, la cantidad de materiales y/o tuberías a utilizar son:

- Tubo PVC-U de 90 mm de 6mts.
- Tubo PVC-U de 110 mm de 6mts.
- Tubo PVC-U de 160 mm de 6mts.

3.3.2. Muestra

La muestra de estudio para su modelamiento de tuberías PVC-O y PVC-U en la línea de impulsión, línea de aducción y redes de distribución del distrito que albergan a una población n=165 viviendas.

Tabla N° 6 Muestra de tuberías en estudio

N°	DN(mm) PVC-U	DN(mm) PVC-O
1	90mm	90mm
2	110mm	110mm
3	160mm	160mm

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Muestreo

La investigación de Otzen & Manterola (2017) menciona que las técnicas de muestreo no probabilístico por conveniencia seleccionan casos accesibles que aceptan ser incluidos, lo que puede expresarse convenientemente por la accesibilidad de la audiencia y la proximidad a los buscadores.:

Para nuestra investigación se consideró el muestreo no probabilístico y por conveniencia.

3.3.4. Unidad de Análisis

Las unidades de análisis serán en cuanto a la presión, metros de columna de agua (mca), celeridad de flujo del agua en (m/s), diámetro interno de la tubería en mm. Y alturas estáticas y dinámicas en metros, así como costos económicos en soles. Todo ello se resume en un cuadro comparativo en el que se evalúa los beneficios de un material respecto a otro.

3.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

3.4.1. Técnicas

Las técnicas utilizadas en este proyecto de investigación son la observación y la indagación.

La observación involucra el registro metódico, eficiente y confiable de comportamientos y situaciones observables a través de un conjunto de categorías y subcategorías Hernández Sampieri et al. (2014).

Así, la información recabada fue que durante la visita a la zona de estudio se verificó la ubicación de la planta de tratamiento, la ubicación del embalse y la red de distribución. Todo ello en coordinación y con autorización de la municipalidad Distrital de Laberinto.

3.4.2. Instrumentos

Es el medio del que se vale la técnica para recabar información, por lo que para el presente estudio se utilizaron los siguientes medios:

- Fuentes:

Por tanto, para esta investigación se recurrirá a los siguientes instrumentos y/o fuentes para la obtención de datos:

- Expediente Técnico de la obra ejecutada a investigar.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Ficha Técnica de tuberías PVC-U
- Ficha Técnica de tuberías PVC-O

- Recolección de datos por otros investigadores

Según Hernández Sampieri et al. (2014) Los datos secundarios también denominados recolección de datos por otros investigadores corresponde a la revisión de registros públicos, documentos y archivos físicos o electrónicos.

El autor Hernández Sampieri et al. (2014) se debe referirse a la confiabilidad del Instrumento de Medición significa que si aplica este dispositivo muchas veces a un individuo u objeto, obtendrá resultados iguales o similares.

3.5. Procedimientos

El desarrollo del presente proyecto de investigación se divide en dos etapas:

Primera etapa: Recolección de datos en campo:

- Levantamiento topográfico de todo el sistema de agua potable.
- Identificación de tramos donde se realizarán los estudios.
- Obtención de las demandas hídricas o caudales por tramos y/o manzanas en cada una de las redes a estudiar.

Segunda etapa: trabajo en gabinete, en el cual se realizará lo siguiente;

- Obtención de características técnicas de las tuberías PVC-O y PVC-U, siendo estas debidamente separadas y comparadas para su posterior análisis.
- Modelamiento hidráulico mediante WaterCad Vi8, aplicando ecuaciones de Hazen Williams para la obtención de presiones y pérdidas de carga en cada uno de los componentes del sistema a analizar como son: Línea de impulsión, Línea de Aducción y red de distribución.
- Elaboración de un cuadro comparativo de resultados obtenidos entre la aplicación de tubería PVC-O versus tubería PVC-U, en la cual se evaluarán aspectos como mayor presión y menores pérdidas de carga.
- Análisis económico de la tubería PVC-O y PVC-U.

3.6. Aspectos éticos

La presente investigación se trabaja en base a las características, normas técnicas peruanas, considerando principios teóricos hidráulicos, así mismo la obtención de información de datos se realizará teniendo en cuenta la normativa de las tuberías analizadas, siendo estas consultadas de las fichas técnicas que corresponde a cada tipo de tubería. Así mismo la obtención de la data topográfica ha sido obtenida de la Municipalidad Distrital, corroborado por nosotros en cuanto a altimetría se refiere. De la misma manera se respeta el registro de la investigación decretada por la universidad Cesar Vallejo en cuanto a formato y contenido.

IV. RESULTADOS

Para el análisis comparativo técnico y económico entre las tuberías PVC-O y PVC-U en el sistema de agua potable del Distrito de Laberinto, se ha considerado el procedimiento mencionado anteriormente en el ítem 3.5 que esta investigación tiene y los resultados son lo siguiente:

4.1. Datos técnicos para análisis y diseño hidráulico

Los datos técnicos generales recopilados según el expediente técnico del proyecto de abastecimiento de agua potable del Distrito de Laberinto y datos en campo in situ, tal como son caudal de diseño, población actual, población futura y dotación y el tipo de material de la tubería utilizada en la ejecución del proyecto.

CAUDAL DE DISEÑO

Datos:

Población (año 2016)	:	8014 habitantes
Población actual (2022)	:	8481 habitantes
Población futura (2036)	:	9741 habitantes
Dotación	:	120 lt/hab./día

Tabla N° 7 Cálculo de caudal de diseño

CAUDALES		
	INICIO DE PROYECTO	FIN DE PROYECTO
Promedio diario	$Q_{pa} = \frac{Pa \times D}{864000}$	$Q_{pf} = \frac{Pf \times D}{864000}$
Solución	$Q_{pa} = \frac{8014 \text{ hab} \times 120 \text{ lt/hab/día}}{86400}$ $Q_{pa} = 11.13 \text{ lt/seg}$	$Q_{pf} = \frac{9741 \text{ hab} \times 120 \text{ lt/hab/día}}{86400}$ $Q_{pf} = 13.53 \text{ lt/seg}$
Máximo horario	$Q_{md} = 1.3 \times Q_{pa}$	$Q_{mh} = 2 \times Q_{pf}$
Solución	$Q_{md} = 1.3 \times 11.13 \text{ lt/seg}$ $Q_{md} = 15.03 \text{ l/seg}$	$Q_{mh} = 2 \times 13.53 \text{ lt/seg}$ $Q_{mh} = 27.06 \text{ l/seg}$

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

Pa: Población actual (Hab.)

Pf: Población futura (Hab.)

D: Dotación (lt/hab/día)

Qpa: Caudal medio diario actual (l/seg) **Qpf:**

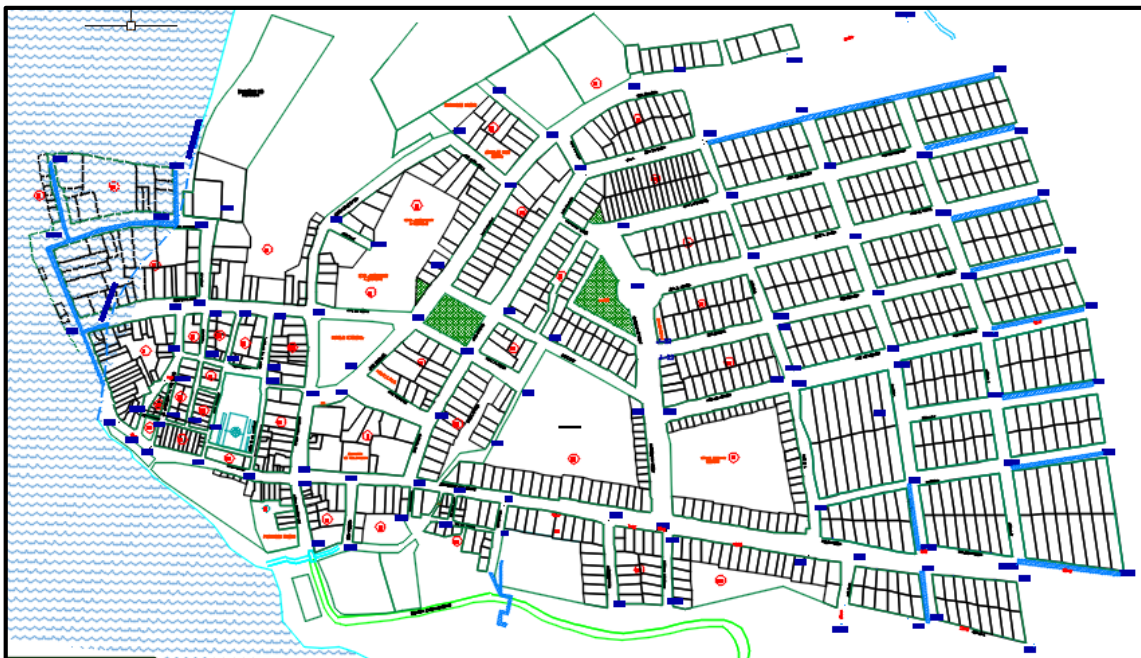
Caudal medio diario futura (l/seg) **Qmha:**

Caudal horario máximo actual (l/seg) **Qmhf:**

Caudal horario máximo futura (l/seg)

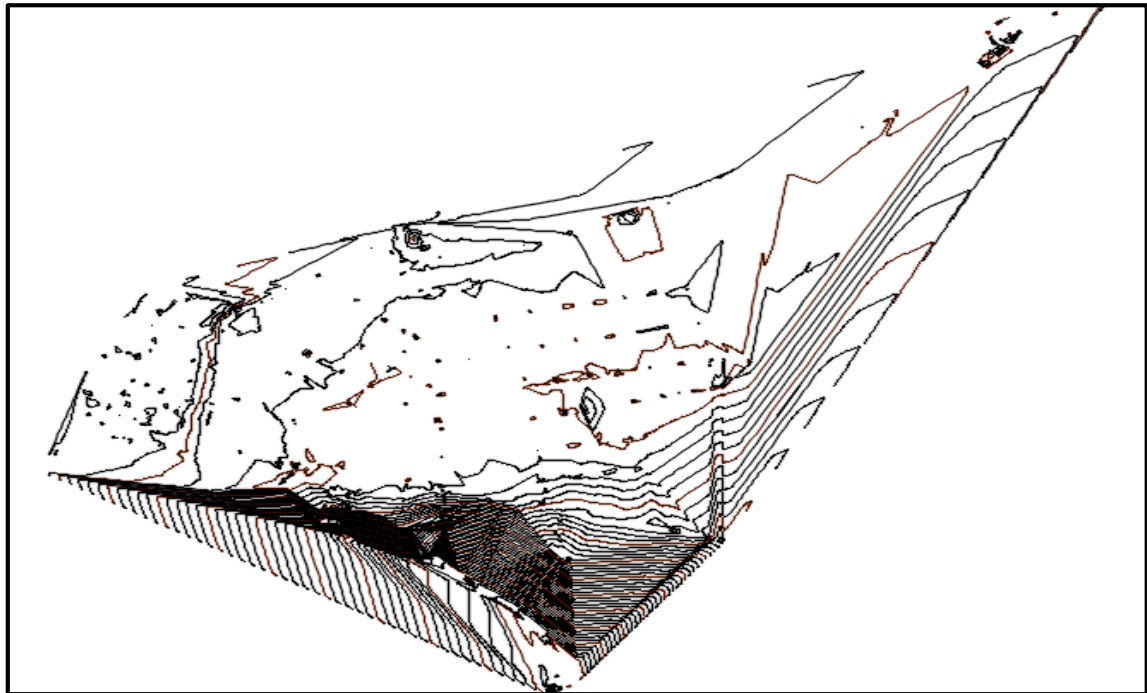
Para estimar el cálculo del caudal de diseño, se requiere una serie de información, como el número de habitantes, el número de residencias de los beneficiarios teniendo en cuenta la tasa de crecimiento anual de la población y el nivel socioeconómico al que pertenecen. Estos datos son, por tanto, esenciales para la verificación de los cálculos de caudal de diseño y, por tanto, para el diseño hidráulico de la red de agua potable.

Figura N° 18 Mapa del Distrito de Laberinto



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 19 Mapa de curvas de nivel del Distrito de Laberinto



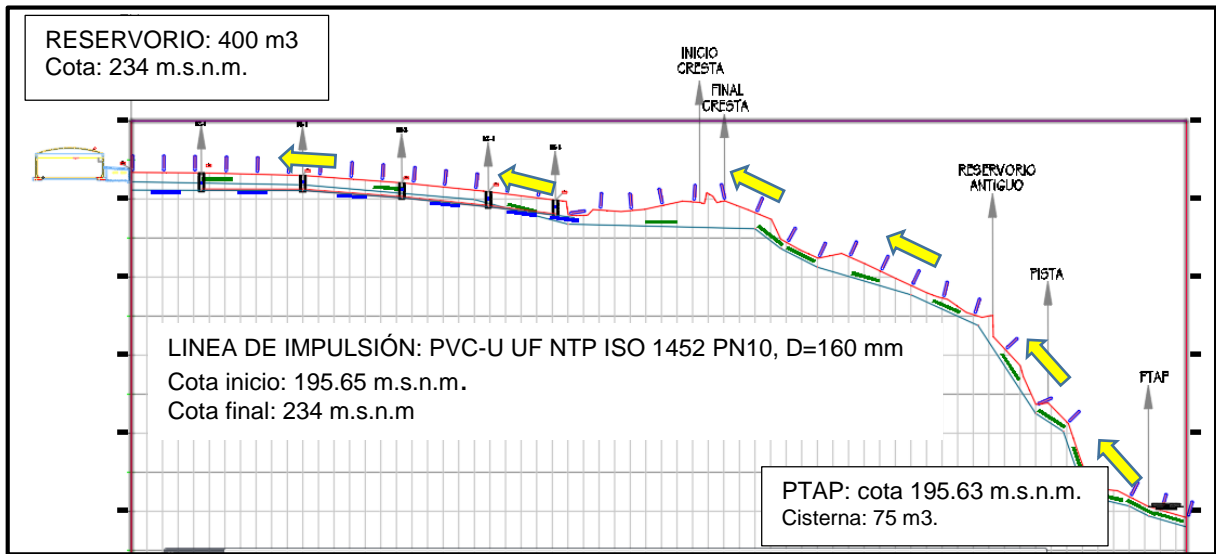
Fuente: Elaboración propia.

El levantamiento topográfico sin duda es de suma importancia para poder realizar el modelamiento hidráulico de las redes de agua potable.

Se contó con dicha información para poder elaborarlo, no sin antes realizar la corroboración de la altimetría, ya que para un diseño hidráulico es de necesidad conocer dichos datos, se tiene un plano en formato dwg. con las curvas de nivel definidas, durante el proceso se pudo obtener la cota de cada punto de la red y viviendas en la zona de estudio, seguidamente se identificó la ubicación de la Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y la ubicación del Reservorio (R-1) que ya se encuentra construida en la zona, la cual tiene una capacidad de 405 m³ según diseño de expediente.

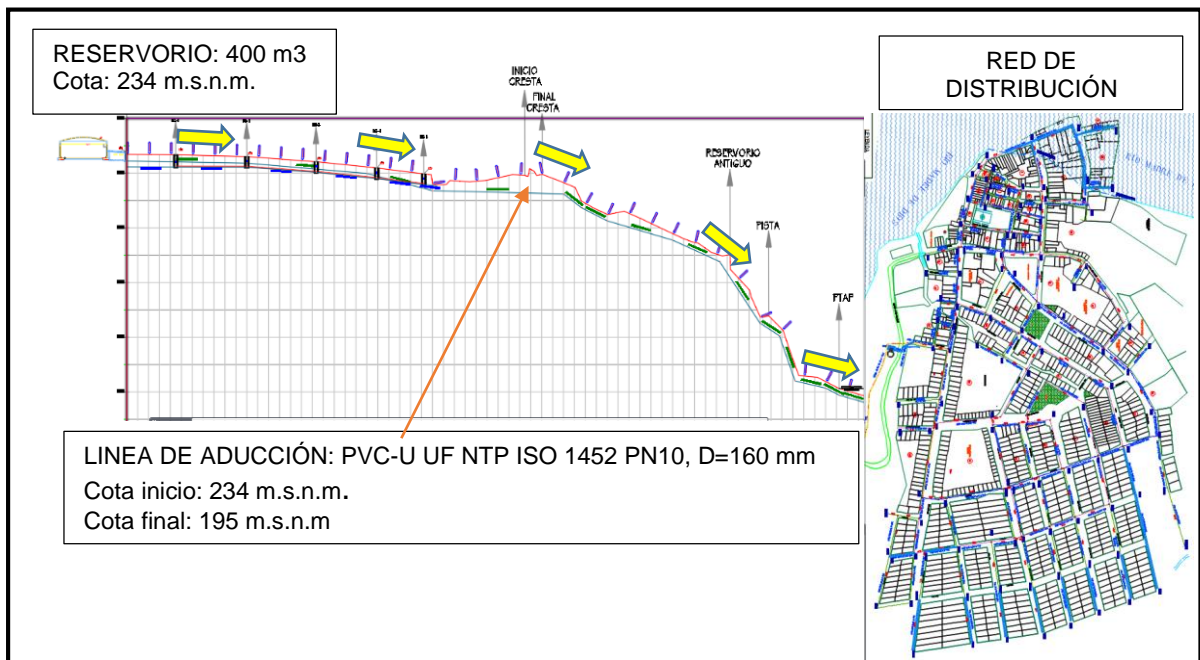
Toda la información recabada se obtuvo mediante información digital proporcionado por la entidad, así mismo por elaboración propia durante visita a campo, todo ello nos servirá para el diseño hidráulico.

Figura N° 20 Esquema del sistema de impulsión de agua potable



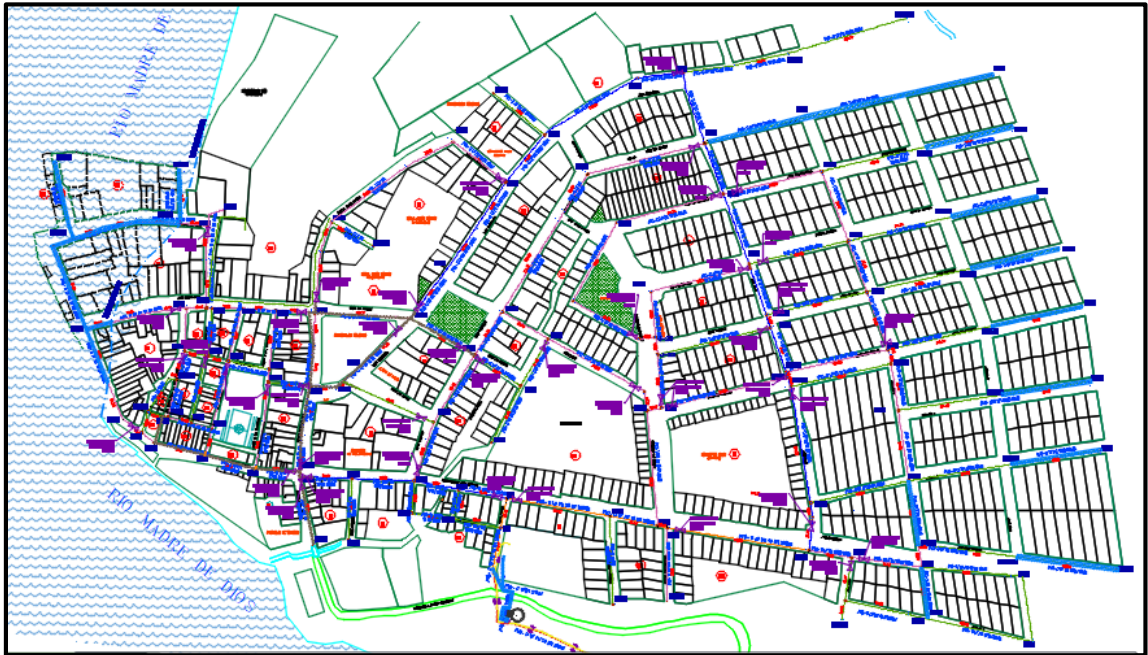
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 21 Esquema del sistema de aducción de agua potable



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 22 Esquema de la Red de Distribución del Distrito de Laberinto



Fuente: Elaboración propia.

Se diagnosticó que los tubos utilizados e instalados en la ejecución, para la línea de impulsión es el PVC- U UF NTP ISO 1452 PN10 con diámetro de 160 mm desde la cisterna que almacena de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) hasta el reservorio apoyado que alberga un volumen de 400 m³, con un caudal de diseño de 27.06 l/seg.

4.2. Análisis de resultados comparativos entre tuberías PVC-O y PVC-U

4.2.1. Para el primer objetivo específico:

Es la evaluación de las características técnicas de la tubería PVC-O y de la tubería PVC-U. Dichos datos técnicos fueron obtenidos de las fichas técnicas de tuberías que se parte de la investigación. Se presentan con los siguientes datos:

Tabla N° 8 Propiedades técnicas de la tubería PVC-U UF ISO 1452

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERIA PVC-U UF NTP ISO 1452	
PROPIEDADES FÍSICAS	PROPIEDADES MECÁNICAS
• Peso específico 1,44 g/cm ³ a 25°C	• Tensión de diseño: 100 kgf/cm ²
• Resistencia al impacto 0,09	• Resistencia a la tracción: 560 kgf/cm ²
• Absorción de agua: <40 g/m ²	• Resistencia a la flexión: 750-780 kgf/cm ²
• Estabilidad dimensional a 150°C < 5%	• Resistencia a compresión: 610-650 kgf/cm ²
• Coeficiente de fricción:	• Módulo de elasticidad: 30,000 kg/cm ²
n=0,009 Manning	
c=150 hazen-Williams	
• Punto Vicat >80°C	
• Resistencia a ácidos: Excelente	
• Resistencia a álcalis: Excelente	
• Resistencia al H ₂ SO ₄ : Excelente	

Fuente: Ficha Técnica NICOLL (2018)

Tabla N° 9 Especificaciones Técnicas de tubería PVC-U NTP- ISO 1452 PN 10 bar

Diámetro Nominal (mm)	Longitud total (m)	Longitud útil (m)	Espesor (mm)	Diámetro interior (mm)	Peso Neto Aprox. (Kg)
63	6.00	5.88	3.00	57.00	5.044
75	6.00	5.87	3.60	67.80	7.059
90	6.00	5.86	4.30	81.40	10.099
110	6.00	5.85	5.30	99.40	15.133
140	6.00	5.84	6.70	126.60	24.356
160	6.00	5.83	7.70	144.60	31.972
200	6.00	5.81	9.60	180.80	49.832
250	6.00	5.78	11.90	226.20	77.257
315	6.00	5.76	15.00	285.00	122.698
355	6.00	5.75	16.90	321.20	155.79
400	6.00	5.73	19.10	361.80	198.346
450	6.00	5.70	21.50	407.00	240.165
500	6.00	5.65	23.90	452.20	299.367
630	6.00	5.62	30.00	570.00	468.659

Fuente: Ficha Técnica NICOLL (2018)

Tabla N° 10 Propiedades técnicas de la tubería PVC-O Clase 500 ISO-16422

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERÍA PVC-O Clase 500 según ISO 16422 y EN 17176-2	
PROPIEDADES FÍSICAS	PROPIEDADES MECÁNICAS
Densidad kg/dm ³ 1,35 - 1,46	Resistencia mínima requerida (MRS) MPa 50
Valor K resina de PVC - >64	Coefficiente global de servicio (C) - 1,4
Coefficiente de Poisson - 0,35 - 0,41	Esfuerzo de diseño (σ) MPa 36,0
Temperatura Vicat °C \geq 80	Módulo de elasticidad a corto plazo (E) MPa 4.000
Coefficiente de dilatación lineal °C ⁻¹ 8·10 ⁻⁵	Resistencia a tracción uniaxial MPa \geq 48
Conductividad térmica Kcal/mh°C 0,14 - 0,18	Resistencia a tracción tangencial MPa >85
Calor específico a 20 °C cal/g°C 0,20 - 0,28	Dureza Shore D a 20 °C - 81 - 85
Rigidez dieléctrica kV/mm 20 - 40	
Constante dieléctrica a 60 Hz - 3,2 - 3,6	
Resistividad transversal a 20 °C Ω /cm >10 ¹⁶	
Rugosidad absoluta (ka) mm 0,007	
Rugosidad C (Hazen Williams) - 150	
Coefficiente de rugosidad de Manning (n) - 0,009	

Fuente: Ficha técnica Molecor (2021)

Tabla N° 11 Especificaciones técnicas TOM PVC-O 500 ISO -16422

TOM® PVC-O 500										
Presión Nominal (bar)		PN12,5			PN16		PN20		PN25	
Diámetro Nominal (DN)	Diámetro Exterior (DE)		Diámetro Interior (DI)	Espesor Mínimo	Diámetro Interior (DI)	Espesor Mínimo	Diámetro Interior (DI)	Espesor Mínimo	Diámetro Interior (DI)	Espesor Mínimo
	min.	max.								
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
90	90,0	90,3	84,8	1,6	84,3	2,0	84,3	2,5	83,0	3,1
110	110,0	110,4	103,6	2,0	103,1	2,4	103,0	3,1	100,8	3,8
125	125,0	125,4	117,8	2,2	117,8	2,8	117,1	3,5	115,3	4,3
140	140,0	140,5	132,3	2,5	132,3	3,1	131,1	3,9	129,1	4,8
160	160,0	160,5	152,1	2,8	151,2	3,5	149,8	4,4	147,5	5,5
200	200,0	200,6	190,1	3,5	189,0	4,4	187,3	5,5	183,3	6,9
225	225,0	225,7	213,9	4,0	212,6	5,0	210,7	6,2	207,5	7,7
250	250,0	250,8	237,6	4,4	236,3	5,5	234,1	6,9	229,1	8,6
315	315,0	316,0	299,4	5,5	297,7	6,9	295,0	8,7	288,6	10,8
355	355,0	356,1	337,4	6,2	335,5	7,8	332,5	9,8	325,3	12,2
400	400,0	401,2	380,2	7,0	378,0	8,8	374,6	11,0	366,5	13,7
450	450,0	451,4	427,7	7,9	425,3	9,9	421,4	12,4	412,3	15,4
500	500,0	501,5	475,2	8,8	472,5	11,0	468,2	13,7	461,1	17,1
630	630,0	631,9	598,8	11,0	595,4	13,8	590,0	17,3	581,0	21,6
710	710,0	712,0	674,8	12,4	671,0	15,4	664,9	19,2	654,7	24,4
800	800,0	802,0	760,4	14,0	756,1	17,4	749,2	21,6	733,0	27,4
900	900,0	902,7	855,4	15,7	850,6	19,6	839,5	24,3	824,1	30,9
1000	1000,0	1003,0	950,5	17,5	945,1	21,7	932,8	27,0	915,6	34,3
1100 ⁽¹⁾	1100,0	1103,3	1045,5	-	1039,6	-	1026,1	-	1007,2	-
1200 ⁽¹⁾	1200,0	1203,6	1140,6	21,1	1134,1	26,2	1119,4	32,4	1098,8	41,4

Fuente: Ficha Técnica Molecor (2021)

Interpretación de resultados: En la evaluación de las características técnicas en fichas técnicas de la tubería PVC-O y de la tubería PVC-U, se identificaron los datos técnicos a emplear para el modelamiento hidráulico el cual muestra en la tabla N°10:

Según Ficha Técnica NICOLL (2018) se observó que, en el caso de tuberías de PVC-U se cuentan con Presiones Nominales de: PN 5, PN 7.5, PN 10 y PN 15, en cambio en la ficha técnica Molecor (2021) las tuberías PVC-O cuenta con presiones nominales de: PN 12.5, PN 16, PN 20 y PN25.

Para la presente investigación se realizó la comparación entre la tubería de PVC-U con presión nominal (PN 10) y la tubería PVC-O con una presión nominal de (PN 12.5), el criterio que se consideró es que son los más próximos para el análisis, ya que el criterio para su comparación es la mayor capacidad hidráulica entre ambas tuberías.

Tabla N° 12 Características Técnicas de Tuberías en estudio

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
Diámetros	PVC-U PN 10		PVC-O PN 12.5	
	Ø Exterior	Ø Interior	Ø Exterior	Ø Interior
	160 mm	144.60 mm	160 mm	152.10 mm
	110 mm	99.40 mm	110 mm	103.60 mm
	90 mm	81.40 mm	90 mm	84.80 mm
63 mm	57.00 mm	63 mm		
Coeficiente de fricción				
PVC-U PN 10		PVC-O PN 12.5		
Rugosidad C (Hazen Williams)		150		
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)		0.009		

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Para el segundo objetivo específico:

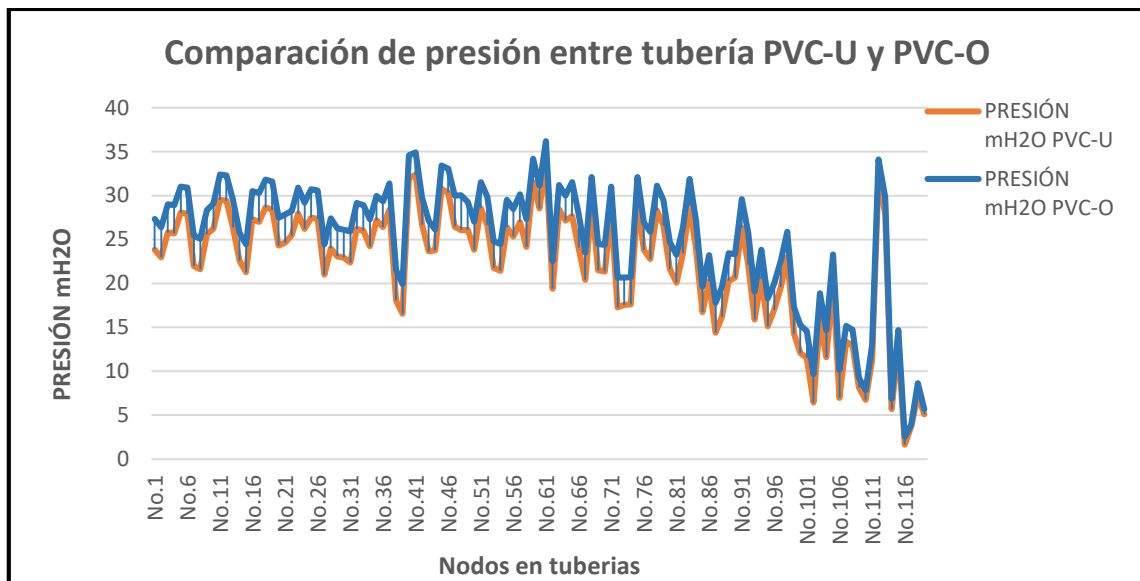
El resultado es una comparación de modelos hidráulicos (caudal, presión y velocidad) entre tuberías de PVCO y PVCU. Estos resultados de la modelación hidráulica de la red de agua potable utilizada para cada uno de los ductos se mencionan en la línea de impulsión, camino complementario y red de distribución.

Para la modelación se utiliza como herramienta el software WATERCAD, en el anexo n°4 se presentan los resultados de los cálculos tales como: diámetro, velocidad y presión.

a) línea de aducción y red de distribución:

En la línea de aducción y red de distribución se realizó la modelación hidráulica con el programa WaterCad V 8i, donde se calculan presiones tanto en la línea de abastecimiento como en la red de distribución, luego se obtienen los resultados luego del análisis desplegado.

Figura N° 23: Comparación de presiones entre tubería PVC-O y PVC-U



Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido en la figura N°23 es el siguiente: En la comparación de la presión del agua que pasa en las tuberías PVC-O y PVC-U nos dio como resultado que, existe diferencia de presiones en ambas tuberías, en donde la tubería PVC-O presenta mejores presiones y esto garantiza el abastecimiento de agua en cada punto de las redes de distribución y en la línea de aducción. Por lo tanto, la tubería PVC-O tiene un mejor comportamiento hidráulico que la tubería PVC-U. Por ende, de acuerdo a la hipótesis se determina que las tuberías PVC-O brindan mejores condiciones mecánicas, por su composición y la orientación molecular, para mayor confiabilidad de resultados al 95% se analiza estadísticamente en la Tabla N° 13.

Tabla N° 13 Análisis estadístico para prueba de hipótesis (presiones)

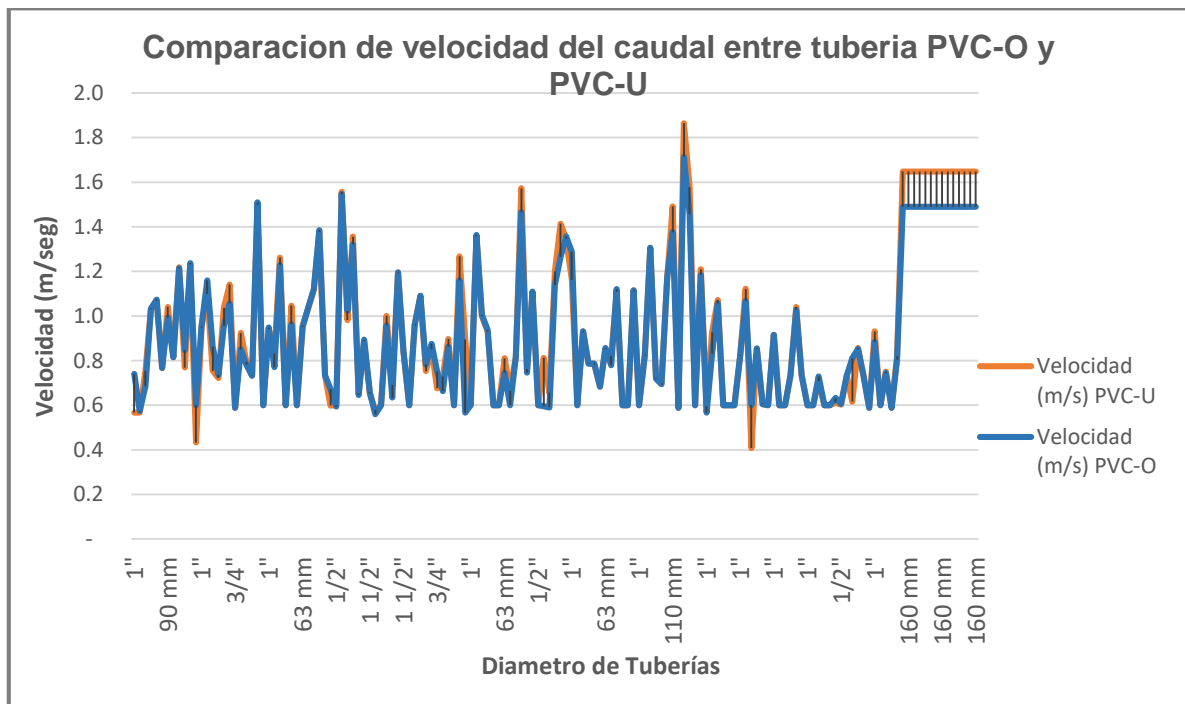
PRESIONES EN TUBERIAS PVC-U Y PVC-O (ADUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN)				
1. Exploración de los datos obtenidos en la investigación				
Estimación: Intervalos de confianza para la media (95%)				
Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra				
		Presión PVC-U (Aducción)	Presión PVC-O (Aducción)	Diferencia Pres. (Aducción)
N		119	119	119
Parámetros normales^{a,b}	Media	22,2025	25,1113	-2,9087
	Desviación estándar	6,87507	7,19542	,64023
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,119	,140	,230
	Positivo	,084	,097	,230
	Negativo	-,119	-,140	-,132
Estadístico de prueba		,119	,140	,230
Sig. asintótica (bilateral)		,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c
<p>a. La distribución de prueba es normal.</p> <p>b. Se calcula a partir de datos.</p> <p>c. Corrección de significación de Lilliefors.</p> <p>Fuente: Elaboración propia.</p> <p>Interpretación: En la diferencia la z de kolmogorov de Smirnov el p valor de p es $0.00 < 0.05$ (es significativo), por lo tanto no tiene distribucin normal, por lo tanto se aplicara una prueba estadistica no parametrica.</p>				

2. Significancia Estadística									
1	Plantamiento de Hipotesis								
	<table border="0"> <tr> <td>Ho:</td> <td>La tubería PVC-O, NO cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.</td> </tr> <tr> <td>H1:</td> <td>La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.</td> </tr> </table>	Ho:	La tubería PVC-O, NO cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.	H1:	La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.				
Ho:	La tubería PVC-O, NO cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.								
H1:	La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.								
2	Establecemos un nivel de Significancia								
	Nivel de significancia (alfa) $\alpha =$ 5% = (0.05)								
3	Selección Estadístico de Prueba								
	<p>Como la diferencia no tiene una distribución normal se usara la prueba estadística NO PARAMETRICA DE WILCOXON.</p>								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Estadísticos de prueba^a</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Presión PVC-O (Aducción) - Presión PVC-U (Aducción)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Z</td> <td>-9,468^b</td> </tr> <tr> <td>Sig. asintótica (bilateral)</td> <td>,000</td> </tr> </tbody> </table> <p>a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon b. Se basa en rangos negativos.</p>	Estadísticos de prueba ^a			Presión PVC-O (Aducción) - Presión PVC-U (Aducción)	Z	-9,468 ^b	Sig. asintótica (bilateral)	,000
	Estadísticos de prueba ^a								
		Presión PVC-O (Aducción) - Presión PVC-U (Aducción)							
Z	-9,468 ^b								
Sig. asintótica (bilateral)	,000								
Valor de "W" calculado =	-9,468018								
Valor de P =	0.000								
	Interpretación del p valor:								
	Con una probabilidad de error : $p=2,852E-21 < 0.05$, es significativo, podemos concluir que las presiones en las tuberías PVC-O difiere de las presiones en las tuberías PVC-U.								
4	Toma de decisiones y/o (dar como respuesta una de las Hipotesis)								
	La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.								

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, estadísticamente resulta: Como $p=0<0.05$, por lo tanto, rechazamos el H_0 y aceptamos la H_1 , es decir las medias entre el PVC-U y PVC-O son significativamente diferentes, por ende, concluimos que la utilización de la tubería PVC-O mejora significativamente y resulta ser más beneficioso en cuanto a las presiones (mH2O) a comparación de la tubería PVC-U en la línea de aducción y redes de distribución.

Figura N° 24 Comparación de la velocidad del caudal en línea de aducción



Fuente: Elaboración propia

El resultado logrado en la Figura N° 24 se logró el análisis comparativo de la velocidad del caudal que pasa por la tubería de la red de distribución y línea de aducción, el cual se compara entre tuberías PVC-O y PVC-U, donde al igual que la presión, ambas tuberías presenta una diferencia significativa en cuanto a velocidades.

Así, según la hipótesis propuesta, se ha determinado que las tuberías de PVC-O presentan mejores esfuerzos hidráulicos que las de PVC-U, evidenciando estos resultados estadísticamente en la Tabla N° 14.

Tabla N° 14 Análisis estadístico para prueba de hipótesis (velocidades).

VELOCIDADES EN TUBERIAS PVC-U Y PVC-O (ADUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN)				
1. Exploración de los datos obtenidos en la investigación - PRUEBA DE NORMALIDAD				
Estimación: Intervalos de confianza para la media (95%)				
Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra				
		Velocidad PVC-U (Aducción)	Velocidad PVC-O (Aducción)	Diferencia Vel. (Aducción)
N		151	151	151
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,9285	,9119	,0166
	Desviación estándar	,34378	,31579	,06576
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,175	,175	,368
	Positivo	,175	,175	,368
	Negativo	-,156	-,162	-,328
Estadístico de prueba		,175	,175	,368
Sig. asintótica (bilateral)		,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c
a. La distribución de prueba es normal. b. Se calcula a partir de datos. c. Corrección de significación de Lilliefors.				
Fuente: Elaboración propia.				
Interpretación: En la diferencia la z de kolmogorov - Smirnov el valor de p es $0.00 < 0.05$ (es significativo), por lo tanto no tiene distribución normal, por lo tanto se aplicara una prueba estadística no paramétrica.				

2. Significancia Estadística									
Plantamiento de Hipotesis									
1	Ho: La tubería PVC-O, NO cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U. H1: La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.								
Establecemos un nivel de Significancia									
2	Nivel de significancia (alfa) $\alpha =$ 5% = (0.05)								
Selección Estadístico de Prueba									
3	Como la diferencia no tiene una distribución normal se usara la prueba estadística NO PARAMETRICA DE WILCOXON. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Estadísticos de prueba^a</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Velocidad PVC-O (Aducción) - Velocidad PVC-U (Aducción)</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Z</td> <td>-2,949^b</td> </tr> <tr> <td>Sig. asintótica (bilateral)</td> <td>,003</td> </tr> </tbody> </table> a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon b. Se basa en rangos positivos.	Estadísticos de prueba ^a			Velocidad PVC-O (Aducción) - Velocidad PVC-U (Aducción)	Z	-2,949 ^b	Sig. asintótica (bilateral)	,003
Estadísticos de prueba ^a									
	Velocidad PVC-O (Aducción) - Velocidad PVC-U (Aducción)								
Z	-2,949 ^b								
Sig. asintótica (bilateral)	,003								
	Valor de "W" calculado = -2,949199								
	Valor de P = 0,003186								
Interpretación del p valor:									
Con una probabilidad de error : $p=0,003186 < 0.05$, es significativo, podemos concluir que las velocidades en las tuberías PVC-O difiere de las velocidades de las tuberías PVC-U.									
Toma de decisiones y/o (dar como respuesta una de las Hipotesis)									
4	La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.								

Fuente: Elaboración propia.

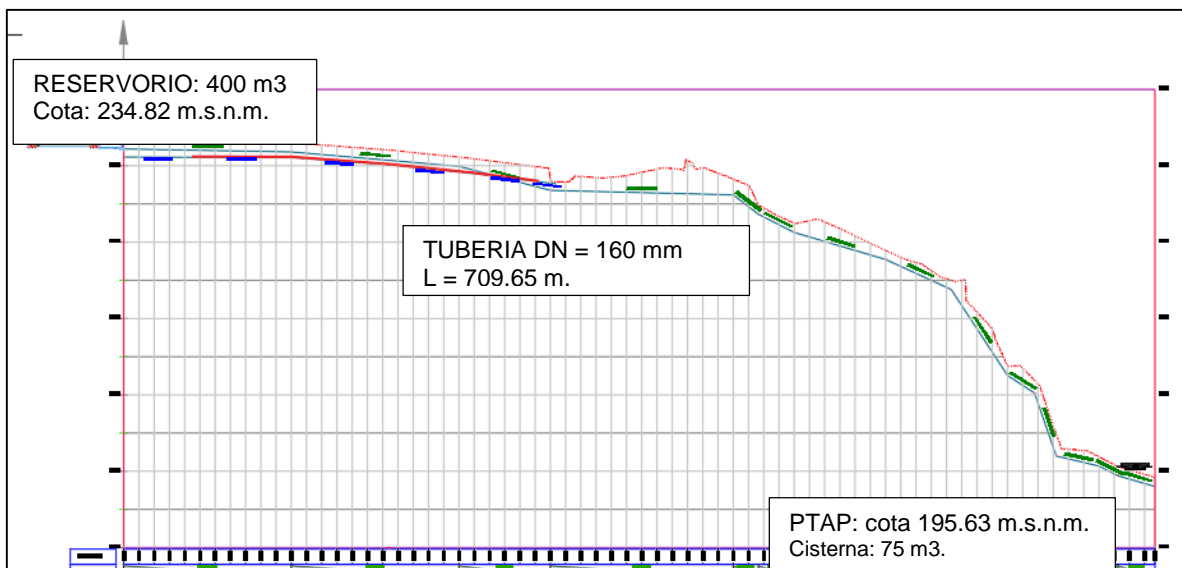
Entonces, estadísticamente resulta: Como $p=0<0.05$, por lo tanto, rechazamos el H_0 y aceptamos la H_1 , es decir las medias entre el PVC-U y PVC-O son significativamente diferentes, por ende, concluimos que la utilización de la tubería PVC-O mejora significativamente y resulta ser más beneficioso en cuanto a las velocidades (m/seg.) a comparación de la tubería PVC-U en la línea de aducción y redes de distribución.

b) línea de Impulsión:

Según el esquema que se muestra en la figura N°26, se observa que la línea de conducción tiene una longitud de 709.65 metros, cota inicial 195.63 m.s.n.m. (Cisterna de PTAP) y cota final 234.82 m.s.n.m. (Reservorio). Por lo tanto, se calcula la altura dinámica total:

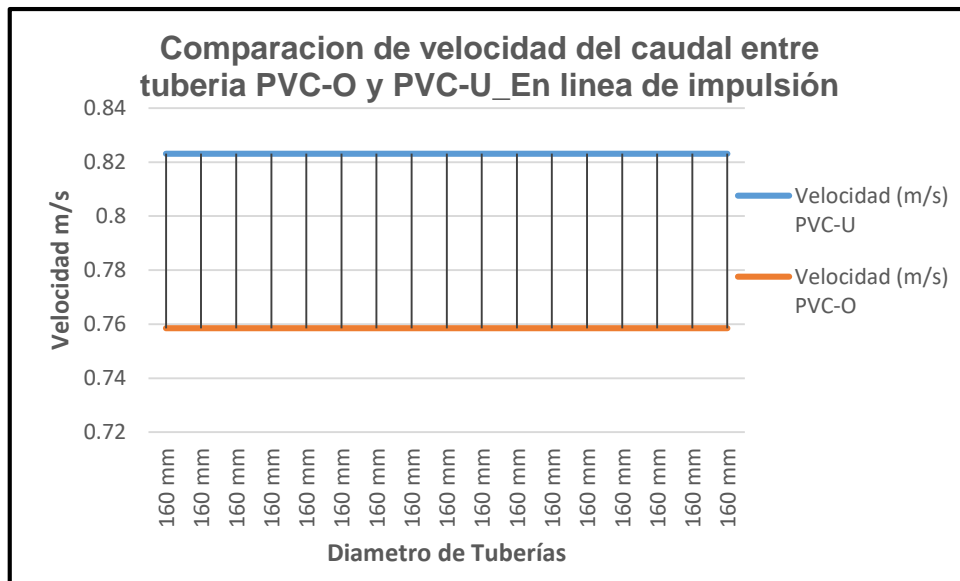
$$\text{HDT} = 234.82 - 195.63 = 39.19 \text{ m}$$

Figura N° 25 Esquema de línea de impulsión desde PTAP hasta Reservorio



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 26 Comparación de velocidad del caudal en Línea de impulsión.



Fuente: Elaboración propia

El resultado logrado en la Figura 26, Línea de impulsión es el siguiente: Análisis comparativo de las velocidades de flujo de la tubería de la línea de impulsión entre el PVCO y el PVCU, resultando que las dos tuberías tienen velocidades diferentes, sin embargo, según la Figura N° 26 las velocidades van paralelamente porque será impulsado por una bomba con velocidad constante a lo largo de las tuberías.

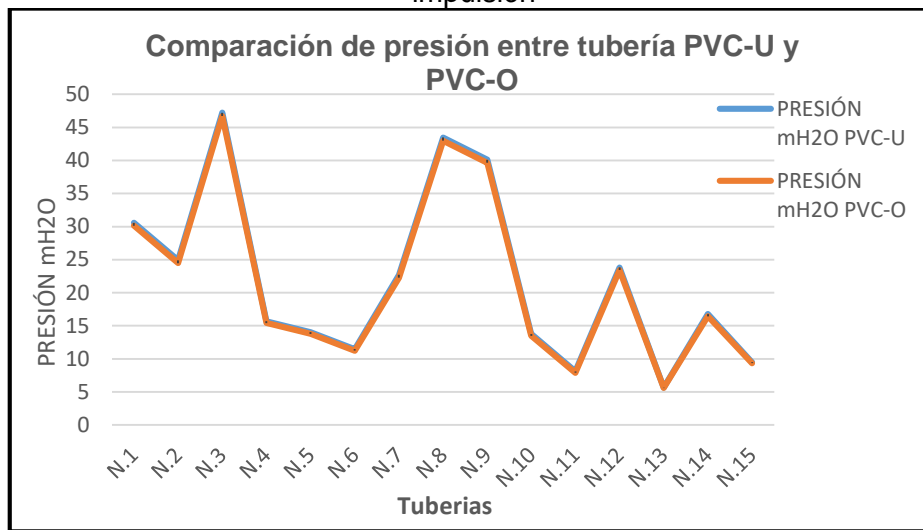
Tabla N° 15 Comparación de velocidades en porcentaje de incidencia

	Tubería				Hazen Williams (C)	Caudal Q (l/s)	Velocidad (m/seg)	Velocidad (%)
	Material	DN	Diámetro Interior (mm)	Longitud (m)				
1	PVC-O	160	152.10	709.65	150	13.78	0.89	100%
2	PVC-U	160	144.60	709.65	150	13.21	0.76	85%

Fuente: Elaboración propia

Para este comparativo se utilizó el coeficiente de rugosidad de Hazen Williams para PVC, C = 150, diámetro interior y caudal, con estos datos se modeló en el software WaterCad en donde se obtuvo valores de velocidades el cual se encuentran en el rango de valores típico (0.6 – 1.2 m/s). se observa que la tubería PVC-O tiene una capacidad hidráulica de un 15% más que la tubería PVC-U.

Figura N° 27 Comparación de presiones entre tubería PVC-U y PVC-O en Línea de impulsión



Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido en la Figura 27 es el siguiente: En la comparación de la presión del agua que pasa en las tuberías PVC-O y PVC-U de la Línea de Impulsión nos dio como resultado que, existe diferencia de presiones en ambas tuberías, en donde la tubería PVC-O presenta mejores presiones ya que con las presiones calculadas garantizará el llenado del Reservorio en el tiempo adecuado. Por lo tanto, la tubería PVC-O tiene un mejor comportamiento hidráulico que la tubería PVC-U. Por ende, de acuerdo a la hipótesis se determina que las tuberías PVC-O brindan mejores condiciones hidráulicas frente a la tubería PVC-U. En donde se prueba estadísticamente en la Tabla N° 16

Tabla N° 16 Análisis estadístico para prueba de hipótesis de presiones entre tubería PVC-O y PVC-U en línea de impulsión

1. Exploración de los datos obtenidos en la investigación
Estimación: Intervalos de confianza para la media (95%)

	Pruebas de normalidad			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Presión PVC-U (Impulsión)	,183	15	,189	,907	15	,121
Presión PVC-O (Impulsión)	,185	15	,179	,905	15	,112
Diferencia Pres. (Impulsión)	,162	15	,200*	,937	15	,344

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la diferencia la z de kolgomorov de Smirnov el p valor de p es $0.20 > 0.05$, por lo tanto la distribución es normal, por lo tanto se aplicara una prueba estadística paramétrica.

2. Significancia Estadística

1	Plantamiento de Hipótesis									
	Ho:	La tubería PVC-O, NO cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.								
	H1:	La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.								
2	Establecemos un nivel de Significancia									
	Nivel de significancia (alfa) $\alpha =$		5% = (0.05)							
3	Selección Estadístico de Prueba									
	Como la diferencia tiene una distribución normal se usara la prueba estadística PARAMETRICA T DE STUDENTE PARA MUESTRAS RELACIONADAS.									
	Prueba de muestras emparejadas									
	Diferencias emparejadas									
			Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
						Inferior	Superior			
	Par 1	Presión PVC-U (impulsión) - Presión PVC-O (impulsión)	,33333	,13547	,03498	,25831	,40835	9,530	14	,000
	Fuente: Elaboración propia.									
	Valor de "t" calculado =		9,529677							
	Valor de P =		0.000							
Interpretación del p valor:										
Con una probabilidad de error : $p=1.6908E-7 < 0.05$, es significativo, podemos concluir que las presiones en las tuberías PVC-O difiere de las presiones en las tuberías PVC-U.										
4	Toma de decisiones y/o (dar como respuesta una de las Hipotesis)									
	La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-									

Fuente: Elaboración propia

Estadísticamente nos da el siguiente resultado: Como $p=0 < 0.05$, por lo tanto, rechazamos el Ho y aceptamos la H1, es decir las presiones entre el PVC-U y PVC-O son significativamente diferentes, por ende, concluimos que la utilización de la tubería PVC-O mejora significativamente y resulta ser más beneficioso en cuanto a las presiones (mH20) a comparación de la tubería PVC-U en la línea de aducción y redes de distribución.

b.1) Cálculo de Caudal y pérdida de carga en la línea de impulsión

Con la finalidad de obtener la capacidad hidráulica en la línea de impulsión limitaremos la velocidad a 1m/s., tanto para la tubería PVC-U como para la tubería PVC-O, obteniendo lo siguientes resultados:

Para dicho cálculo se utilizó la ecuación de continuidad:

$$Q = v * A$$

Dónde:

Q= Caudal en m3/seg.

V = Velocidad (m/s)

A= Área (m2)

Tabla N° 17 Resultados de capacidad hidráulica de un tubo PVC-O contra el PVC-U.

N°	Tubería			Diámetro interior (m)	Caudal (l/s)	Capacidad Hidráulica	Diferencia de %
	Material	PN	DN				
1	PVC- O	12.5	160	0.1521	18.1697	100.00%	9.62%
2	PVC-U	10	160	0.1446	16.4220	90.38%	

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la pérdida de Carga unitaria utilizaremos la Ecuación de Hazen Williams:

$$hf_{[m]} = 10,67 \cdot \left(\frac{Q_{[m^3/s]}}{C} \right)^{1,852} \frac{L_{[m]}}{D_{[m]}^{4,87}}$$

Dónde:

Q = Caudal en m3/seg.

C = Coeficiente de Hazen =150 adim.

L = Longitud en m.

D = diámetro interior en m.

Teniendo como resultado la siguiente Tabla N° 18.

Tabla N° 18 Pérdida de Carga unitaria entre tubería PVC-O y PVC-U.

N°	Tubería			Caudal (l/s)	C (Hazen Williams)	J (Pérdida de Carga Unitaria) m/km
	Material	PN	DN			
1	PVC- O	12.5	160	18.17	150	5.720
2	PVC-U	10	160	16.42	150	6.067

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado final podemos resumir que en la Tabla N° 17 se observa que la tubería PVC-O posee una capacidad del 100% y la tubería PVC-U tiene una capacidad respecto al PVC-O de 90.38%, teniendo una diferencia de 9.62% entre y se observa que la tubería PVC-O posee una mayor capacidad hidráulica.

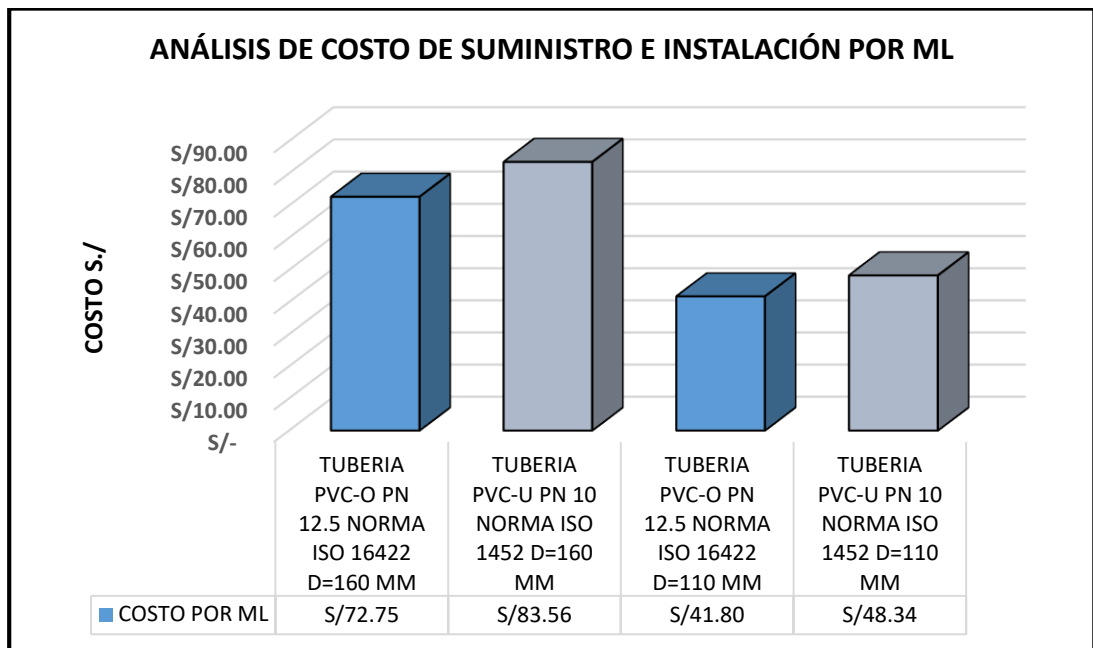
En la Tabla N° 168 se puede ver que la tubería PVC-O presenta menos pérdida de carga unitaria que la tubería PVC-U siendo este un 5.72% menos que la tubería PVC-U, por lo que se puede comprobar la optimización energía al momento del bombeo, transformándose ello en menores costos de producción de agua.

4.2.3. Para el tercer objetivo específico:

Este análisis final compara la economía de suministrar e instalar tuberías de PVC-O y PVC-U. realizar análisis de costos unitarios con diferentes costos descontados. Este análisis de costos será de gran ayuda para determinar cuál de estas líneas es la más rentable económicamente.

Para la presente investigación respecto al análisis económico se consideraron precios unitarios de tuberías en base a una cotización realizada a la empresa **HIDROSUR PUNO S.R.L.**, MOLECOR, así mismo costos según CYPE Ingenieros (2022), esta cotizaciones son adjuntadas en el anexo N°5 del presente estudio.

Figura N° 28 Análisis de costos unitarios de suministro e instalación de tuberías PVC-O y PVC-U.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de los precios unitarios de suministro e instalación entre el PVC-O y el PVC-U se registran en el análisis de costos de suministro e instalación (Ver Anexo 6); en el que se determina que las tuberías de PVC-O tienen un costo menor que las tuberías de PVC-U. Por lo tanto, este resultado está relacionado con la hipótesis propuesta, donde las tuberías de PVC-O son económicamente más beneficiosas que las tuberías de PVC-U.

V. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de resultados

Con los resultados obtenidos en la presente investigación se puede disertar con las conclusiones a las que han llegado las revisiones bibliográficas revisadas.

Molecor (2021) en su ficha técnica muestra las características técnicas de la tubería PVC-O bajo la política internacional ISO 16422:2014 "*Tubos y empalmes de poli(cloruro de vinilo) no plastificado orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión*". En uno que muestra tuberías con orientación molecular clase 500, donde se refiere al nivel mínimo de resistencia que se requiere tener en cuenta en el diseño de tuberías para tuberías de agua a 20°C para una vida útil menor de 50 años. En este caso es de 50 MPa, donde presenta tuberías con presiones nominales de PN 12 bar, PN 16 bar, PN 20 bar y PN 25 bar.

Pavco Wavin (2021) presenta tuberías PVC-O en base a la Norma Técnica Internacional NTP ISO 16422, la cual muestra tuberías para 16 Mpa, en la que presenta tuberías con presiones nominales de PN 8 bar, PN 10 bar, PN 12.5 bar.

En la que claramente se puede apreciar que el espesor de la tubería varía de acuerdo al nivel de Resistencia Mínima Requerida (RMR), en nuestro caso se adoptó las tuberías de clase 500 que soportan resistencias superiores a los 50 Mpa, las cuales son importantes al momento de esfuerzos por golpes de arietes.

Benito (2019) en su artículo titulado "*Usar PVC-O como medio para optimizar el consumo de energía y ahorrar energía en modernas redes hidráulicas y conversiones de riego*" concluyó que *la alta capacidad hidráulica y la baja rugosidad hacen que el PVC-O grado 500 sea el material ideal para transportar agua con un mínimo consumo de energía..*

Se ha determinado que para el diseño hidráulico de un sistema de agua potable en el cantón Laberinto, la tubería de PVC-O es mucho más beneficiosa, ya que técnicamente tiene mejores propiedades hidráulicas para asegurar el abastecimiento de agua, hasta el último punto. la red. en comparación con las tuberías de PVC-U. De manera similar, el comportamiento de una tubería de PVCO

en la línea de descarga se refleja en su potencia hidráulica y caída de presión con respecto a la tubería de PVCU. Sin embargo, cabe señalar que en las características hidráulicas y la vida útil para el período de diseño de las dos tuberías es de 50 años. Por lo tanto, se acepta la hipótesis “La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U”.

Es así que muestra la siguiente tabla en la que da como un material con mayor capacidad hidráulica a la tubería PVC-O frente a la Tubería PVC-U y otros materiales.

Tabla N° 19 términos de capacidad hidráulica y pérdida de carga

	Tubería			Capacidad hidráulica	Pérdida de Carga unitaria
	Material	PN	DN		
1	PVC-O	16	500	100%	100%
2	PEAD	16	560	75%	118%
3	PVC-U	16	500	86%	108%
4	PRFV	16	500	111%	174%
5	Acero	16	500	111%	211%
6	Fundición	C30	500	111%	173%

Fuente: Benito (2019).

Es así en nuestra investigación se pudo comprobar de la eficiencia hidráulica con la que trabaja la tubería PVC-O en comparación a la tubería PVC-U. se comprueba que la tubería PVC-O posee resultados satisfactorios los cuales se muestran en la tabla N° 15

Tabla N° 15 Resultado de análisis comparativo de capacidad hidráulica entre tuberías PVC-U y PVC-O.

	Tubería				Hazen Williams (C)	Caudal Q (l/s)	Velocidad (m/seg)	Velocidad (%)
	Material	DN	Díámetro Interior (mm)	Longitud (m)				
1	PVC-O	160	152.10	709.65	150	13.78	0.89	100%
2	PVC-U	160	144.60	709.65	150	13.21	0.76	85%

Fuente: Elaboración propia

Dichos resultados fueron obtenidos mediante la modelación hidráulica, aplicando el software WaterCAD, por lo que para velocidades variables como son en velocidad de PVC-O = 0.759 m/s y Velocidad de PVC-U = 0.888 m/s.

N°	Tubería			Diámetro interior (m)	Caudal (l/s)	Capacidad Hidráulica	Diferencia de %
	Material	PN	DN				
1	PVC- O	12.5	160	0.1521	18.1697	100.00%	9.62%
2	PVC-U	10	160	0.1446	16.4220	90.38%	

La variación de la capacidad hidráulica y la pérdida de carga entre la investigación de la bibliografía revisada y los cálculos obtenidos en nuestra investigación son variables debido a la aplicación de las velocidades, pero se puede observar que la capacidad hidráulica es mayor en las tuberías PVC-O y menores las pérdidas de carga.

Navarrete Aguas (2018) concluye que el uso del PVC- O influye en los costos de instalación de tubería de impulsión y red de distribución.

Martínez del Amo & Romero Montoya (2015) En su resumen final, señaló que, debido a su orientación molecular, las tuberías de PVC-O tienen ventajas en términos de calidad del producto y propiedades mecánicas, y son más eficientes durante la instalación, beneficiando así a las redes de riego.

Asimismo, el desarrollo sostenible del planeta y la optimización del consumo de recursos naturales, tales como:

- Eficiencia o Menos consumo de materiales: Petróleo y PVC o Menos residuos y 100% reciclable o Larga vida útil.
- Ahorros o Reducción del consumo de energía en todo el ciclo de vida: producción, transporte, instalación, uso (bombeo) y disposición final o Optimización del agua
- Durabilidad o Mejor huella ambiental que otros materiales tradicionales o Contribuye menos al calentamiento global.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Conclusión general

El uso de tuberías PVC-O brinda mayores beneficios técnicos – económicos respecto a la tubería convencional de PVC-U, en sistemas de agua potable en el distrito de Laberinto – Madre de Dios.

6.2. Conclusiones específicas

Que en la evaluación de los aspectos técnicos de una tubería PVC-O y de una tubería PVC-U se determinó que las tuberías PVC-O brindan mejores condiciones mecánicas, por su composición y la orientación molecular.

Que la tubería PVC-O si cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U, ya que poseen mayor capacidad hidráulica por su reducido espesor de paredes.

Que la tubería PVC-O por utilizar menores insumos de materia prima virgen, reduce ampliamente los costos de producción, transporte y sobre todo instalación, esto hace que sea mucho más rentable en comparación a la tubería PVC-U.

VII. RECOMENDACIONES

- Según el análisis comparativo técnico - económico realizado entre ambas tuberías, se recomienda el uso de la tubería PVC-O por presentar mejores características técnicas e hidráulicas que la tubería PVC-U.
- El PVC-O no cuenta tuberías de Diámetros Nominales menores a 90 mm, esto debido a que dichas tuberías están diseñadas para el transporte de grandes volúmenes de agua, por lo que se recomienda a seguir con investigaciones sobre el uso de tuberías PVC-O menores y su incidencia en el costo de instalación y producción frente a otros materiales.
- Se recomienda a continuar con investigaciones similares, con el objeto de descubrir y proponer nuevas tecnologías de materiales.
- El uso de la tubería PVC-O es recomendable para el transporte de grandes caudales esto en obras de mediana a gran envergadura.
- Es útil destacar que, para recolectar los datos técnicos de las tuberías, tiene que ser de fuentes confiables como de las empresas de producción de tuberías, para que esta manera los resultados sean de mayor aseveración y confiable.

REFERENCIAS

- AENOR, 2015. UNE-ISO 16422: Tubos y uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión. . S.I.:
- AGITALY PERU, 2019. SOLUCIONES DE CANALIZACIÓN TUBERÍA PVC ORIENTADO. . S.I.:
- ALBUQUERQUE MEDERIOS, F. y WIEBECK, H., 2013. PVC Orientado Avaliação de Processo de Orientação e das Propriedades Mecânicas em Função da Razão de Estiramento. *Polímeros Ciência e Tecnologia* [en línea], vol. 23, no. 5, pp. 636-643. [Consulta: 13 febrero 2022]. ISSN 1678-5169. DOI 10.4322/polimeros.2013.067. Disponible en: <http://www.revistapolimeros.org.br/doi/10.4322/polimeros.2013.067>.
- ALEGRET BREÑA, E. y MARTÍNEZ VALDÉS, Y., 2019. Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* [en línea], vol. 40, no. 3, pp. 41-55. ISSN 1680-0338. Disponible en: <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/491/394>.
- ALVEZ DE LIMA JÚNIOR, F., 2016. *Estudo do Efeito da Orientação Molecular Nas Propriedades Mecânicas de tubos em Policloreto de Vinila (PVC)*. S.I.: Universidade Federal de Pernambuco.
- BENITO RINCÓN, M., 2019. Uso del PVC-O en las redes hidráulicas de modernizaciones y transformaciones en regadío como medida de optimización del Consumo eléctrico y ahorro energético. [en línea], DOI 10.17398/AERYD.2019.B02. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10662/9252>.
- BENTLEY SYSTEMS, 2022. WaterCAD – Software de análisis y diseño de sistemas de distribución de agua. [en línea]. [Consulta: 13 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad>.
- BOMBARDELLI, F.A. y GARCÍA, M.H., 2005. Hydraulic Design of Large-Diameter Pipes. *Journal of Hydraulic Engineering* [en línea], vol. 131, no. 3, pp. 224-225.

[Consulta: 13 marzo 2022]. ISSN 0733-9429. DOI 10.1061/(ASCE)0733-9429(2005)131:3(224.2). Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9429%282005%29131%3A3%28224.2%29>.

BORJA SUAREZ, M., 2016. *Metodología de Investigación Científica para ingenieros* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: https://www.academia.edu/33692697/Metodología_de_Investigación_Científica_para_ingeniería_Civil.

BRUERA y SUAREZ, 2018. El PVC (Policloruro de Vinilo). *UCA – Facultad de Química e Ingeniería “Fray Rogelio Bacon” - Bruera - Suarez* [en línea], pp. 1-28. Disponible en:

<https://estudiyensayo.files.wordpress.com/2008/11/pvc.pdf>.

CRUZ DE LA CRUZ, J.A. y SALIRROSAS CUZQUIPOMA, L., 2019. *Propuesta para mejorar la productividad del proceso de extrusión en la fabricación de tuberías de pvc en la Empresa Eurotubo S.A.C.* S.l.: Universidad Cesar Vallejo.

CYPE INGENIEROS, S.A., 2022. Generador de Precios de la construcción Perú. [en línea]. [Consulta: 13 marzo 2022]. Disponible en: http://www.peru.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/Instalaciones/Urbanas/Redes_de_agua_potable/Tubo_de_PVC_0_0_0_0_0_0_0_0_1_0_0.html.

EUROTUBO, 2012. Catálogo y Manual Técnico Tubos de PVC-U/ NTP-ISO 1452. [en línea]. [Consulta: 13 febrero 2022]. Disponible en: https://www.eurotubo.com.pe/assets/media/catalogo/Catalogo_Sistema_abastecimiento_agua_NTP_1452.pdf.

FABIAN JANAMPA, C.Y. y SANDOVAL VILCAPOMA, O.E., 2013. *Análisis comparativo técnico-económico entre el sistema convencional y el sistema de termofusión en instalaciones interiores de agua potable para edificaciones en la región de Lima*. S.l.: Universidad Nacional de Ingeniería.

FERRANTE, M. y CAPPONI, C., 2017. Experimental characterization of PVC-O

pipes for transient modeling. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua* [en línea], vol. 66, no. 8, pp. 606-620. ISSN 0003-7214. DOI 10.2166/aqua.2017.060. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/aqua.2017.060>.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P., 2014. *Metodología de la Investigación*. Sexta Edic. México: s.n. ISBN 9781456223960.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE DEN EL TRABAJO, 2016. Documentación toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional del cloruro de polivinilo (PVC). *Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo* [en línea], pp. 1-7. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP _VALORES LIMITE/Doc_Toxicologica/capitulos 101_106/ficheros/DLEP 105.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP_VALORES LIMITE/Doc_Toxicologica/capitulos 101_106/ficheros/DLEP 105.pdf).

LALAMA FERNANDEZ, O.A., 2015. Análisis comparativo de costos entre tuberías plásticas de PVC Tradicional y tuberías de PVC Orientado en obras de infraestructura. [en línea], pp. 1-30. Disponible en: <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/1551/1/paper de investigaci3n final.pdf>.

MANRICH, S., 2005. *Processamento de termoplásticos*. ArtLiber. Sao Paulo, Brasil: s.n.

MARTÍNEZ DEL AMO, Y. y ROMERO MONTOYA, M., 2015. Tuberías de PVC Orientado: Eficiencia, ahorro energético y sostenibilidad. [en línea], no. Abril 2004, pp. 373-379. DOI 10.4995/cnriegos.2015.1512. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/91292>.

MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2006. *Reglamento Nacional De Edificaciones* [en línea]. 2006. S.l.: s.n. ISBN 9788578110796. Disponible en: <http://www3.vivienda.gob.pe/pnc/docs/normatividad/varios/Reglamento Nacional de Edificaciones.pdf>.

MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2021. Plan

- Nacional de Saneamiento 2022 - 2026. [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2022]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2648833/Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026 .pdf>.
- MOLECOR, 2021a. ¿Qué es el PVC-O? [en línea]. [Consulta: 13 febrero 2022]. Disponible en: <https://molecor.com/es/que-es-pvc-o>.
- MOLECOR, 2021. Ficha técnica de tubería PVC-O para aplicaciones a presión. . S.I.:
- MOLECOR, 2021b. PVC-O, características y ventajas. [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2022]. Disponible en: <https://molecor.com/es/pvc-o-caracteristicas-ventajas>.
- MONGE REDONDO, M.A., 2017. Las tuberías y su caracterización (parte I). [en línea]. [Consulta: 19 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/tuberias-y-caracterizacion-parte-i>.
- MUÑOZ ROCHA, C.I., 2015. *Metodología de la investigación*. 1a ed. México: Editorial Progreso S.A. ISBN 9786074265422.
- NAVARRETE AGUAS, J.L., 2018. *Análisis comparativo entre tuberías PVC tradicional y PVC orientado para un sistema de agua potable*. [en línea]. S.I.: universidad de especialidades Espiritu Santo. Disponible en: <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/2913>.
- NICOLL, 2018. Ficha técnica sistema presión NTP-ISO 1452. . Perú:
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 16422, 2012. *Tubos y uniones de poli (cloruro de vinilo) no plastificado orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión. Especificaciones*. 1a. Perú: CNB-INDECOPI.
- OSRY, M.A., 2004. PVC pipes for life - Modern developments and design criteria: PVC-U, PVC-M and PVC-O. *Proceedings of Plastic Pipes XII*,
- OTZEN, T. y MANTEROLA, C., 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población

a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea], vol. 35, no. 1, pp. 227-232. [Consulta: 13 febrero 2022]. ISSN 0717-9502. DOI 10.4067/S0717-95022017000100037. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

PAVCO WAVIN, 2021. Características Técnicas de la Tubería PVC-O (biorientado) para la conducción de agua a presión. .

PÉREZ ARRIETA, N. y MERIZALDE DOBLES, J.G., 2020. « Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC » Informe Técnico de Análisis de Nueva Tecnología. .

REVILLA VELARDE, J.L., 2018. *Fabricación de tuberías de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U)*. S.l.: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

RINCÓN BENITO, M. y MUÑOZ, J., 2020. Tuberías resistentes a los desequilibrios químicos del agua. PVC orientado durabilidad y eficiencia en redes de transporte en desalación. Caso CCRR. Cuevas del Almanzora. , DOI 10.31428/10317/8720.

ROCHA FELICES, A., 2007. *Hidraulica De Tuberias Y Canales*. S.l.: s.n.

SALDARRIAGA, J., 2007. *Hidráulica de Tuberías: Abastecimiento de Agua, Redes y Riegos* [en línea]. Bogotá: Alfaomega. ISBN 9789586826808. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161><http://cid.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/cid/cir991><http://www.scielo.cl/pdf/udecada/v15n26/art06.pdf><http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861150233&partnerID=tZOtx3y1>.

SAMPIERI HERNANDEZ, R., COLLADO FERNANDEZ, C. y LUCIO BAPTISTA, P., 2003. Metodología de la Investigación. . McGraw-Hil. México: s.n.,

SGE PERÚ, 2022. Tubería de PVC-O 500. [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2022]. Disponible en: <https://sge-peru.com/service/tuberia-de-pvc-o-500/>.

SHUAN TOLEDO, F.J., 2018. *Evaluación técnica y económica del sistema convencional (tuberías PVC) y el sistema de termofusión (tuberías de*

polipropileno) en instalaciones interiores de agua potable para edificaciones en la ciudad de Huaraz, Ancash 2016 [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO. Disponible en: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2494/T033_71628806_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ZEVALLOS QUINTO, J.D. y LOPEZ CHURAMPI, R.B., 2018. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con tuberías PVC-O, en el sector Minas del Pedregal, Huarochirí, 2018*. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: “Análisis comparativo técnico-económico entre tuberías PVC-O y PVC-U para el sistema de agua potable del Distrito de Laberinto – Madre de Dios-2022”.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE:	<p>Navarrete Aguas (2018) El PVC-U es el policloruro de vinilo amorfo, que presentan moléculas en varias direcciones, a la cual no se adicionan plastificantes.</p> <p>Según Monge Redondo (2017) Los tubos de PVC-U (policloruro de vinilo no plastificado), PVC-O (policloruro de vinilo orientado), son materiales termoplásticos que cambian su forma una o varias veces por medio de la acción de la temperatura y de la presión.</p>	<p>Se pretende realizar un análisis comparativo técnico de las características de las tuberías pvc-o y pvc-u para determinar cuál de ellos posee mejores condiciones hidráulicas, así mismo realizar el análisis comparativo económico en la instalación de estas tuberías.</p>	Tubo PVC-U	- Rugosidad - Diámetro - Tipo de material.	Razón
ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO - ECOCÓMICO ENTRE LOS TUBOS PVC-O Y PVC-U			Tubo PVC-O	- Rugosidad - Diámetro - Tipo de material.	Razón
			Costos de instalación de tubería PVC-O	Presupuesto, costos unitarios	Razón
			Costos de instalación de tubería PVC-U	Presupuesto, costos unitarios	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE:	<p>Según SEDAPAL (2004) El sistema de agua potable es un conjunto de estructuras, equipos e instalaciones que tiene como finalidad conducir el agua potable desde la fuente de abastecimiento hasta el punto de uso final con la adecuada cantidad, presión y calidad del recurso hídrico.</p>	<p>Se pretende realizar el modelamiento hidráulico del sistema de agua potable comparando a las tuberías PVC-O y PVC-U. con el objeto de analizar en ambas tuberías el caudal, velocidad y presión.</p>	Modelamiento hidráulico	- Caudal - Velocidad. - Presión	Razón
SISTEMA DE AGUA POTABLE			Análisis técnico	- Eficiencia hidráulica.	Razón / Nominal
			Análisis económico	- Costos de suministro e instalación de tuberías	Razón / Nominal

Anexo 02: Matriz de consistencia

TÍTULO: “Análisis comparativo técnico-económico entre tuberías PVC-O y PVC-U para el sistema de agua potable del Distrito de Laberinto – Madre de Dios-2022”.

TEMA	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES DE ESTUDIO	INDICADORES	METODOLOGÍA
“Análisis comparativo técnico-económico entre tuberías PVC-O y PVC-U para el sistema de agua potable del Distrito de Laberinto – Madre de Dios-2022”	1.-Problema general: ¿En qué medida incidirá el análisis comparativo técnico-económico entre sistemas de saneamiento con tuberías de PVC-O y PVC-U en el distrito de Laberinto – Madre de Dios?	1.-Objetivo general: • Evaluar la incidencia del análisis comparativo técnico-económico entre sistemas de saneamiento con tuberías de PVC-O y PVC-U en el distrito de Laberinto – Madre de Dios	1.-Hipotesis general: El uso de tuberías PVC-O brindará mayores beneficios técnicos – económicos respecto a la tubería convencional de PVC-U, en sistemas de saneamiento en el distrito de Laberinto – Madre de Dios.	• Tubería PVC-U • Tubería PVC-O • Costo	• Diámetro • Accesorios • Rugosidad • Caudal • Perdida de carga • Presión • Velocidad	1.-Tipo de Investigación: Aplicada 2.-Enfoque: Cuantitativo 3.-Diseño: No experimental de carácter transversal. 4.-Nivel de Investigación: Explicativo 5.-Metodo de Investigación: Método hipotético deductivo.
	2.-Problemas específicos:	2.-Objetivos específicos:	2.-Hipotesis específicas:			5.-Población y Muestra La población se encuentra representada todo el sistema de agua potable proyectado en el distrito de Laberinto, Región Madre de Dios, el cual forma el universo de estudio. La muestra de estudio será la aplicación de tuberías PVC-O y PVC-U en las líneas de impulsión, línea de aducción y tramos representativos de la red de distribución.
	2.1. - ¿En qué medida incidirá las características técnicas de una tubería PVC-O y de una tubería PVC-U?	2.1. Evaluar la incidencia de las características técnicas de una tubería PVC-O y de una tubería PVC-U	2.1. Al evaluar aspectos técnicos de una tubería PVC-O y de una tubería PVC-U se puede determinar que las tuberías PVC-O brindan mejores condiciones mecánicas, por su composición y la orientación molecular.			

TEMA	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES DE ESTUDIO	INDICADORES	METODOLOGÍA
	<p>2.2. - ¿En qué medida incidirá el diseño hidráulico en el uso de tubería de tipo PVC-O respecto a la tubería PVC-U?</p>	<p>2.2. Analizar la incidencia del diseño hidráulico en el uso de tubería de tipo PVC-O respecto a la tubería PVC-U</p>	<p>2.2. La tubería PVC-O cuenta con un mejor comportamiento hidráulico frente a la Tubería PVC-U.</p>			<p>6.-Técnica e Instrumentos</p> <p>- Recolección de datos, Fichas técnicas de tuberías Pvc-U y Tuberías Pvc-O y levantamiento topográfico de todo el sistema de agua potable desde la captación, línea de impulsión, reservorio, línea de aducción y la red de distribución.</p> <p>7.-Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.</p> <p>Los métodos e instrumentos utilizados para el análisis de datos son la simulación hidráulica aplicando el programa WaterCad Vi8, considerando la ecuación de Hazen Williams, y para el análisis de los resultados se realizará un cuadro comparativo entre las tuberías PVC-O versus las tuberías PVC-U en el cual se evaluarán resultados obtenidos como cálculo de presiones, pérdidas de cargas entre otros.</p> <p>Para la evaluación económica se realizará una cotización de las tuberías PVC-O y PVC-U, mano de obra costo según la zona y equipos/maquinaria a utilizar para la instalación.</p>
	<p>2.3. - ¿En qué medida incidirá la realización del análisis de presupuesto para la determinación del uso en instalaciones de sistemas de saneamiento con respecto a costo entre tuberías PVC-O versus la tubería PVC-U?</p>	<p>2.3. • Evaluar la incidencia de la realización del análisis de presupuesto para la determinación del uso en instalaciones de sistemas de saneamiento con respecto a costo entre tuberías PVC-O versus la tubería PVC-U.</p>	<p>2.3. La tubería PVC-O es económicamente más rentable en comparación a la tubería PVC-U.</p>			

Anexo 3: Fichas técnicas de tuberías PVC-U.



TUBOS PVC-U

para agua, drenaje y alcantarillado enterrado o aéreo con presión NTP ISO 1452

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Agua potable
- Riego tecnificado
- Instalaciones industriales
- Norma de fabricación: NTP-ISO 1452
- Gama de diámetros: de 63mm a 630mm
- Sistema de empalme: Unión Flexible (UF)
- El estabilizante utilizado en nuestras formulaciones para las tuberías de PVC-U es de Calcio- Zinc (Ca-Zn) la misma que es considerado del tipo ecológico.
- Color: Gris

PROPIEDADES FÍSICAS

- Peso específico 1,44 g/cm³ a 25°C
- Resistencia al impacto 0,09
- Absorción de agua: <40 g/m²
- Estabilidad dimensional a 150°C < 5%
- Coeficiente de fricción: n=0,009 Manning
- c=150 hazen-Williams
- Punto Vicat >80°C
- Resistencia a ácidos: Excelente
- Resistencia a álcalis: Excelente
- Resistencia a H₂SO₄: Excelente

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Tensión de diseño: 100 kgf/cm²
- Resistencia a la tracción: 560 kgf/cm²
- Resistencia a la flexión: 750-780 kgf/cm²
- Resistencia a compresión: 610-650 kgf/cm²
- Módulo de elasticidad: 30,000 kg/cm²

CERTIFICACIONES E ISOS

- Contamos con el **Sello A** de Calidad de Sedapal.
- Sistema de Gestión de Calidad **ISO 9001**.
- Sistema de Gestión Medioambiental **ISO 14001**.
- Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo **OHSAS 18001**.

SISTEMA PRESIÓN

NTP-ISO 1452




ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



Diámetro Nominal (mm)	Lt (m)	Lu (m)	e (mm)	D Int. (mm)	Peso Neto Aprox. (Kg)
PN 5 (S 20; SDR 41)					
63	6,00	5,88	1,80	59,50	2,878
75	6,00	5,87	1,90	71,20	3,897
90	6,00	5,86	2,20	85,80	5,408
110	6,00	5,85	2,70	104,60	8,037
140	6,00	5,84	3,50	133,00	13,171
180	6,00	5,83	4,00	152,00	17,226
200	6,00	5,81	4,90	190,20	28,119
250	6,00	5,78	6,20	237,60	41,300
315	6,00	5,76	7,70	299,60	64,854
355	6,00	5,75	8,70	337,60	82,317
400	6,00	5,73	9,80	380,40	104,474
450	6,00	5,70	11,00	428,00	128,802
500	6,00	5,65	12,30	475,40	163,890
630	6,00	5,62	15,40	599,20	247,519

Diámetro Nominal (mm)	Lt (m)	Lu (m)	e (mm)	D Int. (mm)	Peso Neto Aprox. (Kg)
PN 7,5 bar (S 13,3; SDR 28)					
63	6,00	5,88	2,30	58,40	3,698
75	6,00	5,87	2,80	69,40	5,520
90	6,00	5,86	3,30	83,40	7,809
110	6,00	5,85	4,00	102,00	11,578
140	6,00	5,84	5,10	129,80	18,782
180	6,00	5,83	5,80	148,40	24,411
200	6,00	5,81	7,30	185,40	38,301
250	6,00	5,78	9,10	231,80	58,835
315	6,00	5,76	11,40	292,20	94,468
355	6,00	5,75	12,90	329,20	120,448
400	6,00	5,73	14,20	371,00	162,058
450	6,00	5,70	16,30	417,40	214,678
500	6,00	5,65	18,10	463,80	286,035
630	6,00	5,62	22,80	584,40	381,059

Diámetro Nominal (mm)	Lt (m)	Lu (m)	e (mm)	D Int. (mm)	Peso Neto Aprox. (Kg)
PN 10 bar (S 10; SDR 21)					
63	6,00	5,88	3,00	57,00	5,044
75	6,00	5,87	3,80	67,80	7,059
90	6,00	5,86	4,30	81,40	10,090
110	6,00	5,85	5,30	99,40	15,133
140	6,00	5,84	6,70	126,80	24,358
180	6,00	5,83	7,70	144,80	31,972
200	6,00	5,81	9,80	180,80	49,832
250	6,00	5,78	11,90	226,20	77,257
315	6,00	5,76	15,00	285,00	122,698
355	6,00	5,75	16,90	321,20	165,790
400	6,00	5,73	19,10	361,80	208,348
450	6,00	5,70	21,50	407,00	240,165
500	6,00	5,65	23,90	452,20	299,367
630	6,00	5,62	30,00	570,00	488,659

Diámetro Nominal (mm)	Lt (m)	Lu (m)	e (mm)	D Int. (mm)	Peso Neto Aprox. (Kg)
PN 15 bar (S 6,6; SDR 14,2)					
63	6,00	5,88	4,4	54,2	
75	6,00	5,87	5,3	64,4	
90	6,00	5,86	6,3	77,4	
110	6,00	5,85	7,7	94,8	
140	6,00	5,84	9,8	120,4	
180	6,00	5,83	11,2	137,8	
200	6,00	5,81	14,0	172,0	
250	6,00	5,78	17,5	215,0	
315	6,00	5,76	22,0	271,0	

FACTOR DE SEGURIDAD F=2,5



an **OAliaxis** company

LIMA
Ca. Venancio Ávila 1990, Urb. Chacra Ríos Lima 01
Central Telefónica: (01) 219-4500

LURÍN
Carretera Panamericana Sur Km. 31

AREQUIPA
Variante de Uchumayo, Km 1.5 - Distrito de Sacha

HUANCAYO
Calle Real Nro. 1595 Azapampa - Chilca

LAMBAYEQUE
Carretera Panamericana Norte Km. 779

www.nicoll.com.pe
ventas@aliaxis-la.com
Síguenos en: Nicoll Perú Oficial

Anexo 4: Fichas técnicas de tuberías PVC-O



TOM
La nueva generación de tubería de PVC orientado

50
YEAR
WARRANTY

► La excelencia en las conducciones de agua a presión

MOLECOR

The advertisement features a central image of a blue water tap with water spraying out against a blue sky background. Below the tap, the 'TOM' logo is displayed in white and blue, with the tagline 'La nueva generación de tubería de PVC orientado' underneath. To the right of the logo is a circular seal with '50 YEAR WARRANTY' and a pencil icon. A horizontal strip of five small images shows various pipe installation scenarios: a valve, a pipe being laid in a trench, a stack of pipes, pipes on the ground, and a worker in a trench. Below this strip is a blue banner with the text '► La excelencia en las conducciones de agua a presión'. At the bottom right, the 'MOLECOR' logo is visible.

La Orientación Molecular, la revolución del PVC

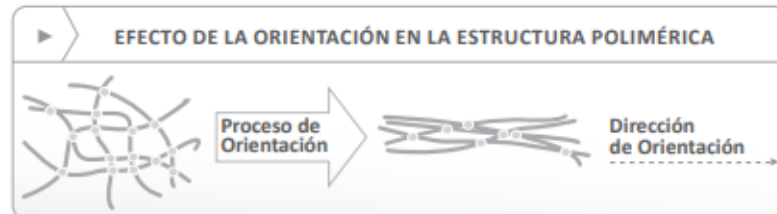


Cuando el PVC de estructura amorfa (sección inferior) se somete al proceso de orientación, se obtiene una estructura laminar (sección superior).

La tubería TOM® es la conducción para el transporte del agua a presión más avanzada tecnológicamente del mercado. Dispone de unas características excepcionales para esta aplicación, generadas fundamentalmente mediante el proceso de Orientación Molecular.

El PVC es esencialmente un polímero amorfo, en el que las moléculas se encuentran dispuestas en direcciones aleatorias. Sin embargo, bajo unas determinadas condiciones de presión, temperatura y velocidad, y mediante un estiramiento del material, es posible ordenar las moléculas del polímero en la misma dirección en la que se ha producido dicho estiramiento.

En función de los parámetros del proceso y sobre todo del ratio de estiramiento, se obtiene un mayor o menor grado de orientación. El resultado es un plástico con una estructura laminar, cuyas capas se aprecian a simple vista.



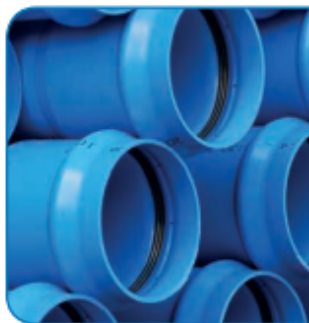
El proceso de Orientación Molecular modifica la estructura del PVC al ordenar en línea las moléculas del polímero.

Un plástico con propiedades insuperables

El proceso de Orientación Molecular mejora de forma espectacular las propiedades físicas y mecánicas del PVC, y le otorga unas características excepcionales, sin alterar las ventajas y propiedades químicas del polímero original. Se consigue así un plástico con unas insuperables cualidades de **resistencia a la tracción y a la fatiga, flexibilidad y resistencia al impacto.**

Aplicado a conducciones a presión se logra **una tubería de gran resistencia y con una elevadísima vida útil.** A ello se añade una considerable eficiencia energética y mediambiental tanto en la fabricación como en la utilización posterior del producto, así como una reducción en el coste y los tiempos de instalación.

Por todo ello, **la tubería TOM® de PVC Orientado es la mejor solución** para conducciones de agua a media y alta presión destinadas a riego, abastecimiento de agua potable, industria, redes contra incendios e impulsiones, entre otros usos.



Tubería TOM®

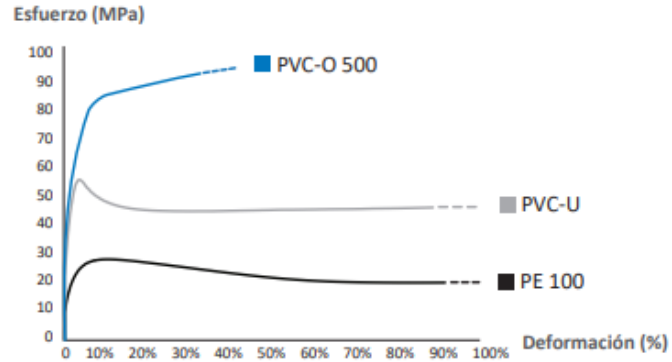
Las mejores propiedades mecánicas

Resistencia a la tracción

- La curva tensión-deformación del PVC-O cambia drásticamente respecto al comportamiento de los plásticos convencionales, resultando una curva característica de los metales.

La transformación completa de las propiedades mecánicas del PVC-O respecto al PVC convencional solamente se logra en la clase más alta PVC-O 500, como es la de la tubería TOM®.

CURVAS DE ESFUERZO-DEFORMACIÓN



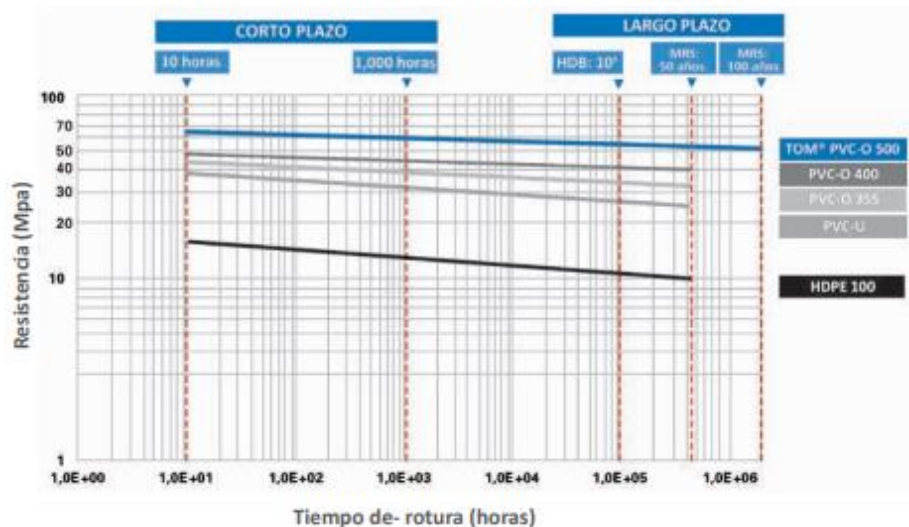
* Valores tensión circunferencial

Resistencia hidrostática a largo plazo

- Los materiales están sometidos a fatiga durante su vida útil. Esta característica definida como "fluencia" se manifiesta en mucho menor grado en el PVC-O 500 que en los plásticos convencionales, lo que conlleva unas mejores propiedades a largo plazo. Teniendo en cuenta que el PVC-O tiene un excelente comportamiento a la fatiga excepcional y una resistencia química muy buena y común con el PVC convencional.

La tubería TOM® mantiene las características de un tubo de la clase 500 por encima de los **100 años**, como indican los ensayos a largo plazo (10.000 horas) efectuados por un laboratorio independiente acreditado según la norma **ISO 9080: 2013** y **UNE – EN 1167: 2006 Parte 1 y 2**. Eso quiere decir que el tubo puede resistir su presión nominal más allá de los 100 años, siempre y cuando no haya alteraciones en el funcionamiento de la instalación. La tubería TOM® de Molecor tiene una vida útil de más de **100 años**.

CURVA DE REGRESIÓN DE RESISTENCIA HIDROSTÁTICA



Características mecánicas del material y de la tubería

- La siguiente tabla resume las características mecánicas de las tuberías de PVC Orientado TOM® frente a otras tuberías plásticas.

Norma Producto	Unidades	TOM [*]	PVC	PE-100	PE-80
		PVC-O 500			
		ISO 16422 UNE-EN 17176	UNE-EN 1452	UNE-EN 12201	UNE-EN 12201
Resistencia mínima requerida (MRS)	MPa	50,0	25,0	10,0	8,0
Coefficiente global de servicio (C)	-	1,4	2,0 ⁽¹⁾	1,25	1,25
Esfuerzo de diseño (σ)	MPa	36,0	12,5	8,0	6,3
Módulo de elasticidad a corto plazo (E)	MPa	4.000	>3.000	1.100	900
Resistencia a tracción uniaxial	MPa	≥48	≥45	19	19
Resistencia a tracción tangencial	MPa	>85	≥45	19	19
Dureza Shore D a 20 °C	-	81 - 85	70 - 85	60	65

(1) Para tubos con DN ≥110.

Otras características del material

- A continuación se muestran otras características no mecánicas del PVC-O 500.

Características	Unidades	Valor
Densidad	kg/dm ³	1,35 - 1,46 ⁽¹⁾
Valor K resina de PVC	-	>64
Coefficiente de Poisson	-	0,35 - 0,41
Temperatura Vicat	°C	≥80
Coefficiente de dilatación lineal	°C ⁻¹	8·10 ⁻⁵
Conductividad térmica	Kcal/mh°C	0,14 - 0,18
Calor específico a 20 °C	cal/g°C	0,20 - 0,28
Rigidez dieléctrica	kV/mm	20 - 40
Constante dieléctrica a 60 Hz	-	3,2 - 3,6
Resistividad transversal a 20 °C	Ω/cm	>10 ¹⁶
Rugosidad absoluta (ka)	mm	0,007
Rugosidad C (Hazen Williams)	-	150
Coefficiente de rugosidad de Manning (n)	-	0,009

(1) Aunque la norma permite todo este rango, la tubería de PVC-O TOM® se define en un rango concreto de 1,37 a 1,43 kg/dm³.

Características de la junta de estanqueidad

Características	Unidades	Valor
Dureza del elastómero	IRHD	60 ±5

Gama para todas las aplicaciones

- La tubería TOM® cuenta con una amplia gama capaz de cubrir todas las necesidades de media y alta presión.

Normativa aplicable

La tubería de PVC-O TOM® está fabricada de acuerdo a la **norma española UNE-EN 17176:2019** "Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua, riego, saneamiento y alcantarillado, enterrado o aéreo, con presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado orientado (PVC-O). Parte 1: Generalidades, Parte 2: Tubos y Parte 5: Aptitud al uso del sistema" (basada en la **norma europea EN 17176** "Plastic piping systems for water supply and for buried and above ground drainage, sewerage and irrigation under pressure- Oriented unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-O). Part 1: General, Part 2: Pipes and Part 5: Fitness for purpose of the system") y a la **norma internacional ISO 16422:2014** "Pipes and joints made of oriented unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-O) for the conveyance of water under pressure".

Otras normas internacionales que contemplan la tubería de PVC-O son:

- Normas norteamericanas: ASTM F1483-17 "Standard Specification for Oriented Poly(Vinyl Chloride), PVCO, Pressure Pipe"; y ANSI/AWWA C909-16 "Molecularly Oriented Polyvinyl Chloride (PVCO) Pressure Pipe".
- Norma australiana: AS/NZS 4441:2017 "Oriented PVC (PVC-O) pipes for pressure applications".
- Norma canadiense: CAN/CSA-B137.3.1-13 "Molecularly oriented polyvinylchloride (PVCO) pipe for pressure applications".
- Norma rusa: GOST R 56927-2016 "Трубы из ориентированного непластифицированного поливинилхлорида для водоснабжения".
- Norma india: IS 16647-2017 "Oriented Unplasticized Polyvinyl Chloride (PVC-O) Pipes for Water Supply – Specification".

Clasificación del material

Las normas **ISO 16422:2014** y **UNE-EN 17176-2:2019** contemplan diferentes clases de material de PVC-O clasificados según su MRS (resistencia mínima requerida), debido a que la Orientación Molecular se puede lograr en mayor o menor medida dependiendo del proceso de fabricación. **La tubería de PVC-O TOM® se fabrica solamente según la clase más alta (PVC-O 500)**, ya que al ser la que tiene un grado de orientación más elevado es la que garantiza un mejor comportamiento mecánico. De esa forma, la tubería TOM® **dispone en su mayor grado de las ventajas que el PVC-O presenta** sobre otros materiales.

Tubería TOM® PVC-O 500				
	PN12,5	PN16	PN20	PN25
Clase de material	500	500	500	500
MRS (Mpa)	50,0	50,0	50,0	50,0
Presión nominal (bar)	12,5	16,0	20,0	25,0
Presión rotura a 50 años (bar) ⁽¹⁾	17,5	22,4	28,0	35,0
Presión rotura a 10 horas (bar) ⁽²⁾	23,1	28,9	36,7	48,1
Presión de prueba máxima en obra (bar) ⁽²⁾	17,5	21,0	25,0	30,0
Rigidez circunferencial (kN/m ²) ⁽³⁾	5	7	11	20
Color ⁽⁴⁾	azul/morado	azul/morado	azul/morado	azul/morado

(1) A temperatura de 20 °C.

(2) Según norma UNE-EN 805:2000 con golpe de ariete estimado.

(3) Rigidez media en el tubo según tolerancias establecidas.

(4) Disponible en color azul (abastecimiento), morado (reutilización) y blanco (resistente a los rayos UV). Otros colores consultar.

Dimensiones

TOM® PVC-O 500										
Presión Nominal (bar)		PN12,5			PN16		PN20		PN25	
Diámetro Nominal (DN)	Diámetro Exterior (DE)		Diámetro Interior (DI)	Espesor Mínimo	Diámetro Interior (DI)	Espesor Mínimo	Diámetro Interior (DI)	Espesor Mínimo	Diámetro Interior (DI)	Espesor Mínimo
	min.	max.								
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
90	90,0	90,3	84,8	1,6	84,3	2,0	84,3	2,5	83,0	3,1
110	110,0	110,4	103,6	2,0	103,1	2,4	103,0	3,1	100,8	3,8
125	125,0	125,4	117,8	2,2	117,8	2,8	117,1	3,5	115,3	4,3
140	140,0	140,5	132,3	2,5	132,3	3,1	131,1	3,9	129,1	4,8
160	160,0	160,5	152,1	2,8	151,2	3,5	149,8	4,4	147,5	5,5
200	200,0	200,6	190,1	3,5	189,0	4,4	187,3	5,5	183,3	6,9
225	225,0	225,7	213,9	4,0	212,6	5,0	210,7	6,2	207,5	7,7
250	250,0	250,8	237,6	4,4	236,3	5,5	234,1	6,9	229,1	8,6
315	315,0	316,0	299,4	5,5	297,7	6,9	295,0	8,7	288,6	10,8
355	355,0	356,1	337,4	6,2	335,5	7,8	332,5	9,8	325,3	12,2
400	400,0	401,2	380,2	7,0	378,0	8,8	374,6	11,0	366,5	13,7
450	450,0	451,4	427,7	7,9	425,3	9,9	421,4	12,4	412,3	15,4
500	500,0	501,5	475,2	8,8	472,5	11,0	468,2	13,7	458,1	17,1
630	630,0	631,9	598,8	11,0	595,4	13,8	590,0	17,3	581,0	21,6
710	710,0	712,0	674,8	12,4	671,0	15,4	664,9	19,2	654,7	24,4
800	800,0	802,0	760,4	14,0	756,1	17,4	749,2	21,6	733,0	27,4
900	900,0	902,7	855,4	15,7	850,6	19,6	839,5	24,3	824,1	30,9
1000	1000,0	1003,0	950,5	17,5	945,1	21,7	932,8	27,0	915,6	34,3
1100 ⁽¹⁾	1100,0	1103,3	1045,5	-	1039,6	-	1026,1	-	1007,2	-
1200 ⁽²⁾	1200,0	1203,6	1140,6	21,1	1134,1	26,2	1119,4	32,4	1098,8	41,4

Las tuberías de PVC-O TOM® se suministran en longitudes totales (incluyendo la longitud marcado tope) de 5,95 metros. Los diámetros interiores pueden estar sujetos a variación según tolerancias de fabricación.

(1) Artículos bajo pedido. Consulte plazo de entrega. Para otros diámetros y presiones nominales, consultar.

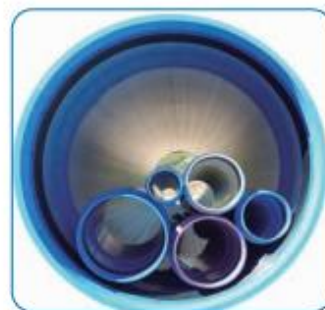
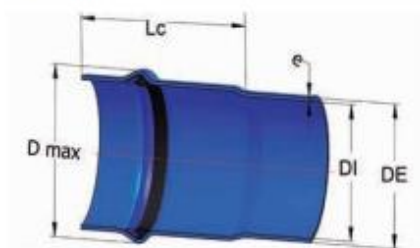
DN1100: No contemplado en las normas ISO 16422:2014 y EN 17176:2019.

DN1200: No contemplado en norma ISO 16422:2014, fabricado según especificaciones de norma EN 17176:2019.

Certificado AENOR de Producto

nº 001/007104 conforme con UNE-EN 17176-1:2019. Marca 

nº 001/006537 conforme con ISO 16422:2014. Marca 



Anexo 5: Modelamiento hidráulico de tuberías pvc-u y pvc-o

CÁLCULO DE VELOCIDADES DE CAUDALES EN TUBERIAS DE PVC-O
(Línea de Aducción y red de Distribución)

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
1	PVC-O.1	2.63	No.1	No.2	20.7	1"	PVC-O	150	0.25	0.7
2	PVC-O.2	51.07	No.1	No.7	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.19	0.6
3	PVC-O.3	23.43	No.2	No.31	26.2	1"	PVC-O	150	0.37	0.7
4	PVC-O.4	4.52	No.3	No.4	57	63 mm	PVC-O	150	2.64	1.0
5	PVC-O.5	52.88	No.4	No.14	26.2	1"	PVC-O	150	0.58	1.1
6	PVC-O.6	109.8	No.4	No.21	57	63 mm	PVC-O	150	1.96	0.8
7	PVC-O.7	5.3	No.5	No.6	84.8	90 mm	PVC-O	150	5.61	1.0
8	PVC-O.8	72.49	No.5	No.82	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.15	0.8
9	PVC-O.9	47.25	No.6	No.51	57	63 mm	PVC-O	150	3.10	1.2
10	PVC-O.10	91.41	No.6	No.35	57	63 mm	PVC-O	150	2.16	0.8
11	PVC-O.11	5.7	No.7	No.8	26.2	1"	PVC-O	150	0.67	1.2
12	PVC-O.12	21.72	No.8	No.27	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.08	0.6
13	PVC-O.13	87.82	No.8	No.38	26.2	1"	PVC-O	150	0.51	1.0
14	PVC-O.14	5.78	No.9	No.10	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.21	1.2
15	PVC-O.15	39.15	No.9	No.44	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.29	0.9
16	PVC-O.16	16.27	No.10	No.22	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.13	0.7
17	PVC-O.17	10	No.11	No.12	84.8	90 mm	PVC-O	150	5.40	1.0
18	PVC-O.18	122.24	No.11	No.18	84.8	90 mm	PVC-O	150	5.97	1.1
19	PVC-O.19	77.59	No.12	No.85	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.20	0.6
20	PVC-O.20	152.36	No.12	No.49	84.8	90 mm	PVC-O	150	4.80	0.9
21	PVC-O.21	10.57	No.13	No.3	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.14	0.8
22	PVC-O.22	109.69	No.13	No.20	26.2	1"	PVC-O	150	0.40	0.7
23	PVC-O.23	12.02	No.14	No.15	26.2	1"	PVC-O	150	0.81	1.5
24	PVC-O.24	55.3	No.15	No.67	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.08	0.6
25	PVC-O.25	109.18	No.15	No.73	26.2	1"	PVC-O	150	0.51	0.9
26	PVC-O.26	13.74	No.16	No.17	40.6	1 1/2"	PVC-O	150	1.00	0.8
27	PVC-O.27	44.23	No.17	No.28	26.2	1"	PVC-O	150	0.66	1.2
28	PVC-O.28	62.85	No.17	No.47	26.2	1"	PVC-O	150	0.16	0.6
29	PVC-O.29	15.78	No.18	No.19	84.8	90 mm	PVC-O	150	5.44	1.0
30	PVC-O.30	137.56	No.18	No.71	26.2	1"	PVC-O	150	0.18	0.6
31	PVC-O.31	58.23	No.19	No.25	57	63 mm	PVC-O	150	2.43	1.0

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
32	PVC-O.32	139.03	No.19	No.3	57	63 mm	PVC-O	150	2.64	1.0
33	PVC-O.33	16.06	No.20	No.21	26.2	1"	PVC-O	150	0.60	1.1
34	PVC-O.34	65.59	No.21	No.73	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.47	1.4
35	PVC-O.35	207.04	No.21	No.105	26.2	1"	PVC-O	150	0.40	0.7
36	PVC-O.36	23.54	No.22	No.24	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.12	0.7
37	PVC-O.37	50.32	No.22	No.44	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.11	0.6
38	PVC-O.38	16.87	No.23	No.24	26.2	1"	PVC-O	150	0.83	1.5
39	PVC-O.39	30.42	No.23	No.10	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.34	1.0
40	PVC-O.40	25.29	No.24	No.34	26.2	1"	PVC-O	150	0.71	1.3
41	PVC-O.41	16.92	No.25	No.26	57	63 mm	PVC-O	150	1.65	0.6
42	PVC-O.42	124	No.25	No.14	26.2	1"	PVC-O	150	0.48	0.9
43	PVC-O.43	49.03	No.26	No.52	40.6	1 1/2"	PVC-O	150	0.85	0.7
44	PVC-O.44	98.17	No.26	No.91	40.6	1 1/2"	PVC-O	150	0.72	0.6
45	PVC-O.45	108.13	No.27	No.94	26.2	1"	PVC-O	150	0.21	0.6
46	PVC-O.46	21.82	No.28	No.1	26.2	1"	PVC-O	150	0.52	1.0
47	PVC-O.47	73.41	No.28	No.32	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.12	0.6
48	PVC-O.48	22.96	No.29	No.30	26.2	1"	PVC-O	150	0.64	1.2
49	PVC-O.49	54.27	No.29	No.62	40.6	1 1/2"	PVC-O	150	1.09	0.8
50	PVC-O.50	92.28	No.29	No.89	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.10	0.6
51	PVC-O.51	68.58	No.30	No.81	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.17	1.0
52	PVC-O.52	211.07	No.30	No.106	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.20	1.1
53	PVC-O.53	43.83	No.31	No.27	26.2	1"	PVC-O	150	0.42	0.8
54	PVC-O.54	23.45	No.32	No.33	26.2	1"	PVC-O	150	0.47	0.9
55	PVC-O.55	24.38	No.33	No.9	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.25	0.8
56	PVC-O.56	71.75	No.33	No.2	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.12	0.7
57	PVC-O.57	102.5	No.34	No.94	26.2	1"	PVC-O	150	0.47	0.9
58	PVC-O.58	28.34	No.35	No.36	20.7	1"	PVC-O	150	0.11	0.6
59	PVC-O.59	44.47	No.35	No.16	26.2	1"	PVC-O	150	0.63	1.2
60	PVC-O.60	77.79	No.35	No.48	57	1 1/2"	PVC-O	150	1.45	0.6
61	PVC-O.61	30.45	No.36	No.42	20.7	1"	PVC-O	150	0.11	0.6
62	PVC-O.62	29.19	No.37	No.32	26.2	1"	PVC-O	150	0.74	1.4
63	PVC-O.63	54.56	No.37	No.23	40.6	1 1/2"	PVC-O	150	1.30	1.0
64	PVC-O.64	29.55	No.38	No.39	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.32	0.9
65	PVC-O.65	57.03	No.39	No.72	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.07	0.6

ID	Label	Length (Scale d) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
66	PVC-O.66	115.17	No.39	No.87	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.02	0.6
67	PVC-O.67	30.26	No.40	No.41	57	63 mm	PVC-O	150	1.90	0.7
68	PVC-O.68	43.38	No.40	No.45	57	63 mm	PVC-O	150	1.53	0.6
69	PVC-O.69	52.64	No.40	No.60	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.15	0.8
70	PVC-O.70	46.67	No.41	No.46	103.6	110 mm	PVC-O	150	12.35	1.5
71	PVC-O.71	76.56	No.42	No.55	57	63 mm	PVC-O	150	1.90	0.7
72	PVC-O.72	31.07	No.43	No.7	26.2	1"	PVC-O	150	0.60	1.1
73	PVC-O.73	57.37	No.43	No.28	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.04	0.6
74	PVC-O.74	33.38	No.44	No.31	20.7	1/2"	PVC-O	150	0.20	0.6
75	PVC-O.75	33.76	No.45	No.46	57	63 mm	PVC-O	150	1.51	0.6
76	PVC-O.76	66.01	No.46	No.68	84.8	90 mm	PVC-O	150	6.44	1.1
77	PVC-O.77	72.78	No.46	No.83	84.8	90 mm	PVC-O	150	7.15	1.3
78	PVC-O.78	36.65	No.47	No.43	26.2	1"	PVC-O	150	0.73	1.4
79	PVC-O.79	37.2	No.48	No.47	26.2	1"	PVC-O	150	0.69	1.3
80	PVC-O.80	100.63	No.48	No.65	40.6	1 1/2"	PVC-O	150	0.56	0.6
81	PVC-O.81	45.45	No.49	No.50	57	63 mm	PVC-O	150	2.38	0.9
82	PVC-O.82	50.54	No.49	No.57	57	63 mm	PVC-O	150	2.01	0.8
83	PVC-O.83	74.51	No.50	No.29	57	63 mm	PVC-O	150	2.01	0.8
84	PVC-O.84	128.31	No.50	No.93	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.12	0.7
85	PVC-O.85	55.47	No.51	No.37	57	63 mm	PVC-O	150	2.19	0.9
86	PVC-O.86	92.65	No.51	No.16	26.2	1"	PVC-O	150	0.42	0.8
87	PVC-O.87	107.77	No.52	No.67	26.2	1"	PVC-O	150	0.60	1.1
88	PVC-O.88	49.79	No.53	No.54	57	63 mm	PVC-O	150	1.37	0.6
89	PVC-O.89	112.52	No.53	No.97	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.10	0.6
90	PVC-O.90	49.84	No.55	No.56	57	63 mm	PVC-O	150	2.84	1.1
91	PVC-O.91	105.17	No.55	No.48	26.2	1"	PVC-O	150	0.06	0.6
92	PVC-O.92	130.29	No.56	No.76	57	63 mm	PVC-O	150	2.10	0.8
93	PVC-O.93	106.39	No.57	No.81	26.2	1"	PVC-O	150	0.70	1.3
94	PVC-O.94	126.7	No.57	No.13	40.6	1 1/2"	PVC-O	150	0.93	0.7
95	PVC-O.95	50.91	No.58	No.20	40.6	1 1/2"	PVC-O	150	0.90	0.7
96	PVC-O.96	204.21	No.58	No.102	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.40	1.2
97	PVC-O.97	51.94	No.59	No.11	103.6	110 mm	PVC-O	150	11.60	1.4
98	PVC-O.98	92.97	No.59	No.90	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.20	0.6
99	PVC-O.99	52.94	No.61	No.41	103.6	110 mm	PVC-O	150	14.45	1.7
100	PVC-O.100	110.47	No.61	No.59	103.6	110 mm	PVC-O	150	12.27	1.5

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
101	PVC-O.101	98.8	No.62	No.95	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.10	0.6
102	PVC-O.102	54.48	No.63	No.64	57	63 mm	PVC-O	150	3.02	1.2
103	PVC-O.103	58.75	No.63	No.75	26.2	1"	PVC-O	150	0.31	0.6
104	PVC-O.104	78.42	No.63	No.55	40.6	1 1/2"	PVC-O	150	1.07	0.8
105	PVC-O.105	171.42	No.64	No.98	57	63 mm	PVC-O	150	2.69	1.1
106	PVC-O.106	55	No.65	No.66	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.03	0.6
107	PVC-O.107	161.65	No.65	No.84	26.2	1"	PVC-O	150	0.27	0.6
108	PVC-O.108	80.06	No.67	No.69	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.16	0.6
109	PVC-O.109	107.68	No.67	No.74	26.2	1"	PVC-O	150	0.44	0.8
110	PVC-O.110	55.29	No.68	No.5	84.8	90 mm	PVC-O	150	6.03	1.1
111	PVC-O.111	64.01	No.68	No.78	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.07	0.6
112	PVC-O.112	55.78	No.69	No.70	57	63 mm	PVC-O	150	2.18	0.9
113	PVC-O.113	107.45	No.69	No.86	57	63 mm	PVC-O	150	1.54	0.6
114	PVC-O.114	79.82	No.70	No.53	57	63 mm	PVC-O	150	1.10	0.6
115	PVC-O.115	108.8	No.70	No.96	26.2	1"	PVC-O	150	0.49	0.9
116	PVC-O.116	56.5	No.71	No.64	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.07	0.6
117	PVC-O.117	57.26	No.73	No.74	15.2	1/2"	PVC-O	150	-0.01	0.6
118	PVC-O.118	206.65	No.73	No.104	26.2	1"	PVC-O	150	0.40	0.7
119	PVC-O.119	79.08	No.74	No.86	26.2	1"	PVC-O	150	-0.55	1.0
120	PVC-O.120	204	No.74	No.101	26.2	1"	PVC-O	150	0.40	0.7
121	PVC-O.121	57.68	No.75	No.71	26.2	1"	PVC-O	150	0.16	0.6
122	PVC-O.122	66.33	No.75	No.79	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.10	0.6
123	PVC-O.123	60.58	No.76	No.77	57	63 mm	PVC-O	150	1.86	0.7
124	PVC-O.124	75.28	No.76	No.84	26.2	1"	PVC-O	150	-0.09	0.6
125	PVC-O.125	68.58	No.77	No.80	15.2	1/2"	PVC-O	150	0.10	0.6
126	PVC-O.126	115.12	No.77	No.54	57	63 mm	PVC-O	150	1.61	0.6
127	PVC-O.127	75.19	No.81	No.58	15.2	1/2"	PVC-O	150	-0.11	0.6
128	PVC-O.128	203.66	No.81	No.100	26.2	1"	PVC-O	150	0.40	0.7
129	PVC-O.129	75.69	No.83	No.63	84.8	110 mm	PVC-O	150	4.58	0.8
130	PVC-O.130	94.41	No.83	No.42	57	63 mm	PVC-O	150	2.18	0.9
131	PVC-O.131	204.43	No.86	No.103	26.2	1"	PVC-O	150	0.40	0.7
132	PVC-O.132	81.94	No.87	No.88	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.20	0.6
133	PVC-O.133	95.4	No.91	No.92	26.2	1"	PVC-O	150	0.48	0.9
134	PVC-O.134	116.6	No.92	No.69	15.2	3/4"	PVC-O	150	0.06	0.6

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
135	PVC-O.135	119.48	No.94	No.87	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.25	0.7
136	PVC-O.136	203.31	No.96	No.99	20.7	3/4"	PVC-O	150	0.20	0.6
137	PVC-O.137	128.23	No.98	No.70	57	63 mm	PVC-O	150	2.05	0.8
138	PVC-O.138	1.82	No.107	No.108	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
139	PVC-O.139	15.17	No.108	No.111	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
140	PVC-O.140	11.11	No.109	No.110	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
141	PVC-O.141	43.58	No.110	No.116	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
142	PVC-O.142	32.46	No.111	No.115	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
143	PVC-O.143	23.34	No.112	No.113	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
144	PVC-O.144	75.9	No.112	No.61	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
145	PVC-O.145	33.32	No.113	No.107	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
146	PVC-O.146	24.6	No.114	No.109	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
147	PVC-O.147	64.31	No.115	No.118	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
148	PVC-O.148	107.56	No.116	No.119	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
149	PVC-O.149	49.53	No.117	R-4	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
150	PVC-O.150	71.11	No.118	No.114	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5
151	PVC-O.151	119.4	No.119	No.117	152.1	160 mm	PVC-O	150	27.06	1.5

CÁLCULO DE PRESIONES EN TUBERÍAS DE PVC-O
(Línea de Aducción y red de Distribución)

ID	Label	Elevación (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1	No.1	192.16	Línea de Aducción y Distribución	0.07	216.07	23.86
2	No.2	193.02	Línea de Aducción y Distribución	-	216.04	22.98
3	No.3	195	Línea de Aducción y Distribución	0.15	220.85	25.8
4	No.4	195	Línea de Aducción y Distribución	0.10	220.77	25.72
5	No.5	196.37	Línea de Aducción y Distribución	0.27	224.5	28.07
6	No.6	196.44	Línea de Aducción y Distribución	0.35	224.43	27.94
7	No.7	193	Línea de Aducción y Distribución	0.12	215.02	21.98
8	No.8	193	Línea de Aducción y Distribución	0.07	214.65	21.61
9	No.9	193.03	Línea de Aducción y Distribución	0.17	218.7	25.62
10	No.10	193	Línea de Aducción y Distribución	-	219.28	26.23
11	No.11	195.97	Línea de Aducción y Distribución	0.24	225.57	29.53
12	No.12	195.96	Línea de Aducción y Distribución	0.40	225.44	29.42

ID	Label	Elevación (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
13	No.13	195	Línea de Aducción y Distribución	0.40	221.44	26.38
14	No.14	195.48	Línea de Aducción y Distribución	0.25	218.1	22.57
15	No.15	195.63	Línea de Aducción y Distribución	0.22	216.97	21.29
16	No.16	193	Línea de Aducción y Distribución	0.05	220.34	27.29
17	No.17	193	Línea de Aducción y Distribución	0.17	220.08	27.03
18	No.18	195	Línea de Aducción y Distribución	0.35	223.71	28.66
19	No.19	195.07	Línea de Aducción y Distribución	0.37	223.51	28.39
20	No.20	194.33	Línea de Aducción y Distribución	0.10	218.68	24.3
21	No.21	194.85	Línea de Aducción y Distribución	0.49	219.56	24.66
22	No.22	193	Línea de Aducción y Distribución	0.15	218.53	25.48
23	No.23	193	Línea de Aducción y Distribución	0.12	221.01	27.95
24	No.24	193.02	Línea de Aducción y Distribución	-	219.3	26.22
25	No.25	195	Línea de Aducción y Distribución	0.30	222.54	27.49
26	No.26	195	Línea de Aducción y Distribución	0.07	222.4	27.35
27	No.27	193.22	Línea de Aducción y Distribución	0.30	214.26	21
28	No.28	193	Línea de Aducción y Distribución	0.22	217.05	24
29	No.29	199.16	Línea de Aducción y Distribución	0.17	222.3	23.09
30	No.30	197.89	Línea de Aducción y Distribución	0.27	220.88	22.94
31	No.31	193	Línea de Aducción y Distribución	0.15	215.42	22.37
32	No.32	193.9	Línea de Aducción y Distribución	0.15	220.17	26.21
33	No.33	193.34	Línea de Aducción y Distribución	0.10	219.39	26
34	No.34	193.03	Línea de Aducción y Distribución	0.25	217.32	24.23
35	No.35	196.18	Línea de Aducción y Distribución	0.20	223.42	27.19
36	No.36	196.99	Línea de Aducción y Distribución	-	223.46	26.42
37	No.37	194	Línea de Aducción y Distribución	0.15	222.46	28.41
38	No.38	193	Línea de Aducción y Distribución	0.20	211.1	18.06
39	No.39	193	Línea de Aducción y Distribución	0.22	209.58	16.54
40	No.40	195	Línea de Aducción y Distribución	0.22	227.06	32
41	No.41	195	Línea de Aducción y Distribución	0.20	227.43	32.37
42	No.42	196.76	Línea de Aducción y Distribución	0.16	223.49	26.68
43	No.43	193	Línea de Aducción y Distribución	0.17	216.7	23.65
44	No.44	193.51	Línea de Aducción y Distribución	0.20	217.34	23.78
45	No.45	195.85	Línea de Aducción y Distribución	0.03	226.69	30.78
46	No.46	196	Línea de Aducción y Distribución	0.27	226.42	30.35
47	No.47	193	Línea de Aducción y Distribución	0.12	219.54	26.48
48	No.48	195.61	Línea de Aducción y Distribución	0.25	221.73	26.07
49	No.49	197.72	Línea de Aducción y Distribución	0.42	223.88	26.11
50	No.50	199.28	Línea de Aducción y Distribución	0.25	223.16	23.84
51	No.51	194.59	Línea de Aducción y Distribución	0.49	223.21	28.56

ID	Label	Elevación (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
52	No.52	195.14	Línea de Aducción y Distribución	0.25	221.81	26.62
53	No.53	196.44	Línea de Aducción y Distribución	0.17	218.25	21.77
54	No.54	197.01	Línea de Aducción y Distribución	0.25	218.51	21.45
55	No.55	196.2	Línea de Aducción y Distribución	0.07	222.66	26.4
56	No.56	196.17	Línea de Aducción y Distribución	0.74	221.56	25.34
57	No.57	196.26	Línea de Aducción y Distribución	0.37	223.29	26.98
58	No.58	193.78	Línea de Aducción y Distribución	0.40	217.99	24.16
59	No.59	195	Línea de Aducción y Distribución	0.47	226.59	31.53
60	No.60	195.44	Línea de Aducción y Distribución	0.15	224.02	28.53
61	No.61	195	Línea de Aducción y Distribución	0.35	229.01	33.94
62	No.62	201.81	Línea de Aducción y Distribución	0.99	221.25	19.4
63	No.63	196	Línea de Aducción y Distribución	0.17	224.48	28.42
64	No.64	195.86	Línea de Aducción y Distribución	0.40	223.09	27.17
65	No.65	193.52	Línea de Aducción y Distribución	0.27	221.25	27.67
66	No.66	197	Línea de Aducción y Distribución	0.03	221.13	24.08
67	No.67	195.54	Línea de Aducción y Distribución	0.40	216	20.42
68	No.68	196	Línea de Aducción y Distribución	0.33	225.32	29.26
69	No.69	195.68	Línea de Aducción y Distribución	0.54	217.22	21.5
70	No.70	196.54	Línea de Aducción y Distribución	0.47	217.97	21.38
71	No.71	195	Línea de Aducción y Distribución	0.27	223.17	28.11
72	No.72	191.36	Línea de Aducción y Distribución	0.07	208.66	17.27
73	No.73	195	Línea de Aducción y Distribución	0.59	212.6	17.56
74	No.74	195	Línea de Aducción y Distribución	0.59	212.65	17.62
75	No.75	194.19	Línea de Aducción y Distribución	0.05	223.48	29.24
76	No.76	196.06	Línea de Aducción y Distribución	0.34	219.92	23.81
77	No.77	196.51	Línea de Aducción y Distribución	0.15	219.34	22.79
78	No.78	195.94	Línea de Aducción y Distribución	0.07	224.29	28.3
79	No.79	195	Línea de Aducción y Distribución	0.10	221.66	26.61
80	No.80	195.78	Línea de Aducción y Distribución	0.10	217.46	21.64
81	No.81	195.37	Línea de Aducción y Distribución	0.59	215.51	20.1
82	No.82	196.86	Línea de Aducción y Distribución	0.15	220.32	23.41
83	No.83	195.88	Línea de Aducción y Distribución	0.40	224.77	28.84
84	No.84	196	Línea de Aducción y Distribución	0.17	219.95	23.9
85	No.85	206.95	Línea de Aducción y Distribución	0.20	223.73	16.75
86	No.86	196.17	Línea de Aducción y Distribución	0.59	216.46	20.25
87	No.87	195	Línea de Aducción y Distribución	0.07	209.45	14.42
88	No.88	191.4	Línea de Aducción y Distribución	0.20	207.65	16.21
89	No.89	199.45	Línea de Aducción y Distribución	0.10	219.77	20.28
90	No.90	203.85	Línea de Aducción y Distribución	0.20	224.55	20.66

ID	Label	Elevación (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
91	No.91	195.07	Línea de Aducción y Distribución	0.25	221.45	26.33
92	No.92	195.53	Línea de Aducción y Distribución	0.42	217.72	22.15
93	No.93	201.89	Línea de Aducción y Distribución	0.12	217.82	15.9
94	No.94	193	Línea de Aducción y Distribución	0.42	213.57	20.53
95	No.95	203.38	Línea de Aducción y Distribución	0.10	218.54	15.13
96	No.96	196.83	Línea de Aducción y Distribución	0.30	213.84	16.98
97	No.97	195.53	Línea de Aducción y Distribución	0.10	215.16	19.59
98	No.98	196.56	Línea de Aducción y Distribución	0.64	219.57	22.96
99	No.99	195.06	Línea de Aducción y Distribución	0.20	209.37	14.28
100	No.100	198.31	Línea de Aducción y Distribución	0.40	210.4	12.07
101	No.101	196	Línea de Aducción y Distribución	0.40	207.54	11.52
102	No.102	195.38	Línea de Aducción y Distribución	0.40	201.85	6.45
103	No.103	195.39	Línea de Aducción y Distribución	0.40	211.33	15.91
104	No.104	195.8	Línea de Aducción y Distribución	0.40	207.42	11.59
105	No.105	194.22	Línea de Aducción y Distribución	0.40	214.37	20.11
106	No.106	193	Línea de Aducción y Distribución	0.20	199.98	6.97
107	No.107	217.65	Línea de Aducción y Distribución	27.06	231.04	13.37
108	No.108	218.12	Línea de Aducción y Distribución	27.06	231.07	12.92
109	No.109	226.09	Línea de Aducción y Distribución	27.06	234.25	8.14
110	No.110	227.65	Línea de Aducción y Distribución	27.06	234.42	6.76
111	No.111	220.03	Línea de Aducción y Distribución	27.06	231.3	11.25
112	No.112	197.97	Línea de Aducción y Distribución	27.06	230.18	32.14
113	No.113	202.57	Línea de Aducción y Distribución	27.06	230.53	27.9
114	No.114	228.19	Línea de Aducción y Distribución	27.06	233.88	5.68
115	No.115	218.73	Línea de Aducción y Distribución	27.06	231.8	13.05
116	No.116	233.44	Línea de Aducción y Distribución	27.06	235.09	1.65
117	No.117	234.87	Línea de Aducción y Distribución	27.06	238.57	3.69
118	No.118	225.55	Línea de Aducción y Distribución	27.06	232.79	7.22
119	No.119	231.61	Línea de Aducción y Distribución	27.06	236.74	5.12

CÁLCULO DE VELOCIDADES DE CAUDALES EN TUBERÍAS DE PVC-U

(Línea de Aducción y red de Distribución)

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter Int. (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
1	PVC-U.1	2.63	No.1	No.2	26.2	1"	PVC	150	0.28	0.6
2	PVC-U.2	51.07	No.1	No.7	20.7	3/4"	PVC	150	0.19	0.6
3	PVC-U.3	23.43	No.2	No.31	26.2	1"	PVC	150	0.41	0.8
4	PVC-U.4	4.52	No.3	No.4	57	63 mm	PVC	150	2.63	1.0
5	PVC-U.5	52.88	No.4	No.14	26.2	1"	PVC	150	0.58	1.1
6	PVC-U.6	109.8	No.4	No.21	57	63 mm	PVC	150	1.96	0.8
7	PVC-U.7	5.3	No.5	No.6	81.4	90 mm	PVC	150	5.42	1.0
8	PVC-U.8	72.49	No.5	No.82	15.2	1/2"	PVC	150	0.15	0.8
9	PVC-U.9	47.25	No.6	No.51	57	63 mm	PVC	150	3.11	1.2
10	PVC-U.10	91.41	No.6	No.35	57	63 mm	PVC	150	1.96	0.8
11	PVC-U.11	5.7	No.7	No.8	26.2	1"	PVC	150	0.66	1.2
12	PVC-U.12	21.72	No.8	No.27	15.2	1/2"	PVC	150	0.08	0.4
13	PVC-U.13	87.82	No.8	No.38	26.2	1"	PVC	150	0.51	0.9
14	PVC-U.14	5.78	No.9	No.10	15.2	1/2"	PVC	150	0.20	1.1
15	PVC-U.15	39.15	No.9	No.44	20.7	3/4"	PVC	150	0.25	0.8
16	PVC-U.16	16.27	No.10	No.22	15.2	1/2"	PVC	150	0.13	0.7
17	PVC-U.17	10	No.11	No.12	81.4	90 mm	PVC	150	5.40	1.0
18	PVC-U.18	122.24	No.11	No.18	81.4	90 mm	PVC	150	5.94	1.1
19	PVC-U.19	77.59	No.12	No.85	20.7	3/4"	PVC	150	0.20	0.6
20	PVC-U.20	152.36	No.12	No.49	81.4	90 mm	PVC	150	4.81	0.9
21	PVC-U.21	10.57	No.13	No.3	15.2	1/2"	PVC	150	0.14	0.8
22	PVC-U.22	109.69	No.13	No.20	26.2	1"	PVC	150	0.40	0.7
23	PVC-U.23	12.02	No.14	No.15	26.2	1"	PVC	150	0.81	1.5
24	PVC-U.24	55.3	No.15	No.67	15.2	1/2"	PVC	150	0.08	0.6
25	PVC-U.25	109.18	No.15	No.73	26.2	1"	PVC	150	0.51	0.9
26	PVC-U.26	13.74	No.16	No.17	40.6	1 1/2"	PVC	150	1.08	0.8
27	PVC-U.27	44.23	No.17	No.28	26.2	1"	PVC	150	0.68	1.3
28	PVC-U.28	62.85	No.17	No.47	26.2	1"	PVC	150	0.22	0.6
29	PVC-U.29	15.78	No.18	No.19	81.4	90 mm	PVC	150	5.45	1.0
30	PVC-U.30	137.56	No.18	No.71	26.2	1"	PVC	150	0.15	0.6
31	PVC-U.31	58.23	No.19	No.25	57	63 mm	PVC	150	2.44	1.0
32	PVC-U.32	139.03	No.19	No.3	57	63 mm	PVC	150	2.63	1.0
33	PVC-U.33	16.06	No.20	No.21	26.2	1"	PVC	150	0.60	1.1

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter Int. (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
34	PVC-U.34	65.59	No.21	No.73	20.7	3/4"	PVC	150	0.46	1.4
35	PVC-U.35	207.04	No.21	No.105	26.2	1"	PVC	150	0.40	0.7
36	PVC-U.36	23.54	No.22	No.24	15.2	1/2"	PVC	150	0.11	0.6
37	PVC-U.37	50.32	No.22	No.44	15.2	1/2"	PVC	150	0.09	0.6
38	PVC-U.38	16.87	No.23	No.24	26.2	1"	PVC	150	0.84	1.6
39	PVC-U.39	30.42	No.23	No.10	20.7	3/4"	PVC	150	0.33	1.0
40	PVC-U.40	25.29	No.24	No.34	26.2	1"	PVC	150	0.73	1.4
41	PVC-U.41	16.92	No.25	No.26	57	63 mm	PVC	150	1.67	0.7
42	PVC-U.42	124	No.25	No.14	26.2	1"	PVC	150	0.48	0.9
43	PVC-U.43	49.03	No.26	No.52	40.6	1 1/2"	PVC	150	0.84	0.7
44	PVC-U.44	98.17	No.26	No.91	40.6	1 1/2"	PVC	150	0.75	0.6
45	PVC-U.45	108.13	No.27	No.94	26.2	1"	PVC	150	0.19	0.6
46	PVC-U.46	21.82	No.28	No.1	26.2	1"	PVC	150	0.54	1.0
47	PVC-U.47	73.41	No.28	No.32	15.2	1/2"	PVC	150	0.13	0.7
48	PVC-U.48	22.96	No.29	No.30	26.2	1"	PVC	150	0.64	1.2
49	PVC-U.49	54.27	No.29	No.62	40.6	1 1/2"	PVC	150	1.09	0.8
50	PVC-U.50	92.28	No.29	No.89	15.2	1/2"	PVC	150	0.10	0.6
51	PVC-U.51	68.58	No.30	No.81	15.2	1/2"	PVC	150	0.17	1.0
52	PVC-U.52	211.07	No.30	No.106	15.2	1/2"	PVC	150	0.20	1.1
53	PVC-U.53	43.83	No.31	No.27	26.2	1"	PVC	150	0.41	0.8
54	PVC-U.54	23.45	No.32	No.33	26.2	1"	PVC	150	0.46	0.9
55	PVC-U.55	24.38	No.33	No.9	20.7	3/4"	PVC	150	0.23	0.7
56	PVC-U.56	71.75	No.33	No.2	15.2	1/2"	PVC	150	0.13	0.7
57	PVC-U.57	102.5	No.34	No.94	26.2	1"	PVC	150	0.48	0.9
58	PVC-U.58	28.34	No.35	No.36	26.2	1"	PVC	150	0.08	0.6
59	PVC-U.59	44.47	No.35	No.16	26.2	1"	PVC	150	0.68	1.3
60	PVC-U.60	77.79	No.35	No.48	40.6	1 1/2"	PVC	150	1.16	0.9
61	PVC-U.61	30.45	No.36	No.42	26.2	1"	PVC	150	0.08	0.6
62	PVC-U.62	29.19	No.37	No.32	26.2	1"	PVC	150	0.73	1.4
63	PVC-U.63	54.56	No.37	No.23	40.6	1 1/2"	PVC	150	1.29	1.0
64	PVC-U.64	29.55	No.38	No.39	20.7	3/4"	PVC	150	0.31	0.9
65	PVC-U.65	57.03	No.39	No.72	15.2	1/2"	PVC	150	0.07	0.6
66	PVC-U.66	115.17	No.39	No.87	15.2	1/2"	PVC	150	0.02	0.6
67	PVC-U.67	30.26	No.40	No.41	57	63 mm	PVC	150	2.07	0.8
68	PVC-U.68	43.38	No.40	No.45	57	63 mm	PVC	150	1.70	0.7

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter Int. (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
69	PVC-U.98	52.64	No.40	No.60	15.2	1/2"	PVC	150	0.15	0.8
70	PVC-U.69	46.67	No.41	No.46	99.4	110 mm	PVC	150	12.21	1.6
71	PVC-U.70	76.56	No.42	No.55	57	63 mm	PVC	150	1.95	0.8
72	PVC-U.71	31.07	No.43	No.7	26.2	1"	PVC	150	0.60	1.1
73	PVC-U.72	57.37	No.43	No.28	15.2	1/2"	PVC	150	0.04	0.6
74	PVC-U.73	33.38	No.44	No.31	15.2	1/2"	PVC	150	0.15	0.8
75	PVC-U.74	33.76	No.45	No.46	57	63 mm	PVC	150	1.67	0.7
76	PVC-U.75	66.01	No.46	No.68	81.4	90 mm	PVC	150	6.25	1.2
77	PVC-U.76	72.78	No.46	No.83	81.4	90 mm	PVC	150	7.36	1.4
78	PVC-U.77	36.65	No.47	No.43	26.2	1"	PVC	150	0.73	1.3
79	PVC-U.78	37.2	No.48	No.47	26.2	1"	PVC	150	0.63	1.2
80	PVC-U.79	100.63	No.48	No.65	40.6	1 1/2"	PVC	150	0.51	0.6
81	PVC-U.80	45.45	No.49	No.50	57	63 mm	PVC	150	2.38	0.9
82	PVC-U.81	50.54	No.49	No.57	57	63 mm	PVC	150	2.01	0.8
83	PVC-U.82	74.51	No.50	No.29	57	63 mm	PVC	150	2.01	0.8
84	PVC-U.83	128.31	No.50	No.93	15.2	1/2"	PVC	150	0.12	0.7
85	PVC-U.84	55.47	No.51	No.37	57	63 mm	PVC	150	2.17	0.9
86	PVC-U.85	92.65	No.51	No.16	26.2	1"	PVC	150	0.44	0.8
87	PVC-U.86	107.77	No.52	No.67	26.2	1"	PVC	150	0.60	1.1
88	PVC-U.87	49.79	No.53	No.54	57	63 mm	PVC	150	- 1.32	0.6
89	PVC-U.88	112.52	No.53	No.97	15.2	1/2"	PVC	150	0.10	0.6
90	PVC-U.89	49.84	No.55	No.56	57	63 mm	PVC	150	2.85	1.1
91	PVC-U.90	105.17	No.55	No.48	26.2	1"	PVC	150	0.23	0.6
92	PVC-U.91	130.29	No.56	No.76	57	63 mm	PVC	150	2.10	0.8
93	PVC-U.92	106.39	No.57	No.81	26.2	1"	PVC	150	0.70	1.3
94	PVC-U.93	126.7	No.57	No.13	40.6	1 1/2"	PVC	150	0.94	0.7
95	PVC-U.94	50.91	No.58	No.20	40.6	1 1/2"	PVC	150	0.90	0.7
96	PVC-U.95	204.21	No.58	No.102	20.7	3/4"	PVC	150	0.40	1.2
97	PVC-U.96	51.94	No.59	No.11	99.4	110 mm	PVC	150	11.58	1.5
98	PVC-U.97	92.97	No.59	No.90	20.7	3/4"	PVC	150	0.20	0.6
99	PVC-U.99	52.94	No.61	No.41	99.4	110 mm	PVC	150	14.47	1.9
100	PVC-U.100	110.47	No.61	No.59	99.4	110 mm	PVC	150	12.24	1.6
101	PVC-U.101	98.8	No.62	No.95	15.2	1/2"	PVC	150	0.10	0.6
102	PVC-U.102	54.48	No.63	No.64	57	63 mm	PVC	150	3.09	1.2
103	PVC-U.103	58.75	No.63	No.75	26.2	1"	PVC	150	0.32	0.6

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter Int. (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
104	PVC-U.104	78.42	No.63	No.55	40.6	1 1/2"	PVC	150	1.20	0.9
105	PVC-U.105	171.42	No.64	No.98	57	63 mm	PVC	150	2.74	1.1
106	PVC-U.106	55	No.65	No.66	15.2	1/2"	PVC	150	0.03	0.6
107	PVC-U.107	161.65	No.65	No.84	26.2	1"	PVC	150	0.21	0.6
108	PVC-U.108	80.06	No.67	No.69	20.7	3/4"	PVC	150	0.16	0.6
109	PVC-U.109	107.68	No.67	No.74	26.2	1"	PVC	150	0.44	0.8
110	PVC-U.110	55.29	No.68	No.5	81.4	90 mm	PVC	150	5.84	1.1
111	PVC-U.111	64.01	No.68	No.78	15.2	1/2"	PVC	150	0.07	0.4
112	PVC-U.112	55.78	No.69	No.70	57	63 mm	PVC	150	2.18	0.9
113	PVC-U.113	107.45	No.69	No.86	57	63 mm	PVC	150	1.55	0.6
114	PVC-U.114	79.82	No.70	No.53	57	63 mm	PVC	150	1.04	0.6
115	PVC-U.115	108.8	No.70	No.96	26.2	1"	PVC	150	0.49	0.9
116	PVC-U.116	56.5	No.71	No.64	20.7	3/4"	PVC	150	0.05	0.6
117	PVC-U.117	57.26	No.73	No.74	15.2	1/2"	PVC	150	0.02	0.6
118	PVC-U.118	206.65	No.73	No.104	26.2	1"	PVC	150	0.40	0.7
119	PVC-U.119	79.08	No.74	No.86	26.2	1"	PVC	150	0.56	1.0
120	PVC-U.120	204	No.74	No.101	26.2	1"	PVC	150	0.40	0.7
121	PVC-U.121	57.68	No.75	No.71	26.2	1"	PVC	150	0.17	0.6
122	PVC-U.122	66.33	No.75	No.79	15.2	1/2"	PVC	150	0.10	0.6
123	PVC-U.123	60.58	No.76	No.77	57	63 mm	PVC	150	1.81	0.7
124	PVC-U.124	75.28	No.76	No.84	26.2	1"	PVC	150	0.04	0.6
125	PVC-U.125	68.58	No.77	No.80	15.2	1/2"	PVC	150	0.10	0.6
126	PVC-U.126	115.12	No.77	No.54	57	63 mm	PVC	150	1.56	0.6
127	PVC-U.127	75.19	No.81	No.58	15.2	1/2"	PVC	150	0.11	0.6
128	PVC-U.128	203.66	No.81	No.100	26.2	1"	PVC	150	0.40	0.7
129	PVC-U.129	75.69	No.83	No.63	99.4	110 mm	PVC	150	4.78	0.6
130	PVC-U.130	94.41	No.83	No.42	57	63 mm	PVC	150	2.19	0.9
131	PVC-U.131	204.43	No.86	No.103	26.2	1"	PVC	150	0.40	0.7
132	PVC-U.132	81.94	No.87	No.88	20.7	3/4"	PVC	150	0.20	0.6
133	PVC-U.133	95.4	No.91	No.92	26.2	1"	PVC	150	0.50	0.9
134	PVC-U.134	116.6	No.92	No.69	20.7	3/4"	PVC	150	0.08	0.6
135	PVC-U.135	119.48	No.94	No.87	20.7	3/4"	PVC	150	0.25	0.8
136	PVC-U.136	203.31	No.96	No.99	20.7	3/4"	PVC	150	0.20	0.6
137	PVC-U.137	128.23	No.98	No.70	57	63 mm	PVC	150	2.10	0.8
138	PVC-U.138	1.82	No.107	No.108	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter Int. (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
139	PVC-U.139	15.17	No.108	No.111	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
140	PVC-U.140	11.11	No.109	No.110	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
141	PVC-U.141	43.58	No.110	No.116	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
142	PVC-U.142	32.46	No.111	No.115	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
143	PVC-U.143	23.34	No.112	No.113	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
144	PVC-U.144	75.9	No.112	No.61	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
145	PVC-U.145	33.32	No.113	No.107	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
146	PVC-U.146	24.6	No.114	No.109	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
147	PVC-U.147	64.31	No.115	No.118	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
148	PVC-U.148	107.56	No.116	No.119	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
149	PVC-U.149	49.53	No.117	R-4	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
150	PVC-U.150	71.11	No.118	No.114	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6
151	PVC-U.151	119.4	No.119	No.117	144.6	160 mm	PVC	150	27.06	1.6

CÁLCULO DE PRESIONES EN TUBERÍAS DE PVC-U
(Línea de Aducción y red de Distribución)

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1	No.1	192.16	Línea de Aducción y Distribución	0.07	216.07	23.86
2	No.2	193.02	Línea de Aducción y Distribución	-	216.04	22.98
3	No.3	195	Línea de Aducción y Distribución	0.15	220.85	25.8
4	No.4	195	Línea de Aducción y Distribución	0.10	220.77	25.72
5	No.5	196.37	Línea de Aducción y Distribución	0.27	224.5	28.07
6	No.6	196.44	Línea de Aducción y Distribución	0.35	224.43	27.94
7	No.7	193	Línea de Aducción y Distribución	0.12	215.02	21.98
8	No.8	193	Línea de Aducción y Distribución	0.07	214.65	21.61
9	No.9	193.03	Línea de Aducción y Distribución	0.17	218.7	25.62
10	No.10	193	Línea de Aducción y Distribución	-	219.28	26.23
11	No.11	195.97	Línea de Aducción y Distribución	0.24	225.57	29.53
12	No.12	195.96	Línea de Aducción y Distribución	0.40	225.44	29.42
13	No.13	195	Línea de Aducción y Distribución	0.40	221.44	26.38
14	No.14	195.48	Línea de Aducción y Distribución	0.25	218.1	22.57
15	No.15	195.63	Línea de Aducción y Distribución	0.22	216.97	21.29
16	No.16	193	Línea de Aducción y Distribución	0.05	220.34	27.29
17	No.17	193	Línea de Aducción y Distribución	0.17	220.08	27.03

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
18	No.18	195	Línea de Aducción y Distribución	0.35	223.71	28.66
19	No.19	195.07	Línea de Aducción y Distribución	0.37	223.51	28.39
20	No.20	194.33	Línea de Aducción y Distribución	0.10	218.68	24.3
21	No.21	194.85	Línea de Aducción y Distribución	0.49	219.56	24.66
22	No.22	193	Línea de Aducción y Distribución	0.15	218.53	25.48
23	No.23	193	Línea de Aducción y Distribución	0.12	221.01	27.95
24	No.24	193.02	Línea de Aducción y Distribución	-	219.3	26.22
25	No.25	195	Línea de Aducción y Distribución	0.30	222.54	27.49
26	No.26	195	Línea de Aducción y Distribución	0.07	222.4	27.35
27	No.27	193.22	Línea de Aducción y Distribución	0.30	214.26	21
28	No.28	193	Línea de Aducción y Distribución	0.22	217.05	24
29	No.29	199.16	Línea de Aducción y Distribución	0.17	222.3	23.09
30	No.30	197.89	Línea de Aducción y Distribución	0.27	220.88	22.94
31	No.31	193	Línea de Aducción y Distribución	0.15	215.42	22.37
32	No.32	193.9	Línea de Aducción y Distribución	0.15	220.17	26.21
33	No.33	193.34	Línea de Aducción y Distribución	0.10	219.39	26
34	No.34	193.03	Línea de Aducción y Distribución	0.25	217.32	24.23
35	No.35	196.18	Línea de Aducción y Distribución	0.20	223.42	27.19
36	No.36	196.99	Línea de Aducción y Distribución	-	223.46	26.42
37	No.37	194	Línea de Aducción y Distribución	0.15	222.46	28.41
38	No.38	193	Línea de Aducción y Distribución	0.20	211.1	18.06
39	No.39	193	Línea de Aducción y Distribución	0.22	209.58	16.54
40	No.40	195	Línea de Aducción y Distribución	0.22	227.06	32
41	No.41	195	Línea de Aducción y Distribución	0.20	227.43	32.37
42	No.42	196.76	Línea de Aducción y Distribución	0.16	223.49	26.68
43	No.43	193	Línea de Aducción y Distribución	0.17	216.7	23.65
44	No.44	193.51	Línea de Aducción y Distribución	0.20	217.34	23.78
45	No.45	195.85	Línea de Aducción y Distribución	0.03	226.69	30.78
46	No.46	196	Línea de Aducción y Distribución	0.27	226.42	30.35
47	No.47	193	Línea de Aducción y Distribución	0.12	219.54	26.48
48	No.48	195.61	Línea de Aducción y Distribución	0.25	221.73	26.07
49	No.49	197.72	Línea de Aducción y Distribución	0.42	223.88	26.11
50	No.50	199.28	Línea de Aducción y Distribución	0.25	223.16	23.84
51	No.51	194.59	Línea de Aducción y Distribución	0.49	223.21	28.56
52	No.52	195.14	Línea de Aducción y Distribución	0.25	221.81	26.62
53	No.53	196.44	Línea de Aducción y Distribución	0.17	218.25	21.77
54	No.54	197.01	Línea de Aducción y Distribución	0.25	218.51	21.45
55	No.55	196.2	Línea de Aducción y Distribución	0.07	222.66	26.4
56	No.56	196.17	Línea de Aducción y Distribución	0.74	221.56	25.34

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
57	No.57	196.26	Línea de Aducción y Distribución	0.37	223.29	26.98
58	No.58	193.78	Línea de Aducción y Distribución	0.40	217.99	24.16
59	No.59	195	Línea de Aducción y Distribución	0.47	226.59	31.53
60	No.60	195.44	Línea de Aducción y Distribución	0.15	224.02	28.53
61	No.61	195	Línea de Aducción y Distribución	0.35	229.01	33.94
62	No.62	201.81	Línea de Aducción y Distribución	0.99	221.25	19.4
63	No.63	196	Línea de Aducción y Distribución	0.17	224.48	28.42
64	No.64	195.86	Línea de Aducción y Distribución	0.40	223.09	27.17
65	No.65	193.52	Línea de Aducción y Distribución	0.27	221.25	27.67
66	No.66	197	Línea de Aducción y Distribución	0.03	221.13	24.08
67	No.67	195.54	Línea de Aducción y Distribución	0.40	216	20.42
68	No.68	196	Línea de Aducción y Distribución	0.33	225.32	29.26
69	No.69	195.68	Línea de Aducción y Distribución	0.54	217.22	21.5
70	No.70	196.54	Línea de Aducción y Distribución	0.47	217.97	21.38
71	No.71	195	Línea de Aducción y Distribución	0.27	223.17	28.11
72	No.72	191.36	Línea de Aducción y Distribución	0.07	208.66	17.27
73	No.73	195	Línea de Aducción y Distribución	0.59	212.6	17.56
74	No.74	195	Línea de Aducción y Distribución	0.59	212.65	17.62
75	No.75	194.19	Línea de Aducción y Distribución	0.05	223.48	29.24
76	No.76	196.06	Línea de Aducción y Distribución	0.34	219.92	23.81
77	No.77	196.51	Línea de Aducción y Distribución	0.15	219.34	22.79
78	No.78	195.94	Línea de Aducción y Distribución	0.07	224.29	28.3
79	No.79	195	Línea de Aducción y Distribución	0.10	221.66	26.61
80	No.80	195.78	Línea de Aducción y Distribución	0.10	217.46	21.64
81	No.81	195.37	Línea de Aducción y Distribución	0.59	215.51	20.1
82	No.82	196.86	Línea de Aducción y Distribución	0.15	220.32	23.41
83	No.83	195.88	Línea de Aducción y Distribución	0.40	224.77	28.84
84	No.84	196	Línea de Aducción y Distribución	0.17	219.95	23.9
85	No.85	206.95	Línea de Aducción y Distribución	0.20	223.73	16.75
86	No.86	196.17	Línea de Aducción y Distribución	0.59	216.46	20.25
87	No.87	195	Línea de Aducción y Distribución	0.07	209.45	14.42
88	No.88	191.4	Línea de Aducción y Distribución	0.20	207.65	16.21
89	No.89	199.45	Línea de Aducción y Distribución	0.10	219.77	20.28
90	No.90	203.85	Línea de Aducción y Distribución	0.20	224.55	20.66
91	No.91	195.07	Línea de Aducción y Distribución	0.25	221.45	26.33
92	No.92	195.53	Línea de Aducción y Distribución	0.42	217.72	22.15
93	No.93	201.89	Línea de Aducción y Distribución	0.12	217.82	15.9
94	No.94	193	Línea de Aducción y Distribución	0.42	213.57	20.53
95	No.95	203.38	Línea de Aducción y Distribución	0.10	218.54	15.13

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
96	No.96	196.83	Línea de Aducción y Distribución	0.30	213.84	16.98
97	No.97	195.53	Línea de Aducción y Distribución	0.10	215.16	19.59
98	No.98	196.56	Línea de Aducción y Distribución	0.64	219.57	22.96
99	No.99	195.06	Línea de Aducción y Distribución	0.20	209.37	14.28
100	No.100	198.31	Línea de Aducción y Distribución	0.40	210.4	12.07
101	No.101	196	Línea de Aducción y Distribución	0.40	207.54	11.52
102	No.102	195.38	Línea de Aducción y Distribución	0.40	201.85	6.45
103	No.103	195.39	Línea de Aducción y Distribución	0.40	211.33	15.91
104	No.104	195.8	Línea de Aducción y Distribución	0.40	207.42	11.59
105	No.105	194.22	Línea de Aducción y Distribución	0.40	214.37	20.11
106	No.106	193	Línea de Aducción y Distribución	0.20	199.98	6.97
107	No.107	217.65	Línea de Aducción y Distribución	27.06	231.04	13.37
108	No.108	218.12	Línea de Aducción y Distribución	27.06	231.07	12.92
109	No.109	226.09	Línea de Aducción y Distribución	27.06	234.25	8.14
110	No.110	227.65	Línea de Aducción y Distribución	27.06	234.42	6.76
111	No.111	220.03	Línea de Aducción y Distribución	27.06	231.3	11.25
112	No.112	197.97	Línea de Aducción y Distribución	27.06	230.18	32.14
113	No.113	202.57	Línea de Aducción y Distribución	27.06	230.53	27.9
114	No.114	228.19	Línea de Aducción y Distribución	27.06	233.88	5.68
115	No.115	218.73	Línea de Aducción y Distribución	27.06	231.8	13.05
116	No.116	233.44	Línea de Aducción y Distribución	27.06	235.09	1.65
117	No.117	234.87	Línea de Aducción y Distribución	27.06	238.57	3.69
118	No.118	225.55	Línea de Aducción y Distribución	27.06	232.79	7.22
119	No.119	231.61	Línea de Aducción y Distribución	27.06	236.74	5.12

CÁLCULO DE VELOCIDADES DE CAUDALES EN TUBERÍAS DE PVC-O
(Línea de Impulsión)

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter Int. (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
1	PVC-O.1	10.41	J-185	J-186	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
2	PVC-O.2	15.05	J-186	J-193	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
3	PVC-O.3	47.83	J-188	J-194	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
4	PVC-O.4	11.4	J-190	J-191	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
5	PVC-O.5	13.14	J-191	J-192	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
6	PVC-O.6	30.72	J-192	J-197	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
7	PVC-O.7	32.58	J-193	J-198	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
8	PVC-O.8	15.79	J-194	J-195	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
9	PVC-O.9	24.63	J-195	J-185	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
10	PVC-O.10	24.82	J-196	J-190	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
11	PVC-O.11	107.52	J-197	J-202	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
12	PVC-O.12	64.24	J-198	J-201	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
13	PVC-O.13	71.05	J-201	J-196	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
14	PVC-O.14	119.32	J-202	J-200	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
15	PVC-O.15	38.73	R-3	PMP-3	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
16	PVC-O.16	28.27	PMP-3	J-188	152.1	160	PVC	150	13.78	0.76
17	PVC-O.17	54.15	T-6	J-200	152.1	160	PVC	150	- 13.78	0.76

CÁLCULO DE PRESIONES EN TUBERÍAS DE PVC-O
(Línea de Impulsión)

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1	J-185	211.93	Línea de Impulsión	13.781	242.13	30.14
2	J-186	217.58	Línea de Impulsión	13.781	242.1	24.47
3	J-188	195.63	Línea de Impulsión	13.781	242.44	46.72
4	J-190	225.95	Línea de Impulsión	13.781	241.38	15.41
5	J-191	227.54	Línea de Impulsión	13.781	241.35	13.78
6	J-192	230.04	Línea de Impulsión	13.781	241.3	11.23
7	J-193	219.72	Línea de Impulsión	13.781	242.05	22.28
8	J-194	199.19	Línea de Impulsión	13.781	242.27	43
9	J-195	202.48	Línea de Impulsión	13.781	242.22	39.65
10	J-196	227.95	Línea de Impulsión	13.781	241.47	13.49
11	J-197	233.3	Línea de Impulsión	13.781	241.19	7.88
12	J-198	218.47	Línea de Impulsión	13.781	241.93	23.42

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
13	J-200	234.82	Línea de Impulsión	13.781	240.42	5.58
14	J-201	225.25	Línea de Impulsión	13.781	241.71	16.43
15	J-202	231.47	Línea de Impulsión	13.781	240.83	9.34

CÁLCULO DE VELOCIDADES DE CAUDALES EN TUBERÍAS DE PVC-U **(Línea de Impulsión)**

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Diameter Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
1	PVC-U.1	10.41	J-185	J-186	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
2	PVC-U.2	15.05	J-186	J-193	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
3	PVC-U.3	47.83	J-188	J-194	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
4	PVC-U.4	11.4	J-190	J-191	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
5	PVC-U.5	13.14	J-191	J-192	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
6	PVC-U.6	30.72	J-192	J-197	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
7	PVC-U.7	32.58	J-193	J-198	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
8	PVC-U.8	15.79	J-194	J-195	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
9	PVC-U.9	24.63	J-195	J-185	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
10	PVC-U.10	24.82	J-196	J-190	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
11	PVC-U.11	107.52	J-197	J-202	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
12	PVC-U.12	64.24	J-198	J-201	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
13	PVC-U.13	71.05	J-201	J-196	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
14	PVC-U.14	119.32	J-202	J-200	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
15	PVC-U.15	38.73	R-3	PMP-3	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
16	PVC-U.16	28.27	PMP-3	J-188	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82
17	PVC-U.17	54.15	T-6	J-200	144.6	160	PVC	150	13.52	0.82

CÁLCULO DE PRESIONES EN TUBERÍAS DE PVC-U
(Línea de Impulsión)

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1	J-185	211.93	Línea de Impulsión	13.52	242.58	30.58
2	J-186	217.58	Línea de Impulsión	13.52	242.54	24.91
3	J-188	195.63	Línea de Impulsión	13.52	242.95	47.23
4	J-190	225.95	Línea de Impulsión	13.52	241.65	15.68
5	J-191	227.54	Línea de Impulsión	13.52	241.61	14.04
6	J-192	230.04	Línea de Impulsión	13.52	241.55	11.48
7	J-193	219.72	Línea de Impulsión	13.52	242.47	22.71
8	J-194	199.19	Línea de Impulsión	13.52	242.75	43.48
9	J-195	202.48	Línea de Impulsión	13.52	242.68	40.12
10	J-196	227.95	Línea de Impulsión	13.52	241.76	13.78
11	J-197	233.3	Línea de Impulsión	13.52	241.42	8.1
12	J-198	218.47	Línea de Impulsión	13.52	242.33	23.82
13	J-200	234.82	Línea de Impulsión	13.52	240.46	5.63
14	J-201	225.25	Línea de Impulsión	13.52	242.06	16.78
15	J-202	231.47	Línea de Impulsión	13.52	240.97	9.48

Anexo N°6: Cotización de tuberías pvc-o y tuberías pvc-u.

HIDROSUR PUNO S.R.L

SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

HIDROSUR PUNO S.R.L

RUC: 20448690394

Lunes, 14 de febrero de 2022

Razón Social : HIDROSUR PUNO SOCIEDAD COMERCIAL
DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

RUC : 20448690394

Atención : Sr. Herberth Ugarte y Srta. Ruth Quispe

Proyecto : "Investigación de tuberías PVC"

COTIZACIÓN 023-HIDROSUR-2022

Hacemos llegar un cordial saludo a nombre de nuestra empresa representada, HIDROSUR PUNO S.R.L., y al mismo tiempo remitimos la cotización de los productos que se detallan a continuación:

N°	Descripción	Cantidad (ML)	Precio por ML (S./)	Sub Total (S./)
	<u>PVC-U</u>			
1.00	Tubo PVC-U DN 90 mm PN 10 bar.	500.00	27.65	13,825.00
2.00	Tubo PVC-U DN 110 mm PN 10 bar.	338.00	31.27	10,569.26
3.00	Tubo PVC-U DN 160 mm PN 10 bar.	1,382.86	66.49	91,946.36
	<u>PVC-O</u>			
4.00	Tubo PVC-O DN 90 mm PN 12.5 bar.	500.00	18.09	9,045.00
5.00	Tubo PVC-O DN 110 mm PN 12.5 bar.	338.00	29.39	9,933.82
6.00	Tubo PVC-O DN 160 mm PN 12.5 bar.	1,382.86	55.68	76,997.64

CONDICIONES COMERCIALES

Lugar de Entrega: Puesto en obra
Validez de la oferta: miércoles, 23 de febrero de 2022
Fecha de entrega: 10 días después de notificación de O/C.
Forma de pago: Letra a 60 días
Tipo de cambio: 3.80

SUMINISTRO INCLUYE:

Carta Garantía por 50 años
Certificado de calidad del fabricante
Asistencia Técnica Constante
Certificaciones ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.

Atentamente,

Carmen Rosa Paucara Quinto
Gerente General
crosap@gmail.com
celular: 972579759

Anexo N°7: Análisis de costos unitarios de tuberías PVC-O Y PVC-U por metro lineal.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-O PN 12.5 NORMA ISO 16422 D=160 MM					REND: 200 M/DIA	
Descripción Insumos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						6.31
CAPATAZ	HH	0.10	0.0053	30.32	0.16	
OPERARIO	HH	1.00	0.0533	25.26	1.35	
PEÓN	HH	5.00	0.2667	18.02	4.81	
Materiales						61.45
Tubo de policloruro de vinilo orientado (PVC-O), de 160 mm de diámetro exterior, PN=12,5 atm y 2,8 mm de espesor, para abastecimiento y distribución, color azul RAL 5015, para unión por copa con junta elástica de EPDM, según ISO 16422, incluso juntas de goma.	M		1.0000	55.68	55.68	
Lubricante para unión mediante junta elástica de tubos y accesorios.	UND		0.1	57.67	5.77	
Equipo						4.99
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.32	0.19	
CAMION GRUA(BRAZO ARTICULADO) DE 10TN C/CANASTILLA	HM		0.0533	90.00	4.80	
Costo Unitario por M					:	S/ 72.75

Fuente: Elaboración propia.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-O PN 12.5 NORMA ISO 16422 D=110 MM					REND: 200 M/DIA	
Descripción Insumos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						6.31
CAPATAZ	HH	0.10	0.0053	30.32	0.16	
OPERARIO	HH	1.00	0.0533	25.26	1.35	
PEÓN	HH	5.00	0.2667	18.02	4.81	
Materiales						30.50
Tubo de policloruro de vinilo orientado (PVC-O), de 110 mm de diámetro exterior, PN=12,5 atm y 2 mm de espesor, para abastecimiento y distribución, color azul RAL 5015, para unión por copa con junta elástica de EPDM, según ISO 16422, incluso juntas de goma.	M		1.0000	29.39	29.39	
Lubricante para unión mediante junta elástica de tubos y accesorios.	UND		0.1	11.10	1.11	
Equipo						4.99
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.32	0.19	
CAMION GRUA(BRAZO ARTICULADO) DE 10TN C/CANASTILLA	HM		0.0533	90.00	4.80	
Costo Unitario por M					:	S/ 41.80

Fuente: Elaboración propia.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-O PN 12.5 NORMA ISO 16422 D=90 MM					REND: 200 M/DIA	
Descripción Insumos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						6.31
CAPATAZ	HH	0.10	0.0053	30.32	0.16	
OPERARIO	HH	1.00	0.0533	25.26	1.35	
PEÓN	HH	5.00	0.2667	18.02	4.81	
Materiales						23.86
Tubo de policloruro de vinilo orientado (PVC-O), de 90 mm de diámetro exterior, PN=12,5 atm y 2 mm de espesor, para abastecimiento y distribución, color azul RAL 5015, para unión por copa con junta elástica de EPDM, según ISO 16422, incluso juntas de goma.	M		1.0000	18.09	18.09	
Lubricante para unión mediante junta elástica de tubos y accesorios.	UND		0.1	57.67	5.77	
Equipo						4.99
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.32	0.19	
CAMION GRUA(BRAZO ARTICULADO) DE 10TN C/CANASTILLA	HM		0.0533	90.00	4.80	
Costo Unitario por M					:	S/ 35.16

Fuente: Elaboración propia.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-U PN 10 NORMA ISO 16422 D=160 MM					REND: 200 M/DIA	
Descripción Insumos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						6.31
CAPATAZ	HH	0.10	0.0053	30.32	0.16	
OPERARIO	HH	1.00	0.0533	25.26	1.35	
PEÓN	HH	5.00	0.2667	18.02	4.81	
Materiales						72.26
Tubo de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U), de 160 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 6,2 mm de espesor, para unión por copa con junta elástica de EPDM. Incluso juntas de goma.	M		1.0000	66.49	66.49	
Lubricante para unión mediante junta elástica de tubos y accesorios.	GLN		0.1000	57.67	5.77	
Equipo						4.99
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.32	0.19	
CAMION GRUA(BRAZO ARTICULADO) DE 10TN C/CANASTILLA	HM		0.0533	90.00	4.80	
Costo Unitario por M					:	S/ 83.56

Fuente: Elaboración propia.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-U PN 10 NORMA ISO 16422 D=110 MM					REND: 200 M/DIA	
Descripción Insumos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						6.31
CAPATAZ	HH	0.10	0.0053	30.32	0.16	
OPERARIO	HH	1.00	0.0533	25.26	1.35	
PEÓN	HH	5.00	0.2667	18.02	4.81	
Materiales						37.04
Tubo de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U), de 110 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 4,2 mm de espesor, para unión por copa con junta elástica de EPDM. Incluso juntas de goma.	M		1.0000	31.27	31.27	
Lubricante para unión mediante junta elástica de tubos y accesorios.	GLN		0.1000	57.67	5.77	
Equipo						4.99
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.32	0.19	
CAMION GRUA(BRAZO ARTICULADO) DE 10TN C/CANASTILLA	HM		0.0533	90.00	4.80	
Costo Unitario por M					:	S/ 48.34

Fuente: Elaboración propia.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC-U PN 10 NORMA ISO 16422 D=90 MM					REND: 200 M/DIA	
Descripción Insumos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						6.31
CAPATAZ	HH	0.10	0.0053	30.32	0.16	
OPERARIO	HH	1.00	0.0533	25.26	1.35	
PEÓN	HH	5.00	0.2667	18.02	4.81	
Materiales						33.42
Tubo de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U), de 90 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 4,3 mm de espesor, para unión por copa con junta elástica de EPDM. Incluso juntas de goma.	M		1.0000	27.65	27.65	
LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC	GLN		0.1000	57.67	5.77	
Equipo						4.99
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.32	0.19	
CAMION GRUA(BRAZO ARTICULADO) DE 10TN C/CANASTILLA	HM		0.0533	90.00	4.80	
Costo Unitario por M					:	S/ 44.72

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°8: Cargo de carta *Solicitud de datos para el proyecto* “Análisis comparativo técnico-económico entre tuberías PVC-O y PVC-U para el sistema de agua potable del Distrito de Laberinto – Madre de Dios-2022”.



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Ate vitarte, 09 de enero del 2022

CARTA N°01-2022/UCV-ATE VITARTE/HIUR/REQC.

Señor
INKA CARLOS PACHACUTEC HUILLCA
ALCALDE DEL DISTRITO DE LABERINTO
Jr. Manu S/N
Lima. -

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LABERINTO	
MESA DE PARTES	
RECIBIDO	
Fecha	14 FEB 2022
Hora: 8:55	N° Exp: 0378
Folios: 01	Firma:

Asunto: Autorizar la toma de datos para la ejecución del Proyecto de Investigación del SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE LA LOCALIDAD DE PUERTO ROSARIO, DISTRITO DE LABERINTO, PROVINCIA TAMBOPATA, REGION MADRE DE DIOS.

De mi mayor consideración:

Es muy grato dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente en nombre de la Universidad Cesar Vallejo Filial Callao y en el nuestro propio, desearle la continuidad y éxitos en la gestión que viene desempeñando.

A su vez, la presente tiene como objetivo solicitar su autorización, a fin de que los Bachilleres. Ruth Eliana Quispe Cusacani y Herberth Ivan Ugarte Ramos del Programa de Titulación para universidades no licenciadas, Taller de Elaboración de Tesis de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, pueda ejecutar su investigación titulada: “Análisis comparativo técnico económico entre tuberías PVC-O y PVC-U en el sistema de saneamiento del Distrito de Laberinto – Madre de Dios-2022”, en la Municipalidad Distrital de Laberinto que pertenece a su digna Dirección; agradeceré se le brinden las facilidades correspondientes.

Sin otro particular, me despido de Usted, no sin antes expresar los sentimientos de mi especial consideración personal.

Atentamente,

HERBERTH IVAN UGARTE RAMOS
TESISTA
DNI: 43276676

RUTH ELIANA QUISPE CUSACANI
TESISTA
DNI: 43635788

Anexo N°9: Respuesta de autorización *para toma de datos para el proyecto* “Análisis comparativo técnico-económico entre tuberías PVC-O y PVC-U para el sistema de agua potable del Distrito de Laberinto – Madre de Dios-2022”



REPÚBLICA DEL PERÚ
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LABERINTO

*“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”
“Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú”*



CARTA N° 078 / 2022 MDL-ALC/CIPH

A : **SRTA. RUTH ELIANA QUISPE CUSACANI**
SR. HERBERTH IVAN UGARTE RAMOS
Tesistas de la Universidad Cesar Vallejo - Lima

DE : **SR. INKA CARLOS PACHACUTEC HUILICA**
Alcalde del Distrito de Laberinto

ASUNTO : *Se autoriza toma de datos para la elaboración de tesis de pre grado de la obra: “Servicio de agua potable y saneamiento de la Localidad de Puerto Rosario, Distrito de Laberinto, provincia de Tambopata, Región Madre de Dios”.*

FECHA : *Laberinto, 23 de febrero del 2022.*

Un saludo cordial, a través del presente y con el objeto de promover la investigación en instituciones superiores Técnicas y Universitarias; se le brindará las facilidades a los tesistas Srta. Ruth Eliana Quispe Cusacani y Sr. Herberth Ivan Ugarte Ramos, y se **AUTORIZA** la toma de datos de la obra en ejecución denominado: “**Servicio de agua potable y saneamiento de la Localidad de Puerto Rosario, Distrito de Laberinto, provincia de Tambopata, Región Madre de Dios**”, que a la fecha se encuentra en ejecución.

Sin otro particular hago propicio la Oportunidad para Expresarle las Muestras de mi Especial Consideración.

Atentamente

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LABERINTO
MADRE DE DIOS
INKA CARLOS PACHACUTEC HUILICA
ALCALDE

Anexo N°10: Recolección de datos para la investigación.

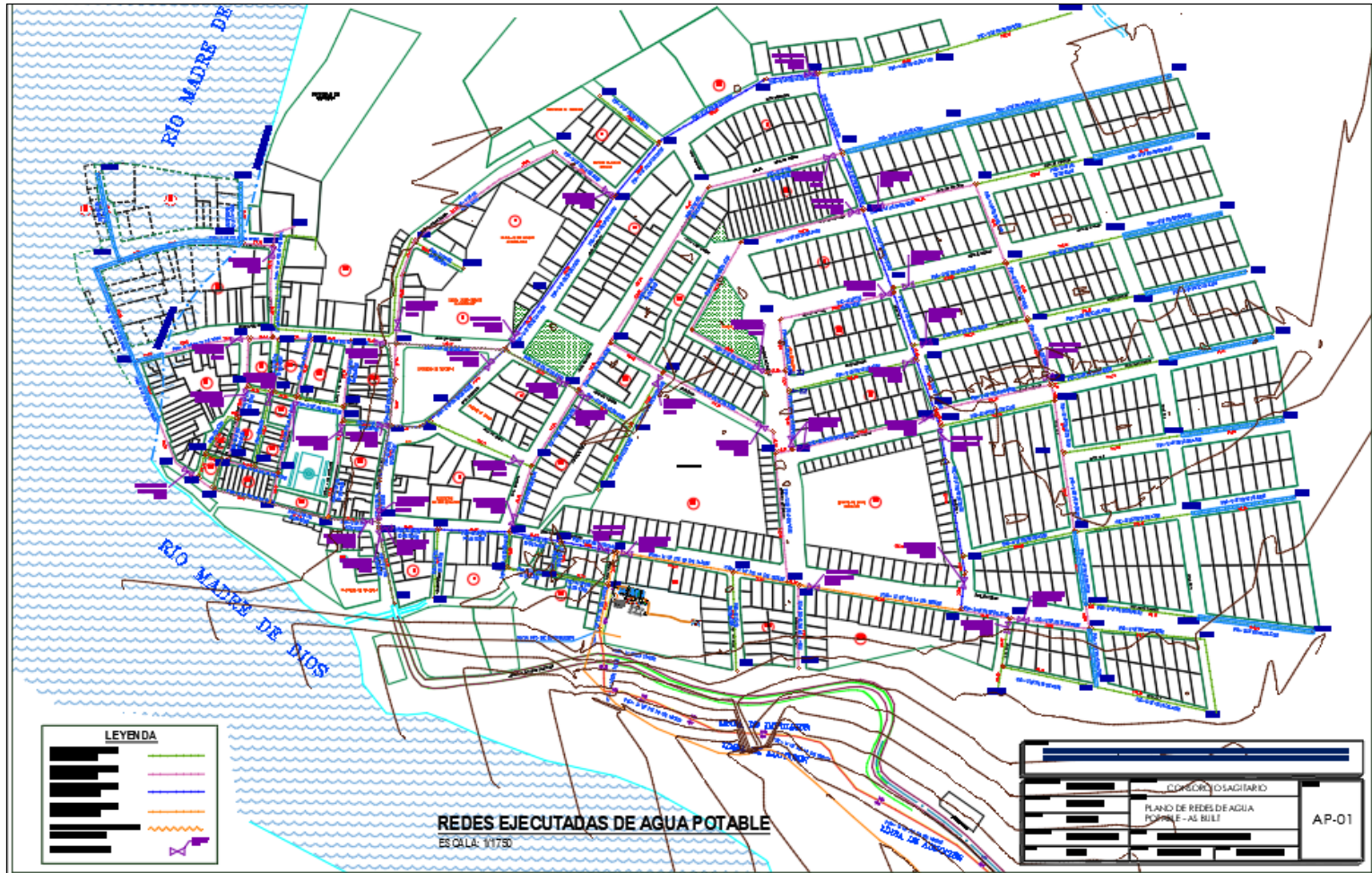


Figura N° 29. Plano de redes ejecutadas de agua potable.
Fuente: Municipalidad Distrital de Laberinto.

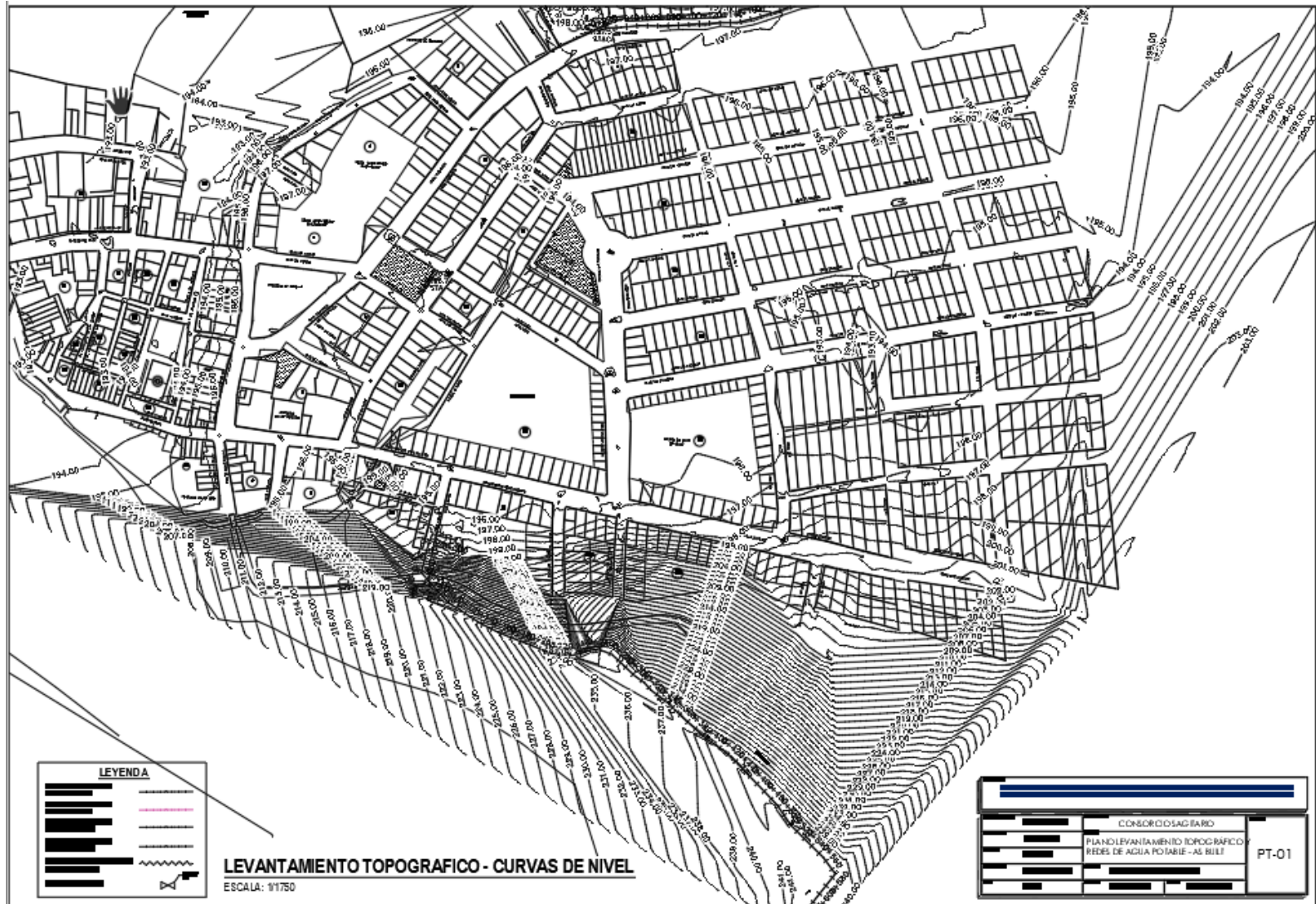


Figura N° 30. Plano de levantamiento topográfico – curvas de nivel.
Fuente: Municipalidad Distrital de Laberinto.

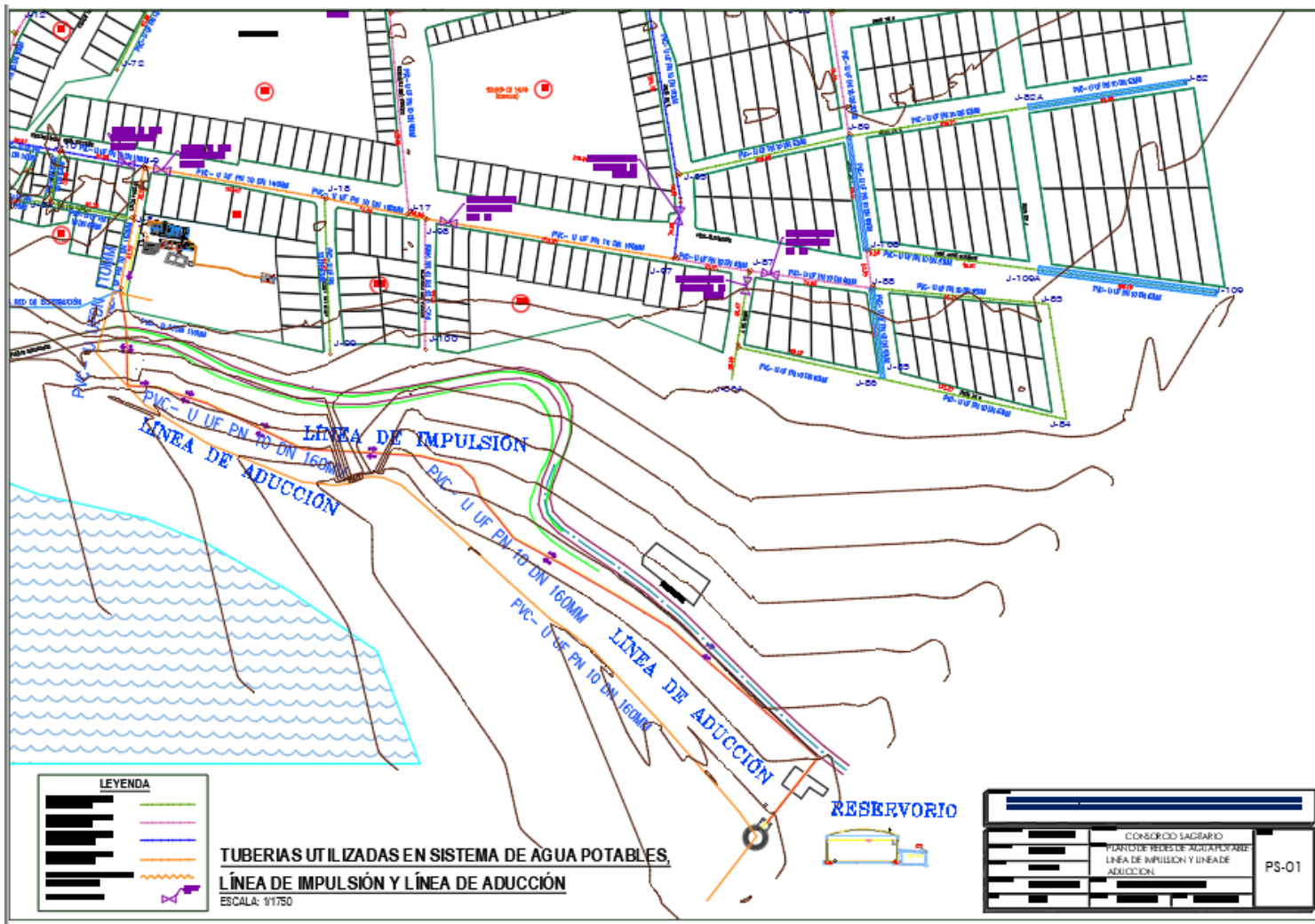


Figura N° 31. Inspección de Tuberías utilizadas en el sistema de agua potable, en la línea de conducción y línea de aducción.
 Fuente: Municipalidad Distrital de Laberinto.

Anexo N°11: Herramienta para modelamiento de sistema de agua potable

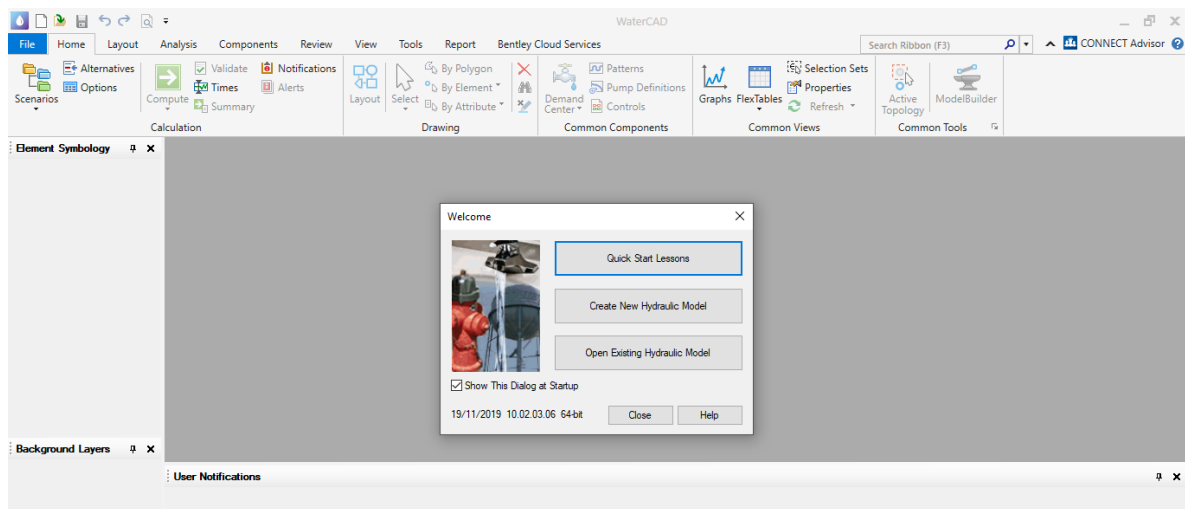


Figura N° 32. Herramienta software Watercad v8i, para el procesamiento de datos y modelamiento hidráulico del sistema de agua potable.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12: Instrumento de recolección de datos en campo.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"Análisis comparativo técnico-económico entre tuberías PVC-O y PVC-U para el sistema de agua potable del Distrito de Laberinto – Madre de Dios-2022"	
FECHA:		
LUGAR:	Distrito de Laberinto	
ENTIDAD:	Municipalidad Provincial de Laberinto	
COMPONENTE:		
DESCRIPCIÓN DE COMPONENTE		
LONGITUD (M)		OBSERVACIÓN
PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	
DIFERENCIA DE ALTURAS		OBSERVACIÓN
Cota inicial (m.s.n.m.)	Cota final (m.s.n.m.)	
DIAMETRO DE TUBERÍA (mm)		OBSERVACIÓN
TIPO DE MATERIAL		MARCA
ELABORADO POR: Bachiller: UGARTE RAMOS HERBERTH IVAN Bachiller: QUISPE CUSACANI RUTH ELIANA		

Fuente: Elaboración propia