PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE HÁBITAT, INFRAESTRUCTURA Y CREATIVIDAD

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y DE PRECIOS UNITARIOS DEL DISEÑO HIDROSANITARIO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y CALIENTE CON TUBERÍA DE POLIPROPILENO Y COBRE, APLICANDO LA NEC 11 – CAP 16 "GUÍA HIDROSANITARIA NHE AGUA" EN LA EDIFICACIÓN ALINEA UBICADO EN LA CALLE VOZ ANDES Y SAN FRANCISCO EN LA CIUDAD DE QUITO"

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: ING.EDDY SANCHEZ

AUTORES:

CEVALLOS CRUZ CHRISTIAN FRANCISCO

TORO MUÑOZ LEONARDO MATEO

QUITO, JUNIO DEL 2026

DEDICATORIA

Este proyecto de Integración Curricular, lo dedicamos principalmente a Dios por ser una parte fundamental en este proceso grandioso dándonos la fuerza necesaria para seguir adelante y luchar por nuestros objetivos.

A nuestros padres y hermanos (a) por su amor, orientación, paciencia y sacrificio, enseñarnos el valor del esfuerzo en toda la etapa universitaria, gracias a ustedes llegamos hasta aquí y lograr lo que somos en la actualidad. Ha sido el orgullo y privilegio ser sus hijos.

A mi esposa por estar siempre presente, quién con su apoyo inquebrantable me ayudo a enfocarme y lograr todos mis objetivos y su presencia ha sido luz en cada paso que he dado a lo largo de este proceso.

A nuestros familiares y a todas las personas que estuvieron siempre al pendiente y contribuyeron al éxito de este trabajo, especialmente a quienes nos abrieron sus puertas y compartieron generosamente sus conocimientos.

Christian Francisco Cevallos Cruz

Leonardo Mateo Toro Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Al llegar al final de una etapa más en nuestras vidas, este trabajo no solo es resultado de nuestros esfuerzos sino también de las personas que nos acompañaron durante todo este proceso.

Agradecemos en primera instancia a Dios por darnos vida y ser nuestro guía, ser nuestro apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

Gracias a nuestros padres: Christian y Fernanda; Germánico y Bertha, quienes no solo nos dieron la vida, sino también la oportunidad de hacer nuestros sueños posibles y quienes son el ejemplo de trabajo duro y perseverancia. A nuestros hermanos (a) quienes han estado a nuestro lado como los primeros compañeros de vida.

Gracias a mi esposa por las palabras de aliento y la paciencia por creer en mi incluso en los momentos más difíciles, tu amor y apoyo me inspirar a seguir adelante y no rendirme.

Gracias a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por habernos compartido todo el conocimiento necesario para nuestra preparación como profesionales.

Christian Francisco Cevallos Cruz

Leonardo Mateo Toro Muñoz

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal el análisis técnico y de precios unitarios del diseño hidrosanitario para agua potable del edificio residencial Alinea, ubicado en la calle Voz Andes y San Francisco, en la ciudad de Quito. Para ello, se consideraron dos materiales principales: polipropileno (PP) y cobre, aplicando los lineamientos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 16 " Guía Hidrosanitaria NHE Agua".

El estudio se desarrolló mediante un enfoque metodológico que incluyó el diseño hidrosanitario detallado en una hoja de cálculo, donde se determinaron las dimensiones adecuadas, presiones dentro de los límites permitidos, perdidas que no afecten el correcto funcionamiento del sistema y especificaciones técnicas de cada material necesarias para el diseño adecuado para las redes de abastecimiento de agua potable. Posteriormente, se realizó un análisis de precios unitarios que contempló el cálculo de costos de materiales, mano de obra y tiempo de ejecución, con el fin de identificar las ventajas y desventajas de cada material.

Los resultados del análisis indican que el polipropileno es la opción más económica, con un balance favorable en cuanto a costo-beneficio. También, el propileno presenta ventajas en resistencia mecánica y durabilidad, especialmente en condiciones de alta presión y temperaturas variables y facilidad de instalación. El cobre, aunque es el material más costoso, destaca por su durabilidad y resistencia, lo que lo convierte en una opción viable en aplicaciones específicas donde la resistencia y vida útil prolongada son prioritarias.

ABSTRACT

The main objective of this degree work is the technical and unit price analysis of the hydrosanitary design for potable water of the Alinea residential building, located at Voz Andes and San Francisco streets, in the city of Quito. For this purpose, two main materials were considered: polypropylene (PP) and copper, applying the guidelines established in the Ecuadorian Construction Standard NEC-11, chapter 16 "NHE Water Hydrosanitary Guide".

The study was developed through a methodological approach that included the detailed hydrosanitary design in a spreadsheet, where the adequate dimensions, pressures within the allowed limits, losses that do not affect the correct functioning of the system and technical specifications of each material necessary for the adequate design of the potable water supply networks were determined. Subsequently, a unit price analysis was carried out, which included the calculation of material costs, labor and execution time, in order to identify the advantages and disadvantages of each material.

The results of the analysis indicate that polypropylene is the most economical option, with a favorable cost-benefit balance. Also, propylene presents advantages in mechanical resistance and durability, especially in conditions of high pressure and variable temperatures, and ease of installation. Copper, although the most expensive material, stands out for its durability and resistance, which makes it a viable option in specific applications where resistance and long service life are priorities.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 16

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

1.2 ANTECEDENTES 16

1.3 JUSTIFICACIÓN 17

1.4 HIPÓTESIS 18

1.5 OBJETIVOS 18

1.5.1 Objetivo general 18

1.5.2 Objetivos específicos. 18

1.6 ALCANCE 19

2. MARCO REFERENCIAL 19

2.1 Edificación Alinea 19

2.2 Sistema de Abastecimiento 20

3. MARCO CONCEPTUAL 21

3.1 Sobre las Tuberías 21

3.1.1 Tubería de polipropileno 21

3.1.2 Tubería de cobre 22

3.2 Presiones en Tuberías 23

3.3 Bombas Hidráulicas 23

3.4 Tanques Hidroneumáticos 24

3.5 Pérdidas de Carga 24

3.6 Análisis de Precios Unitarios (APU) 24

3.7 Análisis Técnico 25

3.8 Guía Hidrosanitaria NEC 11 – Capítulo 16 25

4. MARCO TEÓRICO 25

4.1 Darcy-Weisbach 25

4.2 Caudal Máximo Probable (QMP) 26

4.3 Modelo de Diseño Hidráulico de Flamant 27

4.4 Velocidad de flujo en las tuberías 30

4.5 Perdidas de carga por Accesorios (Método de Longitudes Equivalentes) 30

4.6 Selección de Materiales: Fundamentos Técnicos 30

4.7 Diagramas comparativos 32

4.7.1 Vida Útil del Material 32

4.7.2 Resistencia a la presión 32

4.7.3 Resistencia al calor 33

5. MARCO LEGAL 34

5.1 NEC 11 – Capítulo 16: Guía Hidrosanitaria NHE Agua 34

5.2 Método del factor de simultaneidad (NEC 2011) 36

5.3 Longitudes equivalentes 37

5.4 Diseño Hidrosanitario para red de distribución de agua caliente 39

6. DISEÑO HIDROSANITARIO 39

6.1 Tubería de Polipropileno 40

6.2 Tubería de Cobre 40

6.3 Cálculo de Caudal Máximo Probable 41

6.4 Cálculo de velocidades 42

6.5 Tabla de caudales y velocidades con tubería de polipropileno para cada tramo de la red de distribución de agua fría en la edificación Alinea 44

6.6 Tabla de caudales y velocidades con tubería de polipropileno para cada tramo de la red de distribución de agua caliente en la edificación Alinea 48

6.7 Tabla de caudales y velocidades con tubería de cobre para cada tramo de la red de distribución de agua fría en la edificación Alinea 49

6.8 Tabla de caudales y velocidades con tubería de cobre para cada tramo de la red de distribución de agua caliente en la edificación Alinea 53

6.9 Isometría red de distribución de agua potable con tubería de polipropileno al aparato más desfavorable 54

6.10 Isometría red de distribución de agua potable con tubería de cobre al aparato más desfavorable 55

6.11 Tabla de diseño hidrosanitario para la red de distribución de agua fría con tubería de polipropileno....56

6.12 Tabla de diseño hidrosanitario para la red de distribución de agua caliente con tubería de polipropileno....57

6.13 Tabla de diseño hidrosanitario para la red de distribución de agua fría con tubería de cobre....57

6.14 Tabla de diseño hidrosanitario para la red de distribución de agua caliente con tubería de cobre....58

6.15 Cálculo de la bomba para la red de distribución de agua fría con tubería de polipropileno y cobre....59

6.15.1 Cálculo de la bomba de la red de distribución de agua potable con tubería de polipropileno....60

6.15.2 Cálculo de la bomba de la red de distribución de agua potable con tubería de cobre....60

6.16 Cálculo del tanque hidroneumático para la red de distribución de agua fría con tubería de polipropileno y cobre....60

6.16.1 Presión Mínima tanque hidroneumático....61

6.16.2 Presión Máxima Tanque Hidroneumático....61

6.16.3 Cálculo del volumen útil del Tanque Hidroneumático....61

6.16.4 Cálculo de porcentaje de volumen útil (%Vu)....62

6.16.5 Cálculo de volumen del tanque hidroneumático....63

6.16.6 Cálculo de volumen del tanque hidroneumático con tubería de polipropileno 63

6.16.7 Cálculo de volumen del tanque hidroneumático con tubería de cobre 63

7. ANÁLISIS COMPARATIVO 64

7.1 PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE MATERIAL 64

7.2 COMPARACIÓN TÉCNICA 64

7.3 COMPARACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS 66

7.3.1 Costo Inicial 66

7.3.2 Tabla comparativa general de costos 67

7.3.1 Costo de Material 68

7.3.2 Costo de Instalación 68

7.4 CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN PARA CADA MATERIAL 69

7.4.1 Polipropileno (PP) 69

7.4.2 Cobre 70

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS 71

8.1 RESULTADO TÉCNICO 71

8.1.1 Polipropileno 71

8.1.2 Cobre 71

8.2 Dimensionamiento de las Tuberías 71

8.3 Resultados de presiones 72

8.4 Resultados Bombas y Tanques Hidroneumáticos 72

8.4.1 Bombas 72

8.4.2 Tanques Hidroneumáticos 72

8.5 Tiempo de Instalación 73

8.6 Aplicación Normativa 73

8.7 Sostenibilidad y Medio Ambiente 73

8.7.1 Polipropileno 73

8.7.2 Cobre 74

8.8 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS 74

8.9 Costos de Material e Instalación 75

8.9.1 Polipropileno 75

8.9.2 Cobre 75

8.10 Análisis de Precios Unitarios 76

8.11 Análisis Presupuestario 80

8.11.1 Presupuesto con tubería de polipropileno para red de distribución de agua fría 80

8.11.2 Presupuesto con tubería de cobre para red de distribución de agua fría 80

8.11.3 Presupuesto con tubería de polipropileno para red de distribución de agua caliente 80

8.11.4 Presupuesto con tubería de cobre para red de distribución de agua caliente 81

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 81

9.1 CONCLUSIONES 81

9.2 RECOMENDACIONES 83

10. BIBLIOGRAFÍA 84

ANEXOS 87

Índice de tablas

Tabla 1 *Demandas de caudales, presiones y diámetros en aparatos de consumo.* 36

Tabla 2 *Factor por Edificación* 37

Tabla 3 *Coeficientes por accesorio* 38

Tabla 4 *Coeficiente de Rigurosidad* 38

Tabla 5 *Factor por Edificación* 42

Tabla 6 *Tabla de diámetros de la red de agua fría con Tubería de Polipropileno* 44

Tabla **7** *Tabla de diámetros de la red de agua caliente con Tubería de Polipropileno* 48

Tabla 8 *Tabla de diámetros de la red de agua fría con Tubería de Cobre* 49

Tabla 9 *Tabla de diámetros de la red de agua caliente con Tubería de Cobre* 53

Tabla 10 *Tabla de diseño para la red de agua fría al punto más desfavorable con Tubería de Polipropileno* 56

Tabla 11 *Tabla de diseño para la red de agua caliente al punto más desfavorable con Tubería de Polipropileno* 57

Tabla 12 *Tabla de diseño para la red de agua fría al punto más desfavorable con Tubería de Cobre* 57

Tabla 13 *Tabla de diseño para la red de agua caliente al punto más desfavorable con Tubería de Cobre* 58

Tabla 14 *Tabla de cálculo de la bomba para la red de agua potable con Tubería de Polipropileno* 60

Tabla 15 *Tabla de cálculo de la bomba para la red de agua potable con Tubería de Cobre* 60

Tabla 16 *Tabla de coeficientes en función de la potencia de la bomba* 62

Tabla 17 *Tabla de cálculo del tanque hidroneumático para la red de agua potable con Tubería de Polipropileno* 63

Tabla 18 *Tabla de cálculo del tanque hidroneumático para la red de agua potable con Tubería de Cobre* 63

Tabla 19 *Comparación técnica de los materiales en función del diseño* 64

Tabla 20 *Comparación de costos iniciales de los materiales* 66

Tabla 21 *Comparación General* 67

Tabla 22 *Análisis de Precio Unitario, Tendido de Tubería de Cobre 1/2"* 76

Tabla 23 *Análisis de Precio Unitario, Punto de Cobre 1/2"* 77

Tabla 24 *Análisis de Precio Unitario, Tendido de Tubería del PP 20mm* 78

Tabla 25 *Análisis de Precio Unitario, Punto del PP 20mm* 79

Tabla 26 *Presupuesto con PP para Agua Fría* 80

Tabla 27 *Presupuesto con Cobre para Agua Fría* 80

Tabla 28 *Presupuesto con PP para Agua Caliente* 80

Tabla 29 *Presupuesto con Cobre para Agua Caliente* 81

Índice de Figuras

Ilustración 1 *Edificación Alinea* 20

Ilustración 2 *Termofusión en Propileno* 22

Ilustración 3 *Soladura en Cobre* 23

Ilustración 4 *Método de Flamant* 28

Ilustración *5 Material vs Durabilidad* 32

Ilustración *6 Material vs Presión* 32

Ilustración *7 Material vs Temperatura* 33

Ilustración 8 *Isometría de red de agua potable con Tubería de Polipropileno* 54

Ilustración 9 *Isometría de red de agua potable con Tubería de Cobre* 55

Ilustración 10 *Material vs Costo* 68

Ilustración 11 *Material vs Costo de Instalación* 68

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, en su capítulo 16 referente a instalaciones hidrosanitarias de agua, es la base para el presente estudio. Esta misma, no establece parámetros de diseño ante el uso de distintos materiales. Además, la limitada información disponible ha llevado a muchos diseñadores y constructores a especular y adoptar diseños basados en la experiencia, sin un orden o recomendaciones claras para las construcciones y diseños. Debido a la escasa investigación de autores, es necesario plantear un análisis técnico de diseño con la guía NEC11 – CAP16.

De manera tradicional las instalaciones hidrosanitarias en edificaciones del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), utilizan en su mayoría tuberías de Polivinilo Cloruro (PVC), seguido de las de cobre. A pesar de ello, en la actualidad se está introduciendo al mercado la tubería de polipropileno (sistema de termofusión), haciendo que la instalación de la red de agua potable al interior de las estructuras sea más eficiente y con una variación económica favorable al constructor. Por lo tanto, el objetivo primordial del estudio se centra en comparar la eficiencia técnica y los valores unitarios de cada material en el diseño e instalación de la red hidrosanitaria y comprobar que se cumpla la guía técnica que usaremos para el diseño, el capítulo 16 – NEC 2011.

1.2 ANTECEDENTES

Uno de los debates más controversiales en los últimos años ha sido la elección del material para las tuberías en los hogares. Muchos argumentan que, aunque el precio de las tuberías plásticas es más bajo, no se consideran otros factores, como los elementos que componen su instalación, o se cuestiona la seguridad de las tuberías plásticas. Tanto el cobre

como el plástico son los materiales más utilizados en las instalaciones domésticas. Generalmente, se utilizan tuberías de cobre para el suministro de agua y tuberías plásticas para la evacuación de aguas residuales. Sin embargo, ambas tienen características similares: son livianas, su costo es moderado y tienen una excelente durabilidad. No hay grandes diferencias en los métodos de unión, y la resistencia a los ciclos de dilatación es prácticamente igual.

Al elegir el material para la tubería, se deben considerar aspectos como la resistencia mecánica, la durabilidad, la resistencia a la corrosión, la eficiencia en la conducción, el costo, la facilidad de instalación y mantenimiento, y, sobre todo, la preservación de la calidad del agua. "En el mercado hay una amplia gama de tipos de tuberías para agua potable. Seleccionar el material más apropiado para tu instalación ayudará a prevenir problemas como obstrucciones, fugas de agua o cualquier otro contratiempo a largo plazo". (Reiteman, 2025)

Si bien existen numerosos estudios sobre las ventajas y desventajas de utilizar PVC, polipropileno y cobre en sistemas hidrosanitarios, se puede decir que pocos han realizado un análisis técnico y de precios unitarios comparativo que aplique la NEC 11 a un caso concreto en la ciudad de Quito. Además, el enfoque de este estudio, centrado en el ciclo de vida completo de las tuberías y su relación costo-beneficio en un proyecto específico, como la edificación Alinea, aporta una perspectiva novedosa al campo de la ingeniería civil.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio comparativo permite establecer resultados respecto a la factibilidad del uso de materiales con polipropileno y cobre. Se analizan dos casos: el uso de tuberías de polipropileno y cobre en la implementación de una red hidráulica de agua fría y caliente. De esta manera, se busca establecer la mejor solución desde el punto de vista técnico y de precios unitarios para la implementación de un sistema hidrosanitario integral en la edificación Alinea,

considerando la serviciabilidad, la economía y el funcionamiento hidráulico de la red de distribución interna de agua fría y caliente.

Los beneficiarios directos de la investigación y de los resultados del presente estudio comparativo serán los constructores y diseñadores de instalaciones hidrosanitarias que ejercen su profesión, así como los usuarios, quienes tendrán acceso a agua potable de manera eficiente y segura.

1.4 HIPÓTESIS

La implementación de tuberías de polipropileno en el diseño hidrosanitario para una red de distribución de agua fría y caliente, conforme a la NEC 11 – Capítulo 16 'Guía Hidrosanitaria NHE Agua', presenta una mejor eficiencia técnica y un desempeño económico favorable frente al uso de tuberías de cobre en la edificación Alinea, ubicada en la calle Voz Andes y San Francisco en la ciudad de Quito.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Elaborar el análisis comparativo técnico y de precios unitarios del diseño hidrosanitario para red de distribución de agua fría y caliente utilizando tubería de polipropileno y cobre, aplicando la NEC 11 capitulo 16, en la Edificación Alinea.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Determinar las propiedades mecánicas y realizar el análisis técnico de las tuberías de polipropileno y cobre.
- Diseñar la red de agua potable usando las propiedades de cada tipo tubería (polipropileno y cobre) en la edificación, conforme a los parámetros de la guía NEC 11 – Capítulo 16.

- Determinar los precios unitarios de implementación de Polipropileno y cobre en el diseño hidrosanitario de redes de agua fría y caliente, incluyendo los costos de materiales, instalación y mantenimiento.
- Determinar cuál de los dos tipos de materiales (polipropileno y cobre) resulta mejor opción para la edificación Alinea en base a la comparación técnica y de precios unitarios.

1.6 ALCANCE

La investigación abarca el análisis técnico y de precios unitarios de una red de distribución de agua fría y caliente con tuberías de polipropileno y cobre, para la edificación residencial Alinea. En este trabajo desarrollamos un análisis general de costos, comparando materiales en términos de mano de obra y viabilidad económica. Estos costos se determinan a través del análisis de precios unitarios (APU's) y se consolidan en un análisis presupuestario que permite evaluar la rentabilidad de cada alternativa.

El análisis técnico contempla la determinación y revisión de propiedades mecánicas mediante investigación además de especificaciones técnicas, así como una comparación del desempeño de cada material en el sistema hidrosanitario en función de sus especificaciones para elegir el material adecuado en relación con su calidad y precio.

Finalmente, se realiza una comparación integral de los materiales considerando su impacto en la optimización de costos, tiempo de instalación y durabilidad, proporcionando una base objetiva para la selección del sistema hidrosanitario más eficiente y económicamente viable.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Edificación Alinea

La edificación residencial Alinea se conforma de 2 plantas de subsuelo dedicado a parqueaderos con un área de 466.33 m^2 , 1 planta baja establecida para residencias familiares e

ingreso principal con 411.53 m^2 , 4 plantas establecidas para residencias familiares con 216.59 m^2 y 1 planta establecida como área comunitaria de 216.59 m^2, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Quito en las calles Voz Andes y San Francisco, en la que se llevara a cabo el análisis comparativo técnico y de precios unitarios de los materiales elegidos para la redes de distribución de agua caliente y de agua fría respectivamente.

Ilustración 1

Edificación Alinea



2.2 Sistema de Abastecimiento

El sistema de abastecimiento de agua potable en la edificación se realizará mediante un sistema de bombeo. Para tal efecto, se dispondrá de una cisterna destinada exclusivamente al almacenamiento de agua potable, la cual será abastecida por una acometida domiciliaria proveniente de la red pública, que presenta una presión de servicio de 100 PSI. Desde la cisterna, el suministro hacia cada unidad de vivienda se realizará mediante equipos de bombe**o**

dimensionados de acuerdo con los requerimientos hidráulicos del proyecto, garantizando así un funcionamiento eficiente y continuo del sistema.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 Sobre las Tuberías

3.1.1 Tubería de polipropileno

"El polipropileno (PP) es un polímero termoplástico con una estructura parcialmente cristalina, que se produce mediante la polimerización del propileno o propeno. Forma parte del grupo de las poliolefinas y tiene un amplio rango de aplicaciones.

Es un termoplástico que ofrece una excelente resistencia a los agentes químicos, puede ser esterilizado por vapor y posee notables propiedades de aislamiento eléctrico, incluso a altas frecuencias.

Su alta resistencia a los ataques químicos lo convierte en una opción ideal para aplicaciones en sectores como la industria química, farmacéutica, minera y en equipos en general que no requieran esfuerzos de fricción elevados." (Concha Flores, 2014)

Este estudio presta atención al proceso de termofusión en la instalación de Polipropileno, es por tal motivo que Tolentino García (2015) menciona que "La termofusión es un método de soldadura eficiente y rápido que permite conectar tubos de polipropileno junto con sus accesorios. Este proceso consiste en calentar las superficies a unir hasta alcanzar la temperatura de fusión y, posteriormente, presionarlas utilizando medios mecánicos o hidráulicos, según el tamaño de la tubería, sin requerir componentes adicionales para la unión".

Apropiada para la unión de tuberías de la misma relación diámetro / espesor, con diámetros desde 16 mm hasta 160mm. "Esta técnica produce una unión permanente, eficaz y es económica." (Tolentino Garcia , 2015)

La tubería de polipropileno tiene un buen comportamiento frente a las altas temperaturas de agua caliente, ya que generalmente resisten hasta los 90 – 95 °C. Sin embargo, es importante investigar las especificaciones técnicas de la tubería a utilizar. Esta tubería soporta temperaturas muy elevadas manteniendo sus propiedades mecánicas sin deformarse.

Ilustración 2

Termofusión en Propileno



3.1.2 Tubería de cobre

"El cobre es un metal ampliamente utilizado en instalaciones hidrosanitarias debido a su alta resistencia mecánica, durabilidad, capacidad de soportar altas temperaturas y propiedades antimicrobianas, lo que garantiza la calidad del agua transportada y una vida útil prolongada de las tuberías." (Quishpe Coro, 2015).

"Utilizado para las instalaciones de agua fría y caliente, las uniones se efectúan soldadas a piezas especiales a base de estaño. Este material posee mayor resistencia a la corrosión que las tuberías de HG, acero galvanizado, etc., siendo más flexibles y adaptándose a las curvas en empotramientos. Existen en el mercado varios tipos de tubería de cobre, se menciona los de uso general para edificios:

El tipo “M” es fabricado en longitudes estándar (6,00 m), de pared delgada, soporta las presiones con gran margen de seguridad. Se encuentra en diámetros de: 6 a 100 milímetros. Es el material para utilizar en el edificio.

El tipo “L” es fabricado en longitudes estándar (6,00 m) y en rollos de 15 m de pared más gruesa, se utiliza en instalaciones especiales de agua caliente, en instalaciones de refrigeración, en instalaciones de gas combustible (GLP). Se encuentra en diámetros de: 6 a 100 milímetros.” (Quishpe Coro, 2015, pág. 47)

Ilustración 3

Soladura en Cobre



3.2 Presiones en Tuberías

En el diseño hidrosanitario, la presión del agua es un factor crítico para garantizar el funcionamiento adecuado de los aparatos sanitarios. La NEC 11 establece valores mínimos y máximos de presión en función del tipo de edificación. Presiones muy bajas impiden el suministro, mientras que presiones elevadas pueden dañar las instalaciones. Se deben considerar pérdidas por fricción, altura manométrica y pérdidas localizadas.

3.3 Bombas Hidráulicas

Las bombas son dispositivos que proporcionan energía al fluido para mantener o incrementar su presión en redes de distribución que no pueden abastecerse por gravedad. En edificaciones como Alinea, las bombas se utilizan cuando la altura o la demanda de consumo

exceden la capacidad de presión disponible en la red pública. Su selección debe considerar caudal requerido, altura total (manométrica), eficiencia y tipo de operación (automática o manual).

3.4 Tanques Hidroneumáticos

Son sistemas de almacenamiento presurizados que permiten mantener una presión constante en la red interna, sin necesidad de que la bomba funcione continuamente. Están compuestos por un tanque metálico, una membrana interna y un compresor de aire. En proyectos como este, permiten un abastecimiento eficiente y prolongan la vida útil de las bombas al reducir los ciclos de encendido.

3.5 Pérdidas de Carga

Son las reducciones de presión que ocurren en el flujo de agua a través de las tuberías debido a la fricción con las paredes internas y los accesorios (codos, válvulas, tees, etc.). Estas pérdidas se clasifican en:

- **Pérdidas lineales**: Proporcionales a la longitud y al tipo de material de la tubería.
- **Pérdidas locales**: Asociadas a los cambios de dirección o secciones en el flujo.

Se calculan generalmente mediante la ecuación de Hazen-Williams para agua potable, y su correcta estimación es fundamental para garantizar presiones adecuadas en toda la red.

3.6 Análisis de Precios Unitarios (APU)

Es una metodología empleada para determinar el costo por unidad de medida (metro lineal, instalación completa, etc.) de cada partida del proyecto. Incluye el valor de materiales, mano de obra, herramientas, transporte y otros costos indirectos. Este análisis permite estimar con precisión el costo real del diseño hidrosanitario en función del material utilizado.

3.7 Análisis Técnico

Consiste en la evaluación cualitativa y cuantitativa del comportamiento de los materiales en la red hidráulica, considerando propiedades como: resistencia a la presión, resistencia térmica, facilidad de instalación, compatibilidad con accesorios, durabilidad y desempeño frente a cargas internas y externas.

3.8 Guía Hidrosanitaria NEC 11 – Capítulo 16

Es la guía técnica nacional que regula el diseño e instalación de redes de agua potable en edificaciones. Establece parámetros obligatorios para la determinación de caudales de diseño, coeficientes de simultaneidad, velocidades máximas y mínimas, pérdidas de carga admisibles, así como recomendaciones para la selección de materiales. Es por eso que elegimos esta normativa para dirigir nuestro diseño en base a requerimientos locales.

4. MARCO TEÓRICO

El diseño hidrosanitario de una edificación requiere aplicar fundamentos de la hidráulica, mecánica de fluidos, selección de materiales y normativa técnica vigente. En este apartado se abordan los principios teóricos fundamentales que sustentan el análisis técnico y de precios unitarios comparativo entre tuberías de **polipropileno (PP-R)** y **cobre**, en redes de agua fría y caliente, conforme a lo establecido en la **Guía NEC 2011 – Capítulo 16**.

4.1 Darcy-Weisbach

La ecuación de Darcy-Weisbach permite determinar las **pérdidas de carga por fricción** en tuberías, las cuales afectan directamente la presión disponible en la red. Estas pérdidas son fundamentales en el dimensionamiento de sistemas hidrosanitarios, especialmente en redes presurizadas como las que utiliza esta investigación.

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

(Munson, Young & Okiishi, 2013) (1)

Donde:

hf: pérdida de carga (m)

f: coeficiente de fricción (adimensional, depende de la rugosidad relativa)

L: longitud del tramo de tubería (m)

D: diámetro interno de la tubería (m)

v: velocidad del fluido (m/s)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

El valor de f depende del tipo de flujo (laminar o turbulento) y del material de la tubería. En redes hidrosanitarias internas de edificaciones, los flujos son generalmente turbulentos, por lo que el cálculo se ajusta con base en el número de Reynolds y la rugosidad del material (menor en PP-R que en cobre).

4.2 Caudal Máximo Probable (QMP)

El **caudal máximo probable (QMP)** representa el caudal de diseño esperado en un sistema hidrosanitario durante una demanda máxima instantánea. Su cálculo adecuado es indispensable para evitar el subdimensionamiento o sobredimensionamiento de la red interna. Este se determina mediante el **coeficiente de simultaneidad**, adaptado al tipo de edificación (Barrera Romero, 2022), y constituye el parámetro base para aplicar la ecuación de continuidad, que relaciona el caudal con el área y la velocidad del flujo:

$$Q = A * v \quad (2)$$

Donde:

Q: caudal (m^3/s)

A: Área de la sección transversal de la tubería(m^2).

v: velocidad del flujo (m/s)

4.3 Modelo de Diseño Hidráulico de Flamant

El **modelo de Flamant**, propuesto por el ingeniero francés Félix Flamant, es un método ampliamente reconocido en el diseño de **redes de distribución de agua potable** del tipo **ramificadas**, utilizado principalmente en edificaciones y sistemas residenciales donde no se requiere una red mallada.

Este modelo se basa en principios de **hidráulica aplicada** que buscan asegurar el suministro de caudal y presión adecuados en todos los puntos de consumo, especialmente en el denominado **punto más desfavorable**, es decir, el que presenta la mayor pérdida de carga total desde la fuente de alimentación.

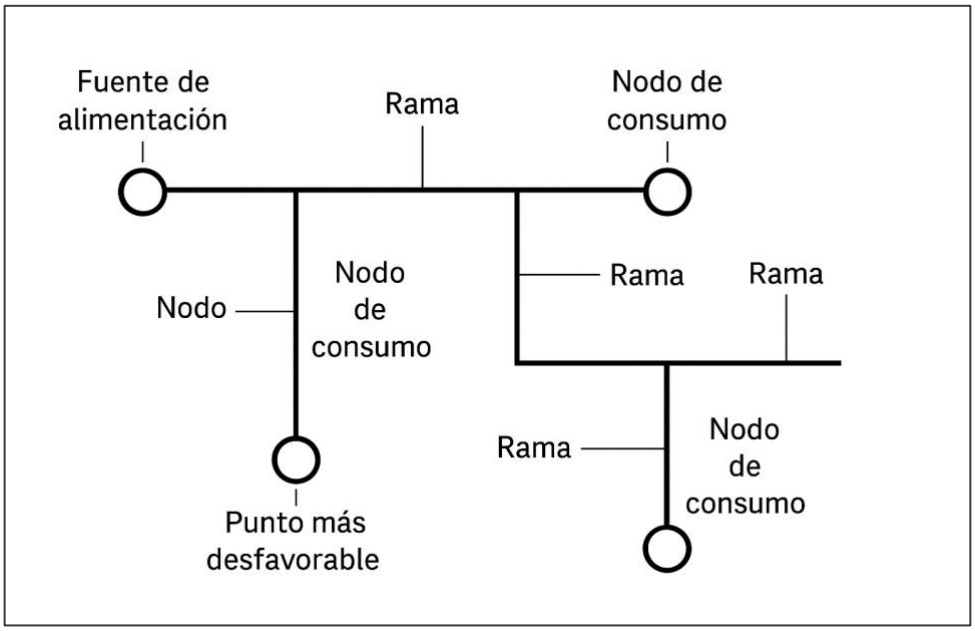
A diferencia de otros modelos más complejos como Hardy Cross (aplicado en redes malladas), el modelo de Flamant es **más directo y apropiado** para edificaciones con **ramificación jerárquica**, donde el agua fluye en una sola dirección desde la fuente hasta los aparatos terminales. Esta condición es típica en edificios residenciales, como el analizado en este proyecto de integración curricular.

El procedimiento contempla:

- La **definición del trazado hidráulico** de la red, identificando caudales por tramo y longitudes.
- La **selección de diámetros iniciales** y la evaluación de **pérdidas de carga** mediante fórmulas como Hazen-Williams o Darcy-Weisbach.
- La **verificación iterativa** de la presión disponible en el punto más desfavorable, comparándola con los requerimientos mínimos establecidos (en este caso, la NEC 11 – Capítulo 16).
- La **modificación progresiva** de los diámetros de los tramos aguas arriba hasta cumplir las condiciones de presión y velocidad.

Ilustración 4

Método de Flamant



Nota: Esquema metodologia Flamant, elaboración propia).

Este modelo permite un diseño eficiente, ya que garantiza una distribución equitativa de presiones sin sobredimensionar innecesariamente las tuberías. Además, es **compatible con criterios técnicos y normativos** como:

- **Presión mínima** en aparatos sanitarios (≥ 10 m.c.a.).
- Velocidades adecuadas para evitar ruidos hidráulicos y pérdidas excesivas (generalmente entre **0.6** y **2.5** m/s).
- Reducción de costos mediante optimización del diámetro en función de la presión disponible.

En el caso de esta investigación, el modelo de Flamant ha sido adoptado como **herramienta base para el diseño hidráulico** de la red de agua potable en la edificación "Alinea", permitiendo asegurar la cobertura hidráulica en todos los pisos, incluyendo los niveles superiores, bajo condiciones de eficiencia técnica y económica.

El método del Factor de Simultaneidad (Método de Flamant), adoptado en la **NEC 11 – Capítulo 16**, permite calcular el **caudal máximo probable (QMP)** en una red, considerando el uso simultáneo de varios artefactos sanitarios. Este método tiene su origen en la normativa francesa NF P 41-204, y ajusta el caudal total mediante un coeficiente de simultaneidad Ks, considerando el tipo de edificación.

Este método es indispensable en el proyecto, ya que permite estimar el caudal de diseño para las tuberías de agua fría y caliente en la edificación Alinea, dimensionando adecuadamente los diámetros en función del consumo real esperado.

4.4 Velocidad de flujo en las tuberías

La velocidad de flujo en tuberías es un dato importante que se debe considerar en el momento de realizar el diseño, debido a que si se encuentra fuera de los límites recomendables puede causar problemas en el funcionamiento interno de la tubería, debe fluctuar entre 0,6 m/s y 2,5 m/s, siendo estos los valores mínimo y máximo respectivamente. La velocidad promedio del agua debe fluctuar entre de 1,2 m/s y 1,5 m/s, esta última se considera óptima.

Es importante destacar que una baja velocidad puede generar problemas de depósito de sedimentos en las tuberías, lo que provoca el mal funcionamiento de algunos aparatos, como calentadores de agua o lavadoras. Por otro lado, una velocidad excesiva puede ocasionar serios problemas, entre los cuales se incluyen el desgaste prematuro y el ruido en las tuberías.

4.5 Perdidas de carga por Accesorios (Método de Longitudes Equivalentes)

Una tubería está conformada por diversos tipos de accesorios: codos, tees, uniones, válvulas, reducciones, etc., los cuales equivalen a una tubería rectilínea de mayor longitud. El método de cálculo consiste en sumar la longitud de la tubería y las longitudes que correspondan a la pérdida de carga de los accesorios existentes en la tubería. A cada accesorio se le asigna una longitud adicional, teniendo en cuenta todos los accesorios involucrados y las posibles fuentes de pérdidas.

Este método es fundamental para estimar correctamente la pérdida total de presión en la red, considerando la geometría real del sistema y el tipo de material utilizado.

4.6 Selección de Materiales: Fundamentos Técnicos

La selección entre **polipropileno** y **cobre** se basa en criterios técnicos como:

- **Rugosidad** (que afecta directamente las pérdidas de carga)

- **Resistencia térmica** (ambos materiales son aptos para agua caliente, pero PP-R puede deformarse si no se respeta su temperatura límite)
- **Durabilidad**
- **Compatibilidad con presión de trabajo (hasta 6–10 bar)**
- **Facilidad de instalación**

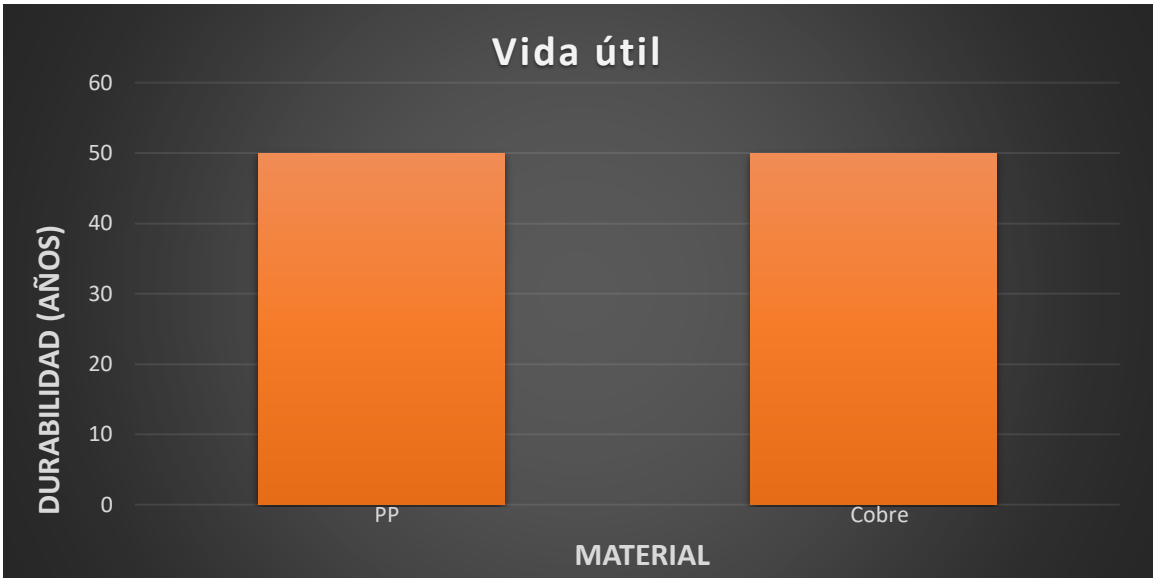
Estos criterios no solo determinan el rendimiento hidráulico del sistema, sino que también influyen directamente en los **precios unitarios**, el **tiempo de obra** y la **vida útil del sistema**.

4.7 Diagramas comparativos

4.7.1 Vida Útil del Material

Ilustración *5*

Material vs Durabilidad

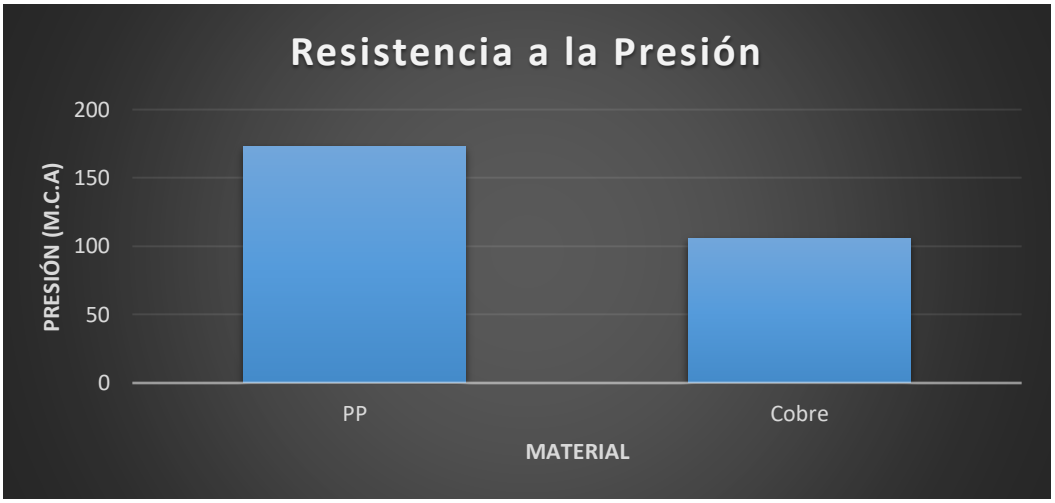


Nota: Esquema metodologia Flamant, elaboración propia).

4.7.2 Resistencia a la presión

Ilustración *6*

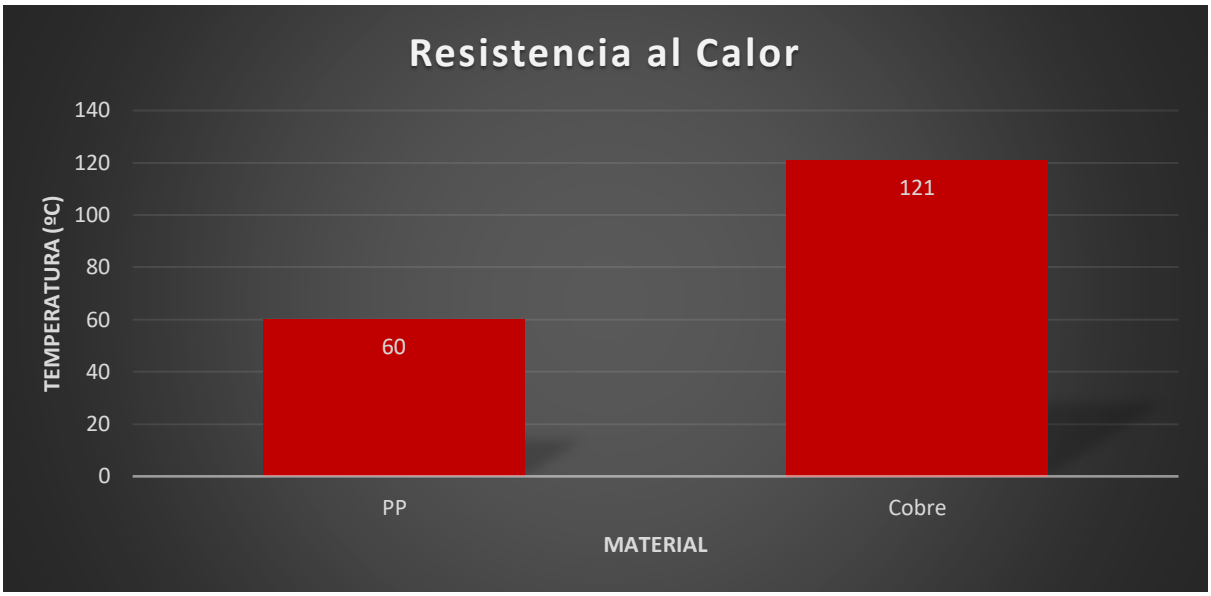
Material vs Presión



4.7.3 Resistencia al calor

Ilustración *7*

Material vs Temperatura



5. MARCO LEGAL

El diseño hidrosanitario de una edificación en Ecuador está normado por el conjunto de regulaciones establecidas en la **Guía NEC 11 – Cap16**, la cual define los parámetros técnicos obligatorios que garantizan la calidad, seguridad y funcionalidad de los sistemas de agua potable en edificaciones. Esta investigación se fundamenta principalmente en el **Capítulo 16 de la NEC 11 – Guía Hidrosanitaria NHE Agua**, el cual regula el diseño de redes internas para abastecimiento de agua fría y caliente, bajo condiciones técnicas controladas y compatibles con la normativa sanitaria y de construcciones vigentes en el país.

5.1 NEC 11 – Capítulo 16: Guía Hidrosanitaria NHE Agua

La **Guía Hidrosanitaria NHE Agua** contiene los criterios técnicos fundamentales para el diseño y dimensionamiento de sistemas de distribución de agua potable en edificaciones residenciales, comerciales e institucionales. A continuación, se detallan los artículos y directrices más relevantes relacionados directamente con el presente estudio:

a) Caudal máximo probable (QMP) – Art. 16.6.1

El diseño de las tuberías debe considerar el **caudal máximo probable (QMP)**, calculado según el **método de Flamant**. Este método integra el número de aparatos sanitarios, el caudal unitario y un coeficiente de simultaneidad dependiente del tipo de edificación (residencial multifamiliar, en este caso).

Este cálculo es clave en el proyecto para determinar el caudal de diseño tanto para agua fría como caliente, permitiendo la selección adecuada del diámetro de tubería en cada tramo.

b) Velocidades de flujo – Art. 16.6.2

La NEC 11 establece que las **velocidades en redes internas no deben superar los límites de 0,6 m/s y 2.5 m/s**, además se recomienda un valor **óptimo entre 1.2 y 1.5 m/s**, lo cual asegura un buen desempeño hidráulico, evita ruidos y reduce el riesgo de deterioro de los materiales.

c) Selección de materiales – Art. 16.4.1 y 16.5.1

La guía establece que los materiales para las tuberías deben ser **resistentes a la presión de trabajo, temperatura y condiciones químicas del agua**, así como tener **vida útil mínima de 50 años** y cumplir con las **normas INEN e ISO correspondientes**. En este sentido:

- El **polipropileno PP-R** debe cumplir con la **ISO 15874** y la **NTE INEN 2266**.
- El **cobre** debe cumplir con la **NTE INEN 2305**, que regula tubos de cobre sin costura para instalaciones sanitaria

d) Pérdidas de carga – Art. 16.6.4

Las pérdidas de presión por fricción y por accesorios deben calcularse mediante métodos reconocidos como **Darcy-Weisbach** o **Hazen-Williams**, en función del material y el tipo de flujo. En el diseño debe considerarse tanto la longitud real de tuberías como las longitudes equivalentes de accesorios, sumando a la longitud total del tramo para estimar la pérdida total de carga.

e) Agua caliente – Art. 16.9

Se establecen requerimientos técnicos para el diseño de **redes de agua caliente sanitaria**, como:

- Uso de **materiales resistentes a temperaturas mayores a 60 °C**.

- Aislamiento térmico en tramos expuestos.
- Garantía de presión suficiente en artefactos distantes mediante diseño adecuado o uso de **bomba presurizadora**.
- El sistema debe evitar retornos de agua o mezclas accidentales mediante válvulas de retención y dispositivos antirretorno.

5.2 Método del factor de simultaneidad (NEC 2011)

Según Orduña y Ortiz, Para calcular el caudal máximo probable (QMP), se determinan los caudales de los dispositivos instalados, se suman y luego se ajustan los resultados utilizando un coeficiente de simultaneidad K1. (Orduña & Ortiz, 2014). Esta fórmula es establecida por los franceses en la norma NP 41-204, esto es aplicable para todo tipo de edificios.

A continuación, se muestran los caudales mínimos recomendados:

Tabla 1

Demandas de caudales, presiones y diámetros en aparatos de consumo.

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (m c.a.)	mínima (m c.a.)	
Bañera / tina	0.30	7.0	3.0	20
Bidet	0.10	7.0	3.0	16
Calentadores / calderas	0.30	15.0	10.0	20
Ducha	0.20	10.0	3.0	16
Fregadero cocina	0.20	5.0	2.0	16
Fuentes para beber	0.10	3.0	2.0	16
Grifo para manguera	0.20	7.0	3.0	16
Inodoro con depósito	0.10	7.0	3.0	16
Inodoro con fluxor	1.25	15.0	10.0	25
Lavabo	0.10	5.0	2.0	16
Máquina de lavar ropa	0.20	7.0	3.0	16
Máquina lava vajilla	0.20	7.0	3.0	16
Urinario con fluxor	0.50	15.0	10.0	20
Urinario con llave	0.15	7.0	3.0	16
Sauna, turco, ó hidromasaje domésticos	1.00	15.0	10.0	25

Nota. Adaptado de NEC-11, cap. 16.

Según la NEC-11, la ecuación del caudal máximo probable es:

$$Q_{mp} = K_s * \sum qi \tag{3}$$

Según la NEC-11, la ecuación del coeficiente de simultaneidad es:

$$ks = \frac{1}{n-1} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log n) \tag{4}$$

Donde:

n = número total de aparatos servidos

ks = coeficiente de simultaneidad

qi = caudal mínimo de los aparatos suministrados

F = factor que toma los siguientes valores

Tabla 2

Factor por Edificación

F	EDIFICACIÓN
0	Norma francesa
1	Edificios de oficinas y semejantes
2	Edificio de habitaciones
3	Hoteles, Hospitales y semejantes
4	Edificios académicos, cuarteles y semejantes
5	Edificios e inmuebles con valores de demanda superior

Nota. Adaptado de NEC-11, cap. 16.

5.3 Longitudes equivalentes

Las longitudes equivalentes, fueron calculadas para tuberías de cobre, C= 135 y tuberías en Polipropileno = 150. Estos valores podrán ser aplicados, con aproximaciones razonables, al caso de los tubos de cobre, latón, PVC, hierro galvanizado, entre otros.

Según la NEC-11, la ecuación para calcular las longitudes equivalentes es:

$$Le = K_1 * \emptyset \pm K_2 * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.8519} \quad (5)$$

Donde:

Le: Longitud equivalente (m)

K1 y K2: Factores que dependen del tipo de accesorio

Ø: Diámetro interno (m)

C: Coeficiente según material de tubería

Tabla 3

Coeficientes por accesorio

Accesorios	**K1**	**K2**
Codo de 45°	0.38	+0.02
Codo radio largo 90°	0.52	+0.04
Entrada normal	0.46	-0.08
Reducción	0.15	+0.01
Salida de tubería	0.77	+0.04
Tee paso directo	0.53	+0.04
Tee paso de lado y de salida bilateral	1.56	+0.37
Tee con reducción	0.56	+0.33
Válvula de compuerta abierta	0.17	+0.03
Válvula de globo abierta	0.17	+0.50
Válvula de pie con criba	6.38	+0.40
Válvula de retención	3.20	+0.03

Nota. Adaptado de NEC-11, cap. 16.

El coeficiente de rugosidad C se selecciona de acuerdo con la clase de tubería y a su textura interna. El valor C se plantea en la siguiente tabla N º 4

Tabla 4

Coeficiente de Rigurosidad

VALORES DE C	
C	**Material**
135 – 150	Fundición nodular
120	Acero Nuevas

110	Acero Usadas
150	Hormigón Pretensado
128	Hormigón armado
140 - 155	Fibrocemento
150	Plástico o fibra de vidrio
148	Fundición Laminar
130 – 140	Cobre
130	Hierro colado
120	Hierro fundido
100	Hierro galvanizado
150	PVC y PE

Nota. Adaptado de Alegret Breña, E., & Martínez Valdés, Y. (2019). "Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa".

5.4 Diseño Hidrosanitario para red de distribución de agua caliente

Según la guía NEC 2011, en el apartado relacionado con instalaciones hidrosanitarias de agua, se establece que el caudal instantáneo mínimo de agua caliente para los aparatos sanitarios que requieren de este recurso debe corresponder al 67% del caudal instantáneo mínimo de agua fría. Este criterio asegura un suministro adecuado de agua caliente en proporción al agua fría, garantizando así el correcto funcionamiento de los dispositivos y el cumplimiento de los estándares técnicos aplicables. (Norma Hidrosanitaria NHE agua, 2011)

6. DISEÑO HIDROSANITARIO

El diseño hidrosanitario es clave e importante para una correcta instalación y construcción de tuberías que nos proporciona seguridad y un funcionamiento adecuado, ya sea de la red de distribución de agua fría o de agua caliente usando las distintas marcas de tuberías como la tubería de polipropileno o cobre.

Para el desarrollo del diseño hidrosanitario, es fundamental considerar previamente las propiedades físicas de cada tipo de tubería, tales como los diámetros, la presión máxima de

trabajo que pueden soportar, así como otros parámetros técnicos que inciden directamente en el dimensionamiento y el correcto funcionamiento del sistema.

6.1 Tubería de Polipropileno

Para la tubería de Polipropileno se ha seleccionado la marca Vesbo, una de las marcas que se ha introducido en el país, aparte de ser una de las más comercializadas. Esta elección se basa en un análisis realizado tras visitar varias distribuidoras en la ciudad de Quito, donde se constató su amplia presencia en el mercado.

- Bajo condiciones y presiones normales, la vida útil estimada de la tubería Vesbo es de 50 años o más.
- Se escoge tubería Vesbo SDR 7.4 o PN 16 que es una tubería que sirve tanto para red de distribución de agua fría como caliente.
- Para una temperatura ambiente de agua con 30°C y un tiempo estimado de 50 años de servicio de la tubería, la presión de trabajo permitida es de hasta 173 m.c.a.
- Para una temperatura elevada como es la distribución de agua caliente con 60°C y un tiempo estimado de 50 años de servicio de la tubería, la presión de trabajo permitida es de hasta 67 m.c.a.

6.2 Tubería de Cobre

Para la tubería de cobre se ha seleccionado la marca Nacobre, una de las marcas más utilizadas para instalaciones hidrosanitaria, aparte de ser una de las marcas más comercializadas del país.

- Se utilizará la tubería de cobre tipo M en marca Nacobre, la cual es la más recomendable para la edificación residencial, a diferencia del tipo L y K que son tuberías para condiciones severas de servicio e instalaciones de tipo industrial.
- Se utiliza una unión mediante soldadura fuerte que se compone de 50% de estaño y de 50% plomo, el cual es el más recomendable en edificios residenciales.
- Para una temperatura ambiente de agua con 30°C, con una unión de soldadura fuerte de 50% estaño y 50% plomo, la presión de trabajo permitida para una tubería de entre 2 ½" y 4" es de hasta 105.57 m.c.a.
- Para una temperatura elevada como es la red de distribución de agua caliente con 60°C, con una unión de soldadura fuerte de 50% estaño y 50% plomo, la presión de trabajo permitida para una tubería de entre 1/4" y 1" es de hasta 105.57 m.c.a.

6.3 Cálculo de Caudal Máximo Probable

Según la NEC-11 Cap 16, la ecuación del caudal máximo probable es:

$$Q_{mp} = K_s * \sum qi \tag{6}$$

Según la NEC-11, la ecuación del coeficiente de simultaneidad es:

$$ks = \frac{1}{n-1} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log n) \tag{7}$$

Donde:

n = número total de aparatos servidos

ks = coeficiente de simultaneidad

qi = caudal mínimo de los aparatos suministrados

F = factor que toma los siguientes valores

Tabla 5

Factor por Edificación

F	EDIFICACIÓN
0	Norma francesa
1	Edificios de oficinas y semejantes
2	Edificio de habitaciones
3	Hoteles, Hospitales y semejantes
4	Edificios académicos, cuarteles y semejantes
5	Edificios e inmuebles con valores de demanda superior

Nota. Adaptado de NEC-11, cap. 16.

6.4 Cálculo de velocidades

Funcionamiento interno de la tubería debe fluctuar entre 0,6 m/s y 2,5 m/s, siendo estos los valores mínimo y máximo, respectivamente. La velocidad promedio del agua debe fluctuar entre de 1,2 m/s y 1,5 m/s, esta última se considera óptima.

La ecuación de velocidad es despejada de la siguiente ecuación:

$$Q_{mp} = A * V \tag{8}$$

Donde:

Q_{mp} = Caudal máximo probable

A = Área interno

V = Velocidad del flujo

La ecuación de velocidad despejada queda de la siguiente manera:

$$V = \frac{Q_{mp}}{A} \tag{9}$$

6.5 Tabla de caudales y velocidades con tubería de polipropileno para cada tramo de la red de distribución de agua fría en la edificación Alinea

Tabla 6

Tabla de diámetros de la red de agua fría con Tubería de Polipropileno

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA											
CÁLCULO DE DIÁMETROS DE TUBERÍA											
ZONA	Tramo		Aparatos Sanitarios	N° de Aparatos	Qs Inst Min [l/s]	Ks	Qs Máx [l/s]	φ [pul]	Área cm2	V_{REAL} [m/s]	Verificación
N+20.00											
ÁREA COMUNAL	1	2	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	2	3	Grifo de manguera	1	0.20	1.038	0.42	3/4"	2.54	1.63	O.K
			Fregadero	1	0.20						
	3	4	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.38	3/4"	2.54	1.50	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	4	8	Grifo de manguera	2	0.40	0.640	0.45	3/4"	2.54	1.76	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Lavamanos	1	0.10						
	5	7	Lavamanos	1	0.10	1.000	0.10	1/2"	1.63	0.61	O.K
	6	7	Inodoro	1	0.10	1.000	0.10	1/2"	1.63	0.61	O.K
	7	8	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K
			Inodoro	1	0.10						
	8	10	Grifo de manguera	2	0.40	0.518	0.47	3/4"	2.54	1.83	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Lavamanos	2	0.20						
			Inodoro	1	0.10						
	9	10	Inodoro	1	0.10	1.000	0.10	1/2"	1.63	0.61	O.K
	10	11	Grifo de manguera	2	0.40	0.482	0.48	3/4"	2.54	1.90	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Lavamanos	2	0.20						
			Inodoro	2	0.20						
MN	11	28	Grifo de manguera	2	0.40	0.482	0.48	3/4"	2.54	1.90	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Lavamanos	2	0.20						
			Inodoro	2	0.20						
N+16.80											
DEP 601	12	14	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	13	14	Inodoro	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K
			Lavamanos	1	0.10						
	14	16	Lavamanos	2	0.20	0.568	0.34	1/2"	1.63	2.09	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
	15	16	Refrigeradora	1	0.10	1.038	0.31	1/2"	1.63	1.91	O.K
			Fregadero	1	0.20						
	16	20	Lavamanos	2	0.20	0.482	0.43	3/4"	2.54	1.71	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Fregadero	1	0.20						
	17	19	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	18	19	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	2.54	2.04	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	19	20	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.51	3/4"	2.54	2.01	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	20	28	Lavamanos	3	0.30	0.384	0.69	1"	4.23	1.64	O.K
			Inodoro	3	0.30						
			Ducha	2	0.40						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						

DEP 602 y DEP 603	21	23	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	22	23	Calentador	1	0.30	1.000	0.30	1/2"	1.63	1.84	O.K
	23	25	Lavadora de ropa	1	0.20	1.038	0.52	3/4"	2.54	2.04	O.K
			Calentador	1	0.30						
	24	25	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.63	1.91	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	25	27	Fregadero	1	0.20	0.640	0.51	3/4"	2.54	2.01	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Refrigeradora	1	0.10						
	26	27	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	27	28	Lavamanos	1	0.10	0.482	0.58	3/4"	2.54	2.27	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
MN	28	43	Lavamanos	7	0.70	0.271	1.41	1 1/4"	6.61	2.14	O.K
			Inodoro	7	0.70						
			Ducha	4	0.80						
			Fregadero	4	0.80						
			Refrigeradora	3	0.30						
			Calentador	3	0.90						
			Lavadora de ropa	3	0.60						
			Grifo de manguera	2	0.40						
N+13.60 / N+10.40 / N+7.20 / N+4.00											
DEP 501, DEP 401, DEP 301 Y DEP 201	29	31	Refrigeradora	1	0.10	1.038	0.31	1/2"	1.63	1.91	O.K
			Fregadero	1	0.20						
	30	31	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	31	35	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.40	3/4"	2.54	1.56	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Fregadero	1	0.20						
	32	34	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	33	34	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	2.54	2.04	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	34	35	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.51	3/4"	2.54	2.01	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	35	43	Lavamanos	2	0.20	0.413	0.66	1"	4.23	1.56	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	2	0.40						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
DEP 502, DEP 503, DEP 504, DEP 402, DEP 403, DEP 404, DEP 302, DEP 303, DEP 304, DEP 202 y DEP 203	36	38	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	37	38	Calentador	1	0.30	1.000	0.30	1/2"	1.63	1.84	O.K
	38	40	Lavadora de ropa	1	0.20	1.038	0.52	3/4"	2.54	2.04	O.K
			Calentador	1	0.30						
	39	40	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.63	1.91	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	40	42	Calentador	1	0.30	0.640	0.51	3/4"	2.54	2.01	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
	41	42	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	42	43	Lavamanos	1	0.10	0.482	0.58	3/4"	2.54	2.27	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						

MN	43	44	Lavamanos	12	1.20	0.227	2.36	1 1/2"	10.29	2.29	O.K
			Inodoro	12	1.20						
			Ducha	9	1.80						
			Fregadero	8	1.60						
			Refrigeradora	7	0.70						
			Calentador	7	2.10						
			Lavadora de ropa	7	1.40						
			Grifo de manguera	2	0.40						
MN	44	45	Lavamanos	17	1.70	0.207	3.23	2"	16.47	1.96	O.K
			Inodoro	17	1.70						
			Ducha	14	2.80						
			Fregadero	12	2.40						
			Refrigeradora	11	1.10						
			Calentador	11	3.30						
			Lavadora de ropa	11	2.20						
			Grifo de manguera	2	0.40						
MN	45	46	Lavamanos	22	2.20	0.195	4.06	2"	16.47	2.46	O.K
			Inodoro	22	2.20						
			Ducha	19	3.80						
			Fregadero	16	3.20						
			Refrigeradora	15	1.50						
			Calentador	15	4.50						
			Lavadora de ropa	15	3.00						
			Grifo de manguera	2	0.40						
MN	46	86	Lavamanos	26	2.60	0.189	4.69	2 1/2"	23.24	2.02	O.K
			Inodoro	26	2.60						
			Ducha	23	4.60						
			Fregadero	19	3.80						
			Refrigeradora	18	1.80						
			Calentador	18	5.40						
			Lavadora de ropa	18	3.60						
			Grifo de manguera	2	0.40						
N+0.80											
DEP 101	47	49	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	48	49	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	49	53	Lavamanos	1	0.10	0.640	0.38	3/4"	2.54	1.51	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	50	51	Calentador	1	0.30	1.000	0.30	1/2"	1.63	1.84	O.K
	51	52	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	52	53	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	2.54	2.04	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	53	57	Lavamanos	1	0.10	0.518	0.57	3/4"	2.54	2.24	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	54	56	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.63	1.91	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	55	56	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K
			Inodoro	1	0.10						
	56	57	Lavamanos	1	0.10	0.640	0.32	3/4"	2.54	1.26	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
	57	86	Lavamanos	2	0.20	0.413	0.66	1"	4.23	1.56	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						

DEP 102	58	63	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	59	62	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K
			Inodoro	1	0.10						
	60	61	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	61	62	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	2.54	2.04	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	62	63	Lavamanos	1	0.10	0.640	0.45	3/4"	2.54	1.76	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	63	67	Lavamanos	2	0.20	0.482	0.53	3/4"	2.54	2.09	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	64	65	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	65	66	Fregadero	1	0.20	1.038	0.42	3/4"	2.54	1.63	O.K
			Grifo de manguera	1	0.20						
	66	67	Fregadero	1	0.20	0.761	0.38	3/4"	2.54	1.50	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	67	86	Lavamanos	2	0.20	0.413	0.66	1"	4.23	1.56	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
DEP 103	68	71	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	69	70	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	70	71	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	2.54	2.04	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	71	75	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.51	3/4"	2.54	2.01	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	72	74	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	73	74	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.63	1.91	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	74	75	Fregadero	1	0.20	0.761	0.38	3/4"	2.54	1.50	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	75	77	Lavamanos	1	0.10	0.454	0.64	1"	4.23	1.50	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	76	77	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K
			Inodoro	1	0.10						
	77	86	Lavamanos	2	0.20	0.413	0.66	1"	4.23	1.56	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						

DEP 104	78	81	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	79	80	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	80	81	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	2.54	2.04	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	81	83	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.51	3/4"	2.54	2.01	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	82	83	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.63	1.91	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	83	85	Lavamanos	1	0.10	0.482	0.58	3/4"	2.54	2.27	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	84	85	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	85	86	Lavamanos	1	0.10	0.454	0.64	1"	4.23	1.50	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
MN	86	88	Lavamanos	33	3.30	0.182	5.63	2 1/2"	23.24	2.42	O.K
			Inodoro	33	3.30						
			Ducha	27	5.40						
			Fregadero	23	4.60						
			Refrigeradora	22	2.20						
			Calentador	22	6.60						
			Lavadora de ropa	22	4.40						
			Grifo de manguera	6	1.20						
MN	87	88	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K
			Inodoro	1	0.10						
MN	88	CIS	Lavamanos	34	3.40	0.181	5.66	2 1/2"	23.24	2.43	O.K
			Inodoro	34	3.40						
			Ducha	27	5.40						
			Fregadero	23	4.60						
			Refrigeradora	22	2.20						
			Calentador	22	6.60						
			Lavadora de ropa	22	4.40						
			Grifo de manguera	6	1.20						

6.6 Tabla de caudales y velocidades con tubería de polipropileno para cada tramo de la red de distribución de agua caliente en la edificación Alinea

Tabla 7

Tabla de diámetros de la red de agua caliente con Tubería de Polipropileno

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE											
CÁLCULO DE DIÁMETROS DE TUBERÍA											
ZONA	**Tramo**		**Aparatos Sanitarios**	**N° de Aparatos**	**Qs Inst Min [l/s]**	**Ks**	**Qs Máx [l/s]**	**φ [pul]**	**Area cm2**	**V_{REAL} [m/s]**	**Verificación**
TODOS DEP	1	3	Lavamanos	1	0.10	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	2	3	Ducha	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	3	5	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K
			Ducha	1	0.20						
	4	5	Fregadero	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K
	5	6	Lavamanos	1	0.10	0.640	0.30	1/2"	1.63	1.84	O.K
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Lavadora de ropa	1	0.20						

6.7 Tabla de caudales y velocidades con tubería de cobre para cada tramo de la red de distribución de agua fría en la edificación Alinea

Tabla 8

Tabla de diámetros de la red de agua fría con Tubería de Cobre

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA											
CÁLCULO DE DIÁMETROS DE TUBERÍA											
ZONA	**Tramo**		**Aparatos Sanitarios**	**N° de Aparatos**	**Qs Inst Min [l/s]**	**Ks**	**Qs Máx [l/s]**	**φ [pul]**	**Area cm2**	**V_{REAL} [m/s]**	**Verificación**
N+20.00											
ÁREA COMUNAL	1	2	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	2	3	Grifo de manguera	1	0.20	1.038	0.42	3/4"	3.33	1.25	O.K
			Fregadero	1	0.20						
	3	4	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.38	3/4"	3.33	1.14	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	4	8	Grifo de manguera	2	0.40	0.640	0.45	3/4"	3.33	1.34	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Lavamanos	1	0.10						
	5	7	Lavamanos	1	0.10	1.000	0.10	1/2"	1.64	0.61	O.K
	6	7	Inodoro	1	0.10	1.000	0.10	1/2"	1.64	0.61	O.K
	7	8	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K
			Inodoro	1	0.10						
	8	10	Grifo de manguera	2	0.40	0.518	0.47	3/4"	3.33	1.40	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Lavamanos	2	0.20						
			Inodoro	1	0.10						
	9	10	Inodoro	1	0.10	1.000	0.10	1/2"	1.64	0.61	O.K
	10	11	Grifo de manguera	2	0.40	0.482	0.48	3/4"	3.33	1.45	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Lavamanos	2	0.20						
			Inodoro	2	0.20						
MN	11	28	Grifo de manguera	2	0.40	0.482	0.48	3/4"	3.33	1.45	O.K
			Fregadero	1	0.20						
			Lavamanos	2	0.20						
			Inodoro	2	0.20						
N+16.80											
DEP 601	12	14	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	13	14	Inodoro	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K
			Lavamanos	1	0.10						
	14	16	Lavamanos	2	0.20	0.568	0.34	1/2"	1.64	2.08	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
	15	16	Refrigeradora	1	0.10	1.038	0.31	1/2"	1.64	1.90	O.K
			Fregadero	1	0.20						
	16	20	Lavamanos	2	0.20	0.482	0.43	3/4"	3.33	1.30	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Fregadero	1	0.20						
	17	19	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	18	19	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	3.33	1.56	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	19	20	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.51	3/4"	3.33	1.53	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	20	28	Lavamanos	3	0.30	0.384	0.69	3/4"	3.33	2.07	O.K
			Inodoro	3	0.30						
			Ducha	2	0.40						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						

DEP 602 y DEP 603	21	23	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	22	23	Calentador	1	0.30	1.000	0.30	1/2"	1.64	1.83	O.K
	23	25	Lavadora de ropa	1	0.20	1.038	0.52	3/4"	3.33	1.56	O.K
			Calentador	1	0.30						
	24	25	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.64	1.90	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	25	27	Fregadero	1	0.20	0.640	0.51	3/4"	3.33	1.54	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Refrigeradora	1	0.10						
	26	27	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	27	28	Lavamanos	1	0.10	0.482	0.58	3/4"	3.33	1.74	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
MN	28	43	Lavamanos	7	0.70	0.271	1.41	1 1/4"	8.44	1.67	O.K
			Inodoro	7	0.70						
			Ducha	4	0.80						
			Fregadero	4	0.80						
			Refrigeradora	3	0.30						
			Calentador	3	0.90						
			Lavadora de ropa	3	0.60						
			Grifo de manguera	2	0.40						
N+13.60 / N+10.40 / N+7.20 / N+4.00											
DEP 501, DEP 401, DEP 301 Y DEP 201	29	31	Refrigeradora	1	0.10	1.038	0.31	1/2"	1.64	1.90	O.K
			Fregadero	1	0.20						
	30	31	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	31	35	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.40	3/4"	3.33	1.19	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Fregadero	1	0.20						
	32	34	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	33	34	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	3.33	1.56	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	34	35	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.51	3/4"	3.33	1.53	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	35	43	Lavamanos	2	0.20	0.413	0.66	3/4"	3.33	1.98	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	2	0.40						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
DEP 502, DEP 503, DEP 504, DEP 402, DEP 403, DEP 404, DEP 302, DEP 303, DEP 304, DEP 202 y DEP 203	36	38	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	37	38	Calentador	1	0.30	1.000	0.30	1/2"	1.64	1.83	O.K
	38	40	Lavadora de ropa	1	0.20	1.038	0.52	3/4"	3.33	1.56	O.K
			Calentador	1	0.30						
	39	40	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.64	1.90	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	40	42	Calentador	1	0.30	0.640	0.51	3/4"	3.33	1.54	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
	41	42	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	42	43	Lavamanos	1	0.10	0.482	0.58	3/4"	3.33	1.74	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						

MN	43	44	Lavamanos	12	1.20	0.227	2.36	1 1/2"	11.82	1.99	O.K
			Inodoro	12	1.20						
			Ducha	9	1.80						
			Fregadero	8	1.60						
			Refrigeradora	7	0.70						
			Calentador	7	2.10						
			Lavadora de ropa	7	1.40						
			Grifo de manguera	2	0.40						
MN	44	45	Lavamanos	17	1.70	0.207	3.23	2"	20.45	1.58	O.K
			Inodoro	17	1.70						
			Ducha	14	2.80						
			Fregadero	12	2.40						
			Refrigeradora	11	1.10						
			Calentador	11	3.30						
			Lavadora de ropa	11	2.20						
			Grifo de manguera	2	0.40						
MN	45	46	Lavamanos	22	2.20	0.195	4.06	2"	20.45	1.99	O.K
			Inodoro	22	2.20						
			Ducha	19	3.80						
			Fregadero	16	3.20						
			Refrigeradora	15	1.50						
			Calentador	15	4.50						
			Lavadora de ropa	15	3.00						
			Grifo de manguera	2	0.40						
MN	46	86	Lavamanos	26	2.60	0.189	4.69	2"	20.45	2.29	O.K
			Inodoro	26	2.60						
			Ducha	23	4.60						
			Fregadero	19	3.80						
			Refrigeradora	18	1.80						
			Calentador	18	5.40						
			Lavadora de ropa	18	3.60						
			Grifo de manguera	2	0.40						
N+0.80											
DEP 101	47	49	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	48	49	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	49	53	Lavamanos	1	0.10	0.640	0.38	3/4"	3.33	1.15	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	50	51	Calentador	1	0.30	1.000	0.30	1/2"	1.64	1.83	O.K
	51	52	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	52	53	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	3.33	1.56	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	53	57	Lavamanos	1	0.10	0.518	0.57	3/4"	3.33	1.71	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	54	56	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.64	1.90	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	55	56	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K
			Inodoro	1	0.10						
	56	57	Lavamanos	1	0.10	0.640	0.32	3/4"	3.33	0.96	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
	57	86	Lavamanos	2	0.20	0.413	0.66	3/4"	3.33	1.98	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						

DEP 102	58	63	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	59	62	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K
			Inodoro	1	0.10						
	60	61	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	61	62	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	3.33	1.56	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	62	63	Lavamanos	1	0.10	0.640	0.45	3/4"	3.33	1.34	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	63	67	Lavamanos	2	0.20	0.482	0.53	3/4"	3.33	1.59	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	64	65	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	65	66	Fregadero	1	0.20	1.038	0.42	3/4"	3.33	1.25	O.K
			Grifo de manguera	1	0.20						
	66	67	Fregadero	1	0.20	0.761	0.38	3/4"	3.33	1.14	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	67	86	Lavamanos	2	0.20	0.413	0.66	3/4"	3.33	1.98	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
DEP 103	68	71	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	69	70	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	70	71	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	3.33	1.56	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	71	75	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.51	3/4"	3.33	1.53	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	72	74	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	73	74	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.64	1.90	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	74	75	Fregadero	1	0.20	0.761	0.38	3/4"	3.33	1.14	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	75	77	Lavamanos	1	0.10	0.454	0.64	3/4"	3.33	1.91	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
	76	77	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K
			Inodoro	1	0.10						
	77	86	Lavamanos	2	0.20	0.413	0.66	3/4"	3.33	1.98	O.K
			Inodoro	2	0.20						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						

DEP 104	78	81	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
	79	80	Lavadora de ropa	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	80	81	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	3.33	1.56	O.K
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	81	83	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.51	3/4"	3.33	1.53	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	82	83	Fregadero	1	0.20	1.038	0.31	1/2"	1.64	1.90	O.K
			Refrigeradora	1	0.10						
	83	85	Lavamanos	1	0.10	0.482	0.58	3/4"	3.33	1.74	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
	84	85	Grifo de manguera	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	85	86	Lavamanos	1	0.10	0.454	0.64	3/4"	3.33	1.91	O.K
			Inodoro	1	0.10						
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Refrigeradora	1	0.10						
			Calentador	1	0.30						
			Lavadora de ropa	1	0.20						
			Grifo de manguera	1	0.20						
MN	86	88	Lavamanos	33	3.30	0.182	5.63	2 1/2"	31.54	1.79	O.K
			Inodoro	33	3.30						
			Ducha	27	5.40						
			Fregadero	23	4.60						
			Refrigeradora	22	2.20						
			Calentador	22	6.60						
			Lavadora de ropa	22	4.40						
			Grifo de manguera	6	1.20						
MN	87	88	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K
			Inodoro	1	0.10						
MN	88	CIS	Lavamanos	34	3.40	0.181	5.66	2 1/2"	31.54	1.79	O.K
			Inodoro	34	3.40						
			Ducha	27	5.40						
			Fregadero	23	4.60						
			Refrigeradora	22	2.20						
			Calentador	22	6.60						
			Lavadora de ropa	22	4.40						
			Grifo de manguera	6	1.20						

6.8 Tabla de caudales y velocidades con tubería de cobre para cada tramo de la red de distribución de agua caliente en la edificación Alinea

Tabla 9

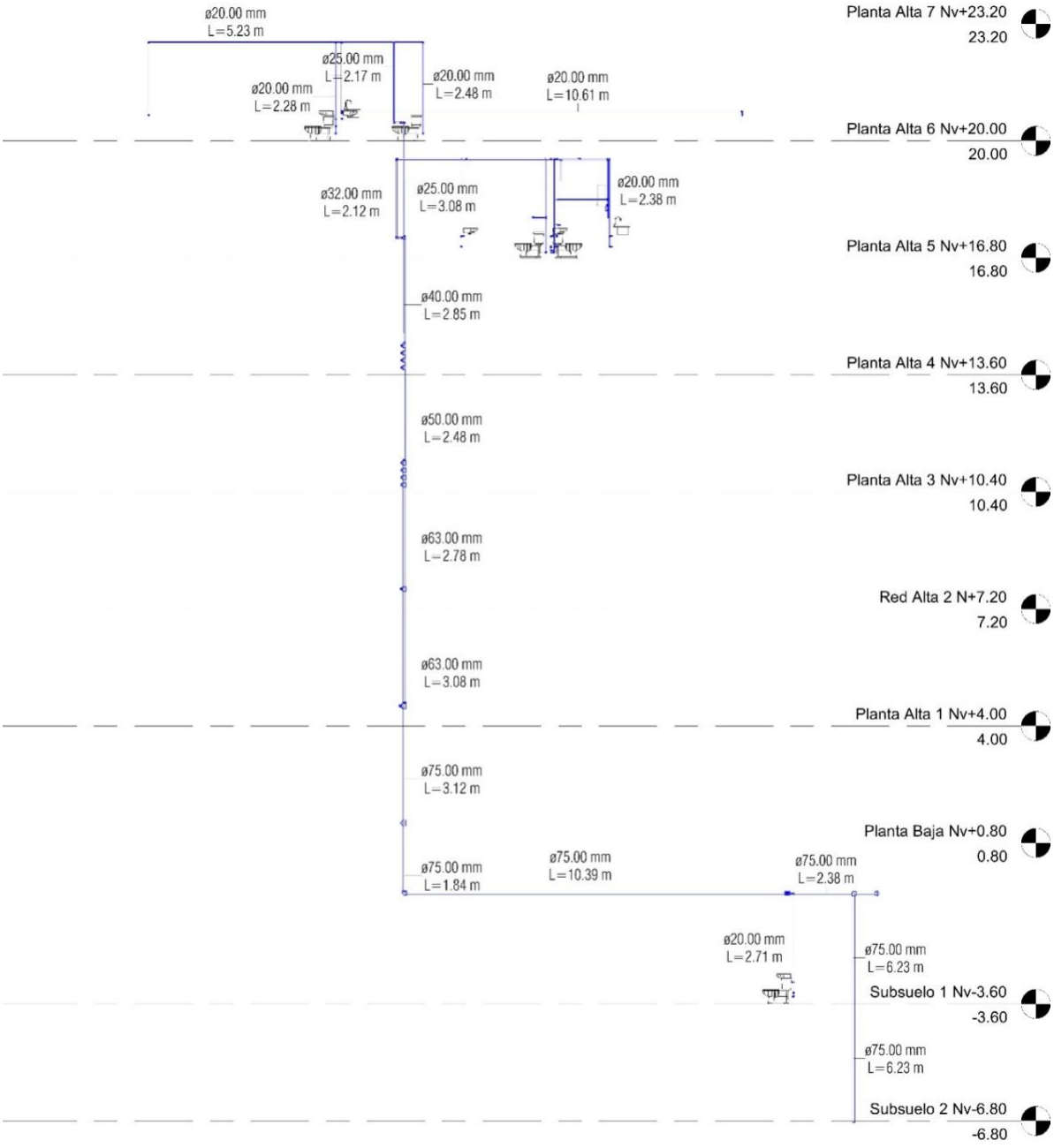
Tabla de diámetros de la red de agua caliente con Tubería de Cobre

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE											
CÁLCULO DE DIÁMETROS DE TUBERÍA											
ZONA	**Tramo**		**Aparatos Sanitarios**	**N° de Aparatos**	**Qs Inst Min [l/s]**	**Ks**	**Qs Máx [l/s]**	**φ [pul]**	**Area cm2**	**V_{REAL} [m/s]**	**Verificación**
TODOS DEP	1	3	Lavamanos	1	0.10	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	2	3	Ducha	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	3	5	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K
			Ducha	1	0.20						
	4	5	Fregadero	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K
	5	6	Lavamanos	1	0.10	0.640	0.30	1/2"	1.64	1.83	O.K
			Ducha	1	0.20						
			Fregadero	1	0.20						
			Lavadora de ropa	1	0.20						

6.9 Isometría red de distribución de agua potable con tubería de polipropileno al aparato más desfavorable

Ilustración 8

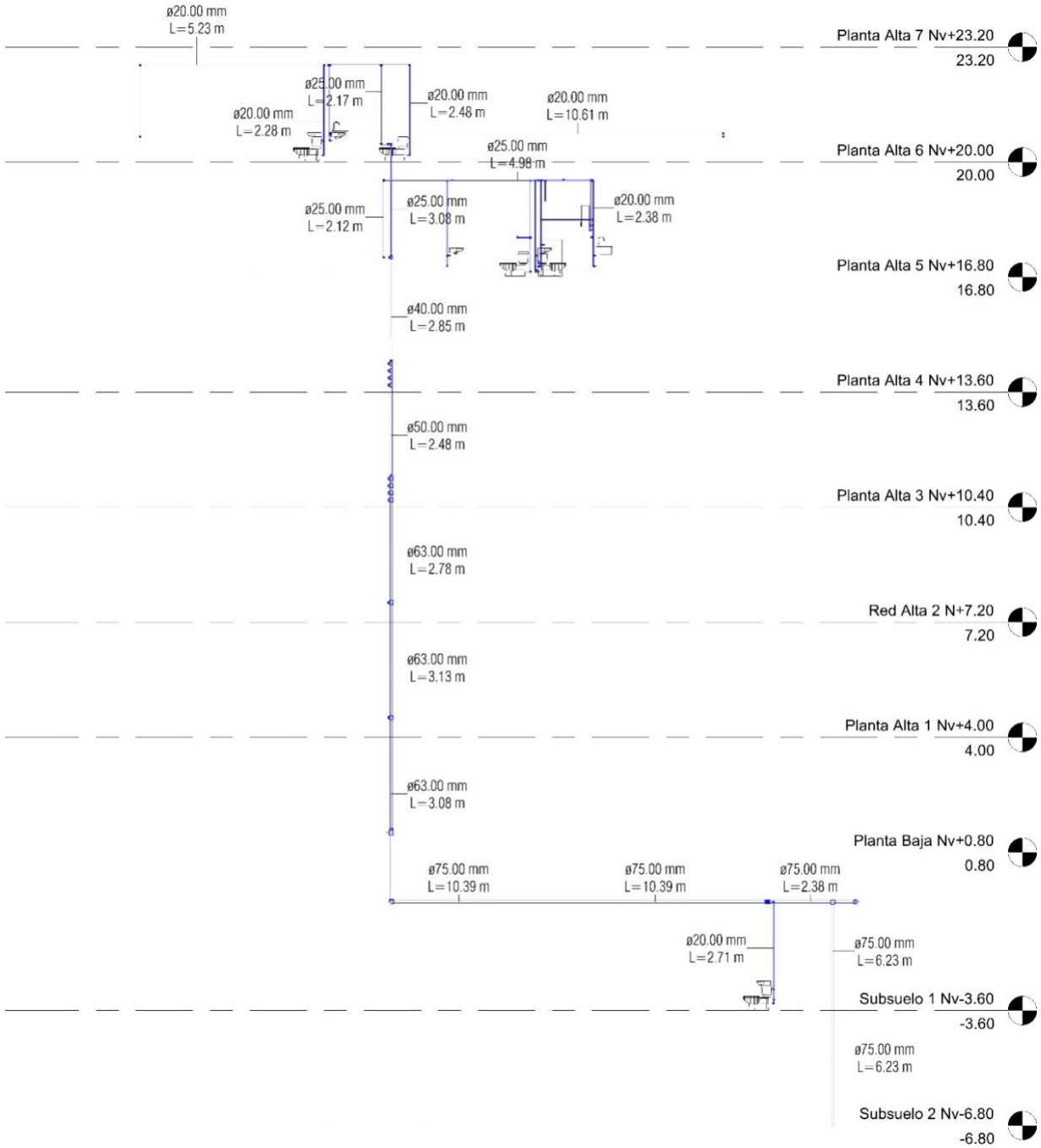
Isometría de red de agua potable con Tubería de Polipropileno



6.10 Isometría red de distribución de agua potable con tubería de cobre al aparato más desfavorable

Ilustración 9

Isometría de red de agua potable con Tubería de Cobre



6.11 Tabla de diseño hidrosanitario para la red de distribución de agua fría con tubería de polipropileno

Tabla 10

Tabla de diseño para la red de agua fría al punto más desfavorable con Tubería de Polipropileno

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA																														
CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE TUBERIAS DE AGUA FRÍA																														
ZONA	Tramo		Aparatos Sanitarios	N° de Aparatos	Qs Inst Min [l/s]	Ks	Qs Máx [l/s]	φ [pul]	Area cm2	V_{REAL} [m/s]	Verificación	Hv	Lh [m]	Lv [m]	Longitud Equivalente											LTE(m)	LT (m)	φ [m]	Hf	PRESIONES	
															#	Acc	Le	#	Acc	Le	#	Acc	Le					mca	mca
																														5.00
DEP 601	12	14	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K	0.18	6.06	7.60	0	»	0.00	12	┐	2.66	2	T	0.45	3.11	16.77	0.0144	5.4284	5.00	10.61
			Inodoro	1	0.10																									
			Ducha	1	0.20																									
	13	14	Inodoro	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K	0.08	0.68	2.80	0	»	0.00	5	┐	1.11	1	T	0.23	1.33	4.81	0.0144	0.7971	10.61	11.49
			Lavamanos	1	0.10																									
	14	16	Lavamanos	2	0.20	0.568	0.34	1/2"	1.63	2.09	O.K	0.22	0.76	0.00	1	»	0.06	0	┐	0.00	1	T	0.23	0.29	1.05	0.0144	0.4125	11.49	12.12
			Inodoro	2	0.20																									
			Ducha	1	0.20																									
	15	16	Refrigeradora	1	0.10	1.038	0.31	1/2"	1.63	1.91	O.K	0.19	3.84	2.70	0	»	0.00	5	┐	1.11	1	T	0.23	1.33	7.87	0.0144	2.6509	12.12	14.96
			Fregadero	1	0.20																									
	16	20	Lavamanos	2	0.20	0.482	0.43	3/4"	2.54	1.71	O.K	0.15	4.32	0.00	1	»	0.08	0	┐	0.00	1	T	0.27	0.35	4.67	0.0180	0.9746	14.96	16.08
			Inodoro	2	0.20																									
			Ducha	1	0.20																									
			Refrigeradora	1	0.10																									
			Fregadero	1	0.20																									
	17	19	Lavamanos	1	0.10	0.761	0.30	1/2"	1.63	1.87	O.K	0.18	8.04	6.40	0	»	0.00	10	┐	2.21	1	T	0.23	2.44	16.88	0.0144	5.4646	16.08	21.73
			Inodoro	1	0.10																									
			Ducha	1	0.20																									
	18	19	Calentador	1	0.30	1.038	0.52	3/4"	2.54	2.04	O.K	0.21	2.35	1.80	1	»	0.08	4	┐	1.08	1	T	0.27	1.43	5.58	0.0180	1.5924	21.73	23.53
			Lavadora de ropa	1	0.20																									
	19	20	Lavamanos	1	0.10	0.568	0.51	3/4"	2.54	2.01	O.K	0.21	1.35	0.00	1	»	0.08	0	┐	0.00	1	T	0.27	0.35	1.70	0.0180	0.4718	23.53	24.21
			Inodoro	1	0.10																									
			Ducha	1	0.20																									
			Calentador	1	0.30																									
			Lavadora de ropa	1	0.20																									
	20	28	Lavamanos	3	0.30	0.384	0.69	1"	4.23	1.64	O.K	0.14	5.61	0.00	1	»	0.10	1	┐	0.34	1	T	0.35	0.78	6.39	0.0232	0.9023	24.21	25.25
			Inodoro	3	0.30																									
			Ducha	2	0.40																									
			Fregadero	1	0.20																									
			Refrigeradora	1	0.10																									
			Calentador	1	0.30																									
			Lavadora de ropa	1	0.20																									
MN	28	43	Lavamanos	7	0.70	0.271	1.41	1 1/4"	6.61	2.14	O.K	0.23	0.00	3.20	0	»	0.00	0	┐	0.00	1	T	0.43	0.43	3.63	0.0290	0.6175	25.25	26.10
			Inodoro	7	0.70																									
			Ducha	4	0.80																									
			Fregadero	4	0.80																									
			Refrigeradora	3	0.30																									
			Calentador	3	0.90																									
			Lavadora de ropa	3	0.60																									
			Grifo de manguera	2	0.40																									
MN	43	44	Lavamanos	12	1.20	0.227	2.36	1 1/2"	10.29	2.29	O.K	0.27	0.00	3.20	1	»	0.15	0	┐	0.00	1	T	0.53	0.67	3.87	0.0362	0.5644	26.10	26.94
			Inodoro	12	1.20																									
			Ducha	9	1.80																									
			Fregadero	8	1.60																									
			Refrigeradora	7	0.70																									
			Calentador	7	2.10																									
			Lavadora de ropa	7	1.40																									
			Grifo de manguera	2	0.40																									
MN	44	45	Lavamanos	17	1.70	0.207	3.23	2"	16.47	1.96	O.K	0.20	0.00	3.20	1	»	0.19	0	┐	0.00	1	T	0.66	0.84	4.04	0.0458	0.3342	26.94	27.47
			Inodoro	17	1.70																									
			Ducha	14	2.80																									
			Fregadero	12	2.40																									
			Refrigeradora	11	1.10																									
			Calentador	11	3.30																									
			Lavadora de ropa	11	2.20																									
			Grifo de manguera	2	0.40																									
MN	45	46	Lavamanos	22	2.20	0.195	4.06	2"	16.47	2.46	O.K	0.31	0.00	3.20	0	»	0.00	0	┐	0.00	1	T	0.66	0.66	3.86	0.0458	0.4768	27.47	28.26
			Inodoro	22	2.20																									
			Ducha	19	3.80																									
			Fregadero	16	3.20																									
			Refrigeradora	15	1.50																									
			Calentador	15	4.50																									
			Lavadora de ropa	15	3.00																									
			Grifo de manguera	2	0.40																									
MN	46	86	Lavamanos	26	2.60	0.189	4.69	2 1/2"	23.24	2.02	O.K	0.21	0.00	3.20	1	»	0.22		┐	0.00	1	T	0.78	1.00	4.20	0.0544	0.2942	28.26	28.76
			Inodoro	26	2.60																									
			Ducha	23	4.60																									
			Fregadero	19	3.80																									
			Refrigeradora	18	1.80																									
			Calentador	18	5.40																									
			Lavadora de ropa	18	3.60																									
			Grifo de manguera	2	0.40																									
MN	86	88	Lavamanos	33	3.30	0.182	5.63	2 1/2"	23.24	2.42	O.K	0.30	10.50	3.20	0	»	0.00	2	┐	1.53	0	T	0.00	1.53	15.23	0.0544	1.4727	28.76	30.53
			Inodoro	33	3.30																									
			Ducha	27	5.40																									
			Fregadero	23	4.60																									
			Refrigeradora	22	2.20																									
			Calentador	22	6.60																									
			Lavadora de ropa	22	4.40																									
			Grifo de manguera	6	1.20																									
MN	87	88	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K	0.08	1.50	2.70	0	»	0.00	2	┐	0.44	1	T	0.23	0.67	4.87	0.0144	0.8063	30.53	31.42
			Inodoro	1	0.10																									
MN	88	CIS	Lavamanos	34	3.40	0.181	5.66	2 1/2"	23.24	2.43	O.K	0.30	7.88	6.40	1	»	0.22	3	┐	2.29	1	T	0.78	3.29	17.57	0.0544	1.7130	31.42	33.43
			Inodoro	34	3.40																									
			Ducha	27	5.40																									
			Fregadero	23	4.60																									
			Refrigeradora	22	2.20																									
			Calentador	22	6.60																									
			Lavadora de ropa	22	4.40																									
			Grifo de manguera	6	1.20																									

6.12 Tabla de diseño hidrosanitario para la red de distribución de agua caliente con tubería de polipropileno

Tabla 11

Tabla de diseño para la red de agua caliente al punto más desfavorable con Tubería de Polipropileno

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE TUBERIAS DE AGUA CALIENTE

ZONA	Tramo		Aparatos Sanitarios	N° de Aparatos	Qs Inst Min [l/s]	Ks	Qs Máx [l/s]	φ [pul]	Area cm2	V_{REAL} [m/s]	Verificación	Hv	Lh [m]	Lv [m]	Longitud Equivalente										LT (m)	φ [m]	Hf	PRESIONES mca	mca
															#	Acc	Le	#	Acc	Le	#	Acc	Le	LTE(m)					
																													5.00
											N+16.80																		
TODOS DEP	1	3	Lavamanos	1	0.10	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K	0.08	2.10	0.34	0	»	0.00	3	┐	0.66	0	T	0.00	0.66	3.10	0.0144	0.4814	5.00	5.56
	2	3	Ducha	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K	0.08	0.53	1.60	0	»	0.00	3	┐	0.66	0	T	0.00	0.66	2.79	0.0144	0.4334	5.56	6.07
	3	5	Lavamanos Ducha	1 1	0.10 0.20	1.038	0.21	1/2"	1.63	1.28	O.K	0.08	6.75	0.00	0	»	0.00	2	┐	0.44	1	T	0.23	0.67	7.42	0.0144	1.2394	6.07	7.39
	4	5	Fregadero	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.63	1.23	O.K	0.08	6.11	2.10	0	»	0.00	3	┐	0.66	0	T	0.00	0.66	8.87	0.0144	1.3763	7.39	8.85
	5	6	Lavamanos Ducha Fregadero Lavadora de ropa	1 1 1 1	0.10 0.20 0.20 0.20	0.640	0.30	1/2"	1.63	1.84	O.K	0.17	1.96	1.80	0	»	0.00	3	┐	0.66	1	T	0.23	0.89	4.65	0.0144	1.4663	8.85	10.49

6.13 Tabla de diseño hidrosanitario para la red de distribución de agua fría con tubería de cobre

Tabla 12

Tabla de diseño para la red de agua fría al punto más desfavorable con Tubería de Cobre

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE TUBERIAS DE AGUA FRÍA

ZONA	Tramo		Aparatos Sanitarios	N° de Aparatos	Qs Inst Min [l/s]	Ks	Qs Máx [l/s]	φ [pul]	Area cm2	V_{REAL} [m/s]	Verificación	Hv	Lh [m]	Lv [m]	Longitud Equivalente										LT (m)	φ [m]	Hf	PRESIONES mca	mca
															#	Acc	Le	#	Acc	Le	#	Acc	Le	LTE(m)					
																													5.00
DEP 601	12	14	Lavamanos Inodoro Ducha	1 1 1	0.10 0.10 0.20	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K	0.18	6.06	7.60	0	»	0.00	12	┐	3.24	2	T	0.55	3.79	17.45	0.0145	5.7625	5.00	10.94
	13	14	Inodoro Lavamanos	1 1	0.10 0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K	0.08	0.68	2.80	0	»	0.00	5	┐	1.35	1	T	0.27	1.62	5.10	0.0145	0.8624	10.94	11.88
	14	16	Lavamanos Inodoro Ducha	2 2 1	0.20 0.20 0.20	0.568	0.34	1/2"	1.64	2.08	O.K	0.22	0.76	0.00	1	»	0.08	0	┐	0.00	1	T	0.27	0.35	1.11	0.0145	0.4462	11.88	12.55
	15	16	Refrigeradora Fregadero	1 1	0.10 0.20	1.038	0.31	1/2"	1.64	1.90	O.K	0.18	3.84	2.70	0	»	0.00	5	┐	1.35	1	T	0.27	1.62	8.16	0.0145	2.8046	12.55	15.54
	16	20	Lavamanos Inodoro Ducha Refrigeradora Fregadero	2 2 1 1 1	0.20 0.20 0.20 0.10 0.20	0.482	0.43	3/4"	3.33	1.30	O.K	0.09	4.32	0.00	1	»	0.11	0	┐	0.00	1	T	0.38	0.48	4.80	0.0206	0.5475	15.54	16.17
	17	19	Lavamanos Inodoro Ducha	1 1 1	0.10 0.10 0.20	0.761	0.30	1/2"	1.64	1.86	O.K	0.18	8.04	6.40	0	»	0.00	10	┐	2.70	1	T	0.27	2.97	17.41	0.0145	5.7511	16.17	22.10
	18	19	Calentador Lavadora de ropa	1 1	0.30 0.20	1.038	0.52	3/4"	3.33	1.56	O.K	0.12	2.35	1.80	1	»	0.11	4	┐	1.48	1	T	0.38	1.97	6.12	0.0206	0.9535	22.10	23.18
	19	20	Lavamanos Inodoro Ducha Calentador Lavadora de ropa	1 1 1 1 1	0.10 0.10 0.20 0.30 0.20	0.568	0.51	3/4"	3.33	1.53	O.K	0.12	1.35	0.00	1	»	0.11	0	┐	0.00	1	T	0.38	0.48	1.83	0.0206	0.2778	23.18	23.58
	20	28	Lavamanos Inodoro Ducha Fregadero Refrigeradora Calentador Lavadora de ropa	3 3 2 1 1 1 1	0.30 0.30 0.40 0.20 0.10 0.30 0.20	0.384	0.69	3/4"	3.33	2.07	O.K	0.22	5.61	0.00	1	»	0.11	1	┐	0.37	1	T	0.38	0.85	6.46	0.0206	1.6638	23.58	25.46
MN	28	43	Lavamanos Inodoro Ducha Fregadero Refrigeradora Calentador Lavadora de ropa Grifo de manguera	7 7 4 4 3 3 3 2	0.70 0.70 0.80 0.80 0.30 0.90 0.60 0.40	0.271	1.41	1 1/4"	8.44	1.67	O.K	0.14	0.00	3.20	0	»	0.00	0	┐	0.00	1	T	0.58	0.58	3.78	0.0328	0.3726	25.46	25.97

MN	43	44	Lavamanos	12	1.20	0.227	2.36	1 1/2"	11.82	1.99	O.K	0.20	0.00	3.20	1	»	0.19	0	┐	0.00	1	T	0.68	0.88	4.08	0.0388	0.4434	25.97	26.62
			Inodoro	12	1.20																								
			Ducha	9	1.80																								
			Fregadero	8	1.60																								
			Refrigeradora	7	0.70																								
			Calentador	7	2.10																								
			Lavadora de ropa	7	1.40																								
			Grifo de manguera	2	0.40																								
MN	44	45	Lavamanos	17	1.70	0.207	3.23	2"	20.45	1.58	O.K	0.13	0.00	3.20	1	»	0.25	0	┐	0.00	1	T	0.89	1.14	4.34	0.0510	0.2225	26.62	26.97
			Inodoro	17	1.70																								
			Ducha	14	2.80																								
			Fregadero	12	2.40																								
			Refrigeradora	11	1.10																								
			Calentador	11	3.30																								
			Lavadora de ropa	11	2.20																								
			Grifo de manguera	2	0.40																								
MN	45	46	Lavamanos	22	2.20	0.195	4.06	2"	20.45	1.99	O.K	0.20	0.00	3.20	0	»	0.00	0	┐	0.00	1	T	0.89	0.89	4.09	0.0510	0.3135	26.97	27.48
			Inodoro	22	2.20																								
			Ducha	19	3.80																								
			Fregadero	16	3.20																								
			Refrigeradora	15	1.50																								
			Calentador	15	4.50																								
			Lavadora de ropa	15	3.00																								
			Grifo de manguera	2	0.40																								
MN	46	86	Lavamanos	26	2.60	0.189	4.69	2"	20.45	2.29	O.K	0.27	0.00	3.20	1	»	0.25		┐	0.00	1	T	0.89	1.14	4.34	0.0510	0.4274	27.48	28.18
			Inodoro	26	2.60																								
			Ducha	23	4.60																								
			Fregadero	19	3.80																								
			Refrigeradora	18	1.80																								
			Calentador	18	5.40																								
			Lavadora de ropa	18	3.60																								
			Grifo de manguera	2	0.40																								
MN	86	88	Lavamanos	33	3.30	0.182	5.63	2 1/2"	31.54	1.79	O.K	0.16	10.50	3.20	0	»	0.00	2	┐	2.15	0	T	0.00	2.15	15.85	0.0634	0.7700	28.18	29.11
			Inodoro	33	3.30																								
			Ducha	27	5.40																								
			Fregadero	23	4.60																								
			Refrigeradora	22	2.20																								
			Calentador	22	6.60																								
			Lavadora de ropa	22	4.40																								
			Grifo de manguera	6	1.20																								
MN	87	88	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K	0.08	1.50	2.70	0	»	0.00	2	┐	0.54	1	T	0.27	0.81	5.01	0.0145	0.8472	29.11	30.04
			Inodoro	1	0.10																								
MN	88	CIS	Lavamanos	34	3.40	0.181	5.66	2 1/2"	31.54	1.79	O.K	0.16	7.88	6.40	1	»	0.31	3	┐	3.23	1	T	1.10	4.63	18.91	0.0634	0.9262	30.04	31.12
			Inodoro	34	3.40																								
			Ducha	27	5.40																								
			Fregadero	23	4.60																								
			Refrigeradora	22	2.20																								
			Calentador	22	6.60																								
			Lavadora de ropa	22	4.40																								
			Grifo de manguera	6	1.20																								

6.14 Tabla de diseño hidrosanitario para la red de distribución de agua caliente con tubería de cobre

Tabla 13

Tabla de diseño para la red de agua caliente al punto más desfavorable con Tubería de Cobre

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE																															
CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE TUBERIAS DE AGUA CALIENTE																															
ZONA	Tramo		Aparatos Sanitarios	N° de Aparatos	Qs Inst Min [l/s]	Ks	Qs Máx [l/s]	φ [pul]	Area cm2	V_{REAL} [m/s]	Verificación	Hv	Lh [m]	Lv [m]	Longitud Equivalente											LT (m)	φ [m]	J (m/m)	PRESIONES	
															#	Acc	Le	#	Acc	Le	#	Acc	Le	LTE(m)				mca	mca
																														5.00
N+16.80																															
TODOS DEP	1	3	Lavamanos	1	0.10	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K	0.08	0.75	2.10	0	»	0.00	3	┐	0.81	0	T	0.00	0.81	3.66	0.0145	0.5790	5.00	5.66
	2	3	Ducha	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K	0.08	0.75	2.10	0	»	0.00	3	┐	0.81	0	T	0.00	0.81	3.66	0.0145	0.5790	5.66	6.32
	3	5	Lavamanos	1	0.10	1.038	0.21	1/2"	1.64	1.27	O.K	0.08	4.08	3.70	0	»	0.00	6	┐	1.62	1	T	0.27	1.89	9.67	0.0145	1.6489	6.32	8.05
			Ducha	1	0.20																								
	4	5	Fregadero	1	0.20	1.000	0.20	1/2"	1.64	1.22	O.K	0.08	0.75	2.10	0	»	0.00	3	┐	0.81	0	T	0.00	0.81	3.66	0.0145	0.5790	8.05	8.71
	5	6	Lavamanos	1	0.10	0.640	0.30	1/2"	1.64	1.83	O.K	0.17	2.00	1.80	0	»	0.00	4	┐	1.08	2	T	0.55	1.63	5.43	0.0145	1.7466	8.05	9.96
			Ducha	1	0.20																								
			Fregadero	1	0.20																								
			Lavadora de ropa	1	0.20																								

Dado el diseño hidrosanitario se observa que para la red de distribución de agua fría en polipropileno se necesita una presión de 33.43 m.c.a. y para cobre se necesita una presión de 31.12 m.c.a.

Para la red de distribución de agua caliente en polipropileno se necesita 10.49 m.c.a. y para cobre se necesita una presión de 9.96 m.c.a.

6.15 Cálculo de la bomba para la red de distribución de agua fría con tubería de polipropileno y cobre

El cálculo de la bomba para la red de distribución de agua fría constituye una etapa fundamental en el diseño hidrosanitario, ya que garantiza la presión y el caudal adecuados para el suministro eficiente del agua potable a cada punto de consumo dentro de la edificación. En este estudio, se ha considerado el uso de dos tipos de materiales para la conducción del agua: tubería de polipropileno y tubería de cobre, los cuales presentan características hidráulicas y físicas distintas que inciden directamente en las pérdidas de carga y, por ende, en la selección del equipo de bombeo.

A continuación, la potencia de la bomba se obtiene de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q_{mp} * Ht}{76 * (\frac{n}{100})} \quad (10)$$

Donde:

P = Potencia de la bomba (HP)

Ht = Pérdidas de carga (m)

Q_{mp} = Caudal de bombeo (l/s)

n = Eficiencia de la bomba (%). Eficiencia entre 60 y 70%

76 = Coeficiente de conversión de unidades

6.15.1 Cálculo de la bomba de la red de distribución de agua potable con tubería de polipropileno

Tabla 14

Tabla de cálculo de la bomba para la red de agua potable con Tubería de Polipropileno

CÁLCULO DE LA BOMBA CON TUBERÍA DE POLIPROPILENO			
Q (l/s)	**Pérdida de carga al aparato más desfavorable**	**Potencia (HP)**	**Potencia Recomendada (HP)**
5.66	33.43	3.83	5.00

6.15.2 Cálculo de la bomba de la red de distribución de agua potable con tubería de cobre

Tabla 15

Tabla de cálculo de la bomba para la red de agua potable con Tubería de Cobre

CÁLCULO DE LA BOMBA CON TUBERÍA DE COBRE			
Q (l/s)	**Pérdida de carga al aparato más desfavorable**	**Potencia (HP)**	**Potencia Recomendada (HP)**
5.66	31.12	3.57	5.00

6.16 Cálculo del tanque hidroneumático para la red de distribución de agua fría con tubería de polipropileno y cobre

El tanque hidroneumático constituye un componente esencial dentro del sistema de presurización para redes de distribución de agua potable, ya que permite mantener una presión constante en la red, reducir la frecuencia de arranque de la bomba, y asegurar una operación eficiente del sistema. Se toma en cuenta varias expresiones para obtener el dimensionamiento adecuado del tanque.

6.16.1 Presión Mínima tanque hidroneumático

La presión mínima es el resultado de la suma de altura geométrica, pérdidas de carga y presión mínima requerida al aparato más desfavorable.

$$P_{minTH} = H_g + hf + Psi$$

(Barrionuevo & Cortez, 2022) (11)

Donde:

P_{minTH} = Presión mínima (m)

H_g = Altura al aparato más desfavorable (m)

hf = Pérdidas de carga al aparato más desfavorable (m)

Psi = Presión mínima de servicio al aparato más desfavorable (m)

6.16.2 Presión Máxima Tanque Hidroneumático

De igual forma se considera la presión máxima, el cual no deberá exceder el límite de la presión máxima establecido por el fabricante para evitar daños en el tanque.

$$P_{máx} = P_{min} + 14$$

(Barrionuevo & Cortez, 2022) (12)

Donde:

P_{min} = Presión mínima (m)

P_{min} = Presión máxima (m)

6.16.3 Cálculo del volumen útil del Tanque Hidroneumático

Este volumen representa el agua necesaria para suministrar entre presión mínima y máxima de funcionamiento.

$$Vu = Q_{mp} * K$$

(Barrionuevo & Cortez, 2022) (13)

Donde:

Vu = Volumen útil (l)

Q_{mp} = Caudal de bombeo (l/min)

K = Coeficiente en función de la potencia de la bomba

Tabla 16

Tabla de coeficientes en función de la potencia de la bomba

Potencia de la Bomba		
Kw	**HP**	**k**
1	1.30	0.25
2	2.70	0.33
3	4.00	0.42
4	5.40	0.50
5	6.70	0.58
6	8.00	0.66
8	10.70	0.83
10	13.40	1.00

Nota: Adaptado de ELABORACIÓN DE PROPUESTA PARA LA NORMA NEC-SB-HS 2022.

6.16.4 Cálculo de porcentaje de volumen útil (%Vu)

$$\%Vu = 90 * \frac{P_{máx} - P_{min}}{P_{máx}}$$

(Barrionuevo & Cortez, 2022) (14)

Donde:

Vu = Porcentaje de volumen útil (%)

6.16.5 Cálculo de volumen del tanque hidroneumático

$$Vt = \frac{Vu}{\frac{\%Vu}{100}}$$

(Barrionuevo & Cortez, 2022) (15)

Donde:

Vu = Volumen total del tanque a utilizar (l)

6.16.6 Cálculo de volumen del tanque hidroneumático con tubería de polipropileno

Tabla 17

Tabla de cálculo del tanque hidroneumático para la red de agua potable con Tubería de Polipropileno

CÁLCULO DEL TANQUE HIDRONEUMÁTICO CON TUBERÍA DE POLIPROPILENO								
Q (l/s)	**Pérdida de carga al aparato más desfavorable**	**Altura al aparato más desfavorable**	**Presión mínima del aparato más desfavorable**	**Presión mínima TH**	**Presión máxima**	**Volumen útil del tanque (l)**	**Porcentaje del volumen útil**	**Volumen total del tanque a utilizar (l)**
5.66	33.43	24.00	5.00	62.43	76.43	169.80	16.49	1029.99

6.16.7 Cálculo de volumen del tanque hidroneumático con tubería de cobre

Tabla 18

Tabla de cálculo del tanque hidroneumático para la red de agua potable con Tubería de Cobre

CÁLCULO DEL TANQUE HIDRONEUMÁTICO CON TUBERÍA DE COBRE								
Q (l/s)	**Pérdida de carga al aparato más desfavorable**	**Altura al aparato más desfavorable**	**Presión mínima del aparato más desfavorable**	**Presión mínima TH**	**Presión máxima**	**Volumen útil del tanque (l)**	**Porcentaje del volumen útil**	**Volumen total del tanque a utilizar (l)**
5.66	31.12	24.00	5.00	60.12	74.12	169.80	17.00	998.86

7. ANÁLISIS COMPARATIVO

Ahora realizamos el análisis comparativo entre los materiales predispuestos para esta investigación, polipropileno y cobre, considerando sus características, ventajas y limitaciones en el contexto del diseño hidrosanitario.

7.1 PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE MATERIAL

Primero repasamos una comparación de las propiedades y especificaciones de cada tipo de material y marca seleccionada para las tuberías, presentamos la comparación técnica de los dos tipos de materiales de las marcas, Vesbo y Nacobre para obtener resultados más precisos.

7.2 COMPARACIÓN TÉCNICA

Comparación desde el punto de vista técnico, obtenido del diseño hidrosanitario para las dos tuberías y marcas diferentes analizadas.

Tabla 19

Comparación técnica de los materiales en función del diseño

Aspecto	Polipropileno	Cobre
Resistencia a la presión	Alta: Para red de distribución de agua potable la tubería llega a soportar una presión de 33.43 m.c.a	Alta: Para red de distribución de agua potable la tubería llega a soportar una presión de 31.12 m.c.a
Resistencia a la corrosión	Excelente, libre de polvo y a la corrosión	Moderada; puede corroerse en condiciones específicas (agua ácida).

Resistencia al calor	Alta: Para la red de agua fría con una temperatura ambiente de 30°C y red de distribución de agua caliente con una temperatura de 60°C	Excelente, sin deformaciones hasta temperaturas muy altas de hasta 121°C.
Facilidad de instalación	Muy fácil; uniones rápidas de soldadura por medio de la termofusión.	Complejo; requiere soldadura especializada, en este caso 50% de estaño y de 50% plomo,
Durabilidad	Muy buena, resiste químicos y calor, bajo condiciones de trabajo normales puede superar los 50 años de vida útil.	Muy buena, bajo condiciones de trabajo normales puede superar los 50 años de vida útil.
Impacto en la calidad del agua	Neutral; muy utilizado en aplicaciones químicas.	Neutral; previene contaminación en redes de agua potable, siempre y cuando estén adecuadamente instaladas.

La comparación técnica de los dos materiales permite analizar que la tubería de polipropileno es una excelente opción para la instalación de redes de distribución de agua tanto fría como caliente. Este material ofrece una larga vida útil, superando los 50 años bajo condiciones de trabajo normales.

Además, el polipropileno cumple con los requisitos de presión de trabajo establecidos en nuestro diseño hidrosanitario, consolidándose como una alternativa eficiente y confiable.

7.3 COMPARACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

Iniciamos con un cuadro comparativo del costo inicial considerando tuberías y accesorios.

7.3.1 Costo Inicial

Tabla 20

Comparación de costos iniciales de los materiales

Material	Costo por metro	Costo de accesorios	Costo de instalación
Polipropileno (PP)	Es moderado, para tubería de ½", equivalente a 20mm en PP, tiene un costo de 1.17 dólares el metro.	Es moderado, se toma en cuenta un codo de 90° de ½", equivalente a 20mm en PP, tiene un costo de 0.23 dólares la unidad.	Es bajo, el costo de instalación para la red de agua potable es de 1.76 dólares por metro lineal.
Cobre	Es alto, para tubería de ½", tiene un costo de 4.73 dólares el metro.	Es alto, se toma en cuenta un codo de 90° de ½" tiene un costo de 0.61 dólares la unidad.	Es moderado, el costo de instalación para la red de agua potable es de 2.13 dólares por metro lineal.

7.3.2 Tabla comparativa general de costos

Tabla 21

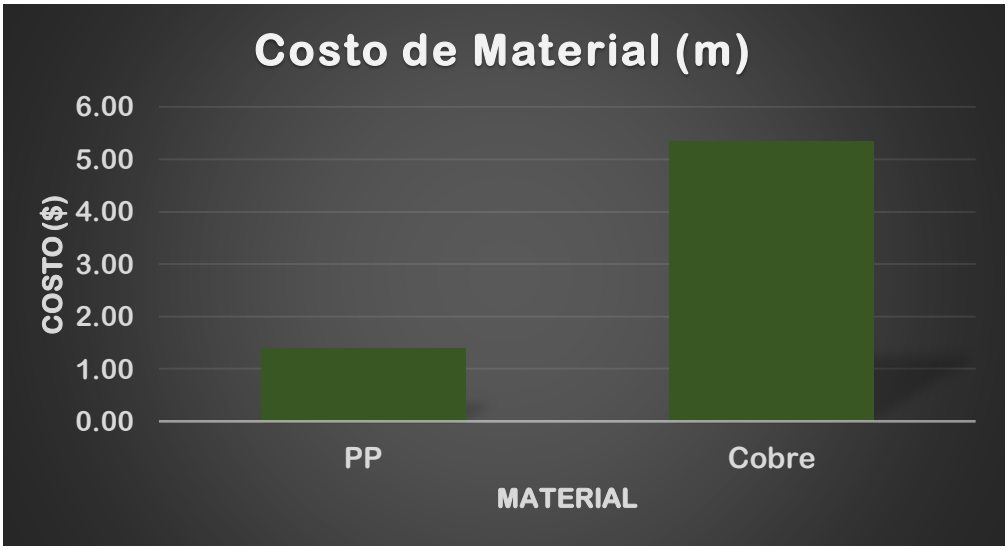
Comparación General

Aspecto	Polipropileno	Cobre
Costo del material	Moderado, se toma en cuanta 1m de tubería y 1 codo de 90° de 20mm con un costo de 1.40 dólares.	Alto, se toma en cuanta 1m de tubería y 1 codo de 90° de ½" con un costo de 5.34 dólares.
Costo de instalación	Bajo; termofusión reduce tiempo de instalación con un costo de instalación para el tendido de tubería de 20mm de 1.76 dólares y el punto de agua potable de 20mm con un costo de 14.07 dólares.	Moderado; mano de obra especializada con un costo de instalación para el tendido de tubería de ½" de 2.13 dólares y el punto de agua potable de ½" con un costo de 18.15 dólares.
Relación costo-beneficio	Alta; aplicable a ambas redes y resistente para altas presiones	Moderada; más costo, pero mayor resistencia para altas presiones y temperaturas elevadas

7.3.1 Costo de Material

Ilustración 10

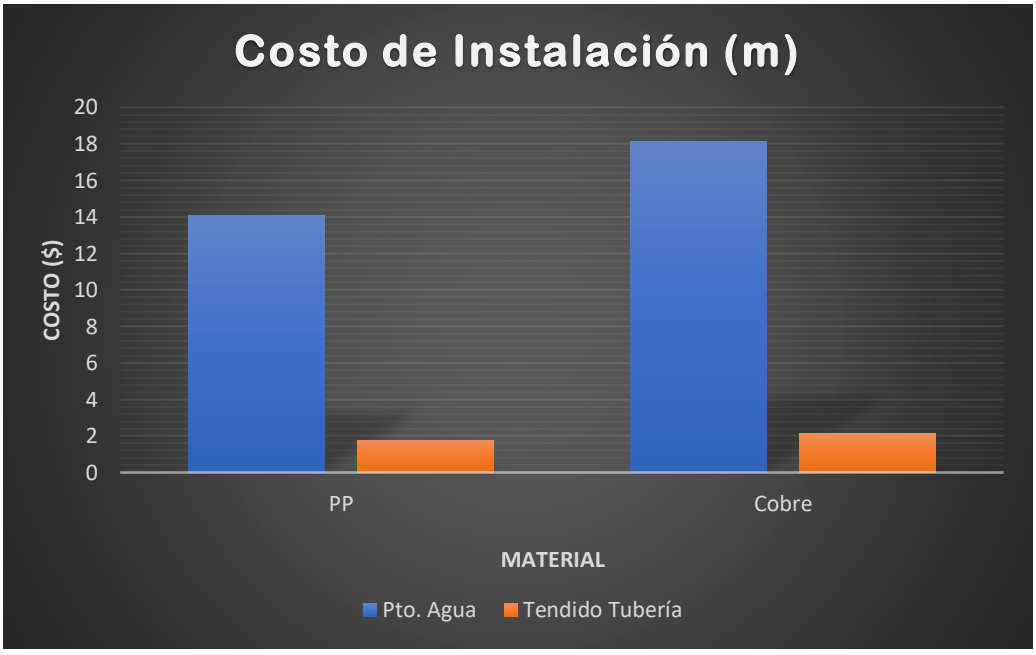
Material vs Costo



7.3.2 Costo de Instalación

Ilustración 11

Material vs Costo de Instalación



7.4 CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN PARA CADA MATERIAL

7.4.1 Polipropileno (PP)

Ideal para sistemas de agua potable fría y caliente, con alta durabilidad y resistencia térmica (hasta 95 °C) además se usa comúnmente en proyectos residenciales, comerciales e industriales debido a su versatilidad, además cuenta con una fácil instalación ahorrando tiempos.

- **Limitaciones**
    - Aunque es resistente a altas temperaturas, no es tan robusto o resistente como el cobre frente a golpes o impactos directos.
    - Requiere herramientas específicas (máquinas de termofusión) para la instalación, lo que implica una ligera etapa de aprendizaje o a su vez la contratación de personal calificado para su instalación.
- **Normativas**
    - Su uso en Ecuador está regulado para aplicaciones de agua caliente y fría, cumpliendo con las especificaciones de la NEC en cuanto a presiones y temperaturas máximas.
- **Consideraciones de Diseño**
    - Excelente para sistemas mixtos en edificios modernos, ya que combina ligereza, resistencia y facilidad de instalación tanto para red de distribución de agua fría como caliente.
    - Su ligereza lo hace adecuado para trabajos en altura y grandes redes de distribución.

7.4.2 Cobre

Se utiliza principalmente en sistemas de agua caliente, redes de gas y sistemas que requieren alta resistencia mecánica y térmica también se emplea en proyectos de alta gama donde la durabilidad y la estética son prioritarias.

- **Limitaciones**
    - Su alto costo inicial lo limita en proyectos donde el presupuesto es restringido.
    - Puede sufrir corrosión bajo ciertas condiciones, como en aguas con alta acidez o alcalinidad, por lo que requiere análisis del agua antes de su instalación.
- **Normativas**
    - En Ecuador, su uso en redes hidrosanitarias es permitido siempre que se garantice su resistencia a presiones y temperaturas según la NEC y normas internacionales.
- **Consideraciones de Diseño**
    - Su excelente capacidad de conducción térmica lo hace ideal para sistemas de agua caliente centralizada.
    - La instalación requiere soldadura y mano de obra calificada, lo que aumenta el tiempo y costo del proyecto.
    - Es adecuado para aplicaciones expuestas, ya que su estética es favorable, aunque puede requerir protección contra robos debido a su valor.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 RESULTADO TÉCNICO

8.1.1 Polipropileno

Es el material más versátil, capaz de manejar tanto la red de distribución para agua fría como caliente gracias a su alta resistencia térmica (hasta 95 °C) y mecánica. Además, es resistente a la corrosión y a la acumulación de sedimentos, lo que lo hace ideal para aplicaciones mixtas, es ideal para edificaciones residenciales.

8.1.2 Cobre

Destaca por su durabilidad y resistencia tanto mecánica como térmica. Es el material preferido para redes de agua caliente o sistemas donde se requieren características de alta confiabilidad a largo plazo. No obstante, su vulnerabilidad a la corrosión en aguas agresivas puede ser un inconveniente.

8.2 Dimensionamiento de las Tuberías

De acuerdo con los cálculos realizados, se determinó que las tuberías requieren diámetros entre **1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2"**, dependiendo del nivel de consumo y del tramo analizado.

Dado el diseño hidrosanitario se observa que la diferencia de diámetros es mínima para cada tubería, polipropileno y cobre para la red de distribución de agua fría.

8.3 Resultados de presiones

En el análisis hidráulico, las presiones dadas por el diseño hidrosanitario considerando perdidas por acción de gravedad, perdidas de los accesorios en longitudes equivalentes y perdidas de carga. Se tiene como resultado la presión final tomando en cuenta el recorrido más crítico al aparato más desfavorable.

- **Polipropileno:** Se obtiene una presión final de 33.43 m.c.a.
- **Cobre**: Se obtiene una presión final de 31.12 m.c.a

8.4 Resultados Bombas y Tanques Hidroneumáticos

8.4.1 Bombas

Con base en la presión final establecida en el diseño hidrosanitario, se determinó que la bomba requerida debe contar con una potencia de 5 HP, a fin de garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de distribución de agua potable, tanto con tubería de polipropileno y tubería de cobre.

8.4.2 Tanques Hidroneumáticos

- **Polipropileno:** La capacidad del tanque hidroneumático requerido para un funcionamiento adecuado para el sistema es de 1029.99 litros.
- **Cobre:** La capacidad del tanque hidroneumático requerido para un funcionamiento adecuado para el sistema es de 998.86 litros.

8.5 Tiempo de Instalación

- **Polipropileno** la instalación es relativamente rápida (aproximadamente 2 meses y medio) para toda la edificación., pero requiere cuidado adicional en las uniones soldadas.
- **Cobre** requiere un tiempo más extenso (3 meses) debido al proceso de soldadura especializado.

8.6 Aplicación Normativa

Según la NEC 11, todos los materiales evaluados son aptos para redes de agua potable si cumplen las especificaciones técnicas de presión, temperatura y durabilidad. Sin embargo, cada material tiene restricciones particulares:

- **Polipropileno** es ideal para sistemas mixtos, cumpliendo con los estándares para agua fría y caliente.
- **Cobre** es recomendable para aplicaciones donde la confiabilidad y la resistencia son críticas.

Dentro del análisis técnico también queremos darle espacio a un aspecto que para nosotros es muy importante, además que hoy en día es un tema esencial para el campo de la construcción, nos referimos al componente de la preservación y coexistencia de las estructuras con el medio ambiente.

8.7 Sostenibilidad y Medio Ambiente

8.7.1 Polipropileno

Es más ecológico que el PVC, ya que su producción emite menos contaminantes. Es completamente reciclable y tiene una vida útil más larga, reduciendo la generación de residuos.

8.7.2 Cobre

Es un material que puede reciclarse de manera eficiente, lo que lo convierte en una opción interesante desde la perspectiva de la sostenibilidad. No obstante, su extracción y tratamiento generan un impacto ambiental considerable.

8.8 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Desde el punto de vista de precios unitarios, el costo inicial de adquisición de los materiales (Polipropileno y cobre) es un factor clave, pero no debe ser considerado de forma aislada. Es importante incorporar el concepto de costo total de propiedad, que incluye:

- **Costo de instalación**: El polipropileno presenta costos de instalación más bajos debido a su facilidad de manejo y conexión. En contraste, el cobre, al requerir soldadura y una mayor especialización técnica, incrementa estos costos. El costo de instalación para el tendido de tubería de ½" que usamos para ejemplificar este rubro es en propileno un costo de 1.76 dólares y el cobre tiene un costo de 2.13 dólares. El costo de instalación para el punto de agua de ½" en propileno tiene un costo de 14.07 dólares y el cobre tiene un costo de 18.15 dólares.
- **Durabilidad y vida útil**: El cobre, aunque más costoso inicialmente, tiene una mayor vida útil y resistencia a condiciones externas, lo que puede traducirse en menores costos de mantenimiento a largo plazo, al igual que el polipropileno que bajo condiciones de trabajo y presiones normales pueden llegar y superar los 50 años de vida útil, siendo más económico que el cobre.

8.9 Costos de Material e Instalación

8.9.1 Polipropileno

El costo inicial es notablemente inferior al cobre, su relación costo-beneficio es favorable debido a su durabilidad y bajo mantenimiento. El costo de instalación es bajo debido al equipo especializado requerido para termofusión con un costo de mano de obra y material de 21.73 dólares.

8.9.2 Cobre

Tiene el costo inicial más alto, tanto en materiales como en mano de obra calificada para su instalación. A largo plazo, los costos de mantenimiento son bajos, siempre y cuando no se presenten problemas de corrosión. El costo de mano de obra y material es de 38.76 dólares.

8.10 Análisis de Precios Unitarios

Tabla 22

Análisis de Precio Unitario, Tendido de Tubería de Cobre 1/2"

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

PROYECTO:	EDIFICIO ALINEA		
CAPITULO:	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS		
RUBRO:	TUBERÍA DE COBRE TIPO M 1/2", INC. ACCESORIOS	**UNIDAD:**	m
CÓDIGO:	IN11	**ITEM:**	1.00
DESCRIPCIÓN:	TENDIDO DE TUBERIA DE COBRE TIPO M 1/2"		

EQUIPOS:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
INST013E1	HERRAMIENTA MENOR (5% M.O)			-		0.11000
	SOPLETE	0.050	3.50	0.18	0.23000	0.04140
					SUBTOTAL M	0.15140

MANO DE OBRA:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
INST013O1	AYUDANTE DE PLOMERO	1.00	4.14	4.14	0.23000	0.95220
INST013O2	PLOMERO	1.00	4.19	4.19	0.23000	0.96370
INST013O3	MAESTRO MAYOR	0.10	4.65	0.47	0.23000	0.10695
INST013O4	INSPECTOR DE OBRA	0.10	4.65	0.47	0.23000	0.10695
					SUBTOTAL N	2.12980

MATERIALES:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B
INST013M1	TUBO CU TIPO M L=6M 1/2"	m	0.173	28.3700	4.90802
INST013M2	CODO CU SO SO 1/2"	u	0.083	0.6100	0.05063
INST013M3	UNIÓN CU SO SO 1/2"	u	0.083	0.7705	0.06395
INST013M4	TEE CU SO SO 1/2	u	0.083	0.9890	0.08209
INST013M5	PASTA PARA SOLDAR 100GR	u	0.020	2.3600	0.04720
INST013M6	SUELDA ESTAÑO PLOMO 50/50	rollo	0.010	24.5100	0.24510
				SUBTOTAL O	5.39698

TRANSPORTE:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA TRANSPORTE	COSTO
				SUBTOTAL P	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7.67818
COSTOS INDIRECTOS %		
UTILIDAD %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		7.67818
VALOR TOTAL		**7.67818**

Tabla 23

Análisis de Precio Unitario, Punto de Cobre 1/2"

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

PROYECTO:	EDIFICIO ALINEA		
CAPITULO:	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS		
RUBRO:	PUNTO DE AGUA COBRE TIPO M 1/2"	**UNIDAD:**	pto
CÓDIGO:	IN11	**ITEM:**	1.00
DESCRIPCIÓN:	PUNTO DE AGUA COBRE TIPO M 1/2" □		

EQUIPOS:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
INST013E1	HERRAMIENTA MENOR (5% M.O)			-		0.86000
	SOPLETE	0.200	3.50	0.70	2.00000	1.40000
					SUBTOTAL M	2.26000

MANO DE OBRA:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
INST013O2	PLOMERO	1.00	4.19	4.19	2.00000	8.38000
INST013O3	MAESTRO MAYOR	0.10	4.65	0.47	2.00000	0.93000
INST013O4	TECNICO EN OBRAS CIVILES	1.00	4.42	4.42	2.00000	8.84000
					SUBTOTAL N	18.15000

MATERIALES:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B
INST013M1	PASTA PARA SOLDAR 100GR	u	0.010	2.3600	0.02360
INST013M2	SUELDA ESTAÑO-PLOMO	rollo	0.030	24.5100	0.73530
INST013M3	UNIÓN CU SO SO 1/2"	u	1.000	0.7705	0.77050
INST013M4	CODO CU SO SO 1/2"	u	2.000	0.6100	1.21992
INST013M5	TEE CU SO SO 1/2"	u	1.000	0.9890	0.98900
INST013M6	TUBO CU TIPO M L=6M 1/2"	m	0.515	28.3700	14.61057
				SUBTOTAL O	18.34889

TRANSPORTE:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA TRANSPORTE	COSTO
				SUBTOTAL P	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		38.75889
COSTOS INDIRECTOS %		
UTILIDAD %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		38.75889
VALOR TOTAL		**38.75889**

Tabla 24

Análisis de Precio Unitario, Tendido de Tubería del PP 20mm

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

PROYECTO: EDIFICIO ALINEA
CAPITULO: INSTALACIONES HIDROSANITARIAS
RUBRO: TUBERÍA PP 20mm , INC. ACCESORIOS — **UNIDAD:** m
CÓDIGO: IN11 — **ITEM:** 1.00
DESCRIPCIÓN: TENDIDO DE TUBERÍA PP 20mm

EQUIPOS:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
INST013E1	HERRAMIENTA MENOR (5% M.O)			-		0.11000
INST013E2	EQUIPO PARA	0.050	6.95	0.35	0.20000	0.06950
					SUBTOTAL M	0.17950

MANO DE OBRA:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
INST013O1	AYUDANTE DE PLOMERO	1.00	4.14	4.14	0.20000	0.82800
INST013O2	PLOMERO	1.00	4.19	4.19	0.20000	0.83800
INST013O3	MAESTRO MAYOR	0.10	4.65	0.47	0.20000	0.09300
					SUBTOTAL N	1.75900

MATERIALES:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	RECIO UNITARI B	COSTO C=A*B
INST013M1	CODO PP 20mm X 90"	u	0.083	0.23000	0.01909
INST013M2	TUBERIA PP 20mm L=4M	m	0.260	4.67004	1.21187
INST013M3	TEE PP 20mm	u	0.083	0.28003	0.02324
INST013M4	UNIÓN PP 20mm	u	0.083	0.25300	0.02100
				SUBTOTAL O	1.27521

TRANSPORTE:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA TRANSPORTE	COSTO
				SUBTOTAL P	

	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		3.21371
	COSTOS INDIRECTOS %		
	UTILIDAD %		
	COSTO TOTAL DEL RUBRO		3.21371
	VALOR TOTAL		**3.21371**

Tabla 25

Análisis de Precio Unitario, Punto del PP 20mm

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
PROYECTO:	EDIFICIO ALINEA					
CAPITULO:	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS					
RUBRO:	PUNTO DE AGUA DE PP DE 20mm				**UNIDAD:**	pto
CÓDIGO:	IN11				**ITEM:**	1.00
DESCRIPCIÓN:	PUNTO DE AGUA PP DE 20mm□					
EQUIPOS:						
CÓDIGO	**DESCRIPCIÓN**	**CANTIDAD A**	**TARIFA B**	**COSTO HORA C=A*B**	**RENDIMIENTO R**	**COSTO D=C*R**
INST013E1	HERRAMIENTA MENOR (5% M.O)			-		0.85000
INST013E2	EQUIPO PARA	0.200	6.95	1.39	1.60000	2.22400
					SUBTOTAL M	3.07400
MANO DE OBRA:						
CÓDIGO	**DESCRIPCIÓN**	**CANTIDAD A**	**JORNAL/HORA B**	**COSTO HORA C=A*B**	**RENDIMIENTO R**	**COSTO D=C*R**
INST013O1	AYUDANTE DE PLOMERO	1.00	4.14	4.14	1.60000	6.62400
INST013O2	PLOMERO	1.00	4.19	4.19	1.60000	6.70400
INST013O3	MAESTRO MAYOR	0.10	4.65	0.47	1.60000	0.74400
					SUBTOTAL N	14.07200
MATERIALES:						
CÓDIGO	**DESCRIPCIÓN**		**UNIDAD**	**CANTIDAD A**	**PRECIO UNITARIO B**	**COSTO C=A*B**
INST013M3	CODO PP 20mm X 90"		u	2.00	0.23000	0.46000
INST013M4	TUBERÍA PP 20mm L=4m		m	0.77	4.67004	3.59593
INST013M6	TEE PP 20mm		u	1.00	0.28003	0.28003
INST013M4	UNIÓN PP 20mm		u	1.00	0.25300	0.25300
					SUBTOTAL O	4.58895
TRANSPORTE:						
CÓDIGO	**DESCRIPCIÓN**		**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**TARIFA TRANSPORTE**	**COSTO**
					SUBTOTAL P	
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					21.73495
	COSTOS INDIRECTOS %					
	UTILIDAD %					
	COSTO TOTAL DEL RUBRO					21.73495
	VALOR TOTAL					**21.73495**

8.11 Análisis Presupuestario

8.11.1 Presupuesto con tubería de polipropileno para red de distribución de agua fría

Tabla 26

Presupuesto con PP para Agua Fría

PRESUPUESTO DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS CON POLIPROILENO					
Item	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Precio Total**
1	**SUMINISTRO E INSTALACIÓN AGUA POTABLE (AGUA FRIA)**				
1.01	Puntos de agua de 20 mm	pto.	190	$ 21.73	$ 4,129.63
1.02	Tendido de tuberia 20 mm	ml	588.02	$ 3.21	$ 1,889.72
1.03	Tendido de tuberia 25 mm	ml	249.98	$ 4.11	$ 1,026.44
1.04	Tendido de tuberia 32 mm	ml	59.37	$ 7.71	$ 457.74
1.05	Tendido de tuberia 40 mm	ml	2.85	$ 10.22	$ 29.12
1.06	Tendido de tuberia 50 mm	ml	2.85	$ 14.69	$ 41.87
1.07	Tendido de tuberia 63 mm	ml	6.26	$ 21.72	$ 135.99
1.08	Tendido de tuberia 75 mm	ml	30.73	$ 32.99	$ 1,013.68
				TOTAL	$ 8,724.19

8.11.2 Presupuesto con tubería de cobre para red de distribución de agua fría

Tabla 27

Presupuesto con Cobre para Agua Fría

PRESUPUESTO DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS CON COBRE					
Item	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Precio Total**
1	**SUMINISTRO E INSTALACIÓN AGUA POTABLE (AGUA FRIA)**				
1.01	Puntos de agua de 20 mm	pto.	190	$ 38.76	$ 7,364.40
1.02	Tendido de tuberia 20 mm	ml	588.02	$ 7.68	$ 4,515.30
1.03	Tendido de tuberia 25 mm	ml	310.29	$ 10.74	$ 3,331.24
1.04	Tendido de tuberia 40 mm	ml	2.85	$ 23.16	$ 66.00
1.05	Tendido de tuberia 50 mm	ml	2.85	$ 31.09	$ 88.60
1.06	Tendido de tuberia 63 mm	ml	6.26	$ 49.46	$ 309.61
1.07	Tendido de tuberia 75 mm	ml	27.61	$ 64.84	$ 1,790.12
				TOTAL	$ 17,465.27

8.11.3 Presupuesto con tubería de polipropileno para red de distribución de agua caliente

Tabla 28

Presupuesto con PP para Agua Caliente

PRESUPUESTO DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS CON POLIPROILENO					
Item	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Precio Total**
1	**SUMINISTRO E INSTALACIÓN AGUA POTABLE (AGUA CALIENTE)**				
1.01	Puntos de agua de 20 mm	pto.	102	$ 21.73	$ 2,216.46
1.02	Tendido de tuberia 20 mm	ml	513.10	$ 3.21	$ 1,648.95
				TOTAL	$ 3,865.41

8.11.4 Presupuesto con tubería de cobre para red de distribución de agua caliente

Tabla 29

Presupuesto con Cobre para Agua Caliente

PRESUPUESTO DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS CON COBRE					
Item	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Precio Total**
1	**SUMINISTRO E INSTALACIÓN AGUA POTABLE (CALIENTE)**				
1.01	Puntos de agua de 20 mm	pto.	102	$ 38.76	$ 3,953.52
1.02	Tendido de tuberia 20 mm	ml	513.10	$ 7.68	$ 3,940.00
				TOTAL	$ 7,893.52

Se presenta el presupuesto económico tomando en cuenta material y mano de obra con los diferentes materiales analizados para la edificación Alinea y tener claridad de precios.

Los costos para las redes de distribución tanto de agua fría como caliente incluyen cantidades necesarias para la edificación, precios unitarios el cual está incluido precio por mano de obra y material, teniendo como resultado el precio total por cada rubro dictados en los presupuestos.

Con estos presupuestos se puede tener una idea de cuál sería la tubería más adecuada a instalar en la edificación Alinea, ahorrando costos y tiempo, garantizando una instalación apropiada tomando en cuenta calidad de material para cada red de distribución.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- A partir del análisis comparativo técnico y de precios unitarios del diseño hidrosanitario de la red de distribución de agua fría y caliente en la edificación Alinea, utilizando tubería de polipropileno y cobre, aplicando la Guía NEC 11 – Capítulo 16, se concluye que la tubería de polipropileno representa la opción más adecuada. Esta decisión se fundamenta en su eficiencia técnica, menor costo inicial,

facilidad de instalación, así como su durabilidad bajo condiciones normales de presión y temperatura propias de una instalación domiciliaria.

- El análisis técnico determinó que ambos materiales presentan propiedades mecánicas apropiadas para redes de agua fría y caliente. Sin embargo, el polipropileno ofrece ventajas significativas: resistencia a la corrosión, buen comportamiento ante presiones elevadas (hasta 173 m.c.a. en agua fría y 67 m.c.a. en agua caliente), y tolerancia a temperaturas de hasta 60°C, cumpliendo ampliamente los requisitos del diseño hidrosanitario. Además, su instalación es más sencilla y segura que la del cobre.
- El diseño de la red hidrosanitaria ejecutado con ambos materiales mostró que la tubería de polipropileno para la red de distribución de agua fría con una presión de diseño de 33.43 m.c.a., y en la red de agua caliente con una presión de 10.49 m.c.a., mientras que la tubería de cobre para la red de distribución de agua fría con una presión de diseño de 31.12 m.c.a. y en la red de distribución de agua caliente con una presión de 9.96 m.c.a., el polipropileno y cobre demostraron un margen de seguridad considerable, garantizando una vida útil estimada de 50 años.
- En el análisis de precios unitarios, se concluyó que la tubería de polipropileno es significativamente más económica que la de cobre, tanto en materiales como en mano de obra. Su instalación requiere menos tiempo y herramientas especializadas, lo que se traduce en ahorros en costos directos e indirectos, así como una menor necesidad de mantenimiento debido a su alta resistencia y durabilidad.
- En base a la comparación integral realizada, se establece que el polipropileno es la mejor opción para la red de distribución de agua en la edificación Alinea. Este material no solo garantiza un desempeño hidráulico óptimo y una alta durabilidad,

sino que también reduce costos de instalación. Su eficiencia en redes de agua caliente y fría, aun bajo condiciones exigentes, reafirma su viabilidad frente al cobre, el cual representa una alternativa más costosa y menos práctica para este tipo de proyectos.

9.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, se priorice el uso de tuberías de polipropileno en el diseño hidrosanitario, tanto para agua fría como caliente. Su desempeño técnico, adaptabilidad a los requerimientos de la NEC 11 – Capítulo 16 y su eficiencia económica lo convierten en una solución óptima para edificaciones de uso residencial.
- Se sugiere que los diseñadores y constructores tomen en cuenta las características físico-mecánicas de las tuberías de polipropileno y cobre, especialmente su resistencia a altas presiones y temperaturas, para fundamentar su elección en proyectos hidrosanitarios como esta edificación residencial.
- Se recomienda seguir utilizando como base la Guía Hidrosanitaria NEC 11 – Capítulo 16, ya que proporciona parámetros normativos adecuados para garantizar la seguridad y funcionalidad del sistema. Asimismo, se sugiere que se incorpore desde la etapa de diseño un modelo comparativo técnico entre materiales alternativos, a fin de optimizar el sistema en función del tipo de edificación, uso y presupuesto disponible.
- Para una planificación económica más precisa, se recomienda mantener actualizadas las bases de precios unitarios de materiales y mano de obra, considerando proveedores locales y condiciones de mercado al igual que incluir en el análisis no solo el costo inicial, sino también costos de mantenimiento y vida útil esperada, lo

cual permitirá tomar decisiones más eficientes desde una perspectiva de costo-beneficio a largo plazo.

- Se recomienda la implementación del polipropileno como solución estándar en edificaciones similares, por sus ventajas técnicas y económicas. En caso de proyectos donde se priorice la estética visible, o donde existan requerimientos normativos o del cliente específicos, se podría considerar el uso de cobre; sin embargo, esta elección debe justificarse claramente frente a los costos adicionales y las exigencias de instalación.

10. BIBLIOGRAFÍA

Aristegui, A. (s. f.). *Tubería cobre vs tubería plástico*. Recuperado el 12 de diciembre de 2024, de https://www.aristegui.info/tuberia-cobre-vs-tuberia-plastico/

Concha Flores, S. I. (2014). *Elaboración de un plan de aseguramiento de la calidad en el proceso de termofusión de tuberías de polipropileno*. Callao: Universidad Nacional del Callao.

DISEÑO DE SISTEMAS HIDROSANITARIOS PARA EDIFICACIONES ONLINE – CODADEPRO. (s. f.). *Codadepro.ec*. Recuperado el 7 de enero de 2025, de https://www.codadepro.ec/diseno-de-sistemas-hidrosanitarios-para-edificaciones-online/

Gallegos, F., López, M., & Sánchez, R. (2001). *Análisis aplicado al hospital docente universitario: Equipos terapéuticos, sistemas de diagnóstico y torres de hospitalización*. Edu.ec. Recuperado el 7 de enero de 2025, de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/134/1/163.pdf

Litzy Flores, G. P. (2020). *Tuberías para proyecto de agua potable*. San Pedro Sula: N.A.

López, R. L. A. (1990). *Agua - Instalaciones sanitarias en los edificios*. Maracay, Venezuela.

Norma Hidrosanitaria NHE agua. (2011). En Cámara de la Construcción de Quito. *Norma Ecuatoriana de la Construcción* (pág. 38). Quito: Cámara de la Construcción de Quito.

Pérez, C. R. (1992). *Instalaciones hidráulicas sanitarias y de gas en edificaciones*. Bogotá: Ultracolor Artes Gráficas Ltda.

Quishpe Coro, F. P. (2015). "*Diseño de las instalaciones hidrosanitarias y el sistema contra incendios del edificio residencial Grunn"*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Santa Rosa, D. H., & El Oro, P. D. E. (s. f.). *Facultad de Ingeniería Civil: Carrera de Ingeniería Civil*. Edu.ec. Recuperado el 7 de enero de 2025, de https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18698/1/ECFIC-2022-IC-

Textos Científicos. (s. f.). *PVC: Polímero de cloruro de vinilo*. Recuperado el 28 de enero de 2025, de https://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc.

Tolentino García, K. I. (2015). *Propagación rápida de falla en tuberías plásticas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

(s. f.). Edu.ec. Recuperado el 7 de enero de 2025, de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51540/1/T-70466%20LEÓN-PARRA-ROMULO-ARIEL.pdf

Quishpe Coro, G. (2015). *Instalaciones hidrosanitarias en edificaciones: análisis de materiales y sistemas*. Editorial Académica Española.

Barrionuevo Vaca, L. S., & Cortez Casares, G. J. (2022). *Elaboración de propuesta para la norma NEC-SB-HS: instalaciones hidrosanitarias, del eje de servicios básicos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE.