

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÉTODO DE HAZEN-
WILLIAMS Y DARCY-WEISBACH PARA EL DISEÑO
DEL SISTEMA DE REDES DE AGUA POTABLE EN
RUNDO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL**

Autor:

Bach. NAVARRO LOAYZA Katherine Mayra

Asesor:

Mg. Ing. AYUQUE ALMIDÓN Nelfa Estrella

Línea de investigación institucional:

Salud y Gestión de Salud

HUANCAYO – PERÚ

2024

CONTRATAPA

Mg. AYUQUE ALMIDÓN Nelfa Estrella
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía.

A mis padres por el apoyo incondicional en mi formación académica.

.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Peruana los Andes,
por acogerme en sus aulas para mi
formación profesional.

Bach. Navarro Loayza Katherine
Mayra.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0342 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÉTODO DE HAZEN-WILLIAMS Y DARCY-WEISBACH PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE REDES DE AGUA POTABLE EN RUNDO

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. NAVARRO LOAYZA KATHERINE MAYRA

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : Mg. AYUQUE ALMIDON NELFA ESTRELLA

Fue analizado con fecha 02/10/2024; con 97 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

X
X

El documento presenta un porcentaje de similitud de 24 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 02 de octubre del 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA
DECANO

Ing. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES
JURADO REVISOR

Mg. MIGUEL ANGEL PINADO SANTOS
JURADO REVISOR

Mg. JEFRI MARLON SILVA MURILLO
JURADO REVISOR

Mg. MANUEL IVAN MAITA PEREZ
SUPLENTE

Mg. UNTIVEROS PEÑALOZA LEONEL
SECRETARIO DOCENTE

INDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE	viii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1. Descripción de la realidad problemática	18
1.2. Delimitación del problema	20
1.2.1. Espacial	20
1.2.2. Temporal	20
1.2.3. Económica.....	20
1.3. Formulación del problema	20
1.3.1. Problema general.....	20
1.3.2. Problemas específicos	20
1.4. Justificación	21
1.4.1. Justificación teórica.....	21
1.4.2. Justificación metodológica.....	21
1.4.3. Justificación social	21
1.5. Objetivos	22
1.5.1. Objetivo general	22

1.5.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes	23
2.1.1 Antecedentes nacionales	23
2.1.2 Antecedentes internacionales	25
2.2. Bases teóricas o Científicas	29
2.2.1. Parámetro de diseño hidráulico	29
2.2.2. Red de Distribución.....	30
2.2.3. Fluidostática	32
2.2.4. Fluidodinámica.....	33
2.2.5. Ecuación de Darcy-Weisbach	33
2.2.6. Ecuación de Hazen y Williams	39
2.3. Marco conceptual	42
CAPÍTULO III.....	45
HIPÓTESIS	45
3. Hipótesis	45
3.1. Hipótesis general	45
3.2. Hipótesis específicas	45
3.3 Variables	45
3.3.1. Definición conceptual de la variable.....	45
3.3.2. Definición operacional de la variable	45
3.3.3. Operacionalización de la variable	47
CAPÍTULO IV	48
METODOLOGÍA.....	48
4.1. Método de investigación	48

4.2. Tipo de investigación	48
4.3. Nivel de investigación.....	48
4.4. Diseño de la investigación.....	49
4.5. Población y muestra	50
4.5.1. Población.....	50
4.5.3. Muestra.....	50
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
4.6.1. Técnicas.....	50
4.6.2. Instrumentos	50
4.6.3. Validez y confiabilidad de los instrumentos	52
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	52
4.8. Aspectos éticos de la Investigación	53
CAPÍTULO V	54
RESULTADOS	54
5.1. Descripción del diseño tecnológico	54
5.2. Descripción de los resultados	54
CAPÍTULO VI	61
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	61
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS	79
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	80
Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables.....	81
Anexo 03: Instrumentos de investigación y su constancia de aplicación.	82

Anexo 04: Plano de replanteo del proyecto ejecutado el año 2015 (Programa de Cooperación Española – Programa Nacional de Saneamiento Rural – JASS Rundo/Daniel Hernandez).....	83
Anexo 05: Plano de Replanteo del proyecto – Diseño Hidráulico método Hazen – Williams y Darcy -Weisbach.....	84
Anexo 06: Data del procesamiento de demanda de caudal y caudal de diseño.....	85
Anexo 07: Data y análisis de oferta hidráulica	86
Anexo 08: Análisis de demanda hídrica	87
Anexo 09: Diseño hidráulico de tuberías de agua potable por Hazen y Williams	88
Anexo 10: Diseño hidráulico de tuberías de agua potable por Hazen y Williams en Watercad V8i	90
Anexo 11: Diseño hidráulico de nodos de agua potable por Hazen-Williams con Watercad V8i	91
Anexo 12: Diseño hidráulico de tuberías de agua potable por Darcy y Weisbach.....	92
Anexo 13: Diseño hidráulico de tuberías de agua potable por Darcy y Weisbach con Watercad V8i	94
Anexo 14: Diseño hidráulico de nodos de agua potable por Darcy y Weisbach con Watercad V8i	95
Anexo 15: Panel fotográfico	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Valores C, coeficiente de rugosidad de Hazen y Williams</i>	41
Tabla 2. <i>Operacionalización de las variables</i>	47
Tabla 3. <i>Condición y evaluación del diseño de investigación</i>	49
Tabla 4. <i>Determinación y comparación de las velocidades de fluido en cada tramo de la red por método Hazen - Williams y Darcy -Weisbach</i>	55
Tabla 5. <i>Determinación y contrastación de las Perdidas de carga por fricción (Hf) por método Hazen - Williams y Darcy -Weisbach.</i>	56
Tabla 6. <i>Determinación y comparación de los valores de la presión final en cada tramo.</i>	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Chorros laminar y turbulento</i>	35
Figura 2: <i>Abaco de Moody</i>	35
Figura 3: <i>Tabla de valores de rugosidad relativa de los materiales (mm)</i>	36
Figura 4: <i>Valores de viscosidad del agua a diferentes temperaturas</i>	37
Figura 5: <i>Valores de densidad del agua líquida a diferentes temperaturas</i>	38
Figura 6: <i>Relación Colebrook – White para determinar el coeficiente “f”</i>	38

RESUMEN

El presente trabajo denominado “Análisis comparativo del método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo”, parte de la necesidad de identificar las variaciones de los parámetros hidráulicos que se determinan con la aplicación de los métodos de Hazen-Williams y de Darcy-Weisbach; así pues el **problema general** fue: ¿Cuál es el resultado del análisis comparativo del método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo?, El **objetivo general** fue: Realizar el análisis comparativo del método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo; como hipótesis general se planteó que: El análisis comparativo del método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo, es significativo. Para el desarrollo de la investigación se hizo uso del **método científico**, de tipo aplicada, el nivel de la investigación fue explicativo con un diseño no experimental valiéndose de la inspección presencial; para realizar esta comparación se realizó la recolección de datos topográficos y de balance hídrico del sistema de agua potable existente en la localidad de Rundo. Como muestra se trabajó las redes de distribución de agua potable de las viviendas de la localidad de Rundo, obteniendo como **resultado** que el análisis comparativo del diseño del sistema de redes de agua potable del rundo entre el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach, no existe relación significativa en vista que la variación de velocidad es nula, la variación de pérdidas de presión por fricción es en promedio en todas las tuberías de 0.02 m. y las presiones finales en cada tramo para las tuberías planteadas en el diseño es de 0.16 m.c.a; llegando a la **conclusión** que no existen variación significativa en los parámetros hidráulicos del diseño de agua potable por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach; como principal **recomendación** a los ingenieros que elaboran proyectos hidráulicos con tubería a presión, se les recomienda usar el método de Hazen-Williams para diámetros menores a 50mm ya que las variaciones con respecto a otros métodos es insignificante.

PALABRAS CLAVE: redes de agua potable, método Hazen- Williams, método Darcy-Weisbach

ABSTRACT

The present work entitled "Comparative analysis of the Hazen-Williams and Darcy-Weisbach method for the design of the drinking water network system in Rundo", starts from the need to identify the variations of the hydraulic parameters that are determined with the application of the Hazen-Williams and Darcy-Weisbach methods; thus, the general problem was: What is the comparative analysis of the Hazen-Williams and Darcy-Weisbach method for the design of the drinking water network system in Rundo? The general objective was: To analyze the Hazen-Williams and Darcy-Weisbach method for the design of the drinking water network system in Rundo; as a general hypothesis it was stated that: The comparative analysis of the Hazen-Williams and Darcy-Weisbach method for the design of the drinking water network system in Rundo, is significant. For the development of the research, use was made of the scientific method, of a basic type, the level of the research was explanatory with a non-experimental design using on-site inspection; to carry out this comparison, topographic data collection and water balance of the existing drinking water system in the town of Rundo was carried out. As a sample, the drinking water distribution networks of the houses in the town of Rundo were worked on, obtaining as a result that the comparative analysis of the design of the drinking water network system of Rundo between the Hazen-Williams and Darcy-Weisbach methods, there is no significant relationship since the velocity variation is null, the variation of pressure losses due to friction is on average in all the pipes of 0.02 m. and the final pressures in each section for the pipes proposed in the design is 0.16 m.c.a.; reaching the conclusion that there is no variation in the hydraulic parameters of the potable water design by the Hazen-Williams and Darcy-Weisbach method. As a main recommendation to engineers who elaborate hydraulic projects with pressure piping, it is recommended to use the Hazen-Williams method for diameters smaller than 50mm, since the variations with respect to other methods are insignificant.

KEYWORDS: drinking water networks, Hazen-Williams method, Darcy-Weisbach method.

INTRODUCCIÓN

El diseño de redes de agua potable requiere un análisis preciso de la pérdida de energía que se generan en el transporte del agua en las redes de distribución de las tuberías; Este análisis es fundamental para garantizar que la presión de servicio sea adecuada en las viviendas beneficiadas por un proyecto de saneamiento, las ecuaciones más empleadas para calcular las pérdidas por energía son la ecuación de Darcy-Weisbach y la ecuación de Hazen-Williams, sin embargo esta última ecuación no comprende todos los diámetros de tuberías acorde la Norma Técnica de Diseño del ámbito Rural. En ese contexto el desarrollo de la Tesis profesional que se presenta tiene por **objetivo general**: Realizar el análisis comparativo del método de Hazen - Williams y el método de Darcy – Weisbach para el diseño del sistema de agua potable en la comunidad de Rundo, mediante la **metodología de investigación**: Método científico, de tipo tecnológico, con un nivel de investigación explicativo y con un diseño no experimental valiéndose de la inspección presencial.

La localidad de Rundo cuenta con 03 fuentes de agua natural que además tiene una escasa oferta del líquido elemento para el uso de consumo humano, en un sistema de agua potable que tienen una antigüedad de diez años, que se encuentra en funcionamiento, sin embargo en el replanteo se evidencio que existe mayor demanda de dotación de agua potable al caudal disponible del expediente técnico; El agua es captada mediante la estructuras tipo ladera al ser manantiales las fuentes de abastecimiento con tratamiento de sistema de cloración con hipoclorito de sodio en el reservorio de almacenamiento, el diseño de las redes de las tuberías se realizó mediante las ecuaciones de Hazen y Williams identificándose presiones dentro de los valores mínimos solicitados por las normas peruanas vigentes, sin embargo la investigación nace de la problemática de identificar la variación existente con respecto a los valores de pérdidas que se pueden generar si usamos la metodología y fórmulas de Darcy y Weisbach para el diseño de tuberías en las redes de distribución; si las pérdidas y presiones siguen siendo las adecuadas y en base al análisis a realizar entre ambos rediseños verificar si las variaciones son significativas y a partir de esto analizar la viabilidad del uso del método de Darcy - Weisbach en los proyectos de saneamiento rural.

El presente trabajo de investigación cuenta con cinco capítulos:

En el primer capítulo se explica la motivación del proyecto, y el planteamiento del estudio, el cual es generado por el planteamiento desde las normas nacionales del uso de la fórmula de Hazen y Williams en la elaboración de expedientes técnicos tal como se indica en la R.M. N° 192-2018-Vivienda (1):

Pérdida de carga unitaria (hf) se determina mediante las siguientes ecuaciones:
Ecuaciones de Hazen y Williams para diámetros mayores a 2" y Fair Whipple para diámetros menores a 2". (p. 125)

Analizando el por qué se obvia el diseño con la fórmula de Darcy y Weisbach teniendo esta ecuación mayores parámetros que contextualizarían y harían más exacto el comportamiento del agua dentro de las tuberías.

El segundo capítulo de este trabajo es el marco teórico, donde se encuentran referenciadas tesis anteriores que se encuentran enmarcadas en el trabajo que se realizó, las cuales sirvieron como fuente teórica importante para el rediseño de sistema de agua potable, así mismo se hace referencia a los principales conceptos, teorías y normas que se necesitan para poder diseñar un sistema de saneamiento rural.

El tercer capítulo, es el planteamiento de hipótesis y variables donde se realizará la operacionalización de estas.

El cuarto capítulo, es la metodología de investigación el cual siendo el nivel de investigación es explicativo, el diseño de investigación es no experimental ya que se propone realizar el análisis del diseño que se aplicara a la localidad con el fin de conocer el efecto que produce sobre la misma, y el tipo es básico, ya que al finalizar el análisis se obtendrá las diferencias entre ambos métodos.

En el Quinto capítulo que es administración se tendrá los gastos a realizar y cronograma de actividades para ejecutar el proyecto de investigación:

Capítulo I: Se describió la realidad problemática con características y datos respaldados por fuentes de información confiables que justifican el desarrollo de la tesis en los aspectos social, científico y metodológico; ubicando el problema geográfica y temporalmente, además se formularon los problemas generales y específicos que guardan relación con el título y objetivos de la investigación.

Capítulo II, Se presentaron investigaciones nacionales e internacionales relacionadas al diseño hidráulico utilizando el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable, mencionando sus problemas, objetivos, solución, resultados y destacando el aporte de dichos antecedentes en el desarrollo de esta

tesis. También se presentaron bases teóricas relacionadas con las variables y dimensiones de la investigación conceptualizándolas.

Capítulo III, Presenta la hipótesis general y las hipótesis específicas que se relacionan y resuelven el problema general y los problemas específicos, respectivamente. También se han señalado las variables, dimensiones e indicadores, haciendo referencia al concepto de las variables de investigación y estableciendo su conexión con las dimensiones para realizar operacionalización de las variables.

Capítulo IV, Se identificó la metodología: método, tipo, nivel diseño, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de datos.

Capítulo V Resultados, contiene el diseño tecnológico, los resultados expresados en tablas y gráficas estadísticas, además la verificación de las hipótesis específicas y generales mediante el estadístico inferencial ANOVA (con una significancia menor al 5%) a partir del cual se infirieron conclusiones estadísticas en función a los objetivos de la investigación.

Capítulo VI Discusión de resultados, se interpretaron los resultados en relación con los objetivos de la investigación y sus implicaciones para investigaciones posteriores.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y/o sugerencias, referencias bibliográficas ordenadas alfabéticamente con formato ISO 690 y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Para el diseño de redes de agua potable es necesario tener presente principios de la mecánica de fluidos, el diseño de tuberías se realiza a partir de ecuaciones generales como el cálculo del caudal a partir del producto de la velocidad del fluido dentro de la tubería con el área hidráulica; siendo la velocidad un parámetro amplio de análisis, teniendo en consideración la relación del caudal, la velocidad y transporte del fluido, en redes de distribución de agua potable mediante tuberías que transporte de un fluido de manera dinámica y teniendo presente la presión, son entonces principios de conservación de la energía y la ecuación de Bernoulli la base del diseño de las tuberías y el comportamiento en función al tipo de material y el comportamiento del diámetro y el caudal en relación a la presión. Existen dos puntos importantes a tener en cuenta respecto a las presiones, estas se verán afectadas a la rugosidad del material que transporta el fluido y en cambios de dirección que generan un golpe de ariete y por ende una pérdida de carga o presión, estas pérdidas afectan directamente la presión del agua, el caudal y en última instancia, la capacidad del sistema para proporcionar un suministro confiable y eficiente a las comunidades.

Entonces podemos inferir que es imprescindible hacer un análisis de la presión y sus pérdidas que se generan en el transporte del agua en las redes de distribución de las tuberías debido a la fricción en el flujo del agua a través de tuberías, lo cual provocaría el desgaste prematuro de los componentes e incrementando las fugas debido al estrés en los sistemas, asimismo, generaría un impacto social y económico al no satisfacer la demanda hídrica a la población beneficiaria e incrementando el costo y la dificultad de mantenimiento. Para modelar y predecir estas pérdidas se recurren a ecuaciones empíricas y teóricas, siendo las más utilizadas la ecuación de Hazen-Williams y la ecuación de Darcy-Weisbach; Para poder garantizar un servicio eficiente y cumplir con las presiones mínimas que solicita el Reglamento Nacional de Edificaciones para la presión de servicio en las viviendas beneficiarias de un proyecto de saneamiento; siendo este el punto de partida existen diversas metodologías para determinar las pérdidas de

carga; según Rocha (1, p.136) analiza a las pérdidas de energía en base a la ecuación de Bernoulli a partir de identificar la variación de presiones desde un punto 1 a un punto 2, indicando que:

“Hay una parte de la energía que “se pierde”, que no se transporta en presión, velocidad o elevación, sino que es energía consumida en forma de fricción y que denominamos hf, pérdida de energía o pérdida de carga por fricción”.

En la localidad de Rundo se ejecutó el año 2016, la obra: “Instalación Del Servicio De Agua Potable Y Saneamiento Básico De La Localidad De Rundo, Distrito De Daniel Hernández - Tayacaja – Huancavelica”, al realizar el análisis del sistema existente de acuerdo con las metas físicas del expediente técnico, se identifica la ejecución del sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas con Unidades Básica de Saneamiento con tanque sépticos mejorados conocidos como Biodigestores, para toda la población de Rundo, que cuenta con una población 607 beneficiarios como población proyectada en 20 año; del proyecto se tuvo acceso al expediente técnico donde se verificó que el diseño de las tuberías dentro del expediente técnico y el rediseño para la ejecución de las redes de distribución de agua se realizaron con las formula y parámetros de Hazen y Williams.

De acuerdo con el replanteo en obra la localidad cuenta con 03 fuentes de agua subterránea, de las cuales están proyectadas a habilitar solo 02 para consumo humano. Teniéndose una demanda mayor al caudal disponible del expediente técnico. Generándose un problema en cuanto a dotación de Agua Potable para la población de Rundo, así mismo la localidad de Rundo, al ser una población rural, está dividida en barrios, para los cuales es necesario diseñar de manera cuidadosa las redes de distribución, así como las dotaciones de agua potable para cada barrio, para poder satisfacer la demanda hídrica de la totalidad de pobladores de Rundo. En este proyecto se realizó el diseño y posterior instalación de las redes de distribución de agua potable con tubería PVC, para el cálculo hidráulico y diseño de tuberías se aplicó como en muchos proyectos de saneamiento integral, el método de Hazen y Williams (1); sin embargo, a pesar de que la normativa técnica vigente sugiere que la formula precedente se debe emplear solo en tuberías con diámetros mayores a 50 mm, equivalente a 2”. En el diseño de tuberías de Rundo se utilizaron tuberías de PVC con diámetros menores a 50 mm, lo que plantea dudas sobre la validez y precisión del diseño hidráulico realizado dado que del

replanteo se identificó una demanda mayor al caudal disponible del expediente técnico. Generándose un problema en cuanto a dotación de Agua Potable para la población de Rundo, por consiguiente, basado en las normas nacionales no ameritaría haberse aplicado el método de Hazen-Williams; por lo que nace la premisa de identificar si esta fórmula guarda tanta variación en comparación con la fórmula hidráulica general para los fluidos que es la de Darcy-Weisbach, al ser un método de mayor precisión de cálculo de pérdidas de energía.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

La ubicación geográfica donde se desarrolló esta investigación fue en la localidad de Rundo, del distrito de Daniel Hernández en la provincia de Tayacaja Huancavelica.

1.2.2. Temporal

En la investigación se realizaron las simulación y modelamiento del actual sistema de abastecimiento de agua potable en la red de distribución; para lo cual se tomaron dato de campo entre los meses de diciembre del 2023 y marzo del 2024.

1.2.3. Económica

El tesista asumió la totalidad de los gastos que involucró el desarrollo de la presente tesis.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el resultado del análisis comparativo aplicando el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es el análisis comparativo de la velocidad del fluido por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo?
- b. ¿Cuál es el análisis de contrastación de las pérdidas de carga por fricción por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo?

- c. ¿Cuál es el análisis comparativo de la presión por el método de Hazen-Williams y Darcy–Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

La investigación se desarrolló con la finalidad de conocer el análisis que se genera al diseñar el sistema de redes de agua potable por el método de Hazen-Williams y el método de Darcy – Weisbach en la comunidad de Rundo, se desarrollara esta tesis mecanismo de descripción y recolección de datos, como el levantamiento topográfico; parámetros de dotaciones, entre otros; comparando el diseño hidráulico a partir de sus parámetros como son pérdidas por fricción, velocidad y presión el método de Hazen - Williams y con el método de Darcy – Weisbach, de esa manera la realización del presente estudio de investigación servirá como guía teórica para investigaciones futuras relacionadas a los diseños de sistemas de redes de agua potable.

1.4.2. Justificación metodológica

La comparación del método Darcy-Weisbach con el método de Hazen-Williams permitirá que se observen las diferencias de la aplicación de ambos métodos para el diseño de sistemas de redes de agua potable en zonas rurales; la investigación es importante ya que apertura la necesidad de realizar un análisis más detallado del uso de diversas metodologías para el diseño hidráulico en conductos a presión; así mismo permite analizar la objetividad de las restricciones que se han planteado en la Guía de Diseño: Opciones tecnológicas para proyectos de saneamiento en el ámbito rural del Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, vigente a la fecha de elaboración de esta investigación.

1.4.3. Justificación social

El abastecimiento de agua potable en zonas rurales es desatendido, y las sociedades más vulnerables adolecen de un buen servicio de abastecimiento de agua potable; El Estado está enfocado en invertir en aquellas; sin embargo para su

concretización se requiere la aprobación de un estudio a nivel de expediente técnico; mismo que cuenta con muchas restricciones técnicas como la del método a usar; no permitiendo Hazen-Williams por muchos evaluadores de programas de Estado; contrariamente a lo percibido por el Estado, el método de Hazen-Williams es el de mayor difusión y aplicación; esta investigación tiene mucha relevancia social ya que desmiente la percepción de muchos evaluadores quienes guiados bajo la norma de diseño en el ámbito rural del MVCS; no permiten el uso de esta fórmula; obstaculizando la viabilidad de concretizar proyectos públicos en zonas rurales que son de carácter de urgencia en vista que contar con agua potable y disponible es el servicios básico necesario por las sociedades. Además, es sabido que las comunidades rurales se caracterizan por comunidades de poca población y por ende requieren tuberías de diámetros menores a 50mm en sus redes de agua potable y estarían restringidas a no plantearse el diseño por el método de Hazen-Williams esto claro de acuerdo a las normas vigentes. Esta investigación será un antecedente de que se debe aperturar la viabilidad del uso de la fórmula más difundida y enseñada para el diseño de tuberías a presión desde las aulas de formación profesional; sin restricciones ya que la base de esta es comparar hidráulicamente las variaciones entre el método de Hazen-Williams y el método general de los fluidos que es Darcy-Weisbach.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Realizar el análisis comparativo del método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo.

1.5.2. Objetivos específicos

- a. Comparar las velocidades del fluido en las tuberías por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo.
- b. Contrastar las pérdidas de carga por fricción por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo.
- c. Comparar la presión de tuberías por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Antecedentes nacionales

(2) en su tesis titulada la *Evaluación de las pérdidas de carga en una línea de conducción de agua, caserío Los Huertos, Huanchaco, Trujillo, La Libertad*; El cual tiene como **problemática** las pérdidas de carga que hay en una línea de conducción; Siendo su **objetivo general** como reducir las pérdidas de carga, mediante un comparativo de diseños y verificar donde hay menos pérdidas. La **solución del problema** partió del análisis de la línea de conducción contextualizado en el caserío los Huertos, siendo realizado el cálculo hidráulico mediante los métodos de Hazen – Williams, también la de Darcy – Weisbach, tuvieron como **resultado** que la fórmula modificada de Hazen – Williams, aumenta la pérdida de carga, resultado similar al determinado con la fórmula de Darcy – Weisbech. Para las pérdidas de carga por accesorio, fue muy distinta la situación, ya que la fórmula modificada de la Norma cuenta con un numero adimensional y la fórmula general de pérdidas de carga por accesorio, mientras menos sea el diámetro de tubería, más aumentaba la pérdida de carga; y como **conclusión** se diseñó hidráulico entre ambos métodos permite obtener resultados similares de parámetros relacionados a la perdida de carga. Esta investigación **aporto** a mi investigación en la metodología aplicada, así como para poder realizar la correcta discusión de resultados entre las variables que son las mismas; siendo diferente el contexto y por consiguiente los datos recolectados de las redes de distribución estudiadas.

- (3) en su investigación titulada, *Diseño hidráulico de la línea de conducción del servicio de agua potable en la localidad de Cadmalca Bajo distrito de Lajas, Chota – Cajamarca*. La investigación precedente tiene como **problemática** la escasez en la dotación de la demanda de agua potable de los sistemas de Pachachaca y Cuniac del centro poblado de Cadmalca Bajo, lo que ocasiona el reclamo de los pobladores por el

escaso servicio de agua potable. Asimismo, su investigación tuvo como **objetivo** realizar el diseño hidráulico de la línea de conducción de agua potable, aplicando las ecuaciones de Hazen Williams y Fair Whipple para obtener el diseño adecuado. Dentro de su **metodología** el autor realizó un análisis comparativo del cálculo hidráulico de la línea de conducción utilizando las ecuaciones que recomienda la RM-192-2018-VIVIENDA y la ecuación de Darcy Weisbach, ecuación que es utilizada en otros países. Como **resultados** se determinó que los diámetros de tubería más objetivos son los mismos y las pérdidas de presión o energía son muy similares; como **conclusión** se demostró que no existen variaciones sustanciales entre las ecuaciones de Hazen-William y Fair-Whipple pudiéndose utilizar cualquiera de ellas sin verse afectado los costos del proyecto; esta investigación **aportó** la metodología aplicada además poder discernir sobre los resultados obtenidos de manera precisa al tener como objeto de estudio la comparación entre dos fórmulas de diseño hidráulico, siendo una de ellas la de Hazen-Williams.

- (4) en su tesis titulada “*Mejoramiento del servicio de agua potable en la localidad rural de Allpa Orccuna, distrito de Vinchos – Ayacucho*”, el cual plantea como **problemática** que el proyecto de abastecimiento de agua potable de la localidad de rural de Allpa Orccuna se encuentra con una infraestructura de captación deteriorada la cual está generando filtraciones a lo largo de la línea de conducción y origina la disminución del caudal lo que implica la disminución de abastecimiento de agua potable a la población, así también, que tuvo como **objetivo** principal mejorar el servicio existente de agua potable de la localidad rural; dentro de su **metodología** la tesis fue de tipo aplicada y nivel descriptivo-explicativo, iniciándose con la toma de datos de campo y posterior análisis de las propuestas del sistema se utilizó el software WaterCAD v.10. De los **resultados** obtenidos fueron los diseños de tuberías que comprende los diámetros 85.30 mm (3”), 70.40 mm (2 1/2”) y 57.80 mm (2”); con velocidad de 4.07 m/s para la línea de conducción, un rango entre 0.60 a 2.94 m/s para la red de distribución y con un rango para las presiones entre 5 a 50 m.c.a, de acuerdo a lo solicitado normativamente, se **concluye** que

el sistema mejora la eficiencia hidráulica en comparación al sistema existente: esta tesis **aportara** en la metodología del modelamiento y determinación de diámetros de las tuberías de pvc en las redes de abastecimiento de agua.

- (5) en su tesis titulada, *Optimización y demanda de distribución de red de agua potable en la ciudad de Huacho-2019*, tuvieron como **objetivo** determinar la relación entre Optimización y demanda de distribución de red de agua Potable en la ciudad de Huacho-2019; usando la **metodología** experimental: cuasi experimental-aplicada con un nivel de correlacional, consistió en diseñar y evaluar experimentalmente las variables dentro de la función objetiva modelada a criterio utilizando el método simple, ecuación de Bernoulli, balance de materia, balance de energía y ecuaciones empíricas en la literatura. De los **resultados** se obtuvieron: en cada malla de estudio en el nodo 1 se tiene 3.3578 m³/s con los otros puntos de nodos resultantes de cada malla estudiado, y en la estación de bombeo con flujo másico mínimo 50.4 m³/s y máximo 62.25 m³/s, y altura optima de 89.12 mt, eficiencia de bomba escogida 0.79 %, potencia de bomba 65.7 kwh., Como **conclusión** se determinan que la aplicación del sistema cerrado en diseño de tuberías logra optimizar los costos de instalación de la red en relación al método de abanico; esta tesis es muy importante ya que permitirá identificar la relación entre metodologías usadas para el diseño de tuberías, **aportando** la consideración de parámetros como el principio de Bernoulli en mi tesis..

2.1.2 Antecedentes internacionales

- (6) En su tesis titulada *Desarrollo de propuesta metodológica para la comparación de las diferentes ecuaciones de resistencia fluida en el cálculo de la hidráulica de redes grandes de distribución de agua potable*, tuvo como **problema general** identificar las variaciones del uso de las ecuaciones de Hazen-Williams y Colebrook-White, el **objetivo** general de esta investigación consiste en evaluar el efecto de usar las ecuaciones de Hazen – Williams y Colebrook – White sobre la operación y distribución de caudales y presiones en Redes de Distribución de Agua Potable de gran magnitud,

construyendo una metodología de comparación que permita concluir qué tan similares o diferentes resulta la hidráulica al aplicarlas. La **metodología** se sintetiza la propuesta metodológica construida para la evaluación de las diferencias en la hidráulica de redes obtenidas a partir de la aplicación de las ecuaciones de Hazen – Williams y Colebrook – White, los **resultados** propios de la modelación hidráulica. De igual forma, se explica cómo se realizó el ensamblaje de las herramientas computacionales para que trabajaran de forma armoniosa en pro de alcanzar los objetivos de este trabajo. Finalmente, se aclaran algunas consideraciones que tienen lugar en la modelación de las redes de estudio. Esta investigación tiene el **aporte** de tomar en consideración la propuesta metodológica consistente y creativa para evaluar objetivamente la magnitud de las diferencias obtenidas en la hidráulica de RDAP al aplicar la ecuación de Hazen – Williams y la de Colebrook – White algo que incide bastante en el planteamiento de la metodología para mi investigación.

(7) en su investigación titulada *Herramienta web para el diseño de redes hidráulicas abiertas (estudio de caso)*, tiene como **objetivo general** implementar una herramienta digital de diseño de redes hidráulicas, de manera **metodológica** los investigadores realizaron una revisión sistemática de literatura para buscar métodos y técnicas para el desarrollo de la herramienta, donde utilizaron herramientas de recolección de información como la entrevista, análisis documental y observación, para identificar la situación actual de realización de cálculos y diseño de redes, igualmente el alcance que podía tener el sistema. Para este desarrollo se aplicó el modelo de prototipos, también conocido como modelo de desarrollo evolutivo, donde el objetivo del proceso es trabajar con el cliente para explorar sus requerimientos y entregar un sistema final. Teniendo como **resultados** la necesidad de aplicar los lenguajes de desarrollo: html5, CSS3, JavaScript y PHP. Se llega a la **conclusión** que el uso del software permite un diseño igual al de los métodos tradicionales, reduciendo los tiempos en su ejecución y mejorando la eficiencia del proceso de diseño de redes hidráulicas; esta investigación **aporta** en los criterios técnicos y parámetros usados para aplicar en mi tesis.

- (8) en su investigación titulada *Modelación del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para tuberías de acero negro en el cálculo de las pérdidas de presión en sistemas hidráulicos de redes ramificadas*, tienen por **objetivo** analizar el uso del método de Hazen – Williams para tuberías para instalaciones de agua contra incendio, identificando las limitaciones al rango de coeficientes de rugosidad de Hazen – Williams. Utilizaron la **metodología** basada el planteamiento de escenario de diseño y la modelación del coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams en función del número de Reynolds, diámetro y la rugosidad del material para tuberías de acero ASTM A53. Como **resultados** se logró comprobar que el coeficiente de Hazen – Williams CHW cambia dependiendo las condiciones del flujo y del material. Al comparar las pérdidas de presión por fricción H_f conseguidas en función de los coeficientes modelados. **Concluyendo** que existen variaciones del método de Hazen-Williams en relación a otros métodos como son el modelo experimental y el de Darcy – Weisbach, se ha alcanzado una diferencia mínima en el cálculo de las pérdidas H_f ; esta tesis es fundamental y brinda un **aporte** analítico para el análisis y discusión de resultados; ya que sus conclusiones se contraponen a las encontradas en mi investigación y se analizaran los parámetros que conllevan a estas variaciones.
- (9) en su artículo científico titulado *Comparación entre Hazen-Williams y ecuación de Darcy-Weisbach para calcular la pérdida de carga por transporte aguas residuales tratadas en ciudad de Kerbala, Irak*; abarcan el tema del agua residual reutilizada para apoyar el proceso de sostenibilidad del agua. Tiene como **objetivo** general identificar la relación que existe entre la dimensión de las tuberías y las pérdidas de carga en el transporte de agua en conductos cerrados para diferentes materiales. Basado en la **metodología** de una comparación entre las ecuaciones de Darcy-Weisbach y Hazen-Williams para cuatro tipos de material de tubería (hierro dúctil, GRP, concreto y plástico) utilizando WaterCAD Versión 8i. Dentro de la Metodología también se desarrollaron dos modelos hidráulicos para estimar la pérdida de carga en tuberías utilizando diferentes diámetros: primero. Los **resultados** del estudio son los valores de pérdida de carga obtenidos de las ecuaciones de Darcy-Weisbach y Hazen-Williams, que se utilizaron para correlacionarlos mediante

IBM SPSS Statistics. El coeficiente de correlación entre ambas ecuaciones resultó ser 0,991, 0,990, 0,990 y 0,990 para materiales de tuberías de hierro dúctil, GRP, hormigón y plástico. Además, la relación entre la pérdida de carga y el diámetro de la tubería es negativa para ambas ecuaciones, asimismo, los valores de pérdida de carga en la ecuación de Darcy fueron mayores para los materiales de hierro dúctil y GRP, mientras que fueron menores para el hormigón y los materiales plásticos para ambos modelos. La **Conclusión** general es que el diámetro de la tubería afecta la magnitud de la pérdida de carga independientemente del tipo de ecuación, ya sea la de Darcy-Weisbach o la de Hazen-William. Finalmente, esta relación es muy útil para los diseñadores al convertir los valores de pérdida de carga obtenidos usando estas ecuaciones; y es un **aporte** muy relevante para mi investigación los resultados similares identificados por la aplicación de dos métodos diferentes de obtención de diseño hidráulico cálculo de pérdidas de energía.

- (10) en la investigación titulada *Ecuación determinística para el diseño hidráulico de sistemas de riego por salidas múltiples*, tienen por **objetivo** calcular las pérdidas de energía por fricción para determinar el diámetro más económico y objetivo. aplica las ecuaciones de Manning, Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño de un sistema, basados en la ecuación de Manning y Darcy-Wesbach; como parte de la **metodología** se fusionaron algebraicamente las ecuaciones de pérdidas de energía localizada y por rozamiento (Darcy & Wesbach y Manning) y se obtuvieron tres ecuaciones determinísticas; como **resultado** se identificó que para el diseño de salidas múltiples con un rango de error relativo de -0.009 a 0.209% con relación a la ecuación propuesta por la SARH 1979 (CENAMAR); finalmente se llegó a la **conclusión** de que ambos diseño por las dos fórmulas planteadas permiten obtener resultados muy similares sin identificarse variaciones en el diámetro, y costo significativos. La tesis brinda un **aporte** importante como antecedente y referencia de que ambos métodos permiten resultados muy similares pese a trabajarse en sistemas diferentes, este de riego y mi tesis de abastecimiento de agua potable.

(11) en su investigación titulada *Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa*, teniendo como **objetivo**

general la relación del coeficiente de Hazen-Williams respecto a los parámetros dinámicos de los fluidos como son número de Reynolds y la rugosidad relativa. El tipo de investigación es descriptiva y el diseño comparativo dentro del diseño no experimental, se obtuvo como **resultado** que los valores de pérdidas de carga obtenidos por dichas ecuaciones difieren entre sí, excepto cuando se determina el coeficiente de Hazen-Williams en función de la rugosidad relativa y el número de Reynolds; como **conclusión** se menciona que en función de ambas variables y no tiene un valor constante y que las pérdidas de carga por fricción en tuberías utilizando las ecuaciones de Darcy-Weisbach y Hazen-Williams, para diferentes materiales con distintos valores de rugosidad relativa y números de Reynolds y coeficientes de Hazen-Williams, tienen valores despreciables. Esta investigación **aporta** a mi tesis en el análisis a la intervención de otros parámetros como el Numero de Reynolds y la rugosidad relativa y ratifica que insignificancia del uso de cualquiera de los dos métodos.

2.2. Bases teóricas o Científicas

2.2.1. Parámetro de diseño hidráulico

A) Caudal de diseño

De acuerdo con el RNE, en el capítulo de obras de saneamiento indica lo siguiente:

La red de distribución se calculará con la cifra que resulte mayor al comparar el gasto máximo horario con la suma del gasto máximo diario más el gasto contra incendios para el caso de habilitaciones en que se considere demanda contra incendio, indica el (12)

B) Análisis Hídrico

El sistema de redes de abastecimiento de agua potable se plantea en su trazo originalmente en sistemas enmallados o cerrados; sin embargo, existen escenarios donde es difícil plantear un sistema cerrado, como el ámbito rural donde su principal característica es el asentamiento de viviendas de forma dispersa; por lo que el planteamiento de la red es abierto. Para el análisis hidráulico de la red de distribución la determinación del dimensionamiento se realizará en base a cálculos hidráulicos que aseguren caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red.

El Reglamento Nacional de Edificaciones recomienda para el diseño el uso de la fórmula de Hazen y Williams; “Para el análisis hidráulico del sistema de distribución, podrá utilizarse el método de Hardy Cross o cualquier otro equivalente” (1; p.2).

Para el Cálculo hidráulico de las tuberías que para el proyecto son de PVC, al usar las fórmulas de Hazen - William se deberán tener en consideración el parámetro adimensional del coeficiente de fricción “C” para Hazen - Williams; para estos valores de “C”.

C) Velocidades admisibles

Las velocidades del flujo del agua dentro de una tubería deben controlarse para evitar fatiga en la tubería; para (13):

El diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el gasto de diseño con velocidades comprendidas entre 0.6 y 3.0 m/s; y las pérdidas de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible. (p. 55)

Los criterios para el rango de velocidades se identifican en las normas actualmente vigentes a nivel nacional; existiendo solo una restricción adicionada en la guía tecnológica para el diseño de proyectos rurales por el PNSR; que en ningún caso se deberá tener velocidades menores a 0.30 m/s.

D) Presiones de Servicio

En el ámbito rural se ha definido como valor mínimo de presión de servicio en cualquier punto de red o alimentación de agua con una presión de 5 m.c.a. (1)

Así mismo la presione estática no debe ser jamás mayor a 60 m.c.a.

2.2.2. Red de Distribución

Es el componente del sistema de abastecimiento de agua potable que permite llevar el agua tratada y potabilizada desde el reservorio hasta cada vivienda a través de conductores cerrado como tuberías y cuenta con accesorios hidráulicos para el control de caudales; presiones y eficiencia en la operación del sistema.

Dentro de los aspectos generales, la guía de diseño para el abastecimiento rural del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, para el ámbito rural; elaborado por

el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR) vigente desde el año 2018, indica ciertos aspectos a tener en cuenta:

- Las redes de distribución se deben diseñar para el ámbito rural con el caudal máximo diario; ya no se realiza la comparación solicitada en el RNE en el capítulo OS.050.
- Los diámetros mínimos a instalar en la línea de aducción y en las redes principales; es decir aquellas que derivan el caudal a tramos o ramificaciones secundarias o sectores aislados; es de 1 pulgada o 25 mm.
- Los diámetros mínimos a instalar en redes secundarias o anexas son de ¾" o 20mm.
- En la intersección de tuberías no se permite el uso de accesorios tipo cruz; sino con piezas tipo tee, de tal manera que se formen tramos rectos de la tubería de mayor diámetro interno. (1)

A) Redes Ramificadas

Están constituidas por tuberías en forma ramificada a partir de una matriz o tubería principal que aporte del caudal necesario a cada tubería ramal secundario.

Para el diseño se debe determinar el caudal por ramal a partir del método de probabilidades, que está basado en la identificación del número de conexiones o viviendas beneficiarias y un coeficiente de simultaneidad por cada tramo secundario y para el caso de la red matriz o principales se tendrá en consideración el caudal de dicho tramo en función al número de viviendas y se le adicionaran los valores de caudales de diseño de los ramales que derivan del tramo principal.

$$Q_{ramal} = K \sum Q_g$$

Donde:

Q_{ramal} : Caudal de cada ramal en l/s

K : coeficiente de simultaneidad, entre 0.2 y 1.

$$K = \frac{1}{\sqrt{(X - 1)}}$$

Donde:

X : Número total de grifos en el área que abastece cada ramal

Q_g : Caudal por grifo (l/s) > 0.10 l/s

Resolver el Sistema de redes de distribución de agua es un tema muy complejo, entendiéndose que el principal problema radica en la distribución discreta de sus elementos. A menudo se suelen emplear métodos analíticos para resolver problemas de redes de tuberías, siendo para el cálculo de pérdida de presión de carácter empírico la ecuación o metodología de Hazen y Williams o la de Darcy y Weisbach. Para sistemas cerrados o enmallados que pueden ser parte de un sistema integral y ramificado, se usan las aproximaciones sucesivas para resolver métodos de iteración o de aproximaciones sucesivas para resolver problemas reales de redes hidráulicas siendo uno de ellos métodos más usado Hardy-Cross; basado en ecuaciones de continuidad usada para la correlación de circuitos, así pues, determinar los caudales y para tener un adecuado balance entre ellos. (14)

2.2.3. Fluidostática

El comportamiento de un fluido que expresa el balance de fuerzas a lo largo de un conducto y su utilización permite conocer en todo momento las características del fluido; Bernoulli indica que si se desea hacer pasar un fluido cualquiera por una tubería, es necesario una cierta energía; en este proceso de transporte del fluido por el conducto se pierde cierta cantidad de energía entre otras razones por la interacción del fluido con las paredes que lo rodean, ósea por la fuerza de rozamiento que se produce entre el fluido y las paredes del conducto.

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho * g * z_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + \rho * g * z_2$$

Donde:

z_1, z_2 =Elevación en metros

V_1, V_2 = Velocidad en m/s

p_1, p_2 =Presión en Pa

ρ_1, ρ_2 = Densidad en kg/m³

g =Aceleración debido a la gravedad 9.81 m/s²

Cada uno de estos términos corresponden a la presión que produce un fluido:

Presión dinámica $\frac{1}{2}\rho V_1^2$: Es la presión que genera el fluido producto de la profundidad a la que se encuentra.

Presión hidrostática $\rho * g * z_1$: es la presión del fluido en un determinado punto.

Presión estática p_1 : Presión que ejerce un fluido en un punto.

A todo el término de la igualdad antes mencionada se le llamara presión total; y esta presión total es constante, también es conocida como presión teórica siempre y cuando no se consideren las fuerzas de rozamiento del conducto que conduce el fluido.

2.2.4. Fluidodinámica

La dinámica de fluidos se encarga del análisis de los fluidos en movimiento, en los líquidos conocido como hidrostática y su herramienta es el principio de Bernoulli.

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho * g * z_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho * g * z_2 + \Delta p$$

Δp : Perdida de presión del fluido que circula en un conducto que se puede subdividir en tramos rectos y accesorios para tramos con cambios de dirección y/o sección del área hidráulica.

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

De la ecuación de Bernoulli y al usar la ecuación de continuidad se concluye que:

- Al aumentar la sección de la tubería la velocidad del líquido que circula es menor.
- Al aumentar la sección de la tubería la presión en el punto de salida en contacto con presión atmosférica será mayor.

2.2.5. Ecuación de Darcy-Weisbach

La ecuación de Darcy-Weisbach es también conocida como ecuación de Fanning para el campo de la ingeniería industrial y química; esta ecuación es de uso universal en todos los fluidos y permite calcular el diámetro y pérdidas de carga basados en el caudal del fluido que transita por el conducto unidimensional.

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

Donde:

f= Factor fricción de Darcy (adimensional)

hf= Perdida de carga por fricción (m)

D: diámetro interno del tubo

L= Longitud tubería (m)

V= Velocidad media del fluido (m/s)

G: Gravedad = 9.81 m/s²

A) Expresiones y Ecuación de Colebrook y White

Colebrook y White presentaron varios documentos técnicos sobre la fricción en tuberías en la década de 1930; de acuerdo a (15):

La aplicación de la ecuación de Colebrook y White se aplica en tuberías comerciales en la zona de transición entre el comportamiento como tubería lisa y como totalmente rugosa, es decir en las zonas donde tienen influencia para la fricción en la subcapa laminar y también la capa rugosa relativa a la que denomina D/k.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{k}{D} + \frac{9.35}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Donde:

f: factor de fricción de Darcy

k: Rugosidad Absoluta

D: Diámetro

Re: Numero de Reynolds

B) Numero de Reynolds

Establece la relación de la velocidad y el diámetro del conducto en relación a la viscosidad del fluido.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Donde:

μ : viscosidad dinámica del fluido

v: velocidad media del fluido en el interior del conducto.

ρ : densidad del fluido

D: diámetro de la tubería

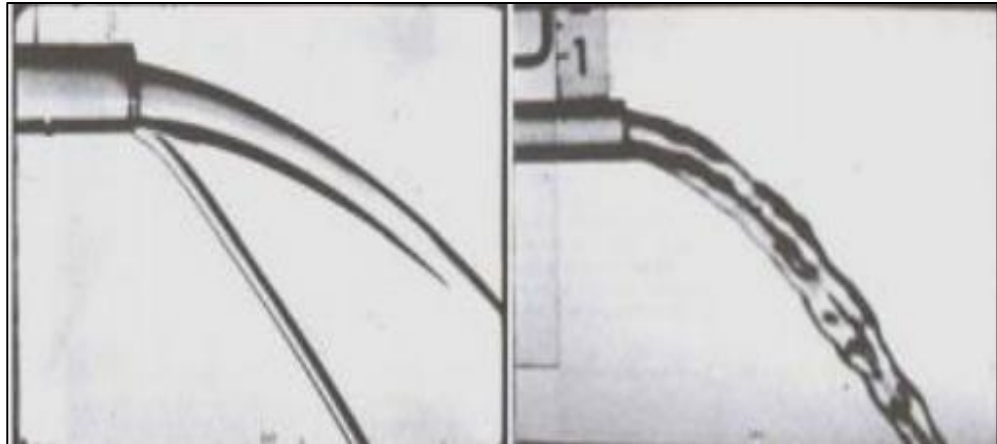
La velocidad, densidad y viscosidad del flujo, y el diámetro de la tubería se pueden apreciar tres tipos de regímenes:

Laminar: $Re < 2000$

Critico: $2000 > Re < 4000$

Turbulento: $Re > 4000$

Figura 1: Chorros laminar y turbulento

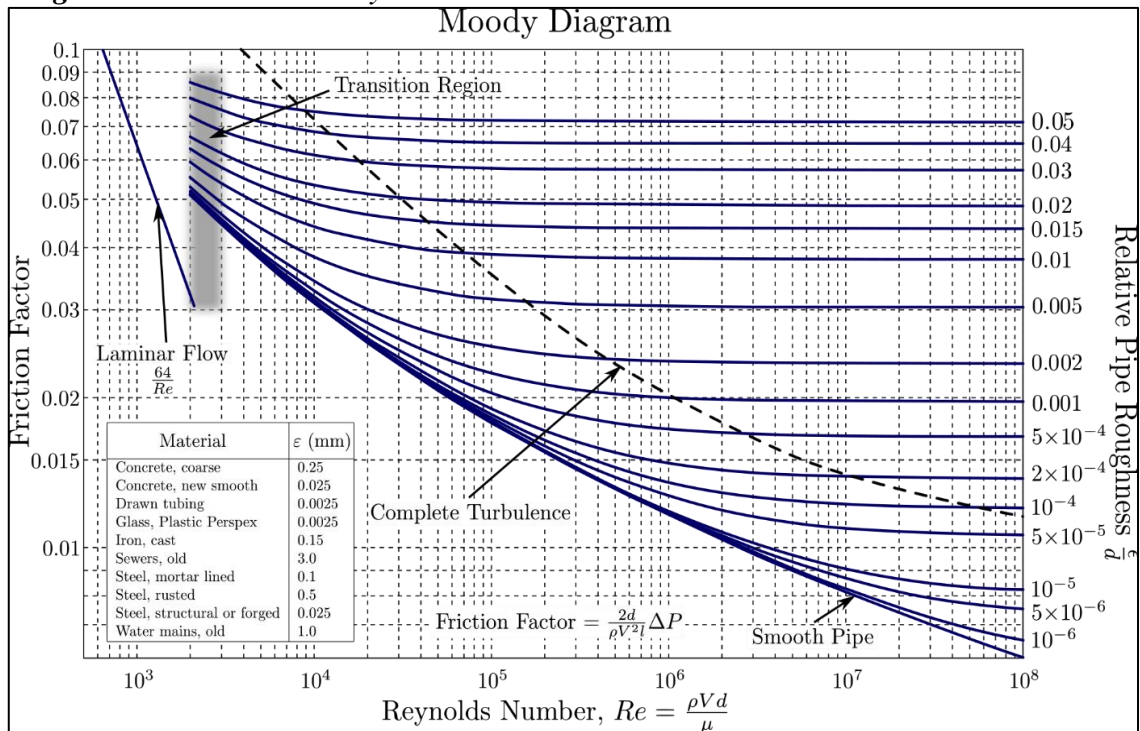


Fuente: S. Beck y R. Collins, University of Sheffield.

C) Abaco de Moody

El diagrama de Moody permite identificar el valor numérico del coeficiente de fricción f , en función al número de Reynolds y la rugosidad interior de la tubería.

Figura 2: Abaco de Moody



Fuente: S. Beck y R. Collins, University of Sheffield.

El parámetro f es adimensional, y es denominado como factor Darcy o de fricción, de la figura 1, los valores de las abscisas son el número de Reynolds y en el eje de ordenadas se verifica los valores del factor de fricción; para Re elevados la rugosidad de la tubería es determinante en las pérdidas; al Abaco plantea tres zonas:

- Laminar: Dependencia inversamente proporcional al Número de Reynolds
- Región intermedia.
- Turbulenta: Dividida también en tres partes completamente distintas:

D) Rugosidad hidráulica

Además, la rugosidad hidráulica de la tubería se determina con la siguiente expresión:

$$\text{Rugosidad hidráulica} = \frac{\rho v \varepsilon}{\mu}$$

Donde:

ρ : densidad del fluido a determinada temperatura

v : velocidad del fluido m/s

ε : coeficiente de rugosidad relativa en función al tipo de material

μ : Viscosidad cinemática del agua líquida a temperatura definida

El coeficiente de fricción f está determinado en función al número de Reynolds Re y el coeficiente de rugosidad relativa ε que se puede determinar su valor en función al tipo de material por donde se conducirá el fluido tal como se muestra en la figura 3.

Figura 3: Tabla de valores de rugosidad relativa de los materiales (mm)

Material	ε (mm)	Material	ε (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Fuente: S. Beck y R. Collins, University of Sheffield.

Así pues, para el desarrollo de los cálculos debemos conocer los valores de la viscosidad del agua a diferentes temperaturas; para lo cual nos apoyaremos en la figura 4; además debemos tener presente la densidad del agua líquida a diferentes temperaturas que podemos ver reflejado en la figura 5.

Figura 4: Valores de viscosidad del agua a diferentes temperaturas

Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)
0	0,001792	34	0,000734	68	0,000416
1	0,001731	35	0,000720	69	0,000410
2	0,001674	36	0,000705	70	0,000404
3	0,001620	37	0,000692	71	0,000399
4	0,001569	38	0,000678	72	0,000394
5	0,001520	39	0,000666	73	0,000388
6	0,001473	40	0,000653	74	0,000383
7	0,001429	41	0,000641	75	0,000378
8	0,001386	42	0,000629	76	0,000373
9	0,001346	43	0,000618	77	0,000369
10	0,001308	44	0,000607	78	0,000364
11	0,001271	45	0,000596	79	0,000359
12	0,001236	46	0,000586	80	0,000355
13	0,001202	47	0,000576	81	0,000351
14	0,001170	48	0,000566	82	0,000346
15	0,001139	49	0,000556	83	0,000342
16	0,001109	50	0,000547	84	0,000338
17	0,001081	51	0,000538	85	0,000334
18	0,001054	52	0,000529	86	0,000330
19	0,001028	53	0,000521	87	0,000326
20	0,001003	54	0,000512	88	0,000322
21	0,000979	55	0,000504	89	0,000319
22	0,000955	56	0,000496	90	0,000315
23	0,000933	57	0,000489	91	0,000311
24	0,000911	58	0,000481	92	0,000308
25	0,000891	59	0,000474	93	0,000304
26	0,000871	60	0,000467	94	0,000301
27	0,000852	61	0,000460	95	0,000298
28	0,000833	62	0,000453	96	0,000295
29	0,000815	63	0,000447	97	0,000291
30	0,000798	64	0,000440	98	0,000288
31	0,000781	65	0,000434	99	0,000285
32	0,000765	66	0,000428	100	0,000282
33	0,000749	67	0,000422		

Fuente: VAXA- <https://www.vaxasoftware.com/indexes.html>

Figura 5: Valores de densidad del agua líquida a diferentes temperaturas

Presión externa: 1 atm = 101 325 Pa

Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

Fuente: VAXA - <https://www.vaxasoftware.com/indexes.html>

Desprendiéndose del diagrama de Moody las correlaciones para diferentes tipos de flujo hidráulico, se recomienda usar la figura 6, aplicando las correlaciones de Colebrook-White se obtendrán valores de coeficiente de fricción más exactos de acuerdo con el número de Reynolds.

Figura 6: Relación Colebrook – White para determinar el coeficiente “f”

NOMBRE COMPORTAMIENTO	NÚMERO DE REYNOLDS	RUGOSIDAD ADIMENSIONAL	CORRELACIÓN COLEBROOK-WHITE
Laminar	Re < 2 500	NO AFECTA	$f = 64/Re$
Intermedio	2 500 < Re < 10 000		$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$
Turbulento liso	10 000 < Re	$\varepsilon^* < 5$	$0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}}$
Turbulento parcialmente rugoso		$5 < \varepsilon^* < 70$	$f = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,72 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$
Turbulento rugoso		$70 < \varepsilon^*$	$f = \left(\frac{1}{1,14 + \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{D} \right)} \right)^2$

Fuente: biblus.us

2.2.6. Ecuación de Hazen y Williams

La ecuación de Hazen-Williams es una correlación netamente experimental, que es usada para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías; es mucho más sencilla que Darcy y Weisbach, sin embargo, se restringe su uso para agua y en condiciones de un flujo turbulento.

El uso de la fórmula de Hazen y Williams es sencillo debido a que el valor de rugosidad C no depende de la velocidad ni el diámetro de la tubería, sin embargo, solo es válida en el agua a temperatura comprendida entre 5 °C y 25 °C; recomendado para conductos mayores a 2 pulgadas o 50.8mm y menores a 6 pies o 1,828.80mm de diámetro. (16)

$$hf = 10.674 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.86}} * L$$

Donde:

hf: Pérdida de carga en m

Q: Gastos o caudal en m³/s

C: Coeficiente de Hazen y Williams

D: Diámetro interior de la tubería en metros.

L: Longitud de la tubería en metros.

La ecuación de Hazen y William para fines prácticos también se puede representar en:

$$Q = 0.0004264 * C * D^{2.63} * S^{0.54}$$

Dónde:

S: Pérdida de carga (m/km)

C: constantemente de fricción de acuerdo con el material

D: Diámetro de Tubería (pulgadas)

Q: Caudal (l/seg)

(17) expreso que una de las principales desventajas o limitaciones de la ecuación de Hazen y Williams es: “la imposibilidad de aplicarla a todo fluido en cualquier condición”.

$$V = R^{2/3} * \left(\frac{h}{L}\right)^{1/2} \frac{1}{n}$$

Donde:

R: Radio hidráulica=Área hidráulica / perímetro mojado (m)

V= velocidad (m/s)

N= Coeficiente de Manning

L= Longitud (m)

h= diferencia de altura entre dos puntos (m)

Ecuación de Hazen y Williams

$$h = k * \frac{L}{D^{1.65}} * \left(\frac{V}{C}\right)^{1.85}$$

DONDE:

D= Diámetro (m)

V= Velocidad (m/s)

C= Factor d Hazen y Williams

L= Longitud (m)

K= 6.79 para V (m/s) y D(m)

h y L= misma unidad de longitud (adimensional)

A) Coeficiente de rugosidad de Hazen y Williams

El coeficiente de fricción para Hazen y Williams se determinó para diferentes materiales de forma empírica, este valor equivale al valor f de la fórmula de Darcy-Weisbach. Resultando una ecuación muy practica para realizar cálculos manuales; sin embargo, al tener valores redondeados por materiales no se tendrán valores exactos en las pérdidas de energía y presiones finales.

(18) desmiente el concepto del coeficiente de rugosidad que muchos entienden por ser únicamente un índice determinado por la lisura de la superficie del conducto y la edad de este. Existen diferentes valores para el valor adimensional del coeficiente de rugosidad de Hazen y Williams, que estarán en función al tipo de material y la condición cuando son nuevos y limpios y cuando llevan varios años de uso, para este último se consideran la acumulación de sedimentos y depósitos que se pueden acumular en la tubería en el transcurso del tiempo. Los conductos más lisos tienen valores más altos de coeficiente “C”.

(19) Indica que es poco conocido que la información que se brinda en estas tablas es correspondiente a diámetros iguales o superiores a 1000 mm. Para diámetros menores a 1000mm se debe realizar una corrección de los valores de rugosidad de Hazen y Williams que se tabularan para determinar lo valores corregido con la siguiente ecuación.

$$C_{HWC} = 0.1(1 - D)C_{HW}$$

Donde:

C_{HWC} : Coeficiente de fricción de la ecuación de Hazen-Williams corregido (adimensional)

D : diámetro de la tubería (m)

C_{HW} : Coeficiente de fricción de la ecuación de Hazen-Williams (adimensional)

Tabla 1. Valores C, coeficiente de rugosidad de Hazen y Williams

Tipo de Tubería	C
Hierro fundido con revestimiento	140
Acero soldado en especial	100
Acero sin costura	120
PVC, HDPE	140-150
Hierro Galvanizado	100-120
Hierro Fundido	100-130

Fuente: Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales.

(20) fue el primero en proponerse conocer las limitaciones de los coeficientes de rugosidad de Hazen y Williams, para lo cual planteo una ecuación que relaciona el valor de “C” con el coeficiente de fricción de Darcy y Weisbach, la rugosidad relativa y del número de Reynolds; reacomodando la ecuación de Hazen y Williams a la

fórmula de Darcy y Weisbach, pudiendo obtener así la relación entre “f”, “C”, D y Re mediante la siguiente ecuación:

$$f = \frac{1013.673}{D^{0.019} Re^{0.148} C_{HW}^{1.852}}$$

Donde:

f: factor de fricción de la ecuación de Darcy-Weisbach

C_{HW} : Coeficiente de fricción de la ecuación de Hazen y Williams (Adimensional)

D: diámetro de la tubería (m)

Re: número de Reynolds (adimensional)

(20) llego a la conclusión de que el valor de “C” depende del régimen de flujo, diámetro de tubería y rugosidad relativa de la pared y de la viscosidad cinemática que estará esta última en función de la temperatura del agua. Finalmente concluye que la fórmula es aplicable en la zona de transición para un rango de valores de “C” entre 100-1600.

2.3. Marco conceptual

a. Redes de agua potable

Es un componente del sistema de agua potable, el mismo que permite llevar el agua tratada, se deben diseñar para el caudal máximo horario, con diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm, y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm para ramales (3, p.127).

b. Método de Hazen y Williams

Es uno de los métodos más usados desde principios del siglo XX para el diseño de sistemas hidráulicos, sin embargo está limitado al flujo de agua en conductos de diámetros mayores a dos pulgadas y menos de seis pies; aunque existen muchos investigadores que indican que no debe usarse en tuberías menores a una pulgada, además la velocidad máxima de diseño es de 3.05 m/s y limitada a un rango de temperaturas entre 5 °C a 25°C; siendo 15 °C la temperatura óptima para el agua, así pues este es el único fluido para su aplicación; como ventajas se encuentran la relación más sencilla del diámetro, además debido a que el coeficiente “C” no está

en función al diámetro de la tubería ni de la velocidad, la ecuación es más sencilla de utilizar. (14)

c. Método de Darcy y Weisbach

El método de Darcy presenta una ecuación que sirve para el cálculo de la pérdida de energía (presión) a causa de la fricción en secciones rectilíneas y largas de tuberías redondas, ya sea para flujo laminar como para flujo turbulento, el coeficiente de rugosidad f depende del tipo de material. (21)

d. Presión de tuberías

La pérdida de presión o de carga en las tuberías es aquella pérdida de energía que se produce en la interacción del fluido que es transportado por un conducto que cuenta con rugosidad; esta interacción fluido y superficie se conoce como fricción. (22)

e. Línea gradiente hidráulica:

Es la pérdida de energía experimentada por unidad de longitud recorrida por el agua. Dicho de otro modo, es la reducción o variación de la potencia hidráulica por unidad de longitud, medida en el sentido del flujo de agua por el transporte dentro de la tubería. (Castillo, 2015).

f. Pérdida de carga unitaria (h_f):

Es la reducción de energía en la tubería por unidad de longitud ocasionada por la resistencia que posee el material del conducto al paso del agua. Su medida se expresa en m/km o m/m (Castillo, 2015).
Peso específico: Es el peso de esa sustancia por unidad de volumen, esto es el resultado de dividir un peso conocido (N) entre un volumen conocido (cm^3) (Aplicaciones técnicas procesos productivos, 2008).

g. Caudal (Q):

El volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado. Un caudal se calcula mediante la siguiente fórmula: $Q=V/t$, siendo Q (caudal), V (volumen) y t (tiempo). Normalmente se mide el volumen en litros y el tiempo en segundos. (23)

h. Velocidad (V):

La velocidad de flujo es la connotación utilizada para referirse a la cantidad de fluido que pasa por un punto determinado en un lapso de tiempo definido. La velocidad de flujo aumenta a medida que disminuye el área de trayectoria de flujo, los tubos más pequeños tendrán velocidades más altas y los tubos más altos velocidades más pequeñas, asimismo a mayor velocidad de flujo se incrementa la pérdida de energía.

i. Carga Piezométrica:

“Si la presión ejercida por encima de la superficie libre del fluido es diferente a la presión ambiental que hay fuera del área de interés, se requiere entonces de un cambio. Un método conveniente entonces sería utilizar el concepto de carga piezométrica, donde la presión real por encima del fluido, P_a , se convierte a una profundidad equivalente del fluido, que crearía la misma presión” (11, p. 75).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3. Hipótesis

3.1. Hipótesis general

El análisis comparativo del método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo, es significativo.

3.2. Hipótesis específicas

- a. El análisis comparativo de las velocidades del fluido por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo, es significativo.
- b. El análisis de contrastación de las pérdidas de carga por fricción por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo, es relevante.
- c. La comparación de presión por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo, es significativo.

3.3 Variables

3.3.1. Definición conceptual de la variable

A) Variable Única: Sistema de redes de agua potable

Es un componente del sistema de agua potable, el mismo que permite llevar el agua tratada, se deben diseñar para el caudal máximo horario, con diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm, y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm para ramales (3, p.127).

3.3.2. Definición operacional de la variable

A) Variable Única: Sistema de redes de agua potable.

El diseño de las redes de distribución está enfocado en la determinación del comportamiento hidráulico del agua dentro de las tuberías donde se debe determinar la presión dinámica en cada tramo de las redes, siendo necesarios conocer los parámetros de la velocidad de fluido, el coeficiente fricción y pérdida de carga o

energía en cada tramo, a partir de estos se podrá realizar el modelamiento de cada tubería instalada y así trabajar en función a sus dimensiones.

D1: Hazen y Williams (determinación de la velocidad de fluido, pérdida de carga por fricción y la presión mediante la aplicación de teorías de amplia difusión).

D2: Darcy – Weisbach (determinación de la velocidad de fluido, pérdida de carga por fricción y la presión mediante la aplicación de teorías de amplia difusión).

Dividido en indicadores que se emplearan para detectar de forma clara sus dimensiones.

3.3.3. Operacionalización de la variable

Tabla 2. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTOS	ESCALA
Variable Independiente (X): SISTEMA DE REDES DE AGUA POTABLE	Es un componente del sistema de agua potable, el mismo que permite llevar el agua tratada, se deben diseñar para el caudal máximo horario, con diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm, y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm para ramales (3, p.127).	El diseño de las redes de distribución está enfocado en la determinación del comportamiento hidráulico del agua dentro de las tuberías donde se debe determinar la presión dinámica en cada tramo de las redes, siendo necesarios conocer los parámetros de la velocidad de fluido, el coeficiente fricción y pérdida de carga o energía en cada tramo, a partir de estos se podrá realizar le modelamiento de cada tubería instalada.	Hazen y Williams	Velocidad de flujo	m/s	Ficha de registro de datos	Escala de razón
				Perdida de carga por fricción “Hf	m.	Ficha de registro de datos	Escala de razón
				Presión	m.c.a.	Ficha de registro de datos	Escala de razón
			Darcy Weisbach	Velocidad de flujo	m/s	Ficha de registro de datos	Escala de razón
				Perdida de carga por fricción “Hf	m.	Ficha de registro de datos	Escala de razón
				Presión	m.c.a.	Ficha de registro de datos	Escala de razón

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

En la investigación se utilizó el **método científico**, pues según Carrasco (2006, p. 269) esta metodología es considerado un sistema de pasos estratégicamente ordenados para resolver problemas de investigación y probar hipótesis.

La investigación se realizó de manera no experimental, siendo relevante solo identificar las variaciones de los parámetros que dan lugar al diseño de tuberías en redes de distribución teniendo como grupo de estudio 02 metodologías para el diseño, el uso de las fórmulas de Hazen y Williams y el uso de las fórmulas de Darcy y Weisbach, ambas para el estudio explicativo de una única variable que es el sistema de redes de agua potable.

4.2. Tipo de investigación

Para (24) La investigación es de tipo aplicada se orienta en abordar y solucionar dificultades específicas o prácticas.

Mi investigación se enfocará en el análisis comparativo de método de Hazen - Williams y Darcy – Weisbach que se genera al diseñar el sistema de redes de agua potable, en ese contexto se procederá a realizar el diseño hidráulico aplicando los métodos precedentes de los cuales nos proporcionarán una data para validar y comparar la variación de la información.

De acuerdo al análisis descrito precedentemente el **tipo de investigación es tecnológica**, dado que se obtuvo información sobre la eficiencia de cada método estudiado; lo cual aumenta al comparar estos dos métodos, la investigación no solo pretende contribuir al conocimiento técnico, sino también mejorar el diseño de infraestructura hídrica en una comunidad real, proporcionando información útil para tomar decisiones en el cálculo hidráulico.

4.3. Nivel de investigación

La presente investigación pertenece al **nivel de investigación explicativo**, porque pretende explicar las causas y efectos de comparación del método de Hazen - Williams y con el método de Darcy - Weisbach. En ese mismo orden, Espinoza

(2010, p. 76) sostiene que en este nivel se trata de explicar relaciones causa efecto entre variables y/o dimensiones de estudio.

4.4. Diseño de la investigación

El diseño no experimental, es aquel que tiene por característica que el investigador no interviene de manera directa, es decir no existe manipulación deliberada de la variable; se basa más en la observación de los fenómenos tal y como se presentan, para finalmente poder analizarlos (25).

En referencia a ello, la investigación utilizo mecanismo de descripción y recolección de datos, como el levantamiento topográfico; parámetros de dotaciones, entre otros; con la finalidad de comparar el diseño hidráulico a partir de sus parámetros como son perdidas por fricción, velocidad y pérdida de presión en cada nodo por el método de Hazen - Williams y con el método de Darcy - Weisbach así pues identificar las variaciones en cada parámetro antes definido y si estos son relevantes para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo; dichos datos han sido identificados del planteamiento teórico; sin la necesidad de alterar ninguna variable; por lo que se podemos inferir en que *la investigación es de diseño no experimental comparativo*; ya que analiza a partir de datos recolectados dos unidades de estudio, las cuales son el método de Darcy-Weisbach y Hazen-Williams; para una sola variable, que es el sistema de redes de agua potable de Rundo; el diseño se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3. *Condición y evaluación del diseño de investigación*

Muestra	Medición de evaluación
G1	O1
G2	O2

Fuente: Elaboración propia.

G1= Método de Hazen y Williams

O1= Diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo

G2= Método de Darcy y Weisbach

O2= Diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Con respecto a la población, para Carrasco (2006) es la agrupación de las unidades de análisis de un entorno donde se desarrolla la tesis (p. 237). La población fue finita, definida por el sistema de redes de distribución de agua potable de la localidad de Rundo, en el distrito de Daniel Hernández en la provincia de Tayacaja - Huancavelica.

4.5.3. Muestra

Para la investigación la muestra viene a ser la misma población, ya que el sistema de redes de distribución de agua potable de la localidad de Rundo es viable para su análisis de manera integral por las características de la localidad.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas

A) Fuentes abiertas

Es una técnica de recolección de datos en la cual se identifica información accesible y pública de instituciones públicas y/o privadas (14), para esta investigación se recolecto información del expediente técnico existente, planos, memoria de cálculo; así como documentos del rediseño y variaciones en la ejecución del sistema de agua potable que ejecuto el Programa Nacional de Saneamiento Rural.

B) Análisis de documentos

El análisis documental es una técnica de recolección de datos indirecta que consiste en la exhaustiva revisión bibliográfica con el propósito de recopilar información de fuentes de investigación tales como: libros, tesis, noticias, normativas nacionales e internacionales relacionadas con las variables de estudio (Espinoza, 2010, p. 83).

4.6.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la presente tesis están estandarizados por la aplicación de teorías de amplia difusión para la determinación del comportamiento

y diseño hidráulico en sistemas de abastecimiento; teorías de determinación de variaciones de energía basadas en la ecuación de continuidad de energía de Bernoulli para fluidos, las fórmulas de aplicación para la determinación de las pérdidas de carga por fricción de Hazen – Williams y la ecuación de Coolebrook y White para el coeficiente de fricción de Darcy - Weisbach “f” y determinar la pérdida de carga por fricción “H_f” y así determinar la variación de la comparación entre ambos métodos. Se determinará el coeficiente de fricción de Hazen – Williams acorde a las normas que rige el diseño de redes de agua potable como son el Reglamento Nacional de Edificaciones en su capítulo de las Obras de Saneamiento OS.050; así como la guía de opciones tecnológicas para obras de saneamiento rural aprobada y vigente mediante R.M. N° 192-2018-VIVIENDA.

A) Guías de observación y recolección de datos

Es el instrumento de la técnica observación directa, mediante el cual se registra la información cuando el investigador esta personalmente en contacto con el fenómeno (Gonzales at al, 2011, p. 148). De esta forma en la tesis se emplearon las siguientes guías de observación y recolección de datos que se elaboraron en base a las Normas Técnicas Peruanas:

- Método de pérdidas de energía de Hazen y Williams
- Método de pérdida de energía de Darcy y Weisbach
- OS.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones
- Norma técnica de diseño: R.M. N° 192-2018-VIVIENDA
- Software AutoCad 2022
- Software Ms. Excel.
- Tabla de Fisher $\alpha = 0.05$

B) Fichas

Las fichas de resumen se utilizaron como instrumentos para recopilar información de fuentes de investigación relacionadas con las variables, dimensiones e indicadores de estudio para contribuir a la resolución del problema de planteado en esta tesis.

4.6.3. Validez y confiabilidad de los instrumentos

De acuerdo con Hernández y Mendoza (24), la validez es el nivel en que un instrumento mide con certeza la variable de investigación. Se logra al demostrar que el instrumento refleja validez de contenido y criterio. En esta investigación la validez de contenido no fue necesario ya que los instrumentos para realizar la medición de las dimensiones fueron fórmulas de amplia difusión y confiabilidad en la dinámica de fluidos; formulas como la de Darcy-Weisbach, Cobrelook; Bernoulli; no requieren de validación de expertos.

La confiabilidad o fiabilidad es la medida en que un instrumento de recolección de datos produce resultados consistentes y coherentes en la muestra (Hernández y Mendoza, 2018), al ser los instrumentos teorías de ecuaciones que son aplicadas de manera general a nivel mundial; no es necesario realizar un test de confiabilidad a ecuaciones de Hazen y Williams y de Darcy y Weisbach; ya que estos métodos de cálculo del comportamiento hidráulico y determinación de pérdidas de energía en un fluido han sido verificadas y son aplicadas permanentemente en el diseño y transporte de fluidos en conductos cerrados.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para poder llegar a identificar los datos que dan lugar a atender las características y parámetros de diseño por ambos métodos y unidades de estudio; primero se realizó el levantamiento topográfico de la localidad de Rundo; asimismo se consideraron los valores estadísticos de índice de crecimiento poblacional y dotaciones de acuerdo a las normas vigentes. Los datos identificados en el levantamiento topográfico son procesados al software civil3D; desde los cuales se generan las curvas de nivel y ubicación de los lotes y viviendas del sistema de redes de agua potable a partir de este se identifican los desniveles distancias para poder realizar el procesamiento y diseño de las redes de distribución por otro lado se tiene en consideración también los caudales identificados con los datos estadísticos previamente determinados. De los resultados de la recolección de datos y cálculo de cada parámetro a estudiar se procesaron de manera ordenada en el software Microsoft Excel, obteniendo, grafico, tablas y datos estadísticos descriptivos, así como el modelamiento en el software WaterCad V8i.

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación se realizaron de acuerdo con el análisis cuantitativo.

4.8. Aspectos éticos de la Investigación

Los aspectos éticos constituyen una parte integral en la formación del investigador, dado que la transparencia intelectual resulta fundamental en la producción de investigaciones de calidad (Rivas, 2017). Para esta tesis el contenido cumple con la estructura de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana los Andes, aprobado mediante Resolución Nro. 0842-2022-CU; las referencias bibliográficas cumplen con el estilo ISO-690 para evitar plagios y garantizar la propiedad intelectual de los autores consultados. Además, la investigación fue revisada por el software antiplagio Turnitin contando con un porcentaje menor al 25 % de similitud, determinado como plagio sin intención según Resolución Nro. 0780-2023-CU-UPLA.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

Se realizó el diseño hidráulico de las redes de distribución del sistema de agua potable en la localidad del anexo de Rundo teniendo en cuenta que el parámetro de mayor incidencia en cuanto al diseño y cálculo hidráulico es la presión y esta es afectada por la pérdida de carga por fricción debido a la fricción en el flujo del agua a través de tuberías; el trabajo partido de la revisión de los planos y contrastación en campo del sistema de agua potable existente y que fue ejecutado el año 2015 por el Programa Nacional de Saneamiento Rural en cofinanciamiento del Programa de Cooperación Española PROCOES. En seguida se realizaron los diseños del sistema de agua potable aplicando las fórmulas del método de Hazen – Williams y posteriormente por el método de Darcy - Weisbach; entendiéndose que este último requiere de más detalles, se identificaron valores de la viscosidad cinemática y dinámica en función a la temperatura ambiente.

Posteriormente se realizó el rediseño y determinación del cálculo de presiones; Es importante mencionar que no se cambiaron los diámetros de las tuberías, ya que la investigación consistió en determinar las variaciones hidráulicas mas no plantear los diseños de tuberías optimas en el proyecto, en ese contexto, se tiene como data una población futura de 607 habitantes con una tasa de crecimiento de 1.19% el cual fue determinado mediante la formula aritmética, periodo de diseño de 20 años, dotación de 80 lph, caudal promedio diario de anual de 0.77 lps, caudal máximo horario de diseño de la línea de aducción de 1.537 y diámetros de tubería clase tipo 10 de Pvc de 1 ½”, 1” y ¾”, dichos datos se encuentran en los anexos.

Por lo que, considerando los valores de la data obtenida se determinaron los valores de la velocidad de flujo dentro de las tuberías; perdidas por fricción en cada tramo del sistema de tuberías y finalmente variaciones en la determinación de presiones por cada tramo del sistema de agua potable.

5.2. Descripción de los resultados

Los resultados han sido determinados en cuanto a los indicadores de cada una de las dimensiones, que vienen a ser los parámetros que se determinaron en base a la aplicación de la ecuación de la dimensión Hazen y Williams; teniendo como valores

a calcular la pérdida de carga por fricción “Hf” para Hazen y Williams en el cual parámetro de coeficiente de rugosidad se obtuvo de la normativa vigente, también se realizó el cálculo de la Velocidad de flujo m/s de acuerdo a Hazen y Williams; Presión en m.c.a. para Hazen y Williams determina con la ecuación de Bernoulli; para el caso de la dimensión de Darcy-Weisbach en el sistema de tuberías de distribución de igual forma se identificaron los valores de pérdida de carga por fricción “Hf” para Darcy y Weisbach en el cual el parámetro de mayor incidencia es el coeficiente de fricción el cual se obtuvo aplicando la expresión y correlación de Colebrook y White, también se desarrolló la velocidad de flujo m/s dentro de las tuberías de PVC en cada tramo para Darcy y Weisbach y la presión en m. por Darcy y Weisbach para lo que se identificó que la temperatura ambiente del agua en las redes de tuberías de agua potable en el anexo de Rundo es de 12 °C aproximadamente; estos resultados fueron corroborados en el diseño y modelamiento del sistema de tuberías en el programa WaterCad V8i que se encuentra anexa a la tesis.

Determinación y comparación de los valores de velocidad del fluido de acuerdo con los diámetros de tuberías existentes por los métodos Hazen-Williams y Darcy-Weisbach:

Tabla 4. *Determinación y comparación de las velocidades de fluido en cada tramo de la red por método Hazen - Williams y Darcy -Weisbach*

Tramo de tuberías	Caudal de Diseño (l/s)	Diámetro de tubería (mm)	Velocidad de fluido (m/s)			
			V (Hazen-Williams)	V (Darcy-Weisbach)	Variaciones de comparación de Velocidad	
RES1	CRPT7	1.537	44.400	0.990	0.993	-0.003
CRPT7	CRP-1	1.537	44.400	0.990	0.993	-0.003
CRP-1	CRP-2	1.537	44.400	0.990	0.993	-0.003
CRP-2	B	1.537	44.400	0.990	0.993	-0.003
B	C	0.056	29.400	0.080	0.082	-0.002
B	D	1.368	44.400	0.880	0.884	-0.004
D	E	0.022	29.400	0.030	0.032	-0.002
D	CRP-3	1.346	44.400	0.870	0.869	0.001
CRP-3	G	1.346	44.400	0.870	0.869	0.001
G	I	0.112	29.400	0.160	0.165	-0.005
I	K	0.011	22.900	0.030	0.027	0.003
I	J	0.090	29.400	0.130	0.133	-0.003
G	H	1.167	44.400	0.750	0.754	-0.004

H	F	0.247	29.400	0.360	0.364	-0.004
F	F'	0.022	22.900	0.050	0.053	-0.003
F	L	0.191	29.400	0.280	0.281	-0.001
L	CRP-6	0.180	29.400	0.270	0.265	0.005
CRP-6	N	0.180	29.400	0.270	0.265	0.005
H	CRP-4	0.796	44.400	0.510	0.514	-0.004
CRP-4	O	0.796	44.400	0.510	0.514	-0.004
O	CRP-7	0.124	29.400	0.180	0.183	-0.003
CRP-7	P	0.124	29.400	0.180	0.183	-0.003
O	CRP-5	0.650	44.400	0.420	0.420	0.000
CRP-5	Q	0.650	44.400	0.420	0.420	0.000
Q	R	0.448	44.400	0.290	0.289	0.001
R	S	0.067	29.400	0.100	0.099	0.001
R	T	0.336	44.400	0.220	0.217	0.003
T	U	0.045	29.400	0.070	0.066	0.004
T	V	0.269	44.400	0.170	0.174	-0.004
V	W	0.090	29.400	0.130	0.133	-0.003
V	X	0.157	29.400	0.230	0.231	-0.001
X	Z	0.011	22.900	0.030	0.027	0.003
X	Y	0.067	29.400	0.100	0.099	0.001
Q	Ñ	0.180	29.400	0.270	0.265	0.005

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la comparación en la determinación de velocidad del fluido, las variaciones máximas donde 0.005 m/s en el tramo Q-Ñ, donde es superior por el método de Hazen-Williams; y el valor de variación más significativo en donde el método Darcy-Weisbach es mayor es para el tramo G-I con un valor de 0.005 m/s. La variación entre ambos métodos para el cálculo de velocidad promedio en todos los tramos es de 0.003 m/s.

Determinación y contrastación de los valores de pérdidas de carga por fricción (Hf) de acuerdo con los diámetros y caudal de tuberías existentes:

Tabla 5. Determinación y contrastación de las Pérdidas de carga por fricción (Hf) por método Hazen - Williams y Darcy -Weisbach.

Tramo de tuberías	Caudal de Diseño (l/s)	Diámetro de tubería (mm)	Pérdidas de carga por fricción (m)					
			Hf Hazen y Williams	Hf Darcy-Weisbach a 20°C	Variación de contrastación de las pérdidas Hf (20°C)	Hf Darcy-Weisbach a 12°C	Variación de contrastación de las pérdidas Hf (12°C)	
RES1	CRPT7	1.537	44.400	8.56	7.71	0.85	8.07	0.48

CRPT7	CRP-1	1.537	44.400	3.50	3.15	0.35	3.30	0.20
CRP-1	CRP-2	1.537	44.400	10.87	9.79	1.07	10.26	0.61
CRP-2	B	1.537	44.400	5.26	4.74	0.52	4.97	0.30
B	C	0.056	29.400	0.06	0.04	0.02	0.05	0.01
B	D	1.368	44.400	0.46	0.42	0.04	0.44	0.02
D	E	0.022	29.400	0.01	0.02	-0.01	0.02	-0.01
D	CRP-3	1.346	44.400	1.02	0.93	0.09	0.97	0.05
CRP-3	G	1.346	44.400	2.28	2.07	0.20	2.17	0.10
G	I	0.112	29.400	0.16	0.18	-0.02	0.19	-0.04
I	K	0.011	22.900	0.01	0.03	-0.01	0.03	-0.02
I	J	0.090	29.400	0.15	0.18	-0.03	0.19	-0.04
G	H	1.167	44.400	2.94	2.71	0.23	2.84	0.10
H	F	0.247	29.400	1.58	1.62	-0.04	1.72	-0.14
F	F'	0.022	22.900	0.01	0.01	0.00	0.01	-0.01
F	L	0.191	29.400	0.20	0.22	-0.01	0.23	-0.03
L	CRP-6	0.180	29.400	0.40	0.43	-0.03	0.46	-0.05
CRP-6	N	0.180	29.400	2.01	2.16	-0.14	2.29	-0.27
H	CRP-4	0.796	44.400	1.02	0.97	0.05	1.02	0.00
CRP-4	O	0.796	44.400	1.46	1.39	0.07	1.46	0.00
O	CRP-7	0.124	29.400	0.58	0.65	-0.07	0.69	-0.12
CRP-7	P	0.124	29.400	0.67	0.76	-0.09	0.81	-0.14
O	CRP-5	0.650	44.400	0.53	0.52	0.01	0.55	-0.01
CRP-5	Q	0.650	44.400	1.04	1.02	0.03	1.07	-0.03
Q	R	0.448	44.400	0.13	0.13	0.00	0.13	-0.01
R	S	0.067	29.400	0.22	0.27	-0.05	0.16	0.05
R	T	0.336	44.400	0.12	0.13	-0.01	0.14	-0.01
T	U	0.045	29.400	0.06	0.05	0.01	0.07	0.00
T	V	0.269	44.400	0.04	0.04	0.00	0.04	-0.01
V	W	0.090	29.400	0.20	0.24	-0.04	0.25	-0.05
V	X	0.157	29.400	0.89	0.97	-0.08	1.03	-0.14
X	Z	0.011	22.900	0.01	0.03	-0.02	0.04	-0.03
X	Y	0.067	29.400	0.17	0.22	-0.04	0.13	0.04
Q	Ñ	0.180	29.400	1.93	2.06	-0.14	2.19	-0.26
						Max de variación	1.07	0.61
						Min de variación	0.00	0.00
						Var. Prom de todos los tramos	0.13	0.02

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados y de la contrastación de los valores de pérdidas de carga por fricción “Hf” por el método Hazen -Williams y Darcy -Weisbach , se identificó que las variaciones de las pérdidas entre los métodos en mención, la variación más significativa de presión

superior es generado por el método de Hazen y Williams de 1.07 m y se presenta en el tramo CRP-1 a CRP-2; además que la variación máxima donde la fórmula de Darcy y Weisbach es superior a la Hazen y Williams ocurre en el tramo Q-Ñ y es de 0.14 m este análisis para la temperatura máxima de la localidad de Rundo de 20°C; por último la variación en promedio en todos los tramos es de 0.13 m Por otro lado, para la temperatura ambiente de la localidad de Rundo de 12°C el valor máximo de variación de las pérdidas de carga por fricción aplicando los métodos en mención es de 0.61 m en el tramo CRP-1 a CRP-2 está mayor perdida determinada es por el método de Hazen-Williams, en el tramo CRP-6 a N se genera la variación más significativa de perdida de presión por fricción por el método Darcy – Weisbach siendo este dato mayor a 0.27 en comparación a la formula Hazen – Williams, el valor mínimo de varianza entre ambos métodos es de 0.00 en los tramos H a CRP-4, CRP-4 a O, T a U, por último el valor promedio de variación de todos los tramos es de 0.02 m.

Determinación y comparación de los valores de presión en cada tramo (Pf) de acuerdo con los diámetros y caudal de tuberías existentes

Tabla 6. *Determinación y comparación de los valores de la presión final en cada tramo.*

Tramo de tuberías	Caudal de Diseño (l/s)	Diámetro de tubería (mm)	Presión final en cada tramo					
			Presión final Hazen y Williams	Presión final Darcy-Weisbach a 20°C	Presión final Darcy-Weisbach 12°C	Variación de la comparación en las presiones 20°C	Variación de la comparación de las presiones 12°C	
RES1	CRPT7	1.537	44.400	33.70	34.55	34.19	-0.85	0.48
CRPT7	CRP-1	1.537	44.400	40.52	40.87	40.72	-0.35	-0.20
CRP-1	CRP-2	1.537	44.400	40.07	41.15	40.68	-1.07	-0.61
CRP-2	B	1.537	44.400	36.26	36.78	36.55	-0.52	-0.30
B	C	0.056	29.400	38.63	39.17	38.93	-0.54	-0.30
B	D	1.368	44.400	38.23	38.80	38.55	-0.56	-0.32
D	E	0.022	29.400	27.26	27.82	27.57	-0.56	-0.31
D	CRP-3	1.346	44.400	42.84	43.49	43.20	-0.65	-0.37
CRP-3	G	1.346	44.400	11.20	11.41	11.31	-0.20	-0.10
G	I	0.112	29.400	15.00	15.17	15.06	-0.18	-0.07
I	K	0.011	22.900	20.00	20.17	20.05	-0.16	-0.05
I	J	0.090	29.400	32.26	32.41	32.29	-0.15	-0.03
G	H	1.167	44.400	33.13	33.57	33.33	-0.44	-0.20
H	F	0.247	29.400	35.10	35.49	35.17	-0.39	-0.07
F	F'	0.022	22.900	39.49	39.88	39.55	-0.39	-0.06

F	L	0.191	29.400	37.36	37.74	37.40	-0.38	-0.04	
L	CRP-6	0.180	29.400	48.15	48.50	48.14	-0.35	0.01	
CRP-6	N	0.180	29.400	36.05	35.90	35.77	0.14	0.27	
H	CRP-4	0.796	44.400	36.14	36.63	36.35	-0.48	-0.20	
CRP-4	O	0.796	44.400	18.16	18.23	18.16	-0.07	0.00	
O	CRP-7	0.124	29.400	45.85	45.84	45.73	0.01	0.12	
CRP-7	P	0.124	29.400	16.00	15.91	15.86	0.09	0.14	
O	CRP-5	0.650	44.400	27.28	27.36	27.26	-0.08	0.02	
CRP-5	Q	0.650	44.400	16.42	16.44	16.39	-0.03	0.03	
Q	R	0.448	44.400	16.84	16.87	16.80	-0.03	0.04	
R	S	0.067	29.400	38.50	38.47	38.52	0.03	-0.02	
R	T	0.336	44.400	17.67	17.69	17.63	-0.02	0.05	
T	U	0.045	29.400	33.34	33.37	33.29	-0.03	0.05	
T	V	0.269	44.400	17.97	17.98	17.91	-0.02	0.05	
V	W	0.090	29.400	31.82	31.80	31.71	0.02	0.11	
V	X	0.157	29.400	26.75	26.68	26.55	0.07	0.20	
X	Z	0.011	22.900	33.41	33.33	33.19	0.08	0.22	
X	Y	0.067	29.400	33.70	33.59	33.55	0.11	0.15	
Q	Ñ	0.180	29.400	25.40	25.29	25.11	0.11	0.29	
							Variación máxima	1.07	0.61
							Variación mínima	0.01	0.00
							Promedio de la variación de todos los tramos	0.27	0.16

Fuente: Elaboración propia.

De la determinación de los valores y comparación de las presiones del sistema de tuberías de agua potable, se realizó el análisis para temperatura ambiente de 20 °C, identificándose que el tramo con valor más significativo de variación de presiones en el cálculo a partir de los métodos de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach se identificó en el tramo CRP-01 a CRP-02 con un valor de variación de presión de 1.07 superior por el método de Hazen-Williams; y el valor más significativo de variación de presiones para un valor mayor determinado por el método de Darcy-Weisbach se identificó en el tramo CRP-06 a N con un valor de 0.14 m.c.a.; y el valor mínimo de variación de todos los tramos es de 0.01 y por último el promedio de variaciones de presiones en todos los tramos es de 0.27 m.c.a.; además se analizó las variaciones de comparación de presiones entre ambos métodos para la temperatura ambiente de la localidad de Rundo que es de 12 °C; identificándose un valor máximo de variación entre los métodos de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach de 0.61 m.c.a. en el tramo comprendido entre las estructuras de la CRP-1 a CRP-2 para un

valor superior por el método de Darcy-Weisbach; por otro lado para el valor máximo de variación con un valor superior por el método de Hazen – Williams se identificó al tramo D a CRP-3 con un valor de presión de 0.37 m.c.a.; el valor promedio de variación de las presiones entre cada uno de los tramos es de 0.16 m.c.a.

Análisis y Contrastación de Hipótesis

Mediante la aplicación del cálculo estadístico de varianza ANOVA se determinó la significancia del análisis comparativo del diseño del sistema de redes de agua potable de Rundo entre el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach, la regla de decisión se tomó a partir del valor crítico (acepta H_0 ; si $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabla}}$). La hipótesis alterna indicaba que existe una variación significativa en el diseño, sin embargo, se demostró que no existe relación significativa en vista que la variación determinada por la varianza anova $F_{\text{calculado}}$ en cuanto a la velocidad, pérdida de carga por fricción 0.00831 y presión 0.0059 es menor a F_{tabla} 4.001 dato determinado con la tabla Fisher de alfa de riesgo $\alpha=0.05$. En ese contexto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que refiere que no existen variación significativa en los parámetros hidráulico del diseño de agua potable por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis en la aplicación del método de Hazen-William y Darcy -Weisbach identifica que las variaciones en cada uno de los parámetros hidráulico en las tuberías a presión para el sistema de agua potable no son significativas en vista que no existen diferencias en el comportamiento dinámico del agua dentro de las tuberías de la red, siendo iguales la velocidad del fluido en todos sus tramos, determinando variaciones en las pérdidas de carga por fricción en las tuberías con valores muy despreciables así como de presiones finales en cada tramo de tuberías para la temperatura ambiente y para la temperatura a la cual se encuentra instalada el sistema de agua potable de la localidad de Rundo que es de 12°C; concluyendo que el análisis entre ambos métodos no es significativo porque se puede usar la fórmula de Hazen y Williams en temperaturas comprendidas entre 5°C y 25°C dando mayor relevancia a que no se limita a diámetros de tuberías superiores a 50.80mm o 2 pulgadas, ya que se demostró en el análisis del sistema de agua de Rundo que con diámetros comprendidos entre 1 ½” (44.9 mm) hasta 29.4 mm (3/4”) donde se aplica el método de Hazen-Williams no existen variaciones significativas en las velocidad, perdidas de presión ni presiones finales en el sistema de tuberías de PVC NTP 399.002 el sistema de agua potable de la localidad de Rundo; lo que se contrapone a muchas bibliografías y recomendaciones incluso de instituciones nacional como del Ministerio de vivienda, y diversidad bibliografías que indican que se use la fórmula de Hazen-Williams se encuentra restringido, tal como indica (16) que el uso de la fórmula de Hazen-Williams se realiza solo para conductos mayores de dos pulgadas o 50.80 mm de diámetro; pese a que se tuvieron en consideración las características del fluido a temperatura de 12°C, viscosidad cinemática y dinámica, tipo de flujo y numero de Reynolds, no han habia variaciones significativas en el diseño por ambos métodos.

Respecto a las velocidades de fluido agua, las variaciones de las velocidades son despreciables y esto se debe básicamente a que este parámetro de los fluidos está definido por el caudal de diseño de cada tramo de tubería y diámetro interno de las tuberías; como se sabe los valores del diámetro de tuberías y de los caudales de diseño es el mismo para cada tramo de tuberías. Por lo que no existe variaciones en este primer parámetro. En el

análisis (4) en la ejecución de su investigación en el diseño de las redes de agua potable en la localidad de Allpa Prccuna en Ayacucho, identifica velocidades comprendidas entre 0.60 a 2.94 m/s; para diámetros de tuberías de 85.30mm; 70.40mm y 57.80mm; para la línea de conducción con diámetro de 3· determinaron velocidad de 4.07 m/s, la aplicación de estos resultados se realizó con el método de Hazen y Williams, y concluye en que las velocidades son mayores a diámetros menores y se comportan de forma inversamente proporcional al caudal; dichos resultados son similares con nuestra investigación donde para diámetros de 44.4mm se obtienen velocidades de 0.99 m/s; y para diámetros menores comprendidos entre 29.4mm se identifican velocidades de hasta 0.03 m/s, lo que implicaría procesos de sedimentación en los tramos de tuberías más alejadas.

Como se puede apreciar, las pérdidas de carga por fricción (h_f) son totalmente despreciables; pese a que bibliografías a nivel internacional indican y recomiendan que solo se debe usar la fórmula de Hazen y Williams para agua en temperatura ambiente (20°C) se ha demostrado que las perdidas en temperaturas menores, como es el caso de la localidad de Rundo (12°C) las variaciones incluso son menores respecto a la fórmula de Darcy y Weisbach. (2) en su investigación en la comparación del diseño de la línea de conducción de agua en Los Huertos Huanchaco, identifica que las pérdidas de cargas aumentan para la fórmula modificada de Hazen y Williams respecto a la de Darcy y Weisbach, deduciendo que mientras menos sea el diámetro de la tubería más aumentarían las pérdidas de carga; estos resultados se contraponen con los resultados de esta investigación, ya que se identificó que las pérdidas son bastante insignificantes ninguna superior al 1.00 m.; existiendo en algunos tramos variaciones superiores por el método de Hazen y Williams y en otros tramos siendo superior la pérdida por Darcy y Weisbach, además los resultados de las pérdidas de presión son definidas en función a la longitud de los tramos, y no se identifican relación definida por el diámetro de tuberías. Por otro lado, la investigación de (3) también llega a resultados similares, indican que después de realizar la aplicación del diseño de la línea de conducción en el servicio de agua potable en la localidad de Cadmalca Bajo en Cajamarca, concluyendo que no existen variaciones sustanciales pudiendo utilizar cualquiera de los dos métodos ya que no se verá afectada la variación de presiones; estos resultados sopesan los resultados identificados en esta investigación. Similares resultados identifico (6) en su investigación desarrollada para comparar las resistencias del fluido por el método de Hazen y Williams y Colebrook-

White, realizando un ensamblaje de herramientas computacionales para verificar las variaciones de resultados de ambos métodos; concluyendo que las variaciones para fluidos con densidad como el agua son similares y las pérdidas de presión son despreciables.

Con respecto a las pérdidas de presión se ha identificado variaciones de presiones insignificante, ya que estas tienen relación directa a las pérdidas por fricción, tanto el método de Darcy y Weisbach así como el de Hazen-Williams, tienen valores de presiones al final de cada tramo de tuberías prácticamente iguales con variaciones entre ambos métodos menores incluso a la décima de metro por columna de agua, (8) llego a la conclusión de que los valores del coeficiente de rugosidad cambien en función a las condiciones del flujo y del material, resultados que son corroborados a la investigación que se realizó, ya que los coeficientes de rugosidad estarán en relación directa al material de las paredes internas. Por otro lado (9) en su investigación para comparar parámetros hidráulico de diseño en tuberías de diámetros mayores a 1000mm por los métodos de Hazen y Williams y Darcy y Weisbach, tuberías de hierro dúctil, hormigón y plástico; obtuvieron como resultados que la relación de la pérdida de carga y el diámetro de la tubería es negativa para ambas métodos; además las pérdidas de carga para ambas ecuaciones son iguales; también identifiqué que los valores de pérdida de carga en tuberías de hierro dúctil son mayores que los de hormigón y plástico; además concluyen en que el diámetro de la tubería afecta a la magnitud de la pérdida de carga independientemente del método usado; resultados similares se identificó en esta investigación donde se concluye que las pérdidas van a ser inversamente proporcionales al diámetro de la tubería para ambos métodos; también se verifico y cuestiona las recomendaciones de muchas teorías que indican que solo se debe aplicar Hazen y Williams para tuberías de diámetro de más de 2"; tal como lo indica la (1); sin embargo es procedente de acuerdo a esta investigación poder usar la metodología de Hazen y Williams para tuberías de menor diámetro, tal y como se demostró en la presente tesis.

CONCLUSIONES

Después de haber realizado el análisis de cada unidad de estudio como son el método de Darcy-Weisbach y Hazen-Williams; se identifica que no existen variaciones significativas en ninguno de los parámetros de diseño para las redes de agua potable en la localidad de Rundo; en ese sentido y después de realizar la comparación de cada uno de los principales parámetros de las redes de agua potable; se llega a la conclusión general de que no es significativa la comparación realizada entre el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach, en vista que los valores de parámetros y resultados de diseño de tuberías y pérdidas de energía son despreciables; por lo que es irrelevante una comparación para el sistema de agua potable de la localidad de Rundo.

Objetivo específico 1:

Respecto a las velocidades del fluido en las tuberías, los valores calculados y comparados son prácticamente iguales para cada tramo de tubería no habiendo variación significativa; esto debido a que dependen de los valores relacionados al caudal de diseño y el diámetro de las tuberías, siendo el caudal y el diámetro ya definidos desde en la recolección de datos del proyecto analizado. Sin embargo, la velocidad se relaciona proporcionalmente a la pérdida de carga por fricción y en consecuencia a la presión.

Objetivo específico 2:

Respecto al análisis sobre la pérdida de carga por fricción, habiéndose realizado la contrastación entre ambos métodos no existen variaciones significativas; teniendo resultados iguales en algunos tramos a temperatura de agua 12°C y un promedio de variación entre ambos métodos de 0.02 m. que son reducciones de presión despreciables. Esto demuestra que a pesar que la fórmula de Darcy – Weisbach incluye un mayor número de parámetros como el número de Reynolds, viscosidad y densidad, sus resultados son prácticamente equivalentes a los determinados por Hazen – Williams pudiendo esta última aplicarse a temperatura inferior a la temperatura ambiente (20 °C).

Objetivo específico 3:

Respecto al análisis en las presiones en cada tramo de tuberías de la red de agua potable, se determinó que no existen variaciones significativas entre el método de Hazen – Williams y Darcy – Weisbach; teniendo resultados de variación insignificantes a temperatura de agua 12°C y a diámetros menores a 2” en zonas rurales. Demostrando que el método Hazen – Williams es técnicamente válido para el diseño de redes de agua potable en tuberías menor a 2” para zonas rurales.

RECOMENDACIONES

Sobre el objetivo general, se recomienda a los ingenieros que realizan diseño de proyectos hidráulicos con tuberías que trabajan a presión usando el método de Hazen-Williams para diámetro menores a 2" ya que se demostró que no existen variaciones significativas ni restricciones, así como la contrastación con otras fórmulas como de Darcy-Weisbach y/o Fair-Wipple como recomienda el ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento a través del Programa Nacional de Saneamiento Rural.

Sobre el objetivo específico N.º1, respecto a las velocidades se recomienda que se controlen las velocidades siendo la mínima 0.60 m/s y la máxima 3.0 m/s; ya que no respetar las velocidades mínimas generarían sedimentación y reducción de presiones en los tramos de tuberías, una forma de mitigar este problema es instalando válvulas de purga en los puntos más bajos del sistema.

Sobre el objetivo N.º02, respecto a las pérdidas de carga por fricción a los ingenieros se les recomienda realizar el cálculo de perdidas por accesorios o locales para diámetro mayores a 50mm en vista que diversos estudios demuestra que las perdidas locales son más significativas a mayores diámetros debido a las variaciones de sección del área hidráulica en las tuberías que generan menores presiones. A futuros investigadores se les recomienda incorporar los valores de perdidas menores o locales en futuras investigaciones donde se busca relacionar diversas metodologías y/o fórmulas para el diseño hidráulico de tuberías.

Sobre el objetivo N.º03, respecto a las presiones en cada tramo de tuberías; se recomienda a los ingenieros saber diferenciar velocidades de flujo de agua respecto a presiones, ya que se demostró también que las presiones son directamente proporcionales al diámetro de las tuberías e inversamente proporcionales a los caudales y diámetro, así mismo se recomienda la instalación de válvulas de control que permiten reducir la sección de agua para disminuir la presión en algunos tramos con la finalidad de garantizar presión en tramos o sectores críticos como las partes más altas donde existen viviendas que puede adolecer de presiones mínimas de acuerdo a la topografía.

Para futuras investigaciones:

Se recomienda para futuras investigaciones realizar el análisis y comparación entre el método de Hazen-Williams y Fair - Whipple, en diferentes tipos de materiales que también son de recurrencias en proyectos de transporte y conducción de agua como son el HDPE, hierro galvanizado y polietileno. Asimismo, se recomienda a los estudiantes de ingeniería en futuras investigaciones de diseño hidráulico tomar en cuenta el uso del método de Hazen – Williams, en tuberías menores a 2” y a temperatura variable a lo establecido.

Se recomienda a los ingenieros evaluadores, consultores de proyectos hidráulicos y entes de control tomar como referencia la conclusión en relación al análisis comparativo al adoptar el método de Hazen-Williams para el diseño de redes de agua potable con tuberías de diámetros menores a 50 mm en zonas rurales, toda vez, que esta investigación demuestra que las diferencias hidráulicas con el método de Darcy-Weisbach son insignificantes. Este hallazgo no solo optimiza el diseño técnico, sino que también aporta una base para flexibilizar restricciones normativas, facilitando la viabilidad y aprobación de proyectos de saneamiento en comunidades vulnerables, promoviendo así el acceso eficiente y oportuno al agua potable.

Referencias Bibliográficas

1. **R.M. N° 191-2018-Vivienda.** *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.* Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Perú. Ministerio de Vivienda : s.n., 2018. [Norma legela; R.M. N° 192-2018-Vivienda].
2. **Seminario, Cesar Douglas y Tantajulca, Danny Manuel.** *Evaluación de las pérdidas de carga en una línea de conducción de agua, caserío Los Huertos, Huanchaco, Trujillo, La Libertad.* Universidad Cesar Vallejo. 2019. [Tesis de Bachillerato, Universidad Cesar Vallejo].
3. **Rojas, Rodrigo Zenón.** *Diseño hidráulico de la línea de conducción del servicio de agua potable en la localidad de Cadmalca Bajo, distrito de Lajas, Chota - Cajamarca.* 2022. [Tesis de bachillerato, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
4. **Mendoza, Carlos Mauricio y Solórzano, Gustavo Mauricio.** *Mejoramiento del servicio de agua potable en la localidad rural de Allpa Orcuna, distrito de Vinchos - Ayacucho.* Universidad Ricardo Palma. 2021. [Tesis de bachillerato, Universidad Ricardo Palma].
5. **Padilla, Keith Pedro.** *Optimización y demanda de distribución de red de agua potable en la ciudad de Huacho - 2019.* Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. 2019. [Tesis de Bachillerato, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
6. **Ángel, Luis Eduardo.** *Desarrollo de propuesta metodológica para la comparación de las diferentes ecuaciones de resistencia fluida en el cálculo de la hidráulica de redes grandes de distribución de agua potable.* Universidad de los Andes. 2018. [Tesis de Bachillerato, Universidad de los Andes].
7. **Acosta, Adrián Camilo y Cuevas, María del Pilar.** *Herramienta web para el diseño de redes hidráulicas abiertas (estudio de caso).* Universidad Cooperativa de Colombia. 2022. [Tesis de maestría, Universidad Cooperativa de Colombia].
8. **Defaz, Jessica Belén.** *Modelación del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para tuberías de acero negro en el cálculo de las pérdidas de presión en sistemas hidráulicos de redes ramificadas.* Universidad Técnica de Cotopaxi. 2021. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi].
9. *Comparación entre Hazen-Williams y ecuaciones de Darcy-Weisbach para calcular la pérdida de carga de transporte aguas residuales tratadas en ciudad Kerbala, Irak.*

- Abdulameer, Layth, y otros.** 1, 2022, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 115, págs. 36-43.
10. *Ecuación determinística para el diseño hidráulico de sistemas de riego por salidas múltiples.* **González, José Guadalupe, y otros.** 5, 2021, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 12, págs. 777-789.
11. *Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa.* **Alegret, Evio y Martínez, Yaset.** 3, 2019, Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. 40, págs. 41-55.
12. **Edificaciones, Reglamento Nacional de. OS.050.** Lima : Diario El Peruano, 2006. [Norma Legal].
13. **Aguero, Roger.** *Agua potable para poblaciones rurales.* Lima : SER, 1993.
14. **Defaz, Jessica Belén.** *Modelación del coeficiente.* Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga : s.n., 2022. [tesis de maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi].
15. **Pérez, Luis.** *Breve Historia de la Ecuación de Darcy-Weisbach (Fanning) y consideración de interés sobre la misma.* Universidad de Buenos Aires. Calvachi : s.n., 2013.
16. **Yepes, Victor.** Poliblogs. <https://victoryepes.blogs.upv.es>. [En línea] 30 de diciembre de 2022. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/12/30/formula-de-hazen-williams-para-calculas-las-perdidas-por-friccion-en-tuberias/>.
17. *Improved method for converting equivalent sand-grain roughness to Hazen-Williams coefficient.* **Adams, T. M.** 2016. Proceedings of the 2nd World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering (MCM 16). HTFF.
18. *Evolución histórica de las fórmulas para expresar las pérdidas de carga en tuberías. Segunda parte: Desde los trabajos de Darcy hasta los de Stanton.* **Pérez, Franco.** 3, La Habana : Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 2002, Vol. XXIII. ISSN 1680-0338.
19. *Discussion of Limitations and proper use of the Hazen-Williams equation by C. P. Liou.* **Christensen, B. A.** 2, ASCE : Journal of Hydraulic Engineering, 2000, Vol. 126, págs. 167-168.
20. *The limits of applicability of the Hazen-Williams formula.* **Diskin, M. H.** 1, Paris : Société Hydrotechnique de France, 1960, La Houille Blanche, Vol. 6, págs. 720-723.
21. **Mott, Robert y Untener, Joseph A.** *Mecánica de Fluidos.* 7ma edición. s.l. : Pearson Education, Inc., 2015. pág. 552.

22. *Coefficiente de Hazen y Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa*. **Martínez, Y. y Elegret, E.** 3, La Habana : s.n., Cuba, Cirma: Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. XL. 41-55.
23. **Valdivielso, Alberto.** *iagua. iagua.es.* [En línea] *iagua.es*, 2024. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal#:~:text=El%20termino%20caudal%20significa%3A%20volumen,y%20el%20tiempo%20en%20segundos..>
24. **Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P.** *Metodología de la Investigación*. 6^o ed. Mexico: *McGraw Hill Education*. . Mexico : s.n., 2014.
25. **Bunge, Mario.** *Las pseudociencias*. Pamplona : *Laetoli*, 2010.
26. **Imunt S.A.** Versión 1.0 HIDRAULICA. [*Software*]. Trujillo : *Irveen Lecca Castillo*, 2020. [fecha de consulta: 27 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://mineria-in.weebly.com/uploads/3/7/3/3/37334991/geotable_1.0.exe.
27. **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.** *Programa nacional de saneamiento Rural*. Lima, 2018. 30 pp.
28. **Manrique, V. y Tigreiro, P.** Análisis de Estabilidad Hidráulica partir de la Evaluación del material de HDPE, Provincia De Santa Elena. *Tesis (Título de Ingeniero Civil)*. La Libertad, Ecuador : *Universidad Estatal de la Península de Santa Elena*, 2019. 158 pp. [fecha de consulta 17 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5028/1/UPSE-TIC-2019-0010.pdf>.
29. **Universidad Continental.** Cuarta sesión de aprendizaje: Propiedades Mecánicas de las discontinuidades. [*en línea*]. Huancayo : *Universidad Continental*, 2019. [fecha de consulta: 26 de diciembre del 2020]. Disponible en: <https://www.coursehero.com/profile/DoctorClover3576/#/documents/course/9983346>.
30. **Yuni José, Urbano Claudio.** *Técnicas para investigar : recursos metodológicos para la preparación de proyectos de Investigación*. Córdoba, España : *Brujas*, 2014. 113 pp. ISBN: 9789875915480.
31. **Duque, Gonzalo.** *Manual de hidráulica para ingenieros*. [*en línea*]. Manizales : *Universidad Nacional de Colombia*, 2017. [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3145/manualgeo.pdf>.

32. **Ramírez, Pedro y Alejano, Leandro.** Mecánica de fluidos: Fundamentos e Ingeniería . Madrid : Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2004. 728 pp. ISBN: 9788496398177.
33. **Morales, Wilver.** Curso: geología aplicada CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN A LA HIDRAULICA. [en línea]. Cajamarca : UNIVERSIDAD Nacional de Cajamarca, 2014. [fecha de consulta: 29 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/rodersc/cap1-introduccion-mecanica-de-rocas>.
34. **Oliva, Aldo.** ESTUDIO HIDRAULICO A NIVEL DE LA PRESION. Análisis cuantitativo y cualitativo. [en línea]. México : Grupo de ingeniería del terreno- Instrumentación y control euro-americano (GRUPO ITEICO EUROAMERICANO), 2015. [fecha de consulta: 31 de diciembre de 2020] Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/324507337>.
35. **ORGANISMO Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN).** Guía de criterios hidraulicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas. [en línea]. Lima : OSINERGMIN, 2017. [fecha de consulta: 29 de diciembre 2020]. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf.
36. **SISTEMA Electrónico de Contrataciones del Estado (SEACE).** Procesos ejecutados para el año 2006 del departamento de Junín, provincia Tayacaja. 2006. [fecha de consulta: 08 de diciembre 2020]. disponible en: http://app.seace.gob.pe/mon/ProcesoReporteGrafPb.jsp?tipo_cons=2&dep_codigo=12&pro_codigo=09&tipo_cons_sub=1&anhoentidad=2006&anho_rep=.
37. **Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, MTC.** Mapa vial de la provincia de Tayacaja, Dpto de Huancavelica. 2017. Escala 1:130 000. Lima: Sistema nacional de carreteras (SINIAC). 2017. 1 mapa, col., 59,4 x 32 cm.
38. **Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar.** Metodología de la Investigación. 6° ed. México : Mc Graw Gill Education, 2014. 600 pp. ISBN: 9781456223960.
39. **AMERICAN Society for Testing and Materials International.** Método de prueba estándar para la determinación del índice de resistencia del material y la aplicación a las clasificaciones de la resistencia del material pvc. ASTM D5731-16. Pensilvania : ASTM, 2016. 11 pp.

40. **González de Vallejo, Luis, y otros.** *Ingeniería Hidráulica*. Madrid, España : Pearson Education, 2002. 715 pp. ISBN: 8420531049.
41. **Pinillos, Deisy.** Metodología para la evaluación cuantitativa de amenaza por deslizamientos en roca. *Tesis (Magister en Ingeniería Geotécnica)*. Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2017. 248 pp. [fecha de consulta: 29 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/61001/1122126882_Deisy_Viviana_Pinillos.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
42. **INSTITUTO Geológico y Minero de España (IGME).** Manual de hidráulica. [en línea]. Madrid : Ministerio de Industria, Comercio y turismo, 1987. [fecha de consulta: 07 de diciembre de 2020]. ISBN: 9788478406265. Disponible en: http://www.mediafire.com/download_repair.php?qkey=dwt nukijzfm&dkey=sl8yueaqcff&template=1&origin=click_button.
43. **Highland, Lynn y Bobrowsky, Peter.** Manual de derrumbes Guía para entender todo sobre hidráulica. [en línea]. Reston (Virginia) : Servicio hidrúlico de los EUA, 2008. [fecha de consulta: 12 de diciembre 2020]. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2665/doc2665-contenido.pdf>.
44. **Gómez, Gustavo.** Análisis de riesgos por pérdidas de carga en la subcuenca río Canipaco, tramo distrito de Colca provincia de Huancayo departamento de Junín. *Tesis (Magister en gestión ambiental)*. Lima : Universidad Nacional Federico Villareal, 2018. 173 pp. [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2573/GOMEZ%20%20MORALES%20GUSTAVO%20FREDDY-MAESTRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
45. **Gómez, Miguel, Alzate, María y Deslauriers, Jean Pierre.** *Cómo hacer tesis de maestría y doctorado*. Bogotá : Ecoe Ediciones, 2015. 192 pp. ISBN : 9789587712780.
46. **Gonzales, Abel, y otros.** *¿Cómo aprender y enseñar Investigación científica?* Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2011. 219 pp. ISBN: 9786124601903.
47. **Grases, José, Contreras, Iván y Grases, Gabriel.** Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado frente a deslizamientos, sismos y otras amenazas naturales - caso de estudio. [en línea]. Caracas (Ecuador) : Organización Panamericana de la Salud, Octubre de 1997. [Fecha de consulta: 31 de diciembre del 2020]. Disponible en:

http://www.saludydesastres.info/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=75.

48. **Hernández, Arturo, y otros.** Metodología de la investigación científica. España : 3Ciencias, 2018. [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2020]. ISBN: 9788494825705. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Ramos-Rodriguez/publication/322938332_Metodologia_de_la_investigacion_cientifica/links/5aa14866aca272d448b36198/Metodologia-de-la.

49. **Navarro, Sergio.** variacion de la rusodidad de materiales enfocados a hidraulica. [*en línea*]. Nicaragua : [s.n.], 2008. [fecha de consulta: 25 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/estabilidad-de-taludes.pdf>.

50. **Ñaupás, Humberto, y otros.** *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. 5°. Ed. Bogotá : Ediciones de la U, 2018. 562 pp. ISBN: 9789587628760.

51. **Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MINAMBIENTE).** Reglamento Colombiano de Construcción NSR-10. *Título H-Estudios hidraulicos*. Bogotá : Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2015. 66 pp.

52. **Dávila, Jorge.** Diccionario hidrologico. [ed.] (INGEMMENT) [Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. [*en línea*]. 3° ed. Lima : Arth Grouting S.A.C, 2011. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://biblioteca.ismm.edu.cu/wp-content/uploads/2017/06/Diccionario-hidraulico.pdf>.

53. **Nuttapong, Kovittayanun y Portillo, Gustavo.** Control de sidementacion mediante la velocidad del fluido. [*en línea*]. [Bangkok, Tailandia] : CeTeau, 2015. [fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/wequips/wequips-ceteau-control-de-erosin>.

54. **Babín, Rosa y Gómez, David.** Problemas de hidraulico Estructural. Orientación y proyección de planos en el espacio. Reduca (Geología). Serie Geología Estructural. [*en línea*]. 2010. 2(1), 11-23 [fecha de consulta: 07 de enero de 2021]. ISSN: 1989-6557. Disponible en <https://eprints.ucm.es/10015/1/134-281-1-PB.pdf>.

55. **Belandría, Norly y Bongiorno, Francisco.** Clasificación hidraulica de los composes según: Bieniawski, Barton, Hoek&brown, Romana; Guía práctica didáctica de hridraulica aplicada. [*en línea*]. Mérida (Venezuela) : Universidad de Los Andes, 2012. [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/76295829->

Clasificaciones-geomecanica-de-de-los-macizos-rocosos-segun-bieniawski-barton-hoek-y-brown-romana.html.

56. **Cacao, Erick.** Clasificación de calidad del material en un tramo de la ruta CA-9, para la identificación de taludes inestables y herramienta para estudio diagnóstico. *Tesis (Magister en Ciencias en Ingeniería Geotécnica)*. Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. 136 pp. [Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2020]. Disponible en:

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/9022/1/Erick%20Noe%20Cacao%20Chiquin.pdf>.

57. **Díez, Andrés, y otros.** A todo riesgo XIV Convivir con los desastres hidraulico cotidianos Guión de la Excursión científico divulgativa para la educación en riesgos hidraulicos celebrada en el marco de la Semana de la Ciencia de Castilla y León 2020. *[en línea]*. Madrid : Instituto Geológico y Minero de España y Segovia Educa en Verde, 2020. [fecha de consulta: 09 de enero de 2021]. Disponible en: <http://www.geologiadesegovia.info/wp-content/uploads/2020/10/A-todo-riesgo-XIV-2020-version-01.pdf>.

58. **Forero, Oscar.** Análisis de la eficiencia de presiones a nivel hidraulico en el barrio los Nogales, Floridablanca – Santander, Colombia. *Tesis (Magister en ingeniería geotécnica y geomecánica aplicada a hidraulica)*. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2019. 260 pp. [Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2676/TESIS-2019-POSGRADO-CIENCIAS%20DE%20INGENIER%c3%8dA-FORERO%20OSPINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

59. **Gutiérrez, Alfonso.** El agua de infiltración de lluvia, como agente de captacion, en la provincia de Málaga. Modelos constitutivos. *Tesis (Doctor en Expresión Gráfica, Cartografía y Proyecto Urbano)*. Granada, España : Universidad de Granada, 2016. 139 pp. [Fecha de consulta: 28 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/40400/24748626.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

60. **Mamani, Roger.** Análisis de eficiencia hidraulica a nivel de presiones de las linea de aduccion Sina Yanahuaya tramo III - sub tramo 02, a partir de la caracterización geológica y resistencia a la compresión simple. *Tesis (Título de Ingeniero Civil)*. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2016. 382 pp. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2020]. Disponible en:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2976/Mamani_Larico_Roger_Rene.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

61. **Cruzado, Gilberto.** Identificación y análisis de factores condicionantes naturales y antrópicos para los procesos de hidrología y Suelos en el Sector Lucmacucho, Distrito de Cajamarca, Cajamarca-Perú. 2012. *Tesis (Doctor en ciencias e ingeniería)*. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2015. 143 pp. [Fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020]. Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8218/Tesis%20DoctoradoX%20-%20Gilberto%20Cruzado%20V%20c3%a1squez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

62. **Muñoz, Carlos.** *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. 2.º Ed. México : Pearson Education, 2011. 320 pp. ISBN: 9786073204569.

63. **Carrasco, Sergio.** *Metodología de la investigación científica*. Lima : San Marcos, 2005. 474 pp. ISBN: 9972342425.

64. **Ferrer, Mercedes y González de Vallejo, Luis.** Manual de campo para la descripción y caracterización de líneas de distribución. 2º ed. *[en línea]*. Madrid : Instituto Geológico y Minero de España, 2007. [Fecha de consulta: 31 de diciembre del 2020]. disponible en: <https://es.scribd.com/document/367220096/Manual-de-Campo-Para-La-Descripcion-y-Characterizacion-de-Macizos-Rocosos>.

65. **Duncan, Wyllie y Christopher, Mah.** Slope Engineering. 4º ed. *[en línea]*. New York : CRC Press, 2004. [fecha de consulta: 04 de diciembre 2020]. ISBN: 0203570839.

Disponible en: https://civilengineering.files.wordpress.com/2014/10/rock_slope_engineering_civil_and_mining.pdf.

66. **Mapa vial de la provincia de tayacaja Departamento de, Huancavelica.** Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. *[mapa en línea]*. 2017. [Fecha de consulta: 05 de enero de 2021]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20Provinciales/Juin/JU-09%20Chupaca.pdf.

67. **PINZUAR.** Máquina de carga puntual. 2018. [fecha de consulta: 17 de diciembre 2020]. Disponible en:

<https://www.pinzuar.com.co/pinzuar/es/productos/suelos/mecanica-de-rocas/maquina-digital-ensayos-carga-puntual/>.

68. **Rodríguez, Rafael.** Hidraulica estructural. 2012. [fecha de consulta: 12 de diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.medellin.unal.edu.co/~rrodriguez/geologia/estructural.htm>.
69. **Suárez Jaime, Jaime.** Capítulo 2 Mecanismos de fluidos. En: Suarez, Jaime. Deslizamientos. Análisis Geotécnico Vol 1. Colombia : Geotecnología S.A.S, 2009a. pp. 37-74 [fecha de consulta: 18 de diciembre del 2020]. ISBN 9789588504032.
70. —. Capítulo 1 Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos. En: Suarez, Jaime. Deslizamientos. Análisis Geotécnico Vol 1. Colombia : mecanica de fluidos S.A.S, 2009b. [fecha de consulta: 09 de diciembre del 2020]. ISBN: 9789588504032.
71. **Suárez Ludger, Ludger.** Descripción de la linea de aduccion: introducción a la ingeniería de hidraulica de superficie y subterráneas. [*en línea*]. Medellín : [s.n.], 2015. [fecha de consulta: 18 de diciembre de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ludger-Suarez-Burgoa/publication/330834433_Descripcion_del_macizo_rocoso_introduccion_a_la_ingenieria_de_rocas_de_superficie_y_subterranea/links/5c561004a6fd.
72. **Bongiorno, Francisco.** Usos de la brújula en una medición de campo. [*en línea*]. [Mérida, Venezuela] : [sn.], [2018?]. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/franciscobongiorno/manual-de-usos-de-la-brjula>.
73. **García, Fernando.** Curso Básico de Topografía: Planimetría, Agrimensura, Altimetría. [*en línea*]. Mexico : Editorial Pax México, 2017. [Fecha de consulta: 18 de marzo de 2021]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=f2ySmhH_Pf8C&dq=de+rumbo+a+azimut&source=gbs_navlinks_s.
74. **Carpio, Mario, Torre, Jhonny y Fuentes, Jesús.** Investigación de fuentes de agua para el desarrollo de la región Junín. [*en línea*]. Lima - Perú : INGEMMET, Boletín, Serie B: Económica, 65, 2019. [fecha de consulta: 03 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2425>.
75. **Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento (DGPRCS -DC).** Norma Técnica OS. 050 Redes de Dstricucion del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. [*en línea*]. Lima - Perú : Ministerio de vivienda, control y Saneamiento - Perú, 2018. [fecha de consulta: 03 de enero del 2021]. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1g7suGFfURYqnany2z7yaVpCuzvCndZP4/view>.

76. **Priest, S.D., Hudson, J. A.** Estimación del espaciado de discontinuidad y longitud de la traza mediante encuestas de línea de exploración. *Revista Internacional de Mecánica [en línea]* : junio, 1981. 18 (3), 183-197 [fecha de consulta: 02 de marzo de 2021]. ISSN:0148-9062 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/0148-9062%2881%2990973-6>.
77. **Tarbuck, Edward, Lutgens, Frederick y Tasa, Dennis.** *Ciencias de la hidraulica, una introducción a la hidraulica física*. Madrid, España : Pearson Education, 2005. 736 pp. ISBN: 9788483226902.
78. **Rial Boubeta, Antonio y Varela Mallou, Jesús.** *Estadística práctica para la investigación Anova*. La Coruña España : Netbiblo S.L, 2008. 344 pp. ISBN: 9788497452434.
79. **Ross, Sheldon M.** *Introductory Statistics. [en línea]*. Barcelona. España : Reverté, 2007. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=pPM2TgQsx8wC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>. 809 pp. ISBN: 9788429194241.
80. **Ortega, Juan.** Estudio hidrico y geomecánico para el diseño del Túnel principal de la Mina Polveros, empresa Green Mine Ltda, Maripí – Boyacá, Colombia. *Tesis (Magister en Ingeniería Geotécnica y Geomecánica aplicada a la minería)*. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2018. 205 pp. [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2537/TESIS-2018-MAESTR%c3%8dA%20EN%20MINER%c3%8dA-ORTEGA%20P%c3%89REZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
81. **Ortega, Darwin.** Factor de seguridad y análisis de estabilidad, en la carretera Sarhua – Porta Cruz, progresiva km 35+000 – 2018. *Tesis (Magister en Ingeniería hidraulica y Geomecánica aplicada a la minería)*. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2019. 176 pp. [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3259/TESIS-2019-CIENCIAS%20DE%20INGENIER%c3%8dA-ORTEGA%20C%c3%81CERES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
82. **Breña, Christian.** determinacion hidraulica de linea de conduccion en la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú. *Tesis (Magister en ingeniería geotécnica con mención en Hidraulica)*. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2019. 174 pp. [Fecha de consulta: 25 de noviembre de

- 2020]. Disponible en:
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11386/Brena_vc.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
83. **Bravo, Percy.** Análisis estratégico y evaluación, "Estabilidad de presión del Ccaccañan" distrito Tambobamba, provincia de Cotabambas - región Apurímac período 2019. *Tesis (Magister en Ingeniería Civil con mención en Geotecnia y vías terrestres)*. Cusco : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2020. 166 pp. [Fecha de consulta: 26 de agosto de 2021]. Disponible en:
https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Frepositorio.unsaac.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2F20.500.12918%2F5737%2F253T20201041_TC.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy%26fbclid%3DIwAR3hgsL.
85. **Hoek, Ever.** *P [en línea]*. Columbia Británica, Canadá : [s.n.], 2007. pp. 52-74 [Fecha de consulta: 04 de febrero de 2021]. Capítulo 3. mass classification ISBN: 9781483297972. Disponible en:
<https://www.cience.com/assets/resources/learning/hoek/Practical-Rock-Engineering-Full-Text.pdf>.
86. **Aydin, Adnan.** Método sugerido para la determinación de la rugosidad: versión revisada. *Revista Internacional. [en línea]*. Enero : s.n., 2009. 46(3), 627-634. [fecha de consulta: 07 de octubre de 2021]. ISSN: 1365-1609. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2008.01.020>.
87. **Vera, Miguel.** v2 31/07/2020. [video de Youtube]. Santiago de Chile : s.n., 2020. (02 de agosto de 2020) [fecha de consulta: 07 de octubre del 2021]. Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=slrGAOkLnUA&ab_channel=MiguelVeraB.
88. **AMERICAN Society for Testing and Materials International.** Método de prueba . ASTM D5873-14. Pensilvania : ASTM, 2014. 6 pp.
89. —. Métodos de prueba estándar para la absorción y la gravedad específica a granel de la piedra dimensional. ASTM C97-18. Pensilvania : ASTM, 2018. 04 pp.
90. **IGP - Instituto Geofísico del Perú.** [En línea]. Lima -Perú : CONAM - Consejo Nacional del Ambiente, 2005. 110 pp. ISBN: 9972824136. Fecha de consulta: 02 de octubre de 2021. Disponible en:
https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/714/Atlas_Climatico_precipitacion%20-%20v.%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

91. **Ramírez Oraguren, Pedro y Alejano Monge, Leandro.** Mecánica de fluidos: Fundamentos e Ingeniería . Madrid : Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2004. 728 pp. ISBN: 9788496398177.
92. **Rocha, Arturo.** *Hidráulica de tuberías y canales.* 1ra edición. Lima : UNI, 2007.
93. **Santos, Diego.** Hubspot. *Hubspot.* [En línea] 14 de Setiembre de 2022. <https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos>.
94. **Sánchez, Hugo y Reyes, Carlos.** *Metodología y Diseño en la Investigación Científica.* Lima : Mantaro, 1996.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TÍTULO: “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÉTODO DE HAZEN-WILLIAMS Y DARCY-WEISBACH PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE REDES DE AGUA POTABLE EN RUNDO”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Cuál es el resultado del análisis comparativo aplicando el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo?</p>	<p>Objetivo general: Realizar el análisis comparativo del método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo.</p>	<p>Hipótesis general: El resultado del análisis comparativo del método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo, es significativo.</p>			<p>Velocidad de fluido (m/s)</p>	<p>Método de la investigación General: Metodocientífico. Tipo de investigación: Aplicado Nivel de investigación: Explicativo. Diseño de investigación: No Experimental Técnica de recolección de datos: -Observación -Análisis Documental Instrumento: -Guía de observación -Ficha de registro de datos. Población -Viviendas del Anexo de Rundo Muestra: -Viviendas del Anexo de Rundo Muestreo: Censal</p>
<p>Problemas específicos: ¿Cuál es el análisis comparativo de la velocidad del fluido por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo?</p>	<p>Objetivos específicos: Comparar las velocidades del fluido en las tuberías por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo.</p>	<p>Hipótesis específicas: El análisis comparativo de las velocidades del fluido por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo, es significativo.</p>		<p>Hazen y Williams</p>	<p>Perdida de carga por fricción “Hf” (m)</p>	
<p>¿Cuál es el análisis de contrastación de las pérdidas de carga por fricción por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo?</p>	<p>Contrastar las pérdidas de carga por fricción por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo.</p>	<p>El análisis de contrastación de las pérdidas de carga por fricción por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo, es relevante.</p>		<p>Darcy - Weisbach</p>	<p>Velocidad de flujo (m/s)</p>	
<p>¿Cuál es el análisis comparativo de la de la presión por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo?</p>	<p>Comparar la presión por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo.</p>	<p>El análisis de comparación de presión por el método de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para el diseño del sistema de redes de agua potable en Rundo, es significativo.</p>			<p>Perdida de carga por fricción “Hf” (m)</p>	
					<p>Presión (m.c.a.)</p>	

SISTEMA DE REDES DE AGUA POTABLE

Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTOS	ESCALA
Variable Independiente (X): SISTEMA DE REDES DE AGUA POTABLE	Es un componente del sistema de agua potable, el mismo que permite llevar el agua tratada, se deben diseñar para el caudal máximo horario, con diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm, y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm para ramales (3, p.127).	El diseño de las redes de distribución está enfocado en la determinación del comportamiento hidráulico del agua dentro de las tuberías donde se debe determinar la presión dinámica en cada tramo de las redes, siendo necesarios conocer los parámetros de la velocidad de fluido, el coeficiente fricción y pérdida de carga o energía en cada tramo, a partir de estos se podrá realizar le modelamiento de cada tubería instalada.	Hazen y Williams	Velocidad de fluido	m/s	Ficha de registro de datos	Escala de razón
				Perdida de carga por fricción "Hf"	m	Ficha de registro de datos	Escala de razón
				Presión	m.c.a.	Ficha de registro de datos	Escala de razón
			Darcy Weisbach	Velocidad de fluido	m/s	Ficha de registro de datos	Escala de razón
				Perdida de carga por fricción "Hf"	m	Ficha de registro de datos	Escala de razón
				Presión	m.c.a.	Ficha de registro de datos	Escala de razón

Anexo 03: Instrumentos de investigación y su constancia de aplicación.

No corresponde, en vista que los instrumentos están basados en formulas y metodología de trabajo que obedece a ciencias fácticas comprobadas y exactas relacionadas a la física, mecánica de fluidos y materiales.

Anexo 04: Plano de replanteo del proyecto ejecutado el año 2015 (Programa de Cooperación Española – Programa Nacional de Saneamiento Rural – JASS Rundo/Daniel Hernandez)

**Anexo 05: Plano de Replanteo del proyecto – Diseño Hidráulico método
Hazen – Williams y Darcy -Weisbach**

Anexo 06: Data del procesamiento de demanda de caudal y caudal de diseño

TRAMO		Cota inicio	Cota fin	N° viviendas	Qu (por tramo)	Q(Diseño)	Longitud (m)
RES1	CRPT7	3522.6	3480.34	0	0.000	1.537	317.07
CRRT7	CRP-1	3480.34	3436.32	1	0.113	1.537	129.64
CRP-1	CRP-2	3436.32	3385.38	8	0.113	1.537	402.68
CRP-2	B	3385.38	3343.86	1	0.113	1.537	194.98
B	C	3343.86	3341.43	5	0.056	0.056	132.77
B	D	3343.86	3341.42	0	0.000	1.368	21.29
D	E	3341.42	3352.38	2	0.022	0.022	151.41
D	CRP-3	3341.42	3335.8	1	0.067	1.346	48.23
CRP-3	G	3335.8	3322.32	5	0.067	1.346	107.80
G	I	3322.32	3318.37	1	0.011	0.112	101.36
I	K	3318.37	3313.35	1	0.011	0.011	151.73
I	J	3318.37	3300.95	8	0.090	0.090	145.08
G	H	3322.32	3297.45	11	0.124	1.167	181.65
H	F	3297.45	3293.9	3	0.034	0.247	231.79
F	F'	3293.9	3289.5	2	0.022	0.022	36.27
F	L	3293.9	3291.44	1	0.011	0.191	48.01
L	CRP-6	3291.44	3280.24	6	0.180	0.180	106.59
CRP-6	N	3280.24	3242.18	10	0.180	0.180	531.25
H	CRP-4	3297.45	3293.42	1	0.022	0.796	127.32
CRP-4	O	3293.42	3273.8	1	0.022	0.796	182.41
O	CRP-7	3273.8	3245.54	8	0.124	0.124	303.02
CRP-7	P	3245.54	3228.87	3	0.124	0.124	354.53
O	CRP-5	3273.8	3264.15	0	0.000	0.650	97.37
CRP-5	Q	3264.15	3246.69	2	0.022	0.650	190.58
Q	R	3246.69	3246.14	4	0.045	0.448	45.72
R	S	3246.14	3224.26	6	0.067	0.067	357.68
R	T	3246.14	3245.18	2	0.022	0.336	77.14
T	U	3245.18	3229.45	4	0.045	0.045	215.13
T	V	3245.18	3244.85	2	0.022	0.269	35.94
V	W	3244.85	3230.8	8	0.090	0.090	189.69
V	X	3244.85	3235.18	7	0.079	0.157	303.12
X	Z	3235.18	3228.5	1	0.011	0.011	189.82
X	Y	3235.18	3228.05	6	0.067	0.067	284.12
Q	Ñ	3246.69	3235.78	16	0.180	0.180	508.12

Anexo 07: Data y análisis de oferta hidráulica

CAPTACION 1 (Punto en Estudio)	CAPTACION 02 (Actualmente usado proyectado en el exp.)	
Cota: 3688.790	Cota: 3549.71	Cota: 3545.5
Norte: 8632942.5	Norte: 8632953.361	Norte: 8632943.81
Este: 519308.577	Este: 519003.054	Este: 518990

V ₁ = 4 lts
t ₁ = 8.28 seg
Q ₁ = 0.48 lts/seg

V ₁ = 4 lts
t ₁ = 9.76 seg
Q ₁ = 0.41 lts/seg

V ₁ = 4 lts
t ₁ = 33 seg
Q ₁ = 0.12 lts/seg

Q _(diseño) = 0.48 Lts/Seg

Q _(diseño) = 0.41 Lts/Seg

Q _(diseño) = 0.12 Lts/Seg

Q _(diseño final) = 1.01 Lts/seg
--

N° Viviendas	115 Viviendas	r= 1.19 %
N° habitantes	490 Habitantes	
Densidad poblacional (hab./vivienda)	4.26 Hab./vivienda	
Tasa de Crecimiento Anual de la población (%)	1.19 %	
Población de alum. en Centro Educativo (habitantes)	72 estudiantes	
PF=	606.62 habitantes	

Anexo 08: Análisis de demanda hídrica

Datos: Para Población

Población Futura= 607 Habitantes

Dotación= 80 Lts/hab/dia

Para Instituciones publicas

Aforos en II.EE.= 72 Habitantes

Dotación= 20 Lts/hab/dia

CALCULO DE CAUDAL PROMEDIO DIARIO ANUAL

$$Q_{PROM} = \frac{P_f * Dotacion}{86400}$$

Qhab= 0.750 LPS

Qescuela= 0.020 LPS

Qprom= 0.770 LPS

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO DIARIO (Qmd)

$$Q_{md} = K_1 * Q_{prom}$$

K1= 1.3 K1=1.3

Qmd= 1.001 LPS

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO HORARIO (Qmh)

$$Q_{mh} = K_2 * Q_{prom}$$

K2= 2 K2 de 1.5 a 2

Qmh= 1.540 LPS

CALCULO DEL CAUDAL UNITARIO

$$qu = \frac{Q_{hm}}{\text{Pobla. Futura}} = \frac{1.54 \text{ l/s}}{607 \text{ hab}} = 0.00254 \text{ Lts/Hab/Dia}$$

Anexo 09: Diseño hidráulico de tuberías de agua potable por Hazen y Williams

TRAMO		Cota inicio	Cota fin	N° viviendas	Qu (por tramo)	Q (Diseño)	Longitud (m)	S (teórico)	D(real) pulg	D comercial (pulg)	D (mm)	Vel (m/seg)	Sr=	Hf	Cpi	CPf	Pi	Pf
RES1	CRPT7	3522.6	3480.34	0	0.000	1.537	317.07	133.28	1.26	1 1/2	44.4	0.99	26.99	8.56	3522.600	3514.042	0.000	33.702
CRPT7	CRP-1	3480.34	3436.32	1	0.113	1.537	129.64	339.56	1.04	1 1/2	44.4	0.99	26.99	3.50	3480.340	3476.841	0.000	40.521
CRP-1	CRP-2	3436.32	3385.38	8	0.113	1.537	402.68	126.50	1.27	1 1/2	44.4	0.99	26.99	10.87	3436.320	3425.452	0.000	40.072
CRP-2	B	3385.38	3343.86	1	0.113	1.537	194.98	212.94	1.14	1 1/2	44.4	0.99	26.99	5.26	3385.380	3380.117	0.000	36.257
B	C	3343.86	3341.43	5	0.056	0.056	132.77	291.39	0.30	1	29.4	0.08	0.44	0.06	3380.117	3380.059	36.257	38.629
B	D	3343.86	3341.42	0	0.000	1.368	21.29	1817.64	0.70	1 1/2	44.4	0.88	21.76	0.46	3380.117	3379.654	36.257	38.234
D	E	3341.42	3352.38	2	0.022	0.022	151.41	180.13	0.24	1	29.4	0.03	0.08	0.01	3379.654	3379.642	38.234	27.262
D	CRP-3	3341.42	3335.8	1	0.067	1.346	48.23	909.27	0.81	1 1/2	44.4	0.87	21.11	1.02	3379.654	3378.636	38.234	42.836
CRP-3	G	3335.8	3322.32	5	0.067	1.346	107.80	125.05	1.21	1 1/2	44.4	0.87	21.11	2.28	3335.800	3333.524	0.000	11.204
G	I	3322.32	3318.37	1	0.011	0.112	101.36	149.51	0.45	1	29.4	0.16	1.57	0.16	3333.524	3333.365	11.204	14.995
I	K	3318.37	3313.35	1	0.011	0.011	151.73	131.91	0.19	3/4	22.9	0.03	0.07	0.01	3333.365	3333.355	14.995	20.005
I	J	3318.37	3300.95	8	0.090	0.090	145.08	223.43	0.38	1	29.4	0.13	1.05	0.15	3333.365	3333.213	14.995	32.263
G	H	3322.32	3297.45	11	0.124	1.167	181.65	136.91	1.13	1 1/2	44.4	0.75	16.21	2.94	3333.524	3330.580	11.204	33.130
H	F	3297.45	3293.9	3	0.034	0.247	231.79	158.25	0.61	1	29.4	0.36	6.81	1.58	3330.580	3329.001	33.130	35.101
F	F'	3293.9	3289.5	2	0.022	0.022	36.27	1089.09	0.16	3/4	22.9	0.05	0.26	0.01	3329.001	3328.992	35.101	39.492
F	L	3293.9	3291.44	1	0.011	0.191	48.01	782.36	0.40	1	29.4	0.28	4.23	0.20	3329.001	3328.798	35.101	37.358
L	CRP-6	3291.44	3280.24	6	0.180	0.180	106.59	455.56	0.43	1	29.4	0.27	3.79	0.40	3328.798	3328.394	37.358	48.154
CRP-6	N	3280.24	3242.18	10	0.180	0.180	531.25	71.64	0.63	1	29.4	0.27	3.79	2.01	3280.240	3278.227	0.000	36.047
H	CRP-4	3297.45	3293.42	1	0.022	0.796	127.32	291.86	0.83	1 1/2	44.4	0.51	7.98	1.02	3330.580	3329.564	33.130	36.144
CRP-4	O	3293.42	3273.8	1	0.022	0.796	182.41	107.56	1.02	1 1/2	44.4	0.51	7.98	1.46	3293.420	3291.964	0.000	18.164
O	CRP-7	3273.8	3245.54	8	0.124	0.124	303.02	153.21	0.47	1	29.4	0.18	1.90	0.58	3291.964	3291.389	18.164	45.849
CRP-7	P	3245.54	3228.87	3	0.124	0.124	354.53	47.02	0.60	1	29.4	0.18	1.90	0.67	3245.540	3244.866	0.000	15.996

O	CRP-5	3273.8	3264.15	0	0.000	0.650	97.37	285.66	0.78	1 1/2	44.4	0.42	5.48	0.53	3291.964	3291.431	18.164	27.281
CRP-5	Q	3264.15	3246.69	2	0.022	0.650	190.58	91.62	0.98	1 1/2	44.4	0.42	5.48	1.04	3264.150	3263.106	0.000	16.416
Q	R	3246.69	3246.14	4	0.045	0.448	45.72	371.08	0.64	1 1/2	44.4	0.29	2.75	0.13	3263.106	3262.980	16.416	16.840
R	S	3246.14	3224.26	6	0.067	0.067	357.68	108.25	0.40	1	29.4	0.10	0.61	0.22	3262.980	3262.762	16.840	38.502
R	T	3246.14	3245.18	2	0.022	0.336	77.14	230.75	0.63	1 1/2	44.4	0.22	1.62	0.12	3262.980	3262.855	16.840	17.675
T	U	3245.18	3229.45	4	0.045	0.045	215.13	155.28	0.32	1	29.4	0.07	0.29	0.06	3262.855	3262.793	17.675	33.343
T	V	3245.18	3244.85	2	0.022	0.269	35.94	500.97	0.49	1 1/2	44.4	0.17	1.07	0.04	3262.855	3262.816	17.675	17.966
V	W	3244.85	3230.8	8	0.090	0.090	189.69	168.78	0.41	1	29.4	0.13	1.05	0.20	3262.816	3262.617	17.966	31.817
V	X	3244.85	3235.18	7	0.079	0.157	303.12	91.17	0.57	1	29.4	0.23	2.94	0.89	3262.816	3261.925	17.966	26.745
X	Z	3235.18	3228.5	1	0.011	0.011	189.82	176.09	0.18	3/4	22.9	0.03	0.07	0.01	3261.925	3261.912	26.745	33.412
X	Y	3235.18	3228.05	6	0.067	0.067	284.12	119.23	0.39	1	29.4	0.10	0.61	0.17	3261.925	3261.752	26.745	33.702
Q	Ñ	3246.69	3235.78	16	0.180	0.180	508.12	53.78	0.67	1	29.4	0.27	3.79	1.93	3263.106	3261.180	16.416	25.400

Anexo 10: Diseño hidráulico de tuberías de agua potable por Hazen y Williams en Watercad V8i

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen- Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (ft/ft)
P-1	317.07	RES	CRPT7	44.4	PVC	140	3.638	2.35	0.133
P-2	129.64	CRPT7	CRP-1	44.4	PVC	140	1.537	0.99	0.027
P-5	402.68	CRP-1	CRP-2	44.4	PVC	140	1.537	0.99	0.027
P-7	194.98	CRP-2	B	44.4	PVC	140	1.537	0.99	0.027
P-8	132.77	B	C	29.4	PVC	140	0.056	0.08	0.000
P-10	21.29	B	D	44.4	PVC	140	1.368	0.88	0.022
P-11	151.41	D	E	29.4	PVC	140	0.022	0.03	0.000
P-12	48.23	D	CRP-3	44.4	PVC	140	1.346	0.87	0.021
P-13	107.8	CRP-3	G	44.4	PVC	140	1.346	0.87	0.021
P-14	101.36	G	I	29.4	PVC	140	0.112	0.16	0.002
P-15	151.73	I	K	22.9	PVC	140	0.011	0.03	0.000
P-16	145.08	I	J	29.4	PVC	140	0.09	0.13	0.001
P-17	181.65	G	H	44.4	PVC	140	1.167	0.75	0.016
P-18	231.79	H	F	29.4	PVC	140	0.247	0.36	0.007
P-19	36.27	F	F'	22.9	PVC	140	0.022	0.05	0.000
P-22	127.32	H	CRP-4	44.4	PVC	140	0.796	0.51	0.008
P-23	182.41	CRP-4	O	44.4	PVC	140	0.796	0.51	0.008
P-24	303.02	O	CRP-7	29.4	PVC	140	0.124	0.18	0.002
P-25	354.53	CRP-7	P	29.4	PVC	140	0.124	0.18	0.002
P-26	97.37	O	CRP-5	44.4	PVC	140	0.65	0.42	0.005
P-27	190.58	CRP-5	Q	44.4	PVC	140	0.65	0.42	0.005
P-28	45.72	Q	R	44.4	PVC	140	0.448	0.29	0.003
P-29	357.68	R	S	29.4	PVC	140	0.067	0.1	0.001
P-30	77.14	R	T	44.4	PVC	140	0.336	0.22	0.002
P-31	215.13	T	U	29.4	PVC	140	0.045	0.07	0.000
P-32	35.94	T	V	44.4	PVC	140	0.269	0.17	0.001
P-33	189.69	V	W	29.4	PVC	140	0.09	0.13	0.001
P-34	303.12	V	X	29.4	PVC	140	0.157	0.23	0.003
P-35	284.12	X	Y	29.4	PVC	140	0.067	0.1	0.001
P-36	189.82	X	Z	22.9	PVC	140	0.011	0.03	0.000
P-40	48.01	F	L	29.4	PVC	140	0.191	0.28	0.004
P-43	106.59	L	CRP- 10	29.4	PVC	140	0.18	0.27	0.004
P-44	531.25	CRP-10	N	29.4	PVC	140	0.18	0.27	0.004
P-45	508.12	Q	Ñ	29.4	PVC	140	0.18	0.27	0.004

**Anexo 11: Diseño hidráulico de nodos de agua potable por Hazen-Williams
con Watercad V8i**

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
B	3343.86	0.113	3380.11	36.18
C	3341.43	0.056	3380.05	38.55
D	3341.42	0.000	3379.65	38.15
E	3352.38	0.022	3379.64	27.20
G	3322.32	0.067	3333.52	11.18
I	3318.37	0.011	3333.36	14.96
K	3313.35	0.011	3333.35	19.96
J	3300.95	0.09	3333.21	32.19
H	3297.45	0.124	3330.57	33.06
F	3293.9	0.034	3328.99	35.02
F'	3289.5	0.022	3328.99	39.41
O	3273.8	0.022	3291.96	18.13
P	3228.87	0.124	3244.87	15.96
Q	3246.69	0.022	3263.1	16.38
R	3246.14	0.045	3262.98	16.80
S	3224.26	0.067	3262.76	38.42
T	3245.18	0.022	3262.85	17.64
U	3229.45	0.045	3262.79	33.27
V	3244.85	0.022	3262.81	17.93
W	3230.8	0.09	3262.62	31.75
X	3235.18	0.079	3261.92	26.69
Y	3228.05	0.067	3261.75	33.63
Z	3228.5	0.011	3261.91	33.34
L	3291.44	0.011	3328.79	37.28
N	3242.18	0.180	3278.23	35.97
Ñ	3235.78	0.180	3261.18	25.35

Anexo 12: Diseño hidráulico de tuberías de agua potable por Darcy y Weisbach

Tramo i	Tramo f	Cota inicial	Cota final	Q Tramo (l/s)	Q diseño	Longitud (m)	Ø interno de tubería	Velocidad (m/s)	Nº Re	Flujo	f	hf	Cpta Piezom Inicial	Cpta Piezo Final	P. final
RES1	CRPT7	3522.6	3480.34	0.000	1.537	317.07	44.40mm	0.993 m/s	35,929.39	Turbulento	0.0225	8.075 m	3522.600	3514.525	34.185
CRPT7	CRP-1	3480.34	3436.32	0.113	1.537	129.64	44.40mm	0.993 m/s	35,929.39	Turbulento	0.0225	3.302 m	3480.340	3477.038	40.718
CRP-1	CRP-2	3436.32	3385.38	0.113	1.537	402.68	44.40mm	0.993 m/s	35,929.39	Turbulento	0.0225	10.255 m	3436.320	3426.065	40.685
CRP-2	B	3385.38	3343.86	0.113	1.537	194.98	44.40mm	0.993 m/s	35,929.39	Turbulento	0.0225	4.966 m	3385.380	3380.414	36.554
B	C	3343.86	3341.43	0.056	0.056	132.77	29.40mm	0.082 m/s	1,976.97	Laminar	0.0324	0.051 m	3380.414	3380.364	38.934
B	D	3343.86	3341.42	0.000	1.368	21.29	44.40mm	0.884 m/s	31,978.80	Turbulento	0.0231	0.441 m	3380.414	3379.973	38.553
D	E	3341.42	3352.38	0.022	0.022	151.41	29.40mm	0.032 m/s	776.67	Laminar	0.0824	0.023 m	3379.973	3379.950	27.570
D	CRP-3	3341.42	3335.8	0.067	1.346	48.23	44.40mm	0.869 m/s	31,464.52	Turbulento	0.0232	0.971 m	3379.973	3379.002	43.202
CRP-3	G	3335.8	3322.32	0.067	1.346	107.8	44.40mm	0.869 m/s	31,464.52	Turbulento	0.0232	2.171 m	3335.800	3333.629	11.309
G	I	3322.32	3318.37	0.011	0.112	101.36	29.40mm	0.165 m/s	3,953.94	Turbulento	0.0408	0.195 m	3333.629	3333.434	15.064
I	K	3318.37	3313.35	0.011	0.011	151.73	22.90mm	0.027 m/s	498.56	Laminar	0.1284	0.031 m	3333.434	3333.403	20.053
I	J	3318.37	3300.95	0.090	0.090	145.08	29.40mm	0.133 m/s	3,177.27	Turbulento	0.0437	0.193 m	3333.434	3333.241	32.291
G	H	3322.32	3297.45	0.124	1.167	181.65	44.40mm	0.754 m/s	27,280.16	Turbulento	0.0240	2.845 m	3333.629	3330.784	33.334
H	F	3297.45	3293.9	0.034	0.247	231.79	29.40mm	0.364 m/s	8,719.84	Turbulento	0.0323	1.716 m	3330.784	3329.068	35.168
F	F'	3293.9	3289.5	0.022	0.022	36.27	22.90mm	0.053 m/s	997.12	Laminar	0.0642	0.015 m	3329.068	3329.053	39.553
F	L	3293.9	3291.44	0.011	0.191	48.01	29.40mm	0.281 m/s	6,742.87	Turbulento	0.0347	0.229 m	3329.068	3328.839	37.399
L	CRP-6	3291.44	3280.24	0.180	0.180	106.59	29.40mm	0.265 m/s	6,354.54	Turbulento	0.0353	0.459 m	3328.839	3328.381	48.141
CRP-6	N	3280.24	3242.18	0.180	0.180	531.25	29.40mm	0.265 m/s	6,354.54	Turbulento	0.0353	2.286 m	3280.240	3277.954	35.774
H	CRP-4	3297.45	3293.42	0.022	0.796	127.32	44.40mm	0.514 m/s	18,607.55	Turbulento	0.0264	1.019 m	3330.784	3329.765	36.345
CRP-4	O	3293.42	3273.8	0.022	0.796	182.41	44.40mm	0.514 m/s	18,607.55	Turbulento	0.0264	1.459 m	3293.420	3291.961	18.161
O	CRP-7	3273.8	3245.54	0.124	0.124	303.02	29.40mm	0.183 m/s	4,377.57	Turbulento	0.0395	0.692 m	3291.961	3291.268	45.728
CRP-7	P	3245.54	3228.87	0.124	0.124	354.53	29.40mm	0.183 m/s	4,377.57	Turbulento	0.0395	0.810 m	3245.540	3244.730	15.860
O	CRP-5	3273.8	3264.15	0.000	0.650	97.37	44.40mm	0.420 m/s	15,194.60	Turbulento	0.0278	0.547 m	3291.961	3291.414	27.264

CRP-5	Q	3264.15	3246.69	0.022	0.650	190.58	44.40mm	0.420 m/s	15,194.60	Turbulento	0.0278	1.071 m	3264.150	3263.079	16.389
Q	R	3246.69	3246.14	0.045	0.448	45.72	44.40mm	0.289 m/s	10,472.59	Turbulento	0.0306	0.135 m	3263.079	3262.945	16.805
R	S	3246.14	3224.26	0.067	0.067	357.68	29.40mm	0.099 m/s	2,365.30	Laminar	0.0271	0.163 m	3262.945	3262.781	38.521
R	T	3246.14	3245.18	0.022	0.336	77.14	44.40mm	0.217 m/s	7,854.44	Turbulento	0.0332	0.138 m	3262.945	3262.806	17.626
T	U	3245.18	3229.45	0.045	0.045	215.13	29.40mm	0.066 m/s	1,588.64	Laminar	0.0403	0.066 m	3262.806	3262.740	33.290
T	V	3245.18	3244.85	0.022	0.269	35.94	44.40mm	0.174 m/s	6,288.23	Turbulento	0.0354	0.044 m	3262.806	3262.762	17.912
V	W	3244.85	3230.8	0.090	0.090	189.69	29.40mm	0.133 m/s	3,177.27	Turbulento	0.0437	0.253 m	3262.762	3262.510	31.710
V	X	3244.85	3235.18	0.079	0.157	303.12	29.40mm	0.231 m/s	5,542.57	Turbulento	0.0368	1.033 m	3262.762	3261.729	26.549
X	Z	3235.18	3228.5	0.011	0.011	189.82	22.90mm	0.027 m/s	498.56	Laminar	0.1284	0.039 m	3261.729	3261.691	33.191
X	Y	3235.18	3228.05	0.067	0.067	284.12	29.40mm	0.099 m/s	2,365.30	Laminar	0.0271	0.130 m	3261.729	3261.599	33.549
Q	Ñ	3246.69	3235.78	0.180	0.180	508.12	29.40mm	0.265 m/s	6,354.54	Turbulento	0.0353	2.186 m	3263.079	3260.893	25.113

Anexo 13: Diseño hidráulico de tuberías de agua potable por Darcy y Weisbach con Watercad V8i

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (ft/ft)
P-1	317.07	RES	CRPT7	44.4	PVC	3.888	2.51	0.133
P-2	129.64	CRPT7	CRP-1	44.4	PVC	1.537	0.99	0.025
P-5	402.68	CRP-1	CRP-2	44.4	PVC	1.537	0.99	0.025
P-7	194.98	CRP-2	B	44.4	PVC	1.537	0.99	0.025
P-8	132.77	B	C	29.4	PVC	0.056	0.08	0.000
P-10	21.29	B	D	44.4	PVC	1.368	0.88	0.021
P-11	151.41	D	E	29.4	PVC	0.022	0.03	0.000
P-12	48.23	D	CRP-3	44.4	PVC	1.346	0.87	0.02
P-13	107.8	CRP-3	G	44.4	PVC	1.346	0.87	0.02
P-14	101.36	G	I	29.4	PVC	0.112	0.16	0.002
P-15	151.73	I	K	22.9	PVC	0.011	0.03	0.000
P-16	145.08	I	J	29.4	PVC	0.09	0.13	0.001
P-17	181.65	G	H	44.4	PVC	1.167	0.75	0.016
P-18	231.79	H	F	29.4	PVC	0.247	0.36	0.007
P-19	36.27	F	F'	22.9	PVC	0.022	0.05	0.000
P-22	127.32	H	CRP-4	44.4	PVC	0.796	0.51	0.008
P-23	182.41	CRP-4	O	44.4	PVC	0.796	0.51	0.008
P-24	303.02	O	CRP-7	29.4	PVC	0.124	0.18	0.002
P-25	354.53	CRP-7	P	29.4	PVC	0.124	0.18	0.002
P-26	97.37	O	CRP-5	44.4	PVC	0.65	0.42	0.006
P-27	190.58	CRP-5	Q	44.4	PVC	0.65	0.42	0.006
P-28	45.72	Q	R	44.4	PVC	0.448	0.29	0.003
P-29	357.68	R	S	29.4	PVC	0.067	0.1	0.000
P-30	77.14	R	T	44.4	PVC	0.336	0.22	0.002
P-31	215.13	T	U	29.4	PVC	0.045	0.07	0.000
P-32	35.94	T	V	44.4	PVC	0.269	0.17	0.001
P-33	189.69	V	W	29.4	PVC	0.09	0.13	0.001
P-34	303.12	V	X	29.4	PVC	0.157	0.23	0.003
P-35	284.12	X	Y	29.4	PVC	0.067	0.1	0.000
P-36	189.82	X	Z	22.9	PVC	0.011	0.03	0.000
P-40	48.01	F	L	29.4	PVC	0.191	0.28	0.005
P-43	106.59	L	CRP-10	29.4	PVC	0.18	0.27	0.004
P-44	531.25	CRP-10	N	29.4	PVC	0.18	0.27	0.004
P-45	508.12	Q	Ñ	29.4	PVC	0.18	0.27	0.004

Anexo 14: Diseño hidráulico de nodos de agua potable por Darcy y Weisbach con Watercad V8i

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
B	3343.86	0.113	3380.42	36.556
C	3341.43	0.056	3380.37	38.934
D	3341.42	0.000	3379.97	38.554
E	3352.38	0.022	3379.95	27.572
G	3322.32	0.067	3333.63	11.309
I	3318.37	0.011	3333.43	15.064
K	3313.35	0.011	3333.4	20.053
J	3300.95	0.090	3333.28	32.329
H	3297.45	0.124	3330.79	33.336
F	3293.9	0.034	3329.07	35.170
F'	3289.5	0.022	3329.06	39.555
O	3273.8	0.022	3291.96	18.161
P	3228.87	0.124	3244.73	15.860
Q	3246.69	0.022	3263.08	16.389
R	3246.14	0.045	3262.95	16.805
S	3224.26	0.067	3262.77	38.509
T	3245.18	0.022	3262.81	17.626
U	3229.45	0.045	3262.74	33.290
V	3244.85	0.022	3262.76	17.912
W	3230.8	0.090	3262.56	31.759
X	3235.18	0.079	3261.73	26.550
Y	3228.05	0.067	3261.59	33.540
Z	3228.5	0.011	3261.69	33.191
L	3291.44	0.011	3328.84	37.401
N	3242.18	0.180	3277.95	35.774
Ñ	3235.78	0.180	3260.89	25.114

Anexo 15: Panel fotográfico

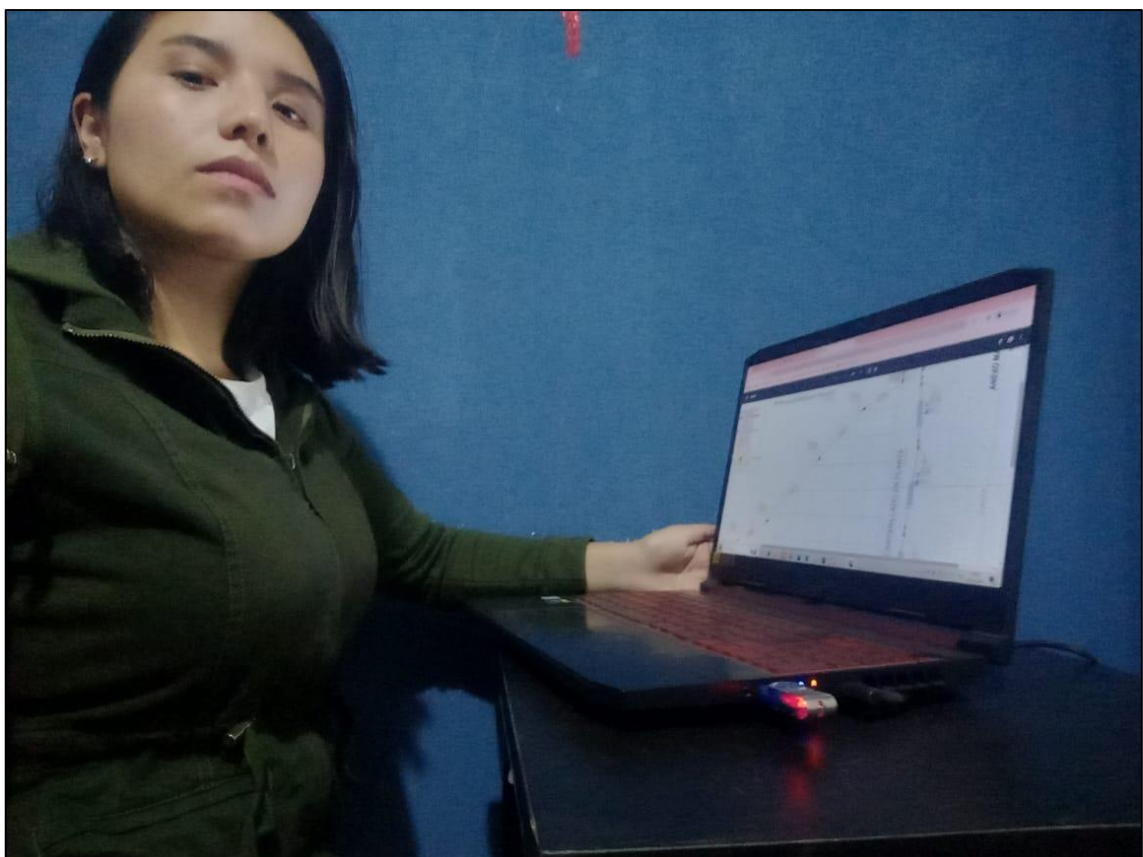


Levantamiento topográfico de los puntos del sistema de redes de agua potable del distrito de Rundo





Procesamiento de datos recolectados de campo en el programa watercad



Análisis de los comparativo de los métodos Hazen-Williams y Darcy-Weisbach