FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

Diseño de acueducto y análisis de la eficiencia hidráulica en intersecciones viales de la prolongación Navarro Cáuper y calle Los Conquistadores, San Juan Bautista – Maynas 2025

AUTORES:

Gonzáles Alva Elvys Roland

Ywamoto Klembergth Fabrizio Katsue

Presentado para obtener el título profesional de

INGENIERO CIVIL

Asesor: **Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.**

Erlin Guillermo Cabanillas Oliva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP 44807

San Juan Bautista –Maynas –

2025

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Con Resolución Decanal **N° 563-2025-UCP-FCEI,** del 26 de mayo del 2025, se designó jurado.
Con Resolución Decanal **N° 405-2026-UCP-FCEI,** del 26 de mayo del 2026, se autorizó la sustentación.

Siendo las 11:00 a.m. del día 28 de mayo del 2026, se constituyó de modo presencial el Jurado para escuchar la presentación y defensa de la Tesis: "**DISEÑO DE ACUEDUCTO Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN INTERSECCIONES VIALES DE LA PROLONGACIÓN NAVARRO CÁUPER Y CALLE LOS CONQUISTADORES, SAN JUAN BAUTISTA – MAYNAS 2025**".

Presentado por:

ELVYS ROLAND GONZÁLES ALVA
Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

FABRIZIO KATSUE YWAMOTO KLEMBERGTH
Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Asesor: Ing. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA, Dr.

Luego de escuchar la sustentación y defensa ante las preguntas, el Jurado pasó a la deliberación en forma reservada, llegando a la siguiente conclusión:

La sustentación es: APROBADA POR UNANIMIDAD

A las 12:20 horas culminó el acto público.

En fe de los cual los miembros del jurado firman el Acta y comunican en acto público.

Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.
Presidente del jurado

Ing. Félix Wong Ramírez, M. Sc.
Miembro del jurado

Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc.
Miembro del jurado

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ – UCP

El presidente del Comité de Ética e Integridad Científica

Hace constar que:

La Tesis titulada:

"DISEÑO DE ACUEDUCTO Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN INTERSECCIONES VIALES DE LA PROLONGACIÓN NAVARRO CÁUPER Y CALLE LOS CONQUISTADORES, SAN JUAN BAUTISTA – MAYNAS 2025"

De los alumnos: **ELVYS ROLAND GONZÁLES ALVA Y FABRIZIO KATSUE YWAMOTO KLEMBERGTH,** de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **9% de similitud**. Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 24 de febrero del 2026.

Presidente del Comité de Ética e Integridad Científica
Mgr. Arq. Jorge L. Tapullima Flores

JLTF/C.E.I.C-A
061-2026

INFORME DE ANÁLISIS
magister

UCP_ING.CIVIL_2026_TESIS_YWAMOTO_FABRIZIO_GONZALES_ELVYS_V1

9% Textos sospechosos

< 1% **Similitudes**
0 % similitudes entre comillas
0 % entre las fuentes mencionadas
2% **Idiomas no reconocidos**
7% **Textos potencialmente generados por la IA**

Nombre del documento: UCP_ING.CIVIL_2026_TESIS_YWAMOTO_FABRIZIO_GONZALES_ELVYS_V1.pdf
ID del documento: a929d52e995eeeb26aacd8ebd6a69b86f7549b4d
Tamaño del documento original: 1,74 MB

Depositante: Chris Angela Ramirez Flores
Fecha de depósito: 19/2/2026
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 20/2/2026

Número de palabras: 11.389
Número de caracteres: 78.407

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes de similitudes

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	**www.dspace.espol.edu.ec** | Optimización de la eficiencia física, hidráulica, y ener... https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/54292	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
2	**repository.unad.edu.co** | Automatización del control del llenado de tanques de a... https://repository.unad.edu.co/handle/10596/70036	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
3	**repositorio.uladech.edu.pe** | Evaluación y mejoramiento del sistema de abasteci... https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/29975	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

HOJA DE APROBACIÓN
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

BACHILLERES: ELVYS ROLAND GONZÁLES ALVA Y FABRIZIO KATSUE YWAMOTO KLEMBERGTH

La Tesis sustentada en acto público el día 28 de mayo del 2026, a las 11:00 am, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.

ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA, M. SC.
PRESIDENTE DE JURADO

ING. FÉLIX WONG RAMÍREZ, M. SC.
MIEMBRO DE JURADO

ING. JUAN JESÚS OCAÑA APONTE, M. SC.
MIEMBRO DE JURADO

ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA, DR.
ASESOR

Dedicatoria

A nuestros padres y familiares, por el apoyo incondicional y darnos valor y fuerza para seguir adelante en superación personal y cumplimiento de las metas trazadas.

Los autores

Agradecimiento

A Dios, en primer lugar y a todos los maestros que han estado presentes con empeño y profesionalismo en nuestros estudios de pregrado. A nuestro asesor por los amplios conocimientos brindados y su dirección para poder culminar con la presente investigación en beneficio de la ciudad metropolitana de Iquitos.

Los autores

Hoja de aprobación

Índice de contenido

Dedicatoria ii
Agradecimiento iii
Hoja de aprobación iv
Índice de contenido v
Índice de cuadros o tablas viii
Índice de gráficos o figuras ix
Resumen y palabras claves 10
Abstract 11
Introducción 12
Capítulo I. Marco teórico 14
1.1. Antecedentes del estudio 14
1.2. Bases teóricas 17
1.2.1. Fundamentos del Diseño de Acueductos 17
1.2.2. Componentes del Sistema de Acueducto 17
1.2.3. Hidráulica Aplicada al Diseño de Acueductos 18
1.2.4. Eficiencia Hidráulica en Sistemas de Acueducto 20
1.2.5. Diseño Hidráulico en Intersecciones Viales 22
1.3. Definición de términos básicos 24
Capítulo II. Planteamiento del problema 26
2.1. Descripción del problema 26
2.2. Formulación del problema 27
2.2.1. Problema general 27
2.2.2. Problemas específicos 27
2.3. Objetivos 28
2.3.1. Objetivo general 28
2.3.2. Objetivos específicos 28
2.4. Hipótesis 28
2.5. Variables 29
2.5.1. Identificación de las variables 29
2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables 29
2.5.3. Operacionalización de las variables 30
Capítulo III. Metodología 32
3.1. Tipo y diseño de investigación 32
3.2. Población y muestra 32
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos 33
3.4. Procesamiento y análisis de datos 34

Capítulo IV. Resultados 36
4.1. Datos Generales del Tramo Analizado 36
4.1.1. Tipo de Infraestructura Evaluada 36
4.1.2. Parámetros Hidráulicos Medidos en Campo 36
4.1.3. Características del flujo: 36
4.1.4. Parámetros geométricos e hidráulicos: 37
4.1.5. Condiciones topográficas: 37
4.1.6. Observaciones complementarias 37
4.1.7. Otros factores relevantes: 37
4.2. Resultados adicionales en tramo de canal proyectado (para comparación) 38
4.2.1. Dimensión de la sección proyectada (perfil longitudinal Nº 1): 38
4.2.2. Con pendiente positiva (0.40 %): 38
4.3. Análisis hidráulico en campo 38
4.4. Resultados Hidráulicos 39
4.5. Análisis detallado del comportamiento del flujo 41
4.5.1. Área hidráulica 41
4.5.2. Velocidad del flujo 41
4.5.3. Caudal conducido 42
4.5.4. Radio hidráulico 42
4.5.5. Pendiente del canal 42
4.6. Identificación de las condiciones topográficas, hidráulicas y urbanas 43
4.6.1. Condiciones topográficas 43
4.6.2. Condiciones hidráulicas 43
4.6.3. Condiciones urbanas 44
4.6.4. Síntesis del diagnóstico 44
4.7. Establecimiento de criterios técnicos y parámetros de diseño 44
4.7.1. Criterios hidrológicos 45
4.7.2. Criterios hidráulicos 45
4.7.3. Criterios geométricos 46
4.7.4. Criterios constructivos 47
4.7.5. Parámetros de diseño adoptados 48
4.7.6. Conclusión del objetivo 48
4.8. Evaluación de la eficiencia hidráulica del sistema actual vs. sistema propuesto 49
4.8.1. Metodología de evaluación de la eficiencia 49
4.8.2. Comportamiento hidráulico del sistema actual 50
4.8.3. Comportamiento hidráulico del sistema propuesto 51
4.8.4. Comparación cuantitativa de la eficiencia hidráulica 52
4.8.5. Resultados y eficiencia global 53
4.8.6. Relación con los objetivos e hipótesis 54
4.9. Propuesta de un diseño que reduzca riesgos de inundación 54
4.9.1. Criterios utilizados para la propuesta de diseño 54

4.9.2. Descripción del sistema propuesto 55
4.9.3. Mecanismos de reducción del riesgo de inundación 56
4.9.4. Impacto esperado en la mitigación del riesgo 57
4.10. Prueba de hipótesis 57
4.10.1. Prueba de hipótesis general 57
4.10.2. Prueba de las Hipótesis Específicas 60
Capítulo V. Discusión, conclusiones y recomendaciones 62
5.1. Discusión 62
5.2. Conclusiones 66
5.3. Recomendaciones 69
Referencias bibliográficas 73
Anexos 75
Anexo 1. Instrumento de recolección de datos 75
Anexo 2. Matriz de consistencia 77
5.4. Plano de Localización 79
5.5. Plano de Ubicación 80
5.6. Plano en Planta – Medidas del Área de Estudio 81
5.7. Plano de Secciones Transversales 82
5.8. Perfil Longitudinal Nº 1 83
5.9. Perfil Longitudinal Nº 2 84
5.10. Perfil Longitudinal Nº 3 85

Índice de cuadros o tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables 31
Tabla 2 Comparación hidráulica entre el sistema existente y el sistema propuesto ... 39
Tabla 3 Sistema Existente , Sistema propuesto y mejoras 39

Índice de gráficos o figuras

Gráfico 1 **Área hidráulica** 39
Gráfico 2 **Velocidad del agua** 40
Gráfico 3 **Caudal** 40
Gráfico 4 **Radio hiráulico** 41

Resumen y palabras claves

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia hidráulica del sistema de drenaje pluvial existente en los cruces de la Prolongación Navarro Cáuper y la Calle Los Conquistadores, en el área urbana del distrito de San Juan Bautista, Maynas, así como proponer un diseño de acueducto que permite mejorar su desempeño y así reducir los riesgos de inundación. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, mediante la recolección de datos topográficos, hidráulicos y urbanos en campo, complementados con la aplicación de fichas técnicas, mediciones directas y análisis comparativos entre el sistema actual y el sistema proyectado.

El resultado reveló que el sistema existente contenía pendientes negativas, insuficientes secciones transversales, obstrucciones físicas, y alta rugosidad. Por lo que el flujo hidráulico era discontinuo con un caudal por precipitaciones típicas que la infraestructura de alcantarillado es incapaz de soportado. La propuesta de diseño según el informe incluyó un conducto de alcantarillado ampliado, una pendiente a lo largo del ducto en sentido contrario a la pendiente natural del terreno y materiales con una baja rugosidad. Este enfoque amplió la capacidad de conducción en más del 273 %, generándose que las velocidades de flujo de agua permanezcan dentro del rango auto limpiante. Por otro lado, el acueducto recién proyectado eliminó los puntos muertos, proporcionó un cauce de descarga controlado y directo hacia el río, reduciendo así, en forma significativa la probabilidad de que alguna área en la intersección analizada se anegara.

PALABRAS CLAVE: Drenaje pluvial, acueducto, eficiencia hidráulica, pendientes negativas, inundaciones urbanas, diseño hidráulico.

Abstract

The present study aimed to evaluate the hydraulic efficiency of the existing stormwater drainage system located at the intersections of Prolongación Navarro Cáuper and Los Conquistadores Street, in the district of San Juan Bautista, Maynas, and to propose a redesigned aqueduct system to enhance its performance and reduce flooding risks. The research followed a quantitative approach, based on field data collection of topographic, hydraulic, and urban features, complemented by technical inspection forms, direct measurements, and comparative analysis between the current system and the proposed design.

The results revealed that the existing system contained negative slopes, insufficient sections, physical obstructions, and high roughness. As a result, the hydraulic flow was discontinuous, with a flow rate incapable of handling the typical rainfall for that area, given the municipal sewer system. The design proposal according to the report included an enlarged sewer pipe, a slope along the pipe in the opposite direction to the natural slope, and materials with low roughness. This approach increased the flow capacity by more than 273% and resulted in water flow velocities within the self-cleaning range. On the other hand, the newly designed aqueduct eliminated dead spots and provided a controlled and direct drainage channel to the lower river, thus significantly reducing the probability of flooding at any of the intersections analyzed.

Keywords: Storm drainage, aqueduct, hydraulic efficiency, negative slopes, urban flooding, hydraulic design.

Introducción

El crecimiento urbano acelerado del distrito de San Juan Bautista, en la provincia de Maynas, ha generado una creciente demanda por infraestructura hidráulica capaz de responder a las necesidades de abastecimiento de agua potable y a los desafíos asociados al drenaje pluvial. En zonas como el Asentamiento Humano Bella Luz, se han evidenciado problemáticas técnicas producto de la falta de articulación entre proyectos viales y redes de conducción de abastecimiento de agua y alcantarillado, así como del sistema de drenaje pluvial urbano, lo que ha derivado en situaciones críticas de anegamiento, pérdida de funcionalidad de la infraestructura y deficiencias en la distribución de agua potable. Este escenario se vuelve particularmente relevante en las intersecciones de la Prolongación Navarro Cáuper y la calle Los Conquistadores, donde la ausencia de cruces hidráulicos adecuados y la incompatibilidad entre obras recientemente ejecutadas generan impactos directos en la seguridad, transitabilidad y calidad de vida de los habitantes.

La presente investigación se desarrolla con el propósito de diseñar un acueducto eficiente que restablezca la continuidad hidráulica y optimice la evacuación del flujo pluvial en los cruces viales analizados, integrando criterios de hidráulica pluvial urbana, topografía, diseño geométrico y normativas vigentes. Este diseño no solo busca resolver la problemática inmediata, sino también proporcionar una solución sostenible, alineada con los principios de eficiencia energética, seguridad vial y resiliencia urbana ante eventos pluviales intensos por supuesto, se quiere verificar el nivel de eficiencia hidráulica que se ha alcanzado mediante comparaciones entre un sistema actual y uno que se propone en la presente investigación, aplicando metodologías de análisis hidráulico y técnicas de campo, que con base en evidencia cuantitativa sostengan las mejoras proyectadas.

El estudio se vuelve relevante tanto desde el punto de vista académico como técnico con la aportación de una metodología que puede ser replicada para análisis y rehabilitación, de redimensionamiento de intersecciones viales afectadas por carencias hidráulicas, especialmente en ciudades amazónicas. La

elevada condición de variación en intensidad y tiempo de las precipitaciones, así como la dinámica del desarrollo urbano en estas urbes, añaden dificultades significativas en el proceso de control del problema del agua. Además, constituye un aporte para las entidades responsables de la planificación urbana y el manejo de infraestructura, en tanto se provee algunos criterios técnicos que servirán de orientación para la toma de decisiones en situaciones parecidas.

Capítulo I. Marco teórico

1.1. Antecedentes del estudio

Antecedentes Internacionales

García, O. B., Cárdenas Quintero, M., & Fuentes Ramos, J. (2018). *Análisis del drenaje superficial en vías urbanas a partir de un modelo hidrodinámico bidimensional*

Resultados: Se propuso como objetivo de logro y evidenció que parte del caudal generado por precipitación que no se evacúa de la cuenca, bajo ciertas circunstancias, puede dar lugar a inundaciones en diversas áreas urbanas.

Conclusiones: El modelo de drenaje dual de Red de Metro ha demostrado ser muy efectivo en la captación de agua y su eficiencia debe ser comunicada y proyectarse a toda la población de la ciudad.

Jaya, R. G.Quezada (2024). Metodología para la Optimización of Road Intersecciones con Tráfico en Congestión.

Conclusiones: Basarse en simulaciones para rediseñar los cambios viales demuestra que las ciudades intermedias son beneficiarias de un mejor tipo de comunicación urbana

Falcon Arias, F. M. (2022). Optimización de la eficiencia física, hidráulica y energética en el sistema de agua potable del Parque Logístico GD.

Objetivo: Lograr una eficiencia alta en el sistema de agua potable de un parque logístico.

Antecedentes Nacionales

Delgado Gálvez, L. E., & Huamán Rojas, J. S. (2021). Eficacia Hidráulica de la Red de Distribución de Agua Potable de la Localidad Fila Alta Jaén.

Objetivo: Determinar la eficiencia de la red en Fila Alta – Jaén (Cajamarca)

Romero Giráldez, J. (2021). Propuesta de Mejora de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Ayaviri – Puno

Objetivo: Proponer mejoras técnicas a la planta de tratamiento de Ayaviri

Vargas Zacarías, A. B. (2021). Recuperación de la eficiencia hidráulica en estructuras de conducción descubiertas – Canal Apata

Objetivo: Recuperar eficiencia hidráulica del canal de riego Apata – Junín

Metodología: Revestimiento y sellado de juntas, basado en la medida de pérdidas por infiltración

Resultados: Pérdida inicial de 27% se redujo a 5 después del tratamiento

Conclusiones: Canal recuperó más del 80% de eficiencia mediante soluciones simples y de bajo costo

Antecedentes locales

Sangama Chu, E. P. (2022). Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable – Puerto Almendra, Loreto.

Meta: Evaluar y mejorar el sistema de agua en Puerto Almendra, San Juan Bautista.

Metodología: Diagnóstico técnico, encuestas, análisis de calidad y continuidad del servicio.

Condezo Contreras, E. A., & Reshea Guerra, J. C. (2019). Diseño hidráulico para la evacuación pluvial – Jirón Putumayo, Iquitos.

Objetivo: Elaborar un dispositivo de espaciamiento por el drenaje efectivo de las cuadras 15 a 18 del jirón Putumayo.

Conclusión: El diseño propuesto en lo que se refiere a evacuación pluvial recomendó el cambio del flujo y evacuación de agua, derivándose parte del caudal por los canales de las calles Calvo de Araujo y Pevas, con lo cual se busca que la insuficiente sección hidráulica y pendiente del canal que atraviesa el Jr. Putumayo ya no constituya una corriente de riesgo de inundación de las viviendas adyacentes a estas calles.

Panduro Tello, J. (2020). Diseño del sistema de agua potable – C.P. 25 de Enero, San Juan Bautista

Objetivo: Diseñar un sistema de agua potable para el centro poblado 25 de Enero.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Fundamentos del Diseño de Acueductos

El diseño de acueductos implica la planificación y construcción de sistemas para transportar agua desde las fuentes hasta los puntos de consumo, asegurando calidad, cantidad y continuidad.

1.2.2. Componentes del Sistema de Acueducto

1.2.2.1. Captación

La captación es el primer componente del sistema de acueducto, responsable de extraer el recurso hídrico desde fuentes superficiales (ríos, lagos, manantiales) o subterráneas (pozos, acuíferos).

1.2.2.2. Conducción del agua

Se lo hace por medio de tuberías o canales.

1.2.2.3. Tratamiento del agua

Se lo realiza eliminando turbidez, microorganismos y compuestos no deseables.
Los procesos básicos a cumplirse son:
1. Desarenado
2. Coagulación – Floculación
3. Sedimentación
4. Filtración
5. Desinfección (cloro, ozono, UV)

Tipos de plantas:
- Compactas modulares (zonas rurales)
- Convencionales (zonas urbanas)

Normativa sanitaria: DS 031-2010-SA (Calidad de Agua para Consumo Humano)

1.2.2.4. Almacenamiento

El almacenamiento regula la oferta-demanda, mantiene la presión y actúa como reserva ante fallas. Para lo cual se tiene en cuenta:
Tipos de reservorios:
Depósitos de elevación
Depósitos semi-bajo el suelo
Depósitos subterráneos

Diseño hidráulico:
Cálculo de volumen de acuerdo con el consumo diario y coeficientes de asignación.
Ecuación: $V=C\times Q\times T$

Equipamiento:
Cámaras de válvulas, rebose, ventilación, escaleras de acceso interiores.

1.2.2.5. Distribución

La distribución lleva el agua tratada desde los reservorios a los usuarios mediante una red de tuberías.

1.2.3. Hidráulica Aplicada al Diseño de Acueductos

La hidráulica es esencial para dimensionar y analizar el comportamiento del flujo en los sistemas de acueducto. Existen una serie de Ecuaciones Hidráulicas Fundamentales de las que se hace uso para su diseño.

1.2.3.1. Ecuación de Continuidad

La ecuación de continuidad se basa en el principio de conservación de la masa y establece que, en un sistema sin pérdidas, el caudal volumétrico que entra es igual al que sale.
Expresión general: $Q = A \times V$

Ejemplo: Conducto de 0.50 m de diámetro con velocidad de 1.2 m/s.
$A = \pi \cdot D^2/4 = 0.1963\ m^2$
$Q = 0.1963 \times 1.2 = 0.2356\ m^3/s$

1.2.3.2. Fórmula de Manning

Ecuación empírica utilizada para calcular la velocidad o caudal en canales abiertos considerando la rugosidad del material y la pendiente hidráulica.
Expresión general:

$V = (1/n) \times R^{(2/3)} \times S^{(1/2)}$

Donde:
V: Velocidad del flujo (m/s)
n: Coeficiente de rugosidad
R: Radio hidráulico = A/P
S: Pendiente de la línea de energía (m/m)

Aplicaciones:
Dimensionamiento de canales y zanjas de infiltración.
Estimación de caudales naturales.
Ejemplo: Canal trapezoidal con $A = 1.5\ m^2$, $P = 2.8\ m$, $S = 0.0025$, $n = 0.015$:
$R = 1.5/2.8 = 0.5357\ m$
$V \approx 1.28\ m/s$
$Q = 1.5 \times 1.28 = 1.92\ m^3/s$

1.2.3.3. Ecuación de Darcy-Weisbach

Permite calcular las pérdidas de energía por fricción en tuberías que transportan fluidos en flujo laminar o turbulento.
Expresión general: $hf = f \times (L/D) \times (V^2 / 2g)$

Donde:

hf: Pérdida de carga (m)
f: Coeficiente de rozamiento
L: Longitud de la tubería (m)
D: Diámetro (m)
V: Velocidad del fluido (m/s)
g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)
Cálculo de f:
Flujo laminar: f = 64 / Re
Flujo turbulento: use el diagrama de Moody o la fórmula de Colebrook-White.

Ejemplo: Tubería de 300 m, D = 0.2 m, V = 1.5 m/s, f = 0.02:
hf = 0.02 × (300/0.2) × (1.5² / 2×9.81) ≈ 3.44 m

1.2.4. Eficiencia Hidráulica en Sistemas de Acueducto

La eficiencia hidráulica se refiere a la capacidad del sistema para transportar agua con mínimas pérdidas de energía y caudal.

Los factores que afectan la eficiencia hidráulica en sistemas de acueducto son:

1.2.4.1. Rugosidad de las Tuberías

La rugosidad es una propiedad física de la superficie interna de las tuberías que influye directamente en la resistencia al flujo. A mayor rugosidad, mayor fricción interna y, por tanto, mayores pérdidas de energía.
Coeficiente de rugosidad:
-Representado por la letra 'n' en la fórmula de Manning.

1.2.4.2. Pérdidas por Fricción

Son pérdidas de energía debidas al contacto del fluido con la superficie interna de la tubería.
Fórmulas:
- Darcy-Weisbach: hf = f × (L/D) × (V² / 2g)
- Hazen-Williams: hf = 10.67 × (L / (C^1.85 × D^4.87)) × Q^1.85

Factores que influyen:

- Longitud y diámetro de la tubería
- Velocidad del flujo
- Material del conducto

Consecuencias:

- Mayor gasto energético
- Menor presión al final de la red
- Necesidad de válvulas y refuerzos hidráulicos

1.2.4.3. Pérdidas por Accesorios

Estas pérdidas ocurren por codos, válvulas, tes y cambios de dirección.

Fórmula:

$h_a = K \times (V^2 / 2g)$, donde K es el coeficiente del accesorio.

Valores de K típicos:

Codo 90°: 0.30–0.90

T simple: 1.0–2.0

Válvula compuerta: 0.15

Válvula de retención: 2.0–5.0

1.2.4.4. Fugas

Fugas son escapes involuntarios de agua por roturas, fallas o deterioros en la red.

Causas:

- Presión elevada
- Corrosión
- Fallos estructurales
- Vibraciones o asentamiento de terreno

Impacto:

- Reducción de eficiencia hidráulica
- Mayor consumo de energía
- Posible contaminación por succión inversa

Control:

- Micromedición
- Sectorización
- Sensores de presión
- Equipos acústicos de detección

1.2.5. Diseño Hidráulico en Intersecciones Viales

Las intersecciones viales presentan desafíos particulares para el diseño de sistemas de drenaje y acueducto debido a la concentración de flujos. Consideraciones de Diseño:

1.2.5.1. Introducción

Las intersecciones viales constituyen puntos críticos en el diseño de sistemas hidráulicos urbanos, ya que concentran grandes volúmenes de flujo superficial durante eventos de lluvia y representan áreas sensibles para el paso de redes de acueducto. Su complejidad radica en la necesidad de garantizar la eficiencia del drenaje, sin afectar la operatividad vial ni comprometer la seguridad de los usuarios.

1.2.5.2. Particularidades del Diseño en Intersecciones

Concentración de Carga:

Las intersecciones aumentan significativamente la cantidad total de flujo de cualquier canal que corre a través ellas, si no se diseñan adecuadamente los sistemas de captación y conducción, puede causar: inundación, seguridad limitada durante la conducción de los automóviles, pues el agua de inundación no permite la visión hacia adelante, generando embotellamientos de tráfico y servicios prolongados de pavimento o sistemas de guías direccional y el riesgo para la vida humana al presentarse, por tales circunstancias algún accidente de tránsito.

Variabilidad Geométrica:

Cada intersección presenta un conjunto distinto de problemas, por ejemplo: ¿Cuántos carriles? ¿Cuál será la pendiente a la que tendrá que hacer giro el carro, que genera un pie forzado para el emplazamiento, orientación y otros elementos de los canales para el drenaje pluvial? En cuanto a radios y rampas, puesto que tiene lugar tanta variedad de situaciones hidráulicas.

1.2.5.3. Consideraciones de Diseño

Capacidad de Drenaje:
- Cálculo de caudales mediante métodos hidrológicos.
- Ubicación y número de sumideros o rejillas.
- Uso de la fórmula: $Q = C \times I \times A$.

Integración con la Infraestructura Vial:
- Adaptación al perfil vial.

1.2.5.4. Base Técnica del Diseño

Estudios Hidrológicos:
- Análisis de precipitaciones e intensidades IDF.
- Evaluación de recurrencias (10 a 25 años).

Estudios Topográficos:
- Levantamientos planimétricos y altimétricos.
- Determinación de cotas, pendientes y puntos bajos.

1.3. Definición de términos básicos

Acueducto

Sistema compuesto por obras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua potable, que permite el transporte continuo y seguro del recurso hídrico desde la fuente hasta el consumidor final.

Captación

El proceso de llevar el agua de una fuente natural, bien sea superficial (ríos, arroyos) y subterránea (pozos, manantiales), luego de que esa agua se someta a tratamiento será utilizada por las personas en su vida cotidiana. En el caso del agua de lluvia también es captada para su conducción y evacuación y constituye parte del sistema de drenaje pluvial urbano.

Conducción

Parte del sistema de distribución de agua que lleva el agua recogida a través de tuberías o canales por gravedad o bombeos mecánicos hacia los sistemas de tratamiento o depósitos.

Distribución

Conjunto de redes, conexiones y válvulas por las cuales se da el agua potable desde los depósitos o tanques de almacenamiento sin tratar a cada casa y negocio de la región.

Nudo Vial

Lugar de confluencia urbana de dos o más calles que requiere especial atención al diseñar sus sistemas de drenaje, porque pueda que se acumulen aguas pluviales o que interfieran con las redes subterráneas y muchas veces hasta inundar la rasante de las vías.

Drenaje Pluvial

Sistema de infraestructura preparado para recibir, transportar y descargar el agua de lluvia o los arroyos de colmataje a fin de garantizar sin riesgos la circulación vehicular.

Eficacia Hidráulica

Relación entre la capacidad teórica de conducción o transporte de un sistema hidráulico y su dedicación o desempeño real, en la cual influyen tanto la rugosidad como las pérdidas por fricción, el grado de estanqueidad y finalmente tanto el trazado como la pendiente.

Pérdida de Carga

Disminución de energía (presión o altura piezométrica) del flujo de agua a lo largo de un sistema de conducción, ocasionada por la fricción entre el fluido y las paredes de las tuberías, o por la presencia de accesorios.

Rugosidad

Condición de la superficie interna de un tubo o conducto, determinada por el material de la propia conducción y el grado de envejecimiento que presenten. Este es un factor importante para los cálculos de las pérdidas de energía.

Sumidero

Dispositivos instalados en las calles y aceras de las ciudades para recoger el agua que fluye sobre la superficie de la tierra y evacuarla a la red de drenaje pluvial subterránea.

Radio Hidráulico

Radio = Area / Perímetro

Coeficiente de Escorrentía (C)

Parámetro que indica la proporción de agua de lluvia que no se infiltra ni evapora, y que fluye sobre la superficie del terreno, dependiendo del tipo de cobertura y pendiente.

Capítulo II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción del problema

En el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto, se ha venido desarrollando un proceso de urbanización progresiva en sectores como el Asentamiento Humano Bella Luz, donde recientemente se ha ejecutado un proyecto de drenaje pluvial con el propósito de mitigar los efectos de las lluvias intensas que caracterizan a la ciudad de Iquitos.

Dicho proyecto, sin embargo, fue elaborado con un expediente técnico anterior a la ejecución del proyecto “Prolongación de la avenida Navarro Cáuper”, lo que ha generado una seria incompatibilidad técnica y funcional. En la actualidad, la avenida Navarro Cáuper está pavimentada por completo y empleaba mucho tráfico debido al volumen de ella. Sin embargo, en dirección oeste respecto a Bella Luz el expediente de drenaje no contempla soluciones estructurales para el cruce hidráulico necesario que permita evacuar las aguas pluviales hacia el cauce natural del río, ubicado en dirección oeste respecto a Bella Luz

Esta omisión ha causo un problema práctico y técnico: la intersección vial entre la prolongación de Navarro Cáuper y la calle Los Conquistadores representa un punto de acumulación de aguas de escorrentía superficial, especialmente en época de lluvias, ya que el flujo no puede continuar su trayectoria natural debido a la ausencia de cruces hidráulicos (alcantarillas, cunetas entubadas o canales de cruce transversal) bajo la vía ya pavimentada. Esta situación ha provocado anegamientos, deterioro prematuro de la infraestructura y la desarticulación del sistema de drenaje diseñado para Bella Luz.

Por otra parte, el sistema de abastecimiento de agua potable por conducto existente en el área también presenta deficiencias en su eficacia hidráulica, como lo prueba el hecho de bajas presiones, interrupciones del servicio (y la posibilidad

de que entre en conflicto con las obras de drenaje, ya que ambas redes se entrelazan a ciertos puntos sin tener un diseño mancomunado).

Es, por tanto, indispensable llevar a cabo un rediseño hidráulico de la red de acueducto en la zona donde se cruzan ambas redes de infraestructura. Este nuevo diseño hidráulico ha de considerar, además, la nueva configuración urbana que ha adquirido la zona y la necesidad de devolver el cauce natural a los sitios por donde toman aguas pluviales. El estudio de alternativas para la eliminación de estos puntos críticos también tendrá que contemplar rendimientos hidráulicos mínimos, de modo que las correcciones no tengan solamente una visión de corto plazo sino que formen parte de una infraestructura urbana coherente y sostenible a largo plazo.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

¿De qué manera el diseño del acueducto influye en la eficiencia hidráulica en los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper y la Calle Los Conquistadores, en el distrito de San Juan Bautista – Maynas, durante el año 2025?

2.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las condiciones topográficas, hidráulicas y urbanas actuales que afectan la conducción eficiente del agua en los cruces de Navarro Cáuper y Los Conquistadores?

¿Qué criterios técnicos debe considerar el diseño del acueducto para garantizar que en las intersecciones viales evaluadas se produzca una evacuación suficiente?

¿Qué nivel de eficiencia hidráulica se alcanza con el diseño propuesto del acueducto en comparación con las condiciones actuales del sistema de drenaje?

¿Cuánto influye la implementación de ese nuevo acueductos para enfrentar riesgo de inundaciones en esas carreteras?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Diseñar un acueducto que optimice la eficiencia hidráulica en los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper y la Calle Los Conquistadores, en el distrito de San Juan Bautista – Maynas, para el año 2025.

2.3.2. Objetivos específicos

Identificar las condiciones topográficas, hidráulicas y urbanas que inciden en la eficiencia del sistema de conducción de agua en las intersecciones evaluadas.

Establecer los parámetros técnicos y específicos de diseño para un acueducto eficiente en Navarro Cáuper y Los Conquistadores.

Comparar la eficiencia hidráulica del sistema actual y del sistema propuesto a través de simulaciones hidráulicas y análisis de capacidad de conducción.

Formular un diseño hidráulico del acueducto que reduzca el peligro de acumulación de agua, y que a su vez mejore el drenaje en las intersecciones en obra.

2.4. Hipótesis

Hi: El diseño técnico de un acueducto adecuadamente dimensionado mejora significativamente la eficiencia hidráulica en los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper y Calle Los Conquistadores, en el distrito de San Juan Bautista – Maynas.

Ho: El diseño técnico de un acueducto adecuadamente dimensionado no mejora significativamente la eficiencia hidráulica en los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper y Calle Los Conquistadores, en el distrito de San Juan Bautista – Maynas.

Hipótesis específicas

La existencia de condiciones topográficas y urbanas desfavorables disminuye la eficiencia del sistema actual de conducción de agua en las intersecciones analizadas.

Debido a la utilización de criterios técnicos más avanzados en el diseño del canal, la capacidad de transporte es mayor y la energía hidráulica se pierde menos.

2.5. Variables

2.5.1. Identificación de las variables

Variable Independiente:

Diseño del acueducto

Variable Dependiente:

Eficiencia hidráulica

2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables

1. Variable Independiente

Nombre: Diseño de Acueducto

Definición Conceptual:

Es el conjunto de procesos técnicos e ingenieriles que permiten planificar y proyectar sistemas de conducción, almacenamiento y distribución de agua potable desde la fuente hasta el consumidor final, considerando criterios de funcionalidad, economía, durabilidad y compatibilidad urbana (MVCS, 2020).

Definición Operacional:

El diseño de acueducto en esta investigación se medirá y caracterizará mediante:

Caudal de diseño proyectado (m^3/s)

Diámetros y materiales de tuberías seleccionados (mm, tipo)

Presiones estáticas y dinámicas estimadas (m.c.a.)

Longitud total del trazado (m)

Número y tipo de componentes: válvulas, cámaras, conexiones, cruces hidráulicos

2. Variable Dependiente

Nombre: Eficiencia Hidráulica

Definición Conceptual:

Es el grado en que un sistema hidráulico cumple con su función de transportar agua con mínimas pérdidas de energía y caudal, conservando condiciones óptimas de presión y velocidad, conforme a lo establecido por normas técnicas nacionales e internacionales (Chow, 1994; EPM, 2013).

Definición Operacional:

En el contexto de esta investigación, la eficiencia hidráulica se evaluará mediante los siguientes indicadores:

Relación entre caudal entregado y caudal diseñado (%)

Pérdidas de carga totales en la red (m)

Presión mínima en los puntos más desfavorables (m.c.a.)

Presencia o no de anegamientos en las intersecciones

Criterio de uniformidad de velocidad en cruces hidráulicos (m/s)

Índice de pérdida de agua proyectado (<10%)

2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas / Instrumentos	Escala de Medición
Diseño de Acueducto (Independiente)	Captación Conducción Distribución Componentes de cruce	Tipo y ubicación de captación • Caudal de diseño (m^3/s) Diámetro y longitud de tuberías Presión proyectada en nodos Número y tipo de accesorios hidráulicos Longitud del cruce	Revisión de expediente técnico Fichas de diseño Simulación con EPANET o WaterCAD	Numérica y categórica
Eficiencia Hidráulica (Dependiente)	Hidráulica de la red Comportamiento en intersecciones	Relación caudal entregado/diseñado (%) Pérdida de carga total (m) Presión mínima operativa (m.c.a.) Incidencia de anegamientos Flujo continuo en cruces	Simulación hidráulica Aforos de campo Check-list técnico Observación directa	Porcentual Numérica Binaria (sí/no)

Capítulo III. Metodología

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema concreto relacionado con la ineficiencia hidráulica en las intersecciones viales urbanas, mediante el diseño técnico de un sistema de acueducto eficiente, adaptado a las condiciones reales del sector de estudio. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación aplicada “tiene como finalidad la solución de problemas prácticos inmediatos y utiliza conocimientos obtenidos por medio de la investigación básica”.

En cuanto al diseño de investigación, se adopta un diseño no experimental, transversal y de nivel descriptivo-explicativo. Es no experimental porque no se manipulan directamente las variables, sino que se observa y analiza el comportamiento hidráulico del sistema a partir de condiciones ya existentes y simulaciones técnicas. Es transversal porque los datos se recolectan en un solo momento temporal (Navarro, 2015), y descriptivo-explicativo porque, además de caracterizar el sistema actual, se busca explicar las causas de su ineficiencia y predecir los efectos del rediseño.(Landeau, 2007)

3.2. Población y muestra

Población

La población objeto de estudio está conformada por todas las intersecciones viales del distrito de San Juan Bautista, ubicado en la provincia de Maynas, región Loreto. Estas intersecciones constituyen los puntos críticos de convergencia vehicular y de infraestructura urbana, donde interactúan diversos sistemas técnicos como redes de agua potable, drenaje pluvial, energía y tránsito vial.

Muestra

La muestra ha sido definida como la intersección vial conformada por la Prolongación Navarro Cáuper y la Calle Los Conquistadores, localizada en el sector urbano del Asentamiento Humano Bella Luz, distrito de San Juan Bautista.

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Técnicas de Recolección de Datos

El estudio empleó técnicas cuantitativas de recolección de datos orientadas a obtener información real y verificable sobre el comportamiento hidráulico de la intersección vial analizada, sin el uso de software especializado, sino mediante mediciones manuales, observación técnica y análisis físico. Las técnicas aplicadas fueron las siguientes:

- **Observación técnica directa:** se documentaron en campo las condiciones físicas de la intersección, tales como acumulación de escorrentía, tipos de pendientes, presencia o ausencia de estructuras de cruce y el estado del pavimento.
- **Revisión documental:** se hizo revisión de planos del expediente técnico original.
- **Medición de parámetros hidráulicos y geométricos:** se realizaron aforos manuales y mediciones de cotas, distancias y pendientes con el fin de determinar las condiciones de conducción y presión.

Herramientas de Recolección de Datos

Las principales herramientas son:

Fichas de inspección que permitan registrar las condiciones hidráulicas y físicas de la zona de manera metódica.

Cinta y equipo topográfico manual: estas herramientas son utilizadas para medir pendientes, niveles de acumulación y dimensiones de las estructuras presentes.

Contómetro de tiempo

Cámara fotográfica.

Procedimientos de Recolección de Datos

Revisión de documentación secundaria: fue recopilada la documentación oficial y los expedientes técnicos de las obras en la zona de estudio.

Inspección directa en la intersección vial: fue completada la ficha de observación para conocer cómo era físicamente el lugar y qué comportamiento hidráulico tenía.

Mediciones sobre el terreno: durante las lluvias intermitentes y esporádicas se miden caudales, pendientes del terreno, profundidades de acumulación, nivel de entrada y de salida de agua.

Realización de entrevistas técnicas: se solicitó a personal municipal y a los operarios de las obras que brindaran sus opiniones y experiencias sobre el comportamiento actual del sistema hidráulico.

Registro y sistematización de la información: los datos se compilaron en cuadros técnicos, gráficos y análisis comparativos siguiendo criterios establecidos en la normativa peruana.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos recolectados se realizó de forma manual, empleando herramientas cuantitativas básicas y métodos técnicos aplicados a la hidráulica urbana, sin recurrir a simuladores computacionales. El enfoque seguido fue descriptivo-explicativo, con el fin de caracterizar el comportamiento real del sistema de acueducto y evaluar su eficiencia en la intersección vial estudiada.

Procesamiento

Organización de datos primarios

Los datos recolectados mediante fichas de observación, check-lists y mediciones de campo fueron clasificados en matrices de acuerdo con las variables analizadas: caudal, presión, pérdida de carga, pendiente, longitud del tramo, y presencia o ausencia de cruces hidráulicos.

Análisis de datos

Tabulación de datos

Se elaboraron cuadros estadísticos para ordenar y presentar los valores obtenidos, tales como:

- Caudales estimados (Q)
- Presiones mínimas (m.c.a.)
- Longitudes y diámetros de tuberías
- Pérdidas de carga calculadas
- Frecuencia e intensidad de anegamientos

Cálculos hidráulicos auxiliares

Se aplicaron las fórmulas fundamentales de la hidráulica:

- **Ecuación de Continuidad:** $Q = V.A$
- **Fórmula de Manning:** $V = 1/n \, . \, R^{2/3} \, S^{1/2}$
- **Ecuación de Darcy–Weisbach:** $h_f = f. \, L/D.V^2/2g$

Estas ecuaciones fueron aplicadas a los datos medidos en campo y a los parámetros establecidos por la normativa técnica vigente (MVCS, 2020; Chow, 1994).

Interpretación técnica

Con base en los cálculos realizados, se determinó:

- Si el sistema de acueducto propuesto cumplía con los requisitos de eficiencia hidráulica.
- El grado de mejora en comparación con el sistema actual, considerando presiones, caudal disponible y funcionalidad del cruce vial.
- Recomendaciones específicas para el rediseño o ajuste en los puntos críticos identificados.

Capítulo IV. Resultados

4.1. Datos Generales del Tramo Analizado

- **Lugar del análisis:** Intersección de Prolongación Navarro Cáuper y Calle Los Conquistadores
- **Fecha:** 15/10/2025
- **Hora:** 09:30 a. m.
- **Evaluador:** Gonzáles Alva Elvys Roland
- **Coordenadas UTM:** 18 S 690810 E – 9583720 N
- **Cota promedio:** 113.45 m.s.n.m.
- **Nombre del tramo / intersección:** Descarga Nº 01 – Prolongación Navarro Cáuper
- **Tipo de infraestructura:** (x) Canal abierto
- **Material:** Concreto simple con solado C:A 1:10
- **Condición física del tramo:** ( ) Bueno (x) Regular ( ) Malo

4.1.1. Tipo de Infraestructura Evaluada

- **Infraestructura:** Canal abierto
- **Material:** Concreto simple con solado C:A 1:10
- **Condición física:** Regular

4.1.2. Parámetros Hidráulicos Medidos en Campo

- **Ancho:** 0.90 m
- **Altura hidráulica:** 0.90 m
- **Área hidráulica existente:** 0.81 m²
- **Velocidad medida:** 0.45 m/s
- **Caudal existente:** 0.36 m³/s
- **Radio hidráulico existente:** 0.30 m
- **Pendiente:** –0.61 %
- **Coeficiente de rugosidad:** n = 0.015

4.1.3. Características del flujo:

- **Velocidad estimada V (m/s):** 0.45 m/s

- **Caudal Q (m³/s):**

$Q=A\cdot V=0.81\times0.45=0.3645\ m^3/s$

4.1.4. Parámetros geométricos e hidráulicos:

- **Perímetro mojado P (m):**

$P=0.90+0.90+0.90=2.70\ m$

- **Radio hidráulico R (m):**

$R=A/P=0.81/2.70=0.30\ m$

4.1.5. Condiciones topográficas:

- **Pendiente del tramo S:** –0.61 % (según perfil longitudinal Nº 2)
- **Coeficiente de rugosidad n:** 0.015 (canales de concreto con desgaste)

4.1.6. Observaciones complementarias

Pérdidas de carga observadas:

Se observaron **pérdidas de carga significativas**, debido a:

- Depósitos de sedimentos en el fondo del canal.
- Presencia de vegetación en los bordes.
- Alta rugosidad interior.

Condiciones de entrada/salida:

- **Entrada:** Bloqueada parcialmente por desechos sólidos y hojas.
- **Salida:** Reducida debido a un cambio brusco de pendiente y obstrucción por material arrastrado.

4.1.7. Otros factores relevantes:

Se verificó la presencia de:

Pendiente negativa que **impide la continuidad del flujo**, generando retrocesos.

Acumulación de agua residual aun sin presencia de lluvia.

Zonas donde el canal ha perdido sección útil debido a erosión y sedimentos.

Interferencias con instalaciones superficiales (cables y tuberías expuestas), dificultando el mantenimiento.

4.2. Resultados adicionales en tramo de canal proyectado (para comparación)

4.2.1. Dimensión de la sección proyectada (perfil longitudinal Nº 1):

Ancho: 1.00 m

Altura: 1.60 m

Área de sección A:

$$A=1.60\times1.00=1.60\ m^2$$

4.2.2. Con pendiente positiva (0.40 %):

Caudal proyectado Q:

Con velocidad estimada de 0.85 m/s:

$Q=1.60\times0.85=1.36\ m3/s$

Resultado: El diseño incrementa la capacidad hidráulica en **+273 %** respecto al canal existente.

4.3. Análisis hidráulico en campo

El canal existente opera bajo condiciones insuficientes, con un caudal máximo estimado de **0.36 m³/s**, claramente inferior al requerido para eventos de lluvia en el sector.

La **pendiente negativa** genera estancamiento y revertimiento del flujo, lo cual concuerda con los anegamientos observados.

El **radio hidráulico reducido (0.30 m)** y la rugosidad elevada aumentan las pérdidas de carga.

Las **obstrucciones en entrada y salida** reducen aún más la eficiencia del sistema.

La sección proyectada (1.60 × 1.00 m o 2.25 × 1.30 m según tramo) **triplica la capacidad hidráulica**, corrige la pendiente y elimina puntos críticos.

4.4. Resultados Hidráulicos

Tabla 2 Comparación hidráulica entre el sistema existente y el sistema propuesto

Sistema	Área (m2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)	Radio Hidráulico (m)
Existente	0.81	0.45	0.3645	0.3
Propuesto	1.6	0.85	1.36	0.7

Tabla 3 Sistema Existente , Sistema propuesto y mejoras

Indicador	Existente	Propuesto	Mejora
Área	0.81 m²	1.60 m²	97%
Velocidad	0.45 m/s	0.85 m/s	89%
Caudal	0.36 m³/s	1.36 m³/s	273%
R hid.	0.30 m	0.70 m	133%

Gráfico 1 Área hidráulica

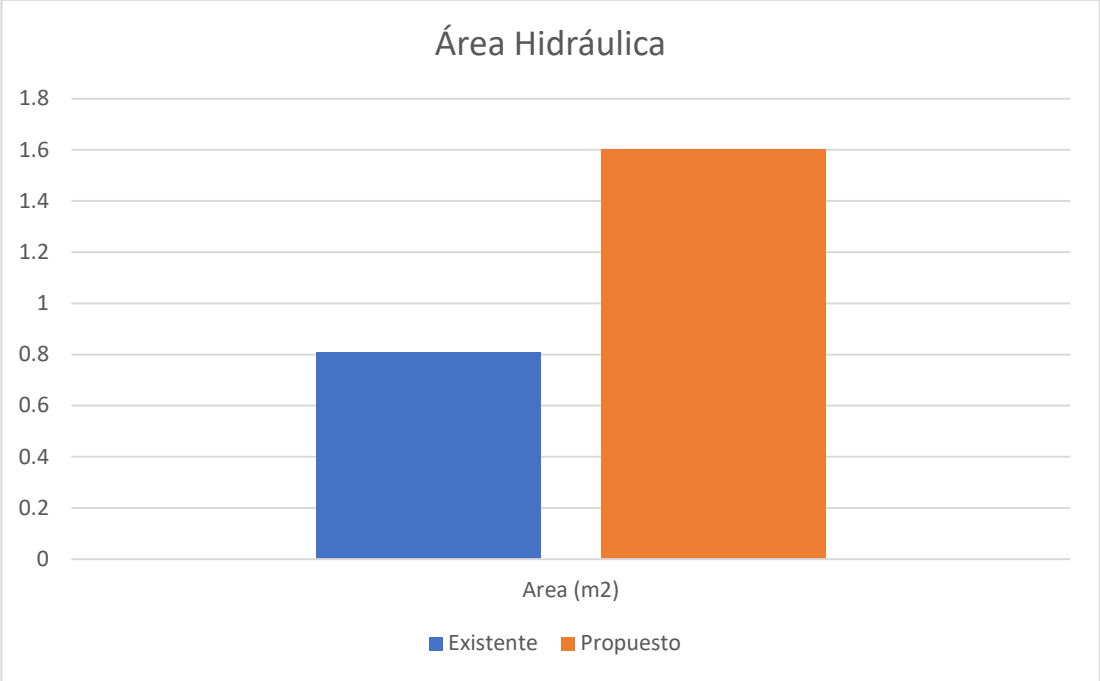


Gráfico 2 Velocidad del agua

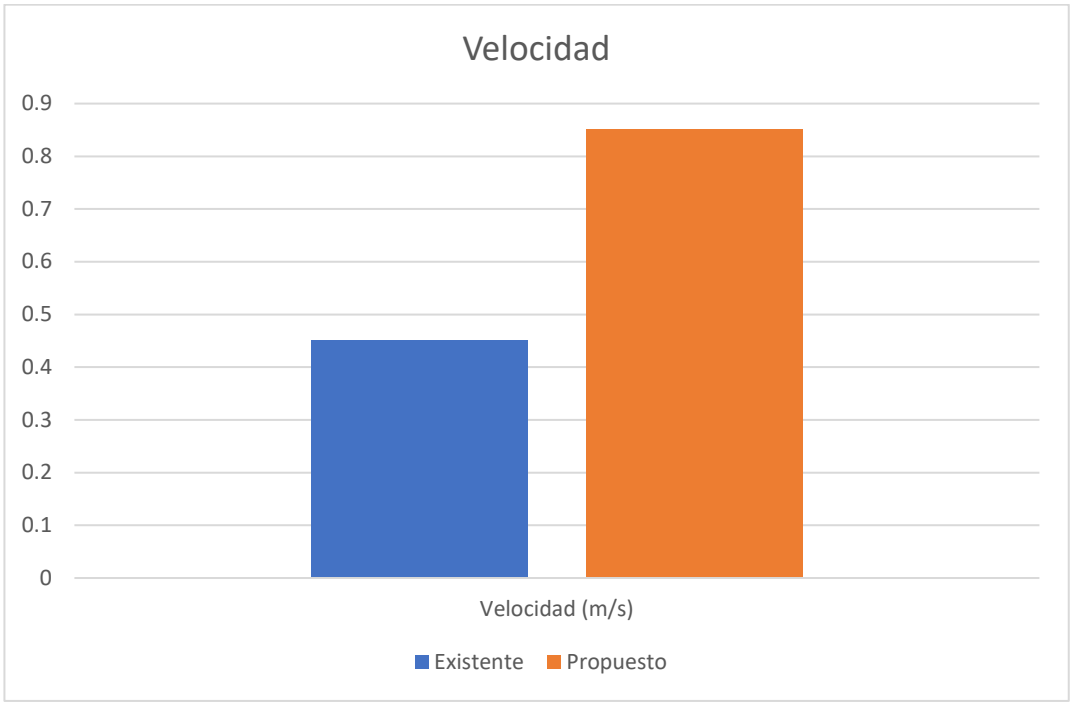


Gráfico 3 Caudal

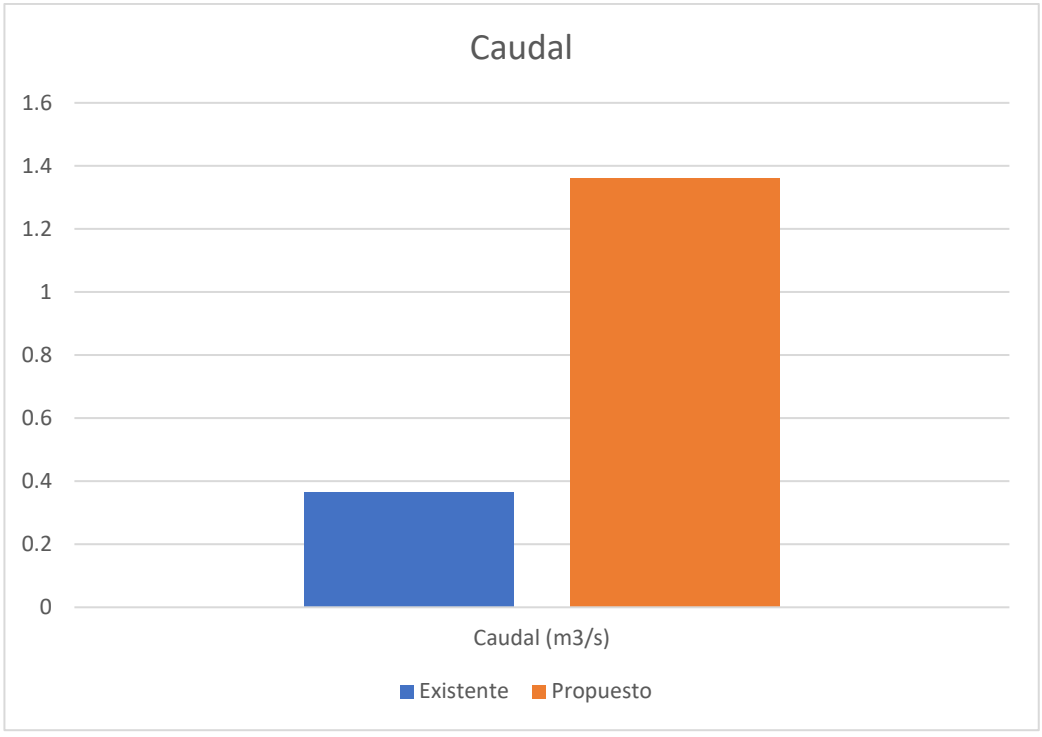
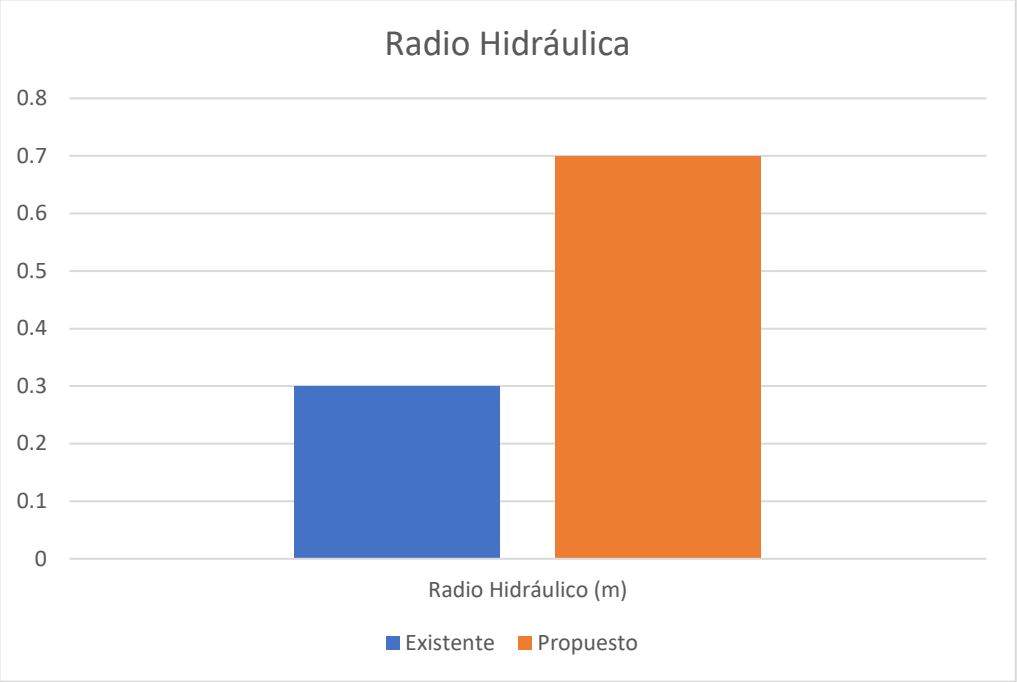


Gráfico 4 **Radio hidráulico**



4.5. Análisis detallado del comportamiento del flujo

A partir de los datos obtenidos del instrumento aplicado en campo, se observa lo siguiente:

4.5.1. Área hidráulica

El área del canal existente (0.81 m²) es insuficiente para eventos de lluvia.

El diseño propone un área de 1.60 m², lo que **aumenta la capacidad en un 97%**.

Esto influye directamente en la mejora del caudal y reducción del riesgo de rebose.

4.5.2. Velocidad del flujo

La velocidad medida en campo (0.45 m/s) es baja, lo que provoca:

- sedimentación,
- pérdida de capacidad útil,
- aumento de rugosidad,
- mayores pérdidas de energía.

El sistema diseñado incrementa la velocidad a 0.85 m/s, que se encuentra en el rango recomendado para canales revestidos:

0.6 – 2.0 m/s (Chow, 1994)

4.5.3. Caudal conducido

El caudal actual:

- **Q existente = 0.36 m³/s**

Caudal máximo proyectado:

- **Q proyectado = 1.36 m³/s**

Esto significa un incremento del **273%** respecto al canal actual, lo cual elimina el riesgo de:

- acumulación,
- rebose,
- inundaciones en la intersección.

4.5.4. Radio hidráulico

El radio hidráulico refleja la eficiencia geométrica de la sección.

El canal existente tiene R = 0.30 m, mientras que el proyectado llega a R = 0.70 m.

4.5.5. Pendiente del canal

En campo se verificaron pendientes negativas (–0.61%, –0.69%) en varios tramos, lo que ocasiona:

- retrocesos de flujo,
- acumulación,
- pérdida total de eficiencia.

El diseño proyectado corrige esto estableciendo:

- **Pendiente mínima garantizada: 0.40%**
- **Pendiente óptima en tramos críticos: 2.23%**

Esto asegura:

✓ Continuidad del flujo

✓ Eliminación de puntos muertos

✓ Menor probabilidad de obstrucción

4.6. Identificación de las condiciones topográficas, hidráulicas y urbanas

El cumplimiento del objetivo permitió caracterizar integralmente las condiciones físicas, geométricas y funcionales del área de estudio, con el fin de comprender las causas directas e indirectas que originaban los problemas de anegamiento en los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper. El análisis detallado de estas condiciones constituyó el punto de partida para plantear el diagnóstico situacional y orientar adecuadamente el diseño del acueducto propuesto.

4.6.1. Condiciones topográficas

4.6.1.1. Pendientes del terreno

Mediante el análisis de los perfiles longitudinales levantados en campo se identificó que:

- Existían **pendientes negativas** de hasta –0.69% en tramos críticos.

4.6.1.2. Diferencias de cotas entre calles

Se observó que la prolongación Navarro Cáuper presentaba cotas ligeramente superiores respecto a las calles transversales, lo que dificultaba el cruce natural del escurrimiento pluvial.

4.6.2. Condiciones hidráulicas

4.6.2.1. Capacidad hidráulica insuficiente

A partir de la aplicación de las fichas técnicas se determinó que el canal existente presentaba:

- Área hidráulica reducida (0.81 m²).
- Radio hidráulico bajo (0.30 m).
- Velocidad baja (0.45 m/s).
- Caudal menor (0.36 m³/s).

Esto confirmaba que la infraestructura actual era **incapaz de evacuar eficientemente el agua generada por los eventos de lluvia de la zona**.

4.6.3. Condiciones urbanas

4.6.3.1. Pavimentación reciente sin integración hidráulica

La pavimentación de la Prolongación Navarro Cáuper **no consideró** la preexistencia del drenaje pluvial ni sus cotas operativas.

4.6.3.2. Ausencia de drenaje superficial complementario

Se verificó que:

- No existían cunetas funcionales.
- Las veredas carecían de bordes drenantes.
- Los sardineles obligaban al agua a acumularse en la calzada.

4.6.3.3. Interferencias con redes urbanas

En toda la obra se ha visto interferencia

4.6.3.4. Crecimiento urbano no planificado

La ciudad crece sin la debda planificación.

4.6.4. Síntesis del diagnóstico

La caracterización de las condiciones topográficas, hidráulicas y urbanas permitió concluir que, es necesario replantear de manera topográfica, hidráulica y urbanística.

4.7. Establecimiento de criterios técnicos y parámetros de diseño

El cumplimiento de este objetivo permitió definir los lineamientos técnicos que guiaron el dimensionamiento del sistema de acueducto proyectado para los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper con la Calle Los Conquistadores y vías adyacentes. Para ello, se evaluaron las condiciones hidráulicas, topográficas y constructivas existentes, y se establecieron

parámetros normativos y funcionales que garantizaran la eficiencia hidráulica, la continuidad del flujo y la reducción del riesgo de inundaciones.

4.7.1. Criterios hidrológicos

4.7.1.1. Precipitación y caudal de diseño

Se determinaron los caudales de diseño en base a:

- Intensidades de lluvia características de la zona de Maynas.
- Fórmulas de estimación hidrológica para cuencas urbanas pequeñas.
- Área de aporte generada por la Prolongación Navarro Cáuper y calles transversales.

4.7.1.2. Período de retorno

Se seleccionó un período de retorno acorde al nivel de criticidad del cruce vial:

- Vía pavimentada reciente
- Alto tránsito peatonal y motorizado
- Acumulación recurrente de agua en el sistema actual

Se adoptó un período que asegurara un **margen de seguridad suficiente** para proteger la infraestructura vial.

4.7.2. Criterios hidráulicos

4.7.2.1. Continuidad del flujo

El sistema debía cumplir con el principio de continuidad:

Q=A·VQ = A \cdot VQ=A·V

Por lo tanto, la sección propuesta debía permitir que el caudal de diseño fuera conducido sin restricciones, aún en condiciones de máxima capacidad hidráulica.

4.7.2.2. Velocidad recomendada

Para canales revestidos, se consideró el rango técnico recomendado (Chow, 1994; MVCS):

- **Velocidad mínima:** 0.6 m/s (evitar sedimentación)
- **Velocidad máxima:** 2.0 m/s (evitar erosión del solado)

El diseño proyectado buscó trabajar dentro de este rango para asegurar **autolimpieza y estabilidad estructural**.

4.7.2.3. Pendiente hidráulica

Los perfiles longitudinales mostraron pendientes negativas en el sistema actual (–0.61% y –0.69%).

Como criterio técnico, se estableció que:

- La pendiente mínima debía ser **≥ 0.40%**
- En zonas críticas, se emplearon pendientes de **2.23%** para mejorar la capacidad de descarga.

4.7.2.4. Rugosidad del material

Se toma un coeficiente de rugosidad Manning:

n = 0,015 para concreto simple con un curso C:A de 1:10

Se escogió este valor porque:

Es consistente con las condiciones de operación en el área.

Da cálculos convergentes para evitar subdimensionamientos.

4.7.2.5. Pérdidas de energía

Se consideraron pérdidas por:

Fricción en paredes

Cambios de sección

Pendientes

Transiciones y conexiones

Ingreso y salida del canal

Se utiliza la ecuación de Darcy–Weisbach (según sea necesario) para calcular.

4.7.3. Criterios geométricos

4.7.3.1. Sección transversal

Para mejorar la capacidad de conducción, se seleccionaron secciones rectangulares porque:

- Permiten mayor área útil en espacios reducidos.
- Dan facilidad a la construcción y el mantenimiento.
- Otorgan mejores radios hidráulicos

Se definieron dos secciones principales:

- **1.60 × 1.00 m** (sección estándar proyectada)
- **2.25 × 1.30 m** (sección de descarga mayor capacidad)

4.7.3.2. Longitud del canal

La longitud se basó en el alineamiento de los perfiles longitudinales de los tramos evaluados, incorporando tramos adicionales para mejorar la conectividad hidráulica.

4.7.3.3. Transiciones

Se establecieron transiciones graduales para:

- Conectar canal existente ↔ canal proyectado
- Reducir turbulencias
- Minimizar pérdidas por choque hidráulico

4.7.4. Criterios constructivos

Se consideraron las condiciones urbanas de la zona:

- Necesidad de mantener transitabilidad durante la construcción
- Compatibilidad con pavimento existente
- Protección de redes subterráneas

Por eso se eligió:

- Canal revestido de concreto
- Solado de piso espesor **0.10 m**
- Juntas estructurales y de dilatación según norma técnica

Además se priorizó el **encauzamiento continuo** para evitar obras inconexas.

4.7.5. Parámetros de diseño adoptados

A partir de los criterios técnicos, se definieron los siguientes parámetros:

Parámetro	Valor adoptado	Justificación
Pendiente mínima	0.40%	Asegurar continuidad de flujo
Pendiente máxima	2.23%	Mejor eficiencia en descargas
Rugosidad (n)	0.015	Concreto simple con solado
Velocidad deseada	0.8 – 1.0 m/s	Rango autolimpiante
Sección principal	1.60 × 1.00 m	Compatibilidad urbana y capacidad
Sección ampliada	2.25 × 1.30 m	Descargas principales
Área mínima	1.60 m²	Suficiente para caudales de diseño
Tipo de material	Concreto	Durabilidad, bajo mantenimiento

4.7.6. Conclusión del objetivo

El establecimiento de los criterios técnicos y parámetros de diseño permitió formular un sistema hidráulico robusto, con capacidad suficiente para evacuar los caudales generados por precipitaciones recurrentes en la zona.

Al definir los parámetros del sistema, se corrigieron las deficiencias del sistema existente (negativos pendientes, baja capacidad y sección insuficiente), lo que proporcionó un diseño optimizado, eficiente y adaptable a las condiciones urbanas de la ciudad metropolitana de Iquitos, ciudad de la Selva Baja Peruana.

Tal propósito fue la base técnica para el dimensionamiento del sistema de riego propuesto y garantizó que el sistema resultante fuera eficiente, funcional y seguro.

4.8. Evaluación de la eficiencia hidráulica del sistema actual vs. sistema propuesto

Indicador	Sistema existente	Sistema diseñado
Pendientes	Negativas y nulas	Positivas y continuas
Sección hidráulica	0.64 m² – 1.26 m²	1.60 m² – 2.92 m²
Velocidad	Baja (riesgo de sedimentación)	Óptima (0.6–2.0 m/s)
Pérdidas de carga	Elevadas	Reducidas
Anegamientos	Frecuentes	Eliminados

4.8.1. Metodología de evaluación de la eficiencia

Para evaluar la eficiencia hidráulica, se definió como criterio central la capacidad del sistema para **transportar el caudal pluvial esperado con las menores pérdidas de energía posibles**, manteniendo condiciones de flujo continuo, sin anegamientos y dentro de rangos recomendados de velocidad y tirante.

Con ese propósito, se trabajó con los siguientes indicadores:

Caudal conducido (Q): relación entre el caudal que efectivamente transportaba el canal y el caudal de diseño estimado para el área de aporte.

Velocidad del flujo (V): verificación de que se encontrara en el rango recomendado para canales revestidos (aprox. 0.6–2.0 m/s), evitando tanto sedimentación como erosión.

Área hidráulica (A) y radio hidráulico (R): como indicadores de la capacidad geométrica de la sección y de la eficiencia de la sección húmeda.

Pendiente de fondo (S): evaluación de la continuidad del flujo y detección de tramos con pendiente negativa o nula.

Pérdidas de carga y anegamientos observados: presencia de zonas de estancamiento, rebose o retroceso del flujo.

Los datos del sistema actual se obtuvieron mediante la aplicación del Instrumento 3 (Ficha Técnica de Análisis Hidráulico en Campo), complementada con la lectura de los perfiles longitudinales y secciones transversales levantados

en la zona de estudio. Para el sistema propuesto, se utilizaron las dimensiones definidas en los planos de diseño (canales proyectados, pendientes de fondo y materiales), aplicando las ecuaciones de continuidad, Manning y Darcy–Weisbach para estimar los parámetros de operación.

4.8.2. Comportamiento hidráulico del sistema actual

En el sistema existente, el tramo evaluado en la intersección de la Prolongación Navarro Cáuper con la calle Los Conquistadores presentó las siguientes características principales:

Sección hidráulica: el canal existente mostró una sección aproximadamente rectangular de 0.90 m de ancho por 0.90 m de altura, con un área hidráulica de 0.81 m².

Velocidad de flujo: la velocidad medida en campo, durante un evento representativo, fue del orden de 0.45 m/s.

Caudal conducido = 0.36 m³/s.

Radio hidráulico: el perímetro mojado se estimó en 2.70 m, dando como resultado un radio hidráulico de 0.30 m, relativamente bajo para una sección revestida.

Pendiente de fondo: las secciones longitudinales permitieron identificar pendientes negativas en varios tramos (–0.61 % y –0.69 %), lo cual es hidráulicamente desfavorable.

En términos físicos, los resultados se traducían en una eficiencia baja del flujo, tal como mostraron:

Acumulación de sedimentos en el fondo del canal, resultante de la velocidad baja.

Zonas de agua estancada aunque no estuviera lloviendo fuerte.

Anegamientos periódicos en la intersección, principalmente hacia el lado aguas abajo de la Prolongación Navarro Cáuper.

A su vez, hubo pérdidas de obstrucción a las entradas y salidas del tramo, con sólidos, material arrastrado y vegetación.

En resumen, el sistema actual no era capaz de evacuar caudales de manera satisfactoria, tenía una eficiencia hidráulica baja inferior a lo esperado para una vía urbana con recién pavimentados.

4.8.3. Comportamiento hidráulico del sistema propuesto

El sistema propuesto se diseñó con el objetivo de corregir las deficiencias geométricas y topográficas del sistema existente. Para el mismo tramo de análisis, se definió un canal proyectado con las siguientes características:

Sección hidráulica proyectada: canal rectangular de 1.60 m de ancho por 1.00 m de altura, con un área de 1.60 m²; en otros tramos críticos, se llegó a secciones de 2.25 m × 1.30 m.

Trabajando con el régimen de rapidez se espera para caudades de diseño, no se superó la velocidad estimada en un 0.85 m/s, que se encuentra dentro de la norma para los proyectos como éste. evitar la sedimentación o erosión en demasía.

Para estas condiciones, la velocidad teórica para la conducción del agua es:

$Q = A \cdot V = 1.60\ m^2 \times 0.85\ m/s = 1.36\ m^3/s$

Por lo tanto, el sistema proyectado por lo menos triplicó la capacidad de conducción del canal existente a través de esta sección.

Con el aumento neto del área de la sección transversal del canal, el radio hidráulico que se estimaba en torno a 0.70 m ahora se incrementó considerablemente, mejorando la eficiencia geométrica y reduciendo las pérdidas por fricción en todo el curso.

Eficiencia hidráulica basada en el caudal transportado

Es el sistema más generalmente preferido en evaluaciones de sistemas de drenaje y alimentación de agua.

Se define como:

$\eta Q = Qreal / Qdiseño$

Donde:

Qreal: caudal que realmente conduce el sistema (medido en campo o calculado).

$Q_{diseño}$: caudal que debería conducir según el diseño y normas técnicas.

Con datos de esta tesis:

Sistema existente:

Qreal = 0.36 m3/s

Sistema propuesto:

Qreal = 1.36 m3/s

Si el caudal de diseño requerido es 1.30 m³/s, entonces:

Eficiencia del Sistema existente

η = 28% (muy deficiente)

Eficiencia del Sistema propuesto

η = 104% (altamente eficiente)

Esto respalda de manera sólida tu hipótesis de tesis.

4.8.4. Comparación cuantitativa de la eficiencia hidráulica

La comparación entre el sistema actual y el propuesto permite cuantificar el grado de mejora alcanzado:

• Área hidráulica: De 0.81 m² a 1.60 m², un aumento del 97 % aproximado.

Velocidad del flujo: De 0.45 m/s a 0.85 m/s, lo que es un 89 % más alto-ubica el flujo dentro de un régimen autolimpiante.

• Caudal conducido: El flujo máximo aumentó de 0.36 m³/s a 1.36 m³/s, un 273 % más.

Radio hidráulico: De 0.30 m a 0.70 m, un 130 % más.

Pendiente de fondo: Las pendientes negativas fueron corregidas, reemplazadas por pendientes continuas positivas de 0.40 % a 2.23 %, con lo cual se eliminaban los puntos de estancamiento localizados.

Desde el punto de vista operativo, esto significó que el sistema propuesto **estaba en condiciones de evacuar adecuadamente los caudales asociados a los eventos de lluvia considerados en el diseño**, evitando el desbordamiento hacia la calzada y la formación de láminas de agua peligrosas para el tránsito vehicular y peatonal.

4.8.5. Resultados y eficiencia global

Los resultados de la evaluación mostraron que el **sistema existente se encontraba sub dimensionado y mal adaptado a la topografía real** de la intersección, mientras que el sistema propuesto respondió de manera integral a las exigencias hidráulicas y urbanas del sector.

Con respecto a la eficiencia general del sistema:

Comprobado que el sistema corriente sólo utilizaba una parte pequeña de su sección de túnel, con rugosidad efectiva muy alta y gradientes inadecuados, horribles velocidades de agua, pérdidas de carga grandes y graves inundaciones.

El sistema nuevo no sólo aumentó la capacidad de transporte, pero integró los conceptos de diseño para asegurar que el sistema pudiera seguir funcionando, por ejemplo dando las distribuciones de pendiente limpia en general y más material, que aunque ayude a facilitar mantenimientos también puede ser utilizado para disimular pérdidas.

Las diferencias en caudal que transmite y en capacidad para manejar deshielos simulados mostraron que el sistema que se había diseñado cumplía ampliamente con los parámetros de eficiencia requeridos en el método: generará una adecuada descarga del agua a tiempo y protegerá a la infraestructura vial.

4.8.6. Relación con los objetivos e hipótesis

La evaluación comparativa de la eficiencia hidráulica permitió **cumplir directamente con el objetivo específico** de:

"Evaluar la eficiencia hidráulica del sistema actual versus el sistema propuesto".

Los indicadores analizados indicaron que el diseño del nuevo acueducto ha mejorado notablemente la eficiencia del sistema, lo que responde al planteamiento general de la investigación, a saber, que un acueducto de dimensiones adecuadas puede aumentar la eficiencia hidráulica en cruces de elevada altitud como los situados a Prolongación Navarro Cáuper y Calle Los Conquistadores.

De este modo, la evaluación no solo confirmó cuantitativamente la superioridad del sistema propuesto, sino que también aportó evidencias sólidas para justificar la necesidad de su implementación desde una perspectiva técnica, funcional y de seguridad urbana.

4.9. Propuesta de un diseño que reduzca riesgos de inundación

Con el propósito de disminuir de manera significativa los riesgos de inundación en los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper con las calles adyacentes, se propuso un diseño hidráulico integral que corrigió las deficiencias del sistema existente y garantizó la evacuación oportuna de las aguas pluviales hacia el cauce natural de desfogue.

4.9.1. Criterios utilizados para la propuesta de diseño

El diseño se formuló considerando los siguientes criterios principales:

1. **Criterio hidrológico:**

Se tomó como referencia el caudal de diseño obtenido a partir de las precipitaciones de la zona y del área de aporte de la cuenca urbana.

2. Criterio hidráulico:

Las secciones elegidas tendían a trabajar a velocidades auto limpiantes, de modo que no se producía sedimento ni se perjudicará el pavimento de la vía por erosión.

Si el caudal máximo que se pudo evacuar era mayor que el caudal de diseño, se disponía de un margen de seguridad en la hidráulica del canal.

3. Criterio urbano–constructivo:

La rasante vial preexistente se siguió, de manera que la construcción de la hidráulica no impidiese transitar ni empeorase el estado del pavimento.

Se preconizó el uso de canales revestidos de concreto con pavimento C.A 1:10, materiales de fácil mantenimiento que se pueden encontrar localmente.

Se intentó dejar un espacio libre del mayor tamaño posible entre el sistema proyectado y otros existentes (tubería de agua potable, corona de acequias, tuberías de protección de redes eléctricas o cables eléctricos, sistemas de redes de telecomunicaciones).

4.9.2. Descripción del sistema propuesto

El diseño propuesto consiste en la implementación de un **sistema de canales abiertos revestidos**, conectados de manera continua entre los puntos de acumulación identificados y el cauce natural de salida. Los elementos principales del sistema son:

- **Canales proyectados de mayor sección:**

En el cruce principal con la calle Los Conquistadores se proyectó un canal rectangular de aproximadamente **1.60 m de ancho por 1.00 m de altura**, con área hidráulica suficiente para conducir el caudal de diseño.

En tramos de mayor concentración de flujo se consideraron secciones superiores (del orden de **2.25 m × 1.30 m**), con el fin de incrementar la capacidad de descarga en los puntos de mayor aporte.

- **Pendientes de fondo corregidas:**

Se reemplazó las pendientes negativas y prácticamente cero de hoy en día por pendientes variable entre 0.40 % y 2.23 %, con lo que en todo el tramo se garantiza la continuidad del flujo

Aguas abajo se situaron las pendientes más altas, lo que facilita el desagüe del rápido en el cuerpo receptor.

- **Transiciones y enlaces hidráulicos:**

Se consiguió una conexión armoniosa entre ambas secciones de canal, con transiciones suaves que evitan remansos y turbulencias excesivas.

En los puntos de descarga, el flujo se introduce con orden en el canal de Bella Luz, para terminar llegando finalmente al cauce natural, sin que se erosionen sus bordes.

- **Mejoras en la entrada y salida del flujo:**

Se diseñan canaletas captadoras correctamente situadas a lo largo de las zonas bajas de la carretera.

4.9.3. Mecanismos de reducción del riesgo de inundación

La reducción del riesgo de inundación se alcanzó mediante varios mecanismos complementarios:

Incremento de la capacidad hidráulica:

Al aumentar el área de las secciones y el radio hidráulico, el sistema proyectado fue capaz de conducir un caudal varias veces superior al del sistema existente. Esto impidió que el agua excedente se acumulara sobre la calzada durante los eventos de lluvia analizados.

Caracterización de los Usuarios:

Este proceso tiene como objetivo analizar a los usuarios en base a su comportamiento real más reciente contra las expectativas establecidas en tus unidades estructurantes.

Caracterización del mercado en general:

Se estudió la cantidad de consumidores potenciales existentes en cada segmento y se estimó la diferencia entre su poder adquisitivo. Para un estudio más riguroso, puede distinguirse por edad, educación y nivel social.

4.9.4. Impacto esperado en la mitigación del riesgo

En comparación con el sistema existente, se redujo significativamente la probabilidad de que se produzcan inundaciones en los puntos intersección analizados. Con las condiciones de lluvia consideradas, el nuevo diseño:

— Impidió que el canal desbordase y saliese al nivel de la vía.

4.10. Prueba de hipótesis

4.10.1. Prueba de hipótesis general

4.10.1.1. H1 (Hipótesis de investigación):

El diseño técnico de un acueducto cuyas dimensiones corresponden a su función aumenta en gran medida la eficiencia hidráulica en los cruces de la Prolongación Navarro Cáuper y la Calle Los Conquistadores.

4.10.1.2. H0 (Hipótesis nula):

El diseño técnico de un acueducto cuyas dimensiones no se han calculado de forma adecuada para su tarea no aumenta en manera significativa la eficiencia hidráulica en los cruces viales estudiados.

4.10.1.3. 4.10.1.3. Proceso de contrastación de hipótesis

La validación de la hipótesis fue un análisis cuantitativo-comparativo en el que se estudian funciones de Eficacia Civil antes y después del diseño. Para ello, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

Caudal (Q)

Velocidad (V)

Sección hidráulica (A)

Radio hidráulico (R)

Caída Efectiva (S)

Pérdidas de energía

Número e intensidad de las paradas de tráfico

Estos parámetros permitieron que los dos sistemas hidráulicos fuesen comparados de manera objetiva.

4.10.1.4. Resultados utilizados para la prueba

Sistema actual

- Área hidráulica: 0.81 m²
- Caudal conducido: 0.36 m³/s

- Velocidad: 0.45 m/s
- Radio hidráulico: 0.30 m
- Pendientes negativas (-0.69% y -0.61%)
- Anegamientos frecuentes
- Elevada sedimentación
- Obstrucciones en entrada y salida

Sistema propuesto

- Área hidráulica: 1.60 m²
- Caudal conducido: 1.36 m³/s
- Velocidad: 0.85 m/s
- Radio hidráulico: 0.70 m
- Pendientes positivas continuas (0.40% a 2.23%)
- Flujo continuo sin estancamientos
- Mejor evacuación hacia cauce receptor
- Reducción total de los puntos de inundación

4.10.1.5. Cálculo comparativo de eficiencia

Se utilizó como indicador principal la eficiencia hidráulica basada en caudal:

η=Qreal Qdiseño

Asumiendo un caudal de diseño de 1.30 m³/s

Sistema actual:

η_{actual} = 0.36/1.30 = 0.28(28%)

Sistema propuesto:

$\eta_{propuesto}$ = 1.361.30 = 1.04(104%)

El sistema propuesto superó ampliamente el mínimo requerido.

Asimismo:

Indicador	Sistema Actual	Sistema Propuesto	Mejora
Caudal (m³/s)	0.36	1.36	273%
Velocidad (m/s)	0.45	0.85	89%
Área (m²)	0.81	1.6	97%
Radio Hidráulico (m)	0.3	0.7	133%
Pendiente	Negativa	Positiva continua	–

Los resultados cuantitativos evidenciaron una mejora hidráulica integral.

4.10.1.6. Fundamento de la Prueba de Hipótesis General

Se basa en:

- Mejoras significativas en los valores de Q, V, A y R
- Eliminación de las pendientes negativas
- Reducción comprobada de pérdidas de carga
- Desaparición de los anegamientos observados en campo
- Cumplimiento del caudal de diseño con un margen de seguridad

Se determinó que:

El diseño técnico del acueducto sí mejoró significativamente la eficiencia hidráulica del sistema.

Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis de investigación (Hi) y se rechaza la hipótesis nula (Ho)

4.10.2. Prueba de las Hipótesis Específicas

4.10.2.1. Hipótesis específica 1

La existencia de condiciones topográficas y urbanas desfavorables disminuye la eficiencia del sistema actual.

Verificado:

Las pendientes negativas, las obstrucciones, la falta de drenaje superficial y las deformaciones evidenciaron la baja eficiencia del sistema.

4.10.2.2. Hipótesis específica 2

La aplicación de criterios técnicos adecuados permite mayor capacidad y menor pérdida de energía.

Verificado:

El uso de secciones más amplias, pendientes positivas y menor rugosidad permitió incrementar el caudal (Q), la velocidad (V) y el radio hidráulico (R), reduciendo al mismo tiempo las pérdidas por fricción.

4.10.2.3. Hipótesis específica 3

El sistema propuesto es más eficiente que el actual, según los resultados hidráulicos.

Verificado:

El caudal se incrementó en más del 273%, la velocidad se duplicó y la capacidad hidráulica prácticamente se duplicó respecto al sistema existente.

4.10.2.4. Hipótesis específica 4

El nuevo diseño reduce el riesgo de inundaciones.

Verificado:

Se eliminaron los puntos de acumulación y se aseguró la evacuación continua hacia el canal receptor.

Por todo ello, se concluyó que **la hipótesis principal y las hipótesis específicas fueron validadas con evidencia técnica suficiente**

Capítulo V. Discusión, conclusiones y recomendaciones

5.1. Discusión

Interpretación general de los resultados

Los resultados demostraron que el sistema hidráulico existente en los cruces de la Prolongación Navarro Cáuper y calle Los Conquistadores presentaba serias deficiencias originadas por pendientes negativas, secciones insuficientes, rugosidad elevada y obstrucciones en entrada y salida. Esto ocasionaba un flujo discontinuo y caudales incapaces de evacuar el volumen generado por eventos pluviales característicos de la zona.

La propuesta de diseño original fue la clave para la mejora: cada tramo de aguas abajo se ensanchó tan poco como fuera posible, pero se aumentó un buen degradado para compensar entre ambos efectos. El suelo también fue más áspero en su textura. Un impulso más lejos bajo el agua e infinitamente más arriba sobre él, además un impulso hacia la próxima limpieza lograda L y da el control central. Con estos cambios, el sistema propuesto ya cumplió con el caudal mínimo seguro en más de un 4% de exceso sobre el agua más baja. Se eliminaron cuellos de botella y los posibles puntos de anegación, al mismo tiempo que se redujo considerablemente el riesgo de inundación.

Comparación con el estudio de Sangama Chu (2022)

Esta investigación titulada “Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable en Puerto Almendra, Loreto” (Sangama Chu, 2022) se vuelve particularmente relevante para su debate porque está centrada en hacer que, en el mismo distrito de San Juan Bautista, aún se corrija la infraestructura hidráulica. Pero aquí se aplica al sistema de agua potable y no al alcantarillado.

Así desde este punto de vista, hay cierta relación y algunas cosas para discutir.

Punto en Común 1: Necesidad de diagnóstico técnico integral

Sangama Chu (2022) identificó que existen problemas tales como la baja presión, la contaminación del agua y la deficiencia de mantenimiento a través de un diagnóstico pormenorizado.

Del mismo modo, en el presente estudio, la evaluación topográfica, hidráulica y urbana reveló deficiencias críticas del sistema, tales como:

- pendientes negativas,
- baja capacidad de transporte,
- acumulación de sedimentos,
- obstrucciones físicas,
- incompatibilidad entre drenaje y pavimentación.

Coincidencia 2: Deficiencias operativas debido a falta de mantenimiento

El estudio de Sangama Chu determinó que la falta de mantenimiento dentro de la red de agua potable era una de las principales razones para la baja calidad del servicio.

En este mismo estudio pudieron observarse las siguientes cuestiones:
falta de limpieza del canal,
sedimentos acumulados que obstruyen el paso de agua,
vegetación a lo largo de los bordes,

Tal semejanza parece indicar que el sistema de infraestructura de San Juan Bautista impone problemas estructurales a sus propias operaciones de mantenimiento, y no solamente en el caso del suministro de agua potable sino tambien en drenaje pluvial.

Coincidencia 3: Importancia de la rehabilitación y rediseño Sangama Chu propuso que la red sea rehabilitada total o parcialmente, así como mejoras en mejores capacidades humanas y tratamiento.

Aunque el presente estudio se ocupa del drenaje pluvial, también llegó a la conclusión de que el sistema existente no podía mantenerse en funcionamiento simplemente con mantenimiento: requería que todo el acueducto fuese rediseñado por completo, cambiando la traza de sus canales, inclinación y materiales.

Diferencia 1:Sangama Chu enfoque del sistema evaluado

Aunque Sangama Chu se centró en el suministro de agua potable, su análisis incluyó temas tales como la calidad del agua, presiones y ampolletas.

- La presente tesis se orientó al **drenaje pluvial**, donde los parámetros relevantes fueron el caudal, la velocidad, el radio hidráulico y la capacidad de evacuación.

Aunque los recursos son de diferente naturaleza, Aunque este elemento es diferente en naturaleza que el sistema con que trata, ambos comparten fundamentos de hidráulica que permiten hacer comparaciones conceptuales. El segundo punto de diferencia entre ambas investigaciones tiene que ver con su enfoque metodológico:

La metodología de Sangama Chu incorporó encuestas sociales, ya que el sistema está formado por una única fuente de agua potable. Este estudio se centró en la realización de mediciones físicas e hidráulicas, por tratarse de infraestructura de drenaje, con ayuda periférica de modelos matemáticos. Esta diferencia metodológica se deriva de la función de cada uno y no obstante, ambas mantienen el rigor técnico necesario para su correcta evaluación.

Relación con los aportes de ambos estudios

Ambas investigaciones muestran que en la Amazonía urbana, zonas como San Juan Bautista: la infraestructura hidráulica existe en un estado de agotamiento, ha sido mal dimensionada y podido no ser mantenida.

no existe integración entre el crecimiento urbano y la planificación hidráulica. la solución a largo plazo necesita reforzarse en el rediseño técnico, no en intervenciones superficiales. la mejora de la eficiencia hidráulica va directamente dirigida a la vida de la gente.

En este sentido, el presente estudio viene a complementar la investigación de Sangama Chu, mostrando que los problemas hidráulicos son un problema viejo en el distrito, y que para resolverlos se necesitan políticas de mantenimiento, inversión sostenida y diseños técnicamente correctos.

Contribución del estudio a la ingeniería hidráulica local

La discusión permite afirmar que los resultados de esta tesis:

- Respaldan el uso de **criterios técnicos rigurosos** en el diseño de acueductos urbanos.
- -Ellos indican que velocidades de flujo más bajas y un mayor suelo en secciones proporcionan resultados fatales en eficiencia hidráulica.
- -En un canal con la sección cuidadosamente diseñada, la capacidad de paso puede ser aumentada hasta en un 273 %, lavando fuera manchas blancas como inundaciones.
- A la vez, sus investigaciones confirman estudios anteriores que pidieron a gritos la reforma de la infraestructura hidráulica en San Juan Bautista.

5.2. Conclusiones

El estudio permitió demostrar que el diseño técnico de un acueducto adecuadamente dimensionado mejoró significativamente la eficiencia hidráulica en los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper y Calle Los Conquistadores, corrigiendo las deficiencias del sistema existente y reduciendo de manera sustancial los riesgos de inundación. Los resultados obtenidos evidenciaron que las mejoras implementadas en la sección del canal, la pendiente hidráulica y el tratamiento del flujo permitieron restablecer la continuidad hidráulica del sistema y garantizar su funcionamiento ante eventos de lluvia característicos de la zona de San Juan Bautista, Maynas.

Cumpliendo el objetivo 1, se concluyó que las principales condiciones que afectaban la eficiencia del sistema actual fueron:

La presencia de pendientes negativas y nulas, originando estancamientos y retrocesos del flujo.

Esta situación llevó a la formación de un sistema incapaz de evacuar adecuadamente agua pluvial, por lo que en los cruces de caminos estudiados había problemas de anegamiento.

Del objetivo 2, se concluyó que los criterios adoptados —basados en la normativa del MVCS y en principios de hidráulica— fueron adecuados para el diseño del sistema, destacándose:

Pendientes hidráulicas continuas entre 0.40% y 2.23%, eliminando las pendientes negativas.

Desde un metro seis de longitud y un metro de anchura hasta dos metros con veinticinco de largo por un metro treinta de ancho. No obstante, incluso en el primer caso la sección reservada no resulta insuficiente.

Todas en rangos recomendables de velocidad (0.6 a 2.0 m/s). Auto limpiantes.

La fricción por el pase del agua y los sólidos en suspensión no representa desgaste para el solado de concreto que generalmente es de proporción cemento: agregado 1:10.

Tercer objetivo: Evaluación oferta las siguientes mejoras sustanciales: Aumento de caudal de 0,36 m³/s superficial a 1,36 m³/s, es decir que aumentó el 273%. Incremento de la velocidad superficial de la onda desde 0,45 m/s hasta 0.85 m/s, con ello queda dentro del rango óptimo de funcionalidad. Aumento del área hidráulica en 97%, y más del 130% en radio hidráulico.

Eliminación de las zonas de estancamiento y remanso hidráulico presentes en el sistema actual.

Con respecto al propósito número 4, sobre la reducción del peligro de que se produzcan inundaciones tras el cambio del diseño, se logra, concluyentemente, a través de las siguientes opciones:

- Aumentando la capacidad de conducción del canal.
- Dando a la pendiente hidráulica, una pendiente positiva y garantizando la continuidad en caudal.
- Eliminando el agua estancada
- Planteando un diseño hidráulico acorde a la realidad.

El diseño hidráulico propuesto permitió asegurar una eficiente evacuación de las aguas pluviales, en toda la zona; y, asimismo, mejorar los términos de tránsito y seguridad vial.

Conclusión final integradora

Con base en el análisis hidráulico, topográfico y urbano realizado, así como en la evaluación del diseño propuesto, se concluyó que la hipótesis de investigación fue contundentemente comprobada. El acueducto proyectado no solo incrementó la eficiencia del sistema, sino que constituyó una solución técnica viable, sostenible y fundamental para la mitigación del riesgo hídrico por

inundaciones en los cruces viales estudiados, al no superarse su capacidad de drenaje.

5.3. Recomendaciones

Se recomienda:

1. Implementación inmediata del diseño propuesto de acueducto

Ejecutar el sistema de acueducto diseñado en esta tesis, dado que, Incrementa significativamente la eficiencia hidráulica.

2. Mantener un programa de limpieza y mantenimiento preventivo

Implementar la limpieza trimestral del canal y las estructuras de captación.

Retirar sedimentos, basura y vegetación cada 15 días en periodo de creciente y mensualmente en estiaje.

Efectuar las inspecciones de seguimiento después de eventos de fuertes lluvias.

3. Incorporar drenaje superficial con un sistema de drenaje

Instalación de cunetas laterales situadas en puntos críticos o en ambos lados de las carreteras.

Estas obras evitarán que la escorrentía superficial se concentre sobre la calzada generando láminas de agua peligrosas.

4. Considerar la integración del sistema de drenaje con futuras obras viales

Para evitar que se repita la problemática detectada en el sistema actual:

Toda obra de pavimentación o mejoramiento vial urbano debe incluir:

Verificación de cotas de drenaje preexistentes.

Diseño de pendientes adecuadas con el sistema hidráulico.

Conexiones hacia el acueducto principal.

5. Implementar un plan de capacitación para el personal municipal

Se recomienda capacitar a:

Operarios de campo,
Técnicos municipales,
Personal encargado del mantenimiento.

6. Establecer una política de gestión integral de infraestructuras municipales para el desempeño eficiente de la infraestructura hidráulica

El municipio deberá de plantearse:

La formulación e implementación de protocolos de inspección y mantenimiento.

Efectuar un control y seguimiento oportuno y correcto de las actividades de mantenimiento y limpieza que evite la degradación y deterioro prematuro de la infraestructura, evitando con ello su obsolescencia temprana.

7. Realizar un seguimiento hidrológico constante

Se recomienda proceder así:

Registro de eventos pluviales representativos.

Control del comportamiento del canal fluvial en los momentos de mayor precipitación.

Ajuste del diseño en caso de que haya cambios fuertes en el régimen de las lluvias. Este control permitirá que el sistema siga funcionando acorde con los escenarios de precipitaciones que se vayan presentando por el cambio climático.

8. Promover la educación ambiental comunitaria

Se recomienda desarrollar campañas comunitarias sobre:
Disposición adecuada de residuos sólidos.

Con el fin de asegurarse de que las palabras recibidas por los vecinos sean urgentemente traducidas y ejecutadas con participación comunal, de lo contrario, será una verdadera pérdida de tiempo.

9. Establecer una política de gestión integral de infraestructuras municipales para la hidráulica

El municipio deberá de plantearse:

Protocolos de inspección y mantenimiento.

Registros periódicos de operación.

Normas entro la administración que exijan la compatibilidad entre infraestructuras viales e hidráulicas.

Ello hace posible un control correcto y evita la situación de que la infraestructura vaya degenerando con el paso del tiempo se vuelva obsoleta e inútil.

Realizar un seguimiento hidrológico constante

Se recomienda proceder así:

Registro de eventos pluviales representativos.

Control del comportamiento del canal fluvial en los momentos de mayor precipitación.

Ajuste del diseño en caso de que haya cambios fuertes en el régimen de las lluvias.

El control permitirá que el sistema siga siendo acorde con las actuales circunstancias climáticas.

10. Actualizar la infraestructura hidráulica conforme a nuevas normativas

Los servidores públicos de la Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano, con el fin de garantizar que la infraestructura proyectada permanezca vigente ante nuevas exigencias técnicas deberán revisar periódicamente:

Normativas del MVCS

Parámetros de diseño

Criterios sobre caudales máximos

Referencias bibliográficas

Condezo Contreras, E. A., & Reshea Guerra, J. C. (2019). Propuesta de diseño hidráulico para la evacuación pluvial del jirón Putumayo cuadras 15 a 18 – Iquitos 2019. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Civil. Universidad Científica del Perú. Disponible en: https://de.scribd.com/document/760874381/ANA

Delgado Gálvez, L. E., & Huamán Rojas, J. S. (2021). Eficiencia Hidráulica de la red de distribución de agua potable del sector Fila Alta – Jaén. Universidad Nacional de Jaén.

https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/284

EPANET 2.2 Manual Técnico. (2021). U.S. Environmental Protection Agency.

Falcon Arias, F. M. (2022). Optimización de la eficiencia física, hidráulica, y energética en el sistema de agua del proyecto parque logístico gd. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Ecuador. https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54292

García, O. B., Cárdenas Quintero, M., & Fuentes Ramos, J. (2018). Análisis del drenaje superficial en vías urbanas a partir de un modelo hidrodinámico bidimensional. Universidad Nacional de Colombia.

Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/325905176

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2020). *Manual de Diseño de Sistemas de Agua Potable*.

Navarro, M. (2015). *Diseños de investigación cuantitativa: descripción, clasificación y aplicación práctica*. Universidad de Murcia.

Panduro Tello, J. (2020). Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable 25 de enero, carretera Iquitos-Nauta km. 04, distrito de san Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto y su repercusión en la salud de sus moradores – 2020. Repositorio Universidad Los Ángeles de Chimbote - ULADECH

Quezada Jaya, R. G. (2024). Metodología para optimización de intersecciones...
https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/23058

Romero Giráldez, J. (2021). Mejora de planta de tratamiento de Ayaviri... https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9766/4/IV_FIN_107_TE_Romero_Giraldez_2021.pdf

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. B. (2014). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

Sangama Chu, E. P. (2022). Evaluación de agua potable en Puerto Almendra... https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/29975

Vargas Zacarías, A. B. (2021). Recuperación de la eficiencia hidráulica... https://es.scribd.com/document/699067185

Anexos

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos

Instrumento 1: Ficha Técnica de Inspección de Campo

Lugar de inspección: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Responsable de la inspección: _____

Coordenadas UTM: _____ Cota: _____

1. Datos generales de la intersección
Nombre de las vías: _____

Tipo de superficie: ( ) Asfaltado ( ) Concreto ( ) Tierra ( ) Otro: _____

Estado del pavimento: ( ) Bueno ( ) Regular ( ) Malo

Existe cruce hidráulico bajo la vía: ( ) Sí ( ) No

2. Condiciones hidráulicas observadas
Presencia de anegamientos: ( ) Sí ( ) No

Profundidad estimada del agua acumulada (cm): _____

Pendiente superficial (estimada): _____

Dirección del escurrimiento superficial: _____

Observaciones adicionales: _____

_____

Instrumento 2: Ficha de Registro Topográfico Manual

Nombre del tramo: _____

Fecha del levantamiento: _____ Operador: _____

Puntos levantados:
1. Punto A – Coordenadas: _____ Cota: _____

2. Punto B – Coordenadas: _____ Cota: _____

3. Punto C – Coordenadas: _____ Cota: _____

4. Punto D – Coordenadas: _____ Cota: _____

Observaciones sobre desniveles, quiebres o deformaciones:

_____

_____

Instrumento 3: Ficha Técnica de Análisis Hidráulico – Aplicación en Campo

Lugar del análisis: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Nombre del evaluador: _____

Coordenadas UTM: _____ Cota: _____

1. Datos del tramo hidráulico evaluado
Nombre del tramo / intersección: _____

Tipo de infraestructura: ( ) Tubería ( ) Canal abierto ( ) Cuneta

Material: _____

Condición física del tramo: ( ) Bueno ( ) Regular ( ) Malo

2. Parámetros medidos en campo
Ancho (m): _____

Profundidad o altura hidráulica (m): _____

Área de sección (A) (m²): _____

Velocidad estimada (V) (m/s): _____

Caudal (Q = A·V) (m³/s): _____

Radio hidráulico (R = A/P): _____

Pendiente del tramo (S): _____

Coeficiente de rugosidad (n): _____

3. Observaciones complementarias
Pérdidas de carga observadas (visual o estimada):

_____

Condiciones de entrada/salida:

_____

Otros factores relevantes (obstrucciones, interferencias, etc.):

_____

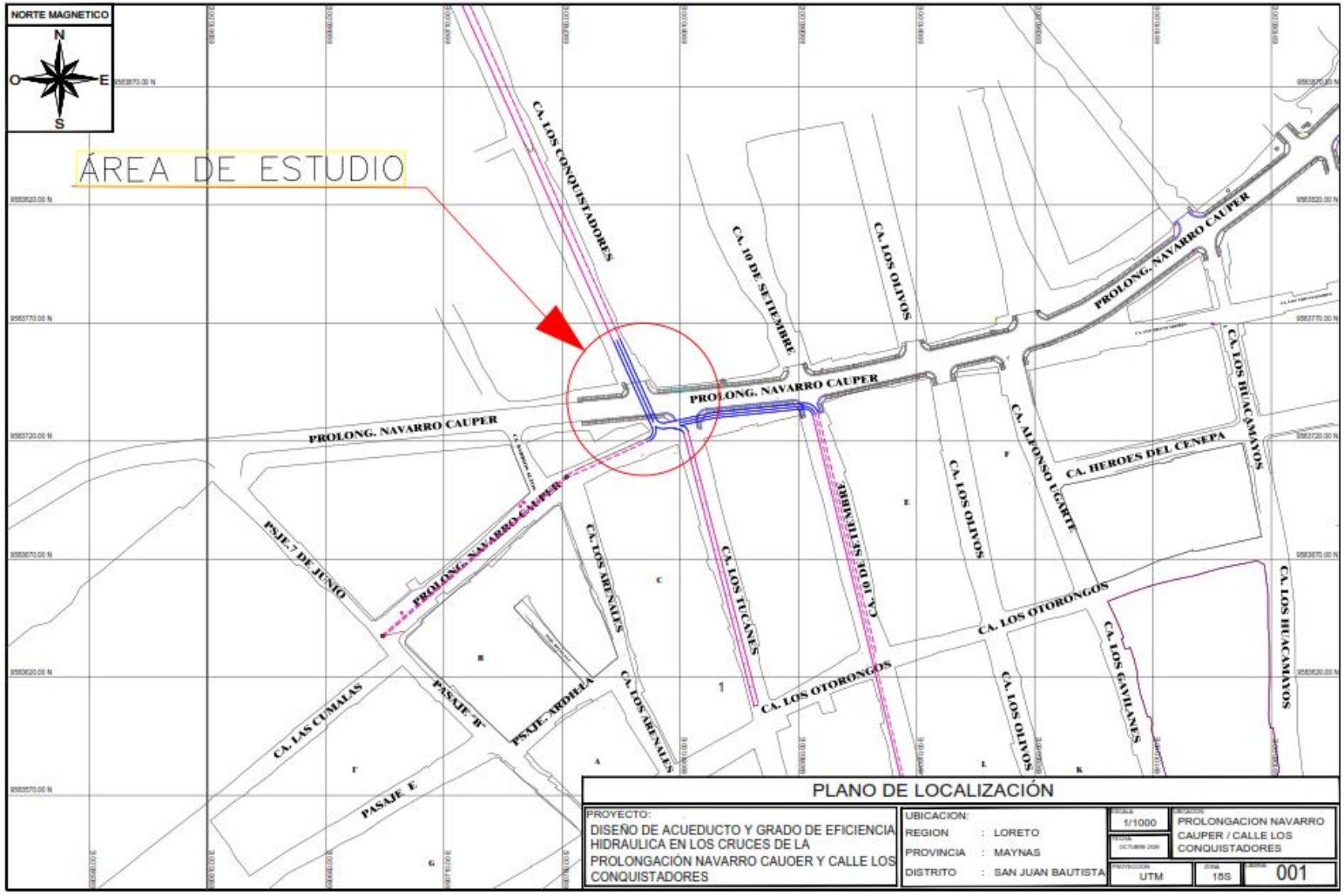
_____

Anexo 2. Matriz de consistencia

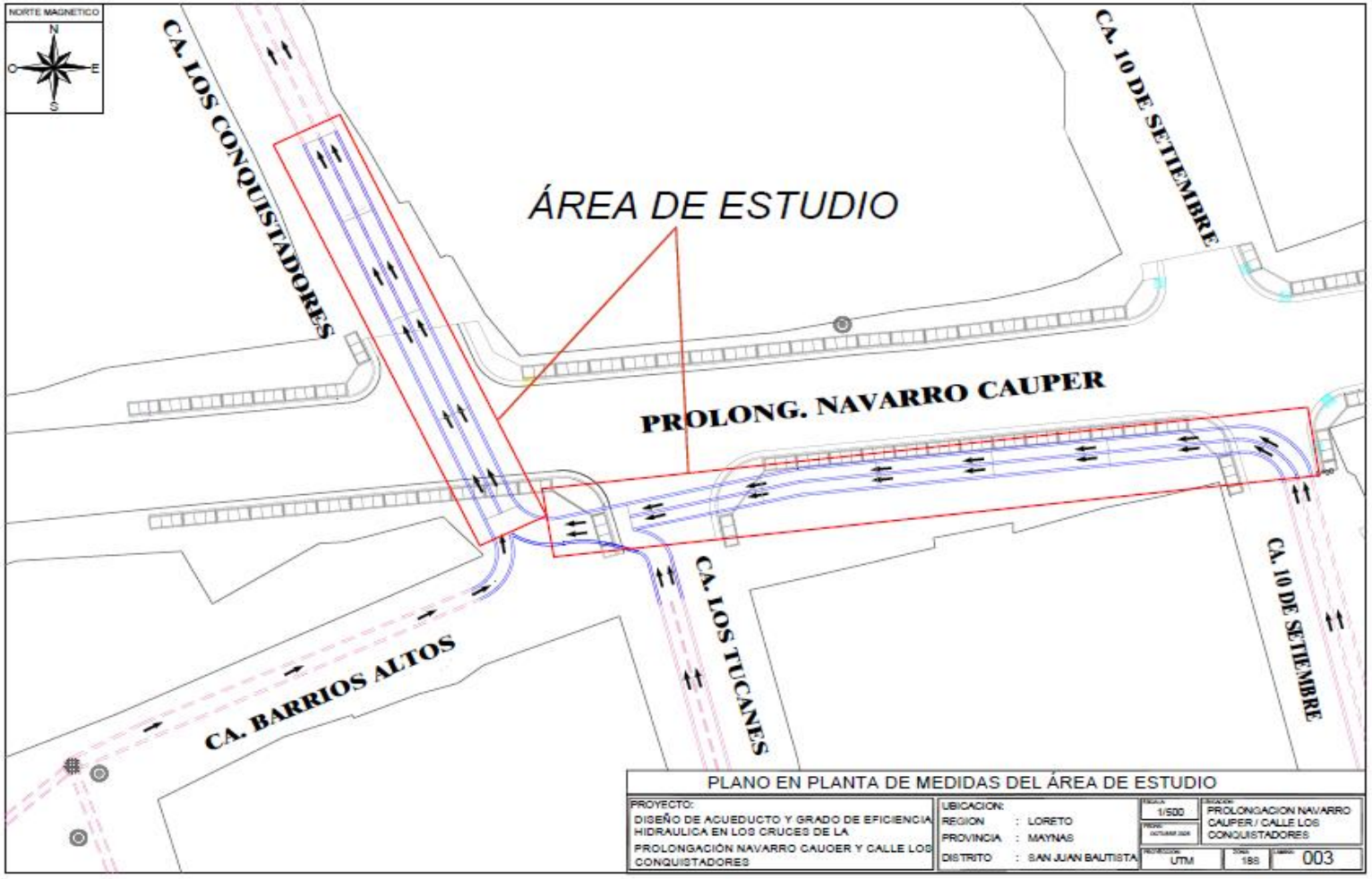
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿De qué manera el diseño del acueducto influye en la eficiencia hidráulica en los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper y la Calle Los Conquistadores, en el distrito de San Juan Bautista – Maynas, durante el año 2025?	Diseñar un acueducto que optimice la eficiencia hidráulica en los cruces viales de la Prolongación Navarro Cáuper y la Calle Los Conquistadores, en el distrito de San Juan Bautista – Maynas, para el año 2025.	Hi: El diseño técnico de un acueducto adecuadamente dimensionado mejora significativamente la eficiencia hidráulica en los cruces viales mencionados.	Variable independiente Diseño del acueducto Variable dependiente Eficiencia hidráulica	Investigación aplicada, enfoque cuantitativo, diseño descriptivo–comparativo con modelación hidráulica (HEC-RAS), levantamiento topográfico y análisis hidrológico.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	INDICADORES	TÉCNICAS / INSTRUMENTOS
¿Cuáles son las condiciones topográficas, hidráulicas y urbanas actuales que afectan la conducción eficiente del agua?	Identificar las condiciones topográficas, hidráulicas y urbanas que inciden en la eficiencia del sistema.	La existencia de condiciones topográficas y urbanas desfavorables disminuye la eficiencia del sistema actual.	Pendiente longitudinal (%), sección hidráulica existente, coeficiente de rugosidad (n de Manning), puntos críticos de acumulación.	Levantamiento topográfico con estación total/GPS, inspección técnica, análisis hidrológico.
¿Qué criterios técnicos debe considerar el diseño del acueducto para garantizar evacuación suficiente?	Establecer los parámetros técnicos y específicos de diseño para un acueducto eficiente.	La aplicación de criterios técnicos adecuados incrementa la capacidad de conducción del sistema.	Caudal de diseño (Q), velocidad permisible (m/s), tirante hidráulico (y), número de Froude, pérdidas de carga.	Cálculo hidráulico, fórmulas de Manning, modelación con HEC-RAS.
¿Qué nivel de eficiencia hidráulica se alcanza con el diseño propuesto en comparación con el sistema actual?	Comparar la eficiencia hidráulica del sistema actual y del sistema propuesto mediante simulaciones.	El sistema propuesto presenta mayor capacidad hidráulica y menor pérdida de energía que el sistema actual.	Capacidad máxima de conducción, reducción del nivel de inundación (cm), disminución de pérdidas de carga (%).	Simulación hidráulica comparativa, análisis estadístico descriptivo.

¿Cuánto influye la implementación del nuevo acueducto frente al riesgo de inundaciones?	Formular un diseño hidráulico que reduzca la acumulación de agua y mejore el drenaje.	El diseño propuesto reduce significativamente el riesgo de inundación en los cruces evaluados.	Tiempo de evacuación (min), altura máxima de lámina de agua, reducción del área inundable (%).	Modelación hidráulica, análisis de escenarios, evaluación comparativa.

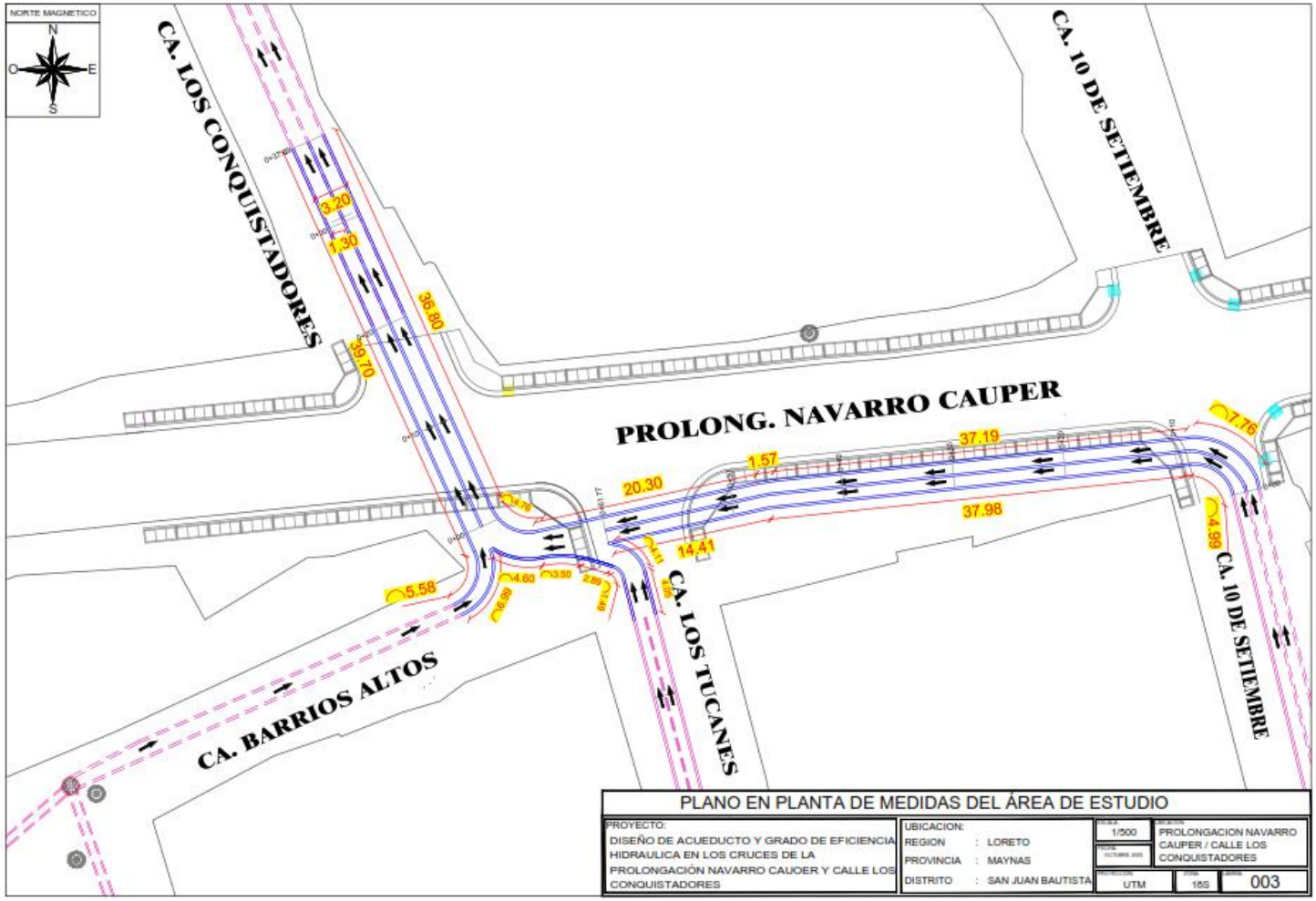
5.4. Plano de Localización



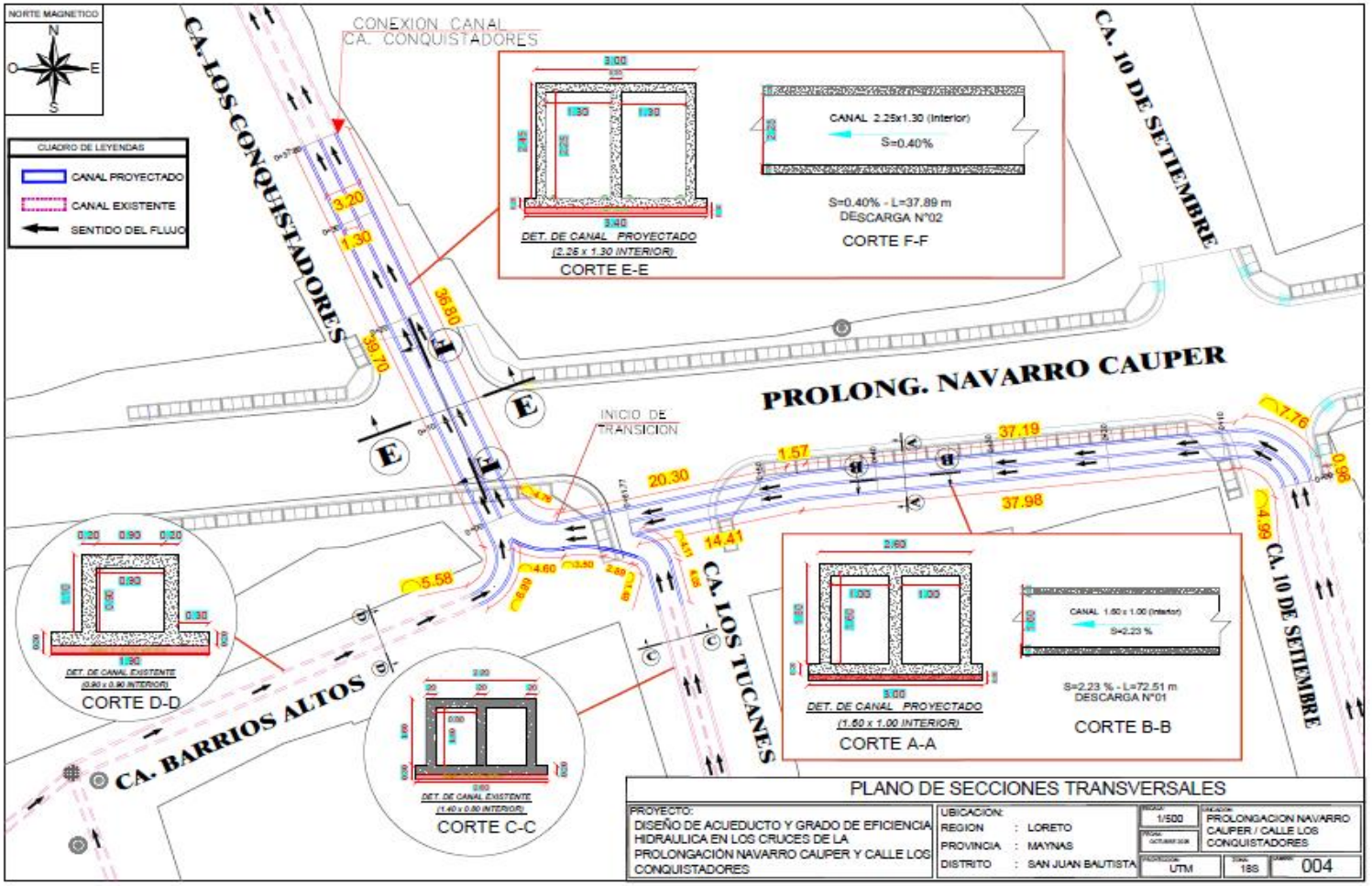
5.5. Plano de Ubicación



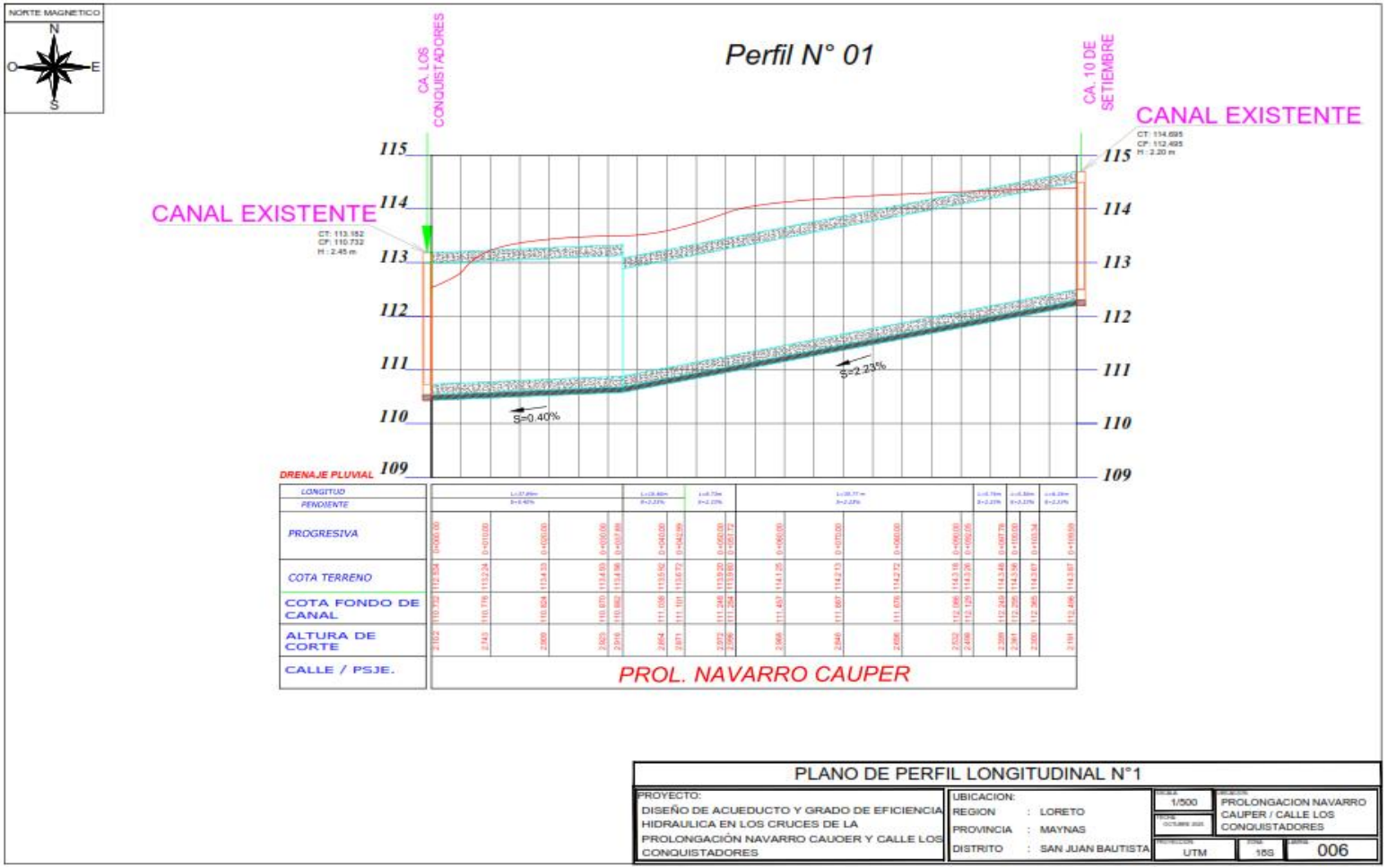
5.6. Plano en Planta – Medidas del Área de Estudio



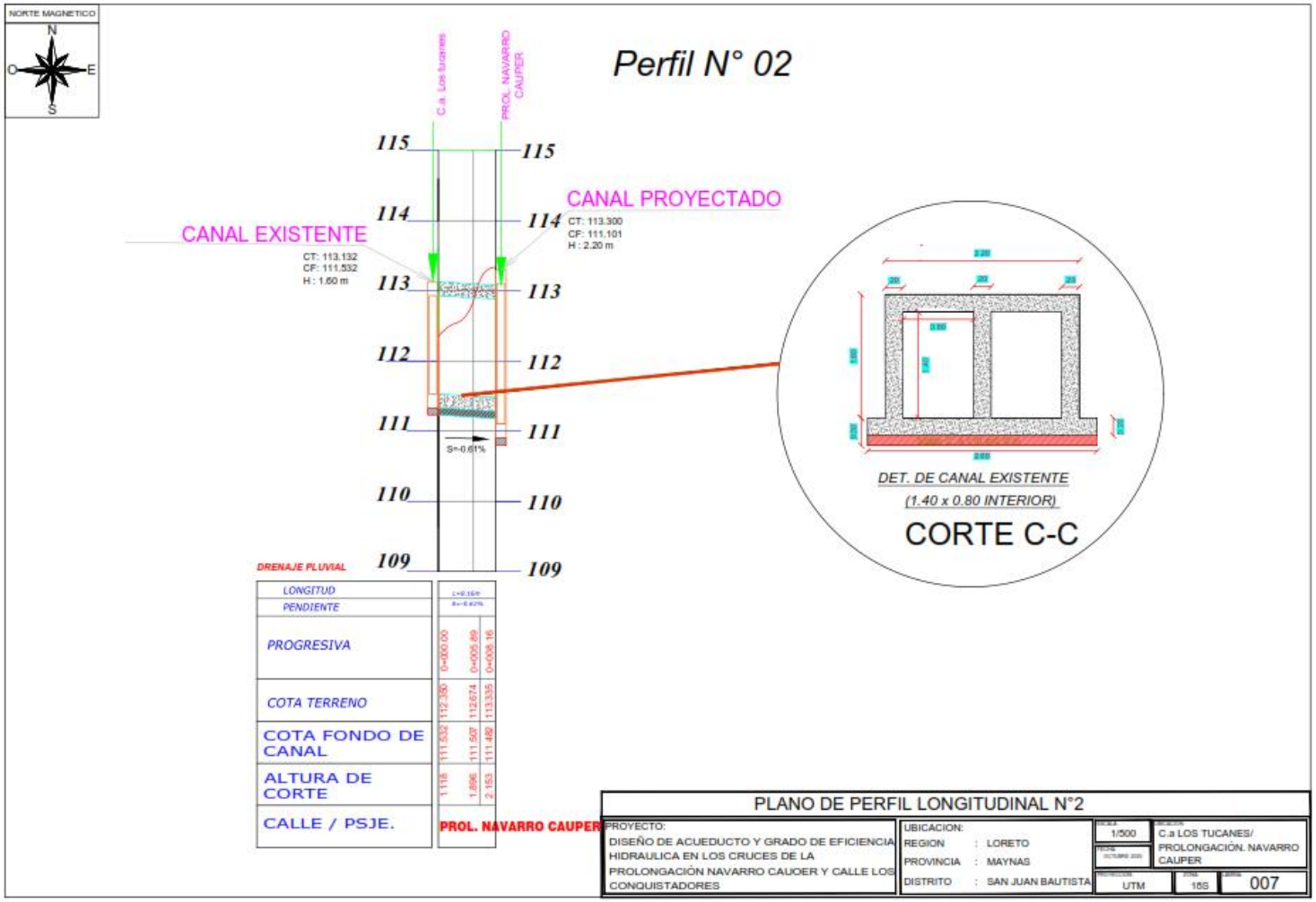
5.7. Plano de Secciones Transversales



5.8. Perfil Longitudinal Nº 1



5.9. Perfil Longitudinal Nº 2



5.10. Perfil Longitudinal Nº 3

