

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA – CAJAMARCA,
2023”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL´**

AUTOR:

BUENO HERRERA, PABLO ENRIQUE

ASESOR:

Ing. GASPAS MENDEZ CRUZ

BAMBAMARCA, CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** Pablo Enrique Bueno Herrera
DNI: 44642938
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. **Asesor:** Gaspar Virilo Méndez Cruz
Facultad: Ingeniería
3. **Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:**
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO,
BAMBAMARCA – CAJAMARCA, 2023
6. **Fecha de evaluación:** 22/11/2024
7. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 17%
9. **Código Documento: Oide:** 3117:408594939
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 22 de noviembre de 2024

		Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofía FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 22/11/2024 23:16:17-0500
<hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos: Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz DNI: 26631950</p>	<hr/> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>	

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios quien me ha brindado salud para poder desarrollarme como profesional a lo largo de mi vida, y este en una etapa muy importante para lograr mi título universitario. De antemano agradezco a uno de los pilares fundamentales es este maravilloso proceso que son mis padres, quienes han luchado arduamente conjunto conmigo para lograr este tan anhelado sueño.

A su vez quiero hacer presente a todas aquellas personas que siempre estuvieron predispuestas a apoyarme en cada momento y brindarme una voz de aliento que decía “continúa, ya falta poco”, palabras que llenan el alma y engrandecen el espíritu para seguir persiguiendo aquella meta que cada vez se acercaba más.

Agradezco de todo corazón a mi asesor Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, por impartirme conocimientos a lo largo de la ejecución del proyecto.

DEDICATORIA

A Dios por haber sido la luz y guía en mi vida; por darme la vida y la salud y por todos los logros y metas alcanzados hasta la actualidad.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy, hoy en día, por todos sus consejos, apoyo y amor incondicional desde siempre

INDICE

Contenido	Página
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA.....	ii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.1.1. Contextualización del Problema.....	1
1.1.2. Descripción del Problema.....	1
1.1.3. Formulación del Problema	2
1.2. Justificación	2
1.2.1. Justificación científica	2
1.2.2. Justificación práctica	2
1.2.3. Justificación institucional	2
1.3. Delimitaciones de la investigación	3
1.4. Limitaciones.....	3
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. Objetivo General	3
1.5.2. Objetivos Específicos	3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes Teóricas	4
2.1.1 Antecedentes Internacionales	4
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	4
2.1.3 Antecedentes Locales	5

2.2	Bases teóricas.....	6
2.2.1	Sistema de Alcantarillado Sanitario	6
2.2.2	Tipos de alcantarillado	6
2.2.2.1.	Sistemas separados	6
2.2.2.2.	Sistemas Combinados	6
2.2.2.3.	Sistema semi – combinado	6
2.2.3	Elementos de un sistema de alcantarillado	7
2.2.3.1.	Tubería	7
2.2.3.2.	Colectores	7
2.2.3.3.	Cámaras de inspección.....	7
2.2.4	Cálculos Hidráulicos	8
2.2.4.1.	Coefficiente de Rugosidad	10
2.2.4.2.	Caudal	10
2.2.4.3.	Velocidad	10
2.2.4.4.	Diámetros	11
2.2.4.5.	Pendiente.....	11
2.2.4.6.	Tensión Tractiva	12
2.2.5	Aforo de Colectores.....	12
2.2.5.1.	Método manual de aforo	13
2.2.5.2.	Tirante de colectores	13
2.2.6	Cono Imhoff	13
2.2.6.1.	Valores máximos admisibles (VMA)	13
2.2.7	Causas de los problemas de un sistema de alcantarillado	14
2.2.7.1.	Obstrucciones.....	14
2.2.7.2.	Pérdida de capacidad.....	14
2.2.7.3.	Rotura de tuberías	14
2.3	Definición de términos básicos	15

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Descripción de la Zona de estudio	16
3.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio	16
3.1.2. Vías de acceso	16
3.1.3. Clima	17
3.1.4. Topografía	17
3.1.5. Recursos Hídricos.....	17
3.1.6. Economía.....	17
3.1.7. Vivienda	17
3.1.8. Población	17
3.2. Materiales, equipos y softwares.....	18
3.2.1. Materiales	18
3.2.2. Equipos	18
3.2.3. Software.....	18
3.3. Metodología.....	18
3.3.1. Muestra de estudio y población.....	18
3.4. Método de Trabajo.....	19
3.4.1. Procedimiento para el desarrollo de la investigación	19
3.4.2. Reconocimiento y descripción del estado actual del sistema de alcantarillado sanitario	19
3.4.3. Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado.....	19
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS	22
4.1. Reconocimiento y descripción del sistema de alcantarillado sanitario	22
4.2. Evaluación del sistema de alcantarillado sanitario.....	22
4.2.1. Sector 01	22
4.2.1.1. Análisis Hidráulico del sistema de alcantarillado.....	27
4.2.1.1.1. Tiempo de Lluvia.....	27

4.2.1.1.2. Tiempo de Estiaje	40
4.2.2. Sector 02.....	45
4.2.2.1. Análisis Hidráulico del sistema de alcantarillado.....	49
4.2.2.1.1. Tiempo de Lluvia.....	49
4.2.2.1.2. Tiempo de Estiaje	54
4.3. Cálculo de solidos sedimentables.....	58
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1 Conclusiones.....	59
5.2 Recomendaciones	59
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61
ANEXOS.....	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distancia entre buzones.....	8
Tabla 2 Velocidad Mínima.....	10
Tabla 3 Diámetro del alcantarillado sanitario.....	11
Tabla 4 Valores Máximos Admisibles	13
Tabla 5 Vías de Acceso	16
Tabla 6 Procesos empleados para la obtención de cálculos hidráulicos.....	20
Tabla 7 Profundidad de los buzones del sistema de alcantarillado sanitario de la localidad El Tambo	22
Tabla 8 Cotas de tapa de los Buzones	23
Tabla 9 Distancia entre Buzones existentes	24
Tabla 10 Cuotas de fondo de los buzones	25
Tabla 11 Pendientes de tramos de los buzones.....	27
Tabla 12 Tirante de agua promedio medido en la entrada y salida de cada tramo.....	28
Tabla 13 Aforo de velocidades.....	29
Tabla 14 Obtención de la rugosidad	34
Tabla 15 Resumen de la rugosidad actuante en cada tramo	34
Tabla 16 Velocidad del tramo B1 al B2 mediante la fórmula de Manning.....	36

Tabla 17 Velocidades actuantes en cada tramo de la red de alcantarillado.....	36
Tabla 18 Caudal en el tramo B1 al B2	37
Tabla 19 Caudales actuantes reales en cada tramo.....	38
Tabla 20 Tensión tractiva de cada tramo.....	39
Tabla 21 Tirante de agua promedio medido en la entrada y salida de cada tramo.....	40
Tabla 22 Obtención de la rugosidad.....	41
Tabla 23 Resumen de la rugosidad actuante en cada tramo	41
Tabla 24 Velocidades actuantes en cada tramo de la red de alcantarillado en tiempo de estiaje.....	42
Tabla 25 Caudales actuantes reales en cada tramo.....	43
Tabla 26 Tensión tractiva de cada tramo.....	44
Tabla 27 Profundidad de los buzones del sistema de alcantarillado sanitario del sector dos de la localidad El Tambo	45
Tabla 28 Cotas de tapa de los Buzones del sector dos	46
Tabla 29 Distancia entre Buzones existentes del sector dos	47
Tabla 30 Cuotas de fondo de los buzones del sector dos	48
Tabla 31 Pendientes de tramos de los buzones del sector dos.....	49
Tabla 32 Tirante de agua promedio medido en la entrada y salida de cada tramo.....	50
Tabla 33 Resumen de la rugosidad actuante en cada tramo	50
Tabla 34 Velocidades actuantes en cada tramo de la red de alcantarillado.....	51
Tabla 35 Caudales actuantes reales en cada tramo.....	52
Tabla 36 Tensión tractiva de cada tramo.....	53
Tabla 37 Tirante de agua promedio medido en la entrada y salida de cada tramo.....	54
Tabla 38 Resumen de la rugosidad actuante en cada tramo	55
Tabla 39 Velocidades actuantes en cada tramo de la red de alcantarillado en tiempo de estiaje.....	55
Tabla 40 Caudales actuantes reales en cada tramo.....	56
Tabla 41 Tensión tractiva de cada tramo.....	57
Tabla 42 Volúmenes sedimentables	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Causas de los problemas de un sistema de alcantarillado.....	14
Figura 2 Croquis de acceso.....	16
Figura 3 Mediciones de profundidad de buzón en la localidad el Tambo.....	21
Figura 4 Buzón de la localidad El Tambo	65
Figura 5 Medición del tirante de agua	65
Figura 6 Seguimos con la medición de tirantes	66
Figura 7 Distancia entre buzones	66
Figura 8 Medimos el diámetro del buzón.....	67
Figura 9 Seguimos con las longitudes que hay de buzón a buzón	67
Figura 10 Profundidad de Buzón.....	68
Figura 11 Continuamos con la medición de buzones	68
Figura 12 Levantamiento topográfico	69
Figura 13 Continuamos con el levantamiento topográfico.....	69
Figura 14 Buzón Obstruido en el sector uno	70
Figura 15 Buzón Obstruido en el sector dos	70
Figura 16 Toma de muestra de aguas residuales de los buzones para el ensayo de sedimentación	71
Figura 17 Colocamos la muestra en el Cono Imhoff.....	71
Figura 18 Esperamos una hora a que sedimente en mg/l	72
Figura 19 Obtenemos los sólidos sedimentados.....	72
Figura 20 Lectura en los buzones en tiempo de estiaje	73
Figura 21 Imagen satelital de la localidad el Tambo.....	73

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tuvo por objetivo evaluar hidráulicamente el sistema de alcantarillado sanitario de la localidad El Tambo. La recolección de los datos de campo se realizó en los meses de abril a junio del año 2024, el cual se usaron wincha, para medir la profundidad de los buzones, tirante de agua a la entrada y salida de cada tramo y las longitudes de cada tramo; una estación total para realizar el levantamiento topográfico de la zona. En el lugar de estudio se evaluó a 24 buzones del sector 1 En tiempo de estiaje se obtuvo que 02 tramos no cumplen con la velocidad mínima indicada en la norma, y se obtuvo un caudal mínimo de 0.225 l/s y 01 tramos no cumplen con la tensión tractiva indicada en la norma; y en tiempo de lluvia se obtuvo que 01 tramos no cumplen con la velocidad mínima establecida en la norma, y se obtuvo en caudal mínimo de 0.951 l/s y 01 tramos no cumplen con la tensión tractiva indicada en la norma. En el sector 2 se evaluaron a 25 buzones; en tiempo de estiaje se obtuvo que los 03 tramos no cumplen con la velocidad mínima indicada en la norma, y se obtuvo un caudal mínimo de 0.251 l/s; y en tiempo de lluvia se obtuvo que un caudal mínimo de 1.082 l/s; lo que provoca la deposición de los sedimentos, desechos dentro de la tubería y no cumplir con la capacidad de autolimpieza; por lo que se determinó que la evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado es deficiente.

Palabras clave: Alcantarillado Sanitario, Tensión tractiva, caudal, velocidad.

ABSTRACT

The objective of this research work was to hydraulically evaluate the sanitary sewage system of the town of El Tambo. The collection of field data was carried out in the months of April to June 2024, using a winch to measure the depth of the mailboxes, the depth of water at the entrance and exit of each section and the lengths of each stretch; a total station to carry out the topographic survey of the area. At the study site, 24 mailboxes in sector 1 were evaluated. During dry season, it was found that 02 sections do not comply with the minimum speed indicated in the standard, and a minimum flow rate of 0.225 l/s was obtained and 01 sections do not comply with the tractive tension indicated in the standard; and in rainy weather it was obtained that 01 sections do not comply with the minimum speed established in the standard, and a minimum flow rate of 0.951 l/s was obtained and 01 sections do not comply with the tractive tension indicated in the standard. In sector 2, 25 mailboxes were evaluated; In dry weather, it was found that the 03 sections do not comply with the minimum speed indicated in the standard, and a minimum flow rate of 0.251 l/s was obtained; and in rainy weather a minimum flow rate of 1,082 l/s was obtained; which causes the deposition of sediments, debris inside the pipe and does not meet the self-cleaning capacity; Therefore, it was determined that the hydraulic evaluation of the sewage system is deficient.

Keywords: Sanitary Sewer, Tractive tension, flow, speed.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En la localidad de El Tambo, se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario diseñado para evacuar aguas residuales y pluviales, cuya construcción se completó desde el año 2021. Esto implica que debería operar sin presentar fallas hasta el año 2041, según su periodo de diseño.

Sin embargo, los habitantes que se benefician de esta infraestructura temen que no mantenga un desempeño eficiente en condiciones críticas y que, antes de alcanzar su vida útil, presente fallas que podrían generar problemas como enfermedades gastrointestinales, deficiencias en los hábitos de higiene, contaminación ambiental y otros inconvenientes similares a los que enfrentaban antes de contar con este sistema.

Ante esta preocupación, surge la necesidad de evaluar el sistema de alcantarillado sanitario para diagnosticar su estado actual, identificar los parámetros que no cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones y proponer soluciones adecuadas.

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Contextualización del Problema

El suministro de agua potable y la disposición de un sistema de alcantarillado sanitario son fundamentales para el progreso de cualquier comunidad. La implementación de un alcantarillado sanitario se posiciona como una de las principales prioridades en áreas urbanas o rurales. Estas infraestructuras se diseñan y construyen en un plazo determinado, proyectándose para cumplir con una vida útil específica, bajo condiciones que garantizan su funcionalidad.

En el caso particular del sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de El Tambo, ubicada en el distrito de Bambamarca, este ha estado en funcionamiento desde el año 2021. Sin embargo, actualmente presenta problemas de colapso y obstrucción debido a la acumulación de sedimentos. Además, las calles con material afirmado han limitado las posibilidades de realizar un mantenimiento adecuado. Por lo tanto, se hace necesario evaluar su comportamiento en condiciones tanto de sequía como de lluvias intensas.

1.1.2. Descripción del Problema

En la localidad de El Tambo, el sistema de alcantarillado sanitario comprende dos redes y dos plantas de tratamiento que se encuentra en funcionamiento desde el año 2021. No

obstante, estos sistemas enfrentan serios problemas, ya que se han detectado buzones colapsados y otros con acumulación de sedimentos, lo que ha generado obstrucciones y deficiencias en su operación.

La ausencia de pavimentación en las calles ha llevado a su mejora con material afirmado, colocado a una altura superior a las tapas de los buzones, lo que ha afectado gravemente su funcionamiento. Asimismo, la falta de un mantenimiento periódico ha agravado la situación, ya que, durante las obras de mejora en varias calles, se han obstruido las alcantarillas, perjudicando directamente a las viviendas aledañas.

1.1.3. Formulación del Problema

¿Cuál es el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario de la localidad El Tambo, Bambamarca – Cajamarca, 2023?

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación científica

Esta investigación se enfoca en la evaluación del sistema de alcantarillado sanitario con el objetivo de optimizar la continuidad y calidad del servicio, además de contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes. Para ello, se empleará el Reglamento Nacional de Edificaciones (OS 0.70), lo que también permitirá ampliar el conocimiento científico en este ámbito

1.2.2. Justificación práctica

Esta investigación justifica el beneficio práctico para los habitantes de la localidad de El Tambo, al evaluar el sistema de alcantarillado sanitario y determinar su estado de funcionamiento. Los resultados servirán como base para futuros proyectos y evaluaciones, además de proporcionar las directrices necesarias para asegurar el buen funcionamiento del alcantarillado sanitario en la comunidad

1.2.3. Justificación institucional

El estudio de la Evaluación del Sistema de Alcantarillado Sanitario se llevará a cabo en la localidad de El Tambo, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca, debido a la falta de información disponible sobre este sistema en la zona. Este estudio permitirá tomar decisiones clave sobre aspectos como calidad, volumen y almacenamiento, presión, así como operación y mantenimiento.

Además, la investigación servirá como base y referencia para futuros estudios sobre la evaluación del sistema de alcantarillado sanitario y proporcionará datos valiosos para proyectos de mejoramiento en la comunidad.

1.3. Delimitaciones de la investigación

La investigación se enfoca en la evaluación hidráulica de la red del sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de El Tambo, en la provincia de Bambamarca, departamento de Cajamarca.

Dado que no es posible analizar todo el sistema debido a que las calles están cubiertas con material afirmado y varios buzones están obstruidos por sedimentos o colapsados, se seleccionarán algunos buzones para realizar la evaluación hidráulica. El estado situacional del sistema se evaluará mediante la observación directa de las condiciones actuales de los componentes del sistema.

1.4. Limitaciones

Las limitaciones de esta investigación titulada "EVALUACIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA – CAJAMARCA, 2023" son las siguientes:

- Dificultad para tomar medidas de algunos buzones que están cubiertos con material afirmado.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar el comportamiento hidráulico del sistema de Alcantarillado Sanitario de la localidad El Tambo, Bambamarca – Cajamarca, 2023.

1.5.2. Objetivos Específicos

- _ Realizar el levantamiento topográfico de la red de alcantarillado.
- _ Determinar las pendientes de la red de alcantarillado sanitario.
- _ Determinar los caudales actuantes de la red de alcantarillado sanitario en tiempo de estiaje y lluvioso.
- _ Evaluar hidráulicamente de la red de alcantarillado en tiempo de estiaje y lluvioso.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Teóricas

2.1.1 Antecedentes Internacionales

(Túquerrez y Zurita, 2021) en su investigación "Evaluación de la Red de Alcantarillado Existente y Diseño de la Red Principal, Emisario y Planta de Tratamiento del Barrio San José de Tucuso en la Parroquia de Machachi", tenía como objetivo rediseñar la red principal del alcantarillado combinado, el emisario final y diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales en el mencionado barrio. La conclusión fue que la vida útil del sistema había expirado. No obstante, se verificó que algunos elementos, como el semináfero y los pozos de revisión, se encontraban en buen estado y podrían ser reutilizados en la nueva red de alcantarillado.

(García y Tasipanta, 2020) en la investigación "Evaluación y Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Parroquia Rural Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha", el objetivo fue revisar, evaluar y rediseñar el sistema de alcantarillado existente, así como diseñar el alcantarillado sanitario para los sectores que carecen de este servicio en la parroquia rural. La investigación concluye que la evaluación y el rediseño del sistema de alcantarillado son procesos complementarios, por lo que se llevó a cabo un rediseño que cumple con la normativa vigente y proporciona una solución óptima a la problemática, con el fin de satisfacer las necesidades de los habitantes de la zona.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

(Rios, 2022) en la investigación "Evaluación y Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado, para su Incidencia en la Condición Sanitaria de la Población del Caserío de Tunal, Distrito de Lalaquiz, Provincia de Huacabamba, Departamento de Piura - 2022", el objetivo fue realizar la evaluación y propuesta de mejoramiento del sistema de alcantarillado para mejorar la condición sanitaria de la población del caserío de Tunal. En conclusión, se determinó que, aunque las conexiones domiciliarias y otros componentes del sistema (como redes colectoras, buzones, componentes del emisor, cámaras de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, lecho de secado, filtro biológico y cámara de contacto) estaban operando, presentaban patologías en su estructura y se encontraban inoperativos.

(Flores, 2016), en su investigación "Evaluación y Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario de las Asociaciones Pro Vivienda 28 de Julio, Kantu, Villa

Mercedes y Vista Alegre – Cusco", tenía como objetivo evaluar el sistema de alcantarillado sanitario en dichas asociaciones, ubicadas en el distrito de San Sebastián, Provincia y Departamento de Cusco, para determinar si este sistema tenía la capacidad suficiente para transportar los caudales de aguas residuales generados por las viviendas. Además, buscaba identificar posibles errores de diseño y proponer un nuevo diseño de alcantarillado conforme a las normativas vigentes. Concluyó que el caudal de aguas residuales era mayor al que las tuberías de la red de alcantarillado podían soportar, identificando problemas críticos en las Vías Expresa 01 y Vía Expresa 02, donde el volumen de aguas residuales rebasado alcanzó el 177% y 279%, respectivamente, en relación a la capacidad de la red actual.

2.1.3 Antecedentes Locales

(Tejada, 2018) en la investigación "Evaluación de la eficiencia de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado del distrito de Ichocán – San Marcos 2018", el objetivo fue determinar la eficiencia del sistema de alcantarillado en cuanto a su operación y mantenimiento en el distrito de Ichocán. La hipótesis planteada era que la operación y mantenimiento de dicho sistema serían eficientes. Sin embargo, los resultados de la investigación mostraron que la eficiencia del sistema de alcantarillado en términos de operación y mantenimiento fue regular, con un nivel de eficiencia del 57.55%. Este hallazgo indica que la hipótesis no se cumplió, ya que la eficiencia del servicio de alcantarillado en el distrito de Ichocán fue inferior a lo esperado.

(Quispe, 2013) en la investigación "Evaluación de la red de alcantarillado sanitario en el Jirón La Cantuta en la ciudad de Cajamarca" tuvo como objetivo evaluar la red de alcantarillado en el Jirón La Cantuta, ubicado en la ciudad de Cajamarca, la hipótesis planteada fue que la red de alcantarillado en este sector presentaba deficiencias hidráulicas, concluyendo que la red de alcantarillado en el Jirón La Cantuta efectivamente es deficiente desde el punto de vista hidráulico. Se determinó que varios tramos de la red no cumplen con los requisitos de tensión y velocidad mínima establecidos en la norma OS-070, lo que implica un incumplimiento de las normativas técnicas necesarias para un funcionamiento adecuado del sistema.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sistema de Alcantarillado Sanitario

Los sistemas de alcantarillado tienen como propósito principal realizar tres funciones clave: la recolección, el transporte y la descarga de dos tipos de aguas: las aguas residuales y las aguas pluviales. Las aguas residuales provienen de zonas residenciales, comerciales e industriales, mientras que las aguas pluviales se generan a partir de las lluvias. La recolección y el transporte de estas aguas se efectúan mediante una red de tuberías y otros elementos complementarios, los cuales deben ser dimensionados correctamente según las normativas correspondientes para garantizar un desempeño adecuado del sistema (Burbano, 2005).

2.2.2 Tipos de alcantarillado

2.2.2.1. Sistemas separados

Este sistema permite la evacuación independiente de dos tipos de caudal, utilizando dos redes separadas: una para el caudal sanitario y otra para el caudal proveniente de las lluvias. Dado que la disposición del caudal pluvial puede requerir un tratamiento diferente, este puede ser reutilizado para riego o sometido a un tratamiento sencillo para ser potabilizado, lo cual no ocurre con el caudal sanitario. Es fundamental que cada vivienda disponga de tuberías separadas para cada tipo de evacuación (Morales, 2004).

2.2.2.2. Sistemas Combinados

Los sistemas de alcantarillado combinados consisten en una red única de tuberías que se encarga de recolectar y transportar tanto las aguas residuales como las pluviales. Estos sistemas se diseñan en situaciones donde no se requiere un tratamiento total de las aguas mezcladas, ya que la descarga final de estos fluidos se realiza directamente en una corriente receptora, sin necesidad de utilizar bombeo para su impulso (Burbano, 2005).

2.2.2.3. Sistema semi – combinado

Los sistemas de alcantarillado semi combinados se encargan de recolectar tanto todas las aguas servidas como una parte de las aguas pluviales provenientes de los domicilios, utilizando una única red de tuberías (Chilón y Valdez, 2011).

2.2.3 Elementos de un sistema de alcantarillado

2.2.3.1. Tubería

Consiste en un conjunto de tubos fabricados con diversos materiales, diseñados para transportar líquidos, sólidos suspendidos y gases de manera eficiente. Su fabricación sigue normas estandarizadas y se adapta a las necesidades específicas del trabajo que se va a realizar (Erazo, 2016).

2.2.3.2. Colectores

Los colectores son tuberías de varios tamaños ubicadas debajo de las calles, avenidas y veredas, cuyo propósito es recolectar las aguas residuales de los hogares en una zona específica. Se dividen en las siguientes categorías (Taco, 2012).

Colectores primarios: Son tuberías de gran diámetro localizadas en las zonas más bajas de las ciudades. Se encargan de transportar el agua residual generada por la comunidad hacia un cauce, planta de tratamiento u otro punto de destino.

Colectores secundarios: Estas tuberías se encuentran enterradas en las calles y su función es conducir las aguas residuales desde los colectores terciarios hasta los colectores primarios.

Colectores terciarios: Con un diámetro que varía entre 150 y 250 mm, suelen ubicarse bajo las veredas y se encargan de llevar el agua desde la acometida domiciliaria hasta el colector secundario.

2.2.3.3. Cámaras de inspección

Las cámaras de inspección se instalarán en la red de alcantarillado para facilitar su limpieza y mantenimiento, ayudando a prevenir obstrucciones derivadas de la acumulación de sedimentos.

a. Ubicación

Se debe instalar cámaras de inspección en los siguientes puntos:

- En el inicio de los tramos del ramal colector de aguas residuales.
- En los puntos donde haya cambios de dirección en el ramal colector.
- En las zonas con variaciones de pendiente en los ramales colectores.
- En lugares que requieran acceso para inspección y limpieza.

b. Separación máxima

De acuerdo con la OS 070 del RNE, la distancia entre las cámaras de inspección y limpieza debe estar definida por la capacidad de los equipos de limpieza utilizados. La separación máxima entre ellas varía según el diámetro de las tuberías. En el caso de las tuberías principales, la distancia debe seguir lo estipulado en la siguiente tabla:

Tabla 1

Distancia entre buzones

Diámetros nominales de la tubería (mm)	Distancia máxima(m)
100 - 150	60
200	80
250 - 300	100
mayores	150

Nota: Distancia máxima entre buzones. Obtenido de la norma OS 070 (RNE, 2018)

c. Buzones

Los buzones se utilizarán cuando la profundidad sea suficiente para garantizar un recubrimiento mínimo de 1 metro sobre la clave del tubo. El diámetro interior de los buzones será de 1.20 m para tuberías con un diámetro de hasta 800 mm, y de 1.50 m para tuberías de hasta 1200 mm. Estos buzones pueden ser prefabricados o contruidos directamente en el lugar. El techo estará compuesto por una losa removible de concreto armado, y tendrá una abertura de acceso de 0.60 m de diámetro.

2.2.4 Cálculos Hidráulicos

La condición hidráulica aplicada en el diseño se utiliza como una medida de seguridad para evitar que los conductos del sistema operen bajo presión. Las principales relaciones hidráulicas se distinguen entre los conductos que funcionan completamente llenos y aquellos que están parcialmente llenos (Rodriguez y German, 2020).

$$Q = A * V$$

Donde:

Q : Caudal (m³/s)

V : Velocidad m/s

A : Área de sección m²

Para diferenciar las fórmulas utilizadas para tuberías completamente llenas y aquellas parcialmente llenas, se utilizan letras mayúsculas para las tuberías llenas y letras minúsculas para las tuberías parcialmente llenas (Rodríguez y German, 2020).

$$q = a * v$$

Donde:

- q : Caudal de la tubería parcialmente llena m³/s
v : Velocidad de la tubería parcialmente llena m/s
a : Área de sección de la tubería parcialmente llena m²

La ecuación de Manning, aunque fue originalmente formulada para canales, también se emplea para tuberías, tanto cuando están completamente llenas como cuando se encuentran parcialmente llenas. Un inconveniente de esta fórmula es que solo incorpora un coeficiente de rugosidad obtenido empíricamente, sin considerar las variaciones de la viscosidad debido a los cambios de temperatura. Aunque se tiene en cuenta la influencia de la velocidad en el coeficiente de rugosidad, este valor se mantiene constante durante los cálculos, lo cual no refleja las fluctuaciones reales que podrían ocurrir bajo diferentes condiciones.

$$V = \frac{1}{N} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

(Nogales y Quispe, 2009)

Donde:

- V : Velocidad del flujo m/s
N : Coeficiente de rugosidad de Manning
R(h) : Radio hidráulico de la tubería llena m/m
S : Pendiente de gradiente hidráulico de la tubería llena m/m

La ecuación de Manning es preferida por su simplicidad y la precisión de los resultados que ofrece en el diseño y análisis de alcantarillados, colectores y canales de diferentes tamaños, tanto grandes como pequeños (Nogales y Quispe, 2009).

2.2.4.1. Coeficiente de Rugosidad

Según lo establecido en la norma OS 010 del RNE, para realizar el cálculo hidráulico de tuberías que funcionan como canales, se recomienda aplicar la fórmula de Manning junto con los coeficientes de rugosidad correspondientes.

_ Asbestos, PVC y cemento	0.010
_ Hierro fundido y concreto	0.015

Para otros materiales deberán justificarse los coeficientes de rugosidad.

2.2.4.2. Caudal

La norma (RNE, 2018), establece que en cada tramo de la red deben calcularse los caudales iniciales (Q_i) y final (Q_f), asegurando que el caudal mínimo sea de 1.5 l/s.

2.2.4.3. Velocidad

La OS 010 del RNE, establece que la velocidad en las tuberías debe ser lo suficientemente alta para prevenir depósitos y erosiones, con un mínimo de 0.60 m/s. Además, define que el límite máximo de velocidad dependerá del material de la tubería, considerando casos específicos.

_ Para tubos de concreto	3 m/s
_ Para tubos de cemento, PVC, acero	5 m/s

Para otros materiales deberá justificarse la velocidad máxima.

Según (Chilón y Valdez, 2011) se establece una velocidad mínima en los colectores para prevenir la obstrucción de las tuberías por el depósito de sólidos. Esta velocidad no debe ser inferior a 0.60 m/s, lo que representa el 50% del caudal máximo.

Tabla 2

Velocidad Mínima

Colector	No menor a	Preferible mayor a
Primario	0.45 m/s	0.60 m/s
Secundario	0.45 m/s	0.60 m/s
Terciario	0.45 m/s	0.60 m/s

Nota: Velocidad mínima en los colectores. Obtenido de (SENAGUA, 2012)

a. Velocidad corregida (V m/s)

Según (Gladys Iris, 2001) la velocidad corregida del flujo de agua en cada sección se calcula multiplicando la velocidad superficial o del flotador por un coeficiente que ajusta la relación entre la velocidad media de la sección y la superficial, el cual varía según el tipo de cauce. Los hidrólogos indican que la velocidad media suele ser entre el 75% y el 90% de la velocidad superficial, dependiendo del tamaño del cauce. En este caso, se utiliza un coeficiente de 0.85 para la velocidad superficial.

2.2.4.4. Diámetros

A continuación, se detallan los diámetros correspondientes para los sistemas de alcantarillado sanitario.

Tabla 3

Diámetro del alcantarillado sanitario

Tipo	Diámetro (m)
Alcantarillado sanitario	0.20
Alcantarillado Pluvial	0.25
Conexiones domiciliarias	0.10
Alcantarillado sanitario	
Conexiones domiciliarias	0.15
Alcantarillado Pluvial	

Nota: Diámetros mínimos para los sistemas de alcantarillado. Obtenido de (SENAGUA, 2012)

2.2.4.5. Pendiente

Según la OS 070 del RNE las pendientes de las tuberías deben ser diseñadas para garantizar su autolimpieza, basándose en el criterio de tensión tractiva.

a. **Pendientes mínimas:** La norma establece que la pendiente mínima que garantiza una tensión tractiva de 1 Pa y un coeficiente de rugosidad de 0.013 se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$S_{min} = 0.0055 * Qi^{-0.47}$$

b. **Pendiente máxima:** Según la norma OS 070 del RNE, la pendiente máxima permitida es la que da lugar a una velocidad final de $V_f = 5$ m/s; cualquier caso especial deberá ser justificado por el proyectista."

2.2.4.6. Tensión Tractiva

La fuerza tractiva, o tensión de arrastre, es el esfuerzo tangencial que el líquido ejerce sobre el colector y el material depositado. Esta fuerza depende del peso específico del líquido, el radio hidráulico y la pendiente de la tubería (Romero, 2007).

$$\tau = \delta * R * g * S$$

Donde:

τ : Fuerza tractiva kg/m^2

δ : Peso específico de aguas residuales (1200 kg/m^3)

R : Radio hidráulico (m)

S : Pendiente m/m

g : Gravedad (9.81 m/s^2)

Para prevenir la sedimentación, la fuerza tractiva debe ser suficiente para superar la resistencia del sedimento al movimiento. Se recomienda un valor mínimo de 1 Pa (0.1 kg/m^2) para asegurar que esto ocurra (Romero, 2007).

2.2.5 Aforo de Colectores

El aforo de las redes de colectores de desagüe es crucial para el mantenimiento y operación de las redes, ya que proporciona una visión clara de lo que sucede en el sistema de drenaje (Zorrilla, 2000).

Cuando no se dispone de datos sobre el consumo de agua o se busca determinar los volúmenes de descarga en nuevas áreas de drenaje, el aforo de los colectores puede utilizarse para estimar el consumo en el primer caso y para medir directamente los volúmenes de descarga en el segundo, en un período, y si no se cuentan con medidores automáticos de caudal, las mediciones manuales resultan ser una herramienta útil para obtener datos que permitan tomar decisiones precisas. Desde el punto de vista práctico, la diferencia en el margen de error entre las mediciones automáticas y manuales es mínima, siendo el principal inconveniente el uso intensivo de personal y la necesidad de una supervisión constante para minimizar los errores humanos (Zorrilla, 2000).

2.2.5.1. Método manual de aforo

Se lleva a cabo mediante la medición directa del nivel del agua sobre el fondo del conducto, utilizando tubos o reglas graduadas para tal propósito (Zorrilla, 2000).

2.2.5.2. Tirante de colectores

El tirante de agua es la distancia entre la cota del fondo y la cota del espejo de agua en un buzón. La medición de este tirante en el conducto puede llevarse a cabo manualmente o con equipos automáticos que registran los datos. En ambos casos, los registros se procesan y se utilizan en la fórmula de Manning

2.2.6 Cono Imhoff

El cono Imhoff es un recipiente cónico graduado empleado para determinar el volumen de sólidos sedimentables en líquidos de aguas residuales durante diversos períodos de sedimentación.

2.2.6.1. Valores máximos admisibles (VMA)

Los valores máximos admisibles (VMA) son los límites de concentración de sustancias, elementos o parámetros físicos y/o químicos presentes en un efluente doméstico que se va a descargar en la red de alcantarillado sanitario. Superar estos valores puede ocasionar daños inmediatos o a largo plazo en las instalaciones, la infraestructura sanitaria, el tratamiento de aguas residuales y perjudicar los procesos de tratamiento de dichas aguas (MVCS, 2019).

Tabla 4

Valores Máximos Admisibles

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	Cn	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr+6	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	(SO ₄)-2	500
Sulfuros	mg/l	S-2	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	Nh+4	80
Ph	mg/l	pH	6-9
Solidos sedimentable	ml/L/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Nota: valores máximos admisibles. Obtenidos de (MVCS, 2019)

2.2.7 Causas de los problemas de un sistema de alcantarillado

2.2.7.1. Obstrucciones

Las obstrucciones en las redes de alcantarillado pueden ser causadas por la acumulación de grasas (particularmente en zonas cercanas a restaurantes donde se desechan estos residuos), trapos, plásticos, vidrios (en áreas donde la basura entra por los buzones), y arena o tierra (en zonas ubicadas en terrenos).

2.2.7.2. Pérdida de capacidad

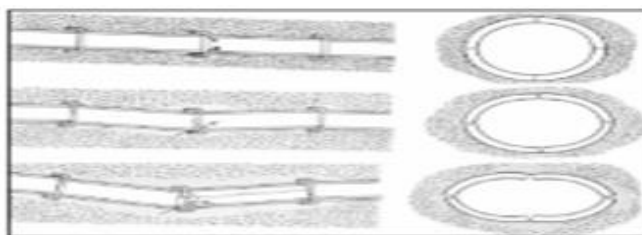
Ocurre debido a la acumulación de sedimentos en las tuberías, lo que provoca una reducción en la capacidad hidráulica. Este problema es más común en las secciones con pendientes suaves o donde la velocidad del flujo es baja.

2.2.7.3. Rotura de tuberías

Las roturas de las tuberías pueden ser causadas por una instalación incorrecta, soporte insuficiente, cargas vivas, movimientos del suelo, daños externos o el crecimiento de raíces.

Figura 1

Causas de los problemas de un sistema de alcantarillado



Nota: Proceso de falla de una tubería de alcantarillado. Obtenido de (Rodríguez. 2006)

2.3 Definición de términos básicos

- **Sistema de alcantarillado sanitario:** Consiste en una serie de conductos subterráneos diseñados para eliminar, a través del transporte hidráulico, las sustancias no deseadas que el agua puede arrastrar o transportar (Viteri, 2012).
- **Aguas negras:** Son aguas cuya calidad se ve comprometida por la influencia de actividades humanas, abarcando aguas residuales domésticas, urbanas y los efluentes líquidos provenientes de industrias o minería (Nogales y Quispe, 2009).
- **Aguas residuales domésticas:** Son aguas residuales generadas en áreas residenciales y de servicios, principalmente como resultado del metabolismo humano y las actividades domésticas (RNE, 2018).
- **Aguas residuales no domésticas:** Son aguas residuales originadas por actividades económicas, comerciales e industriales. (RNE, 2018)
- **Alcantarillado de servicio Local:** Está formado por las tuberías que reciben las conexiones de los hogares. Las conexiones prediales se gestionan en tuberías con un diámetro máximo de 400 mm (16”) y un diámetro mínimo de 200 mm (8”) (Nogales y Quispe, 2009).
- **Altura de recubrimiento del colector:** Es la variación de nivel entre la superficie del terreno y la parte más baja del colector (CONAGUA, 2019).
- **Tuberías laterales o iniciales:** Son tuberías de pequeño diámetro (entre 150 y 250 mm) encargadas de recibir los desagües provenientes de las conexiones domiciliarias (RNE, 2018).
- **Colectores Secundarios:** Son tuberías encargadas de recolectar las aguas de las tuberías primarias y conducir las al colector principal (RNE, 2018)
- **Colector Principal:** Son tuberías de gran diámetro, ubicadas generalmente en las áreas más bajas, encargadas de conducir las aguas residuales hasta el emisario final (RNE, 2018)

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la Zona de estudio

3.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio

La localidad de El Tambo está situada en el distrito de Bambamarca, en la provincia de Hualgayoc, dentro del departamento de Cajamarca. Se encuentra a una altitud de 2874 m.s.n.m., con coordenadas UTM: N: 9250886, E: 778410.

3.1.2. Vías de acceso

Las rutas más directas y en mejor estado para llegar a la localidad de El Tambo se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5

Vías de Acceso

Desde	Hasta	Tipo de Vía	Km	Tiempo
Cajamarca	Hualgayoc	Asfaltada	86.0	2 h y 87 minutos
Hualgayoc	Bambamarca	Asfaltada	28.0	0.93 minutos
Bambamarca	Puente	Trocha.	7.40	0.49 minutos
Puente	Pomagón	Regular estado		
Pomagón	C.P. El Tambo	Trocha	7.90	0.53 minutos
Total			129.30	4 h y 82 minutos

Nota: Distancia desde Cajamarca hasta la localidad el Tambo.

Figura 2

Croquis de acceso



Nota: Esquema de acceso al lugar de estudio.

3.1.3. Clima

La localidad de El Tambo presenta un microclima propio de la región quechua, al situarse entre los 2300 y 3500 m.s.n.m. Su clima es subhúmedo y templado, con precipitaciones que se registran principalmente de octubre a mayo. Las temperaturas en esta área varían entre -4°C y 26°C.

3.1.4. Topografía

El área de estudio se sitúa en las laderas de un pequeño valle interandino, correspondiente a los valles de los ríos Pomagón o Ñuñin. La topografía es ondulada, y geológicamente el terreno está compuesto por depósitos que incluyen tierra orgánica, arena y arcilla.

3.1.5. Recursos Hídricos

Cerca de la localidad, el río Pomagón (Ñuñin) atraviesa la región, formando parte de la cuenca de la vertiente atlántica oriental del Marañón. Según el estudio hidrológico de la región de Cajamarca, su caudal promedio es de 1.75 m³/s. Sin embargo, durante los meses de verano, el río tiende a secarse por completo. En las zonas altas de la localidad, varios manantiales abastecen a las comunidades cercanas.

3.1.6. Economía

En la localidad, se realizan actividades agrícolas, como el cultivo de maíz, arveja, frijol, papa, entre otros, así como ganaderas, enfocadas en vacunos y caprinos. También se lleva a cabo la apicultura y actividades comerciales locales. Existen plantas de procesamiento de leche, como queseras, y panaderías. Las ferias locales se celebran los sábados.

3.1.7. Vivienda

La mayoría de las viviendas en la localidad están construidas con adobe (80%) y ladrillo (20%). En los techos, el 60% está cubierto con calamina, mientras que el 40% restante tiene tejas de arcilla. En cuanto a los pisos, el 70% son de tierra y el 30% son de concreto.

3.1.8. Población

De acuerdo con los Censos Nacionales del INEI, en 1993 la población era de 531 habitantes, mientras que en 1997 se registró un aumento a 1,732 habitantes, según el estudio de diagnóstico y zonificación para la demarcación territorial de la Provincia de Hualgayoc, publicado por el Gobierno Regional de Cajamarca en 2006. Según el padrón

oficial de beneficiarios emitido por la Unidad de Gestión Municipal (UGM), se registran 546 viviendas habitadas en la zona urbana y 17 en la zona rural, con una densidad poblacional de 3.65. Actualmente, la población es de 2,055 habitantes.

3.2. Materiales, equipos y softwares

3.2.1. Materiales

- _ Documentos destinados para registra el tirante
- _ Documentos destinados para registra la distancia entre buzones
- _ Documentos destinados para la profundidad de los buzones

3.2.2. Equipos

- _ Estación Total
- _ Cámara Fotográfica
- _ Laptop
- _ Wincha de mano
- _ Libreta de apuntes
- _ Cronometro
- _ Cono Imhoff

- _ Flotador (Tecnopor)

3.2.3. Software

- _ Microsoft Office Word
- _ Civil 3d
- _ Microsoft Office Excel
- _ SewerCAD

3.3. Metodología

Este estudio se basa en una metodología descriptiva, con un diseño no experimental y de enfoque aplicado, desarrollado en un período transversal.

3.3.1. Muestra de estudio y población

a. Población

El estudio se enfoca en el sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de El Tambo, ubicada en el distrito de Bambamarca, Cajamarca.

b. Muestra

En este estudio, se optó por un muestreo no probabilístico, lo que implica que no se utilizó una fórmula estadística para determinar el tamaño de la muestra, dado que los componentes del sistema de alcantarillado son homogéneos. Por lo tanto, se consideró la red completa del sistema para realizar la selección de la muestra

3.4.Método de Trabajo

3.4.1. Procedimiento para el desarrollo de la investigación

Se realizó un análisis minucioso del sistema de alcantarillado sanitario para identificar posibles fallas en sus componentes e infraestructura. Con base en los resultados obtenidos, se desarrollaron propuestas de solución para garantizar su funcionamiento adecuado.

3.4.2. Reconocimiento y descripción del estado actual del sistema de alcantarillado sanitario

Este proceso consiste en identificar los componentes del sistema de alcantarillado sanitario, medir sus dimensiones, evaluar su estado de conservación y detectar las deficiencias que necesiten ser corregidas para optimizar la calidad de los servicios de alcantarillado en la zona de estudio.

a. Buzón

Durante la inspección del sistema de alcantarillado, se identificaron los buzones y se evaluó su condición para determinar si requieren mantenimiento.

3.4.3. Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado

Inicialmente, se revisó la norma OS 070, que establece los requisitos mínimos que deben seguirse en los proyectos y obras de infraestructura sanitaria. Luego, se procedió a evaluar el estado actual del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de El Tambo.

a. Buzón

El sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de El Tambo está compuesto por 155 buzones. Para determinar las cotas de fondo, la profundidad, el tirante, la tensión tractiva,

la distancia entre buzones, la velocidad, la rugosidad y el caudal, se siguió el siguiente proceso:

Tabla 6

Procesos empleados para la obtención de cálculos hidráulicos

Pasos	Proceso
Primero	Se realizaron las mediciones de profundidad y diámetro de cada buzón con la ayuda de una wincha de mano
Segundo	Con los datos de Profundidad de buzón, obtenemos la cota de fondo de cada buzón, y se anotaron en el cuaderno de apuntes y posteriormente se han digitalizado
Tercero	Se realizaron las mediciones de buzón a buzón y así obtener la longitud, lo que permitió el cálculo de la pendiente
Cuarto	<p>Se determino la rugosidad mediante la medición de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los tirantes de agua a la entrada y salida de los buzones, medidas cuatro aforos en tiempos de 30 minutos cada uno, y obtener de ellas un promedio. - Con el cálculo del tirante se determinó el área y perímetro mojado. Datos necesarios para la obtención del radio hidráulico; el diámetro de la tubería es de 200 mm. - Con el aforo se determinó los tiempos de recorrido del agua de buzón a buzón, para ello se utilizó un trozo de Tecnopor, el cual se deja caer libremente en cada buzón. Cuatro aforos. Con este tiempo determinado y la distancia entre buzones, se calcula la velocidad superficial aforada; a esta lo multiplicamos por 0.85 y se tiene la velocidad aforada. - Con los datos obtenidos anteriormente: radio hidráulico, pendiente, y velocidad aforada, se aplicó la ecuación de Manning para determinar el coeficiente de rugosidad (n). como resultado se toma el promedio.
Quinto	<p>Se obtuvo el caudal actuante en cada tramo siguiendo los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se aforo los tramos entre los buzones, con la ayuda de una wincha de mano para determinar el tirante hidráulico, a la entrada del tramo y salida del tramo, se realizó cuatro aforos en cada tramo de los buzones. - Con el cálculo del tirante hidráulico, se determinó el área y perímetro mojado, datos que son necesario para la obtención del radio hidráulico. - Con los datos obtenidos anteriormente: radio hidráulico, pendiente y coeficiente de rugosidad real, se aplicó la ecuación de Manning para determinar la velocidad. - Con esta velocidad y el área mojada se aplicó la ecuación de continuidad para la obtención del caudal actuante en cada tramo del colector principal.

Pasos	Proceso
Sexto	Con los cálculos hidráulicos, se aplicó el criterio de tensión tractiva, con lo cual se verifico los datos obtenidos en campo cumplen o no con la condición que indica la Norma OS 070.
Séptimo	De los buzones 24 y 25 se extrajo un litro de aguas residuales y se colocó en el cono Imhoff durante una hora, para determinar la cantidad de solidos sedimentables, estos fueron comparados con los valores que indica el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

La recolección de estos datos del sistema de alcantarillado sanitario, se realizaron durante un periodo de abril a junio del 2024. Estas mediciones se obtuvieron desde las 9:30 am hasta las 3:30 de la tarde.

Figura 3

Mediciones de profundidad de buzón en la localidad el Tambo



Nota: Con la ayuda de una wincha de mano de 5m medimos las profundidades de cada buzón en la red de alcantarillado sanitario de la localidad El Tambo.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1.Reconocimiento y descripción del sistema de alcantarillado sanitario

El sistema de alcantarillado sanitario de la localidad El Tambo cuenta con 3 años de operación. Debido a la ausencia de datos precisos sobre el sistema, se realizó una inspección de campo para evaluar cada uno de sus componentes. Con base en los resultados obtenidos durante esta visita, se confeccionaron planos que representan la información recopilada, los cuales se encuentran en el anexo N°03

4.2.Evaluación del sistema de alcantarillado sanitario

Se analizó cada uno de los elementos que conforman el sistema de alcantarillado y luego se realizó una comparación con los lineamientos establecidos en la Norma OS. 070.

4.2.1. Sector 01

a. Profundidad de buzón

Durante la inspección de los buzones, se localizó y midió la profundidad de cada uno utilizando una cinta métrica, registrándose las siguientes medidas

Tabla 7

Profundidad de los buzones del sistema de alcantarillado sanitario de la localidad El Tambo

BZ	Profundidad
B1	1.2
B2	1.2
B3	1.2
B4	1.2
B5	2
B6	1.5
B7	1.2
B8	1.2
B9	1.2
B10	1.5
B11	1.2
B12	1.2
B13	1.2
B14	1.2
B15	1.2

BZ	Profundidad
B16	1.5
B17	1.8
B18	1.2
B19	1.2
B20	1.2
B21	1.2
B22	1.2
B23	1.2
B24	1.2

b. Cota de tapa

Durante la inspección, se registraron las lecturas de la tapa de cada buzón utilizando la estación total, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8

Cotas de tapa de los Buzones

Estación	Punto	Cotas de Tapa
E1	B3	2799.19
	B1	2798.72
	B2	2797.11
E2	B4	2792.65
	B9	2789.37
	B12	2780.14
E3	B13	2776.52
	B7	2796.15
	B8	2791.07
E4	B6	2797.29
	B5	2788.31
	B10	2787.2
	B11	2784.69
	B14	2776.5
E5	B15	2775.3
	B16	2772.99
	B 17	2770.03
	B18	2765.54
	B19	2762
	B20	2759.78
	B21	2754.3
	B22	2747.36
	B23	2746.48
	B24	2745.58

c. Distancia entre buzones

Se utilizó una cinta métrica de 100 m para medir las distancias entre los buzones del sistema de alcantarillado sanitario, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 9

Distancia entre Buzones existentes

TRAMO		Distancia
Bz - 1	Bz - 2	40
Bz - 3	Bz - 2	50.25
Bz - 2	Bz - 4	51.35
Bz - 4	Bz - 5	49.04
Bz - 6	Bz - 5	51.2
Bz - 7	Bz - 4	58.7
Bz - 7	Bz - 8	51.45
Bz - 8	Bz - 9	58.54
Bz - 4	Bz - 9	52.4
Bz - 9	Bz - 10	34.9
Bz - 5	Bz - 10	55
Bz - 10	Bz - 11	51
Bz - 11	Bz - 14	50.95
Bz - 9	Bz - 12	75.8
Bz - 12	Bz - 13	19.05
Bz - 13	Bz - 14	11.03
Bz - 14	Bz - 15	20.85
Bz - 15	Bz - 16	16.25
Bz - 16	Bz - 17	22.15
Bz - 17	Bz - 18	64.76
Bz - 18	Bz - 19	64.8
Bz - 19	Bz - 20	43.8
Bz - 20	Bz - 21	66.3
Bz - 21	Bz - 22	54.7
Bz - 22	Bz - 23	42.5
Bz - 23	Bz - 24	42.95

La distancia máxima existente es de 75.8 m en las tuberías de diámetro de 200 mm. Estos valores se encuentran inferiores a lo que establece la norma OS 0.70 del reglamento Nacional de Edificaciones.

d. Cota de fondo

Con las cotas de tapa de cada buzón y las mediciones de altura en su interior, se determinaron las cotas de fondo utilizando la siguiente fórmula:

$$CF = CT - P$$

Donde:

- P : Profundidad de buzón
- CT : Cota de tapa
- CF : Cota de fondo

Así procedemos:

- i. Encontramos las cuotas de fondo del B1
 - Profundidad de buzón: 1.2 m
 - Cota de Tapa: 2798.72 msnm

$$CF = 2798.72 - 1.2$$

$$CF = 2797.52 \text{ msnm}$$

Los demás datos se encuentran representados en la siguiente tabla:

Tabla 10

Cuotas de fondo de los buzones

B	Cotas de Tapa	Profundidad	Cotas de Fondo
B1	2798.72	1.2	2797.52
B2	2797.11	1.2	2795.91
B3	2799.19	1.2	2797.99
B4	2792.65	1.2	2791.45
B5	2788.31	2	2786.31
B6	2797.29	1.5	2795.79
B7	2796.15	1.2	2794.95
B8	2791.07	1.2	2789.87
B9	2789.37	1.2	2788.17
B10	2787.2	1.5	2785.7
B11	2784.69	1.2	2783.49
B12	2780.14	1.2	2778.94
B13	2776.52	1.2	2775.32
B14	2776.5	1.2	2775.3
B15	2775.3	1.2	2774.1

B	Cotas de Tapa	Profundidad	Cotas de Fondo
B16	2772.99	1.5	2771.49
B17	2770.03	1.8	2768.23
B18	2765.54	1.2	2764.34
B19	2762	1.2	2760.8
B20	2759.78	1.2	2758.58
B21	2754.3	1.2	2753.1
B22	2747.36	1.2	2746.16
B23	2746.48	1.2	2745.28
B24	2745.58	1.2	2744.38

e. **Pendiente**

De acuerdo con la norma OS 070 del (RNE, 2018), se establece una pendiente mínima del 0.50% para asegurar la autolimpieza del sistema, incluso cuando los caudales sean bajos. Si la pendiente es inferior a este valor, el sistema podría enfrentar problemas de sedimentación y obstrucción en las tuberías.

Para calcular las pendientes en el sistema de alcantarillado existente, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Pendiente = \frac{CFB1 - CFB2}{L}$$

- Tramo B1 al B2
 - _ Cota de fondo B1: 2797.52 msnm
 - _ Cota de fondo B2: 2795.91 msnm
 - _ Longitud: 40 m

Aplicamos la formula:

$$Pendiente\ 1 - 2 = \frac{2797.52 - 2795.91}{40}$$

$$Pendiente\ 1 - 2 = 0.040\ m/m$$

En la siguiente tabla se registran los datos de la pendiente en cada tramo de los buzones:

Tabla 11*Pendientes de tramos de los buzones*

TRAMO		Cotas de Fondo		Longitud (m)	Variación de Cotas	Pendiente (m/m)
B1	B2	2797.52	2795.91	40	1.61	0.04025
B3	B2	2797.99	2795.91	50.25	2.08	0.04139
B2	B4	2795.91	2791.45	51.35	4.46	0.08685
B4	B5	2791.45	2786.31	49.04	5.14	0.10481
B6	B5	2795.79	2786.31	51.2	9.48	0.18516
B7	B4	2794.95	2791.45	58.7	3.5	0.05963
B7	B8	2794.95	2789.87	51.45	5.08	0.09874
B8	B9	2789.87	2788.17	58.54	1.7	0.02904
B4	B9	2791.45	2788.17	52.4	3.28	0.06260
B9	B10	2788.17	2785.7	34.9	2.47	0.07077
B5	B10	2786.31	2785.7	55	0.61	0.01109
B10	B11	2785.7	2783.49	51	2.21	0.04333
B11	B14	2783.49	2775.3	50.95	8.19	0.16075
B9	B12	2788.17	2778.94	75.8	9.23	0.12177
B12	B13	2778.94	2775.32	19.05	3.62	0.19003
B13	B14	2775.32	2775.3	11.03	0.02	0.00181
B14	B15	2775.3	2774.1	20.85	1.2	0.05755
B15	B16	2774.1	2771.49	16.25	2.61	0.16062
B16	B17	2771.49	2768.23	22.15	3.26	0.14718
B17	B18	2768.23	2764.34	64.76	3.89	0.06007
B18	B19	2764.34	2760.8	64.8	3.54	0.05463
B19	B20	2760.8	2758.58	43.8	2.22	0.05068
B20	B21	2758.58	2753.1	66.3	5.48	0.08265
B21	B22	2753.1	2746.16	54.7	6.94	0.12687
B22	B23	2746.16	2745.28	42.5	0.88	0.02071
B23	B24	2745.28	2744.38	42.95	0.9	0.02095

Tal como se observa en la tabla, las pendientes de los tramos exceden la pendiente mínima establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones OS. 070, lo que garantiza que el sistema cumplirá con la condición de autolimpieza, incluso cuando los caudales sean bajos.

4.2.1.1. Análisis Hidráulico del sistema de alcantarillado

4.2.1.1.1. Tiempo de Lluvia

a) Tirante de agua

En la visita a la localidad de El Tambo, se realizó la medición del tirante de agua utilizando una cinta métrica manual, con registros tomados en los puntos de ingreso y egreso de cada tramo evaluado.

Tabla 12

Tirante de agua promedio medido en la entrada y salida de cada tramo.

Tramo	TE (m)	TS (m)	TP (m)
B1-B2	0.021	0.021	0.021
B3-B2	0.021	0.021	0.021
B2-B4	0.021	0.025	0.023
B4-B5	0.025	0.026	0.026
B6-B5	0.024	0.026	0.025
B7-B4	0.025	0.025	0.025
B7-B8	0.025	0.027	0.026
B8-B9	0.027	0.028	0.027
B4-B9	0.025	0.028	0.026
B9-B10	0.028	0.028	0.028
B5-B10	0.026	0.028	0.027
B10-B11	0.028	0.030	0.029
B11-B14	0.030	0.031	0.030
B9-B12	0.028	0.030	0.029
B12-B13	0.030	0.031	0.030
B13-B14	0.031	0.031	0.031
B14-B15	0.031	0.033	0.032
B15-B16	0.033	0.035	0.034
B16-B17	0.035	0.037	0.036
B17-B18	0.037	0.040	0.039
B18-B19	0.040	0.040	0.040
B19-B20	0.040	0.043	0.041
B20-B21	0.043	0.043	0.043
B21-B22	0.043	0.043	0.043
B22-B23	0.043	0.046	0.044
B23-B24	0.046	0.049	0.047

b) Rugosidad

Para obtención de la rugosidad se empleó el siguiente procedimiento:

- **Velocidad corregida (flotador):** Se llevaron a cabo cuatro mediciones por tramo utilizando un flotador de Tecnopor para calcular la velocidad aforada. Esta fue ajustada mediante un coeficiente de 0.85, obteniendo la velocidad corregida. Según la Norma OS 010 del RNE, la velocidad mínima debe ser suficiente para prevenir acumulaciones

y erosiones, estableciéndose un límite no menor a 0.60 m/s. Por otro lado, la norma indica que la velocidad máxima permitida para tuberías de PVC es de 5 m/s.

Tabla 13

Aforo de velocidades

B1-B2	Tiempo (Seg)	Long (m)	Vm/s (sup)	V m/s = Sup*0.85
1	28.65	40	1.396	1.187
2	35.18	40	1.137	0.966
3	33.94	40	1.179	1.002
4	26.85	40	1.490	1.266

El sistema de alcantarillado sanitario analizado opera con tuberías parcialmente llenas, lo que hace necesario calcular su rugosidad. Para ello, se aplicaron los métodos establecidos para su determinación

$$K = \frac{d}{D}$$

Donde:

- K : Factor de apoyo
- D : Diámetro de tubería
- d : Tirante de agua

Sí $K > 0.5$, el flujo de aguas residuales se encuentra por arriba de la mitad. Pero si $K < 0.5$, entonces el flujo de aguas residuales se encuentra debajo de la mitad.

- para $K > 0.5$

Una vez determinado el valor de “K” procedemos a realizar lo siguiente:

Se calcularán los ángulos entre la superficie del agua y el eje central de la tubería

$$\sigma^\circ = 4 * \tan^{-1}\left(\frac{1 - K}{\sqrt{K - K^2}}\right)$$

Donde:

- α° : Ángulo de superficie de agua hasta el centro de tubo.

El ángulo obtenido está en grados, y para convertirlo a radianes, se emplea el siguiente método:

$$\alpha = \alpha^\circ * \frac{\pi}{180}$$

Donde:

α : Ángulo en radianes

El área parcialmente llena se calculará de la siguiente forma:

$$A = \frac{D^2}{4} * \left(\pi - \frac{\alpha}{2} + \frac{\text{sen}\alpha}{2} \right)$$

Donde:

A : Área parcialmente llena

Se procederá a calcular el perímetro mojado

$$Pm = \frac{D}{2} * (2 * \pi - \alpha)$$

Donde

Pm : Perímetro mojado

Se calculará el radio hidráulico correspondiente.

$$Rh = \frac{D}{4} * \left(1 + \frac{\text{sen}\alpha}{2 * \pi - \alpha} \right)$$

Donde:

Rh : Radio hidráulico

Con los pasos previos, se determinará la velocidad utilizando la fórmula de Manning.

$$n = \frac{1}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V : Velocidad Corregida

n : Coeficiente de rugosidad

Ahora obtenemos el caudal aplicando el principio de continuidad

$$Q = V * A$$

Donde:

Q : Caudal

A : Área

- para $K < 0.5$

Una vez determinado el valor de “K” procedemos a realizar lo siguiente:

Se calcularán los ángulos entre la superficie del agua y el eje central de la tubería

$$\beta^\circ = 4 * \tan^{-1}\left(\frac{K}{\sqrt{K - K^2}}\right)$$

Donde:

β° : Ángulo de superficie de agua hasta el centro de tubo.

El ángulo obtenido está en grados, y para convertirlo a radianes, se emplea el siguiente método:

$$\beta = \beta^\circ * \frac{\pi}{180}$$

Donde:

β : Ángulo en radianes

El área parcialmente llena se calculará de la siguiente forma:

$$A = \frac{D^2}{4} * \left(\frac{\beta}{2} + \frac{\text{sen}\beta}{2}\right)$$

Donde:

A : Área parcialmente llena

Se procederá a calcular el perímetro mojado

$$Pm = \frac{D}{2} * \beta$$

Donde

Pm : Perímetro mojado

Se calculará el radio hidráulico correspondiente.

$$Rh = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}\beta}{\beta}\right)$$

Donde:

Rh : Radio hidráulico

Con los pasos previos, se determinará la velocidad utilizando la fórmula de Manning.

$$n = \frac{1}{v} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V : Velocidad Corregida

n : Coeficiente de rugosidad

Ahora obtenemos el caudal aplicando el principio de continuidad

$$Q = V * A$$

Donde:

Q : Caudal

A : Área

Con todos los datos calculados, obtenemos el caudal realizando lo siguiente:

- Tramo B1 al B2 (primer aforo)
 - _ Longitud: 40.0 m
 - _ Pendiente: 0.040 m/m
 - _ Diámetro: 200 mm = 0.200 m

- _ Tirante: 0.021 m
- _ Rugosidad: ¿?

Calculamos el factor de apoyo

$$K = \frac{0.021m}{0.200m}$$

$$K = 0.11$$

Este factor 0.11 es menor a 0.5 por lo que utilizamos lo siguiente:

$$\beta = 4 \tan^{-1} \left(\frac{K}{\sqrt{K - K^2}} \right)$$

Reemplazamos el factor K

$$\beta = 4 \tan^{-1} * \left(\frac{0.11}{\sqrt{0.11 - 0.11^2}} \right) \Rightarrow 1.320^\circ$$

$$\beta = 1.320 * \frac{\pi}{180} \Rightarrow \beta = 0.0230 \text{ rad.}$$

Ahora calculamos el área

$$A = \frac{0.2^2}{4} * \left(\frac{1.320}{2} - \frac{\text{sen } 1.320^\circ}{2} \right)$$

$$A = 0.001756 \text{ m}^2$$

Obtenemos el perímetro mojado

$$Pm = \frac{0.2}{2} * 1.320$$

$$Pm = 0.132 \text{ m}$$

Calculamos el radio hidráulico

$$Rh = \frac{0.2}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(1.320^\circ)}{1.320} \right)$$

$$Rh = 0.013 \text{ m}$$

Con todos los datos obtenidos, ahora se podrá calcular la rugosidad para el primer aforo del tramo:

$$n = \frac{1}{1.187} * 0.013^{\frac{2}{3}} * 0.040^{1/2}$$

$$n = 0.009$$

Este procedimiento se realizó cuatro veces por cada tramo; para la obtención de la rugosidad actual.

Tabla 14

Obtención de la rugosidad

B1- B2	T (Seg)	Long (m)	TP (m)	Ø (m)	Factor K	B°	Área m2)	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n
1	28.65	40	0.021	0.2	0.11	1.320	0.001756	0.132	0.013	0.040	0.009
2	35.18	40	0.022	0.2	0.11	1.352	0.001880	0.135	0.014	0.040	0.012
3	33.94	40	0.020	0.2	0.10	1.287	0.001635	0.129	0.013	0.040	0.011
4	26.85	40	0.021	0.2	0.11	1.320	0.001756	0.132	0.013	0.040	0.009
n Promedio =0.010											

Obtención de la rugosidad en el tramo B1 – B2, a través de cuatro aforos, en la cual se evidencia una rugosidad de 0.010.

Tabla 15

Resumen de la rugosidad actuante en cada tramo

TRAMO	Buzón	V (m/s)	Tirante (m)	Ø (m)	P (m)	Radio H (m)	S (m/m)	n
1	B1-B2	1.105	0.021	0.2	0.132	0.0133	0.040	0.010
2	B3-B2	1.112	0.021	0.2	0.132	0.0133	0.041	0.010
3	B2-B4	1.708	0.023	0.2	0.138	0.0145	0.087	0.010
4	B4-B5	2.163	0.026	0.2	0.146	0.0160	0.105	0.010
5	B6-B5	2.722	0.025	0.2	0.145	0.0157	0.185	0.010
6	B7-B4	1.610	0.025	0.2	0.144	0.0156	0.060	0.010
7	B7-B8	2.110	0.026	0.2	0.147	0.0162	0.099	0.010
8	B8-B9	1.180	0.027	0.2	0.152	0.0171	0.029	0.010
9	B4-B9	1.649	0.026	0.2	0.149	0.0165	0.063	0.010
10	B9-B10	1.680	0.028	0.2	0.153	0.0174	0.071	0.011
11	B5-B10	0.725	0.027	0.2	0.150	0.0168	0.011	0.011
12	B10-B11	1.522	0.029	0.2	0.156	0.0179	0.043	0.010
13	B11-B14	2.813	0.030	0.2	0.159	0.0186	0.161	0.011
14	B9-B12	2.475	0.029	0.2	0.156	0.0179	0.122	0.010
15	B12-B13	2.847	0.030	0.2	0.159	0.0186	0.190	0.011
16	B13-B14	0.315	0.031	0.2	0.160	0.0189	0.002	0.010
17	B14-B15	1.784	0.032	0.2	0.163	0.0194	0.058	0.010
18	B15-B16	3.115	0.034	0.2	0.169	0.0207	0.161	0.010
19	B16-B17	3.182	0.036	0.2	0.176	0.0220	0.147	0.010
20	B17-B18	2.076	0.039	0.2	0.182	0.0234	0.060	0.010

TRAMO	Buzón	V (m/s)	Tirante (m)	Ø (m)	P (m)	Radio H (m)	S (m/m)	N
21	B18-B19	2.063	0.040	0.2	0.185	0.0241	0.055	0.010
22	B19-B20	2.002	0.041	0.2	0.189	0.0249	0.051	0.010
23	B20-B21	2.618	0.043	0.2	0.192	0.0256	0.083	0.010
24	B21-B22	3.330	0.043	0.2	0.192	0.0256	0.127	0.010
25	B22-B23	1.321	0.044	0.2	0.196	0.0263	0.021	0.010
26	B23-B24	1.344	0.047	0.2	0.202	0.0278	0.021	0.010

Se verificó que, en cuatro tramos, la rugosidad medida en campo supera los valores establecidos por la norma del RNE. Este coeficiente depende en gran medida de las características hidráulicas de las redes, como el caudal y la pendiente.

c) Velocidades actuantes

De acuerdo con la norma OS 070 (RNE, 2018), la velocidad mínima debe ser no menor a 0.60 m/s. Si no se alcanza este valor, se estaría incumpliendo la condición de autolimpieza, lo que facilitaría la acumulación de desechos y partículas inorgánicas en las tuberías, pudiendo generar obstrucciones. El cálculo se realizó de la siguiente manera.

Velocidad Real: Una vez obtenido el radio hidráulico (m), Pendiente (m/m) y la rugosidad real, se aplicó la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Reemplazamos en el primer tramo (aforo 1)

- Tramo B1 al B2
 - _ Radio Hidráulico: 0.013 m
 - _ Pendiente: 0.040 m/m
 - _ Rugosidad: 0.009

Calculamos la velocidad:

$$V = \frac{1}{0.009} * (0.013)^{\frac{2}{3}} * (0.040)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 1.187 \text{ m/s}$$

Así se calculó en el primer aforo la velocidad, así se obtienen en cada tramo.

Tabla 16*Velocidad del tramo B1 al B2 mediante la fórmula de Manning*

B1- B2	Área m2)	P(m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)
1	0.00176	0.132	0.013	0.040	0.009	1.187
2	0.00188	0.135	0.014	0.040	0.012	0.966
3	0.00164	0.129	0.013	0.040	0.011	1.002
4	0.00176	0.132	0.013	0.040	0.009	1.266

Tabla 17*Velocidades actuantes en cada tramo de la red de alcantarillado*

Buzón	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)
B1-B2	0.132	0.013	0.040	0.010	1.105
B3-B2	0.132	0.013	0.041	0.010	1.112
B2-B4	0.138	0.014	0.087	0.010	1.708
B4-B5	0.146	0.016	0.105	0.010	2.163
B6-B5	0.145	0.016	0.185	0.010	2.722
B7-B4	0.144	0.016	0.060	0.010	1.610
B7-B8	0.147	0.016	0.099	0.010	2.110
B8-B9	0.152	0.017	0.029	0.010	1.180
B4-B9	0.149	0.016	0.063	0.010	1.649
B9-B10	0.153	0.017	0.071	0.011	1.680
B5-B10	0.150	0.017	0.011	0.010	0.725
B10-B11	0.156	0.018	0.043	0.010	1.522
B11-B14	0.159	0.019	0.161	0.011	2.813
B9-B12	0.156	0.018	0.122	0.010	2.475
B12-B13	0.159	0.019	0.190	0.011	2.847
B13-B14	0.160	0.019	0.002	0.010	0.315
B14-B15	0.163	0.019	0.058	0.010	1.784
B15-B16	0.169	0.021	0.161	0.010	3.115
B16-B17	0.176	0.022	0.147	0.010	3.182
B17-B18	0.182	0.023	0.060	0.010	2.076
B18-B19	0.185	0.024	0.055	0.010	2.063
B19-B20	0.189	0.025	0.051	0.010	2.002
B20-B21	0.192	0.026	0.083	0.010	2.618
B21-B22	0.192	0.026	0.127	0.010	3.330
B22-B23	0.196	0.026	0.021	0.010	1.321
B23-B24	0.202	0.028	0.021	0.010	1.344

Según la tabla, hay un tramo cuya velocidad es inferior a la mínima establecida, lo que podría generar la acumulación de sedimentos y desechos en las tuberías.

d) Caudales actuantes

Según la norma OS 070 (RNE, 2018), se debe considerar un caudal mínimo de 1.50 L/s para prevenir la pérdida de capacidad, evitando que la baja velocidad de flujo por un caudal insuficiente de aguas residuales cause la acumulación de sedimentos en las tuberías, se procedió a calcular el caudal aplicando la ecuación de continuidad:

$$Q = V * A$$

Reemplazamos en el primer tramo (aforo 1)

- Tramo B1 al B2

– Velocidad: 1.187 m/s

– Área mojada: 0.00176 m²

Reemplazamos los valores:

$$Q = 1.187 \frac{m}{s} * 0.00176 m^2$$

$$Q = 0.00208 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 2.08 l/s$$

El mismo procedimiento se realiza para los cuatro aforos de cada tramo y se obtuvo los siguientes caudales:

Tabla 18

Caudal en el tramo B1 al B2

B19-B20	TP(m)	Área (m²)	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)	Q (m³/s)
1	0.021	0.00176	0.132	0.013	0.040	0.009	1.187	0.0020843
2	0.022	0.00188	0.135	0.014	0.040	0.012	0.966	0.0018172
3	0.020	0.00164	0.129	0.013	0.040	0.011	1.002	0.0016379
4	0.021	0.00176	0.132	0.013	0.040	0.009	1.266	0.0022240
Q Promedio =0.0019408								

Se presenta la siguiente tabla con los caudales actuantes reales en la red de distribución

Tabla 19

Caudales actuantes reales en cada tramo

Buzón	TP(m)	Ø (m)	Radio (m)	β	Área m2)	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)	Q (m3/s)	Q L/S
B1-B2	0.021	0.200	0.100	1.320	0.00176	0.132	0.013	0.040	0.010	1.105	0.0019	1.94
B3-B2	0.021	0.200	0.100	1.320	0.00176	0.132	0.013	0.041	0.010	1.112	0.0020	1.95
B2-B4	0.023	0.200	0.100	1.384	0.00201	0.138	0.014	0.087	0.010	1.708	0.0034	3.42
B4-B5	0.026	0.200	0.100	1.460	0.00233	0.146	0.016	0.105	0.010	2.163	0.0050	5.04
B6-B5	0.025	0.200	0.100	1.445	0.00227	0.145	0.016	0.185	0.010	2.722	0.0062	6.16
B7-B4	0.025	0.200	0.100	1.442	0.00225	0.144	0.016	0.060	0.010	1.610	0.0036	3.62
B7-B8	0.026	0.200	0.100	1.472	0.00238	0.147	0.016	0.099	0.010	2.110	0.0050	5.01
B8-B9	0.027	0.200	0.100	1.516	0.00259	0.152	0.017	0.029	0.010	1.180	0.0030	3.05
B4-B9	0.026	0.200	0.100	1.486	0.00245	0.149	0.016	0.063	0.010	1.649	0.0040	4.04
B9-B10	0.028	0.200	0.100	1.530	0.00266	0.153	0.017	0.071	0.011	1.680	0.0044	4.44
B5-B10	0.027	0.200	0.100	1.505	0.00254	0.150	0.017	0.011	0.010	0.725	0.0018	1.84
B10-B11	0.029	0.200	0.100	1.559	0.00280	0.156	0.018	0.043	0.010	1.522	0.0043	4.26
B11-B14	0.030	0.200	0.100	1.594	0.00297	0.159	0.019	0.161	0.011	2.813	0.0045	4.50
B9-B12	0.029	0.200	0.100	1.555	0.00278	0.156	0.018	0.122	0.010	2.475	0.0069	6.86
B12-B13	0.030	0.200	0.100	1.594	0.00297	0.159	0.019	0.190	0.011	2.847	0.0035	3.45
B13-B14	0.031	0.200	0.100	1.605	0.00303	0.160	0.019	0.002	0.010	0.315	0.0010	0.95
B14-B15	0.032	0.200	0.100	1.632	0.00317	0.163	0.019	0.058	0.010	1.784	0.0057	5.66
B15-B16	0.034	0.200	0.100	1.693	0.00350	0.169	0.021	0.161	0.010	3.115	0.0010	1.00
B16-B17	0.036	0.200	0.100	1.756	0.00386	0.176	0.022	0.147	0.010	3.182	0.0012	1.20
B17-B18	0.039	0.200	0.100	1.820	0.00425	0.182	0.023	0.060	0.010	2.076	0.0050	5.00
B18-B19	0.040	0.200	0.100	1.855	0.00447	0.185	0.024	0.055	0.010	2.063	0.0040	4.00
B19-B20	0.041	0.200	0.100	1.889	0.00469	0.189	0.025	0.051	0.010	2.002	0.0031	3.10
B20-B21	0.043	0.200	0.100	1.922	0.00492	0.192	0.026	0.083	0.010	2.618	0.0012	1.23
B21-B22	0.043	0.200	0.100	1.922	0.00492	0.192	0.026	0.127	0.010	3.330	0.0016	1.63
B22-B23	0.044	0.200	0.100	1.956	0.00515	0.196	0.026	0.021	0.010	1.321	0.0068	6.80
B23-B24	0.047	0.200	0.100	2.024	0.00563	0.202	0.028	0.021	0.010	1.344	0.0070	6.95

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, el caudal mínimo debe ser de 1.50 l/s. En tres tramos, como se observa en la tabla, los caudales actuantes están por debajo de este valor, lo que podría ocasionar pérdida de capacidad o acumulación de sedimentos.

e) Tensión Tractiva

Según la OS 070 (RNE, 2018) la tensión tractiva debe ser al menos de 1 Pa para prevenir la acumulación de desechos y sedimentos que puedan obstruir las tuberías. A partir de los datos del perímetro mojado y la pendiente, se determinó la tensión tractiva en cada tramo del sistema de alcantarillado.

- Tramo B1 al B2

— Radio Hidráulico : 0.0186

_ Pendiente : 0.040

Ahora calculamos la Tensión Tractiva para dicho tramo:

$$\sigma_t = p * g * Rh * Pendiente$$

Donde:

P : Densidad del agua residual (1200 kg/m³)

G : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Reemplazamos valores:

$$\sigma_{t\ 2-1} = \frac{1200kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 0.0133 m * 0.040m/m$$

$$\sigma_{t\ 2-1} = 6.3 Pa$$

Así se obtuvo una tensión tractiva de 6.3Pa para el tramo B1 al B2

Los demás datos calculados de la tensión tractiva se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 20

Tensión tractiva de cada tramo

Buzón	Radio H (m)	S m/m	Densidad de agua residual	Gravedad	Tensión Tractiva
B1-B2	0.0133	0.040	1200	9.81	6.304
B3-B2	0.0133	0.041	1200	9.81	6.483
B2-B4	0.0145	0.087	1200	9.81	1.428
B4-B5	0.0160	0.105	1200	9.81	1.872
B6-B5	0.0157	0.185	1200	9.81	3.417
B7-B4	0.0156	0.060	1200	9.81	1.095
B7-B8	0.0162	0.099	1200	9.81	1.882
B8-B9	0.0171	0.029	1200	9.81	5.834
B4-B9	0.0165	0.063	1200	9.81	1.214
B9-B10	0.0174	0.071	1200	9.81	1.445
B5-B10	0.0168	0.011	1200	9.81	2.200
B10-B11	0.0179	0.043	1200	9.81	4.147
B11-B14	0.0186	0.161	1200	9.81	3.528
B9-B12	0.0179	0.122	1200	9.81	2.559
B12-B13	0.0186	0.190	1200	9.81	4.171
B13-B14	0.0189	0.002	1200	9.81	0.403
B14-B15	0.0194	0.058	1200	9.81	1.316
B15-B16	0.0207	0.161	1200	9.81	3.913

Buzón	Radio H (m)	S m/m	Densidad de agua residual	Gravedad	Tensión Tractiva
B16-B17	0.0220	0.147	1200	9.81	3.813
B17-B18	0.0234	0.060	1200	9.81	1.659
B18-B19	0.0241	0.055	1200	9.81	1.551
B19-B20	0.0249	0.051	1200	9.81	1.482
B20-B21	0.0256	0.083	1200	9.81	2.498
B21-B22	0.0256	0.127	1200	9.81	3.802
B22-B23	0.0263	0.021	1200	9.81	6.412
B23-B24	0.0278	0.021	1200	9.81	6.857

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS 070S la tensión tractiva debe ser como mínimo de 1 Pa para prevenir la acumulación de desechos y sedimentos en las tuberías. Sin embargo, como se muestra en la tabla, el valor mínimo de la tensión tractiva es de 0.403 Pa, lo que no cumple con lo establecido en el RNE, lo que aumenta el riesgo de obstrucciones por sedimentos en las tuberías.

4.2.1.1.2. Tiempo de Estiaje

Se repitió el mismo procedimiento realizado durante el período de lluvia, obteniendo los siguientes resultados

a. Tirante de agua

Tabla 21

Tirante de agua promedio medido en la entrada y salida de cada tramo.

Tramo	TE (m)	TS (m)	TP (m)
B1-B2	0.0100	0.0100	0.0100
B3-B2	0.0110	0.0115	0.0113
B2-B4	0.0115	0.0125	0.0120
B4-B5	0.0125	0.0130	0.0128
B6-B5	0.0130	0.0130	0.0130
B7-B4	0.0130	0.0133	0.0131
B7-B8	0.0130	0.0135	0.0133
B8-B9	0.0135	0.0138	0.0136
B4-B9	0.0138	0.0138	0.0138
B9-B10	0.0138	0.0143	0.0140
B5-B10	0.0130	0.0140	0.0135
B10-B11	0.0140	0.0145	0.0143
B11-B14	0.0145	0.0148	0.0146
B9-B12	0.0138	0.0148	0.0143
B12-B13	0.0148	0.0153	0.0150
B13-B14	0.0153	0.0155	0.0154

Tramo	TE (m)	TS (m)	TP (m)
B14-B15	0.0155	0.0160	0.0158
B15-B16	0.0160	0.0165	0.0163
B16-B17	0.0165	0.0168	0.0166
B17-B18	0.0168	0.0175	0.0171
B18-B19	0.0175	0.0180	0.0178
B19-B20	0.0180	0.0185	0.0183
B20-B21	0.0185	0.0190	0.0188
B21-B22	0.0190	0.0200	0.0195
B22-B23	0.0200	0.0225	0.0213
B23-B24	0.0225	0.0248	0.0236

b. Rugosidad

Tabla 22

Obtención de la rugosidad

B1-B2	T(Seg)	Long (m)	TP (m)	Ø (m)	Factor K	B°	Área (m ²)	P (m)	Radio H (m)	S (m/m)	n
1	48.61	40	0.010	0.2	0.05	0.90	0.0006	0.090	0.007	0.040	0.010
2	46.29	40	0.010	0.2	0.05	0.90	0.0006	0.090	0.007	0.040	0.010
3	47.85	40	0.010	0.2	0.05	0.90	0.0006	0.090	0.007	0.040	0.010
4	48.63	40	0.010	0.2	0.05	0.90	0.0006	0.090	0.007	0.040	0.010
n Promedio =0.010											

Obtención de la rugosidad en el tramo B1 – B2, a través de cuatro aforos, en la cual se evidencia una rugosidad de 0.010.

Tabla 23

Resumen de la rugosidad actuante en cada tramo

TRAMO	Buzón	V (m/s)	Tirante (m)	Ø (m)	P(m)	Radio H (m)	S(m/m)	n
1	B1-B2	0.711	0.010	0.2	0.090	0.0065	0.040	0.010
2	B3-B2	0.782	0.011	0.2	0.096	0.0073	0.041	0.010
3	B2-B4	1.102	0.012	0.2	0.099	0.0078	0.087	0.011
4	B4-B5	1.362	0.013	0.2	0.102	0.0082	0.105	0.010
5	B6-B5	1.623	0.013	0.2	0.103	0.0084	0.185	0.011
6	B7-B4	1.050	0.013	0.2	0.104	0.0085	0.060	0.010
7	B7-B8	1.272	0.013	0.2	0.104	0.0086	0.099	0.010
8	B8-B9	0.753	0.014	0.2	0.106	0.0088	0.029	0.010
9	B4-B9	1.099	0.014	0.2	0.106	0.0089	0.063	0.010
10	B9-B10	1.135	0.014	0.2	0.107	0.0090	0.071	0.010
11	B5-B10	0.466	0.014	0.2	0.105	0.0087	0.011	0.010
12	B10-B11	0.837	0.014	0.2	0.108	0.0092	0.043	0.011
13	B11-B14	1.594	0.015	0.2	0.110	0.0094	0.161	0.011
14	B9-B12	1.567	0.014	0.2	0.108	0.0092	0.122	0.010

TRAMO	Buzón	V (m/s)	Tirante (m)	Ø (m)	P(m)	Radio H (m)	S(m/m)	N
15	B12-B13	1.847	0.015	0.2	0.111	0.0096	0.190	0.011
16	B13-B14	0.203	0.015	0.2	0.112	0.0099	0.002	0.010
17	B14-B15	0.999	0.016	0.2	0.114	0.0101	0.058	0.011
18	B15-B16	1.754	0.016	0.2	0.116	0.0104	0.161	0.011
19	B16-B17	1.677	0.017	0.2	0.117	0.0106	0.147	0.011
20	B17-B18	1.269	0.017	0.2	0.119	0.0110	0.060	0.010
21	B18-B19	1.234	0.018	0.2	0.121	0.0113	0.055	0.010
22	B19-B20	1.077	0.018	0.2	0.123	0.0116	0.051	0.011
23	B20-B21	1.473	0.019	0.2	0.124	0.0119	0.083	0.010
24	B21-B22	1.679	0.020	0.2	0.127	0.0124	0.127	0.011
25	B22-B23	0.837	0.021	0.2	0.133	0.0135	0.021	0.010
26	B23-B24	0.827	0.024	0.2	0.140	0.0149	0.021	0.011

Se verificó que, en 11 tramos, las rugosidades obtenidas en campo superan los valores establecidos por la norma del RNE. Este coeficiente está muy relacionado con las características hidráulicas de las redes, como el caudal y la pendiente.

c. Velocidades actuantes

Tabla 24

Velocidades actuantes en cada tramo de la red de alcantarillado en tiempo de estiaje

Buzón	P (m)	Radio H (m)	Pendiente m/m	Rugosidad	V (m/s)
B1-B2	0.090	0.007	0.040	0.010	0.711
B3-B2	0.096	0.007	0.041	0.010	0.782
B2-B4	0.099	0.008	0.087	0.011	1.102
B4-B5	0.102	0.008	0.105	0.010	1.362
B6-B5	0.103	0.008	0.185	0.011	1.623
B7-B4	0.104	0.008	0.060	0.010	1.050
B7-B8	0.104	0.009	0.099	0.010	1.272
B8-B9	0.106	0.009	0.029	0.010	0.753
B4-B9	0.106	0.009	0.063	0.010	1.099
B9-B10	0.107	0.009	0.071	0.010	1.135
B5-B10	0.105	0.009	0.011	0.010	0.466
B10-B11	0.108	0.009	0.043	0.011	0.837
B11-B14	0.110	0.009	0.161	0.011	1.594
B9-B12	0.108	0.009	0.122	0.010	1.567
B12-B13	0.111	0.010	0.190	0.011	1.847
B13-B14	0.112	0.010	0.002	0.010	0.203
B14-B15	0.114	0.010	0.058	0.011	0.999
B15-B16	0.116	0.010	0.161	0.011	1.754
B16-B17	0.117	0.011	0.147	0.011	1.677
B17-B18	0.119	0.011	0.060	0.010	1.269

Buzón	P (m)	Radio H (m)	Pendiente m/m	Rugosidad	V (m/s)
B18-B19	0.121	0.011	0.055	0.010	1.234
B19-B20	0.123	0.012	0.051	0.011	1.077
B20-B21	0.124	0.012	0.083	0.010	1.473
B21-B22	0.127	0.012	0.127	0.011	1.679
B22-B23	0.133	0.013	0.021	0.010	0.837
B23-B24	0.140	0.015	0.021	0.011	0.827

De acuerdo con la información presentada en la tabla, se han identificado dos tramos donde las velocidades son inferiores al mínimo requerido, lo que genera el riesgo de acumulación de sedimentos y desechos en las tuberías

d. Caudales actuantes

Tabla 25

Caudales actuantes reales en cada tramo

Buzón	TP(m)	Ø (m)	Radio (m)	β	Área m2)	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)	Q (m3/s)	Q L/S
B1-B2	0.010	0.200	0.100	0.902	0.00059	0.090	0.007	0.040	0.010	0.711	0.0004	0.417
B3-B2	0.011	0.200	0.100	0.957	0.00070	0.096	0.007	0.041	0.010	0.782	0.0006	0.551
B2-B4	0.012	0.200	0.100	0.990	0.00077	0.099	0.008	0.087	0.011	1.102	0.0009	0.851
B4-B5	0.013	0.200	0.100	1.021	0.00084	0.102	0.008	0.105	0.010	1.362	0.0011	1.147
B6-B5	0.013	0.200	0.100	1.031	0.00087	0.103	0.008	0.185	0.011	1.623	0.0014	1.406
B7-B4	0.013	0.200	0.100	1.036	0.00088	0.104	0.008	0.060	0.010	1.050	0.0009	0.923
B7-B8	0.013	0.200	0.100	1.041	0.00089	0.104	0.009	0.099	0.010	1.272	0.0011	1.135
B8-B9	0.014	0.200	0.100	1.056	0.00093	0.106	0.009	0.029	0.010	0.753	0.0007	0.700
B4-B9	0.014	0.200	0.100	1.061	0.00094	0.106	0.009	0.063	0.010	1.099	0.0010	1.034
B9-B10	0.014	0.200	0.100	1.071	0.00097	0.107	0.009	0.071	0.010	1.135	0.0011	1.099
B5-B10	0.014	0.200	0.100	1.051	0.00092	0.105	0.009	0.011	0.010	0.466	0.0004	0.427
B10-B11	0.014	0.200	0.100	1.081	0.00099	0.108	0.009	0.043	0.011	0.837	0.0008	0.830
B11-B14	0.015	0.200	0.100	1.095	0.00103	0.110	0.009	0.161	0.011	1.594	0.0016	1.645
B9-B12	0.014	0.200	0.100	1.081	0.00099	0.108	0.009	0.122	0.010	1.567	0.0016	1.556
B12-B13	0.015	0.200	0.100	1.110	0.00107	0.111	0.010	0.190	0.011	1.847	0.0020	1.980
B13-B14	0.015	0.200	0.100	1.124	0.00111	0.112	0.010	0.002	0.010	0.203	0.0002	0.225
B14-B15	0.016	0.200	0.100	1.138	0.00115	0.114	0.010	0.058	0.011	0.999	0.0011	1.149
B15-B16	0.016	0.200	0.100	1.156	0.00120	0.116	0.010	0.161	0.011	1.754	0.0021	2.113
B16-B17	0.017	0.200	0.100	1.170	0.00125	0.117	0.011	0.147	0.011	1.677	0.0021	2.087
B17-B18	0.017	0.200	0.100	1.188	0.00130	0.119	0.011	0.060	0.010	1.269	0.0016	1.648
B18-B19	0.018	0.200	0.100	1.210	0.00137	0.121	0.011	0.055	0.010	1.234	0.0017	1.692
B19-B20	0.018	0.200	0.100	1.227	0.00143	0.123	0.012	0.051	0.011	1.077	0.0015	1.541
B20-B21	0.019	0.200	0.100	1.245	0.00149	0.124	0.012	0.083	0.010	1.473	0.0022	2.189
B21-B22	0.020	0.200	0.100	1.270	0.00158	0.127	0.012	0.127	0.011	1.679	0.0026	2.645
B22-B23	0.021	0.200	0.100	1.328	0.00179	0.133	0.013	0.021	0.010	0.837	0.0015	1.495
B23-B24	0.024	0.200	0.100	1.403	0.00209	0.140	0.015	0.021	0.011	0.827	0.0017	1.727

El Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070 establece un caudal mínimo de 1.50 l/s. No obstante, según los datos presentados en la tabla, 15 tramos tienen caudales inferiores a este valor, lo que aumenta el riesgo de pérdida de capacidad y acumulación de sedimentos en las tuberías

f) Tensión Tractiva

Tabla 26

Tensión tractiva de cada tramo

Buzón	Radio H (m)	S m/m	Densidad de agua residual	Gravedad	Tensión Tractiva
B1-B2	0.0065	0.040	1200	9.81	3.085
B3-B2	0.0073	0.041	1200	9.81	3.558
B2-B4	0.0078	0.087	1200	9.81	7.949
B4-B5	0.0082	0.105	1200	9.81	1.073
B6-B5	0.0084	0.185	1200	9.81	1.831
B7-B4	0.0085	0.060	1200	9.81	5.952
B7-B8	0.0086	0.099	1200	9.81	9.947
B8-B9	0.0088	0.029	1200	9.81	3.006
B4-B9	0.0089	0.063	1200	9.81	6.536
B9-B10	0.0090	0.071	1200	9.81	7.520
B5-B10	0.0087	0.011	1200	9.81	1.138
B10-B11	0.0092	0.043	1200	9.81	4.684
B11-B14	0.0094	0.161	1200	9.81	1.718
B9-B12	0.0092	0.122	1200	9.81	1.316
B12-B13	0.0096	0.190	1200	9.81	2.158
B13-B14	0.0099	0.002	1200	9.81	0.211
B14-B15	0.0101	0.058	1200	9.81	6.850
B15-B16	0.0104	0.161	1200	9.81	1.969
B16-B17	0.0106	0.147	1200	9.81	1.849
B17-B18	0.0110	0.060	1200	9.81	7.747
B18-B19	0.0113	0.055	1200	9.81	7.292
B19-B20	0.0116	0.051	1200	9.81	6.947
B20-B21	0.0119	0.083	1200	9.81	1.162
B21-B22	0.0124	0.127	1200	9.81	1.852
B22-B23	0.0135	0.021	1200	9.81	3.280
B23-B24	0.0149	0.021	1200	9.81	3.668

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS 070, la tensión tractiva mínima requerida es de 1 Pa para evitar la acumulación de sedimentos y desechos en las tuberías. Sin embargo, los datos de la tabla muestran un valor mínimo de 0.612 Pa, lo que incumple

lo establecido por el RNE y aumenta el riesgo de acumulación de sedimentos y obstrucciones en las tuberías.

4.2.2. Sector 02

Se repetimos el mismo procedimiento realizado en el sector 01, obteniendo los siguientes resultados

1°. Profundidad de buzón

Durante la inspección de los buzones, se localizó y midió la profundidad de cada uno utilizando una cinta métrica, registrándose las siguientes medidas

Tabla 27

Profundidad de los buzones del sistema de alcantarillado sanitario del sector dos de la localidad El Tambo

Buzón	Cotas de Tapa	Profundidad
B1	2799.05	1.8
B2	2798.38	2
B3	2793.95	1.2
B4	2793.57	1.2
B5	2793.36	1.5
B6	2792.73	1.2
B7	2790.58	1.2
B8	2788.92	1.2
B9	2788.03	1.2
B10	2783.31	1.2
B11	2775.98	1.5
B12	2797.17	1.2
B13	2796.53	1.2
B14	2793.64	1.2
B15	2787.51	1.2
B16	2789.02	2.8
B17	2778.74	1.2
B18	2775.15	1.5
B19	2773.23	1.2
B20	2770.13	1.2
B21	2767	1.2
Bz22	2762.29	1.2
Bz23	2756.21	1.2
Bz24	2751.99	2.6
Bz25	2746.37	1.2

2°. Cota de tapa

Durante la inspección, se registraron las lecturas de la tapa de cada buzón utilizando la estación total, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 28

Cotas de tapa de los Buzones del sector dos

Estación	Punto	Cotas de Tapa	
E1	B1	2799.05	
	B12	2797.17	
	B13	2796.53	
	B14	2793.64	
	B2	2798.38	
E2	B15	2787.51	
	B16	2789.02	
	B17	2778.74	
	B18	2775.15	
E3	B3	2793.95	
	B4	2793.57	
	B5	2793.36	
	B6	2792.73	
	B7	2790.58	
	B8	2788.92	
	B9	2788.03	
	B10	2783.31	
	B11	2775.98	
	E4	B19	2773.23
		B20	2770.13
B21		2767	
B22		2762.29	
B23		2756.21	
B24	2751.99		
B25	2746.37		

3°. Distancia entre buzones

Se utilizó una cinta métrica de 100 m para medir las distancias entre los buzones del sistema de alcantarillado sanitario, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 29*Distancia entre Buzones existentes del sector dos*

TRAMO		Distancia
Bz - 1	Bz - 2	60
Bz - 2	Bz - 3	42.85
Bz - 3	Bz - 4	31.4
Bz - 4	Bz - 5	29.7
Bz - 5	Bz - 6	23.75
Bz - 6	Bz - 7	27.75
Bz - 7	Bz - 8	34.3
Bz - 8	Bz - 9	64.8
Bz - 9	Bz - 10	58.6
Bz - 10	Bz - 11	44.25
Bz - 11	Bz - 18	14.65
Bz - 1	Bz - 12	59.58
Bz - 12	Bz - 13	25.65
Bz - 13	Bz - 14	29.5
Bz - 14	Bz - 15	42.95
Bz - 15	Bz - 16	52.65
Bz - 16	Bz - 17	52.65
Bz - 17	Bz - 18	38.64
Bz - 18	Bz - 19	51.3
Bz - 19	Bz - 20	38
Bz - 20	Bz - 21	44.35
Bz - 21	Bz - 22	69.45
Bz - 22	Bz - 23	68.4
Bz - 23	Bz - 24	45.25
Bz - 24	Bz - 25	16.1

La distancia máxima existente es de 69.45 m en las tuberías de diámetro de 200 mm. Estos valores se encuentran inferiores a lo que establece la norma OS 0.70 del reglamento Nacional de Edificaciones.

4°. Cota de fondo Encontramos las cuotas de fondo del Bz - 1

- Profundidad de buzón: 1.8 m
- Cota de Tapa: 2799.05 msnm

$$CF = 2799.05 - 1.8$$

$$CF = 2797.25 \text{ msnm}$$

Los demás datos se encuentran representados en la siguiente tabla:

Tabla 30*Cuotas de fondo de los buzones del sector dos*

Buzón	Cotas de Tapa	Profundidad	Cotas de Fondo
Bz - 1	2799.05	1.8	2797.25
Bz - 2	2798.38	2	2796.38
Bz - 3	2793.95	1.2	2792.75
Bz - 4	2793.57	1.2	2792.37
Bz - 5	2793.36	1.5	2791.86
Bz - 6	2792.73	1.2	2791.53
Bz - 7	2790.58	1.2	2789.38
Bz - 8	2788.92	1.2	2787.72
Bz - 9	2788.03	1.2	2786.83
Bz - 10	2783.31	1.2	2782.11
Bz - 11	2775.98	1.5	2774.48
Bz - 12	2797.17	1.2	2795.97
Bz - 13	2796.53	1.2	2795.33
Bz - 14	2793.64	1.2	2792.44
Bz - 15	2787.51	1.2	2786.31
Bz - 16	2789.02	2.8	2786.22
Bz - 17	2778.74	1.2	2777.54
Bz - 18	2775.15	1.5	2773.65
Bz - 19	2773.23	1.2	2772.03
Bz - 20	2770.13	1.2	2768.93
Bz - 21	2767	1.2	2765.8
Bz - 22	2762.29	1.2	2761.09
Bz - 23	2756.21	1.2	2755.01
Bz - 24	2751.99	2.6	2749.39
Bz - 25	2746.37	1.2	2745.17

5°. Pendiente

- Tramo B1 al B2

— Cota de fondo B1: 2797.25 msnm

— Cota de fondo B2: 2796.38 msnm

— Longitud: 60 m

Aplicamos la formula:

$$Pendiente\ 1 - 2 = \frac{2797.25 - 2796.38}{60}$$

$$Pendiente\ 1 - 2 = 0.014\ m/m$$

En la siguiente tabla se registran los datos de la pendiente en cada tramo de los buzones del sector 2:

Tabla 31

Pendientes de tramos de los buzones del sector dos

TRAMO		Cotas de Fondo		Longitud (m)	Variación de Cotas	Pendiente (m/m)
Bz - 1	Bz - 2	2797.25	2796.38	60	0.87	0.014
Bz - 2	Bz - 3	2796.38	2792.75	42.85	3.63	0.085
Bz - 3	Bz - 4	2792.75	2792.37	31.4	0.38	0.012
Bz - 4	Bz - 5	2792.37	2791.86	29.7	0.51	0.017
Bz - 5	Bz - 6	2791.86	2791.53	23.75	0.33	0.014
Bz - 6	Bz - 7	2791.53	2789.38	27.75	2.15	0.077
Bz - 7	Bz - 8	2789.38	2787.72	34.3	1.66	0.048
Bz - 8	Bz - 9	2787.72	2786.83	64.8	0.89	0.014
Bz - 9	Bz - 10	2786.83	2782.11	58.6	4.72	0.081
Bz - 10	Bz - 11	2782.11	2774.48	44.25	7.63	0.172
Bz - 11	Bz - 18	2774.48	2773.65	14.65	0.83	0.057
Bz - 1	Bz - 12	2797.25	2795.97	59.58	1.28	0.021
Bz - 12	Bz - 13	2795.97	2795.33	25.65	0.64	0.025
Bz - 13	Bz - 14	2795.33	2792.44	29.5	2.89	0.098
Bz - 14	Bz - 15	2792.44	2786.31	42.95	6.13	0.143
Bz - 15	Bz - 16	2786.31	2786.22	52.65	0.09	0.002
Bz - 16	Bz - 17	2786.22	2777.54	52.65	8.68	0.165
Bz - 17	Bz - 18	2777.54	2773.65	38.64	3.89	0.101
Bz - 18	Bz - 19	2773.65	2772.03	51.3	1.62	0.032
Bz - 19	Bz - 20	2772.03	2768.93	38	3.1	0.082
Bz - 20	Bz - 21	2768.93	2765.8	44.35	3.13	0.071
Bz - 21	Bz - 22	2765.8	2761.09	69.45	4.71	0.068
Bz - 22	Bz - 23	2761.09	2755.01	68.4	6.08	0.089
Bz - 23	Bz - 24	2755.01	2749.39	45.25	5.62	0.124
Bz - 24	Bz - 25	2749.39	2745.17	16.1	4.22	0.262

Tal como se observa en la tabla, las pendientes de los tramos exceden la pendiente mínima establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones OS. 070, lo que garantiza que el sistema cumplirá con la condición de autolimpieza, incluso cuando los caudales sean bajos.

4.2.2.1. Análisis Hidráulico del sistema de alcantarillado

4.2.2.1.1. Tiempo de Lluvia

a. Tirante de agua

Tabla 32*Tirante de agua promedio medido en la entrada y salida de cada tramo.*

Tramo	TE (m)	TS (m)	TP (m)
B1-B2	0.0200	0.0200	0.0200
B3-B2	0.0200	0.0220	0.0210
B2-B4	0.0220	0.0248	0.0234
B4-B5	0.0248	0.0250	0.0249
B6-B5	0.0250	0.0265	0.0258
B7-B4	0.0265	0.0293	0.0279
B7-B8	0.0293	0.0315	0.0304
B8-B9	0.0315	0.0330	0.0323
B4-B9	0.0330	0.0351	0.0341
B9-B10	0.0351	0.0353	0.0352
B5-B10	0.0353	0.0368	0.0360
B10-B11	0.0200	0.0275	0.0238
B11-B14	0.0275	0.0310	0.0293
B9-B12	0.0310	0.0335	0.0323
B12-B13	0.0335	0.0350	0.0343
B13-B14	0.0350	0.0350	0.0350
B14-B15	0.0350	0.0358	0.0354
B15-B16	0.0358	0.0368	0.0363
B16-B17	0.0368	0.0393	0.0380
B17-B18	0.0393	0.0413	0.0403
B18-B19	0.0413	0.0435	0.0424
B19-B20	0.0435	0.0458	0.0446
B20-B21	0.0458	0.0490	0.0474
B21-B22	0.0490	0.0510	0.0500
B22-B23	0.0510	0.0518	0.0514
B23-B24	0.0200	0.0200	0.0200

b. Rugosidad**Tabla 33***Resumen de la rugosidad actuante en cada tramo*

TRAMO	Buzón	V (m/s)	Tirante (m)	Ø (m)	P (m)	Radio H (m)	S (m/m)	n
1	B1-B2	0.662	0.020	0.2	0.129	0.0127	0.014	0.010
2	B3-B2	0.736	0.021	0.2	0.132	0.0133	0.020	0.011
3	B2-B4	0.945	0.023	0.2	0.140	0.0147	0.028	0.011
4	B4-B5	1.101	0.025	0.2	0.144	0.0156	0.029	0.010
5	B6-B5	1.226	0.026	0.2	0.147	0.0161	0.037	0.010
6	B7-B4	1.114	0.028	0.2	0.153	0.0174	0.031	0.011

TRAMO	Buzón	V (m/s)	Tirante (m)	Ø (m)	P (m)	Radio H (m)	S (m/m)	n
7	B7-B8	1.163	0.030	0.2	0.160	0.0188	0.025	0.010
8	B8-B9	0.890	0.032	0.2	0.165	0.0199	0.013	0.010
9	B4-B9	0.913	0.034	0.2	0.170	0.0209	0.015	0.010
10	B9-B10	1.124	0.035	0.2	0.173	0.0215	0.020	0.010
11	B5-B10	2.160	0.036	0.2	0.175	0.0219	0.059	0.010
12	B10-B11	0.720	0.024	0.2	0.141	0.0149	0.015	0.010
13	B11-B14	1.393	0.029	0.2	0.157	0.0181	0.034	0.010
14	B9-B12	1.291	0.032	0.2	0.165	0.0199	0.029	0.010
15	B12-B13	1.093	0.034	0.2	0.171	0.0210	0.020	0.010
16	B13-B14	1.003	0.035	0.2	0.173	0.0214	0.017	0.010
17	B14-B15	1.056	0.035	0.2	0.174	0.0216	0.017	0.010
18	B15-B16	1.059	0.036	0.2	0.176	0.0221	0.023	0.011
19	B16-B17	1.112	0.038	0.2	0.180	0.0230	0.017	0.010
20	B17-B18	1.125	0.040	0.2	0.186	0.0243	0.023	0.011
21	B18-B19	1.105	0.042	0.2	0.191	0.0254	0.020	0.011
22	B19-B20	1.028	0.045	0.2	0.197	0.0266	0.013	0.010
23	B20-B21	1.080	0.047	0.2	0.203	0.0280	0.013	0.010
24	B21-B22	1.358	0.050	0.2	0.209	0.0293	0.019	0.010
25	B22-B23	2.169	0.051	0.2	0.213	0.0300	0.054	0.011
26	B23-B24	0.662	0.020	0.2	0.129	0.0127	0.014	0.010

Se identificó que en siete tramos las rugosidades medidas en campo superan los valores permitidos por la norma del RNE. Este coeficiente depende directamente de las condiciones hidráulicas de las redes, como el caudal y la pendiente.

c. Velocidades actuantes

Tabla 34

Velocidades actuantes en cada tramo de la red de alcantarillado

Buzón	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)
B1-B2	0.129	0.013	0.014	0.010	0.662
B2-B3	0.132	0.013	0.020	0.011	0.736
B3-B4	0.140	0.015	0.028	0.011	0.945
B4-B5	0.144	0.016	0.029	0.010	1.101
B5-B6	0.147	0.016	0.037	0.010	1.226
B6-B7	0.153	0.017	0.031	0.011	1.114
B7-B8	0.160	0.019	0.025	0.010	1.163
B8-B9	0.165	0.020	0.013	0.010	0.890
B9-B10	0.170	0.021	0.015	0.010	0.913
B10-B11	0.173	0.021	0.020	0.010	1.124
B11-B18	0.175	0.022	0.059	0.010	2.160
B1-B12	0.141	0.015	0.015	0.010	0.720
B12-B13	0.157	0.018	0.034	0.010	1.393

Buzón	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)
B13-B14	0.165	0.020	0.029	0.010	1.291
B14-B15	0.171	0.021	0.020	0.010	1.093
B15-B16	0.173	0.021	0.017	0.010	1.003
B16-B17	0.174	0.022	0.017	0.010	1.056
B17-B18	0.176	0.022	0.023	0.011	1.059
B18-B19	0.180	0.023	0.017	0.010	1.112
B19-B20	0.186	0.024	0.023	0.011	1.125
B20-B21	0.191	0.025	0.020	0.011	1.105
B21-B22	0.197	0.027	0.013	0.010	1.028
B22-B23	0.203	0.028	0.013	0.010	1.080
B23-B24	0.209	0.029	0.019	0.010	1.358
B24-B25	0.213	0.030	0.054	0.011	2.169

De acuerdo con la información presentada en la tabla, la velocidad se encuentra dentro del rango permitido por la norma OS 070, lo que asegura que las tuberías no enfrentan el riesgo de acumulación de sedimentos ni desechos.

d. Caudales actuantes

Tabla 35

Caudales actuantes reales en cada tramo

Buzón	TP(m)	Ø (m)	Radio (m)	β	Área (m²)	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)	Q (m³/s)	Q L/S
B1-B2	0.020	0.200	0.100	1.287	0.0016	0.129	0.013	0.014	0.010	0.662	0.00108	1.082
B2-B3	0.021	0.200	0.100	1.320	0.0018	0.132	0.013	0.020	0.011	0.736	0.00129	1.294
B3-B4	0.023	0.200	0.100	1.396	0.0021	0.140	0.015	0.028	0.011	0.945	0.00194	1.940
B4-B5	0.025	0.200	0.100	1.442	0.0023	0.144	0.016	0.029	0.010	1.101	0.00248	2.476
B5-B6	0.026	0.200	0.100	1.468	0.0024	0.147	0.016	0.037	0.010	1.226	0.00290	2.901
B6-B7	0.028	0.200	0.100	1.530	0.0027	0.153	0.017	0.031	0.011	1.114	0.00295	2.954
B7-B8	0.030	0.200	0.100	1.601	0.0030	0.160	0.019	0.025	0.010	1.163	0.00350	3.496
B8-B9	0.032	0.200	0.100	1.653	0.0033	0.165	0.020	0.013	0.010	0.890	0.00292	2.920
B9-B10	0.034	0.200	0.100	1.701	0.0035	0.170	0.021	0.015	0.010	0.913	0.00324	3.243
B10-B11	0.035	0.200	0.100	1.731	0.0037	0.173	0.021	0.020	0.010	1.124	0.00417	4.172
B11-B18	0.036	0.200	0.100	1.752	0.0038	0.175	0.022	0.059	0.010	2.160	0.00820	8.201
B1-B12	0.024	0.200	0.100	1.407	0.0021	0.141	0.015	0.015	0.010	0.720	0.00151	1.513
B12-B13	0.029	0.200	0.100	1.570	0.0028	0.157	0.018	0.034	0.010	1.393	0.00396	3.961
B13-B14	0.032	0.200	0.100	1.653	0.0033	0.165	0.020	0.029	0.010	1.291	0.00424	4.243
B14-B15	0.034	0.200	0.100	1.707	0.0036	0.171	0.021	0.020	0.010	1.093	0.00392	3.916
B15-B16	0.035	0.200	0.100	1.726	0.0037	0.173	0.021	0.017	0.010	1.003	0.00371	3.709
B16-B17	0.035	0.200	0.100	1.736	0.0038	0.174	0.022	0.017	0.010	1.056	0.00396	3.957
B17-B18	0.036	0.200	0.100	1.759	0.0039	0.176	0.022	0.023	0.011	1.059	0.00412	4.120
B18-B19	0.038	0.200	0.100	1.804	0.0042	0.180	0.023	0.017	0.010	1.112	0.00463	4.626
B19-B20	0.040	0.200	0.100	1.861	0.0045	0.186	0.024	0.023	0.011	1.125	0.00507	5.070
B20-B21	0.042	0.200	0.100	1.913	0.0049	0.191	0.025	0.020	0.011	1.105	0.00537	5.370
B21-B22	0.045	0.200	0.100	1.968	0.0052	0.197	0.027	0.013	0.010	1.028	0.00538	5.379

Buzón	TP(m)	Ø (m)	Radio (m)	β	Área m2)	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)	Q (m3/s)	Q L/S
B22-B23	0.047	0.200	0.100	2.033	0.0057	0.203	0.028	0.013	0.010	1.080	0.00614	6.142
B23-B24	0.050	0.200	0.100	2.094	0.0061	0.209	0.029	0.019	0.010	1.358	0.00835	8.348
B24-B25	0.051	0.200	0.100	2.126	0.0064	0.213	0.030	0.054	0.011	2.169	0.00838	8.382

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, el caudal mínimo permitido es de 1.50 l/s. No obstante, los datos presentados en la tabla indican que en dos tramos los caudales son inferiores a este valor, lo que aumenta el riesgo de pérdida de capacidad y acumulación de sedimentos.

e. Tensión Tractiva

Tabla 36

Tensión tractiva de cada tramo

Buzón	Radio H (m)	S m/m	Densidad de agua residual	Gravedad	Tensión Tractiva
B1-B2	0.0127	0.014	1200	9.81	2.169
B2-B3	0.0133	0.020	1200	9.81	3.180
B3-B4	0.0147	0.028	1200	9.81	4.802
B4-B5	0.0156	0.029	1200	9.81	5.382
B5-B6	0.0161	0.037	1200	9.81	6.951
B6-B7	0.0174	0.031	1200	9.81	6.405
B7-B8	0.0188	0.025	1200	9.81	5.610
B8-B9	0.0199	0.013	1200	9.81	3.137
B9-B10	0.0209	0.015	1200	9.81	3.646
B10-B11	0.0215	0.020	1200	9.81	4.972
B11-B18	0.0219	0.059	1200	9.81	15.337
B1-B12	0.0149	0.015	1200	9.81	2.569
B12-B13	0.0181	0.034	1200	9.81	7.245
B13-B14	0.0199	0.029	1200	9.81	6.892
B14-B15	0.0210	0.020	1200	9.81	5.001
B15-B16	0.0214	0.017	1200	9.81	4.160
B16-B17	0.0216	0.017	1200	9.81	4.201
B17-B18	0.0221	0.023	1200	9.81	5.852
B18-B19	0.0230	0.017	1200	9.81	4.599
B19-B20	0.0243	0.023	1200	9.81	6.536
B20-B21	0.0254	0.020	1200	9.81	5.862
B21-B22	0.0266	0.013	1200	9.81	3.918
B22-B23	0.0280	0.013	1200	9.81	4.191
B23-B24	0.0293	0.019	1200	9.81	6.637
B24-B25	0.0300	0.054	1200	9.81	19.093

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS 070, la tensión tractiva no debe ser inferior a 1 Pa para evitar la acumulación de desechos y sedimentos en las

tuberías. Según los datos presentados en la tabla, el valor mínimo de la tensión tractiva es de 2.169 Pa, lo que cumple con la normativa del RNE, lo que asegura que las tuberías no corren el riesgo de sufrir obstrucciones ni acumulación de sedimentos.

4.2.2.1.2. Tiempo de Estiaje

a) Tirante de agua

Tabla 37

Tirante de agua promedio medido en la entrada y salida de cada tramo.

Tramo	TE (m)	TS (m)	TP (m)
B1-B2	0.0100	0.0100	0.0100
B2-B3	0.0100	0.0123	0.0111
B3-B4	0.0123	0.0135	0.0129
B4-B5	0.0135	0.0153	0.0144
B5-B6	0.0153	0.0170	0.0161
B6-B7	0.0170	0.0185	0.0178
B7-B8	0.0185	0.0208	0.0196
B8-B9	0.0208	0.0220	0.0214
B9-B10	0.0220	0.0240	0.0230
B10-B11	0.0240	0.0263	0.0251
B11-B18	0.0263	0.0283	0.0273
B1-B12	0.0100	0.0130	0.0115
B12-B13	0.0130	0.0155	0.0143
B13-B14	0.0155	0.0183	0.0169
B14-B15	0.0183	0.0205	0.0194
B15-B16	0.0205	0.0230	0.0218
B16-B17	0.0230	0.0263	0.0246
B17-B18	0.0263	0.0283	0.0273
B18-B19	0.0283	0.0320	0.0301
B19-B20	0.0320	0.0335	0.0328
B20-B21	0.0335	0.0360	0.0348
B21-B22	0.0360	0.0360	0.0360
B22-B23	0.0360	0.0378	0.0369
B23-B24	0.0378	0.0395	0.0386
B24-B25	0.0395	0.0423	0.0409

b) **Rugosidad**

Tabla 38

Resumen de la rugosidad actuante en cada tramo

TRAMO	Buzón	V (m/s)	Tirante (m)	Ø (m)	P(m)	Radio H (m)	S(m/m)	n
1	B1-B2	0.428	0.010	0.2	0.090	0.0065	0.014	0.010
2	B2-B3	0.473	0.011	0.2	0.095	0.0072	0.020	0.011
3	B3-B4	0.609	0.013	0.2	0.103	0.0083	0.028	0.011
4	B4-B5	0.681	0.014	0.2	0.109	0.0093	0.029	0.011
5	B5-B6	0.957	0.016	0.2	0.115	0.0103	0.037	0.010
6	B6-B7	0.912	0.018	0.2	0.121	0.0113	0.031	0.010
7	B7-B8	0.787	0.020	0.2	0.127	0.0125	0.025	0.011
8	B8-B9	0.676	0.021	0.2	0.133	0.0135	0.013	0.010
9	B9-B10	0.722	0.023	0.2	0.138	0.0145	0.015	0.010
10	B10-B11	0.818	0.025	0.2	0.145	0.0158	0.020	0.011
11	B11-B18	1.672	0.027	0.2	0.151	0.0170	0.059	0.011
12	B1-B12	0.484	0.012	0.2	0.097	0.0075	0.015	0.010
13	B12-B13	0.767	0.014	0.2	0.108	0.0092	0.034	0.011
14	B13-B14	0.741	0.017	0.2	0.118	0.0108	0.029	0.011
15	B14-B15	0.730	0.019	0.2	0.127	0.0123	0.020	0.010
16	B15-B16	0.701	0.022	0.2	0.134	0.0138	0.017	0.011
17	B16-B17	0.766	0.025	0.2	0.143	0.0155	0.017	0.010
18	B17-B18	0.960	0.027	0.2	0.151	0.0170	0.023	0.010
19	B18-B19	0.836	0.030	0.2	0.159	0.0186	0.017	0.011
20	B19-B20	1.085	0.033	0.2	0.167	0.0201	0.023	0.010
21	B20-B21	0.992	0.035	0.2	0.172	0.0212	0.020	0.011
22	B21-B22	0.786	0.036	0.2	0.175	0.0219	0.013	0.011
23	B22-B23	0.913	0.037	0.2	0.178	0.0224	0.013	0.010
24	B23-B24	1.023	0.039	0.2	0.182	0.0234	0.019	0.011
25	B24-B25	1.786	0.041	0.2	0.188	0.0246	0.054	0.011

Se verificó que en catorce tramos las rugosidades calculadas en campo superan los valores establecidos por la norma del RNE. Este coeficiente está estrechamente relacionado con las condiciones hidráulicas de las redes, como el caudal y la pendiente.

c) **Velocidades actuantes**

Tabla 39

Velocidades actuantes en cada tramo de la red de alcantarillado en tiempo de estiaje

Buzón	P (m)	Radio H (m)	Pendiente m/m	Rugosidad	V (m/s)
B1-B2	0.090	0.007	0.014	0.010	0.428
B2-B3	0.095	0.007	0.020	0.011	0.473

Buzón	P (m)	Radio H (m)	Pendiente m/m	Rugosidad	V (m/s)
B3-B4	0.103	0.008	0.028	0.011	0.609
B4-B5	0.109	0.009	0.029	0.011	0.681
B5-B6	0.115	0.010	0.037	0.010	0.957
B6-B7	0.121	0.011	0.031	0.010	0.912
B7-B8	0.127	0.012	0.025	0.011	0.787
B8-B9	0.133	0.014	0.013	0.010	0.676
B9-B10	0.138	0.014	0.015	0.010	0.722
B10-B11	0.145	0.016	0.020	0.011	0.818
B11-B18	0.151	0.017	0.059	0.010	1.672
B1-B12	0.097	0.007	0.015	0.010	0.484
B12-B13	0.108	0.009	0.034	0.011	0.767
B13-B14	0.118	0.011	0.029	0.011	0.741
B14-B15	0.127	0.012	0.020	0.010	0.730
B15-B16	0.134	0.014	0.017	0.011	0.701
B16-B17	0.143	0.015	0.017	0.010	0.766
B17-B18	0.151	0.017	0.023	0.010	0.960
B18-B19	0.159	0.019	0.017	0.011	0.836
B19-B20	0.167	0.020	0.023	0.010	1.085
B20-B21	0.172	0.021	0.020	0.011	0.992
B21-B22	0.175	0.022	0.013	0.011	0.786
B22-B23	0.178	0.022	0.013	0.010	0.913
B23-B24	0.182	0.023	0.019	0.011	1.023
B24-B25	0.188	0.025	0.054	0.011	1.786

Como se indica en la tabla, tres tramos tienen velocidades por debajo de la mínima establecida, lo que podría ocasionar la acumulación de sedimentos y desechos en las tuberías.

d) Caudales actuantes

Tabla 40

Caudales actuantes reales en cada tramo

Buzón	TP(m)	Ø (m)	Radio (m)	β	Área (m ²)	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)	Q (m ³ /s)	Q L/S
B1-B2	0.010	0.200	0.100	0.902	0.00059	0.090	0.007	0.014	0.010	0.428	0.00025	0.251
B2-B3	0.011	0.200	0.100	0.952	0.00069	0.095	0.007	0.020	0.011	0.473	0.00033	0.327
B3-B4	0.013	0.200	0.100	1.026	0.00085	0.103	0.008	0.028	0.011	0.609	0.00052	0.521
B4-B5	0.014	0.200	0.100	1.086	0.00101	0.109	0.009	0.029	0.011	0.681	0.00068	0.681
B5-B6	0.016	0.200	0.100	1.151	0.00119	0.115	0.010	0.037	0.010	0.957	0.00114	1.143
B6-B7	0.018	0.200	0.100	1.210	0.00137	0.121	0.011	0.031	0.010	0.912	0.00125	1.248
B7-B8	0.020	0.200	0.100	1.274	0.00159	0.127	0.012	0.025	0.011	0.787	0.00126	1.256
B8-B9	0.021	0.200	0.100	1.332	0.00180	0.133	0.014	0.013	0.010	0.676	0.00122	1.220
B9-B10	0.023	0.200	0.100	1.384	0.00201	0.138	0.014	0.015	0.010	0.722	0.00145	1.446

Buzón	TP(m)	Ø (m)	Radio (m)	β	Área m2)	P (m)	Radio H (m)	S m/m	n	V (m/s)	Q (m3/s)	Q L/S
B10-B11	0.025	0.200	0.100	1.449	0.00228	0.145	0.016	0.020	0.011	0.818	0.00187	1.869
B11-B18	0.027	0.200	0.100	1.512	0.00257	0.151	0.017	0.059	0.010	1.672	0.00426	4.262
B1-B12	0.012	0.200	0.100	0.968	0.00072	0.097	0.007	0.015	0.010	0.484	0.00035	0.350
B12-B13	0.014	0.200	0.100	1.081	0.00099	0.108	0.009	0.034	0.011	0.767	0.00076	0.757
B13-B14	0.017	0.200	0.100	1.179	0.00127	0.118	0.011	0.029	0.011	0.741	0.00094	0.945
B14-B15	0.019	0.200	0.100	1.266	0.00156	0.127	0.012	0.020	0.010	0.730	0.00114	1.139
B15-B16	0.022	0.200	0.100	1.344	0.00185	0.134	0.014	0.017	0.011	0.701	0.00130	1.298
B16-B17	0.025	0.200	0.100	1.434	0.00222	0.143	0.015	0.017	0.010	0.766	0.00170	1.698
B17-B18	0.027	0.200	0.100	1.512	0.00257	0.151	0.017	0.023	0.010	0.960	0.00247	2.468
B18-B19	0.030	0.200	0.100	1.594	0.00297	0.159	0.019	0.017	0.011	0.836	0.00249	2.490
B19-B20	0.033	0.200	0.100	1.666	0.00336	0.167	0.020	0.023	0.010	1.085	0.00364	3.637
B20-B21	0.035	0.200	0.100	1.720	0.00365	0.172	0.021	0.020	0.011	0.992	0.00363	3.627
B21-B22	0.036	0.200	0.100	1.753	0.00385	0.175	0.022	0.013	0.011	0.786	0.00302	3.021
B22-B23	0.037	0.200	0.100	1.775	0.00398	0.178	0.022	0.013	0.010	0.913	0.00364	3.637
B23-B24	0.039	0.200	0.100	1.820	0.00425	0.182	0.023	0.019	0.011	1.023	0.00436	4.356
B24-B25	0.041	0.200	0.100	1.876	0.00461	0.188	0.025	0.054	0.011	1.786	0.00524	5.240

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, el caudal mínimo debe ser de 1.50 l/s. Sin embargo, como se muestra en la tabla, en 14 tramos los caudales son inferiores a este valor, lo que podría resultar en una pérdida de capacidad o la acumulación de sedimentos.

e) **Tensión Tractiva**

Tabla 41

Tensión tractiva de cada tramo

Buzón	Radio H (m)	S m/m	Densidad de agua residual	Gravedad	Tensión Tractiva
B1-B2	0.0065	0.014	1200	9.81	1.111
B2-B3	0.0072	0.020	1200	9.81	1.726
B3-B4	0.0083	0.028	1200	9.81	2.715
B4-B5	0.0093	0.029	1200	9.81	3.193
B5-B6	0.0103	0.037	1200	9.81	4.459
B6-B7	0.0113	0.031	1200	9.81	4.184
B7-B8	0.0125	0.025	1200	9.81	3.725
B8-B9	0.0135	0.013	1200	9.81	2.138
B9-B10	0.0145	0.015	1200	9.81	2.534
B10-B11	0.0158	0.020	1200	9.81	3.646
B11-B18	0.0170	0.059	1200	9.81	11.879
B1-B12	0.0075	0.015	1200	9.81	1.282
B12-B13	0.0092	0.034	1200	9.81	3.666
B13-B14	0.0108	0.029	1200	9.81	3.750
B14-B15	0.0123	0.020	1200	9.81	2.939

Buzón	Radio H (m)	S m/m	Densidad de agua residual	Gravedad	Tensión Tractiva
B15-B16	0.0138	0.017	1200	9.81	2.675
B16-B17	0.0155	0.017	1200	9.81	3.007
B17-B18	0.0170	0.023	1200	9.81	4.504
B18-B19	0.0186	0.017	1200	9.81	3.723
B19-B20	0.0201	0.023	1200	9.81	5.426
B20-B21	0.0212	0.020	1200	9.81	4.907
B21-B22	0.0219	0.013	1200	9.81	3.235
B22-B23	0.0224	0.013	1200	9.81	3.357
B23-B24	0.0234	0.019	1200	9.81	5.291
B24-B25	0.0246	0.054	1200	9.81	15.640

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS 070, la tensión tractiva no debe ser inferior a 1 Pa para prevenir la acumulación de desechos y sedimentos en las tuberías. Como se indica en la tabla, el valor mínimo de la tensión tractiva es de 1.111 Pa, lo que cumple con lo establecido por el RNE, y garantiza que no haya riesgo de obstrucciones ni acumulación de sedimentos en las tuberías.

4.3.Cálculo de solidos sedimentables

Se empleó el cono Imhoff para medir la cantidad de sólidos sedimentables. Se extrajo un litro de agua de las aguas residuales del buzón situado en la cota más baja de ambos sectores, luego se dejó reposar en el cono Imhoff durante una hora, y finalmente se registró la cantidad de sólidos sedimentados.

Tabla 42

Volúmenes sedimentables

Sector	Buzón	Tiempo de sedimentación	Volumen
01	24	1 hora	6.5 ml/L/h
02	25	1 hora	4.5 ml/L/h

Como se puede observar, la cantidad de sólidos sedimentables en ambos sectores está dentro de los Valores Máximos Admisibles establecidos en la tabla ya mencionada, cumpliendo con los límites definidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2019).

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- _ El sistema de alcantarillado de la localidad El Tambo se encuentra a 129.30 km de la ciudad de Cajamarca. Fue diseñado y construido en 2021, y está compuesto por dos sectores. Actualmente, el sistema enfrenta colapsos y obstrucciones en varios tramos, mientras que la parte superior está cubierta por material agregado que supera la cuota de la tapa del buzón.
- _ Se llevó a cabo un levantamiento topográfico en la localidad de El Tambo, identificando 155 buzones que componen el sistema de alcantarillado en el área estudiada.
- _ Se revisaron las pendientes del sistema de alcantarillado y se verificó que todas cumplen con la pendiente mínima requerida por la normativa.
- _ Se determinaron los caudales actuantes del sistema de alcantarillado, obteniendo los siguientes resultados: en el sector 01, durante el tiempo de estiaje, el caudal mínimo fue de 0.225 l/s y el máximo de 2.645 l/s; en el tiempo de lluvia, el caudal mínimo fue de 0.951 l/s y el máximo de 6.95 l/s. En el sector 02, durante el estiaje, el caudal mínimo fue de 0.251 l/s y el máximo de 5.240 l/s; mientras que, en el tiempo de lluvia, el caudal mínimo alcanzó 1.082 l/s y el máximo 8.382 l/s. Estos valores actuales indican que los caudales mínimos no cumplen con los requisitos establecidos por la normativa.
- _ Se llevó a cabo una evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado en la localidad de El Tambo, y se concluyó que el sistema presenta deficiencias. Se identificaron buzones obstruidos y tramos que no cumplen con los estándares establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones OS 070, como la velocidad mínima, la tensión tractiva y el caudal mínimo

5.2 Recomendaciones

- _ Se sugiere llevar a cabo una campaña de sensibilización en la localidad para fomentar el uso correcto del sistema de alcantarillado sanitario y evitar la introducción de objetos que puedan ocasionar la sedimentación en los buzones.

- _ Se sugiere que los próximos investigadores realicen una evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

- _ Se recomienda a las autoridades competentes de la localidad El Tambo llevar a cabo labores periódicas de limpieza en el sistema de alcantarillado para garantizar su adecuado funcionamiento.

- _ Se recomienda a las autoridades de la localidad El Tambo desarrollar un plan que garantice la operación y el mantenimiento adecuado del sistema de alcantarillado.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bong, C. (2014). A Review on the Self -Cleansing Design Criteria for Sewer System. Universiti Malaysia Sarawak UNIMAS. <https://doi.org/10.33736/jcest.132.2014>
- Bupolsa. (2019). Importancia de los filtros biológicos. <http://www.bupolsa.com/catalogo-general/filtros-biologicos/>
- Burbano, G. (2005). Criterios básicos para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado. Quito, Ecuador. <https://doi.org/10.33736/jcjet.132.2014>
- Butler, D., May, R., & Ackers, J. (1996). Sediment Transport in Sewers. <https://doi.org/10wtme.1996.28432>
- Chilón, P. J., & Valdez, M. W. (2011). Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado - tratamiento de las aguas servidas de Ichocán. Cajamarca, Perú.
- CONAGUA, C. N. (2019). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento - datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado. Mexico.
- Fernández, C. L. (2012). El agua: Un recurso esencial. QuimicaViva.
- Flores, P. A. (2016). Tesis "Evaluación y propuesta de mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario de las asociaciones pro vivienda 28 de julio, Kantu, Villa Mercedes y Vista Alegre - Cusco". Cusco, Perú.
- García, S. R., & Tasipanta, C. G. (2020). Tesis "Evaluación y diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia rural Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, provincia Pichincha". Pichincha, Ecuador.
- Garrido, C. J. (2008). Analisis comparativo de los sistemas de alcantarillado (convencional y no convencional) de aguas residenciales domesticas. Colombia.
- Gladys Iris, C. d. (2001). Estimación del caudal por el metodo de flotador. Lima, Perú: Senamhi.
- Gonzales, Z. D. (2016). Evaluación del estado y funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario de la comuna atravezado.

- Hernandez, A. (2015). Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales. Madrid.
- Lopez, C. A. (2009). Sistemas Convencionales y no Convencionales de agua Residuales. Bogota.
- Lorenzetti, L. C. (2012). Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para manutención, limpieza y recuperación hidraulica de las tuberias de alcantarillado sanitario y pluvial en las empresas sanitarias. Lima, Perú.
- Méndez, F. S. (2011). Diseño de alcantarillado sanitario y Pluvial y Tratamiento de aguas servidas de la Urbanización San Emilio. Quito.
- Morales, S. J. (2004). Estudio y diseño de la red de alcantarillado sanitario del Cantón el Copado, Municipio de Santro Domingo, departamento de Suchilpéquez. Guatemala.
- MVCS, M. (2019). Decreto Supremo N°. 010-VIVIENDA.
- Najafi, M. (2010). Trenchless Technology Piping. Arlington, Texas. Estados Unidos.
- Nogales, S. S., & Quispe, A. D. (2009). Diseño y metodos constructivos de sistema de alcantarillado y evacuación de aguas residuales. Bolivia.
- Nogales, S., & Quispe, A. (2009). Diseño y metodos constructivos de sistema de alcantarillado y evaluacion de aguas residuales. Bolivia.
- Noyola, A., Morgan Sgastume, J. M., & Guerca, L. P. (2013). Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. Mexico.
- Ordoñez, C. J. (2017). Diseño de los interceptores de la quebrada en el area de influencia de la universidad de Azuay. Ecuador.
- Quispe, C. R. (2013). Tesis "Evaluación de la red de alcantarillado sanitario del jirón la Cantuta en la ciudad de Cajamarca". Cajamarca, Perú.
- Ramirez, F. C. (2010). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el casrio Capulispamba y barrio alegria del cantón Macha. Ecuador.
- Rios, C. E. (2022). Tesis "Evaluación y mejoramiento del sistema de alcantarillado, para su incidencia en la condición sanitaria de la población del caserio de tunal, distrito

- de lalaquiz, provincia de huacabamba, departamento de Piura - 2022". Lalaquiz, Perú.
- RNE, R. (2018). OS 070 (Redes de aguas Residuales).
- Rodriguez, E., & German, J. (2020). Evaluación y rediseño de un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales para la escuela superior Militar Eloy Alfaro. Quito, Ecuador.
- Rodriguez, E. N. (2006). Desarrollo de una metodología para determinar cuando rehabilitar redes de alcantarillado. Bogota, Colombia.
- Romero, J. (2007). Sistemas de alcantarillado sanitario Macoti. Colombia.
- Sánchez, G. R., & Figueroa, M. M. (2009). ¿Qué debemos saber acerca del agua potable? La Paz.
- Sánchez, V. L. (2011). Tecnologías promisorias para la renovación y rehabilitación de tuberías en el sistema de alcantarillado. Bogota, Colombia.
- Sandoval, W. (2013). Principios de la hidraulica 2. Quito, Ecuador.
- SENAGUA, S. N. (2012). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Ecuador. http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_diseños.pdf
- Silva, L. (2002). Diseños basicos de acueductos y alcantarillados. Bogotá.
- Sturm, T. (2001). Open Channel Hydraulics. Boston. <https://doi.org/10.1115/1.1421122>
- Suarez M. et al. (2014). Interaprendizaje de estadística básica. Ecuador.
- Taco, C. F. (2012). Las aguas servidas y su incidencia en la salubridad de los habitantes del barrio pilocoto de la parroquia Guaytacama cantón. Cotopoxi.
- Tejada, F. K. (2018). Tesis "Evaluación de la eficiencia de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado del distrito de Ichocán - San Marcos 2018". San Marcos, Perú.

- Túquerrez, R. V., & Zurita, T. A. (2021). Tesis "Evaluación de la red de alcantarillado existente y diseño de la red principal, emisario y planta de tratamiento del barrio San José de Tucuso en la Parroquia de Machachi". Quito.
- Viteri, S. L. (2012). Estudio del sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de las aguas residuales en el caserío El Placer de la parroquia de Tungurahua. Ecuador.
- Zuñiga, O. E., & Arcilla, H. R. (2011). Metodología para la valoración sanitaria de sistemas de acueductos y alcantarillados. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25786>

ANEXOS

Anexo 1: Panel Fotográfico

Figura 4

Buzón de la localidad El Tambo



Nota: Buzones de concreto de diámetro de 1.20 m cada uno en la Localidad El Tambo.

Figura 5

Medición del tirante de agua



Nota: Medimos el tirante de agua de cada buzón en la localidad el Tambo.

Figura 6

Seguimos con la medición de tirantes



Nota: Seguimos midiendo el tirante de agua en los buzones del sector 1 y sector 2.

Figura 7

Distancia entre buzones



Nota: Medimos las distancias que hay de buzón a buzón en el sector 1 y sector 2 de la localidad El Tambo.

Figura 8

Medimos el diámetro del buzón



Nota: Medimos el diámetro de los buzones de concreto y corroboramos que su diámetro es de 1.20m que coincide con la norma OS 070

Figura 9

Seguimos con las longitudes que hay de buzón a buzón



Nota: Medición de longitudes de los buzones del sistema de alcantarillado.

Figura 10

Profundidad de Buzón



Nota: Medimos la profundidad de cada buzón para encontrar la cota de fondo en el sector uno

Figura 11

Continuamos con la medición de buzones



Nota: Continuamos con la medición de profundidad de cada buzón para obtener las cuotas de fondo del sector dos.

Figura 12

Levantamiento topográfico



Nota: Levantamiento topográfico de la Localidad El Tambo y así obtener las cuotas de tapa de cada buzón

Figura 13

Continuamos con el levantamiento topográfico



Nota: Levantamiento topográfico

Figura 14

Buzón Obstruido en el sector uno



Nota: En la visita al lugar de estudio se encontraron buzones obstruidos en la localidad el tambo

Figura 15

Buzón Obstruido en el sector dos



Figura 16

Toma de muestra de aguas residuales de los buzones para el ensayo de sedimentación



Figura 17

Colocamos la muestra en el Cono Imhoff



Figura 18

Esperamos una hora a que sedimente en mg/l



Figura 19

Obtenemos los sólidos sedimentados



Figura 20

Lectura en los buzones en tiempo de estiaje



Figura 21

Imagen satelital de la localidad el Tambo



Anexo 2: Documentación presentados a la Municipalidad de la Localidad del Tambo.

SOLICITO FACILIDADES E INFORMACIÓN PARA TESIS

Señor : Ever Rodriguez
Alcalde de la Localidad El Tambo

MUNICIPALIDAD CENTRO POBLADO EL TAMBO
REG: 014..... FOLIOS: 01
28 MAR 2024
HORA: 12:31 A.M. FIRMA: 
RECIBIDO

Yo, **PABLO ENRIQUE BUENO HERRERA**, ex alumno de la facultad de Ingeniería de la EAP Ingeniería Civil de la UNC identificado con DNI N°**44642938**, actualmente estoy realizando la ejecución de la Tesis titulada: **"EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA – CAJAMARCA"**, siendo mi asesor de Tesis el **Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz**, dicho proyecto planeo realizarlo en las instalaciones de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales y en el Sistema de la Red de Alcantarillado de la localidad El Tambo, durante el periodo de abril – mayo del presente año.

Los resultados de la investigación serán de gran importancia para la localidad ya que permitirá un diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario y las acciones que se debe de tomar frente a estos casos.

Por tal motivo, con el debido respeto solicito a Ud. lo siguiente:

- ✓ Facilidad de poder ingresar a las instalaciones de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales de la localidad El Tambo y al sistema de la Red de Alcantarillado Sanitario para realizar toma de muestras y el respectivo estudio In situ.

Muchas gracias de antemano por considerar dicha solicitud.

Bambamarca, 28 de marzo del 2024



Bach. Pablo Enrique Bueno Herrera

DNI: 44642938

CARTA N° 01 – 2024 – MCPET – A

Sr. : PABLO ENRIQUE BUENO HERREA
TESISTA
Dirección: Jr. Comandante Espinar N°120, Distrito de Bambamarca – Provincia de Hualgayoc – Departamento de Cajamarca.
Email: pablobuenoh@gmail.com

ASUNTO : COMUNICO OPINIÓN SOBRE SOLICITUD TRAMITADA

REFERENCIA : a) SOLICITUD TRAMITADA

Por medio de la presente para saludarlo cordialmente, y al mismo tiempo, comunicarle opinión respecto a la solicitud tramitada por su persona pidiendo permiso para la ejecución de la Tesis de nombre: **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA – CAJAMARCA”**.

El permiso queda **DENEGADO** para el ingreso a las Plantas de Tratamiento por el siguiente motivo:

- ✓ Ya se brindó el permiso requerido al estudiante de Posgrado de la UNC: DILBERTO LLAMOCTANTA RUÍZ en tal sentido sería contradictorio brindar permiso a usted porque se va a realizar el mismo estudio.

El permiso al Sistema de la Red de Alcantarillado de la localidad El Tambo queda **APROBADO**, puesto que este no cuenta con interferencias para los estudios que usted realice.

Por consiguiente, remito a su persona la presente carta para que pueda tomar las acciones que crea correspondiente a fin de no interferir con los estudios que su persona realice, no sin antes mostrarle la total disposición y colaboración para lo que usted requiera.

Agradecido la atención al presente, y sin tener otro propósito en particular me despido de usted, reiterándole las muestras de mi especial consideración y estima.

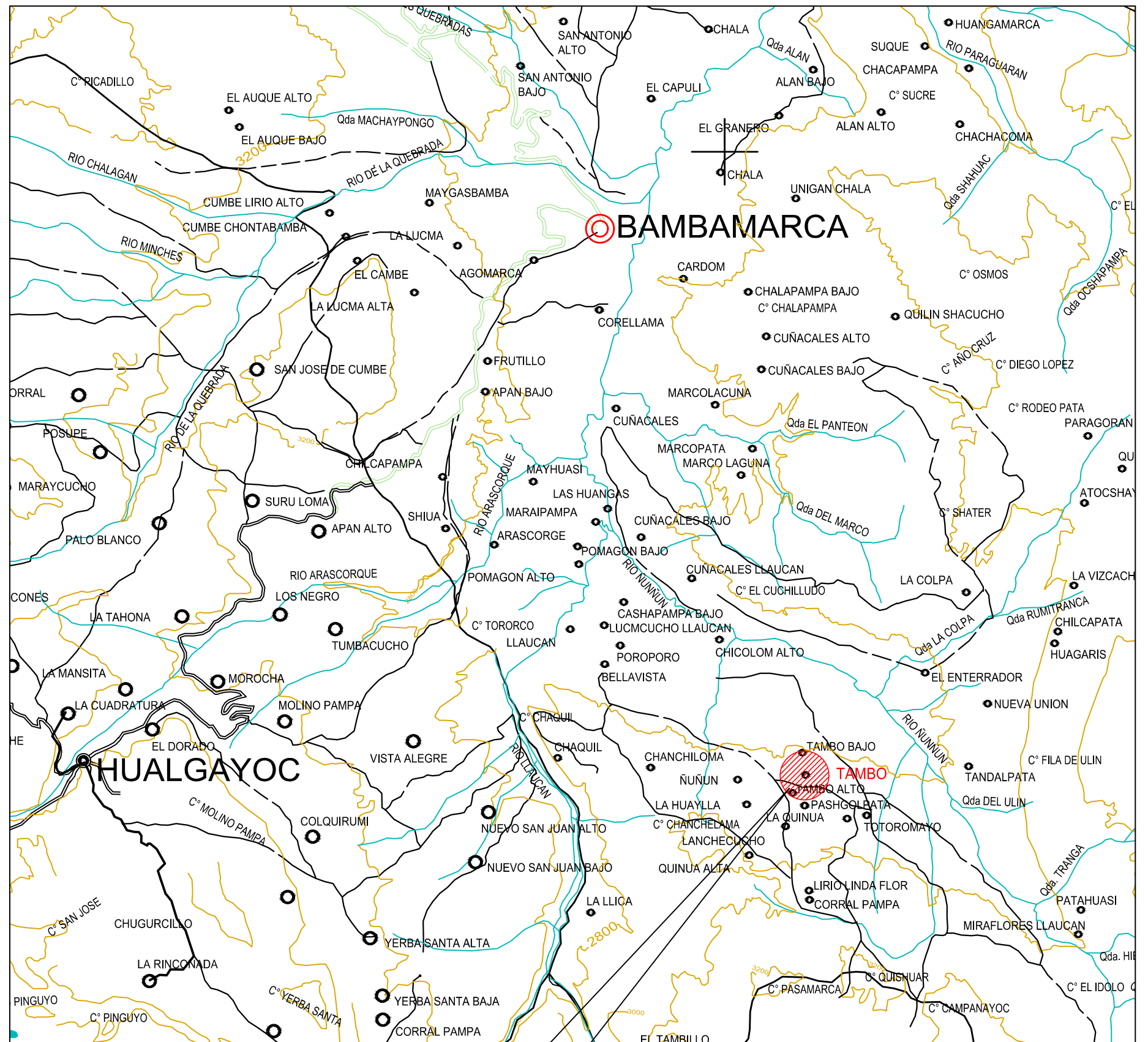
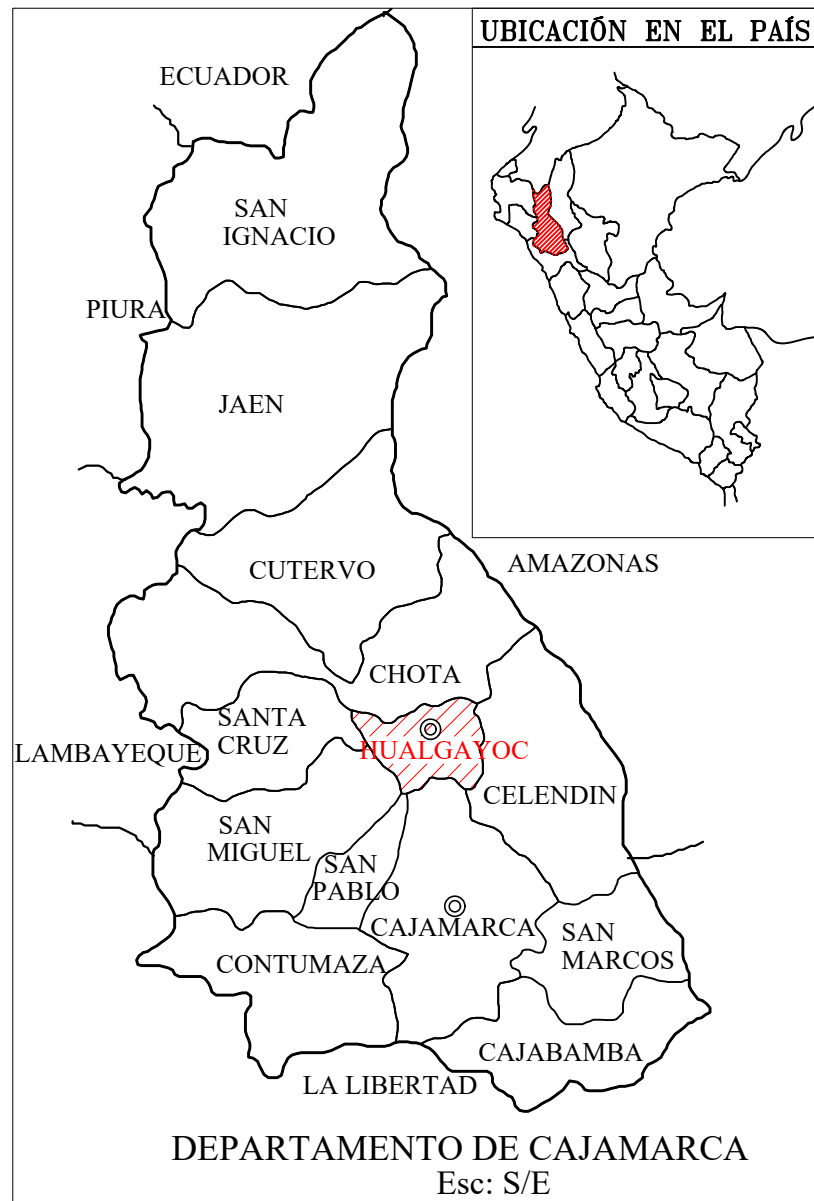
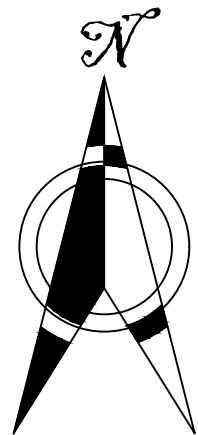
Atentamente,



Herman Huamán Escobar
ALCALDE

Anexo 3: Planos

Figura 22: Plano de Ubicación



CUADRO DE RUTA

DESDE	HASTA	TIPO DE VÍA	KM	TIEMPO (H)
CAJAMARCA	HUALGAYOC	ASFALTADA	86	2.87
HUALGAYOC	BAMBAMARCA	ASFALTADA	28	0.93
BAMBAMARCA	PUENTE POMAGÓN	TROCHA-REGULAR ESTADO	7.4	0.49
PUENTE POMAGÓN	C.P. EL TAMBO	TROCHA-REGULAR ESTADO	7.9	0.53
TOTAL			129.30	4.82

UBICACION DEL ESTUDIO

LEYENDA

- CAPITAL PROVINCIAL (Red circle)
- CAPITAL DISTRITAL (Black circle)
- CENTRO POBLADO (Small black circle)
- LÍMITE PROVINCIAL (Dashed line)
- LÍMITE DISTRITAL (Dotted line)
- UBICACION DE PROYECTO (Red circle)
- CARRETERA PAVIMENTADA (Thick black line)
- CARRETERA AFIRMADA (Thin black line)
- RED VECINAL (Thin red line)
- RIO, QUEBRADA (Blue line)
- UBICACION DE CANTERA (Black circle)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA -CAJAMARCA, 2023"

PLANO: PLANO DE UBICACIÓN

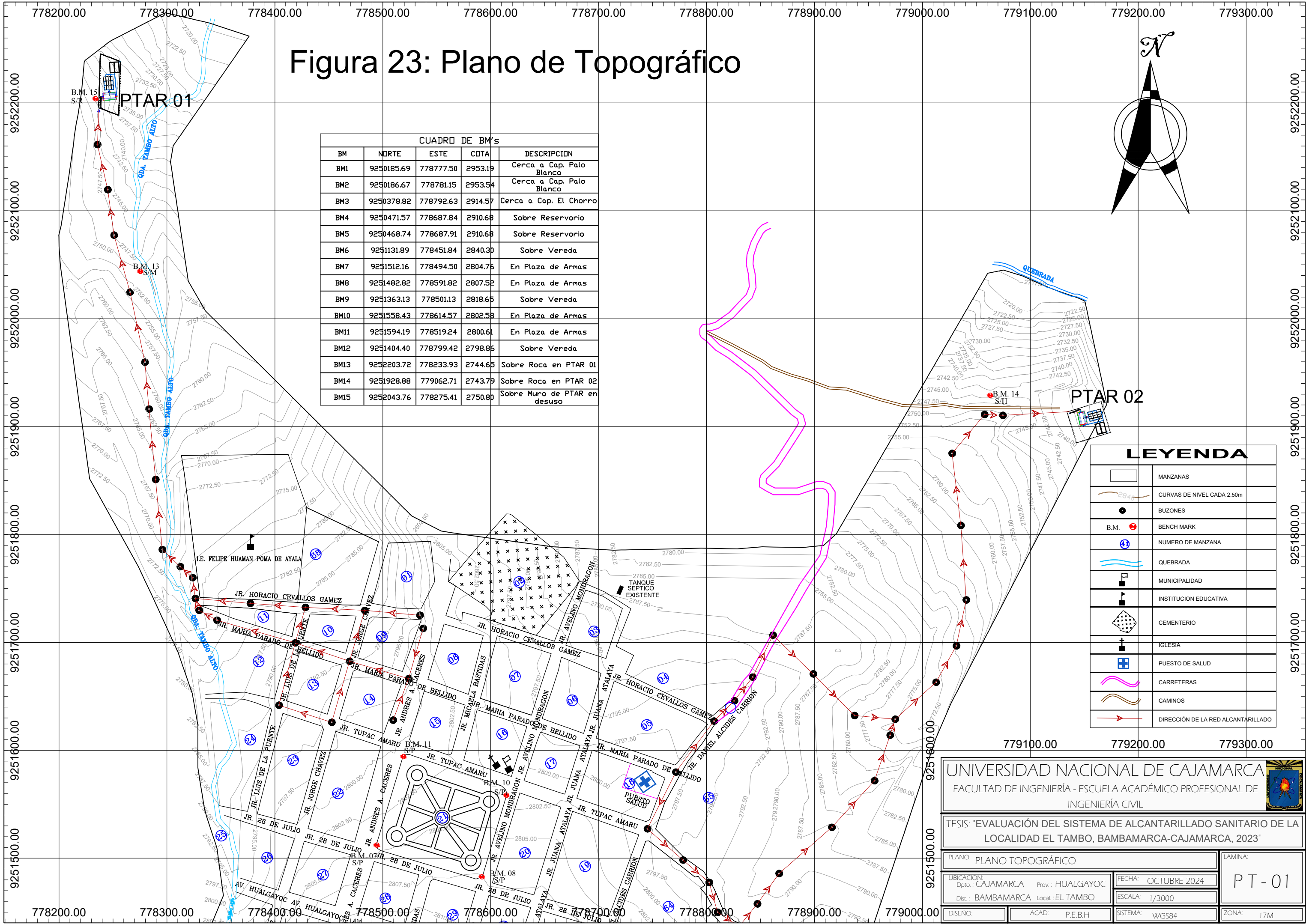
UBICACION: Dpto.: CAJAMARCA Prov.: HUALGAYOC
Dist.: BAMBAMARCA Local.: EL TAMBO

FECHA: OCTUBRE 2024
ESCALA: S/E

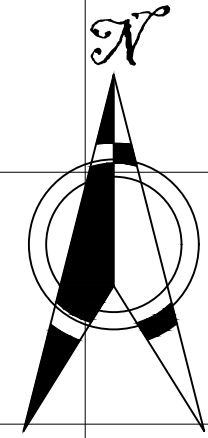
LAMINA: P U - 01

DISEÑO: ACAD.: P.E.B.H. SISTEMA: WGS84 ZONA: 17M

Figura 23: Plano de Topográfico



CUADRO DE B.M.'s				
BM	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
BM1	9250185.69	778777.50	2953.19	Cerca a Cap. Palo Blanco
BM2	9250186.67	778781.15	2953.54	Cerca a Cap. Palo Blanco
BM3	9250378.82	778792.63	2914.57	Cerca a Cap. El Chorro
BM4	9250471.57	778687.84	2910.68	Sobre Reservorio
BM5	9250468.74	778687.91	2910.68	Sobre Reservorio
BM6	9251131.89	778451.84	2840.30	Sobre Vereda
BM7	9251512.16	778494.50	2804.76	En Plaza de Armas
BM8	9251482.82	778591.82	2807.52	En Plaza de Armas
BM9	9251363.13	778501.13	2818.65	Sobre Vereda
BM10	9251558.43	778614.57	2802.58	En Plaza de Armas
BM11	9251594.19	778519.24	2800.61	En Plaza de Armas
BM12	9251404.40	778799.42	2798.86	Sobre Vereda
BM13	9252203.72	778233.93	2744.65	Sobre Roca en PTAR 01
BM14	9251928.88	779062.71	2743.79	Sobre Roca en PTAR 02
BM15	9252043.76	778275.41	2750.80	Sobre Muro de PTAR en desuso

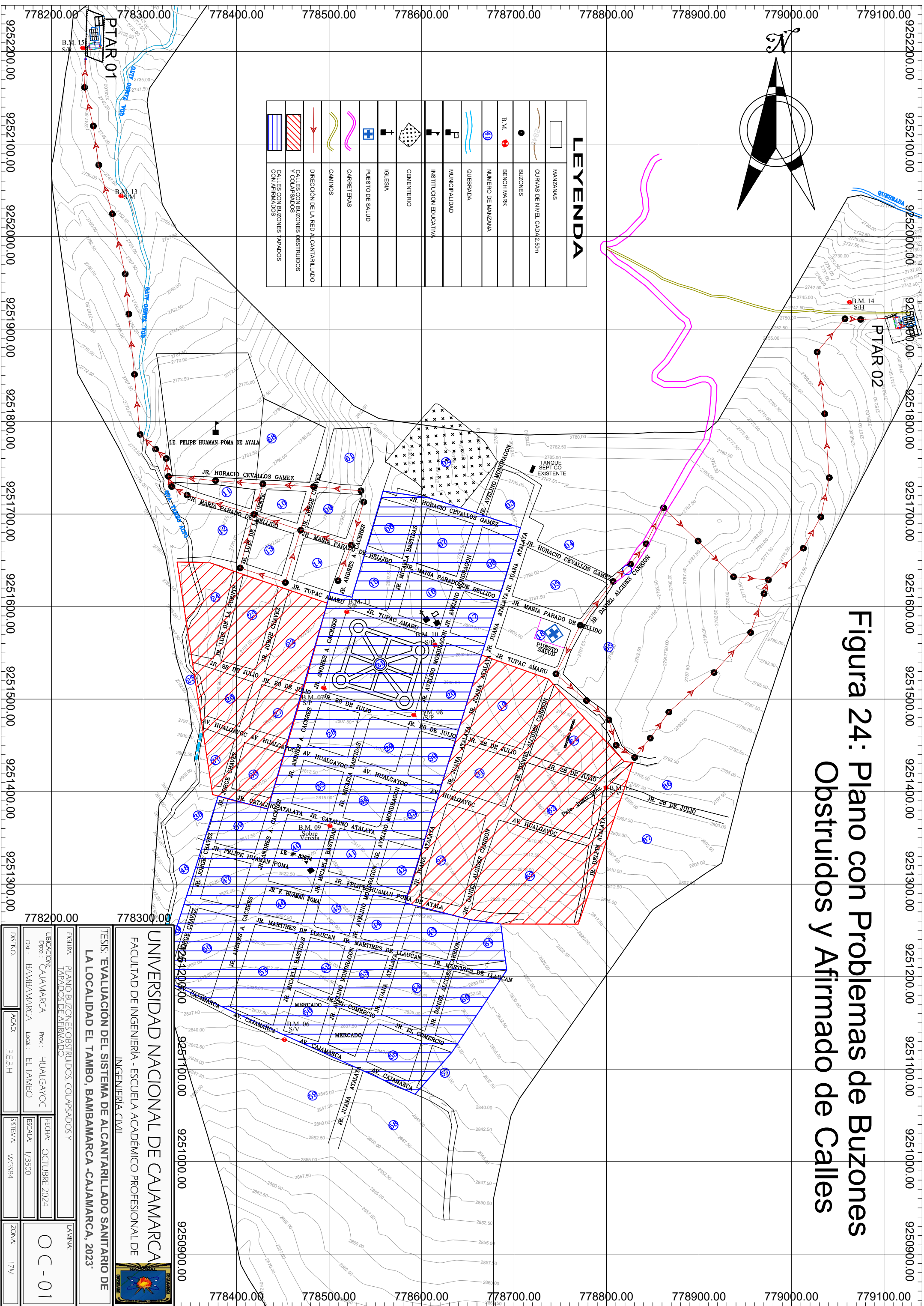


LEYENDA	
	MANZANAS
	CURVAS DE NIVEL CADA 2.50m
	BUZONES
	BENCH MARK
	NUMERO DE MANZANA
	QUEBRADA
	MUNICIPALIDAD
	INSTITUCION EDUCATIVA
	CEMENTERIO
	IGLESIA
	PUESTO DE SALUD
	CARRETERAS
	CAMINOS
	DIRECCION DE LA RED ALCANTARILLADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA-CAJAMARCA, 2023"

PLANO: PLANO TOPOGRÁFICO		LAMINA:
UBICACION: Dpto.: CAJAMARCA Prov.: HUALGAYOC	FECHA: OCTUBRE 2024	PT-01
Dist.: BAMBAMARCA Local: EL TAMBO	ESCALA: 1/3000	
DISEÑO:	ACAD. P.E.B.H	SISTEMA: WGS84
		ZONA: 17M



LEYENDA	
[Symbol]	MANZANAS
[Symbol]	CURVAS DE NIVEL, CADA 2 50m
[Symbol]	BUZONES
[Symbol]	BENCH MARK
[Symbol]	NUMERO DE MANZANA
[Symbol]	QUEBRADA
[Symbol]	MUNICIPALIDAD
[Symbol]	INSTITUCION EDUCATIVA
[Symbol]	CEMENTERIO
[Symbol]	IGLESIA
[Symbol]	PUERTO DE SALUD
[Symbol]	CARRETERAS
[Symbol]	CANINOS
[Symbol]	DIRECCION DE LA RED AL CANTARILLADO
[Symbol]	CALLES CON BUZONES OBSTRUIDOS Y COLAPSADOS
[Symbol]	CALLES CON BUZONES TAPADOS CON MURADOS

Figura 24: Plano con Problemas de Buzones Obstruidos y Afirmado de Calles

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 TESIS: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA -CAJAMARCA, 2023.

UBICACION: Dpto.: CAJAMARCA Prov.: HUALGAYOC	FECHA: OCTUBRE 2024	LÁMINA: OC-01
Dist.: BAMBAMARCA Local.: EL TAMBO	ESCALA: 1/3500	
FIGURA: PLANO BUZONES OBSTRUIDOS, COLAPSADOS Y TAPADOS DE ALCANTARILLADO	ACAD.: P.E.B.H.	ZONA: 17M

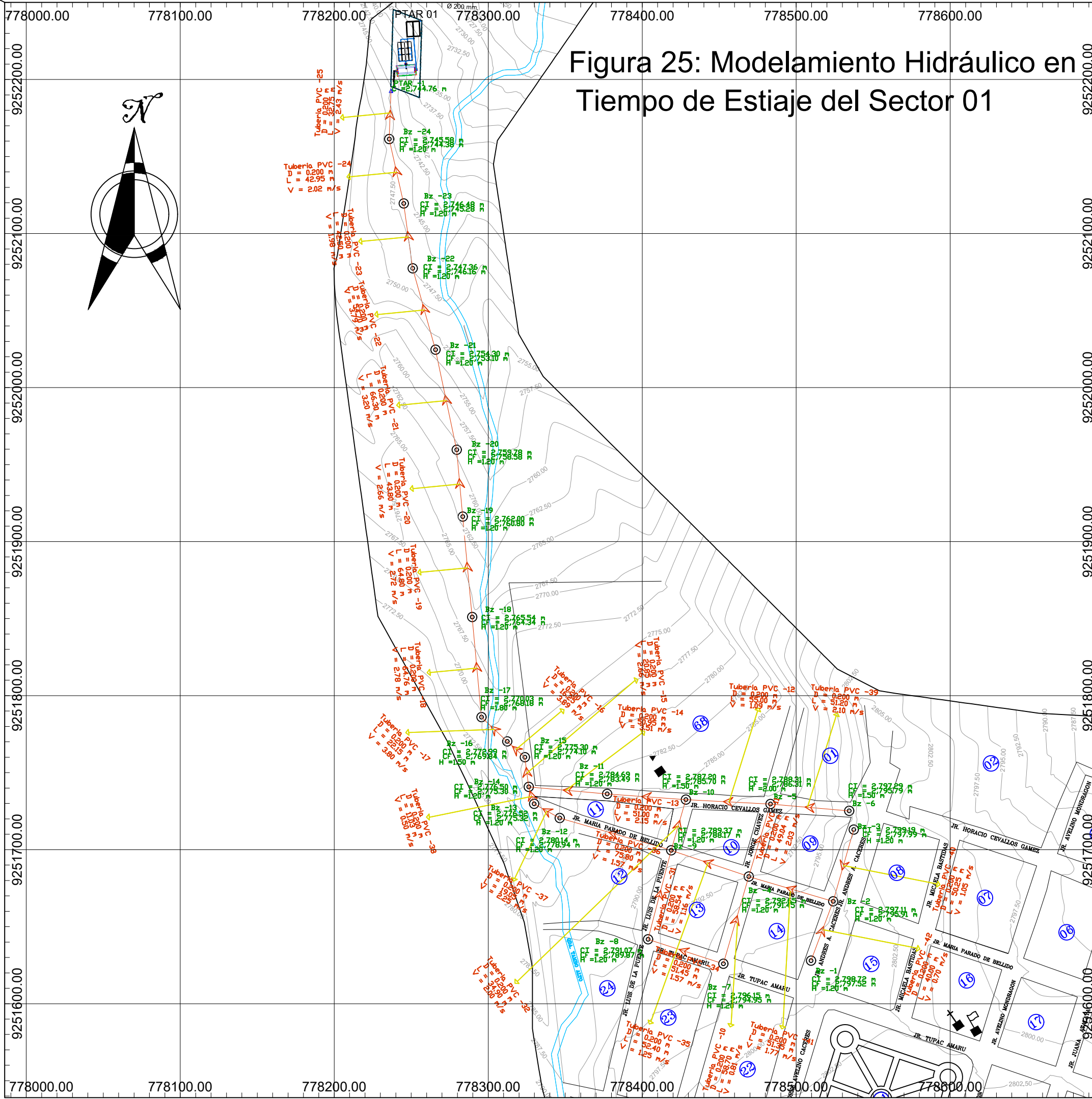


Figura 25: Modelamiento Hidráulico en Tiempo de Estiaje del Sector 01

Buzon	Área m2	RH (m)	S (m/m)	n	V (m/s)	Q L/S
B1-B2	0.00059	0.0065	0.040	0.010	0.711	0.4175
B3-B2	0.00070	0.0073	0.041	0.010	0.782	0.5505
B2-B4	0.00077	0.0078	0.087	0.011	1.102	0.8508
B4-B5	0.00084	0.0082	0.105	0.010	1.362	1.1473
B6-B5	0.00087	0.0084	0.185	0.011	1.623	1.4058
B7-B4	0.00088	0.0085	0.060	0.010	1.050	0.9226
B7-B8	0.00089	0.0086	0.099	0.010	1.272	1.1346
B8-B9	0.00093	0.0088	0.029	0.010	0.753	0.7000
B4-B9	0.00094	0.0089	0.063	0.010	1.099	1.0345
B9-B10	0.00097	0.0090	0.071	0.010	1.135	1.0992
B5-B10	0.00092	0.0087	0.011	0.010	0.466	0.4272
B10-B11	0.00099	0.0092	0.043	0.011	0.837	0.8303
B11-B14	0.00103	0.0094	0.161	0.011	1.594	1.6448
B9-B12	0.00099	0.0092	0.122	0.010	1.567	1.5561
B12-B13	0.00107	0.0096	0.190	0.011	1.847	1.9798
B13-B14	0.00111	0.0099	0.002	0.010	0.203	0.2253
B14-B15	0.00115	0.0101	0.058	0.011	0.999	1.1486
B15-B16	0.00120	0.0104	0.161	0.011	1.754	2.1131
B16-B17	0.00125	0.0106	0.147	0.011	1.677	2.0869
B17-B18	0.00130	0.0110	0.060	0.010	1.269	1.6485
B18-B19	0.00137	0.0113	0.055	0.010	1.234	1.6924
B19-B20	0.00143	0.0116	0.051	0.011	1.077	1.5406
B20-B21	0.00149	0.0119	0.083	0.010	1.473	2.1891
B21-B22	0.00158	0.0124	0.127	0.011	1.679	2.6452
B22-B23	0.00179	0.0135	0.021	0.010	0.837	1.4952
B23-B24	0.00209	0.0149	0.021	0.011	0.8270	1.7275

LEYENDA	
	MANZANAS
	CURVAS PRINCIPALES CADA 2.50m
	CURVAS SECUNDARIAS CADA 0.50m
	RED DE ALCANTARILLADO COLECTOR
	RED DE ALCANTARILLADO EMISOR
	BUZON NUEVO
	BUZON DE ARRANQUE
	QUEBRADA
	COTA DE TAPA (msnm)
	COTA DE FONDO (msnm)
	NUMERO DE BUZON
	DIRECCIÓN DE FLUJO EN BUZONES

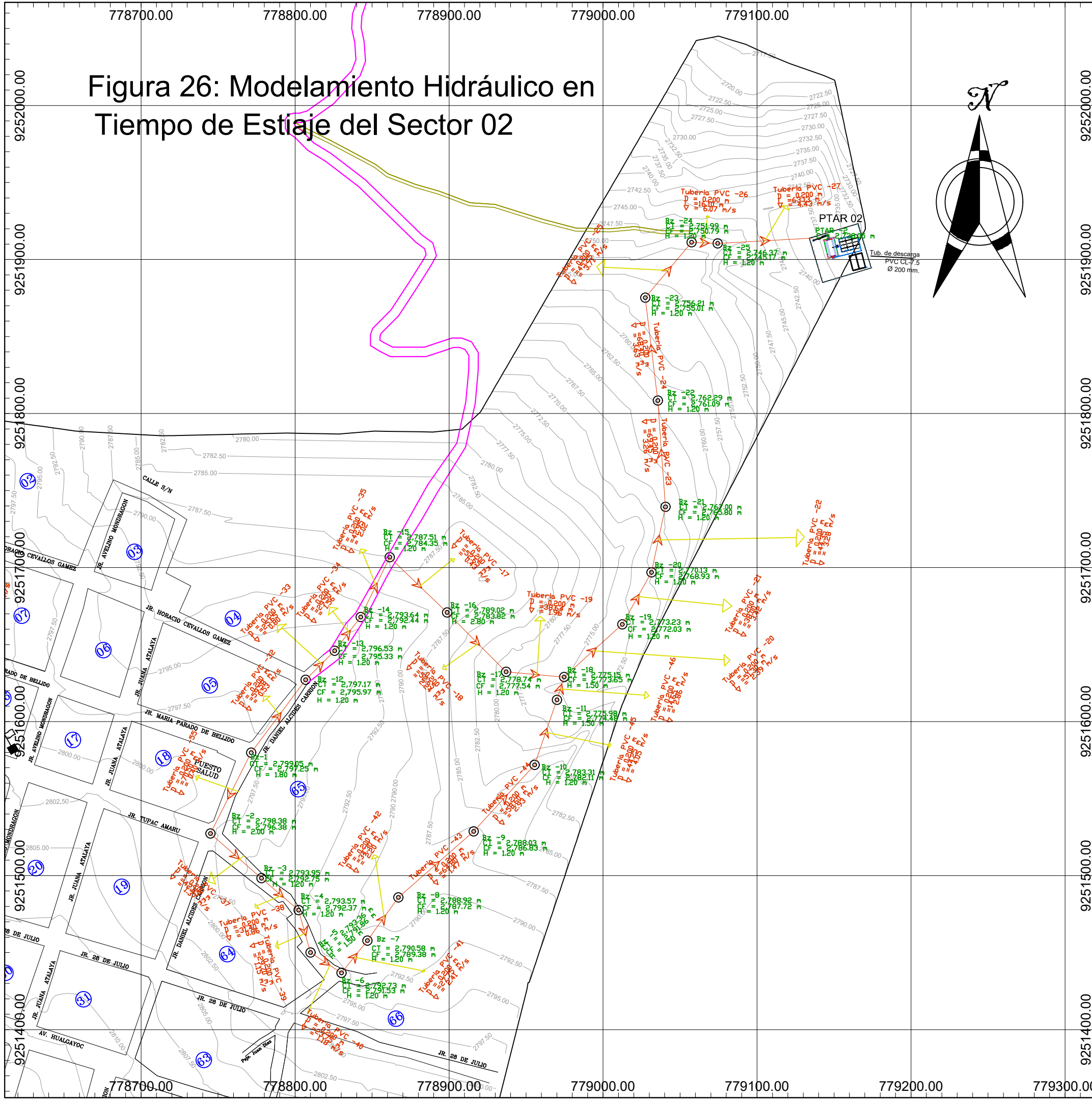
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA -CAJAMARCA, 2023"

FIGURA: MODELAMIENTO HIDRÁULICO - SECTOR 01 - "ESTIAJE"	LAMINA:
LUBICACION: CAJAMARCA Prov.: HUALGAYOC	FECHA: OCTUBRE 2024
Dist.: BAMBAMARCA Local.: EL TAMBO	ESCALA: 1/2500
DISEÑO:	ACAD.: P.E.B.H
	SISTEMA: WGS84
	ZONA: 17M

MOD- 01

Figura 26: Modelamiento Hidráulico en Tiempo de Estiaje del Sector 02



Buzon	Área m2	RH (m)	S (m/m)	n	V (m/s)	Q L/S
B1-B2	0.00059	0.0065	0.014	0.010	0.43	0.251
B2-B3	0.00069	0.0072	0.020	0.011	0.47	0.327
B3-B4	0.00085	0.0083	0.028	0.011	0.61	0.521
B4-B5	0.00101	0.0093	0.029	0.011	0.68	0.681
B5-B6	0.00119	0.0103	0.037	0.010	0.96	1.143
B6-B7	0.00137	0.0113	0.031	0.010	0.91	1.248
B7-B8	0.00159	0.0125	0.025	0.011	0.79	1.256
B8-B9	0.00180	0.0135	0.013	0.010	0.68	1.220
B9-B10	0.00201	0.0145	0.015	0.010	0.72	1.446
B10-B11	0.00228	0.0158	0.020	0.011	0.82	1.869
B11-B18	0.00257	0.0170	0.059	0.010	1.67	4.262
B1-B12	0.00072	0.0075	0.015	0.010	0.48	0.350
B12-B13	0.00099	0.0092	0.034	0.011	0.77	0.757
B13-B14	0.00127	0.0108	0.029	0.011	0.74	0.945
B14-B15	0.00156	0.0123	0.020	0.010	0.73	1.139
B15-B16	0.00185	0.0138	0.017	0.011	0.70	1.298
B16-B17	0.00222	0.0155	0.017	0.010	0.77	1.698
B17-B18	0.00257	0.0170	0.023	0.010	0.96	2.468
B18-B19	0.00297	0.0186	0.017	0.011	0.84	2.490
B19-B20	0.00336	0.0201	0.023	0.010	1.08	3.637
B20-B21	0.00365	0.0212	0.020	0.011	0.99	3.627
B21-B22	0.00385	0.0219	0.013	0.011	0.79	3.021
B22-B23	0.00398	0.0224	0.013	0.010	0.91	3.637
B23-B24	0.00425	0.0234	0.019	0.011	1.02	4.356
B24-B25	0.00461	0.0246	0.054	0.011	1.79	5.240

LEYENDA	
	MANZANAS
	CURVAS PRINCIPALES CADA 2.50m
	CURVAS SECUNDARIAS CADA 0.50m
	RED DE ALCANTARILLADO COLECTOR
	RED DE ALCANTARILLADO EMISOR
	BUZON NUEVO
	BUZON DE ARRANQUE
	QUEBRADA
CT	COTA DE TAPA (msnm)
CF	COTA DE FONDO (msnm)
BZ-31	NUMERO DE BUZON
	DIRECCIÓN DE FLUJO EN BUZONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA -CAJAMARCA, 2023"

FIGURA: MODELAMIENTO HIDRÁULICO - SECTOR 02 - "ESTIAJE"	LAMINA: MOD-02
UBICACION: Dpto.: CAJAMARCA Prov.: HUALGAYOC	FECHA: OCTUBRE 2024
Dist.: BAMBAMARCA Local.: EL TAMBO	ESCALA: 1/2500
DISEÑO: ACAD.: P.E.B.H	SISTEMA: WGS84 ZONA: 17M

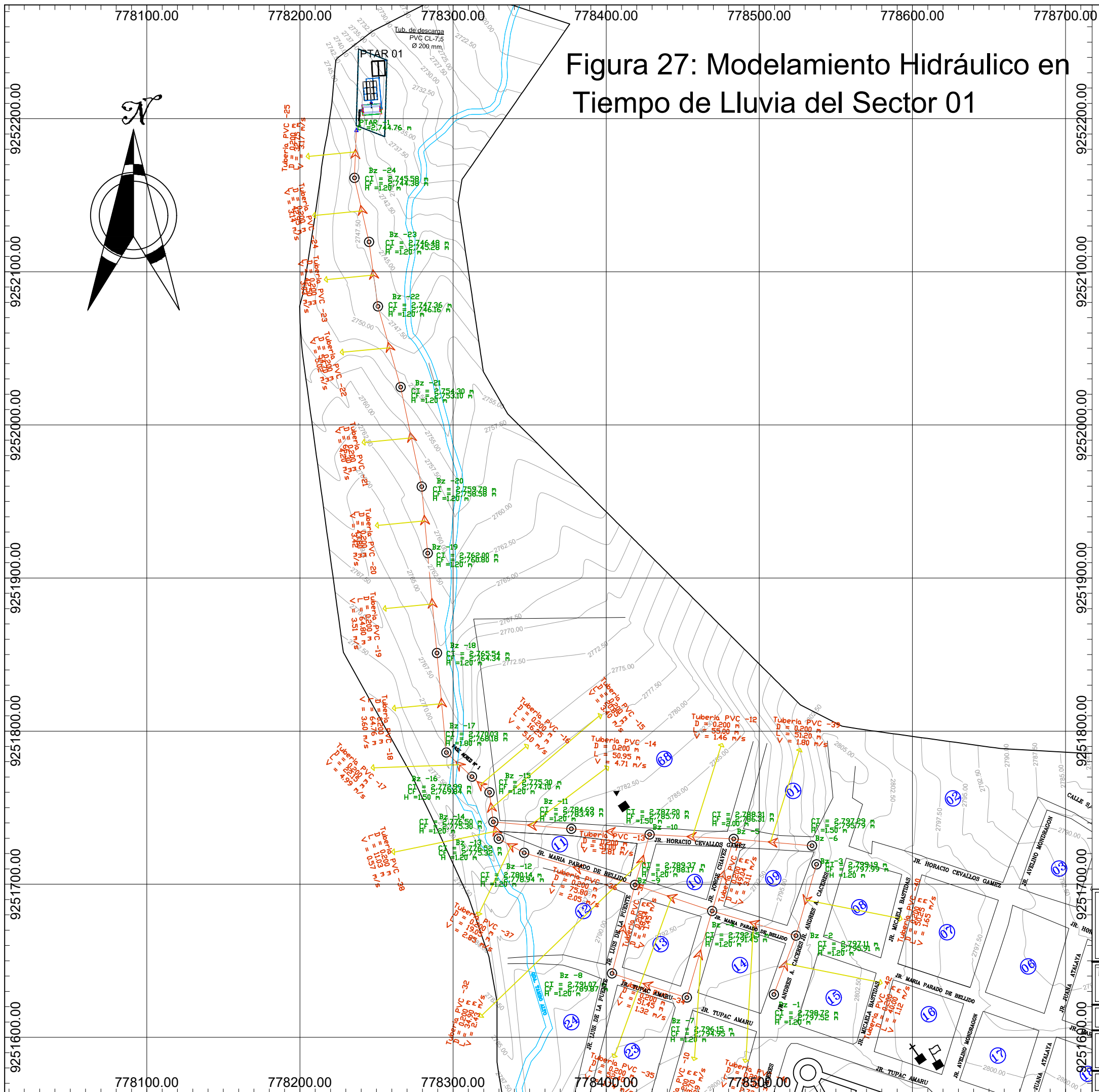


Figura 27: Modelamiento Hidráulico en Tiempo de Lluvia del Sector 01

Buzon	Área m2)	RH (m)	S (m/m)	n	V (m/s)	Q L/S
B1-B2	0.00176	0.0133	0.040	0.010	1.11	1.941
B3-B2	0.00176	0.0133	0.041	0.010	1.11	1.950
B2-B4	0.00201	0.0145	0.087	0.010	1.71	3.425
B4-B5	0.00233	0.0160	0.105	0.010	2.16	5.042
B6-B5	0.00227	0.0157	0.185	0.010	2.72	6.162
B7-B4	0.00225	0.0156	0.060	0.010	1.61	3.621
B7-B8	0.00238	0.0162	0.099	0.010	2.11	5.010
B8-B9	0.00259	0.0171	0.029	0.010	1.18	3.050
B4-B9	0.00245	0.0165	0.063	0.010	1.65	4.043
B9-B10	0.00266	0.0174	0.071	0.011	1.68	4.440
B5-B10	0.00254	0.0168	0.011	0.010	0.73	1.839
B10-B11	0.00280	0.0179	0.043	0.010	1.52	4.259
B11-B14	0.00297	0.0186	0.161	0.011	2.81	4.500
B9-B12	0.00278	0.0179	0.122	0.010	2.48	6.860
B12-B13	0.00297	0.0186	0.190	0.011	2.85	3.450
B13-B14	0.00303	0.0189	0.002	0.010	0.31	0.951
B14-B15	0.00317	0.0194	0.058	0.010	1.78	5.663
B15-B16	0.00350	0.0207	0.161	0.010	3.12	1.600
B16-B17	0.00386	0.0220	0.147	0.010	3.18	1.200
B17-B18	0.00425	0.0234	0.060	0.010	2.08	5.000
B18-B19	0.00447	0.0241	0.055	0.010	2.06	4.000
B19-B20	0.00469	0.0249	0.051	0.010	2.00	3.100
B20-B21	0.00492	0.0256	0.083	0.010	2.62	1.230
B21-B22	0.00492	0.0256	0.127	0.010	3.33	1.630
B22-B23	0.00515	0.0263	0.021	0.010	1.32	6.798
B23-B24	0.00563	0.0278	0.021	0.010	1.34	6.950

LEYENDA	
	MANZANAS
	CURVAS PRINCIPALES CADA 2.50m
	CURVAS SECUNDARIAS CADA 0.50m
	RED DE ALCANTARILLADO COLECTOR
	RED DE ALCANTARILLADO EMISOR
	BUZON NUEVO
	BUZON DE ARRANQUE
	QUEBRADA
CT	COTA DE TAPA (msnm)
CF	COTA DE FONDO (msnm)
BZ-31	NUMERO DE BUZON
	DIRECCIÓN DE FLUJO EN BUZONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

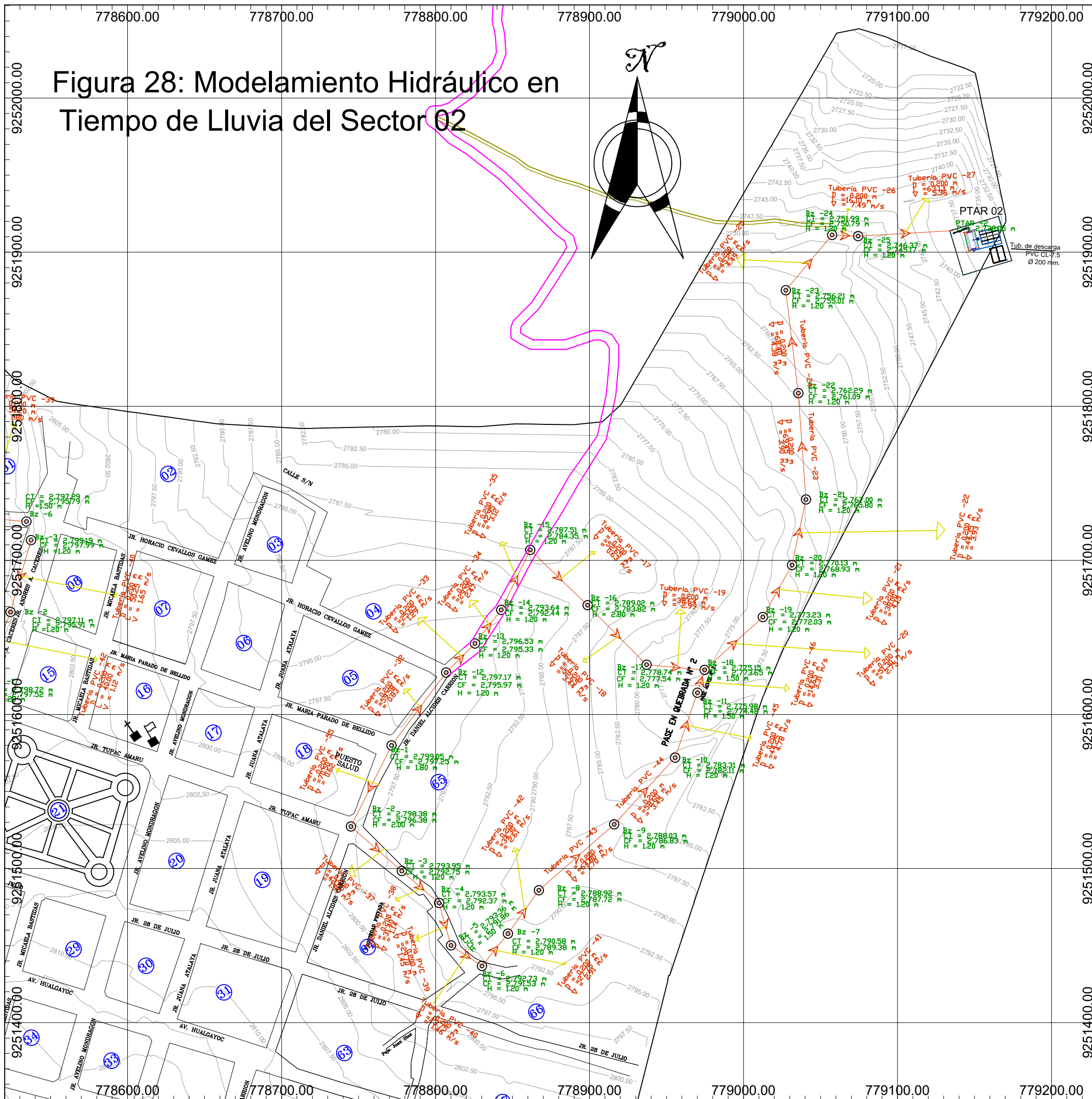
TESIS: "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA -CAJAMARCA, 2023"

FIGURA: MODELAMIENTO HIDRÁULICO - SECTOR 01 - "LLUVIA" LAMINA: MOD- 01

LUBICACION: CAJAMARCA Dpto.: HUALGAYOC FECHA: OCTUBRE 2024
 Dist.: BAMBAMARCA Local.: EL TAMBO ESCALA: 1/2500

DISEÑO: ACAD.: P.E.B.H. SISTEMA: WGS84 ZONA: 17M

Figura 28: Modelamiento Hidráulico en Tiempo de Lluvia del Sector 02



Buzon	Área m2	RH (m)	S (m/m)	n	V (m/s)	Q L/S
B1-B2	0.00164	0.0127	0.014	0.010	0.66	1.082
B2-B3	0.00176	0.0133	0.020	0.011	0.74	1.294
B3-B4	0.00205	0.0147	0.028	0.011	0.94	1.940
B4-B5	0.00225	0.0156	0.029	0.010	1.10	2.476
B5-B6	0.00237	0.0161	0.037	0.010	1.23	2.901
B6-B7	0.00266	0.0174	0.031	0.011	1.11	2.954
B7-B8	0.00301	0.0188	0.025	0.010	1.16	3.496
B8-B9	0.00328	0.0199	0.013	0.010	0.89	2.920
B9-B10	0.00355	0.0209	0.015	0.010	0.91	3.243
B10-B11	0.00372	0.0215	0.020	0.010	1.12	4.172
B1-B12	0.00210	0.0149	0.015	0.010	0.72	1.513
B12-B13	0.00285	0.0181	0.034	0.010	1.39	3.961
B13-B14	0.00328	0.0199	0.029	0.010	1.29	4.243
B14-B15	0.00358	0.0210	0.020	0.010	1.09	3.916
B15-B16	0.00369	0.0214	0.017	0.010	1.00	3.709
B16-B17	0.00375	0.0216	0.017	0.010	1.06	3.957
B17-B18	0.00388	0.0221	0.023	0.011	1.06	4.120
B18-B19	0.00416	0.0230	0.017	0.010	1.11	4.626
B19-B20	0.00451	0.0243	0.023	0.011	1.12	5.070
B20-B21	0.00486	0.0254	0.020	0.011	1.11	5.370
B21-B22	0.00523	0.0266	0.013	0.010	1.03	5.379
B22-B23	0.00569	0.0280	0.013	0.010	1.08	6.142
B23-B24	0.00614	0.0293	0.019	0.010	1.36	8.348
B24-B25	0.00638	0.0300	0.054	0.011	2.17	8.382

LEYENDA	
	MANZANAS
	CURVAS PRINCIPALES CADA 2.50m
	CURVAS SECUNDARIAS CADA 0.50m
	RED DE ALCANTARILLADO COLECTOR
	RED DE ALCANTARILLADO EMISOR
	BUZON NUEVO
	BUZON DE ARRANQUE
	QUEBRADA
	CT COTA DE TAPA (msnm)
	CF COTA DE FONDO (msnm)
	BZ-31 NUMERO DE BUZON
	DIRECCIÓN DE FLUJO EN BUZONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD EL TAMBO, BAMBAMARCA -CAJAMARCA, 2023"

FIGURA: MODELAMIENTO HIDRÁULICO - SECTOR 02 - "LLUVIA"	LAMINA: MOD-02
UBICACION: Dpto.: CAJAMARCA Prov.: HUALGAYOC	FECHA: OCTUBRE 2024
Dist.: BAMBAMARCA Local: EL TAMBO	ESCALA: 1/2500
DISEÑO:	ACAD.: P.E.B.H
	SISTEMA: WGS84
	ZONA: 17M