UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

"EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA VILLA HUACARIZ – CAJAMARCA ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO HIDRÁULICO

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

OCAS POTOSI, Sandra Janeth

ASESOR:

Dr. Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

CAJAMARCA – PERÚ

2024

Universidad Nacional de Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA –

1. **Investigador: OCAS POTOSI, Sandra Janeth**
   DNI: 71789532
   Escuela Profesional: INGENIERÍA HIDRÁULICA

2. **Asesor:** LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
   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 RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA VILLA HUACARIZ – CAJAMARCA ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS"**

6. **Fecha de evaluación:** 22/11/2024
7. **Software antiplagio:** ■ **TURNITIN** ☐ **URKUND (OURIGINAL)** ***(*)***
8. **Porcentaje de Informe de Similitud: 14%**
9. **Código Documento: oid: 3117:408530582**
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**

    ■ **APROBADO** ☐ **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Fecha Emisión: 25/11/2024

Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 25/11/2024 08:20:03-0500

FIRMA DIGITAL

_____ _____

FIRMA DEL ASESOR ***UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI***

Nombres y Apellidos
LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
DNI: 26693344

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

Universidad Nacional de Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"
Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962
FACULTAD DE INGENIERÍA
Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130

ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *"EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA VILLA HUACARIZ – CAJAMARCA ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS."*

ASESOR : *Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple Nº 0172-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 05 de mayo de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los ***nueve días del mes de mayo de 2025***, siendo las quince horas (3:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Ambiente 1A – Segundo Piso), de la facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Vocal : Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.
Secretario : Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *"EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA VILLA HUACARIZ – CAJAMARCA ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS"* presentado por la Bachiller en Ingeniería Hidráulica *SANDRA JANETH OCAS POTOSI*, asesorada por el Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron a la sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y la evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ..07.. PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : ..11.. PTS.
EVALUACIÓN FINAL : ..18.. PTS ..Dieciocho.. (En letras)

En consecuencia, se la declara ..Aprobada.. con el calificativo de ..Dieciocho..
acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las ..Diecisiete.. horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.
Vocal

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Secretario

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.
Asesor

AGRADECIMIENTO

En este momento de satisfacción por la culminación de esta tesis, quiero expresar mi agradecimiento a quienes han sido pilares en este camino de difícil recorrido.

En primer lugar, agradecer a Dios, que es mi fuente de vida y fortaleza, por concederme la salud para alcanzar este logro.

A mi madre, Hilda, y a mi padre, Juan, por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por creer siempre en mis capacidades. Sus sacrificios y aliento han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante.

Al Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez, mi más sincero agradecimiento por su invaluable asesoría y por compartir conmigo sus amplios conocimientos durante la elaboración de esta investigación.

Al Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre, Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez y Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez, miembros del jurado de esta tesis, por sus valiosas observaciones, sugerencias y conocimientos que enriquecieron significativamente este trabajo. "Sus aportes han sido fundamentales para la consolidación de esta investigación."

Este logro no es solo mío, sino de todos aquellos que han formado parte de este camino. A ellos dedico este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres, Hilda y Juan, por haberme inculcado valores como la responsabilidad, la perseverancia y la confianza en mí misma. Su apoyo y amor incondicional han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante, incluso en momentos difíciles.

A Scott porque su presencia en mi vida ha sido un gran estímulo y una constante fuente de inspiración.

ÍNDICE

Pág.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN....1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: 1
1.1.1. Contextualización: 1
1.1.2. Descripción del problema: 1
1.1.3. Formulación del problema: 2
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN: 3
1.2.1. Justificación Científica: 3
1.2.2. Justificación técnica práctica: 3
1.2.3. Justificación institucional y personal: 3
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN: 4
1.4. LIMITACIÓN: 4
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN: 5
1.5.1. Objetivo general: 5
1.5.2. Objetivos específicos: 5
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO....6
2.1. ANTECEDENTES TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN: 6
2.2.1. INTERNACIONAL: 6
2.2.2. NACIONAL: 6
2.2.3. LOCAL: 6
2.2. BASES TEÓRICAS: 7
2.2.1. Precipitaciones máximas en 24 horas ($Pmáx24h$). 7
2.2.2. Inundaciones pluviales: 7
2.2.3. Riesgo: 7
2.2.4. Drenaje urbano: 7
2.2.5. Función básica: 8
2.2.6. Función complementaria: 8
2.2.7. Análisis de drenaje pluvial: 8
2.2.8. Estudio de áreas inundables: 9
2.2.9. Caudal hidrológico: 9
2.2.10. Análisis estadístico de datos hidrológicos: 9
2.2.11. Distribución de Gumbel: 10
2.2.12. Distribución normal: 10
2.2.13. Distribución Log Normal 2 Parámetros: 11
2.2.14. Distribución Log Pearson Tipo III: 11

2.2.15. Pruebas de bondad de ajuste: 12
2.2.16. Curvas intensidad – duración - frecuencia: 13
2.2.17. Coeficiente de escorrentía: 13
2.2.18. Tiempo de concentración: 14
3.2.1. Riesgo de falla: 14
2.2.19. Período de retorno: 15
2.2.20. Capacidad de calle: 15
2.2.21. Características geométricas de una cuneta: 16
2.2.22. Área hidráulica (A): 17
2.2.23. Radio hidráulico: 17
2.2.24. Velocidad: 17
2.2.25. Coeficiente de manning: 18
2.2.26. Software SWMM: 19
2.2.27. Módulo Runoff: 20
2.2.28. Procesos lluvia – escorrentía: 21
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS 25
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA: 25
3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES: 26
3.4. METODOLOGÍA DEL TRABAJO: 26
3.4.1. Análisis de precipitación: 27
3.4.2. Descripción de la Quebrada Los Chilcos. 35
3.4.3. Caracterización de las calles de estudio. 38
3.4.5. Determinación del caudal hidrológico. 48
3.4.6. Determinación de la capacidad de cuneta: 51
3.4.7. Verificación de calles y derivación de las aguas pluviales. 55
3.4.8. Modelamiento del software SWMM: 60
3.4.9. Riesgo de falla: 65
CAPITULO IV 67
5.1. ÁNALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS: 67
CAPITULO IV 71
5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 71
A) CONCLUSIONES: 71
B) RECOMENDACIONES: 72
ANEXOS.

INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla N° 1: Cuadro informativo sobre los objetivos del sistema de drenaje urbano.....8
Tabla N° 2 : Selección del coeficiente de escorrentía para el método racional.....13
Tabla N° 3 : Tiempo de retorno según uso de la tierra y función complementaria. 15
Tabla N° 4 : Velocidades máximas de acuerdo a las características de los suelos. 18
Tabla N° 5 : Coeficiente de Manning según la superficie del canal o cuneta. 18
Tabla N° 6: Parámetros estadísticos de la precipitación máxima de la estación Augusto Weberbauer. 28
Tabla N° 7: Selección de valores para la prueba de datos dudosos (Kn).....29
Tabla N° 8: Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov - Smirnov 30
Tabla N° 9: PMáx. Corregida de la estación Augusto Weberbauer 30
Tabla N° 10: Relación de coeficiente en función de una duración 31
Tabla N° 11: Valores de precipitaciones máximas. 32
Tabla N° 12: de regresión múltiple. 33
Tabla N° *13*: Valores de intensidades máximas. 33
Tabla N° 14: Coordenadas UTM-WGS84-17S de los puntos base de la quebrada.....35
Tabla N° 15: Descripción de calles, tipo de uso y característica. 39
Tabla N° 16: Pendientes de cunetas de calles.....45
Tabla N° 17: Cálculo del caudal hidrológico de cada calle. 49
Tabla N° 18: Cálculo de la capacidad de cada calle. 53
Tabla N° 19: Dimensiones mínimas de cunetas triangulares según norma.....56
Tabla N° 20: Dimensionamiento de calles Av. Industrial (C7, C8, C9, C10).....57
Tabla N° 21: Dimensionamiento de calles Av. San Martín de Porres (C24, C25, C26). 57
Tabla N° 22: Dimensionamiento Jr. Diamantes. 58
Tabla N° 23: Dimensionamiento Jr. 06 de Julio.....58
Tabla N° 24: Dimensionamiento Jr. Martines de Uchuracay.....58
Tabla N° 25: Dimensionamiento Jr. Larry Jhonson.....59
Tabla N° 26: Redimensionamiento Jr. Larry Jhonson. 59
Tabla N° 27: Método del bloque alterno 61
Tabla N° 28: Áreas de cuencas de canal propuesto como colector. 62
Tabla N° 29: Calles que no cuentan con capacidad de calle 64
Tabla N° 30: Canal de derivación hacia río Mashcón. 65
Tabla N° 31: Riesgo según la estructura.....66
Tabla N° 32: Resultados por cada calle. 67
Tabla N° 33: Redimensionamiento de calles. 69

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura N° 1: Características geométricas para una cuneta triangular. 16
Figura N° 2: Sección trapezoidal con taludes diferentes. 17
Figura N° 3: Sección rectangular y dimensiones geométricas.....17
Figura N° 4: Esquema de la modelación de SWMM. 22
Figura N° 5: Delimitación de la ubicación de la zona de estudio. 25
Figura N° 6: Precipitación máxima de 24 horas de la estación Augusto Weberbauer 1992-2023. 28
Figura N° 7: Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia de la estación Weberbauer.....34
Figura N° 8: Resultado de la ecuación de intensidad máxima en el Software Hidroesta. 34
Figura N° 9: Mapa de la quebrada Los Chilcos.....36
Figura N° 10: Peligros expuestos en la cuenca baja de la quebrada Los Chilcos. 38
Figura N° 11: Sección típica de cunetas triangulares. 44
Figura N° 12: Sección típica de cunetas rectangulares. 44
Figura N° 13: Áreas tributarias de la zona de estudio. 48
Figura N° 14: Sección típica de cuneta triangular de las calles. 52
Figura N° 15: Sección típica de cuneta rectangular de calles. 52
Figura N° 16: Si Q capacidad < Q hidrológico, calles pintadas de rojo. 55
Figura N° 17: Sección Triangular Típica. 56
Figura N° 18: Áreas tributaria en Sotfware SWMM. 57
Figura N° 19: Dimensionamiento de cunetas en vías arteriales.....58
Figura N° 20: Dimensionamiento de cunetas en vías locales. 59
Figura N° 21: Interfaz de software SWMM. 60
Figura N° 22: Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia de la estación Weberbauer.....61
Figura N° 23: Dimensiones para canal colector por implementar en Jr. Agomarca, concreto..62
Figura N° 24: Dimensiones para canal colector por implementar en Jr. Valle de Moche.....63
Figura N° 25: Modelamiento con software SWMM 63
Figura N° 26: Modelamiento con software SWMM con nuevas dimensiones. 64
Figura N° 27: Modelamiento para dimensiones de nuevo canal hacia rio Mashcón. 65

PALABRAS CLAVES

- **Cuneta:** son estructuras viales consideradas elementos fundamentales para garantizar la funcionalidad de las vías y la protección ambiental. Su diseño debe considerar variables hidrológicas, geotécnicas y climáticas, como el caudal, el tipo de suelo y la pendiente.
- **Precipitación:** Constituye un proceso de entrada del agua atmosférica al sistema hidrológico terrestre, dando inicio a un nuevo ciclo hidrológico.
- **Drenaje Urbano:** Es una compleja red de conductos que tiene como objetivo recolectar el agua de lluvia que cae sobre una ciudad, transportarla de manera eficiente a través de tuberías y alcantarillas, y finalmente descargarla en un cuerpo receptor natural.
- **Inundaciones:** las inundaciones urbanas son un problema recurrente causado por la acumulación excesiva de agua de lluvia que supera la capacidad de los sistemas de drenaje convencionales.
- **Escorrentía:** es el flujo de agua que, por no ser absorbida por la superficie terrestre, se desplaza sobre ella. Es decir, es el agua de lluvia, nieve derretida o cualquier otra fuente que, al caer sobre el suelo, no se infiltra en él, sino que corre por la superficie, siguiendo la pendiente del terreno.
- **Intensidad de precipitación:** Es una magnitud que indica la cantidad de agua líquida o sólida que se deposita sobre la superficie terrestre en un lugar y período determinados. Se expresa en milímetros, lo que equivale a la altura de una lámina de agua uniformemente distribuida sobre una superficie horizontal.
- **Tiempo de concentración:** El tiempo de concentración es el tiempo que transcurre desde que la primera gota de lluvia cae en el punto más alejado de una cuenca hasta que toda el agua de esa cuenca llega al punto de salida. Este parámetro es un indicador del tiempo de respuesta de una cuenca ante un evento de precipitación y es fundamental para el diseño de estructuras hidráulicas como canales, alcantarillas y embalses, ya que permite estimar el caudal máximo que puede llegar a estos puntos.

RESUMEN

La provincia de Cajamarca presenta un régimen pluviométrico variable durante todo el año, las precipitaciones máximas se presentan entre los meses de enero a marzo, por lo que se tienen antecedentes por inundaciones pluviales, el objetivo de esta investigación es evaluar el riesgo de inundación pluvial originados por precipitaciones intensas en la zona Villa Huacariz – Cajamarca, teniendo como objetivos identificar y describir la zona urbana posiblemente afectada en caso de inundación ante precipitaciones intensas, por lo que se realiza la evaluación de las condiciones físicas; posteriormente se realiza el levantamiento topográfico para poder realizar la evaluación (el cálculo se sustenta en las metodologías de Manning y Método Racional apoyado de las normas y herramientas computacionales) en una área a drenar de 123.53 ha., el tiempo de retorno para cada calle se fundamenta en la elección para la función complementaria del drenaje. Concluyendo que las cunetas son 98% triangulares, 2% rectangulares, son calles pertenecientes a actividades comerciales y son de baja densidad, a excepción de calles como Larry Jhonson donde se encuentra el Hospital Regional de Cajamarca, la Av. Industrial que es una zona de mucha actividad comercial junto con la Carretera a Jesús, el 100% de cunetas existente es tipo de evacuación es por gravedad, el 46% de la cunetas que existen presentan poca capacidad según la evaluación es por ello que existe rebalse en sus estructuras e inundaciones, con todo ello se evidencia que el sistema de drenaje existente no es adecuado para manejar los caudales generados por las lluvias y requiere de mejoras sustanciales para mitigar el riesgo de inundaciones.

ABSTRACT

The province of Cajamarca has a variable rainfall regime throughout the year, the maximum rainfall occurs between the months of January to March, so there is a history of pluvial flooding, the objective of this research is to evaluate the risk of pluvial flooding caused by due to intense rainfall in the Villa Huacariz – Cajamarca area, with the objectives of identifying and describing the urban area possibly affected in the event of flooding due to intense rainfall, for which the evaluation of the physical conditions is carried out; Subsequently, the topographic survey is carried out to be able to carry out the evaluation (the calculation is based on the Manning and Rational Method methodologies supported by the standards and computational tools) in an area to be drained of 123.53 ha., the return time for each street is based on the choice for the complementary function of drainage. Concluding that the gutters are 98% triangular, 2% rectangular, they are streets belonging to commercial activities and are of low density, with the exception of streets such as Larry Jhonson where the Cajamarca Regional Hospital is located, Industrial Av. which is an area of a lot of commercial activity along with the Carretera a Jesús, 100% of the existing ditches are evacuated by gravity, 46% of the ditches that exist have little capacity according to the evaluation, which is why there is overflow in their structures and flooding, With all this, it is evident that the existing drainage system is not adequate to handle the flows generated by the rains and requires substantial improvements to mitigate the risk of flooding.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

1.1.1. Contextualización:

(Instituto de Defensa Civil, 2022) señala que los desastres naturales extremos van en aumento, todo esto originado por el cambio climático, donde el Perú no ha sido ajeno a este contexto y está expuesto a eventos climáticos como inundaciones y sequias, debido a esto las personas y la infraestructura existente se ponen en peligro ante esta inminente situación. Según estadísticas se puede evidenciar un incremento del 132,0 % en emergencias por fenómenos climáticos entre el año 2012 y 2022, y una tendencia con un pico de 7539 eventos solo en el año 2019. El daño se resume en un impacto de aproximadamente 257, 402 personas en 2022, aunque en comparación con el año 2012 las cifras muestran un descenso del 75.7%. Los departamentos que tienen una tendencia al aumento se han mantenido y los más afectado son: Ayacucho, Cajamarca, Pasco, Huancavelica y Cusco. Es así que estos desastres pueden conllevar con pérdidas significativas en términos de muertes, vidas afectadas y pérdidas económicas, por lo que la interacción entre la pobreza, discriminación y desigualdad aumenta la vulnerabilidad frente a estos desastres, y las estadísticas proyectan un alto índice de aumento en la ocurrencia de desastres en los próximos años.

(Gobierno Regional de Cajamarca, 2023) que describe al departamento de Cajamarca, ubicado en el norte del Perú, como un departamento cuyas condiciones topográficas y climáticas, cobertura vegetal, hace que sea propenso a peligros como movimientos de masa, inundaciones, los cuales, asociados con la vulnerabilidad de la población en su dimensión ambiental, económica y social, se conviertan en escenarios de riesgo de desastres, esto generaría pérdidas económicas que pueden manifestarse en daños a infraestructuras, calles, etc., sobre todo perdidas irreparables como vidas humanas, o acarrear problemas de salud y en el medio ambiente.

1.1.2. Descripción del problema:

El departamento de Cajamarca muestra un régimen pluviométrico variable, usualmente entre los meses de enero a marzo se presentan las precipitaciones máximas, por ello se han presentado antecedentes registrados en algunos distritos de Cajamarca, que se declaró en Estado de Emergencia por la ocurrencia de precipitaciones intensas, que originaron daños en calles,

viviendas vulnerables y canales colapsados, además se interrumpieron las vías de comunicación. En base a esto se puede manifestar que la causa de estas inundaciones radica en la falta de planificación urbana al realizarse la expansión de la zona, a esta condición se suma la ausencia y poca eficiencia del sistema de drenaje pluvial, que da lugar a que cuando existe escorrentía superficial ante una precipitación intensa , el sistema colapse debido a la poca capacidad de evacuación del agua de lluvia, los pobladores de la zona Villa Huacariz afirman que se han presenciado eventos de inundación pluvial, se consultó a distintos pobladores de la zona entre los cuales se consultó también con pobladores que llevan más de 50 años viviendo en el lugar de estudio, los cuales revelaron que sí ocurren inundaciones y colapso del sistema de drenaje, que acarrea daños estructurales a las viviendas, así como deterioro y obstrucción del sistema de drenaje en calles y pérdidas económicas, al igual que el paro en actividades académicas por interrupción en el transporte y vías de comunicación.

Se puede constatar en el Informe Técnico N° A7118 elaborado y presentado por INGEMMET publicado en el 2021, que la zona Villa Huacariz y la zona de influencia están experimentado un rápido crecimiento poblacional y una expansión urbana acelerada en los últimos años, sin embargo este crecimiento no ha contemplado la planificación urbana adecuadamente, lo que está generando una serie de problemas por la construcción desordenada de viviendas, la perdida de áreas verdes , la impermeabilización del suelo, y la falta de infraestructura para el drenaje que ayude a manejar el volumen de agua de lluvia que se genera. Además, la presencia de la quebrada Los Chilcos, que atraviesa la zona urbana, cuyo cauce es afectado por procesos de sedimentación, erosión fluvial, incluso se pueden generar inundaciones por lluvias extraordinarias, sobre todo en la parte baja de la quebrada Los Chilcos, que se considera como una zona de susceptibilidad alta ante inundaciones. La Av. San Martín de Porres, Jr. El Rubí y Carretera a Jesús con la intersección de la quebrada son calles inundables ante las precipitaciones.

1.1.3. Formulación del problema:

El problema de la investigación es el riesgo de inundación pluvial ante precipitaciones intensas en la zona urbana Villa Huacariz- Cajamarca.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN:

1.2.1. Justificación Científica:

Esta investigación se centraliza en el ámbito de la hidrología urbana. Con el fin de reducir los riesgos asociados a inundaciones de calles, y mejorar la resiliencia de los sistemas de drenaje urbano, se usa cálculos basados en metodologías de Manning y Método Racional , apoyado de las normas y avances en herramientas computacionales, los avances que se realizan en este disciplina multidisciplinaria son fundamentales para garantizar la seguridad de las personas y la protección del medio ambiente, y el correcto dimensionamiento y ejecución en los proyectos de drenaje urbano. En ese sentido surge el presente trabajo de investigación que utiliza métodos cuantitativos, descriptivos e inductivos, y que tiene como objetivo realizar una evaluación de los riesgos asociados a la infraestructura del drenaje pluvial existente ante precipitaciones ya que ha presentado problemas de inundación debido a los volúmenes de agua causados ante la falta de capacidad de evacuación en el sistema de drenaje.

1.2.2. Justificación técnica práctica:

Este proyecto de investigación será de gran utilidad, basado en el contexto de drenaje pluvial y aumento de precipitaciones, ya que los datos que se logren obtener en este trabajo de investigación permitirán comprender el riesgo que se genera ante inundaciones pluviales, y nos permitirá evaluar los factores desencadenantes y condicionantes, conociendo los factores que propician la ocurrencia y severidad de los eventos, analizando la topografía del terreno, la cobertura vegetal, las características de infraestructura de drenaje pluvial, las precipitaciones, con el fin de alertar a la población ante el colapso de la infraestructura que transporta la escorrentía y pueda generar inundaciones pluviales, para poder estar prevenidos y mitigar los efectos que podrían desencadenarse en la zona de estudio.

1.2.3. Justificación institucional y personal:

El presente trabajo de investigación se justifica a nivel institucional, así como personal. Desde el punto vista institucional, la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene como objetivo cumplir con el compromiso de desarrollo sostenible de la región, en ese sentido busca generar conocimiento práctico y teórico para contribuir con soluciones para resolver las problemáticas actuales. Este estudio se enfoca con la gestión de riesgos, al promover el uso sostenible y eficiente para el aprovechamiento de los recursos hídricos.

Con respecto a la justificación personal, el interés por este tema surge de la inquietud y preocupación por las recurrentes inundaciones pluviales que vienen afectando y originando problemas en nuestra ciudad, además de implementar soluciones de acuerdo a bases teóricas que deben ser aplicadas en campo. A través de este trabajo de investigación, se espera fortalecer los conocimientos en el campo de la hidrología urbana, con el fin de contribuir el desarrollo de herramientas para la gestión del agua en zonas urbanas, y tener una visión con miras a una futura labor profesional dedicada a la gestión del recurso hídrico.

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

En el año 2014 según la resolución aprobada por la Municipalidad Provincial de Cajamarca ante la Ordenanza Municipal N° 457 – CMPC, se crea el nuevo Sector 24 denominado "Villa Huacariz", en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, es aquí donde se centra la investigación puesto que tiene antecedentes que indican que el drenaje pluvial existente tiene poca capacidad para transportar el flujo ante una precipitación intensa, lo que genera problemas de colapso en las calles, bajo esa premisa nace la investigación de evaluar el riesgo de inundación pluvial para establecer una alternativa de solución , está investigación se realizó durante el período comprendido entre enero 2023 a enero 2024, la zona estudiada de Villa Huacariz contempla un área de 94.66 Ha, y consideró un área de influencia de 30.87 Ha por los flujos aportantes. En este estudio analizará la capacidad de calle para hacer una contrastación del caudal hidrológico que aporta cada área tributaria para establecer una alternativa de solución, se limita a estudiar sedimentación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica que pueden influir con la disminución de la capacidad de las cunetas.

1.4. LIMITACIÓN:

Las limitaciones encontradas en el camino al desarrollo de la investigación, fueron en primer lugar la recolección de datos e inspecciones que precisaron el ingreso a terrenos privados, por lo que la autorización y consentimiento de la población no fue fácil, lo que torna al proceso lento y complejo. Asimismo, entre las principales limitaciones está la escasa información como datos históricos sobre inundaciones, mapas topográficos detallados y características de la infraestructura de drenaje, así como la insuficiente información meteorológica para realizar el estudio.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.5.1. Objetivo general:

- Evaluar el riesgo de inundación pluvial originado por precipitaciones intensas en la zona urbana Villa Huacariz – Cajamarca.

1.5.2. Objetivos específicos:

- Caracterizar la zona de estudio según el uso de suelo.
- Caracterizar la Quebrada Los Chilcos del tramo colindante con la zona de estudio.
- Caracterizar el sistema de drenaje pluvial existente.
- Evaluar los componentes del sistema de drenaje pluvial.
- Estimar el caudal de escorrentía que origina la inundación observada y su período de retorno.
- Proponer una alternativa de solución.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1.ANTECEDENTES TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN:

2.2.1. INTERNACIONAL:

(Fonseca, K. 2022) mediante el estudio que realizó en el sector Isla La Manga en el municipio de Yopal, ubicado en Colombia, determinó con exactitud las áreas frente a las amenazas y vulnerabilidades por inundación para ello recurrió al modelamiento espacial, utilizando métodos hidrológicos e hidráulicos, clasificó el nivel de amenaza por inundación de la zona, en categorías (Alta, Media, Baja), procesó información de profundidad y velocidad del flujo de acuerdo a las características de la pendiente. Sus resultados se evidenciaron en mapas producto de la fusión de las capas de profundidades y velocidades, para luego categorizarlos por cada pixel, en este estudio se utilizaron las técnicas, procedimientos y herramientas propias de un Sistema de Información Geográfica (SIG), en base a estos criterios se zonificaron las zonas de amenaza y se desarrolló un servicio Web Gis para la gestión, visualización, consulta y análisis de los resultados para la toma de decisiones de áreas de amenaza y vulnerabilidad por inundación del municipio de Yopal.

2.2.2. NACIONAL:

(Paúcar, M. 2020) realizó un análisis y estimación basado en un modelo probabilista de riesgo por inundación para estudiar la microcuenca de Llavini, distrito, provincia y región de Puno - Perú", en este estudio se estimó las zonas de riesgo, donde se identificaron la peligrosidad y vulnerabilidad a través de índices adimensionales normalizados por componentes de índole económico, social y ambiental, en cada dimensiones se evalúan factores de exposición, fragilidad y resiliencia, dentro de un ámbito urbano, los resultados mostraron que el 2% del territorio tiene un riesgo muy alto de inundaciones, el 56% tiene un riesgo bajo de inundaciones, y el 42% presenta un riesgo medio. La superficie analizada fue de 115 677,09 hectáreas. El estudio recomienda implementar medidas para disminuir el riesgo de inundaciones. Estas medidas incluyen la mejora de los drenajes pluviales, la construcción de diques y la reubicación y ordenamiento de las viviendas que se encuentran en zonas de alto riesgo.

2.2.3. LOCAL:

(Chuquimango, O. 2022) analizó el sistema de drenaje pluvial del sector La Molina del Distrito de Baños del Inca, provincia y región de Cajamarca, cuyo objetivo fue evaluar el sistema de drenaje pluvial debido a las fuertes precipitaciones, el área de estudio fue de 27.87 Ha. Se evidencia que se presenta inundaciones en la parte baja del sector La Molina, producto de ello

existe rebalse de agua pluvial y existencia de sedimentación en sus obras de arte, el cálculo se sustenta en las metodologías de Manning y Método Racional apoyado de las normas y herramientas computacionales para evaluar el riesgo, la operación y mantenimiento. Se concluyó que las cunetas son 100% triangulares, el 100% el tipo de drenaje es por gravedad, cabe recalcar que sus estructuras cuentan con un buen estado, las cunetas de sus calles presentan poca capacidad en el 78% de sus calles principales evaluadas, por lo que se produce rebalse en sus estructuras e inundaciones en la parte baja, la falta de pendiente y velocidad (27% en cunetas, y 77% en badenes) , adicional a ello se acumulan sedimentos y materiales sólidos, por lo que se recomienda hacer énfasis en su operación y mantenimiento.

2.2.BASES TEÓRICAS:

2.2.1. Precipitaciones máximas en 24 horas ($P_{máx24h}$).

(Villón, M. 2004) define como la precipitación máxima en 24 horas como un parámetro hidrometeorológico decisivo para la gestión de riesgos de inundaciones, dimensionamiento y diseño de obras hidráulicas, además la estimación de recursos hídricos, siendo la mayor cantidad de agua de lluvia que cae en el lapso de 24 horas en un punto específico.

2.2.2. Inundaciones pluviales:

(Baltuza, H. 2022) señala que las inundaciones son causadas básicamente por precipitaciones intensas, debido a sus factores condicionantes como características físicas de la cuenca (topografía, pendiente y cobertura vegetal), así como la condición del sistema del drenaje urbano cuando no puede evacuar el agua de lluvia de manera eficiente, lo que genera acumulación de agua en calles, avenidas y zonas bajas de las cuidades.

2.2.3. Riesgo:

(El Banco Interamericano De Desarrollo, 2019) desde una perspectiva de pérdida, define al riesgo como la combinación de tres elementos: el peligro, la susceptibilidad de bienes o recursos a ser afectados por eventos, el peligro que expone el valor de los bienes o recursos y la probabilidad de que el evento ocurra. Es así como se resume que el riesgo es la posibilidad de sufrir daños o pérdidas (como muertes, lesiones, daños a la propiedad, interrupción de la actividad económica o daños al ambiente) siendo el resultado de la interacción entre las amenazas naturales y antropogénicas.

2.2.4. Drenaje urbano:

(Bolinaga, J. 1979) hace mención que existen dos objetivos los cuales tienen fines o intenciones hacia las cuales se dirige el drenaje, un objetivo básico y otro complementario, por ende, un

sistema de drenaje se entenderá como un conjunto de acciones destinadas a evitar que las aguas pluviales causen daños a las propiedades o malestar en las personas y ciudades, o que obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana.

Tabla N° 1: Cuadro informativo sobre los objetivos del sistema de drenaje urbano.

OBJETIVOS			
BÁSICO		COMPLEMENTARIO	
Reducir daño a personas y propiedades.		Reducir molestias al tráfico de personas y vehículos.	
ACCIONES			
PREVENTIVAS	**CORRECTIVAS**		
	DRENAJE PRIMARIO	DRENAJE SECUNDARIO	DRENAJE SUPERFICIAL
▪ Conservación y protección de áreas tributarias. ▪ Regulación del uso de la tierra. ▪ Manejo de planicies inundables. ▪ Regulación de edificaciones (cotas mínima, usos de pisos inferiores, etc.). ▪ Adquisiciones de áreas inundables. ▪ Pronostico de inundación. ▪ Educación e información de los habitantes.	▪ Reducir molestias al tráfico de personas y vehículos. ▪ Diques marginales. ▪ Embalses y lagunas. ▪ Obras de descarga (mares, lagos). ▪ Colectores (conductos abiertos y cerrados). ▪ Estructuras especiales (disipadores , caídas, etc.). ▪ Obras similares. ▪ Eliminación de obstáculos.	• Colectores (conductos abiertos y cerrados). • Sumideros y estructuras especiales (disipadores, caídas, etc.). • Obras de almacenamiento (lagunas, estanques, retención y bombeo). • Obras de control de sedimentos y basuras (sedimentadores, trampas, etc.). • Obras en pequeños cauces naturales. • Obras de protección, similares y conexas.	• Canaletas, cunetas y similares. • Calles y vías en general incluyendo modificación de pendientes y secciones. • Superficies en general (techos, jardines, parques, áreas pavimentadas y naturales, etc.). • Almacenamientos superficiales (áreas verdes, estacionamientos, etc.).

Fuente: Adaptado de (Bolinaga, J. 1979)

2.2.5. Función básica:

(Bolinaga, J. 1979) es el conjunto de acciones preventivas y correctivas que están encaminadas al logro de reducir daño a las personas y propiedades que se complementan con acciones preventivas y correctivas.

2.2.6. Función complementaria:

(Bolinaga, J. 1979) se define como el conjunto de acciones preventivas y acciones correctivas en cuanto al drenaje primario, secundario y drenaje superficial con el fin de reducir molestias al tráfico de personas y vehículos que contemplan diques marginales, obras de descarga, hasta almacenamientos superficiales (áreas verdes, estacionamiento, etc.).

2.2.7. Análisis de drenaje pluvial:

(Serrano, R. 2020) señala que, para desarrollar modelos numéricos confiables en el análisis y evaluación del drenaje urbano, es necesario tener disponibilidad de datos pluviales precisos,

descripción minuciosa de la cuenca, además de realizar estudios para obtener las características del lugar, proceder con la evaluación pertinente de las obras de arte existentes y analizar la capacidad de drenaje, estas herramientas, a su vez, permiten optimizar costos en infraestructura para garantizar la eficiencia de los sistemas de drenaje.

2.2.8. Estudio de áreas inundables:

(Huamán, J. 2016) manifiesta que se deberá analizar e inspeccionar las características de la cuenca urbana, de deberá verificar zonas de poca pendiente, tener en consideración quebradas que se hayan desbordado e identificar áreas de mucha actividad comercial, también verificar el ancho y pendientes transversales de las calles, así como la altura y veredas especialmente en las calles más bajas, se deberá contar con un registro donde se evidencie el tipo de pavimento y la pendiente, con toda esa información se prepara un plano donde se aprecien los lugares que han sufrido daños causado por precipitaciones.

2.2.9. Caudal hidrológico:

(NT.CE.040, 2021) según lo establecido en la norma, el caudal hidrológico para el diseño y evaluación ante el riesgo de inundación se puede obtener mediante el método racional u otros procedimientos de hidrología urbana, o ya sea por hidrogramas unitarios, así mismo se puede usar modelos de simulación hidrológica (eventos o simulación continua). El método racional se utiliza para áreas de drenaje pequeñas.

$$Q = 0.278 * i * \sum_{j=1}^{m} C_j * A_j \quad (1)$$

Q = Caudal pico en m3/s.

i = Intensidad de la lluvia en mm/hora.

Aj = Área de drenaje de la j-enésima subcuenca (km2).

Cj = Coeficiente de escorrentía para la j-enésima subcuenca.

m = Número de subcuencas drenadas por alcantarilla o canales.

2.2.10. Análisis estadístico de datos hidrológicos:

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011) señala que para realizar un análisis estadístico de datos hidrológicos se deberá realizar el análisis de frecuencias con el fin de estimar intensidades o caudales máximos, donde se calcula para diferentes periodos de retorno, con la aplicación de modelos probabilísticos los cuales pueden ser discretos o continuos. Es así

como podemos citar varias funciones de distribución de probabilidad (Distribución Normal, Distribución Log Normal 2 parámetros, Distribución Log Pearson III, Distribución Gumbel, Distribución Log Gumbel).

2.2.11. Distribución de Gumbel:

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011) también llamada como la distribución de valores, Tipo Distribución Gumbel o Doble Exponencial, se presenta como función de distribución de probabilidades con la siguiente expresión.

$$F(X) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \tag{2}$$

Utilizando la metodología de momentos, se obtienen las relaciones siguientes:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S} \tag{3}$$

$$\beta = \bar{X} - 0.45 * S \tag{4}$$

Donde:

α = Parámetro de concentración.

β = Parámetro de localización.

$\bar{\bar{X}}$ = Media muestral.

S = Desviación estándar muestral.

2.2.12. Distribución normal:

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011) la función de densidad de probabilidad normal se define de la siguiente manera:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2} \tag{5}$$

Donde

f(x) = Función densidad normal de la variable x

X = variable independiente

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S= parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

2.2.13. Distribución Log Normal 2 Parámetros:

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011) definide la función Log normal por la fórmula siguiente:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(-(x-\bar{X})^2 / 2S^2\right)} dx \quad (6)$$

Si la variable x de la ecuación anterior se sustituye por una función como y=f(x), tal que y=log(x), la función se ordena, transformándose en una ley de probabilidades que es designada como lognormal, N (Y, Sy). Los valores iniciales de la variable aleatoria x, son transformados de la siguiente manera y = log x:

$$Y = \sum_{i=1}^{n} \log x_i / n \quad (7)$$

Donde Y es la media de los datos de la muestra modificada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - Y)^2}{n-1}} \quad (8)$$

2.2.14. Distribución Log Pearson Tipo III:

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011) la función de densidad es definida de la siguiente manera:

$$f(x) = \frac{(lnx - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(lnx-x_0)}{\beta}}}{x\beta^{\gamma}\tau(\gamma)} \quad (9)$$

Es válido para:

$$X_0 \leq x < \infty$$

$-\infty < X_0 < \infty$

$0 < \beta < \infty \; 0 < \gamma < \infty$

Donde:

X_0: parámetro de posición.

γ: parámetro de forma

β: parámetro de escala.

2.2.15. Pruebas de bondad de ajuste:

(Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011) define que las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis, sirven para analizar un conjunto de datos con el fin de verificar si son datos de una muestra independiente de la distribución, estas pruebas de bondad de ajuste son conocidas como la X^2 y la Kolmogorov – Smirnov.

(Villón, M. 2004) describe a las pruebas de bondad de ajuste como un test de evaluación aplicable a distribuciones constantes y resultaría útil para muestras grandes, y pequeñas. Para la aplicación de este test, se necesita determinar la frecuencia observada acumulada.

$$Fn(x) = \frac{n}{N+1} \tag{10}$$

Donde:

Fn (x) = Frecuencia observada.

n = Número de orden del dato.

N = Número total de datos.

Posteriormente, se pondera la frecuencia teórica acumulada F(x), precisa para cada una de las funciones. Una vez determinada ambas frecuencias, se inicia a computar el valor absoluto de las diferencias entre ambas, en la i-enésima posición, que se denomina Dc.

$$\text{Dc} = \text{Sup}|Fn(x)i - F(x)i| \tag{11}$$

(Villón, M. 2004) manifiesta que, si la diferencia es menor entre diferencia absoluta con la diferencia tabulada, que deberá ser calculada en base al tamaño de la muestra, se está hablando de buen ajuste con el nivel de significancia asumido (0.05 y 0.01 comúnmente) que deberá ser

aceptado. Por el contrario, si de esta diferencia resulta mayor entre las funciones de distribución muestral y la distribución propuesta, se rechaza.

2.2.16. Curvas intensidad – duración - frecuencia:

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008) define a la intensidad como la profundidad por unidad de tiempo (mm/h) siendo la tasa temporal de precipitación, que puede ser instantánea o intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Para el caso de duraciones de tormentas menores a 1 hora, y cuando no se tengas registros pluviógrafos, para el cálculo de las intensidades máximas, se deberán calcular por la metodología Dick Peschke, que relaciona a la precipitación máxima en 24 horas con la duración de una tormenta. Se define de la siguiente manera.

$$P_d = P_{24h}\left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25} \tag{12}$$

Pd = Precipitación total (mm).

d = duración en minutos

P_{24h} = precipitacion maxima en 24 horas (mm).

2.2.17. Coeficiente de escorrentía:

(NT.CE.040, 2021) según la hidrología el Coeficiente de Escorrentía es la relación de la precipitación total y la precipitación neta, cuyos coeficientes se definen según el periodo de retorno como lo mostrado en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2 : Selección del coeficiente de escorrentía para el método racional.

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Asfaltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto / Techo	0,80	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.).							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,32	0,34	0,37	0.4	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2 – 7%	0.37	0.4	0.43	0.46	0,49	0,53	0,61
Pendiente superior a 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)							

Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 – 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Promedio, 2 – 7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente superior a 7%	0.34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
ÁREAS NO DESARROLLADAS							
Área de Cultivos							
Plano, 0 - 2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Promedio, 2 – 7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 – 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques							
Plano, 0 - 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio, 2 – 7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: (NT.CE.040, 2021).

2.2.18. Tiempo de concentración:

(NT.CE.040, 2021) definido como la suma del tiempo desde el punto más alejado con la suma del tiempo de ingreso (t0) de la cuenca hasta la entrada ya sea de una alcantarilla o a un canal, y del tiempo de flujo (tf), es calculado para el flujo dentro de una alcantarilla, canal o más componentes de la infraestructura.

$$t_c = t_o + t_f \tag{13}$$

3.2.1. Riesgo de falla:

(Ponce, V. 2020). La probabilidad de falla de una estructura depende del período de retorno y la vida útil. El riesgo admisible, es decir, la probabilidad de que el caudal de diseño sea excedido por lo menos una vez durante la vida útil, está dado por la siguiente fórmula.

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (14)$$

R = riesgo admisible (en fracción de 1).

T = período de retorno (años)

n = vida útil de las obras (años).

2.2.19. Período de retorno:

(NT.CE.040, 2021) define al período de retorno como el intervalo entre el acontecimiento y tiempo de recurrencia donde se alcanza la máxima capacidad, para drenaje urbano el periodo de retorno más corto o bajo es de 5 a 10 años. En general para estas áreas, se puede utilizar el método racional para obtener la descarga pico y valores que se usan comúnmente asociados con áreas de drenaje menores a 100 hectáreas.

(Bolinaga, J. 1979) que define al período de retorno en función a sus objetivos (básicos o complementarios) también incluye un período para cada uso de la tierra.

Tabla N° 3 : Tiempo de retorno según uso de la tierra y función complementaria.

Tipo de uso	Tr (años)
Zona de actividad comercial	**10**
Zonas de actividad industrial	**10**
Zonas de edificios públicos	**10**
Zonas residenciales multifamiliares de alta densidad.	**5**
Zonas residenciales unifamiliares y multifamiliares de baja densidad.	**2**
Zonas recreativas de alto valor e intensidad de uso por el publico	**2**
Otras áreas recreativas.	**1**

Fuente: Adaptado de (Bolinaga, J. 1979).

2.2.20. Capacidad de calle:

(Franquet, J. 2019) define que es la respuesta efectiva para drenar la cantidad de líquido que fluye a través de una cuneta en un intervalo tiempo determinado. Para calcular la capacidad de

una cuneta se emplea la ecuación de Manning, basada en el principio del flujo en canales abiertos.

$$Q = \frac{(A * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2})}{n} \quad (15)$$

Q: Caudal (m3/seg)

V: Velocidad media (m/s)

A: Área de la sección (m2)

P: Perímetro mojado (m)

Rh: A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado)

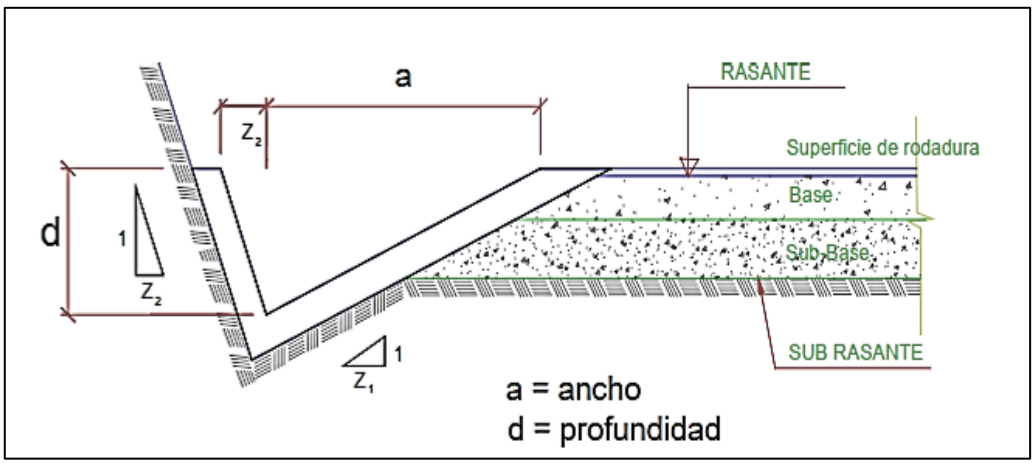
S: Pendiente del fondo (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

2.2.21. Características geométricas de una cuneta:

(NT.CE.040, 2021) en dicho manual se indica que es necesario conocer los parámetros geométricos tanto como área hidráulica, radio hidráulico, pendiente y velocidad para determinar la capacidad de una cuneta existente.

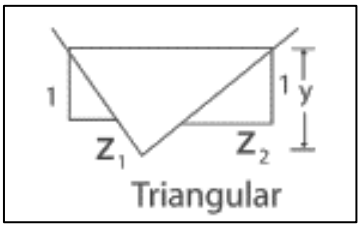
Figura N° 1: Características geométricas para una cuneta triangular.



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2021).

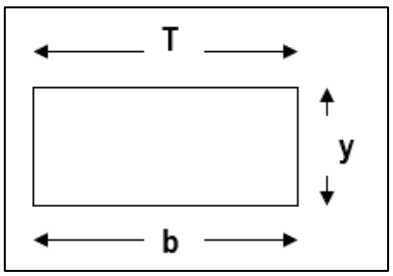
(Villón, M. 2008) de acuerdo a lo referenciado en su libro de Hidráulica de Canales se precisan las siguientes fórmulas para establecer las relaciones geométricas de canales triangulares con taludes diferentes.

Figura N° 2: Sección trapezoidal con taludes diferentes.



Fuente: Adaptado de (Villón, B. 2008).

Figura N° 3: Sección rectangular y dimensiones geométricas.



Fuente: Adaptado de (Villón, B. 2008).

2.2.22. Área hidráulica (A):

(Villón, B. 2008) según sus características geométricas se calcula el área de la sección transversal que será ocupada por el flujo en una sección de alguna estructura o conducto.

$$A = \frac{y^2\,(Z_1+Z_2)}{2}$$ Sección trapezoidal (16)

$$A = b * y$$ Sección rectangular (17)

2.2.23. Radio hidráulico:

(Villón, B. 2008) según sus características geométricas se utiliza para calcular la eficacia y comportamiento del fluido que pasa por una sección determinada, ya sea un canal abierto o cerrado, es fundamental en el campo de la hidráulica.

$$R = \frac{y\,(Z_1+Z_2)}{2\left(\sqrt{1+Z_2^2}+\sqrt{1+Z_1^2}\right)}$$ Sección trapezoidal (18)

$$R = \frac{b*y}{b+2y}$$ Sección rectangular (19)

2.2.24. Velocidad:

(Villón, B. 2008) se puede establecer mediante la siguiente ecuación (fórmula de Manning):

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

Donde:

R: Radio Hidráulico

S: Pendiente del fondo (m/m)

Se establecen valores admisibles para las velocidades máximas recomendadas en canales de acuerdo a la Tabla N° 4.

Tabla N° 4 : Velocidades máximas de acuerdo a las características de los suelos.

Características de los suelos	**Velocidades**
Canales en tierra franca	0.60
Canales en tierra arcillosa	0.90
Canales revestidos con piedra y mezcla	1.00
Canales con mampostería de piedra y concreto	2.00
Canales en roca	3.00
Pizarra,	1.25
Areniscas consolidadas	1.50
Roca dura, granito, etc.	3 a 5

Fuente: Adaptado de (Villón, B. 2008)

2.2.25. Coeficiente de manning:

(Cadavid, J. 2020) describe al coeficiente de rugosidad de Manning como el determinante para establecer la resistencia de un flujo en un canal o cuneta

Tabla N° 5 : Coeficiente de Manning según la superficie del canal o cuneta.

Tipo de cuneta o calzada	**n de Manning**
Cuneta de concreto con acabado paleteado	0,012
Calzada de asfalto	
Textura suave (o lisa)	0,013
Textura rugosa	0,016
Cuneta de concreto – calzada de asfalto	
Suave (o liso)	0,013
Rugoso	0,015

Calzada de concreto	
Acabado	0,014
Acabado escobillado	0,016
Para cunetas con pendientes pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores antes indicados de n, en	0.002
Referencia: USDOT, FHWA, HDS-3[36]	

Fuente: (NT.CE.040, 2021).

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008) además cabe recalcar que la pendiente longitudinal de una cuneta debe estar entre la condición de autolimpieza y la evite originar velocidades erosivas, por lo que debe evitarse que la velocidad media no exceda los límites permitidos, para que la corriente no cause daños por erosión en el canal o superficie de cauce. Es decir:

$$0.5\% < i < 2\%$$

2.2.26. Software SWMM:

(Serrano, M. 2022) describe al software Stormwater Management Model (SWMM) como un programa elaborado y ejecutado por la Agencia Norteamericana de Medioambiente, Environmental Protection Agency (EPA), fue creado en el 1971, y en el transcurso de los años el programa ha ido desarrollándose hasta llegar a la versión actual 5.2, este programa permite realizar simulaciones para fenómenos hidrológicos, podrían simularse para un único suceso en un período de tiempo determinado, este software también permite simular la cantidad y calidad de agua evacuada. La interfaz de este programa permite insertar los datos hidrológicos para el área de estudio y simula su comportamiento del drenaje urbane en los elementos de su red. El programa nos arroja gráficas, tablas o simulaciones dinámicas que nos muestran el progreso del evento de estudio.

(Anta, J. 2019) describe al modelo hidráulico del software Stormwater Management Model (SWMM), que nos permite analizar el flujo causado por escorrentía ante precipitaciones, y el caudal generado en cada subcuenca, o producto de las redes de tubería, depósitos o vertederos. Al usar este modelo nos permitirá trabajar con redes de todo tipo de tamaños, emplear conducciones abiertas y cerradas con diferentes geometrías, nos permite incluir el uso de

depósitos o bombas, vertederos, además de configurar diferentes tipos de flujo en el modelamiento.

2.2.27. Módulo Runoff:

(Akan, O. 2015) tiene similitud con los procesos de transformación de lluvia – escorrentía de una cuenca, por lo que las variables de entrada serán hidrogramas en la red de drenaje. Para ello, se considerará a la cuenca dividida en subcuencas, las cuales generaran su propia escorrentía que se introduce a la red por un determinado punto o nodo de entrada, en la mayoría de los casos se considera una salida. Los bloques RUNOFF sirven para el cálculo de la escorrentía en cada una de las subcuencas producidas por la escorrentía generada por la lluvia y muestra como salida resultados, en forma de hidrogramas, la información es usada también por módulos EXTRAN. Por lo que se recomienda, la correcta preparación de los datos del modelo de bloques Runoff.

El caudal de salida responde a la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{W}{n}(P - P_p)^{5/3} S^{1/2} \tag{21}$$

Donde:

Q: Caudal de salida de la subcuenca (m^3/s).

W: Ancho de la subcuenca (m).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

P: Profundidad del agua (m).

Pp: Profundidad de retención superficial (m).

S: Pendiente.

(Akan, O. 2015) muestra la ecuación del depósito no lineal, y se instituye resolviendo el sistema de ecuaciones basadas en la ecuación de continuidad y la ecuación de Manning, donde la continuidad para cada subcuenca es:

$$\frac{dv}{dt} = A\frac{dp}{dt} = A * i - Q \tag{22}$$

Donde:

V: volumen de agua en la subcuenca ($V=A \cdot p$), (m^3).

p: profundidad del agua, (m).

t: tiempo, (s).

A: superficie de la subcuenca, (m^2).

i: lluvia neta (precipitación menos infiltración y evaporación), (m/s).

Q: caudal de salida de la subcuenca, (m^3/s).

Las dos ecuaciones anteriores se ajustan para dar lugar a la ecuación diferencial, no lineal, para el calado.

$$\frac{dp}{dt} = i - \frac{W}{A.n}\left(p - p_p\right)^{5/3} S^{1/2} \tag{23}$$

(Serrano, M. 2022) describe a la ecuación como el resultado de un esquema de diferencias finitas de Newton-Raphson, para cada incremento de tiempo. Los datos de entrada o conocidos como inputs requeridos por el módulo RUNOFF son:

Datos meteorológicos: para la descripción del evento de lluvia, mediante el uso de hietogramas que relacionan datos de intensidades de lluvia en intervalos fijados de tiempo y duración total.

Características de las subcuencas: como número de identificación de la subcuenca, y análisis del lugar por donde drena cada subcuenca, que pueden ser nodos de entrada a la red de drenaje conocidos como sumideros, canales. Es así como podemos definir a los sumideros compartidos por varias subcuencas, identificando el ancho, área, pendiente media de cada subcuenca. Se les asigna el coeficiente de rugosidad de Manning diferenciándolas entre zonas permeables y zonas impermeables, de esta manera se calcula el volumen de almacenamiento y retención de cada zona, calculando los parámetros de infiltración, según la ecuación de Horton.

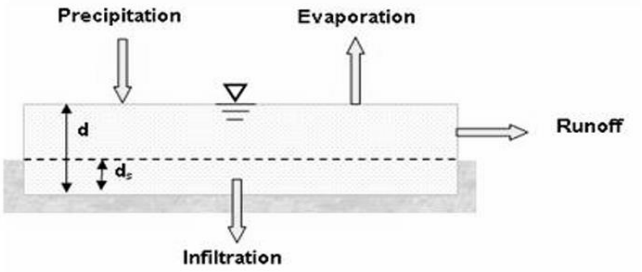
Características de los canales de drenaje: se describe la capacidad de los canales en cada subcuenca puede conducir su escorrentía, se verifica su derivación hacia a un sumidero suelen quedar delimitados por sus bordillos.

2.2.28. Procesos lluvia – escorrentía:

(Environmental Protection Agency, 2022) describe a este proceso por cada superficie de la subcuenca donde se considera un depósito no lineal. Las entradas proceden de la lluvia y la escorrentía de las subcuencas escogidas aguas arriba. Se calcula la filtración, la evaporación y

la escorrentía superficial. La vista conceptual del flujo superficial manejada por el SWMM se muestra en la siguiente figura.

Figura N° 4: Esquema de la modelación de SWMM.



Fuente: Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2, 2022.

(Anta, J. 2019) describe al modelo EXTRAN (Extended Transport Module) que utiliza como datos de entrada los datos de salida del módulo RUNOFF, consistentes en la evolución temporal de la entrada del agua de escorrentía en la red de alcantarillado a través de los imbornales (o nodos de entrada), para modelar el flujo del agua por la red de alcantarillado, a través de los conductos, nodos y depósitos, mediante la resolución de las ecuaciones completas de Saint-Venant.

(Serrano, M. 2022) señala al modelo EXTRAN como una mejora del módulo TRANSPORT que corresponde al mismo programa SWMM, y que soluciona el problema de propagación mediante el método de la onda cinemática. Este método, que no tiene la capacidad de representar los efectos hacia aguas arriba, simbolizaba una importante deficiencia y pérdida de la validez de los resultados. Las ecuaciones de Saint-Venant son las siguientes:

Ecuación de continuidad para secciones prismáticas.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \qquad (24)$$

Donde:

A: área de la sección.

Q: caudal.

x: distancia a lo largo del conducto.

t: tiempo.

Ecuación de conservación de la cantidad de movimiento.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial\left(\frac{Q^2}{A}\right)}{\partial x} + g.A\frac{\partial H}{\partial x} + g.A.S_f = 0 \quad (25)$$

Donde:

g: gravedad.

H: cota piezométrica (H = z+h).

Z: cota de la solera o lecho.

H: calado.

S_f : pendiente de fricción, según la ecuación de Manning.

(Anta, J. 2019) para resolver un sistema de ecuaciones diferenciales para el módulo EXTRAN se usa una descripción en la red de nodos que son denominados "junctions" o "nodes" y conductos llamados "links" donde se utilizará una modificación de la ecuación de continuidad en los nodos y para representar matemáticamente el prototipo físico se usará con elementos singulares tales como orificios, depósitos o azudes de acuerdo a la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento en los conductos. Al resolver las ecuaciones de Saint-Venant dando continuidad en los nodos y conservación en los conductos, se disminuye el número de incógnitas, acelerando los tiempos de computación.

(Anta, J. 2019) Condición de Courant que es expresada de la siguiente manera, donde el aumento de tiempo está condicionado al tiempo necesario por una onda dinámica para propagarse en la longitud del conducto.

$$\Delta t \leq \frac{L}{\sqrt{g.D}} \quad (26)$$

Donde:

Δt: incremento de tiempo.

L: longitud del conducto.

D: calado máximo del conducto.

g: gravedad.

(Anta, J. 2019) condición sobre los nodos.

$$\Delta t \leq 0.1 * As \frac{\Delta H\ máx}{\Sigma Q} \quad (27)$$

Donde:

$\Delta H_{máx}$: elevación máxima del agua en Δt.

ΣQ: flujo neto de entrada al nodo.

Finalmente, se resume que para las ecuaciones de Saint-Venant, se necesitan la condición de contorno aguas abajo, cabe recalcar que en cuanto a la restricción que presenta SWMM obliga a la disposición de sólo un conducto (procedente de un nodo donde sólo haya otro conducto de llegada) en la salida del sistema, e atribuir ahí la condición de contorno.

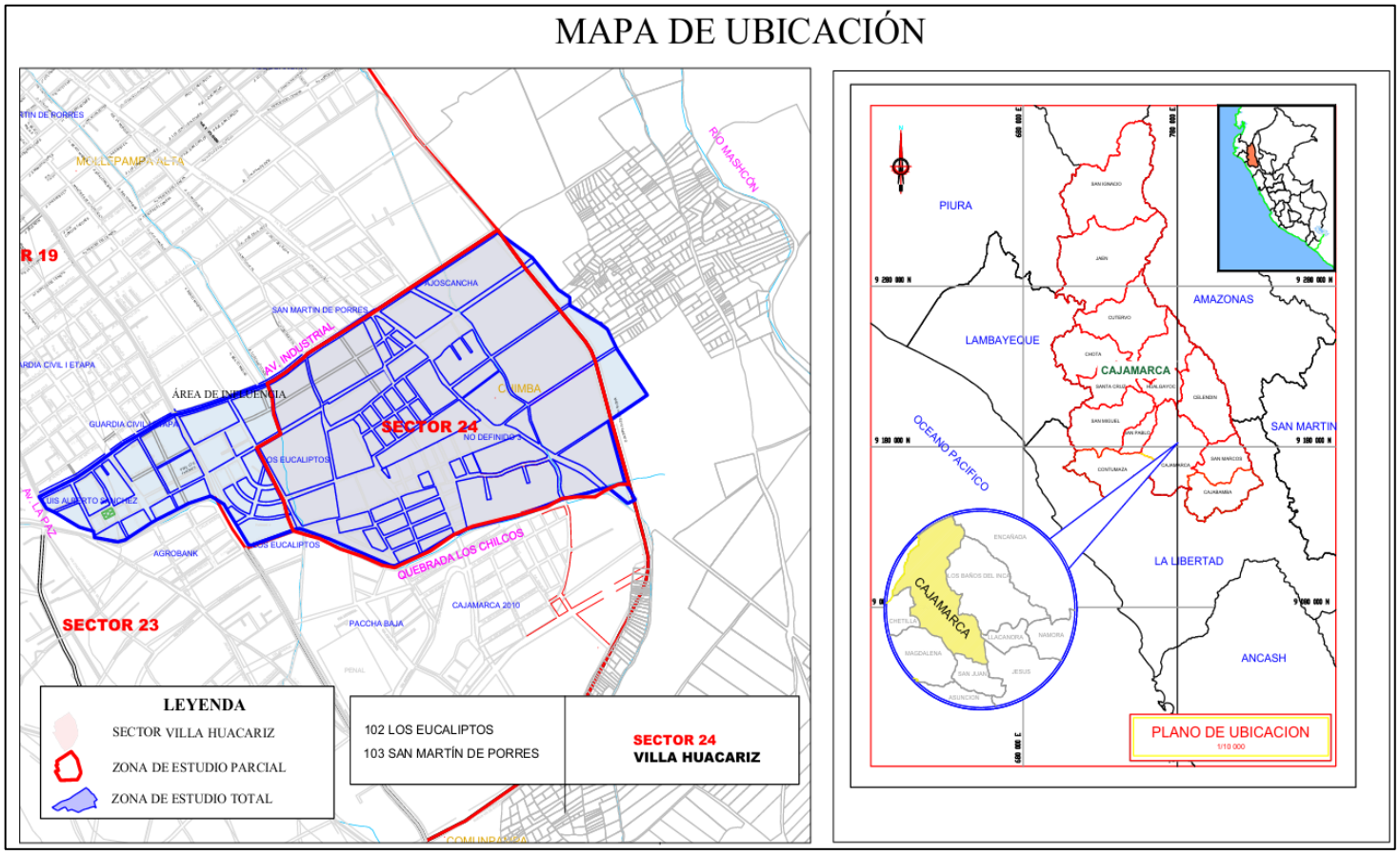
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

La presente investigación se desarrolló en el distrito, provincia y región de Cajamarca, el área objeto de estudio se encuentra en el sector sur de la ciudad de Cajamarca, por lo que presenta un total de 125.53 hectáreas, donde 94.66 hectáreas le corresponde a la zona de Villa Huacariz y cuyas direcciones de flujo se direccionan hasta la quebrada existente “Los Chilcos”, la zona atraviesa la Carretera Longitudinal Sierra Norte perteneciente a la Red Vial Nacional, que en el tramo de la zona de estudio se conoce como “ La Carretera a Jesús”, el área total está delimitada por

- Norte: Av. Industrial.
- Sur: Quebrada Los Chilcos.
- Este: Río Mashcón
- Oeste: Av. La Paz.

Figura N° 5: Delimitación de la ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Plano Catastral Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2023.

3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES:

Materiales:

- Libretas de apuntes para recolección de datos.
- Formatos para compilar información de cada calle.
- Información histórica de precipitación de la estación Augusto Weberbauer proporcionado por SENAMHI, ANA.
- Plano catastral proporcionado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Equipos:

- GPS diferencial Tremble (R12).
- Cámara fotográfica.
- Laptop Lenovo i7.
- Impresora EPSON L375.
- Dron Phanton RTK para inspección y análisis de información.

Softwares.

- AutoCAD Civil 3D – 2021.
- Microsoft Office 2016.
- Sotfware SWMM.
- QGIS Desktop 3.28.8
- Google Earth.
- HCanales V 3.0.

3.4.METODOLOGÍA DEL TRABAJO:

A) Tipo de Investigación:

La presente tesis se desarrollará mediante una investigación aplicada y cuantitativa, porque busca recopilar datos precisos en campo, como los conseguidos a través de levantamientos topográficos y estudios hidrológicos, para evaluar el sistema de drenaje pluvial que garantice su buen funcionamiento.

B) Diseño de Investigación:

La investigación se basó en un diseño no experimental descriptivo, para evaluar el sistema de drenaje pluvial en su estado actual, por lo que recolectaron datos cuantitativos a través de observaciones directas, los cuales fueron registrados en fichas de campo. En base a estos datos se procederá a comparar el sistema de drenaje con los

requerimientos establecidos en la Norma técnica CE.040 y el Manual de Hidrología, identificando así oportunidades de mejora y desviaciones.

C) Método de Investigación:

Emplearemos un enfoque inductivo en esta tesis, es decir, partiremos de observaciones específicas en campo del sistema de drenaje para generar conclusiones generales que puedan ser comprobadas.

D) Unidad de Análisis:

La unidad de análisis es la evaluación del sistema de drenaje pluvial del sector Sur de Cajamarca, donde se ubica la zona de Villa Huacariz, la evaluación incluye una descripción minuciosa del sistema de drenaje existente, así como estudios topográficos e hidrológicos para determinar posibles mejoras y comprender su funcionamiento.

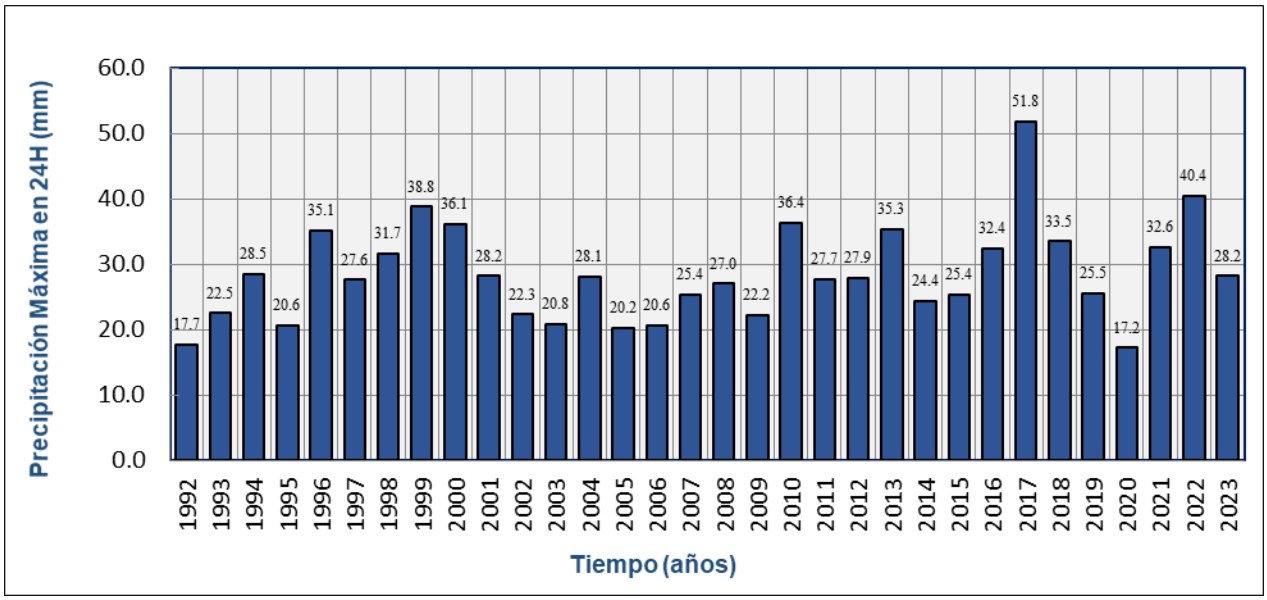
3.4.1. Análisis de precipitación:

Para la evaluación del riesgo de inundación del sistema de drenaje pluvial se realizó el análisis de la precipitación, que vendría a ser un aspecto fundamental en la evaluación, debido a la alta variabilidad climática del país y la presencia de zonas con alta susceptibilidad a este fenómeno.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) proporciona datos históricos de precipitación de estaciones meteorológicas a nivel nacional, para la zona de estudio se toman datos de la estación Augusto Weberbauer, estos datos serán utilizados para analizar patrones de precipitación, identificar eventos extremos y estimar la probabilidad de ocurrencia de inundaciones. La protección y análisis frente a las inundaciones pluviales se complementa con los criterios definidos para el diseño de la red de drenaje según lo que la Norma Técnica OS.060 Drenaje Pluvial Urbano fue modificada y reemplazada por la Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones mediante la Resolución Ministerial N° 126-2021-VIVIENDA, publicada el 24 de abril de 2021.

Para el análisis se usó la precipitación máxima en 24 horas que según lo descrito en el marco teórico, trata de un valor extremo y se utiliza para el diseño de infraestructura hidráulica, la evaluación del riesgo de inundaciones y estudios hidrológicos. Es un elemento clave para evaluar el riesgo de inundación en áreas específicas. Al conocer la precipitación máxima probable en 24 horas, se puede estimar la probabilidad de que se produzca una inundación y sus potenciales impactos.

Figura N° 6: Precipitación máxima de 24 horas de la estación Augusto Weberbauer 1992-2023.



PRIMERO: Para el caso de la información, la muestra analizada es pequeña con tan sólo 32 años. En la Tabla N° 6 se muestran los parámetros estadísticos de la muestra de precipitación máxima cuyo máximo valor registrado fue de 51.8 mm y el mínimo valor registrado fue de 17.2 mm.

Tabla N° 6: Parámetros estadísticos de la precipitación máxima de la estación Augusto Weberbauer.

Descripción	$P_{máx24}$	Log (24)
Numero de datos n	32	32
Suma ∑	912.1	46.1206
Máximo	51.8	1.7143
Mínimo	17.2	1.2355
Promedio $\bar{x}$	28.5	1.4413
Desviación estándar s	7.4676	0.1097
Coeficiente asimetría Cs	0.9625	0.2113
Cs/6 k	0.1604	0.0352

Según el método del Water Resources Council establecido en el año 1981, se recomienda el ajuste de datos dudosos, para analizar puntos que se diferencien más o menos de la línea media de frecuencia ante un evento de lluvia, estos datos dudosos serán puntos de la información que se desvíen de manera significativa de la información.

Tabla N° 7: Selección de valores para la prueba de datos dudosos (K_n).

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.94
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.65	55	2.804		

Fuente: U.S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiende valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución seleccionada.

- Cálculo del umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas).

$$x_H = \bar{x} + Kn \cdot s$$

$$x_H = 1.73$$

- Resultado de la precipitación máxima aceptada.

$$PH = 10^{xH}$$

$$PH = 53.1\ mm$$

- Cálculo del Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas).

$$x_L = \bar{x} - Kn \cdot s$$

$$x_L = 1.16$$

- Resultado de la precipitación mínima aceptada.

$$PH = 10^{xL}$$

$$PL = 14.4\ mm$$

Se observa que todos los valores "Pmáx$_{24}$" están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 51.8 y 17.2 mm. por lo que no existen datos dudosos.

SEGUNDO: Se ordenan los datos de mayor a menor y se ejecuta el análisis de frecuencias, en la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; se utilizó

varias distribuciones como la Normal, Gumbel, Log Normal, Pearson III, Log Pearson III. Los resultados del análisis de frecuencia se muestran en la Tabla N° 8, para luego utilizarse la Prueba Kolmogorov – Smirnov, método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, por consiguiente, nos permite elegir la más representativa, que en el presente estudio es la distribución de Gumbel.

Tabla N° 8: Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov - Smirnov

Ítem	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Pearson III	Gumbel
Δ máx.	0.13653	0.08711	0.07342	0.72249	0.06616
Δ crítico	0.23487	0.23487	0.23487	0.23487	0.23487
Δcrítico > Δmáx	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta
Mejor Ajuste	5	4	3	2	1

TERCERO: La principal variable de análisis es la precipitación máxima anual que resulta de la precipitación máxima diaria. Debido a las discretizaciones efectuadas por día en la toma de datos por parte de las agencias del clima como el SENAMHI en Perú, la variable Pmax24h (Precipitación máxima en 24 horas) demanda de una corrección. Algunos estudios recomiendan corregir la Pmax24h por un factor de 1.13 como lo publicado por Hershfield en 1961.

Tabla N° 9: PMáx. Corregida de la estación Augusto Weberbauer

T (años)	$P(X \leq x_T)$	P_{MAX} (corregida) mm
2	0.500	30.8
5	0.800	38.3
10	0.900	43.2
15	0.950	46.0
20	0.971	48.0
25	0.980	49.5
50	0.986	54.1
100	0.990	58.7
250	0.996	64.7
500	0.998	69.3
1000	0.999	73.9

CUARTO: según lo descrito en el marco teórico de la presente investigación, el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) describe que, en nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviométrica con la que se cuenta, es difícil elaborar curvas de intensidad - duración - frecuencia (IDF). Generalmente, sólo contamos con información de lluvias máximas en 24 horas, por lo que, la

intensidad máxima se calcula a partir de la precipitación máxima en 24 horas multiplicada por un coeficiente de duración. Cada coeficiente está en función de una duración determinada (ver Tabla N° 10).

Tabla N° 10: Relación de coeficiente en función de una duración

Duración horas	Coeficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

(Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, 2011) nos indica que, cuando la duración de la tormenta es menor a 1 hora o no se tenga las intensidades máximas del registro de lluvia, estas se pueden determinar utilizando el método de Dick Peschke, que se relaciona con la duración de la tormenta la lluvia más fuerte en 24 horas.

$$1\ hora \leq t \leq 24\ horas$$

$$P_t = P_{max24h}\left(\frac{t}{1440}\right)^{0.25}$$

Pmax24h: Precipitación máxima de 24h para cierto TR (mm).

t: Duración de la lluvia (minutos).

Pt: Precipitación total caída en " t " minutos (mm).

Tabla N° 11: Valores de precipitaciones máximas.

Tr (años)	2	5	10	15	20	25	50	100
Pmx24h(mm)	**30.82**	**38.28**	**43.22**	**46.00**	**47.95**	**49.46**	**54.08**	**58.68**
Duración (min)	**Precipitaciones Máximas (mm)**							
5	7.48	9.29	10.49	11.17	11.64	12.01	13.13	14.24
10	8.90	11.05	12.48	13.28	13.84	14.28	15.61	16.94
15	9.85	12.23	13.81	14.70	15.32	15.80	17.28	18.75
30	11.71	14.54	16.42	17.48	18.22	18.79	20.55	22.29
60	7.71	9.57	10.80	11.50	11.99	12.36	13.52	14.67
120	9.55	11.87	13.40	14.26	14.87	15.33	16.77	18.19
180	11.71	14.55	16.42	17.48	18.22	18.79	20.55	22.30
240	13.56	16.84	19.02	20.24	21.10	21.76	23.80	25.82
300	15.41	19.14	21.61	23.00	23.98	24.73	27.04	29.34
360	17.26	21.44	24.20	25.76	26.85	27.69	30.29	32.86
480	19.73	24.50	27.66	29.44	30.69	31.65	34.61	37.55
600	22.50	27.94	31.55	33.58	35.01	36.10	39.48	42.83
720	24.35	30.24	34.14	36.34	37.88	39.07	42.73	46.35
840	25.58	31.77	35.87	38.18	39.80	41.05	44.89	48.70
960	26.82	33.30	37.60	40.02	41.72	43.03	47.05	51.05
1080	27.74	34.45	38.90	41.40	43.16	44.51	48.67	52.81
1200	28.66	35.60	40.19	42.78	44.60	45.99	50.30	54.57
1320	29.90	37.13	41.92	44.62	46.51	47.97	52.46	56.92
1440	30.82	38.28	43.22	46.00	47.95	49.46	54.08	58.68

QUINTO: La intensidad se obtiene dividiendo la precipitación PD por la duración d. La curva intensidad – duración – frecuencia se calcula indirectamente mediante la siguiente expresión.

$$I = \frac{10^K Tr^m}{t^n}$$

I: Intensidad Máxima (mm/hr).

Tr: Período de Retorno (años).

t: Duración de la Lluvia (minutos).

K, m, n: Factores característicos de la zona de estudio.

A partir de un análisis de regresión múltiple se obtienen el valor de los parámetros m, n, k, para cada tiempo de retorno cuya tabla completa se muestran en el ANEXO 2.

Tabla N° 12: de regresión múltiple.

duración (min)	Tiempo de retorno(años)			m	n	k
				0.162	**0.736**	**2.337**
d	T	x2=Log(d)	x3=Log(T)	I	y=Log(I)	
10.00	2	1.00000	0.30103	53.39	1.7274	179.13
15.00	2	1.17609	0.30103	39.39	1.5954	158.98
30.00	2	1.47712	0.30103	23.42	1.3696	134.44
60.00	2	1.77815	0.30103	7.71	0.8868	117.29
120.00	2	2.07918	0.30103	4.78	0.6792	104.54
180.00	2	2.25527	0.30103	3.90	0.5915	98.47
240.00	2	2.38021	0.30103	3.39	0.5303	94.64
300.00	2	2.47712	0.30103	3.08	0.4889	91.91
360.00	2	2.55630	0.30103	2.88	0.4589	89.80
480.00	2	2.68124	0.30103	2.47	0.3920	86.70
600.00	2	2.77815	0.30103	2.25	0.3522	84.47
720.00	2	2.85733	0.30103	2.03	0.3073	82.74
840.00	2	2.92428	0.30103	1.83	0.2618	81.34
960.00	2	2.98227	0.30103	1.68	0.2243	80.18
1080.00	2	3.03342	0.30103	1.54	0.1878	79.18
1440.00	2	3.15836	0.30103	1.28	0.1087	76.86

Siendo la ecuación conocida se puede reemplazar en ella valores para cualquier Tr y t, obteniéndose como resultado la intensidad, a continuación, se muestra algunos valores de intensidades según dicha ecuación en la Tabla N° 13, y su respectiva curva IDF:

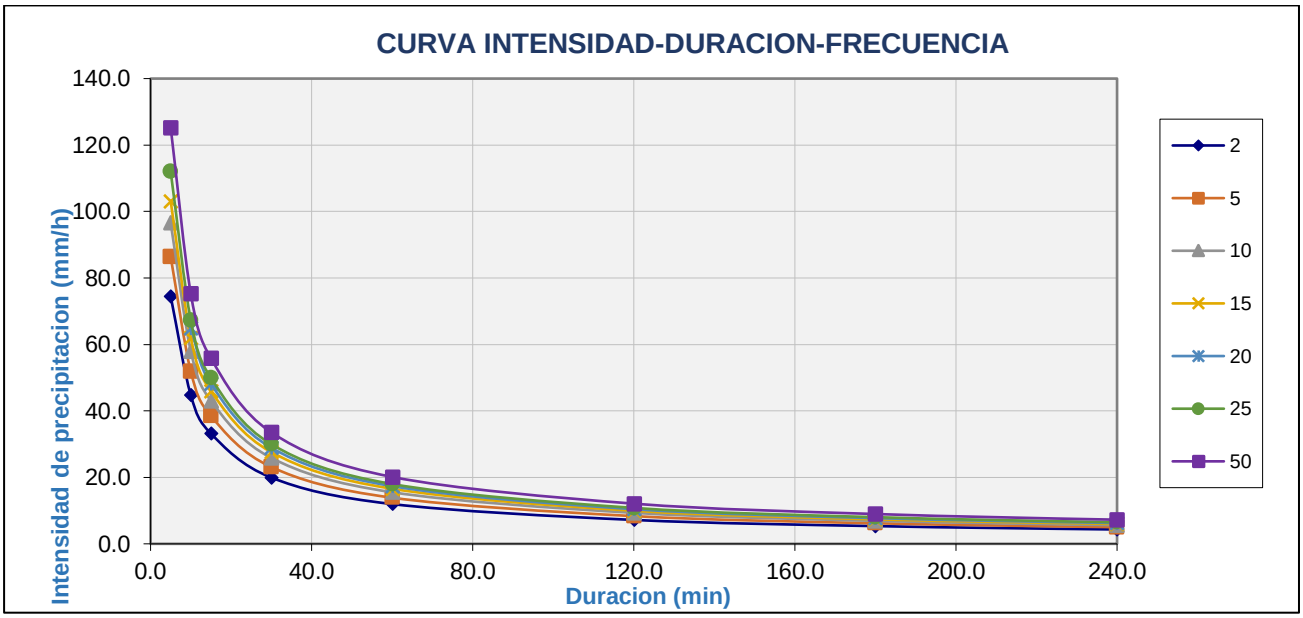
$$I = \frac{10^{2.337} * Tr^{0.162}}{t^{0.736}}$$

Tabla N° 13: Valores de intensidades máximas.

INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/hr)								
Duración (min)	**Duración (hr)**	**Tiempo de retorno (años)**						
		2	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**50**
5	**0.08**	74.44	86.32	96.54	103.08	107.98	111.95	125.21
10	**0.17**	44.70	51.84	57.98	61.90	64.85	67.23	75.19
15	**0.25**	33.17	38.47	43.02	45.94	48.12	49.89	55.80
30	**0.50**	19.92	23.10	25.84	27.59	28.90	29.96	33.51
60	**1.00**	11.96	13.87	15.52	16.57	17.35	17.99	20.12
120	**2.00**	7.18	8.33	9.32	9.95	10.42	10.80	12.08
180	**3.00**	5.33	6.18	6.91	7.38	7.73	8.02	8.97
240	**4.00**	4.31	5.00	5.60	5.97	6.26	6.49	7.26
480	**8.00**	2.59	3.00	3.36	3.59	3.76	3.90	4.36
600	**10.00**	2.20	2.55	2.85	3.04	3.19	3.31	3.70
720	**12.00**	1.92	2.23	2.49	2.66	2.79	2.89	3.23
840	**14.00**	1.72	1.99	2.23	2.38	2.49	2.58	2.89
960	**16.00**	1.56	1.80	2.02	2.15	2.26	2.34	2.62
1080	**18.00**	1.43	1.65	1.85	1.98	2.07	2.15	2.40
1200	**20.00**	1.32	1.53	1.71	1.83	1.92	1.99	2.22
1320	**22.00**	1.23	1.43	1.60	1.70	1.79	1.85	2.07
1440	**24.00**	1.15	1.34	1.50	1.60	1.67	1.74	1.94

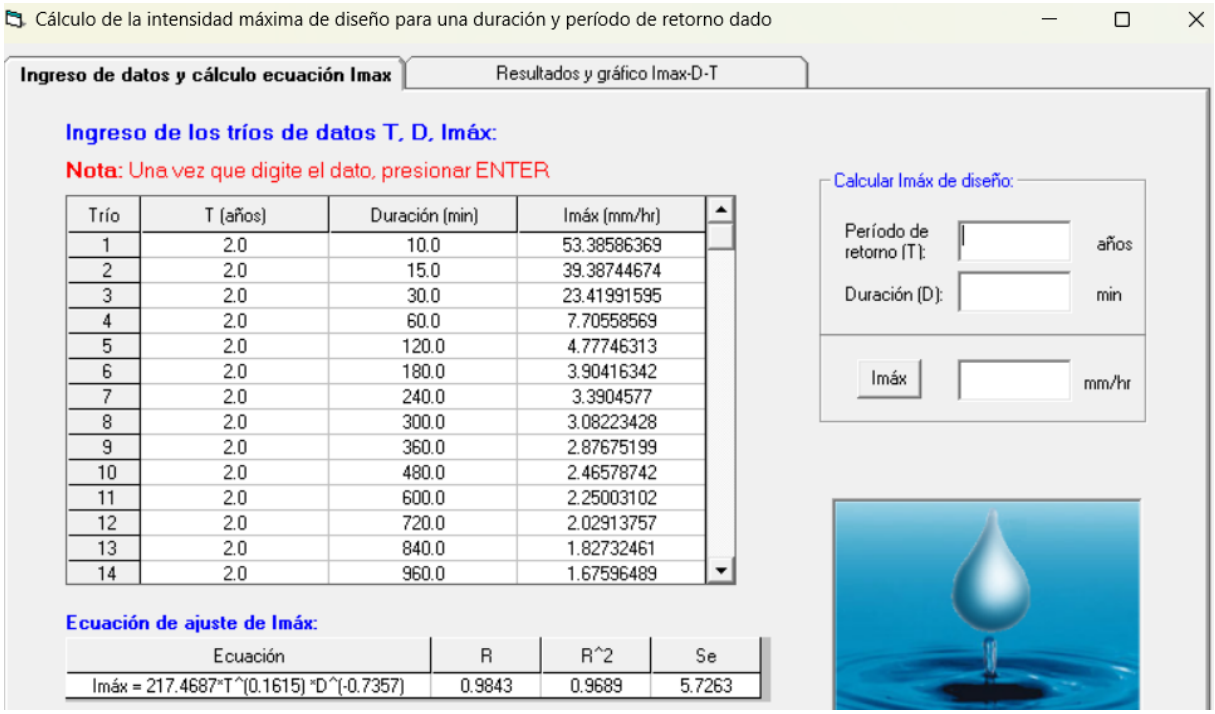
De las intensidades determinadas para los diferentes períodos de retorno, se puede obtener la gráfica de las curvas intensidad - duración - frecuencia (IDF).

Figura N° 7: Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia de la estación Weberbauer.



Finalmente, para los cálculos indicados y calcular la ecuación general de curvas IDF se utiliza la opción Precipitación /cálculo intensidad máxima del Software Hidroesta.

Figura N° 8: Resultado de la ecuación de intensidad máxima en el Software Hidroesta.



Se obtiene la ecuación de ajuste de intensidad máxima que servirá para hallar las intensidades de cada calle, una vez obtenido el tiempo de concentración de cada calle

$$I_{max} = 217.469 * \frac{T^{0.1615}}{D^{0.7357}}$$

I máx.= intensidad máxima de lluvia, en mm/hr.

T= periodo de retorno en años.

D= duración, en minutos.

3.4.2. Descripción de la Quebrada Los Chilcos.

La quebrada Los Chilcos se conforma de dos subcuencas principales que confluyen en la zona urbana. La primera tiene su origen en las alturas de la quebrada Cruz Blanca, mientras que la segunda es un afluente de la quebrada de Shudal. A partir de este punto de unión, el cauce de la quebrada se canaliza artificialmente, evitando la incorporación de nuevos aportes hídricos hasta su desembocadura final en el río Mashcón. El ámbito geográfico de este estudio se circunscribe a la parte de la quebrada delimitada por los puntos 2 al 6, cuyos datos de localización se encuentran detallados en la Tabla N° 14.

Tabla N° 14: Coordenadas UTM-WGS84-17S de los puntos base de la quebrada.

Punto	Descripción	Este	Norte
1	Unión Quebrada Los Chilcos y Shudal	775853	9204856
2	1° Punto de zona de estudio, Invasión de cauce	776696	9204902
3	Puente Av. San Martín, inicio de zona descolmatada	777123	9205035
4	Final de zona descolmatada	777436	9204930
5	Corte a la defensa de la quebrada	778151	9204956
6	Cruce Vía 3N	778513	9205081
7	Final de la quebrada, río Mashcón	779356	9205337

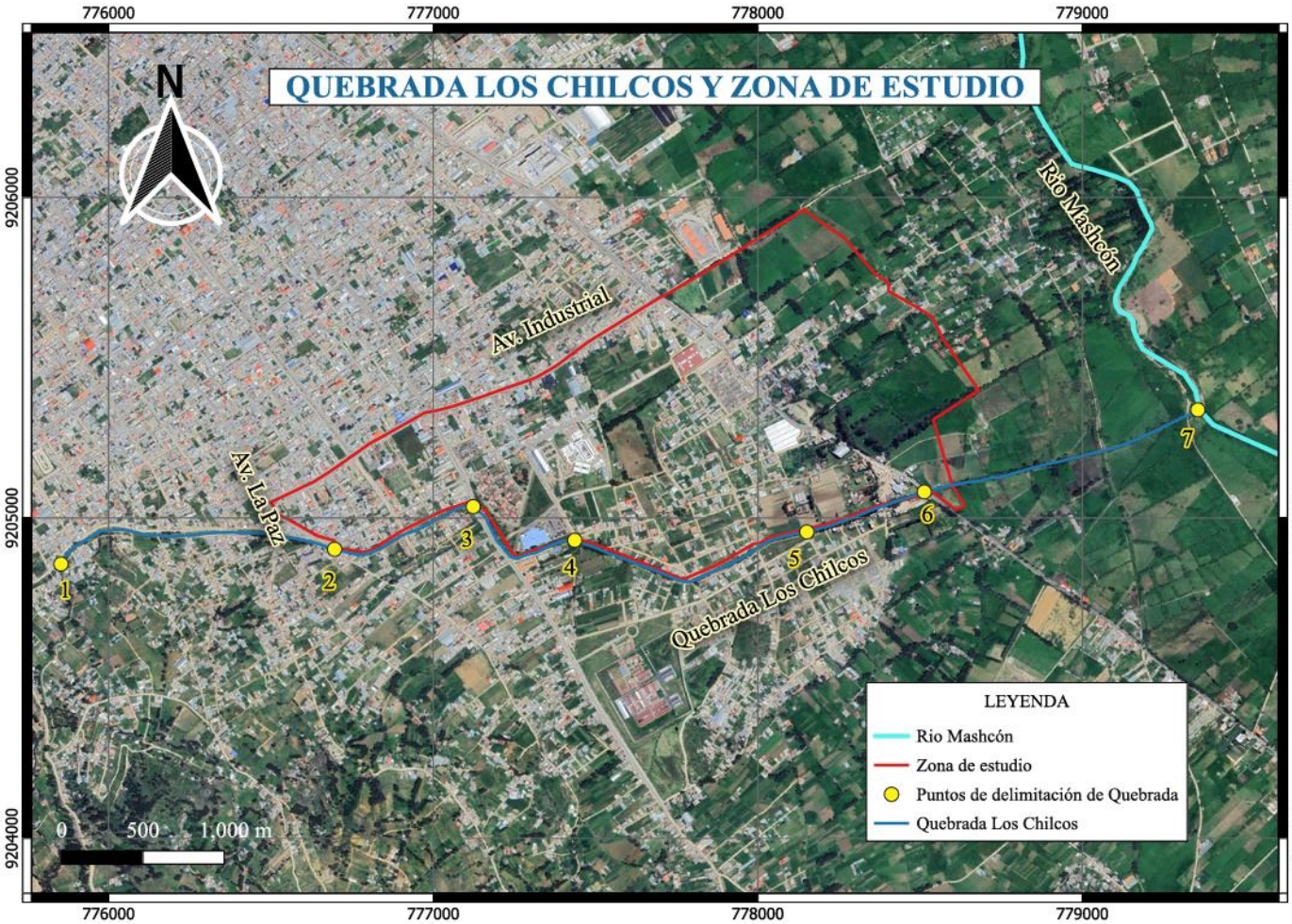
Fuente: Informe técnico N°04-2020/ GRC-OSDN-GRD.

La cuenca de la quebrada Los Chilcos exhibe un marcado contraste geográfico, caracterizado por una transición gradual desde un paisaje montañoso en su cabecera hasta un relieve plano en su desembocadura. Las alturas máximas superan los 2761 metros sobre el nivel del mar, mientras que las mínimas se sitúan por debajo de los 2642 metros. Las pendientes son pronunciadas en la parte media, alcanzando valores de entre 5% y 15%, suavizándose

considerablemente en la zona baja, donde se encuentran las planicies con pendientes inferiores al 5%.

Durante la inspección, se constató que la quebrada se encuentra en una situación crítica debido a la invasión de sus márgenes por parte de los habitantes. Estas personas construyen viviendas y depositan desechos directamente en el cauce, lo que obstruye el flujo natural del agua y aumenta el riesgo de inundaciones. La ausencia de regulaciones municipales y la falta de vigilancia permiten que esta situación se perpetúe, poniendo en peligro la vida y las propiedades de los residentes. Además, se observó que el cauce de la quebrada se estrecha considerablemente en algunos puntos, lo que agrava el problema, especialmente en la zona baja donde se concentran las aguas pluviales. En el punto 2 se verifica que la quebrada se canaliza con 5 metros de ancho y 4 m de altura (Fotografía N° 1), mientras que en el punto de inspección 6 se verifica que el cauce se reduce a 3 metros de ancho y 6 metros de altura (Fotografía N° 2).

Figura N° 9: Mapa de la quebrada Los Chilcos



Fuente: Google Satellite.

Fotografía N° 1: Punto 2, inspección donde se aprecia una edificación invadiendo el cauce.

Fotografía N° 2: Punto 6, cruce con la vía 3N.

(INGEMMET,2021) nos señala que la cuenca de la quebrada Los Chilcos presenta una geomorfología de abanico aluvial en su parte baja, lo que favorece la ocurrencia de inundaciones debido a la baja pendiente y a la concentración del flujo hídrico. Los análisis históricos revelan que esta zona ha experimentado múltiples eventos inundatorios, los cuales han afectado significativamente la infraestructura urbana, incluyendo centros educativos, establecimientos de salud y viviendas (colegio Julio Ramón Ribeyro y Hospital Regional de Cajamarca). El crecimiento demográfico en las riberas de la quebrada ha incrementado la exposición y la vulnerabilidad de la población ante estos eventos hidrometeorológicos de las viviendas aledañas a las riberas de la quebrada y red primaria de agua potable, se muestra un análisis en la Figura N°10 de los principales peligros expuestos.

Figura N° 10: Peligros expuestos en la cuenca baja de la quebrada Los Chilcos.

Fuente: (INGEMMET, 2021).

3.4.3. Caracterización de las calles de estudio.

El sistema de drenaje urbano en la zona de estudio opera por gravedad, utilizando exclusivamente estructuras a cielo abierto. El análisis del uso del suelo y las características

viales revela que las cunetas, construidas en concreto y con sección transversal triangular, son el elemento principal de este sistema. No obstante, se ha observado la ausencia de cunetas en algunas calles y falta de capacidad en alguna de ellas, el resumen se muestra en la Tabla N° 15.

Tabla N° 15: Descripción de calles, tipo de uso y característica.

Nombre de calle	Cuadra	Tipo de uso	Característica	Tipo de cuneta
Av. Industrial	2	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	3	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	4	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	5	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	6	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	7	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	8	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	9	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	10	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	11	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	12	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. Los Diamantes	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Jr.06 de Julio	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Jr. Virgen del sol	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar sin cuneta.	
	2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	3	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Calle. Las Magnolias	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Av. Nuevo Cajamarca	12	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar sin cuneta	
	13	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar sin cuneta	
Jr. Santa Sarita	8	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. San Camilo	2	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	

	3	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle de Jequetepeque	1	Zona de actividad comercial	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Av. San Martin de Porres	24	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	25	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	26	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Manuel Elkin Patarroyo	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. Martines de Uchuraccay	26	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Jr. El Rubí	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	2	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Pasaje. Cartucho	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Pasaje. SN	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Agomarca	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	3	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	4	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Urbanización Los Eucaliptos	B1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	B2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	B3	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	El dorado C1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	El dorado C2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Alameda 2-1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Alameda 2-2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Av. Los Chilcos	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Av. Los Chilcos	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	D1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	D2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto

	Los Cristales	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Jr. Roberto Aguirre	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. Gabriel Barrantes	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. Valle de Moche	1	Zona de actividad comercial	Sin pavimentar, sin cuneta	
	2	Zona de baja densidad	Pavimentado con cuneta	Rectangular de concreto
La Mosqueta	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Calle. Agopampa	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	3	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	4	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	5	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Las Perlas	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Manuel Chang	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Cashaloma	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Casapampa	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Pariamarca	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
CA. Agocucho	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Amoshulca	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	

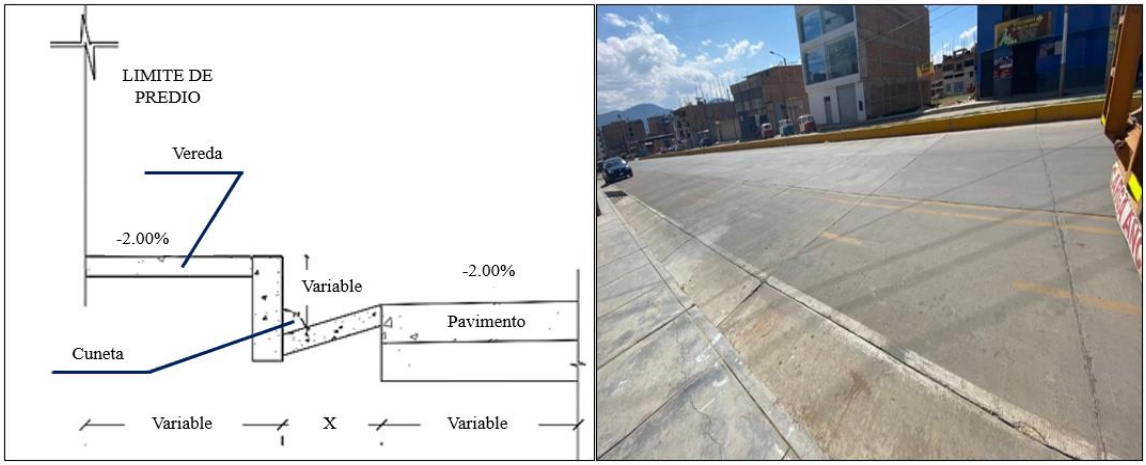
A	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
B	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Sin Nombre B1	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Sin Nombre B2	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Sin Nombre C	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
D	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
D1	1	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Rectangular sin revestir
Jr. Valle del Alto Utcubamba	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle del Tarma	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle de Mantaro	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle de Locumba	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle de Condebamba	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	3	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	4	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	5	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Av. Valle Callejón de Huaylas	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Calle Sin Nombre	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	3	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto

Jr. Larry Jhonson	4	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	5	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	6	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	7	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	8	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Rectangular sin revestir
	9	Zona de actividad comercial	Sin pavimentar, sin cuneta	
	10	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	11	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
F	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
G	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
H	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Carretera a Jesús	Tramo 1	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Tramo 2	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Tramo 3	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Tramo 4	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Tramo 5	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Luz Divina	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje W	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Los Eucaliptos	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Y	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
C1	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
C2	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
C3	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	

3.4.4. Recolección de datos del drenaje Pluvial.

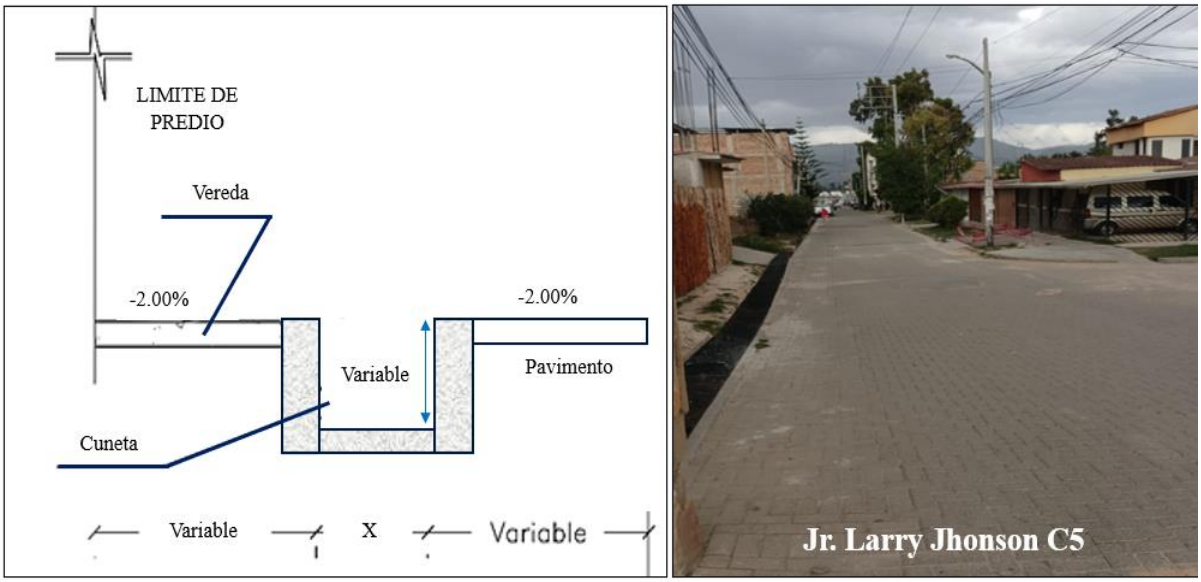
Se realizo el levantamiento topográfico con GPS diferencial para recolección de los datos para el cálculo de los caudales.

Figura N° 11: Sección típica de cunetas triangulares.



Asimismo, en la zona de estudio se evidenció cunetas de forma rectangular.

Figura N° 12: Sección típica de cunetas rectangulares.



En Tabla N° 16 se muestra un resumen de datos cruciales para cada calle del área de estudio. Esta información, al ser específica para cada vía, sirve como base fundamental para determinar el caudal hidrológico, ya que cada uno de estos parámetros influye directamente en la cantidad de agua que se generará en una calle durante un evento de lluvia.

Tabla N° 16: Pendientes de cunetas de calles.

Nombre de calle	Cuadra	Longitud (m)	Pendiente (%)	Cota final (msnm)	Cota inicial (msnm)
Av. Industrial	2	125.133	4.11	2715.78	2710.64
	3	85.163	4.25	2710.64	2707.02
	4	79.78	4.22	2707.02	2703.65
	5	122.995	2.96	2703.65	2700.01
	6	153.632	3.23	2700.012	2695.05
	7	197.662	3.46	2695.05	2688.21
	8	149.729	2.79	2688.21	2684.03
	9	163.595	2.94	2684.03	2679.22
	10	292.338	2.75	2679.22	2671.17
	11	154.674	1.97	2671.17	2668.13
	12	367.085	2.47	2668.13	2659.05
Jr. Los Diamantes	1	104.23	3.78	2713.15	2709.21
Jr.06 de Julio	1	197.68	4.15	2710.32	2702.11
Jr. Virgen del sol	1	142.50	2.25	2707.10	2703.89
	2	57.26	0.54	2703.89	2703.58
	3	73.08	0.33	2703.58	2703.34
Calle. Las Magnolias	1	96.34	3.31	2704.20	2701.01
	2	96.08	3.79	2708.20	2704.56
Av. Nuevo Cajamarca	12	223.14	1.36	2703.16	2700.12
	13	65.67	0.18	2700.12	2700.00
Jr. Santa Sarita	8	273.65	1.02	2700.00	2697.21
	9	59.49	0.13	2697.33	2697.25
Jr. San Camilo	2	146.97	3.50	2702.45	2697.30
	3	192.45	0.51	2697.30	2696.31
Jr. Valle de Moche	1	292.71	2.98	2680.03	2671.32
	2	157.08	2.74	2671.32	2667.02
Av. San Martin de Porres	24	128.82	0.53	2695.00	2694.32
	25	105.35	1.27	2694.32	2692.98
	26	90.17	1.00	2694.10	2693.20
Jr. Valle de Jequetepeque	1	172.93	0.17	2669.52	2669.22
Jr. Martines de Uchuracay	26	194.48	1.18	2688.32	2686.02
Jr. El Rubí	1	209.17	1.34	2686.02	2683.21
	2	108.75	0.21	2683.21	2682.98
Pasaje El Cartucho	1	170.57	0.67	2684.52	2683.38
Pasaje SN	1	181.62	0.49	2680.24	2679.35
Jr. Agomarca	1	148.14	2.25	2682.47	2679.14
	2	126.57	1.50	2679.14	2677.25
	3	134.92	2.82	2677.25	2673.44
	4	422.76	1.89	2669.32	2661.34

Urbanización Los Eucaliptos	B1	70.27	1.42	2690.12	2689.12
	B2	105.30	2.73	2689.12	2686.25
	B3	107.39	2.54	2686.25	2683.52
	El dorado C1	50.17	1.99	2690.00	2689.00
	El dorado C2	51.63	3.25	2689.00	2687.32
	Alameda 2-1	56.04	0.41	2687.12	2686.89
	Alameda 2-2	52.70	1.20	2686.89	2686.26
	Av. Los Chilcos	214.44	1.77	2691.25	2687.45
	Av. Los Chilcos	723.07	0.54	2687.45	2683.56
	D1	784.91	0.28	2688.22	2686.00
	D2	126.22	1.93	2686.00	2683.56
	Los Cristales	78.01	2.56	2686.00	2684.00
Jr. Roberto Aguirre	1	55.00	3.27	2680.24	2678.44
	2	219.72	2.26	2678.44	2673.48
Jr. Gabriel Barrantes	1	62.38	2.90	2678.15	2676.34
	2	138.21	2.42	2681.50	2678.15
Manuel Elkin Patarroyo	1	101.99	0.10	2677.89	2677.79
La Mosqueta	1	258.75	0.15	2680.87	2680.48
	2	127.41	0.08	2679.48	2679.38
Calle. Agopampa	1	296.45	0.40	2675.33	2674.15
	2	55.01	2.13	2674.15	2672.98
	3	54.51	3.43	2672.98	2671.11
	4	54.95	0.22	2671.11	2670.99
	5	55.39	1.95	2672.23	2671.15
Las Perlas	1	191.82	2.14	2683.21	2679.11
	2	152.18	3.29	2679.11	2674.11
Jr. Manuel Chang	1	75.66	1.37	2677.22	2676.18
Jr. Cashaloma	1	116.68	2.50	2676.00	2673.08
	2	135.86	2.84	2673.08	2669.22
Jr. Casapampa	1	106.39	2.91	2674.22	2671.12
	2	142.24	1.43	2671.12	2669.09
Jr. Pariamarca	1	95.50	2.17	2673.22	2671.15
	2	139.95	1.88	2671.15	2668.52
CA. Agocucho	1	60.81	1.76	2671.09	2670.02
	2	189.00	1.04	2670.02	2668.05
Jr. Amoshulca	1	131.45	2.28	2680.00	2677.00
		228.01	1.32	2677.00	2674.00
Calle Sin Nombre	1	482.40	2.43	2674.00	2662.30
A	1	37.92	5.49	2672.11	2670.03
B	1	60.66	0.79	2670.03	2669.55
Psje. Sin Nombre B1	1	95.22	0.90	2671.02	2670.16
Psje. Sin Nombre B2	1	72.97	0.84	2670.16	2669.55
Psje. Sin Nombre C	1	74.76	1.22	2670.22	2669.31
D	1	168.64	0.05	2671.35	2671.26

D1	1	75.56	0.37	2671.26	2670.98
Jr. Valle del Alto Utcubamba	1	75.28	1.50	2674.22	2673.09
	2	86.33	0.09	2673.09	2673.01
Jr. Valle del Tarma	1	76.54	1.28	2673.08	2672.10
	2	84.96	1.25	2672.10	2671.04
Jr. Valle de Mataro	1	80.07	3.62	2673.56	2670.66
	2	87.11	0.55	2670.66	2670.18
Jr. Valle de Locumba	1	85.74	1.94	2671.02	2669.36
	2	85.12	0.16	2669.36	2669.22
Av. Valle Callejón de Huaylas	1	370.69	1.86	2673.23	2666.32
Jr. Valle de Condebamba	1	43.26	2.31	2674.00	2673.00
	2	50.49	1.54	2673.00	2672.22
	3	49.23	3.62	2672.22	2670.44
	4	51.50	1.73	2670.44	2669.55
	5	48.90	2.11	2669.55	2668.52
Jr. Larry Jhonson	1	95.61	3.12	2707.23	2704.25
	2	98.95	4.27	2704.25	2700.02
	3	96.25	3.01	2700.02	2697.12
	4	145.54	2.82	2697.12	2693.02
	5	120.39	4.14	2693.02	2688.04
	6	78.20	2.54	2688.04	2686.05
	7	275.75	2.17	2686.05	2680.06
	8	258.54	3.49	2680.06	2671.04
	9	138.68	2.81	2671.04	2667.14
	10	179.91	2.61	2667.14	2662.45
	11	342.83	1.81	2662.45	2656.23
F	1	51.99	0.58	2671.68	2671.38
G	1	70.71	0.61	2668.45	2668.02
H	1	69.63	1.08	2667.20	2666.45
Carretera a Jesús	Tramo 1	179.85	2.15	2671.00	2667.14
	Tramo 2	86.82	0.12	2667.14	2667.04
	Tramo 3	178.37	1.14	2667.04	2665.00
	Tramo 4	392.13	0.71	2665.00	2662.21
	Tramo 5	229.03	2.14	2662.21	2657.31
Luz Divina	1	178.33	1.74	2665.32	2662.22
	2	349.52	1.40	2662.22	2657.31
Pasaje W	1	184.30	2.22	2666.21	2662.11
Pasaje Los Eucaliptos	1	168.04	1.79	2665.21	2662.21
Pasaje Y	1	500.57	1.62	2663.21	2655.11
C1	1	183.72	2.18	2667.21	2663.21
C2	1	1047.90	0.10	2663.21	2662.11
C3	1	215.19	0.04	2662.11	2662.02

Las pendientes están comprendidas entre 5.49% máximo y mínimo 0.04%.

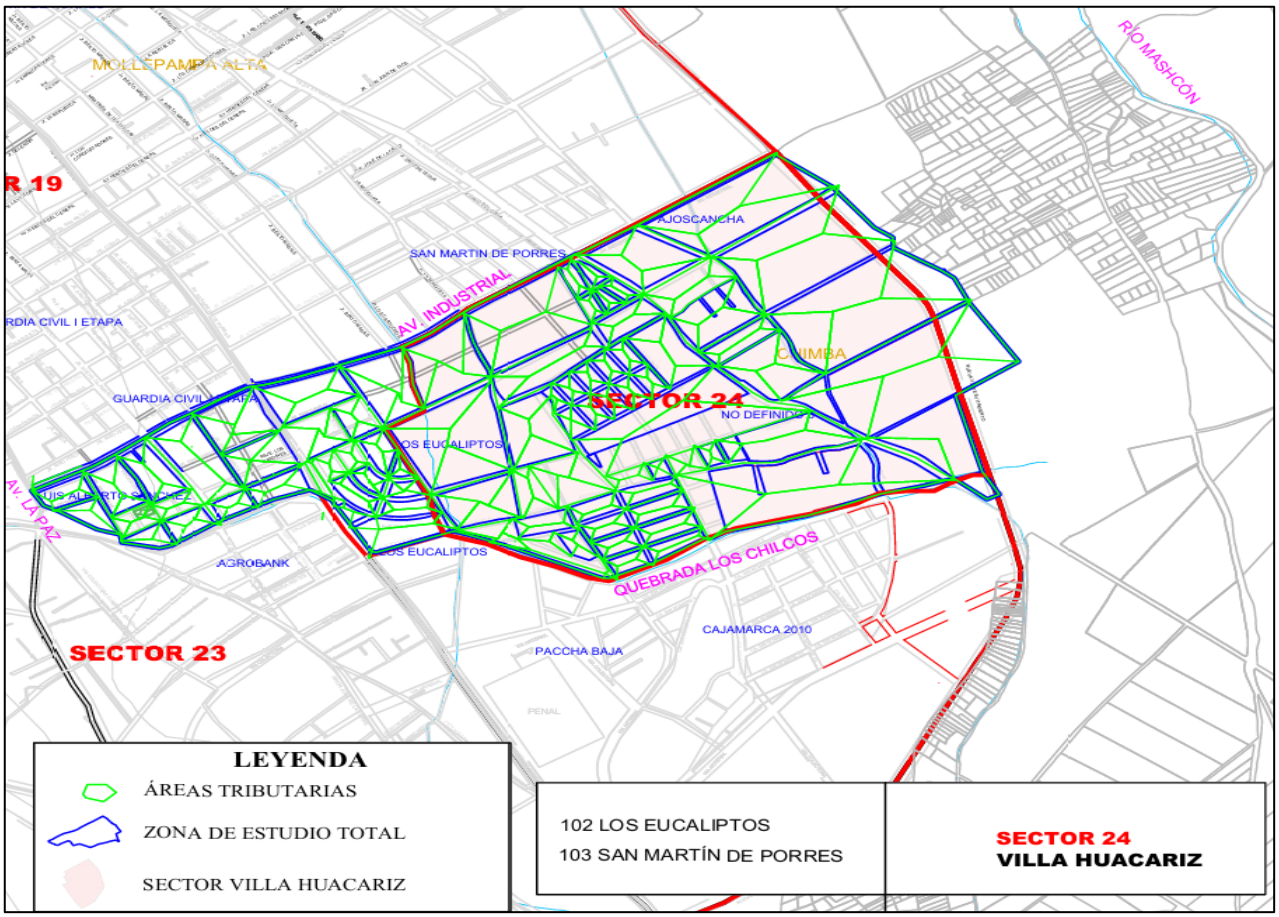
3.4.5. Determinación del caudal hidrológico.

El marco teórico se establece que el método racional es el más adecuado para determinar el caudal máximo instantáneo en áreas urbanas. Dada la heterogeneidad de las superficies en este tipo de zonas, se recomienda dividir el área de drenaje en subcuencas y aplicar la fórmula racional a cada una de ellas para luego sumar los caudales obtenidos.

$$Q = 0.278 * i * \sum_{j=1}^{m} C_j * A_j$$

Se realizó el cálculo del tiempo de concentración para cada calle, considerando su longitud y pendiente. Este parámetro, que según la norma OS.060 debe ser mayor a 10 minutos, es fundamental para el diseño hidrológico. Se definieron las áreas de drenaje y se asignaron los coeficientes de escorrentía correspondientes, considerando las características de las superficies. Con base en estos datos, se procedió a evaluar la capacidad hidráulica de las cunetas, utilizando los criterios establecidos en la norma técnica CE.040.

Figura N° 13: Áreas tributarias de la zona de estudio.



En la Tabla N° 17 se muestra el cálculo del Q hidrológico de cada calle estudiada.

Tabla N° 17: Cálculo del caudal hidrológico de cada calle.

Nombre de calle	Cuadra	m2	Coeficiente de escorrentía	Periodo de retorno	Intensidad (mm/hora)	Cj*Aj	Q (Hidrológico) (m^3/s)
Av. Industrial	2	4371.5	0.83	10.0	57.969	0.00363	0.058
	3	2988.9	0.83	10.0	57.969	0.00248	0.040
	4	2299.3	0.83	10.0	57.969	0.00191	0.031
	5	3553.5	0.83	10.0	57.969	0.00295	0.048
	6	6272.4	0.83	10.0	57.969	0.00521	0.084
	7	8248.2	0.83	50.0	57.969	0.00685	0.128
	8	9316.4	0.83	50.0	57.969	0.00773	0.144
	9	10738.9	0.83	50.0	57.969	0.00891	0.167
	10	17671.6	0.83	10.0	57.969	0.01467	0.236
	11	4181.2	0.25	2.0	44.701	0.00105	0.013
	12	20702.1	0.33	2.0	44.701	0.00683	0.085
Jr. Los Diamantes	1	4082.6	0.80	5.0	51.830	0.00327	0.047
Jr.06 de Julio	1	8330.8	0.80	5.0	51.830	0.00666	0.096
Jr. Virgen del sol	1	8801.5	0.77	5.0	51.830	0.00678	0.098
	2	3038.1	0.80	5.0	51.830	0.00243	0.035
	3	3038.1	0.80	5.0	51.830	0.00243	0.035
Calle. Las Magnolias	1	3699.3	0.80	5.0	51.830	0.00296	0.043
	2	3947.6	0.80	5.0	51.830	0.00316	0.046
Av. Nuevo Cajamarca	12	18272.1	0.75	5.0	51.830	0.01370	0.197
	13	2715.9	0.75	5.0	51.830	0.00204	0.029
Jr. Santa Sarita	8	15205.9	0.75	2.0	44.701	0.01140	0.142
	9	2024.1	0.75	2.0	44.701	0.00152	0.019
Jr. San Camilo	2	5996.9	0.80	5.0	51.830	0.00480	0.069
	3	10626.4	0.80	5.0	51.830	0.00850	0.122
Jr. Valle de Moche	1	15675.0	0.43	10.0	57.969	0.00674	0.109
	2	7978.2	0.37	25.0	44.701	0.00295	0.055
Av. San Martin de Porres	24	11004.9	0.80	5.0	51.830	0.00880	0.127
	25	9665.7	0.80	5.0	51.830	0.00773	0.111
	26	4587.1	0.80	5.0	51.830	0.00367	0.053
Jr. Valle de Jequetepeque	1	8931.2	0.83	25.0	57.969	0.00741	0.139
Jr. Martines de Uchuracay	26	12438.1	0.80	5.0	51.830	0.00995	0.143
Jr. El Rubí	1	17280.5	0.80	50.0	57.969	0.01382	0.223
	2	6394.5	0.80	5.0	51.830	0.00512	0.074
Pasaje Cartucho	1	9060.6	0.32	2.0	44.701	0.00290	0.036
Pasaje SN	1	10430.0	0.88	2.0	44.701	0.00918	0.114
Jr. Agomarca	1	7308.7	0.75	2.0	44.701	0.00548	0.068
	2	5235.5	0.75	2.0	44.701	0.00393	0.049
	3	8977.3	0.75	2.0	44.701	0.00673	0.084
	4	41925.9	0.32	2.0	44.701	0.01342	0.167
Urbanización Los Eucaliptos	B1	2744.8	0.80	5.0	51.830	0.00220	0.032
	B2	3989.2	0.80	5.0	51.830	0.00319	0.046
	B3	3876.4	0.80	5.0	51.830	0.00310	0.045

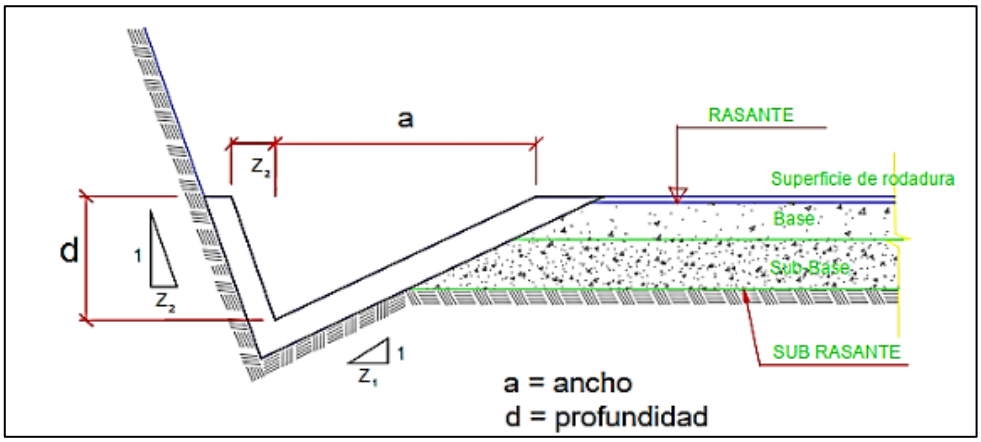
	El dorado C1	975.5	0.80	5.0	51.830	0.00078	0.011
	El dorado C2	918.4	0.80	5.0	51.830	0.00073	0.011
	Alameda 2-1	1680.1	0.80	5.0	51.830	0.00134	0.019
	Alameda 2-2	1887.9	0.80	5.0	51.830	0.00151	0.022
	Av. Los Chilcos	5857.8	0.80	5.0	51.830	0.00469	0.068
	Av. Los Chilcos	5824.1	0.80	5.0	51.830	0.00466	0.067
	D1	5689.6	0.80	5.0	51.830	0.00455	0.066
	D2	2023.5	0.80	5.0	51.830	0.00162	0.023
	Los Cristales	1987.9	0.80	5.0	51.830	0.00159	0.023
Jr. Roberto Aguirre	1	1679.5	0.75	2.0	44.701	0.00126	0.016
	2	6373.2	0.75	2.0	44.701	0.00478	0.059
Jr. Gabriel Barrantes	1	1600.3	0.37	2.0	44.701	0.00059	0.007
	2	4304.5	0.37	2.0	44.701	0.00159	0.020
Manuel Elkin Patarroyo	1	4639.0	0.80	2.0	44.701	0.00371	0.046
La Mosqueta	1	27646.9	0.75	50.0	44.701	0.02074	0.258
	2	7382.3	0.75	2.0	44.701	0.00554	0.069
Calle. Agopampa	1	19438.2	0.75	2.0	44.701	0.01458	0.181
	2	1606.6	0.75	2.0	44.701	0.00120	0.015
	3	1673.9	0.75	2.0	44.701	0.00126	0.016
	4	1658.4	0.75	2.0	44.701	0.00124	0.015
	5	1494.2	0.75	2.0	44.701	0.00112	0.014
Las Perlas	1	17504.5	0.75	2.0	44.701	0.01313	0.163
	2	9930.9	0.75	2.0	44.701	0.00745	0.093
Jr. Manuel Chang	1	1985.7	0.75	2.0	44.701	0.00149	0.019
Jr. Cashaloma	1	3928.7	0.75	2.0	44.701	0.00295	0.037
	2	6355.9	0.75	2.0	44.701	0.00477	0.059
Jr. Casapampa	1	4185.3	0.37	2.0	44.701	0.00155	0.019
	2	6122.3	0.32	2.0	44.701	0.00196	0.024
Jr. Pariamarca	1	3830.3	0.75	2.0	44.701	0.00287	0.036
	2	5289.1	0.75	2.0	44.701	0.00397	0.049
CA. Agocucho	1	1976.7	0.75	2.0	44.701	0.00148	0.018
	2	18402.1	0.75	2.0	44.701	0.01380	0.172
Jr. Amoshulca	1	5264.2	0.37	2.0	44.701	0.00195	0.024
	2	5623.2	0.37	2.0	44.701	0.00208	0.026
Calle Sin Nombre	1	46311.0	0.75	2.0	44.701	0.03473	0.432
A	1	873.6	0.8	5.0	51.830	0.00070	0.010
B	1	1116.7	0.8	5.0	51.830	0.00089	0.013
Psje. Sin Nombre B1	1	2993.2	0.8	5.0	51.830	0.00239	0.035
Psje. Sin Nombre B2	1	1723.4	0.8	5.0	51.830	0.00138	0.020
Psje. Sin Nombre C	1	2146.9	0.8	5.0	51.830	0.00172	0.025
D	1	9290.4	0.8	5.0	51.830	0.00743	0.107
D1	1	2970.0	0.8	10.0	57.969	0.00238	0.038
Jr. Valle del Alto Utcubamba	1	1885.6	0.75	2.0	44.701	0.00141	0.018
	2	2646.3	0.75	2.0	44.701	0.00198	0.025

Jr. Valle del Tarma	1	2487.7	0.75	2.0	44.701	0.00187	0.023
	2	2598.6	0.75	2.0	44.701	0.00195	0.024
Jr. Valle de Mataro	1	2716.0	0.75	2.0	44.701	0.00204	0.025
	2	2790.9	0.75	2.0	44.701	0.00209	0.026
Jr. Valle de Locumba	1	2919.4	0.75	22.0	65.841	0.00219	0.040
	2	2634.5	0.75	2.0	44.701	0.00198	0.025
Av. Valle Callejón de Huaylas	1	20467.0	0.75	2.0	44.701	0.01535	0.191
Jr. Valle de Condebamba	1	1393.0	0.75	2.0	44.701	0.00104	0.013
	2	1449.5	0.75	2.0	44.701	0.00109	0.014
	3	1395.7	0.75	2.0	44.701	0.00105	0.013
	4	1521.3	0.75	2.0	44.701	0.00114	0.014
	5	1483.2	0.75	2.0	44.701	0.00111	0.014
Jr. Larry Jhonson	1	3722.9	0.80	5.0	51.830	0.00298	0.043
	2	3642.4	0.80	5.0	51.830	0.00291	0.042
	3	3361.4	0.80	5.0	51.830	0.00269	0.039
	4	7420.5	0.80	5.0	51.830	0.00594	0.086
	5	4725.4	0.80	5.0	51.830	0.00378	0.054
	6	2867.5	0.80	5.0	51.830	0.00229	0.033
	7	21649.8	0.83	10.0	57.969	0.01797	0.290
	8	25458.3	0.80	5.0	51.830	0.02037	0.293
	9	4798.1	0.83	10.0	57.969	0.00398	0.064
	10	11285.7	0.29	2.0	44.701	0.00327	0.041
	11	36598.9	0.21	2.0	44.701	0.00769	0.096
F	1	1231.9	0.75	2.0	44.701	0.00092	0.011
G	1	2183.1	0.75	2.0	44.701	0.00164	0.020
H	1	2867.9	0.75	2.0	44.701	0.00215	0.027
Carretera a Jesús	Tramo 1	9476.9	0.83	10.0	57.969	0.00787	0.049
	Tramo 2	3634.7	0.83	10.0	57.969	0.00302	0.140
	Tramo 3	10483.9	0.83	25.0	57.969	0.00870	0.203
	Tramo 4	37612.4	0.83	10.0	57.969	0.03122	0.316
	Tramo 5	25126.2	0.83	10.0	57.969	0.02085	0.115
Luz Divina	1	12351.0	0.75	2.0	44.701	0.00926	0.115
	2	51707.3	0.75	2.0	44.701	0.03878	0.482
Pasaje W	1	11449.0	0.75	2.0	44.701	0.00859	0.107
Pasaje Los Eucaliptos	1	10493.8	0.75	2.0	44.701	0.00787	0.098
Pasaje Y	1	500.6	0.32	2.0	44.701	0.00016	0.002
C1	1	15974.0	0.32	2.0	44.701	0.00511	0.064
C2	1	11825.5	0.75	2.0	44.701	0.00887	0.110
C3	1	18807.1	0.75	2.0	44.701	0.01411	0.175

3.4.6. Determinación de la capacidad de cuneta:

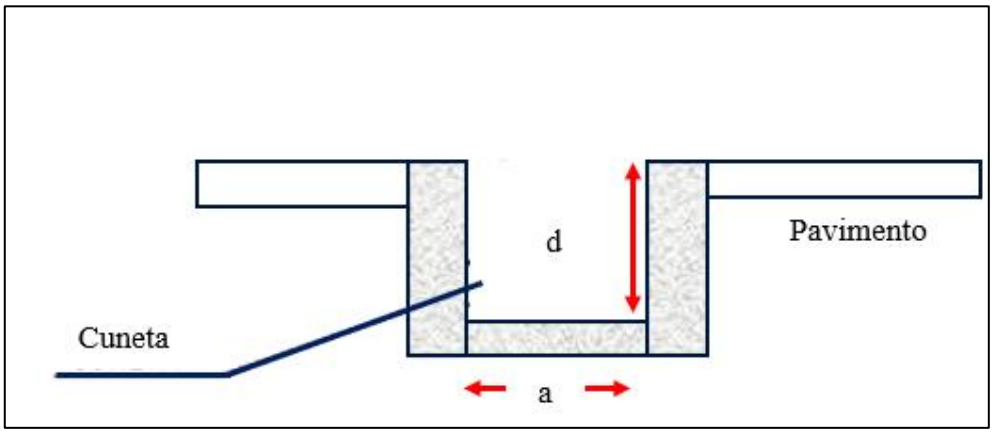
Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, la capacidad máxima de una cuneta está determinada por dos factores: el caudal que puede transportar cuando está completamente llena y el caudal máximo que permite sin exceder una velocidad segura. Para determinar las dimensiones exactas de las cunetas existentes, se realizan mediciones directas en campo y se comparan con el modelo de sección transversal tipo del MTC, lo que permite calcular sus características geométricas.

Figura N° 14: Sección típica de cuneta triangular de las calles.



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2021).

Figura N° 15: Sección típica de cuneta rectangular de calles.



Fuente: Adaptado de (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2021).

Con el objetivo de determinar la capacidad de transporte de las cunetas, emplearemos la ecuación de Manning, un principio fundamental en el análisis de flujo en canales abiertos. Esta herramienta nos permitirá calcular el caudal máximo que puede conducir cada cuneta, basándonos en datos obtenidos directamente en campo.

$$Q = \frac{\left(A x R_h^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}\right)}{n}$$

Q: Caudal (m3/seg)

A: Área de la sección (m2)

P: Perímetro mojado (m)

Rh: A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado).

S: Pendiente del fondo (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Las intensas precipitaciones provocan con frecuencia inundaciones y encharcamientos en las vías debido a la insuficiencia hidráulica de las cunetas. Dada la importancia de las cunetas en la conducción de las aguas pluviales, es fundamental evaluar su capacidad y estado, especialmente considerando que son el primer elemento del sistema de drenaje en recibir el impacto directo de las precipitaciones.

En primer lugar, se calcula el caudal máximo que debe ser evacuado por las cunetas durante las lluvias más intensas, utilizando los registros históricos de precipitación. Luego, se determina la capacidad real de cada cuneta basándose en sus dimensiones actuales. Al comparar ambos valores, si la capacidad de la cuneta es menor que el caudal hidrológico, se concluye que no es capaz de transportar eficientemente el agua de lluvia. Para que la cuneta sea eficiente deberá cumplirse Si Q capacidad > Q hidrológico. En la Tabla N° 18 se identifican en rojo aquellas calles cuyas cunetas presentan esta deficiencia.

Tabla N° 18: Cálculo de la capacidad de cada calle.

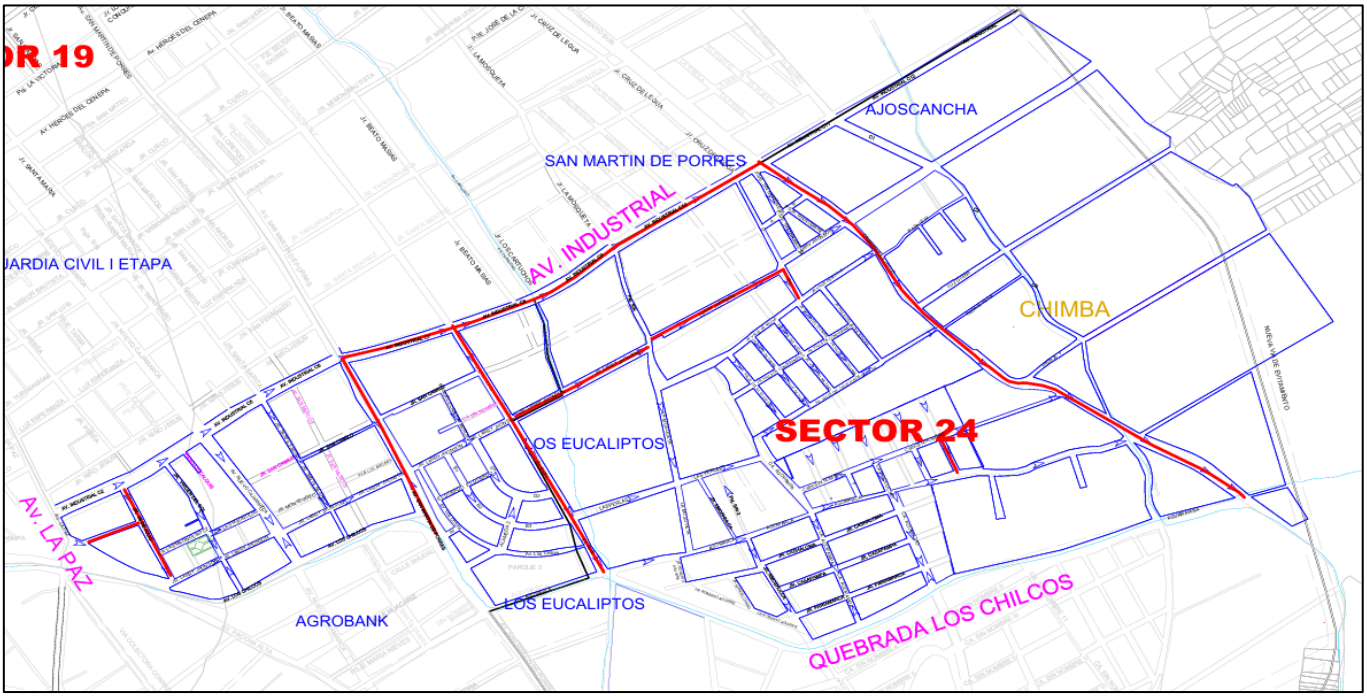
Nombre de calle	Cuadra	a	d	Área H (m2)	n	V	Capacidad de calle (m3/s)
Av. Industrial	2	0.74	0.15	0.056	0.01400	2.052	0.114
	3	0.74	0.15	0.056	0.01400	2.087	0.116
	4	0.74	0.15	0.056	0.01400	2.081	0.115
	5	0.74	0.15	0.056	0.01400	1.741	0.097
	6	0.74	0.15	0.056	0.01400	1.820	0.101
	7	0.74	0.15	0.056	0.01400	1.883	0.105
	8	0.74	0.15	0.056	0.01400	1.692	0.094
	9	0.74	0.15	0.056	0.01400	1.736	0.096
	10	0.74	0.15	0.056	0.01400	1.680	0.093
Jr. Los Diamantes	1	0.30	0.15	0.023	0.01400	1.556	0.035
Jr.06 de Julio	1	0.30	0.15	0.023	0.01400	1.631	0.037
Jr. Virgen del sol	2	0.50	0.15	0.038	0.01400	0.683	0.026
	3	0.50	0.20	0.050	0.01400	0.596	0.008
Calle. Las Magnolias	1	0.60	0.20	0.050	0.01400	1.892	0.063
	2	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.807	0.068

Jr. Valle de Moche	2	0.50	0.25	0.063	0.02000	1.861	0.116
Av. San Martin de Porres	24	0.50	0.15	0.038	0.01400	0.675	0.025
	25	0.50	0.10	0.025	0.01400	0.874	0.022
	26	0.50	0.20	0.050	0.01400	1.039	0.052
Jr. Martines de Uchuracay	26	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.009	0.038
Jr. El Rubí	1	0.45	0.20	0.045	0.01400	1.168	0.053
Urbanización Los Eucaliptos	B1	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.106	0.041
	B2	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.534	0.058
	B3	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.481	0.056
	El dorado C1	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.311	0.049
	El dorado C2	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.675	0.063
	Alameda 2-1	0.50	0.15	0.038	0.01400	0.595	0.022
	Alameda 2-2	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.015	0.038
	Av. Los Chilcos	0.50	0.20	0.050	0.01400	1.384	0.069
	Av. Los Chilcos	0.80	0.20	0.080	0.01400	0.861	0.069
	D1	0.80	0.30	0.120	0.01400	0.738	0.089
	D2	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.291	0.048
	Los Cristales	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.487	0.056
D1	1	0.50	0.25	0.063	0.02000	0.685	0.043
Jr. Larry Jhonson	1	0.50	0.10	0.025	0.01400	1.368	0.034
	2	0.50	0.80	0.200	0.01400	3.080	0.616
	3	0.50	0.20	0.050	0.01400	1.805	0.090
	4	0.50	0.20	0.050	0.01400	1.746	0.087
	5	0.60	0.55	0.165	0.01400	3.068	0.506
	6	0.60	0.55	0.165	0.01400	2.407	0.397
	7	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.369	0.051
	8	1.10	0.15	0.083	0.01400	2.020	0.167
F	1	0.50	0.15	0.038	0.01400	0.724	0.027
G	1	0.50	0.15	0.038	0.01400	0.964	0.036
H	1	0.50	0.15	0.038	0.01400	1.360	0.051
Carretera a Jesús	Tramo 1	0.76	0.25	0.095	0.01400	0.433	0.041
	Tramo 2	0.76	0.25	0.095	0.01400	1.363	0.130
	Tramo 3	0.76	0.25	0.095	0.01400	1.07530	0.102
	Tramo 4	0.76	0.25	0.095	0.01400	1.86464	0.177
	Tramo 5	0.76	0.15	0.057	0.01400	1.34170	0.076

Deberá verificarse que se cumpla con **Q capacidad > Q hidrológico** por lo que en la Figura N° 16 se puede evidenciar las calles que se encuentran bajo esa condición (calles pintadas de rojo) ya que la capacidad hidráulica no es suficiente para lo que el caudal hidrológico requiere. De

acuerdo a las dimensiones de ancho de la cuneta con rangos desde 0.50 m a 1.10 m, se analiza que son pocas calles que cumple con el ancho mínimo apropiado por la norma técnica CE. 040 del Reglamento nacional de Edificaciones.

Figura N° 16: Si Q capacidad < Q hidrológico, calles pintadas de rojo.



3.4.7. Verificación de calles y derivación de las aguas pluviales.

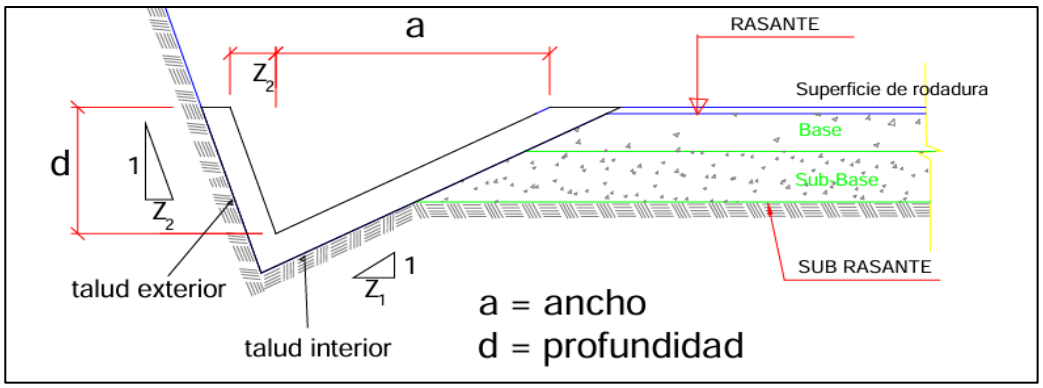
Las variables analizadas son:

- Pendientes: La comprensión de la pendiente del terreno es crucial para evaluar los patrones y rangos de escorrentía.
- Capacidades: Sirven para determinar que los sistemas de drenaje son esencial estén dimensionados adecuadamente para prevenir desbordamientos y garantizar una gestión adecuada del agua durante eventos de fuertes lluvias.
- Caudales: El estudio de los caudales en la red de drenaje es esencial para detectar restricciones al flujo, evaluar el peligro de inundaciones y valorar la eficiencia de la infraestructura de drenaje.
- Puntos de inundación: La identificación de puntos de inundación facilita la elaboración de mapas de riesgo, la implementación de medidas de mitigación y la planificación de la respuesta ante desastres.

- Velocidades: La velocidad del flujo dentro de la red de drenaje es un parámetro fundamental para evaluar el riesgo de erosión, la estabilidad de las estructuras y el diseño de soluciones hidráulicas eficientes.

Debido al análisis realizado y encontrando que varias calles no cumplen con la capacidad de calle requerida se propone volver a redimensionar las cunetas existentes y colocar cunetas en las calles estratégicamente con el fin de derivar todo el flujo del drenaje pluvial hasta su descarga, con el fin de reducir molestias al tráfico de vehículos y personas. Se redimensionan las cunetas y se muestra las calles que necesitan cunetas, se tendrán en cuenta las dimensiones mínimas del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje según Figura N° 17.

Figura N° 17: Sección Triangular Típica.



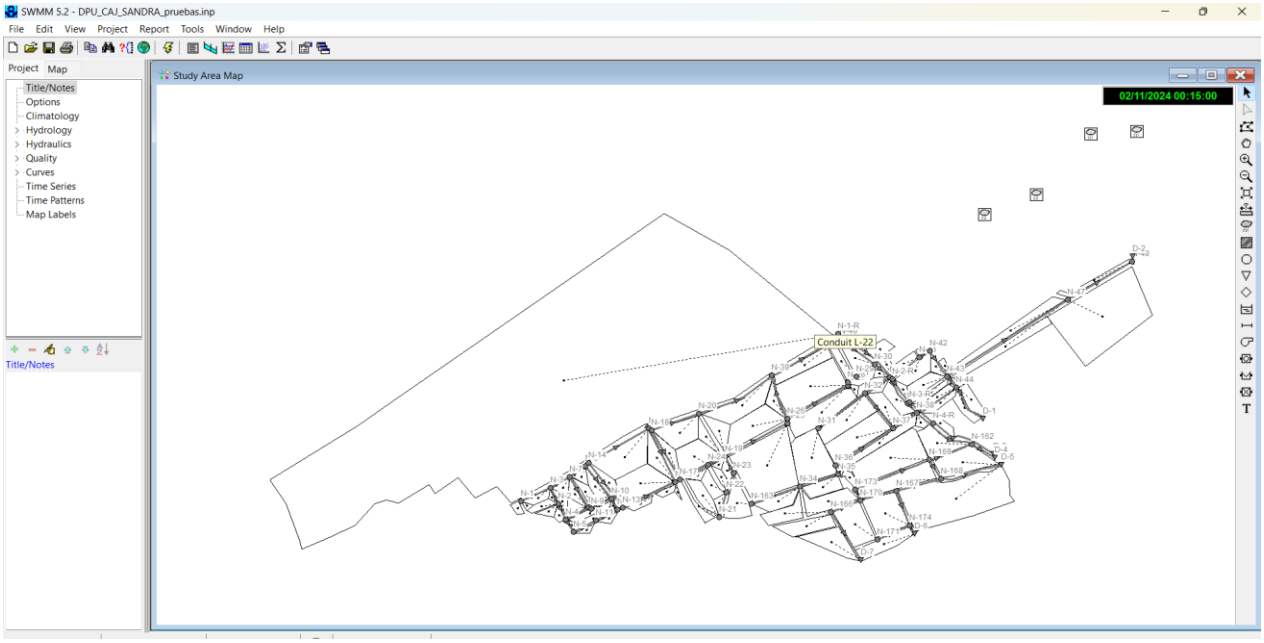
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2021).

De acuerdo a los registros de precipitación anual de la estación Augusto Weberbauer, la precipitación varia en un rango de 354.8 mm/año – 963.83 mm/año, información del ANEXO N° 1, por lo que se considera una región lluviosa.

Tabla N° 19: Dimensiones mínimas de cunetas triangulares según norma.

Región	Profundidad (d) mts.	Ancho (a) mts.
Seca (< 400mm/ año).	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a < 1600mm/año).	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a < 3000 mm/año).	0.40	1.20
Muy lluviosa (> 3000mm/ año).	0.30	1.20

Figura N° 18: Áreas tributaria en Sotfware SWMM.



- **AV. INDUSTRIAL Y AV. SAN MARTIN DE PORRES:**

Según los cálculos las cuadras 7, 8 ,9, 10 de Av. Industrial y la cuadras 24, 25, 26 de Av. San Martin de Porres (vías arteriales) presentan la siguiente condición **(**Q capacidad < Q hidrológico) por lo que se ha vuelto a dimensionar las cunetas existentes, en la Tabla N° 20 y Tabla N° 21, se muestra el redimensionamiento para cumplir con los parámetros mínimos.

Tabla N° 20: Dimensionamiento de calles Av. Industrial (C7, C8, C9, C10).

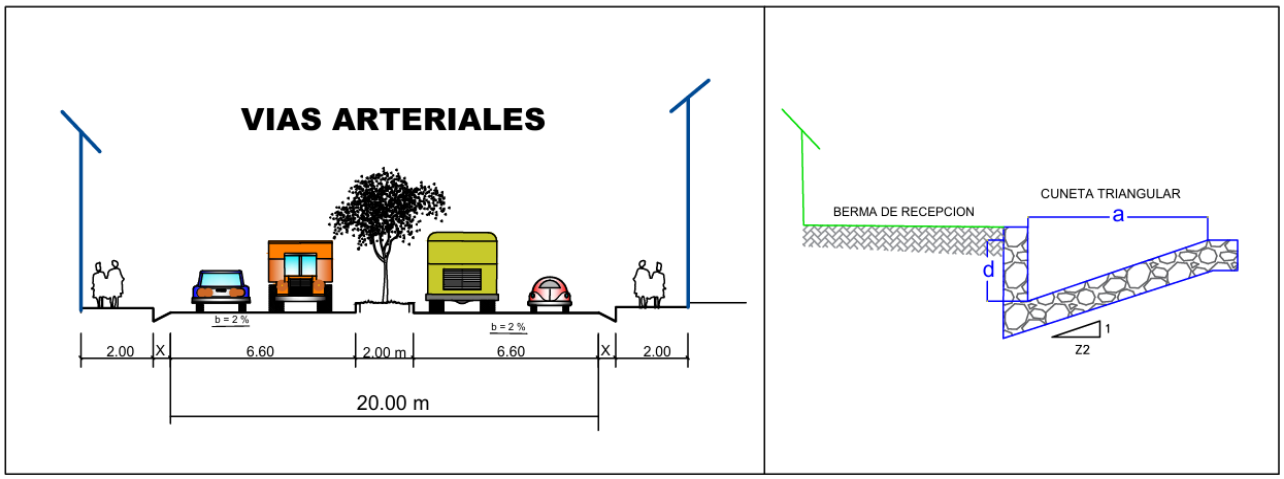
Cuadra	Prof. (d) mts.	Ancho (a) mts.	Área H. (m2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
7	0.75	0.30	0.1125	2.535	0.285
8	0.75	0.30	0.1125	2.277	0.256
9	0.75	0.30	0.1125	2.337	0.263
10	0.75	0.30	0.1125	2.261	0.254

Tabla N° 21: Dimensionamiento de calles Av. San Martín de Porres (C24, C25, C26).

Cuadra	Prof. (d) mts.	Ancho (a) mts.	Área H. (m2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
24	0.80	0.35	0.1400	1.06781	0.149
25	0.75	0.30	0.1050	1.50526	0.158
26	0.75	0.30	0.1050	1.33343	0.140

La Av. Industrial y Av. San Martín está considerada como una vía arterial por lo que deberá cumplir con los requerimientos y dimensiones mínimas en su diseño de cuneta, con el redimensionamiento se establecen los parámetros que cumple con la velocidad máxima 3.00 m/s de acuerdo a lo referenciado por Villón, B. 2008.

Figura N° 19: Dimensionamiento de cunetas en vías arteriales.



- **JR. LOS DIAMANTES, JR. 06 DE JULIO, JR. LARRY JHONSON, JR MARTINES DE UCHURACAY.**

La cuadra 1 de Jr. Los Diamantes, Jr. 06 de Julio, Jr. Martines de Uchuracay cuadra 26 y Jr. Larry Jhonson cuadra 8, de acuerdo al cálculo presentan que Q capacidad < Q hidrológico por lo que se ha dimensionado nuevamente las cunetas existentes.

Tabla N° 22: Dimensionamiento Jr. Diamantes.

Cuadra	Prof. (d) mts.	Ancho (a) mts.	Área H. (m2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
1	0.50	0.20	0.0500	2.021	0.101

Tabla N° 23: Dimensionamiento Jr. 06 de Julio.

Cuadra	Prof. (d) mts.	Ancho (a) mts.	Área H. (m2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
1	0.50	0.20	0.0500	2.119	0.106

Tabla N° 24: Dimensionamiento Jr. Martines de Uchuracay.

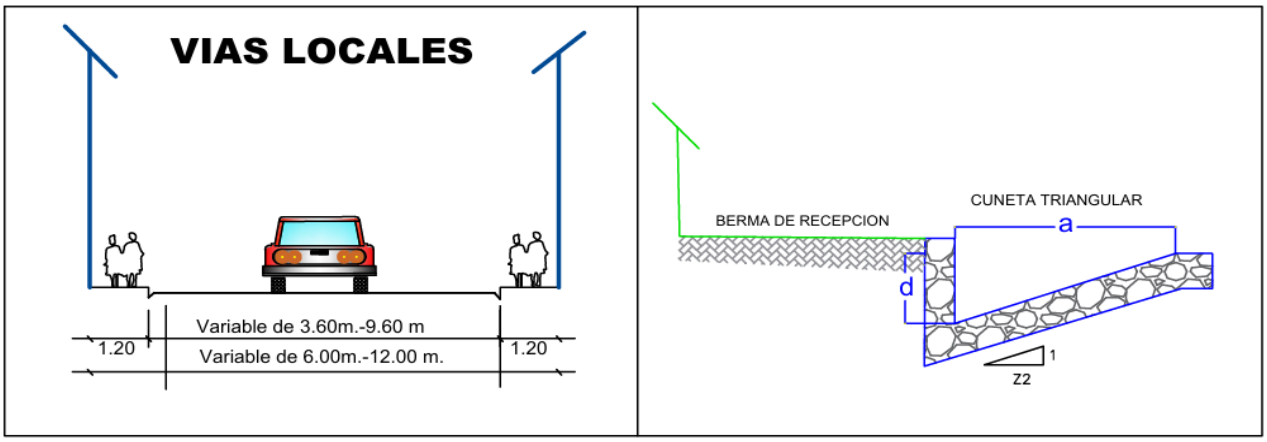
Cuadra	Prof. (d) mts.	Ancho (a) mts.	Área H. (m2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
26	0.75	0.30	0.1125	1.481	0.167

Tabla N° 25: Dimensionamiento Jr. Larry Jhonson.

Cuadra	Prof. (d) mts.	Ancho (a) mts.	Área H. (m2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
7	1.00	0.30	0.1500	2.173	0.326
8	1.00	0.30	0.1500	2.753	0.413

Los Jr. Los Diamantes, Jr. 06 de Julio, Jr. Martines de Uchuraccay y Jr. Larry Jhonson está considerada como una vía local por lo que deberá cumplir con los requerimientos y dimensiones mínimas en su diseño de cuneta, con el redimensionamiento se establecen los parámetros que cumple con la velocidad máxima 3.00 m/s de acuerdo a lo referenciado por Villón, B. 2008.

Figura N° 20: Dimensionamiento de cunetas en vías locales.



- **CARRETERA A JESÚS:**

La carretera a Jesús, desde la intersección de la Av. Industrial presenta antecedentes de que las calles no tienen capacidad para drenar el agua pluvial, lo cual queda demostrado con los cálculos, donde Q capacidad < Q hidrológico, por lo que al ser una carretera principal debería contar con dimensiones mínimas de la cuneta.

Tabla N° 26: Redimensionamiento Jr. Larry Jhonson.

Tramo	Prof. (d) mts.	Ancho (a) mts.	Área H. (m2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
1	1.00	0.35	0.1750	0.532	0.093
2	1.00	0.35	0.1750	1.678	0.294
3	1.00	0.35	0.1750	1.323	0.232
4	1.00	0.35	0.1750	2.295	0.402
5	1.00	0.35	0.1750	2.069	0.362

3.4.8. Modelamiento del software SWMM:

Primero ejecutaremos como objetivo inicial un modelo detallado del relieve a partir de los datos topográficos. Esta información será fundamental para determinar las pendientes y delimitar las subcuencas, lo cual es esencial para los análisis hidrológicos posteriores.

Propiedades por defecto: Cuando se abre el programa SWMM 5.1, lo primero que se debe hacer es definir valores por defecto para las propiedades del objeto, esto incluye definir valores iniciales como el tamaño y la forma de las cuencas, el cual tendrá diversos parámetros, como valores de superficie, pendiente, ancho de subcuenca, etc. En la pestaña "Subcuencas", puede ajustar los valores iniciales de varios parámetros, como el área de la cuenca en hectáreas.

La primera etapa consiste en delimitar la subcuenca y ubicar los nodos de conexión con la red de drenaje. Posteriormente, se define el nodo de salida del sistema. Finalmente, se digitalizan los conductos que conectan los nodos. Para iniciar la simulación, se debe definir una estación pluviométrica.

Figura N° 21: Interfaz de software SWMM.

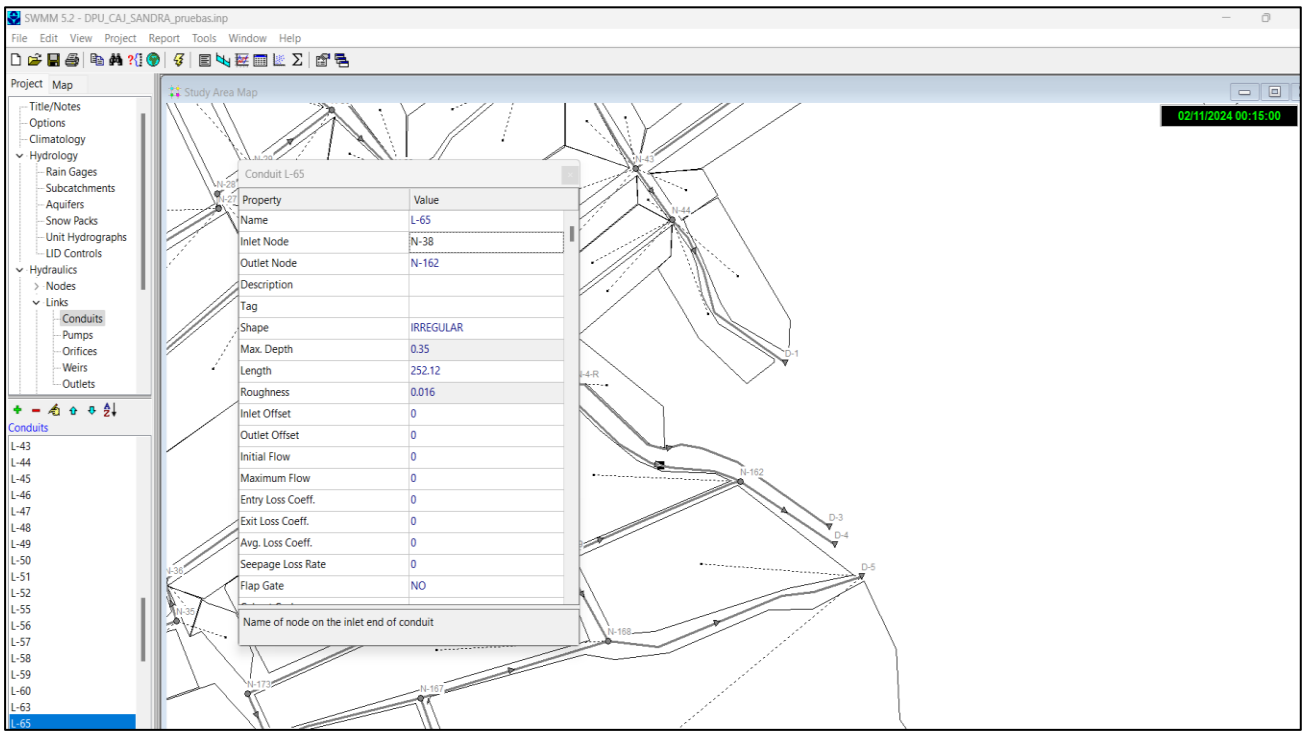


Figura N° 22: Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia de la estación Weberbauer.

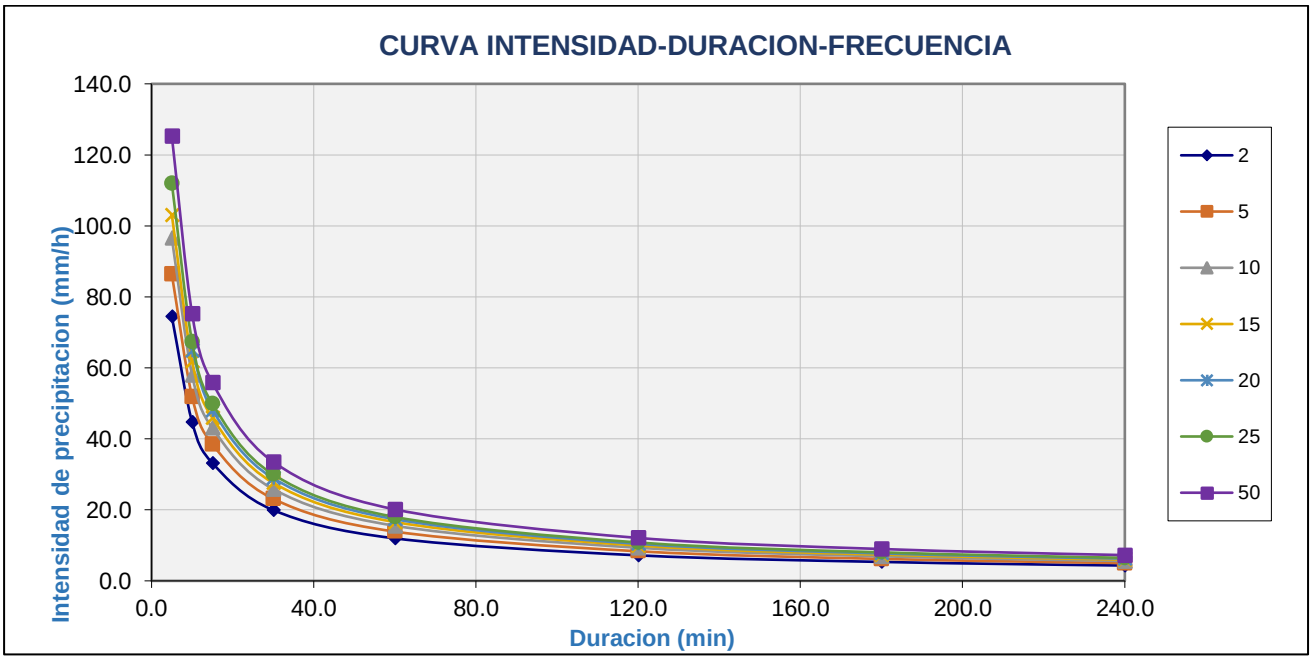


Tabla N° 27: Método del bloque alterno

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
10	57.98	9.66	9.66	0-10	0.29
20	34.82	11.61	1.94	10-20	0.31
30	25.84	12.92	1.31	20-30	0.34
40	20.91	13.94	1.02	30-40	0.38
50	17.74	14.79	0.85	40-50	0.42
60	15.52	15.52	0.73	50-60	0.49
70	13.85	16.16	0.65	60-70	0.58
80	12.56	16.74	0.58	70-80	0.73
90	11.51	17.27	0.53	80-90	1.02
100	10.66	17.76	0.49	90-100	1.94
110	9.93	18.21	0.45	100-110	9.66
120	9.32	18.64	0.42	110-120	1.31
130	8.78	19.03	0.40	120-130	0.85
140	8.32	19.41	0.38	130-140	0.65
150	7.91	19.77	0.36	140-150	0.53
160	7.54	20.11	0.34	150-160	0.45
170	7.21	20.43	0.32	160-170	0.40
180	6.91	20.74	0.31	170-180	0.36
190	6.64	21.04	0.30	180-190	0.32
200	6.40	21.33	0.29	190-200	0.30

Se ha optado por utilizar un formato de intensidad-duración para definir las tormentas de diseño, con intervalos de tiempo de 10 minutos y una duración total de 24 horas. Estas series de tiempo de precipitación serán ingresadas en el pluviómetro del modelo hidrológico. El dimensionamiento del canal se realizará mediante el software HCanales V 3.0 y posteriormente se integrará al modelo SWMM.

Tabla N° 28: Áreas de cuencas de canal propuesto como colector.

T (años)	Cuenca del canal		
	Nombre	Área (km2)	Caudal hidrológico (m3/s)
10 años	Agomarca	0.0073	0.068
10 años	Agomarca	0.0052	0.049
10 años	Agomarca	0.0090	0.084
10 años	Agomarca	0.0419	0.167

Figura N° 23: Dimensiones para canal colector por implementar en Jr. Agomarca, concreto.

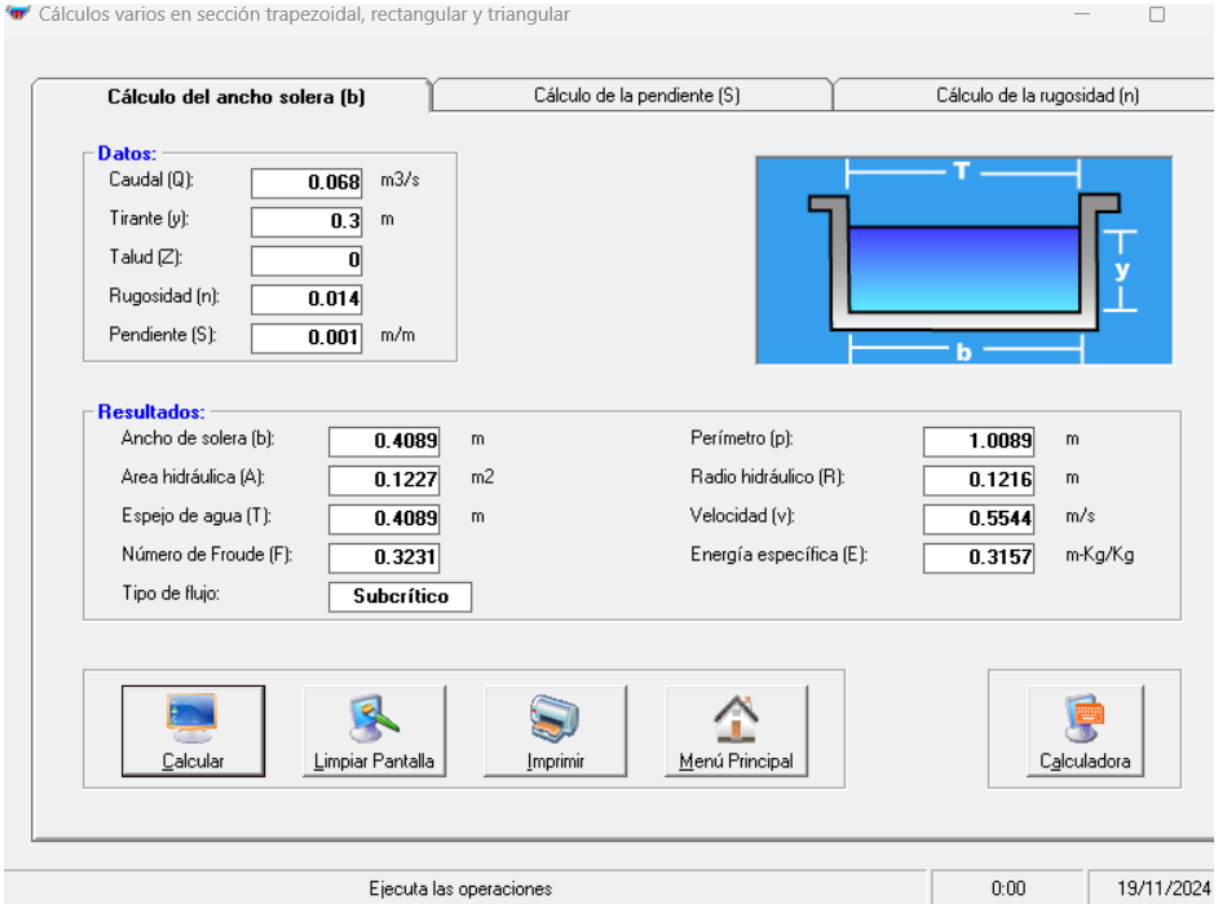
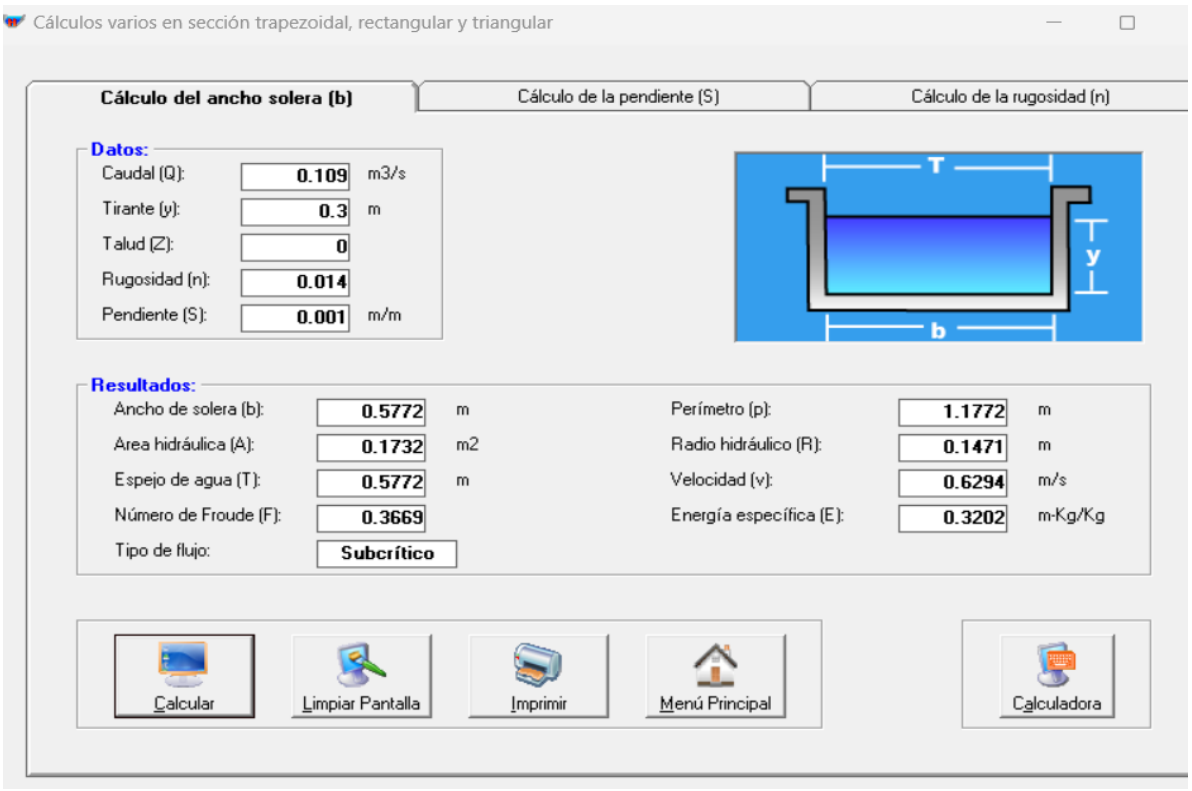


Figura N° 24: Dimensiones para canal colector por implementar en Jr. Valle de Moche**.**



- **Escenario 1:**

El escenario 1 se evidenció con el software SWMM, cuyos los resultados calculados con el método de caudal hidrológico y la capacidad de calle, muestran las calles que no cumplen con la capacidad requerida.

Figura N° 25: Modelamiento con software SWMM

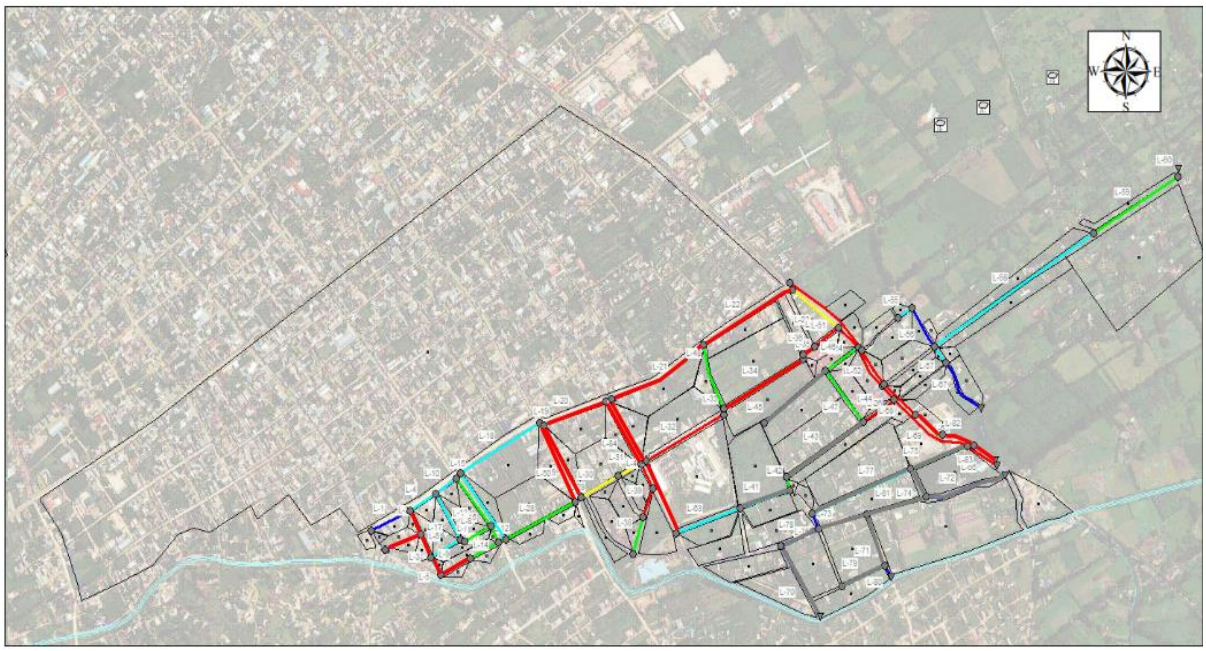


Tabla N° 29: Calles que no cuentan con capacidad de calle

Nombre de calle	Cuadra	Capacidad de calle (m3/s)
Av. Industrial	7	0.105
	8	0.094
	9	0.096
	10	0.093
Jr. Los Diamantes	1	0.035
Jr.06 de Julio	1	0.037
Jr. Virgen del sol	2	0.026
	3	0.030
Av. San Martin de Porres	24	0.025
	25	0.022
	26	0.052
Jr. Martines de Uchuracay	26	0.038
El Rubí	1	0.053
Jr. Larry Jhonson	1	0.034
	7	0.051
	8	0.167
H	1	0.051
Carretera a Jesús	Tramo 1	0.041
	Tramo 2	0.130
	Tramo 3	0.102
	Tramo 4	0.177
	Tramo 5	0.076

- **Escenario 2:**

El escenario 2, modelado en el software SWMM muestra la propuesta para la implementación del canal colector en Jr. Agomarca y Jr. Valle de Moche, para aumentar la capacidad de cada calle. Además, se deberá construir un canal de derivación hacia el rio Mashcón para derivar todo el flujo de la carretera de Jesús, con las dimensiones de los canales propuestos en ítem 3.4.7.

Figura N° 26: Modelamiento con software SWMM con nuevas dimensiones.

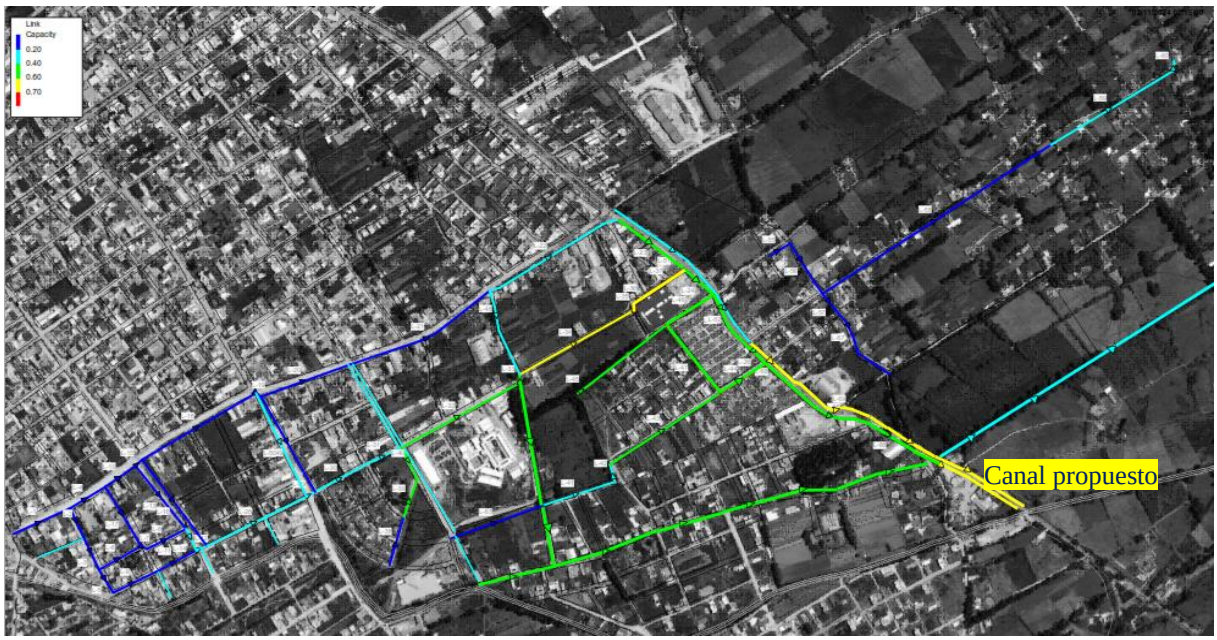
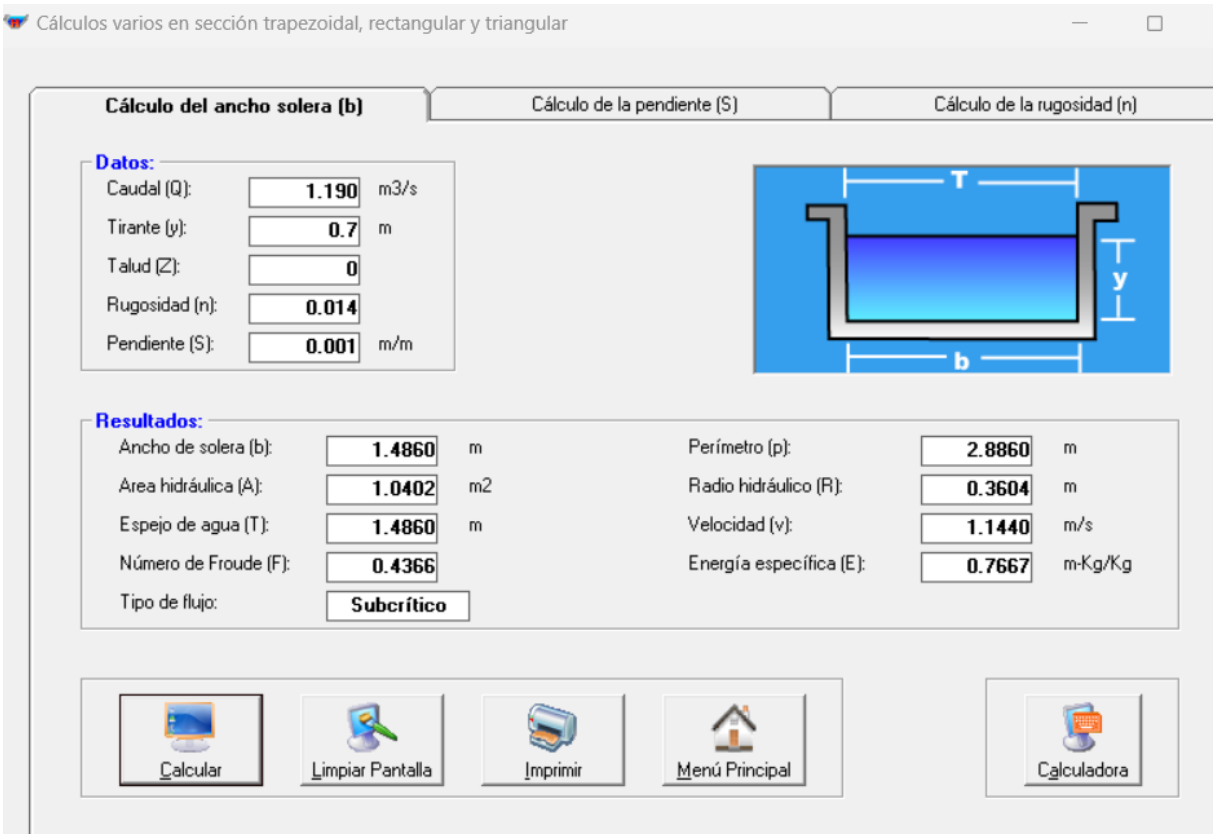


Tabla N° 30: Canal de derivación hacia río Mashcón.

T (años)	Canal derivación a rio Mashcón		
	Nombre	Área (km2)	Caudal aportante (m3/s)
10 años	Carretera a Jesús	0.0863	0.8231
10 años	Agomarca	0.0634	0.3673

El canal propuesto deberá derivar hacia el rio Mashcón, cuyas áreas aportantes serán de la carretera de Jesús y calle Agomarca que será una calle colectora.

Figura N° 27: Modelamiento para dimensiones de nuevo canal hacia rio Mashcón.



3.4.9. Riesgo de falla:

(PONCE, V. 2020). La probabilidad de falla de una estructura depende del período de retorno y la vida útil. El riesgo admisible, es decir, la probabilidad de que el caudal de diseño sea excedido por lo menos una vez durante la vida útil, está dado por la siguiente fórmula.

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{n}$$

R = riesgo admisible (en fracción de 1).

T = período de retorno (años)

n = vida útil de las obras (años).

Tabla N° 31: Riesgo según la estructura.

Estructura	Riesgo admisible	Tiempo de retorno (años)	Vida útil (años)	Probabilidad de que no sea excedida
Hospital Regional de Cajamarca	0.87	50	100	0.13
Mercado Minorista	0.64	25	25	0.36
Mercado Zonal Sur	0.64	25	25	0.36

La probabilidad de que la capacidad no sea excedida durante un periodo Tr=50 años es (1-R) e igual a 13.00 %, el Hospital Regional de Cajamarca conforma una manzana delimitada por las Calles Jr. Larry Jhonson, Jr. El Rubí, La Mosqueta y Las Perlas.

CAPITULO IV

5.1.ÁNALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

- Según descripción de todas las calles mencionadas como muestra de la presente investigación del Sector Villa Huacariz, el sistema de drenaje pluvial está compuesto por las estructuras: 98% cunetas triangulares y el 2% cunetas rectangulares que son tipo evacuación por gravedad.
- Según NT.CE.040, 2021. en el artículo 21.1 especifica: “De acuerdo a su área de influencia, la infraestructura de drenaje pluvial debe conducir el agua pluvial por acción de la gravedad, hacia la parte más baja de la habilitación urbana en dirección a vías urbanas de mayor capacidad, con la finalidad que el agua pluvial recolectada sea evacuada al mar, río o lago, mediante un emisor o dren principal ” Lo cual, de acuerdo a la evaluación la calle Jr. Industrial es una calle colectora en 100% del caudal aguas arriba y no tienen mayor capacidad que el resto de calles. Por lo tanto, para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial es necesario aumentar la capacidad de las cunetas en dicha calle.
- Según resultados de un procedimiento minucioso con información proporcionada de Senamhi de la estación "Augusto Weberbauer" se ha encontrado caudales picos (caudal hidrológico) para calles principales que trasladan el agua pluvial según sus áreas tributarias, ello evidencia que existe inundación de agua pluvial hacia el pavimento de las cunetas que tienen poca capacidad (Tabla N° 29) y en zonas bajas son propensos de sufrir inundaciones en viviendas por acumulación de agua ya que cuentan con veredas bajas casi a nivel de pavimento y con desniveles de 0.04m a 0.21m, dichos resultados muestran tener un sistema de drenaje deficiente.

Tabla N° 32: Resultados por cada calle.

Nombre de calle	Cuadra	Capacidad de calle (m3/s)	Comparación	Caudal Hidrológico (m^3/s)	Evaluación hidráulica
Av. Industrial	2	0.114	>	0.058	OK
	3	0.116	>	0.040	OK
	4	0.115	>	0.031	OK
	5	0.097	>	0.048	OK
	6	0.101	>	0.084	OK
	7	0.105	<	0.110	Aumentar capacidad hidráulica
	8	0.094	<	0.125	Aumentar capacidad hidráulica

	9	0.096	<	0.144	Aumentar capacidad hidráulica
	10	0.093	<	0.236	Aumentar capacidad hidráulica
Jr. Los Diamantes	1	0.035	<	0.047	Aumentar capacidad hidráulica
Jr.06 de Julio	1	0.037	<	0.096	Aumentar capacidad hidráulica
Jr. Virgen del sol	2	0.026	<	0.035	Aumentar capacidad hidráulica
	3	0.030	<	0.035	Aumentar capacidad hidráulica
Calle. Las Magnolias	1	0.095	>	0.043	OK
	2	0.068	>	0.046	OK
Jr. Valle de Moche	2	0.116	>	0.037	OK
Av. San Martin de Porres	24	0.025	<	0.127	Aumentar capacidad hidráulica
	25	0.022	<	0.111	Aumentar capacidad hidráulica
	26	0.052	<	0.053	Aumentar capacidad hidráulica
Jr. Martines de Uchuracay	26	0.038	<	0.143	Aumentar capacidad hidráulica
Jr. El Rubí	1	0.053	<	0.223	Aumentar capacidad hidráulica
Urbanización Los Eucaliptos	B1	0.041	>	0.032	OK
	B2	0.058	>	0.046	OK
	B3	0.056	>	0.045	OK
	El dorado C1	0.049	>	0.011	OK
	El dorado C2	0.063	>	0.011	OK
	Alameda 2-1	0.022	>	0.019	OK
	Alameda 2-2	0.038	>	0.022	OK
	Av. Los Chilcos	0.069	>	0.068	OK
	Av. Los Chilcos	0.069	>	0.067	OK
	D1	0.089	>	0.066	OK
	D2	0.048	>	0.023	OK
	Los Cristales	0.056	>	0.023	OK
D1	1	0.043	<	0.038	Aumentar capacidad hidráulica
Jr. Larry Jhonson	1	0.034	<	0.043	Aumentar capacidad hidráulica
	2	0.616	>	0.042	OK
	3	0.090	>	0.039	OK
	4	0.087	>	0.086	OK
	5	0.506	>	0.054	OK
	6	0.397	>	0.033	OK
	7	0.051	<	0.290	Aumentar capacidad hidráulica
	8	0.167	<	0.293	Aumentar capacidad hidráulica
F	1	0.027	>	0.020	OK
G	1	0.036	>	0.027	OK
H	1	0.051	<	0.127	Aumentar capacidad hidráulica
	Tramo 1	0.041	<	0.049	Aumentar capacidad hidráulica

Carretera a Jesús	Tramo 2	0.130	<	0.140	Aumentar capacidad hidráulica
	Tramo 3	0.102	<	0.203	Aumentar capacidad hidráulica
	Tramo 4	0.177	<	0.316	Aumentar capacidad hidráulica
	Tramo 5	0.076	<	0.115	Aumentar capacidad hidráulica

Debido a que son varias calles que no cumplen con la capacidad hidráulica se propone redimensionar las cunetas y a la misma vez se propone construir cunetas en las zonas que no cuentan con ellas, sobre todo en puntos estratégicos para tener calles colectoras que distribuyan correctamente la escorrentía que llega de todas las calles cuenca arriba.

Si Q capacidad > Q hidrológico entonces la cuneta está bien dimensionada.

Tabla N° 33: Redimensionamiento de calles.

Nombre de calle	Cuadra	Dimensiones		Capacidad de calle (m3/s)	Caudal hidrológico (m^3/s)	Evaluación hidráulica
		a	d			
Av. Industrial	2	0.74	0.15	0.114	0.0585	OK
	3	0.74	0.15	0.116	0.0400	OK
	4	0.74	0.15	0.115	0.0308	OK
	5	0.74	0.15	0.097	0.0475	OK
	6	0.74	0.15	0.101	0.0839	OK
	7	0.75	0.30	0.285	0.1103	OK
	8	0.75	0.30	0.256	0.1246	OK
	9	0.75	0.30	0.263	0.1436	OK
	10	0.75	0.30	0.254	0.2364	OK
Jr. Los Diamantes	1	0.5	0.2	0.101	0.0471	OK
Jr.06 de Julio	1	0.5	0.2	0.106	0.0960	OK
Jr. Virgen del sol	2	0.5	0.15	0.026	0.0350	OK
	3	0.4	0.10	0.008	0.0350	OK
Calle. Las Magnolias	1	0.5	0.15	0.063	0.0426	OK
	2	0.5	0.15	0.068	0.0455	OK
Jr. Valle de Moche	2	0.5	0.25	0.116	0.0367	OK
Av. San Martin de Porres	24	0.8	0.35	0.149	0.1269	OK
	25	0.7	0.30	0.158	0.1114	OK
	26	0.7	0.30	0.140	0.0529	OK
Jr. Martines de Uchuracay	26	0.75	0.3	0.167	0.1434	OK
Jr. El Rubí	1	0.8	0.4	0.286	0.2228	OK
Urbanización Los Eucaliptos	B1	0.5	0.15	0.041	0.0316	OK
	B2	0.5	0.15	0.058	0.0460	OK
	B3	0.5	0.15	0.056	0.0447	OK

	El dorado C1	0.5	0.15	0.049	0.0112	OK
	El dorado C2	0.5	0.15	0.063	0.0106	OK
	Alameda 2-1	0.5	0.15	0.022	0.0194	OK
	Alameda 2-2	0.5	0.15	0.038	0.0218	OK
	Av. Los Chilcos	0.5	0.2	0.069	0.0675	OK
	Av. Los Chilcos	0.8	0.2	0.069	0.0671	OK
	D1	0.8	0.3	0.089	0.0656	OK
	D2	0.5	0.15	0.048	0.0233	OK
	Los Cristales	0.5	0.15	0.056	0.0229	OK
D1	1	0.7	0.25	0.066	0.0383	OK
Jr. Larry Jhonson	1	0.7	0.10	0.051	0.0429	OK
	2	0.5	0.80	0.616	0.0420	OK
	3	0.5	0.20	0.090	0.0387	OK
	4	0.5	0.20	0.087	0.0855	OK
	5	0.6	0.55	0.506	0.0545	OK
	6	0.6	0.55	0.397	0.0331	OK
	7	1	0.3	0.326	0.2896	OK
	8	1	0.3	0.413	0.2935	OK
F	1	0.5	0.15	0.027	0.0203	OK
G	1	0.5	0.15	0.036	0.0267	OK
H	1	0.8	0.25	0.189	0.1268	OK
Carretera a Jesús	Tramo 1	1	0.35	0.093	0.0486	OK
	Tramo 2	1	0.35	0.294	0.1402	OK
	Tramo 3	1	0.35	0.232	0.2031	OK
	Tramo 4	1	0.35	0.402	0.3161	OK
	Tramo 5	1	0.35	0.362	0.1151	OK

- Propuesta de canal colector en Jr. Agomarca y Valle de Moche para deriva el flujo de las cunetas cuenca arriba, se recomienda usar canales rectangulares estos podrían ir con reja, las dimensiones son entre 0.6 – 1m, de altura se recomienda 0.6.
- Se deberá construir un canal de derivación cuyo punto desemboque en el rio Mashcón, se recomienda rectangular para aprovechar el área hidráulica de dimensiones 1.5 m por 0.7 m para derivar toda el agua colectada de las calles Carretera a Jesús, Jr. Agomarca, cuyas calles serán aportantes a este canal.

CAPITULO IV

5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A) CONCLUSIONES:

- La zona de estudio según su tipo de uso, se clasificó en zonas con actividad comercial un 13.7 %, zonas residenciales de baja densidad un 50.8 % y zonas residenciales de alta densidad 35.5%, avenidas principales como la Av. Industrial, zonas como Jr. Larry Jhonson y la Carretera a Jesús se caracterizan por ser zonas de actividad comercial ya que existe mucha demanda de comercios, mercados y el Hospital Regional de Cajamarca.

- En cuanto a la fisiografía y topografía el área limita con la quebrada Los Chilcos que presenta un denotado contraste de paisajes, iniciando como una zona montañosa en la parte alta y terminando en un paisaje de planicie, las alturas varían desde más de 2761 msnm en la parte alta, hasta menos de 2642 msnm en la parte final, en la parte media varían las pendientes hasta pendientes suave de 5 -15 % finalizando en la parte baja en planicies con pendientes inferiores a 5%.Se realizo la inspección para poder evaluar la influencia de la quebrada ante un riesgo de inundación pluvial, según (INGEMMET,2021) Se evidencian que ocurren inundaciones en la parte baja y/o desembocadura de la quebrada Los Chilcos, ya que está conformada por una zona llana de abanico aluvial o cono de deyección, lo cual permite el desborde e inundación durante los periodos extraordinarios de lluvias, existen registros de desbordes en el curso inferior de la quebrada Los Chilcos que han inundado varios sectores, y la vulnerabilidad ha aumentado por el exponencial crecimiento poblacional en ambas riberas de la quebrada. Los principales perjuicios que puede ocasionar el desborde de la quebrada Los Chilcos, están relacionados a daños en la infraestructura educativa y de salud (colegio Julio Ramón Ribeyro y Hospital Regional de Cajamarca), parte de la infraestructura vial (pontones y vías sin pavimentar), viviendas aledañas a las riberas de la quebrada y red primaria de agua potable.

- En cuanto al drenaje pluvial de la zona solo el 37% poseen cunetas de las cuales el 98% son secciones triangulares y el 2 % cunetas rectangulares, los otros sectores no cuentan con cunetas puesto que son zonas que no tienen vías asfaltadas, se evidencia calles de actividad comercial como Av. Industrial C7, Carretera a Jesús, Av. San Martin y Jr.

Martines de Uchuracay que no cuentan con capacidad de calle para colectar el caudal hidrológico generado, sus dimensiones no están de acuerdo a su caudal aportante. Según la inspección realizada solo existen cuatro sumideros distribuidos en Jr. Martines de Uchuracay, Jr. El Rubí y Av. San Martin de Porres.

- Se estimaron los caudales de escorrentía mediante el método racional para luego ser comparados de acuerdo a la capacidad de calle según sus parámetros hidráulicos de cada sección, se establecieron los caudales que generan la inundación observada, y se establecieron los periodos de retorno para cada calle según la función complementaria, los caudales de inundación varían entre 0.177 m3/s – 0.022 m3/s.

- Propuesta de canal colector en Jr. Agomarca y Valle de Moche para deriva el flujo de las cunetas cuenca arriba, se recomienda usar canales rectangulares estos podrían ir con reja, las dimensiones son entre 0.6 – 1m, de altura se recomienda 0.6, para una misma área mojada, un canal rectangular suele tener una mayor capacidad de conducción que un canal triangular, lo que lo hace más adecuado para transportar grandes caudales. Se deberá construir un canal de derivación cuyo punto desemboque en el rio Mashcón, se recomienda rectangular para aprovechar el área hidráulica de dimensiones 1.5 m de ancho por 0.7 m. para derivar toda el agua colectada de las calles Carretera a Jesús, Jr. Agomarca, cuyas calles serán aportantes a este canal.

B) RECOMENDACIONES:

- La zona continua en su proceso de urbanización, pero de manera improvisada y sin planificación alguna, sería una buena medida comenzar a destinar usos de suelo en la ciudad por parte de las autoridades y así los profesionales poder planificar sitios a urbanizar y evitar zonas inundables.

- Debe existir un criterio general al momento de diseñar estas infraestructuras de drenaje ya que existen sectores donde un conducto debe descargar la escorrentía transportada en un conducto de menor capacidad causando desbordamiento inmediato.

- Finalmente ejercer un trabajo de operación y mantenimiento en los conductos principales ya que la escorrentía va acompañada de sedimentos que son depositados en los mismos perjudicando así principalmente su capacidad hidráulica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- (AKAN, O. 2015). Urban hydrology, hydraulics. Cánada: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data Editorial. Primera Edición, 29p, ISBN 0-47-43158-3
- (ANTA, J. 2019). Introducción al cálculo de redes de saneamiento con swmm. Coruña: Universidad de Coruña, Editorial Servizo de Publicación. Segunda Edición, 66p. ISBN 978-84-9749-733-6,
- (BALTZUA, H. 2022). Inundación pluvial asociada a eventos extremos de precipitación en escenarios de cambio climático en Euskadi. Bilbao: Editorial Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Primera Edición, 179p.
- (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO,2019). Guía para la gestión del riesgo en sistemas de agua y saneamiento ante amenazas naturales. Ecuador: Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo. Primera Edición, 122p.
- (BOLINAGA, J. 2019). Drenaje urbano. Caracas: Instituto Nacional de Obras Sanitarias. Primera Edición, 488p.
- (CADAVIR, H. 2018). Hidráulica de canales fundamentos. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT, Primera Edición, 258p. ISBN 958-8281-28-8.
- (CHUQUIMANGO, O.2022). Evaluación del sistema de drenaje pluvial del sector la Molina distrito de Baños del Inca - Cajamarca. Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca. [Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca].
- (CORTES, J. 2014). "Modelación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), usando SWMM 5.1". Trabajo de Grado, Universidad de Valparaíso, 2014. [Repositorio Institucional Universidad de Valparaíso].
- (FONSECA, K. 2022). Zonificación de la amenaza y vulnerabilidad por inundación, mediante modelamiento espacial en el sector isla la manga municipio de Yopal, Casanare. Trabajo de Grado, [Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- (FRANQUET, J. 2019). Dimensionamiento y distribución de las conducciones hidráulicas. España: Editorial Gráfica Dertosense, S.L. Primera Edición, 290p. ISBN 84-120526-0-2.
- (HUAMÁN J., 2016). Drenaje pluvial urbano. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Primera Edición, 30p.
- (INDECI, 2022). Compendio estadístico gestión reactiva, 2022. Lima: Editorial Guerrero Florentina. Primera Edición, 224p.

- (PAUCAR, M. 2022). Análisis y estimación de un modelo probabilista de riesgo por inundación, aplicado a la microcuenca Llavini, distrito, provincia y región de Puno – Perú. Trabajo de Grado, Universidad Nacional del Altiplano (Perú). [Repositorio Institucional Universidad Nacional de Puno].
- (PONCE, V. 2020). Characterization of drought across climatic spectrum. United States: Editorial Journal of Hydrologic Engineering. Tercera Edición, 222p.
- (SERRANO, R. 2020). De las urbes a territorios inteligentes. Colombia: Editorial Digiprint Editores S.A.S. Primera Edición, 124p. ISBN 978-958-5106-30-7.
- (SERRANO, M. 2022). Análisis y optimización del software EPA SWMM para el diseño de redes de drenaje urbano sostenible. Trabajo de Grado, Universidad de Coruña. [Repositorio Institucional UPNA].
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2011. Manual de hidrología hidráulica y drenaje. Primera Edición, 222p.
- (VILLÓN, M. 2004). Hidrología. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2004. Segunda Edición, 324p. ISBN 9977 66-159.6.
- (VILLÓN, M. 2004). Hidráulica de canales. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2008. Segunda Edición, 256p ISBN 978-977-66-203-9.

LINKOGRAFIA

- (Cieza, S. 2021). Compendio Estadístico 2022, 2017. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3889167/Compendio%20web%20comprimido-2022.pdf.pdf.
- (Gobierno Regional de Cajamarca, 2023). Informe de evaluación de resultados PEI-POI 2023. https://www.regioncajamarca.gob.pe/portal/docs/det/48482.
- (Hoyos, T.D & Tuesta, C.R, 2017). Simulación hidráulica del riesgo de inundación del barrio Zaragoza a partir de la determinación de los coeficientes de variación diaria y horaria, para futuras habilitaciones urbanas de la ciudad de Moyobamba 2016. Repositorio Institucional UNSM. Disponible en: http://hdl.handle.net/11458/2881.
- (INGEMMET, 2021) Evaluación de peligro geológicos en la Quebrada Los Chilcos. Repositorio [en línea]. 1 de enero de 2021 [consultado el 4 de octubre de 2024]. Disponible en: https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3071#files.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2021. Resolución Ministerial N°126-2021-VIVIENDA. Modificación de la Norma Técnica OS.060 Drenaje Pluvial Urbano a Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones. Disponible en:

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366728/CE.040%20DRENAJE%20PLUVIAL_RM%20126-2021-VIVIENDA.pdf

- (NT.CE.040, RNE ,2021). Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones. [En línea] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, marzo de 2021. Consultado 12 may. 2022. ¿Disponible https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1709174/RM-094-2021.
- Organización Mundial de la Salud, 2011. Guías para la evaluación del riesgo de inundación. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1
- (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY EPA, 2022) Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2. https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-04/swmm-users-manual version-5.2.pdf

ANEXOS:

ANEXO 1: Precipitación máxima en 24 horas (mm) de la estación Augusto Weberbauer.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MÁXIMO
1992	10.8	9.7	12.0	11.9	6.7	12.8	2.3	3.8	10.5	17.7	7.9	6.7	**17.7**
1993	9.2	12.5	20.6	12.8	8.0	1.5	3.3	1.9	22.5	17.0	20.2	13.9	**22.5**
1994	14.2	18.7	24.5	22.7	4.9	1.4	0.0	0.2	3.1	8.7	21.3	28.5	**28.5**
1995	8.3	19.3	16.4	20.6	3.9	1.3	7.8	6.1	3.0	16.1	19.5	16.0	**20.6**
1996	11.3	25.6	16.6	15.7	3.4	0.4	0.4	6.4	3.7	13.0	35.1	10.5	**35.1**
1997	16.3	16.3	7.1	8.3	7.5	6.6	0.2	0.0	7.6	10.2	27.6	23.8	**27.6**
1998	12.5	16.5	31.7	22.3	6.3	4.1	1.3	3.5	4.6	17.7	14.6	9.8	**31.7**
1999	15.9	38.8	13.5	10.4	13.9	6.4	11.6	0.5	21.8	14.3	18.6	13.1	**38.8**
2000	17.3	36.1	18.6	19.7	14.4	5.3	1.8	5.0	10.9	3.3	17.9	20.4	**36.1**
2001	27.6	17.7	28.2	14.3	14.7	1.0	6.9	0.0	5.7	14.7	20.3	15.9	**28.2**
2002	8.2	10.8	15.7	18.2	12.7	5.4	4.7	3.4	7.7	22.3	16.8	10.6	**22.3**
2003	18.7	18.4	20.1	8.8	6.7	7.0	1.6	6.1	8.9	19.2	17.1	20.8	**20.8**
2004	11.9	21.5	10.5	12.4	6.5	0.9	6.0	10.2	4.0	9.5	28.1	22.7	**28.1**
2005	20.2	10.0	19.7	10.8	3.6	3.5	0.3	3.5	14.3	9.3	11.6	15.3	**20.2**
2006	15.2	13.5	18.8	17.0	2.2	6.2	1.6	5.4	10.2	4.0	20.6	12.3	**20.6**
2007	15.6	6.8	25.4	21.0	5.2	1.4	3.0	4.0	10.2	19.0	15.7	16.7	**25.4**
2008	20.2	17.1	23.6	27.0	7.4	6.0	1.3	4.8	11.6	10.8	19.7	S/D	**27.0**
2009	21.9	16.4	20.5	17.8	18.2	9.1	5.3	0.9	5.2	18.1	22.2	12.6	**22.2**
2010	14.6	36.4	34.0	21.6	12.6	2.8	2.2	1.3	10.5	16.8	12.8	21.9	**36.4**
2011	14.9	16.4	25.5	22.4	9.7	0.4	5.1	0.0	12.7	9.3	5.2	27.7	**27.7**
2012	18.0	27.9	26.7	11.3	10.8	0.3	0.0	1.9	12.8	24.2	27.3	17.6	**27.9**
2013	11.7	13.1	35.3	15.9	10.2	4.5	2.5	5.7	1.9	19.4	6.1	9.6	**35.3**
2014	13.7	15.3	22.1	24.4	6.8	2.4	2.0	1.7	5.8	13.5	11.1	20.2	**24.4**
2015	23.3	14.0	25.4	11.9	19.5	2.3	3.2	0.1	25.2	4.6	20.5	10.7	**25.4**
2016	13.1	16.7	32.4	12.6	2.6	0.7	1.4	1.1	17.9	17.3	4.5	11.9	**32.4**
2017	12.9	11.6	14.3	14.1	9.6	6.3	2.3	8.2	10.4	21.7	18.2	51.8	**51.8**
2018	16.9	33.5	18.3	12.1	8.7	5.0	0.4	0.0	11.2	13.7	14.0	16.2	**33.5**
2019	14.6	14.8	25.5	12.9	8.5	4.9	4.4	0.0	3.0	19.0	15.7	20.2	**25.5**
2020	11.4	6.5	S/D	S/D	S/D	S/D	10.9	0.4	5.1	14.6	17.2	14.4	**17.2**
2021	15.5	32.6	29.1	31.5	9.8	2.7	1.6	4.7	5.7	20.6	17.2	11.9	**32.6**
2022	12.0	27.4	40.4	22.3	20.7	3.6	4.4	9.2	7.8	9.6	5.9	15.5	**40.4**
2023	19.3	21.2	26.2	9.6	10.0	0.0	1.9	3.0	1.0	22.4	21.2	28.2	**28.2**
PROMEDIO	**15.2**	**19.2**	**22.5**	**16.6**	**9.2**	**3.7**	**3.2**	**3.2**	**9.3**	**14.7**	**17.2**	**17.7**	**28.5**
DESV. EST.	**4.4**	**8.8**	**7.7**	**5.8**	**4.8**	**3.0**	**2.9**	**2.9**	**6.0**	**5.5**	**7.0**	**8.5**	**7.5**
MÁXIMO	**27.6**	**38.8**	**40.4**	**31.5**	**20.7**	**12.8**	**11.6**	**10.2**	**25.2**	**24.2**	**35.1**	**51.8**	**51.8**
MÍNIMO	**8.2**	**6.5**	**7.1**	**8.3**	**2.2**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**1.0**	**3.3**	**4.5**	**6.7**	**17.2**
Nº Datos	**32**	**32**	**31**	**31**	**31**	**31**	**32**	**32**	**32**	**32**	**32**	**31**	**32**

S/D: Dato No Medido

FUENTE: SENAMHI.

ANEXO 2: Tabla de regresión múltiple para cálculo de parámetros m, n, k.

				ESTACIÓN: MAP. AUGUSTO WEBERBAUER		
duración (min)	**Tiempo de retorno(años)**			m **0.1615**	n **-0.7357**	k **2.3374**
d	T	x2=Log(d)	x3=Log(T)	I	y=Log(I)	
10.00	2	1.00000	0.30103	53.39	1.7274	179.13
15.00	2	1.17609	0.30103	39.39	1.5954	158.98
30.00	2	1.47712	0.30103	23.42	1.3696	134.44
60.00	2	1.77815	0.30103	7.71	0.8868	117.29
120.00	2	2.07918	0.30103	4.78	0.6792	104.54
180.00	2	2.25527	0.30103	3.90	0.5915	98.47
240.00	2	2.38021	0.30103	3.39	0.5303	94.64
300.00	2	2.47712	0.30103	3.08	0.4889	91.91
360.00	2	2.55630	0.30103	2.88	0.4589	89.80
480.00	2	2.68124	0.30103	2.47	0.3920	86.70
600.00	2	2.77815	0.30103	2.25	0.3522	84.47
720.00	2	2.85733	0.30103	2.03	0.3073	82.74
840.00	2	2.92428	0.30103	1.83	0.2618	81.34
960.00	2	2.98227	0.30103	1.68	0.2243	80.18
1080.00	2	3.03342	0.30103	1.54	0.1878	79.18
1440.00	2	3.15836	0.30103	1.28	0.1087	76.86
10.00	5	1.00000	0.69897	66.30	1.8215	205.24
15.00	5	1.17609	0.69897	48.92	1.6895	182.16
30.00	5	1.47712	0.69897	29.09	1.4637	154.04
60.00	5	1.77815	0.69897	9.57	0.9809	134.39
120.00	5	2.07918	0.69897	5.93	0.7733	119.78
180.00	5	2.25527	0.69897	4.85	0.6856	112.83
240.00	5	2.38021	0.69897	4.21	0.6244	108.44
300.00	5	2.47712	0.69897	3.83	0.5830	105.30
360.00	5	2.55630	0.69897	3.57	0.5530	102.89
480.00	5	2.68124	0.69897	3.06	0.4861	99.35
600.00	5	2.77815	0.69897	2.79	0.4463	96.78
720.00	5	2.85733	0.69897	2.52	0.4014	94.80
840.00	5	2.92428	0.69897	2.27	0.3559	93.20
960.00	5	2.98227	0.69897	2.08	0.3184	91.86
1080.00	5	3.03342	0.69897	1.91	0.2819	90.72
1440.00	5	3.15836	0.69897	1.59	0.2028	88.07
10.00	10	1.00000	1.00000	74.85	1.8742	217.47
15.00	10	1.17609	1.00000	55.23	1.7421	193.01
30.00	10	1.47712	1.00000	32.84	1.5164	163.21
60.00	10	1.77815	1.00000	10.80	1.0336	142.40
120.00	10	2.07918	1.00000	6.70	0.8260	126.92
180.00	10	2.25527	1.00000	5.47	0.7383	119.55
240.00	10	2.38021	1.00000	4.75	0.6770	114.90

300.00	10	2.47712	1.00000	4.32	0.6357	111.58
360.00	10	2.55630	1.00000	4.03	0.6057	109.02
480.00	10	2.68124	1.00000	3.46	0.5387	105.26
600.00	10	2.77815	1.00000	3.15	0.4990	102.55
720.00	10	2.85733	1.00000	2.85	0.4541	100.45
840.00	10	2.92428	1.00000	2.56	0.4086	98.75
960.00	10	2.98227	1.00000	2.35	0.3711	97.34
1080.00	10	3.03342	1.00000	2.16	0.3346	96.13
1440.00	10	3.15836	1.00000	1.80	0.2554	93.31
10.00	15	1.00000	1.17609	79.68	1.9013	223.24
15.00	15	1.17609	1.17609	58.79	1.7693	198.13
30.00	15	1.47712	1.17609	34.95	1.5435	167.55
60.00	15	1.77815	1.17609	11.50	1.0607	146.18
120.00	15	2.07918	1.17609	7.13	0.8531	130.29
180.00	15	2.25527	1.17609	5.83	0.7654	122.72
240.00	15	2.38021	1.17609	5.06	0.7042	117.95
300.00	15	2.47712	1.17609	4.60	0.6628	114.54
360.00	15	2.55630	1.17609	4.29	0.6328	111.92
480.00	15	2.68124	1.17609	3.68	0.5659	108.06
600.00	15	2.77815	1.17609	3.36	0.5261	105.27
720.00	15	2.85733	1.17609	3.03	0.4812	103.12
840.00	15	2.92428	1.17609	2.73	0.4357	101.37
960.00	15	2.98227	1.17609	2.50	0.3982	99.92
1080.00	15	3.03342	1.17609	2.30	0.3618	98.68
1440.00	15	3.15836	1.17609	1.92	0.2826	95.79
10.00	20	1.00000	1.30103	83.06	1.9194	226.91
15.00	20	1.17609	1.30103	61.28	1.7873	201.39
30.00	20	1.47712	1.30103	36.44	1.5615	170.30
60.00	20	1.77815	1.30103	11.99	1.0788	148.58
120.00	20	2.07918	1.30103	7.43	0.8711	132.43
180.00	20	2.25527	1.30103	6.07	0.7835	124.74
240.00	20	2.38021	1.30103	5.27	0.7222	119.89
300.00	20	2.47712	1.30103	4.80	0.6808	116.42
360.00	20	2.55630	1.30103	4.48	0.6509	113.76
480.00	20	2.68124	1.30103	3.84	0.5839	109.83
600.00	20	2.77815	1.30103	3.50	0.5441	107.00
720.00	20	2.85733	1.30103	3.16	0.4993	104.81
840.00	20	2.92428	1.30103	2.84	0.4538	103.04
960.00	20	2.98227	1.30103	2.61	0.4162	101.56
1080.00	20	3.03342	1.30103	2.40	0.3798	100.30
1440.00	20	3.15836	1.30103	2.00	0.3006	97.37
10.00	25	1.00000	1.39794	85.66	1.9328	229.56
15.00	25	1.17609	1.39794	63.20	1.8007	203.74
30.00	25	1.47712	1.39794	37.58	1.5749	172.29
60.00	25	1.77815	1.39794	12.36	1.0922	150.31
120.00	25	2.07918	1.39794	7.67	0.8845	133.98
180.00	25	2.25527	1.39794	6.26	0.7969	126.20

240.00	25	2.38021	1.39794	5.44	0.7356	121.29
300.00	25	2.47712	1.39794	4.95	0.6942	117.78
360.00	25	2.55630	1.39794	4.62	0.6642	115.09
480.00	25	2.68124	1.39794	3.96	0.5973	111.12
600.00	25	2.77815	1.39794	3.61	0.5575	108.25
720.00	25	2.85733	1.39794	3.26	0.5127	106.04
840.00	25	2.92428	1.39794	2.93	0.4672	104.24
960.00	25	2.98227	1.39794	2.69	0.4296	102.75
1080.00	25	3.03342	1.39794	2.47	0.3932	101.47
1440.00	25	3.15836	1.39794	2.06	0.3140	98.50
10.00	50	1.00000	1.69897	93.67	1.9716	236.91
15.00	50	1.17609	1.69897	69.11	1.8396	210.26
30.00	50	1.47712	1.69897	41.09	1.6138	177.81
60.00	50	1.77815	1.69897	13.52	1.1310	155.13
120.00	50	2.07918	1.69897	8.38	0.9234	138.27
180.00	50	2.25527	1.69897	6.85	0.8357	130.24
240.00	50	2.38021	1.69897	5.95	0.7745	125.17
300.00	50	2.47712	1.69897	5.41	0.7331	121.55
360.00	50	2.55630	1.69897	5.05	0.7031	118.77
480.00	50	2.68124	1.69897	4.33	0.6362	114.67
600.00	50	2.77815	1.69897	3.95	0.5964	111.72
720.00	50	2.85733	1.69897	3.56	0.5515	109.43
840.00	50	2.92428	1.69897	3.21	0.5060	107.58
960.00	50	2.98227	1.69897	2.94	0.4685	106.04
1080.00	50	3.03342	1.69897	2.70	0.4320	104.72
1440.00	50	3.15836	1.69897	2.25	0.3529	101.66
10.00	100	1.00000	2.00000	101.63	2.0070	243.24
15.00	100	1.17609	2.00000	74.98	1.8750	215.88
30.00	100	1.47712	2.00000	44.58	1.6492	182.55
60.00	100	1.77815	2.00000	14.67	1.1664	159.27
120.00	100	2.07918	2.00000	9.09	0.9588	141.96
180.00	100	2.25527	2.00000	7.43	0.8711	133.72
240.00	100	2.38021	2.00000	6.45	0.8099	128.52
300.00	100	2.47712	2.00000	5.87	0.7685	124.80
360.00	100	2.55630	2.00000	5.48	0.7385	121.94
480.00	100	2.68124	2.00000	4.69	0.6716	117.73
600.00	100	2.77815	2.00000	4.28	0.6318	114.70
720.00	100	2.85733	2.00000	3.86	0.5869	112.35
840.00	100	2.92428	2.00000	3.48	0.5414	110.45
960.00	100	2.98227	2.00000	3.19	0.5039	108.87
1080.00	100	3.03342	2.00000	2.93	0.4674	107.52
1440.00	100	3.15836	2.00000	2.44	0.3883	104.37

ANEXO 3: Tabla de coordenadas de levantamiento de manzanas.

Ítem	Norte	Este	Cota	Descripción
1	9205182.121	778014.972	2685.791	Manzaneo
2	9205189.161	778011.062	2686	Manzaneo
3	9205186.701	778003.486	2686.178	Manzaneo
4	9205179.331	778006.677	2686.261	Manzaneo
5	9205153.31	777940.565	2688.093	Manzaneo
6	9205221.996	777899.424	2688.089	Manzaneo
7	9205224.947	777905.987	2688.037	Manzaneo
8	9205150.442	777933.274	2688.275	Manzaneo
9	9205157.399	777929.459	2688.141	Manzaneo
10	9205160.361	777936.051	2688.121	Manzaneo
11	9205099.388	777964.782	2688.342	Manzaneo
12	9205168.283	777956.35	2687.477	Manzaneo
13	9205160.301	777959.87	2687.463	Manzaneo
14	9205096.939	777958.308	2688.019	Manzaneo
15	9205171.421	777964.134	2687.111	Manzaneo
16	9205163.507	777967.633	2687.328	Manzaneo
17	9205083.07	777774.127	2692.914	Manzaneo
18	9205263.549	778207.9	2680.807	Manzaneo
19	9205261.209	778214.102	2680.767	Manzaneo
20	9205098.84	777809.853	2691.714	Manzaneo
21	9205094.856	777801.508	2691.552	Manzaneo
22	9205204.478	778049.925	2684.783	Manzaneo
23	9205197.927	778053.411	2684.818	Manzaneo
24	9205204.394	778054.592	2684.704	Manzaneo
25	9205200.006	778061.08	2684.604	Manzaneo
26	9205077.115	777875.824	2690.076	Manzaneo
27	9205075.792	777866.352	2690.41	Manzaneo
28	9205064.164	777825.933	2691.658	Manzaneo
29	9205061.653	777818.433	2692.138	Manzaneo
30	9205209.481	777875.65	2689.123	Manzaneo
31	9205203.852	777861.821	2689.272	Manzaneo
32	9205109.202	777992.502	2687.318	Manzaneo
33	9205106.161	777984.701	2687.736	Manzaneo
34	9205142.437	777891.26	2689.418	Manzaneo
35	9205147.67	777904.717	2689.028	Manzaneo
36	9204996.38	777675.357	2695.65	Manzaneo
37	9204998.384	777662.961	2696.147	Manzaneo
38	9205000.925	777683.516	2695.517	Manzaneo
39	9204995.038	777655.204	2696.529	Manzaneo
40	9205123.951	777846.191	2690.45	Manzaneo
41	9205187.877	777827.961	2689.918	Manzaneo
42	9205184.493	777821.167	2690.115	Manzaneo
43	9205115.704	777847.931	2690.35	Manzaneo
44	9205118.611	777856.082	2690.321	Manzaneo
45	9205104.096	777798.063	2691.541	Manzaneo

46	9205162.619	777775.732	2691.214	Manzaneo
47	9205106.463	777806.411	2691.389	Manzaneo
48	9205161.846	777784.51	2691.125	Manzaneo
49	9205102.296	777794.795	2691.665	Manzaneo
50	9205090.681	777769.445	2692.774	Manzaneo
51	9204862.946	777898.161	2689.685	Manzaneo
52	9204866.143	777905.113	2689.661	Manzaneo
53	9204858.122	777903.984	2689.784	Manzaneo
54	9204845.014	777862.268	2690.432	Manzaneo
55	9204848.646	777870.576	2690.47	Manzaneo
56	9204841.94	777866.89	2690.696	Manzaneo
57	9204913.472	777985.366	2687.575	Manzaneo
58	9204912.807	777998.388	2687.897	Manzaneo
59	9204908.841	777989.496	2687.688	Manzaneo
60	9204895.127	777842.903	2691.048	Manzaneo
61	9204887.619	777846.576	2690.87	Manzaneo
62	9204863.328	777765.704	2692.98	Manzaneo
63	9204857.702	777771.638	2692.575	Manzaneo
64	9204859.484	777757.245	2692.869	Manzaneo
65	9205047.676	777931.653	2688.782	Manzaneo
66	9205040.808	777935.031	2688.624	Manzaneo
67	9205052.703	777943.612	2688.62	Manzaneo
68	9205045.342	777946.173	2688.846	Manzaneo
69	9205089.245	777928.062	2688.837	Manzaneo
70	9205135.137	777895.492	2689.38	Manzaneo
71	9205140.273	777906.825	2688.935	Manzaneo
72	9205085.168	777916.544	2689.112	Manzaneo
73	9205080.266	777931.289	2688.745	Manzaneo
74	9205076.526	777920.858	2689.22	Manzaneo
75	9204950.291	777984.119	2687.47	Manzaneo
76	9204942.328	777987.027	2687.614	Manzaneo
77	9204938.1	777974.58	2687.597	Manzaneo
78	9204947.052	777971.916	2687.551	Manzaneo
79	9204989.565	777955.36	2688.151	Manzaneo
80	9204996.745	777952.161	2688.235	Manzaneo
81	9205001.351	777964.237	2687.929	Manzaneo
82	9204994.852	777966.882	2687.905	Manzaneo
83	9204898.418	777851.068	2690.655	Manzaneo
84	9205026.657	777899.836	2689.516	Manzaneo
85	9205022.781	777892.541	2689.808	Manzaneo
86	9205011.751	778012.203	2687.367	Manzaneo
87	9205018.742	778010.258	2687.631	Manzaneo
88	9204993.219	777813.649	2691.742	Manzaneo
89	9205000.447	777810.619	2691.804	Manzaneo
90	9205073.587	777997.716	2687.794	Manzaneo
91	9205066.211	778000.248	2688.099	Manzaneo
92	9205043.02	777785.34	2692.92	Manzaneo
93	9205046.222	777794.792	2692.791	Manzaneo

94	9205053.427	777789.867	2692.917	Manzaneo
95	9205052.73	777784.535	2693.055	Manzaneo
96	9204965.503	778022.813	2686.873	Manzaneo
97	9204956.897	778024.979	2686.875	Manzaneo
98	9204890.602	777853.87	2690.597	Manzaneo
99	9204984.316	777916.685	2688.938	Manzaneo
100	9204981.863	777909.475	2689.053	Manzaneo
101	9204946.604	777823.106	2691.28	Manzaneo
102	9204904.124	777743.873	2693.005	Manzaneo
103	9204911.753	777736.347	2693.296	Manzaneo
104	9204938.470	777826.311	2690.981	Manzaneo
105	9204949.802	777830.222	2690.997	Manzaneo
106	9204942.763	777833.969	2690.89	Manzaneo
107	9204654.106	777887.239	2690.045	Manzaneo
108	9204647.926	777890.288	2690.108	Manzaneo
109	9205238.125	777933.753	2687.605	Manzaneo
110	9205233.074	777927.19	2687.924	Manzaneo
111	9204562.044	777771.17	2692.748	Manzaneo
112	9204570.662	777769.461	2692.669	Manzaneo
113	9204674.014	777871.262	2690.877	Manzaneo
114	9204677.411	777871.938	2690.863	Manzaneo
115	9204671.78	777875.816	2690.795	Manzaneo
116	9204651.709	777754.204	2693.293	Manzaneo
117	9204658.714	777753.214	2692.8	Manzaneo
118	9204595.297	777765.199	2692.891	Manzaneo
119	9204599.13	777764.277	2692.635	Manzaneo
120	9205259.878	777979.53	2686.529	Manzaneo
121	9205126.352	778061.619	2685.766	Manzaneo
122	9205119.366	778062.504	2685.746	Manzaneo
123	9204857.527	777731.265	2692.869	Manzaneo
124	9205126.492	778092.634	2684.933	Manzaneo
125	9205279.484	778020.453	2685.103	Manzaneo
126	9205277.834	778017.031	2685.152	Manzaneo
127	9205129.542	778084.174	2685.142	Manzaneo
128	9205122.831	778041.47	2686.19	Manzaneo
129	9205121.7	778033.154	2686.851	Manzaneo
130	9204967.107	777564.321	2698.802	Manzaneo
131	9204966.19	777556.585	2698.832	Manzaneo
132	9204930.506	777658.652	2695.763	Manzaneo
133	9204928.752	777652.728	2695.872	Manzaneo
134	9204808.743	777786.857	2693.482	Manzaneo
135	9204809.346	777795.124	2691.145	Manzaneo
136	9204830.683	777774.985	2692.888	Manzaneo
137	9204816.000	777793.23	2692.053	Manzaneo
138	9204942.496	777708.33	2694.563	Manzaneo
139	9204978.34	777579.786	2698.296	Manzaneo
140	9204980.185	777589.81	2697.88	Manzaneo
141	9204723.934	777843.696	2691.036	Manzaneo

ANEXO 4: Panel fotográfico.

Foto N° 1: Carretera longitudinal Sierra Norte (Carretera a Jesús) en temporada de lluvia (2021)

Foto N° 2: Carretera longitudinal Sierra Norte (Carretera a Jesús) en temporada de lluvia (2022).

Foto N° 3: Av. Larry Jhonson (2022)

Foto N° 4: Toma de datos con dron Phanton

Foto N° 5: Levantamiento topográfico de la zona de estu

dio

ANEXO 5: PLANO DE CARACTERIZACION DEL DRENAJE PLUVIAL VILLA HUACARIZ

ANEXO 6: ÁREAS TRIBUTARIAS DEL DRENAJE PLUVIAL VILLA HUACARIZ

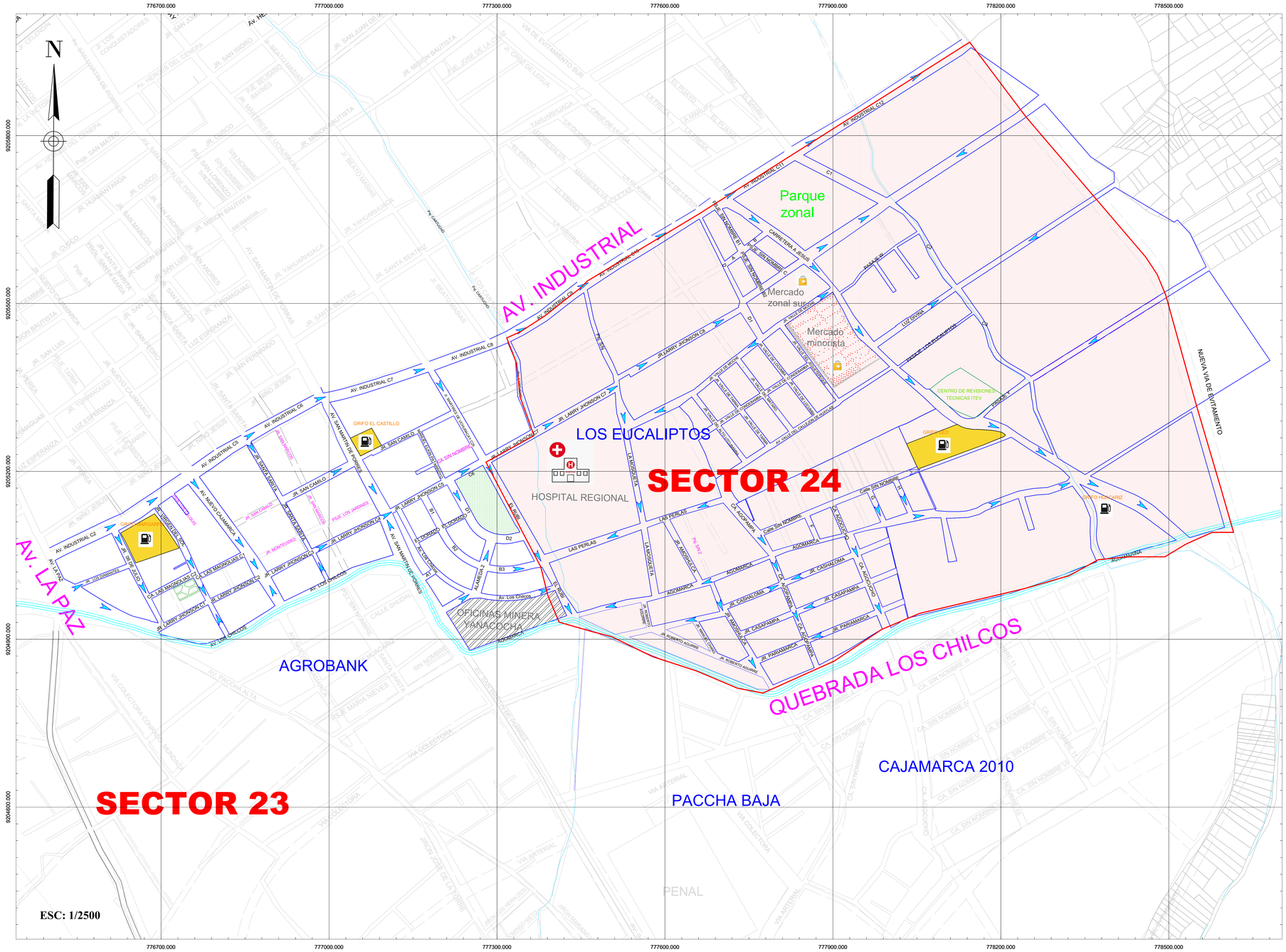
ANEXO 7: PLANO DE CAUDAL HIDROLOGICO VS CAPACIDAD DE CALLE

ANEXO 8: SITUACION ACTUAL DEL DRENJAE PLUVIAL VILLA HUACARIZ

ANEXO 9: ALTERNATIVA DE SOLUCION DEL DRENAJE PLUVIAL VILLA HUACARIZ

CARACTERIZACIÓN DEL DRENAJE PLUVIAL VILLA HUACARIZ

CALLES	CUADRA	TIPO DE USO	DESCRIPCION	TIPO DE CUNETA
Av. Industrial	2	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	3	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	4	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	5	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	6	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	7	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	8	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	9	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	10	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	11	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	12	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. Los Diamantes	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Jr.06 de Julio	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Jr. Virgen del sol	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	3	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Calle Las Magnolias	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Av. Nuevo Cajamarca	12	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar sin cuneta	
	13	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar sin cuneta	
Jr. Santa Sarita	8	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. San Camilo	2	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	3	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle de Jequetepeque	1	Zona de actividad comercial	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Av. San Martin de Porres	24	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	25	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	26	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Manuel Elkin Patarroyo	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. Martines de Uchuraccay	26	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
El Rubí	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	2	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Pasaje. Cartucho	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Pasaje. SN	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Agomarca	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	3	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	4	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Urbanización Los Eucaliptos	B1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	B2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	B3	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	El dorado C1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	El dorado C2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Alameda 2-1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Alameda 2-2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Av. Los Chilcos	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Av. Los Chilcos	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	D1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	D2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Los Cristales	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Jr. Roberto Aguirre	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. Gabriel Barrantes	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Jr. Valle de Moche	1	Zona de actividad comercial	Sin pavimentar, sin cuneta	
	2	Zona de baja densidad	Pavimentado con cuneta	Rectangular de concreto
La Mosqueta	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
Calle. Agopampa	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	3	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	4	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	5	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Las Perlas	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Manuel Chang	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Cashaloma	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Casapampa	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Pariamarca	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
CA. Agocucho	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Amoshulca	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
A	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
B	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Sin Nombre B1	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Sin Nombre B2	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Sin Nombre C	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
D	1	Zona residencial de alta densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
D1	1	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Rectangular sin revestir
Jr. Valle del Alto Utcubamba	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle del Tarma	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle de Mantaro	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle de Locumba	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Valle de Condebamba	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	3	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	4	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	5	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Av. Valle Callejón de Huaylas	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Calle Sin Nombre	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Jr. Larry Jhonson	1	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	2	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	3	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	4	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	5	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	6	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	7	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	8	Zona residencial de alta densidad	Pavimentado con cuneta	Rectangular sin revestir
	9	Zona de actividad comercial	Sin pavimentar, sin cuneta	
	10	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
	11	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, sin cuneta	
F	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
G	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
H	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Carretera a Jesús	Tramo 1	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Tramo 2	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Tramo 3	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Tramo 4	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
	Tramo 5	Zona de actividad comercial	Pavimentado con cuneta	Triangular de concreto
Luz Divina	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
	2	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje W	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Los Eucaliptos	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
Pasaje Y	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
C1	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
C2	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	
C3	1	Zona residencial de baja densidad	Sin pavimentar, cuneta sin revestir	



102 LOS EUCALIPTOS 103 SAN MARTÍN DE PORRES	**SECTOR 24** **VILLA HUACARIZ**

HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA

GRIFOS

MERCADOS

QUEBRADA LOS CHILCOS

DIRECCIÓN DE FLUJO

VILLA HUACARIZ

MANZANAS

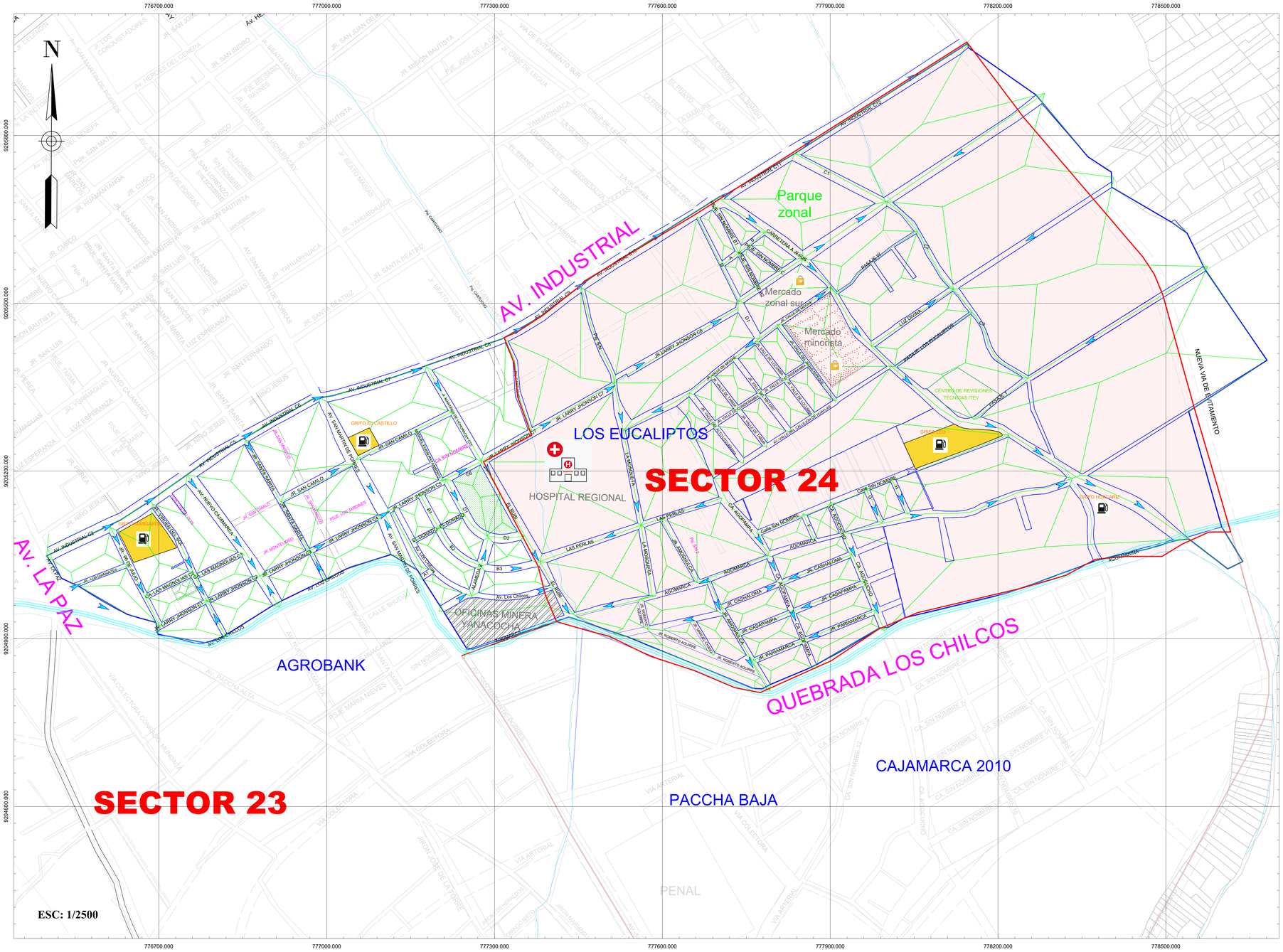
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS: "EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA VILLA HUACARIZ - CAJAMARCA ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS"

PLANO:	CARACTERIZACIÓN DE DRENAJE PLUVIAL	PLANO: 01
ESPECIALIDAD:	HIDRÁULICA	
TESISTA: OCAS POTOSI, SANDRA JANETH		
ASESOR: Dr. Ing.LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ	ESCALA : INDICADA	

ÁREAS TRIBUTARIAS DEL DRENAJE PLUVIAL VILLA HUACARIZ

Nombre de calle	Cuadra	m2	km2	Pendiente (%)	Longitud (m)	Periodo de retorno
Av.Industrial	2	4371.48	0.0044	4.11	125.13	10.00
	3	2988.91	0.0030	4.25	85.16	10.00
	4	2299.34	0.0023	4.22	79.78	10.00
	5	3553.49	0.0036	2.96	123.00	10.00
	6	6272.45	0.0063	3.23	153.63	10.00
	7	8248.23	0.0082	3.46	197.66	10.00
	8	9316.44	0.0093	2.79	149.73	10.00
	9	10738.93	0.0107	2.94	163.60	10.00
	10	17671.63	0.0177	2.75	292.34	10.00
	11	4181.17	0.0042	1.97	154.67	2.00
	12	20702.11	0.0207	2.47	367.09	2.00
Jr.Los Diamantes	1	4082.56	0.0041	3.78	104.23	5.00
Jr.06 de Julio	1	8330.78	0.0083	4.15	197.68	5.00
Jr.Virgen del sol	1	8801.48	0.0088	2.25	142.50	5.00
	2	3038.15	0.0030	0.54	57.26	5.00
	3	3038.15	0.0030	0.33	73.08	5.00
Calle.Las Magnolias	1	3699.26	0.0037	3.31	96.34	5.00
	2	3947.62	0.0039	3.79	96.08	5.00
Av.Nuevo Cajamarca	12	18272.10	0.0183	1.36	223.14	5.00
	13	2715.86	0.0027	0.18	65.67	5.00
Jr.Santa Sarita	8	15205.91	0.0152	1.02	273.65	2.00
	9	2024.07	0.0020	0.13	59.49	2.00
Jr. San Camilo	2	5996.86	0.0060	3.50	146.97	5.00
	3	10626.40	0.0106	0.51	192.45	5.00
Jr.Valle de Moche	1	15674.96	0.0157	2.98	292.71	10.00
	2	7978.21	0.0080	2.74	157.08	2.00
Av. San Martin de Porres	24	11004.91	0.0110	0.53	128.82	5.00
	25	9665.69	0.0097	1.27	105.35	5.00
	26	4587.07	0.0046	1.00	90.17	5.00
Jr.Valle de Jequetepeque	1	8931.16	0.0089	0.17	172.93	10.00
Jr. Martines de Uchuracay	26	12438.13	0.0124	1.18	194.48	5.00
El Rubi	1	17280.45	0.0173	1.34	209.17	10.00
	2	6394.51	0.0064	0.21	108.75	5.00
Psje. Cartucho	1	9060.60	0.0091	0.67	170.57	2.00
Psje. SN	1	10430.00	0.0104	0.49	181.62	2.00
Jr. Agomarca	1	7308.74	0.0073	2.25	148.14	2.00
	2	5235.50	0.0052	1.50	126.57	2.00
	3	8977.34	0.0090	2.82	134.92	2.00
	4	41925.91	0.0419	1.89	422.76	2.00
Urbanizacion Los Eucaliptos	B1	2744.78	0.0027	1.42	70.27	5.00
	B2	3989.22	0.0040	2.73	105.30	5.00
	B3	3876.43	0.0039	2.54	107.39	5.00
	El dorado C1	975.47	0.0010	1.99	50.17	5.00
	El dorado C2	918.38	0.0009	3.25	51.63	5.00
	Alameda 2-1	1680.15	0.0017	0.41	56.04	5.00
	Alameda 2-2	1887.90	0.0019	1.20	52.70	5.00
	Av. Los Chilcos	5857.77	0.0059	1.77	214.44	5.00
	Av. Los Chilcos	5824.06	0.0058	0.54	723.07	5.00
	D1	5689.55	0.0057	0.28	784.91	5.00
	D2	2023.55	0.0020	1.93	126.22	5.00
	Los Cristales	1987.88	0.0020	2.56	78.01	5.00
Jr. Roberto Aguirre	1	1679.46	0.0017	3.27	55.00	2.00
	2	6373.16	0.0064	2.26	219.72	2.00
Jr. Gabriel Barrantes	1	1600.32	0.0016	2.90	62.38	2.00
	2	4304.52	0.0043	2.42	138.21	2.00
Manuel Elkin Patarroyo	1	4639.05	0.0046	0.10	101.99	2.00
La Mosqueta	1	27646.91	0.0276	0.15	258.75	2.00
	2	7382.32	0.0074	0.08	127.41	2.00
Calle. Agopampa	1	19438.18	0.0194	0.40	296.45	2.00
	2	1606.65	0.0016	2.13	55.01	2.00
	3	1673.91	0.0017	3.43	54.51	2.00
	4	1658.38	0.0017	0.22	54.95	2.00
	5	1494.20	0.0015	1.95	55.39	2.00
Las Perlas	1	17504.52	0.0175	2.14	191.82	2.00
	2	9930.89	0.0099	3.29	152.18	2.00
Jr. Manuel Chang	1	1985.73	0.0020	1.37	75.66	2.00
Jr. Cashaloma	1	3928.69	0.0039	2.50	116.68	2.00
	2	6355.94	0.0064	2.84	135.86	2.00
Jr. Casapampa	1	4185.26	0.0042	2.91	106.39	2.00
	2	6122.29	0.0061	1.43	142.24	2.00
Jr. Pariamarca	1	3830.28	0.0038	2.17	95.50	2.00
	2	5289.08	0.0053	1.88	139.95	2.00
CA. Agocucho	1	1976.66	0.0020	1.76	60.81	2.00
	2	18402.14	0.0184	1.04	189.00	2.00
Jr.Amoshulca	1	5264.22	0.0053	2.28	131.45	2.00
		5623.15	0.0056	1.32	228.01	2.00
Calle Sin Nombre	1	46311.00	0.0463	2.43	482.40	2.00
A	1	873.58	0.0009	5.49	37.92	5.00
B	1	1116.65	0.0011	0.79	60.66	5.00
PSJE. Sin Nombre B1	1	2993.22	0.0030	0.90	95.22	5.00
PSJE. Sin Nombre B2	1	1723.41	0.0017	0.84	72.97	5.00
PSJE. Sin Nombre C	1	2146.92	0.0021	1.22	74.76	5.00
D	1	9290.40	0.0093	0.05	168.64	5.00
D1	1	2970.02	0.0030	0.37	75.56	10.00
Jr.Valle del Alto Utcubamba	1	1885.60	0.0019	1.50	75.28	2.00
	2	2646.35	0.0026	0.09	86.33	2.00
Jr.Valle del Tarma	1	2487.70	0.0025	1.28	76.54	2.00
	2	2598.59	0.0026	1.25	84.96	2.00
Jr. Valle de Mataro	1	2716.00	0.0027	3.62	80.07	2.00
	2	2790.89	0.0028	0.55	87.11	2.00
Jr.Valle de Locumba	1	2919.36	0.0029	1.94	85.74	22.00
	2	2634.55	0.0026	0.16	85.12	2.00
Av. Valle Callejon de Huaylas	1	20466.99	0.0205	1.86	370.69	2.00
Jr.Valle de Condebamba	1	1392.96	0.0014	2.31	43.26	2.00
	2	1449.50	0.0014	1.54	50.49	2.00
	3	1395.75	0.0014	3.62	49.23	2.00
	4	1521.32	0.0015	1.73	51.50	2.00
	5	1483.23	0.0015	2.11	48.90	2.00
Jr.Larry Jhonson	1	3722.85	0.0037	3.12	95.61	5.00
	2	3642.43	0.0036	4.27	98.95	5.00
	3	3361.42	0.0034	3.01	96.25	5.00
	4	7420.53	0.0074	2.82	145.54	5.00
	5	4725.38	0.0047	4.14	120.39	5.00
	6	2867.50	0.0029	2.54	78.20	5.00
	7	21649.83	0.0216	2.17	275.75	10.00
	8	25458.27	0.0255	3.49	258.54	5.00
	9	4798.05	0.0048	2.81	138.68	10.00
	10	11285.66	0.0113	2.61	179.91	2.00
	11	36598.88	0.0366	1.81	342.83	2.00
F	1	1231.92	0.0012	0.58	51.99	2.00
G	1	2183.06	0.0022	0.61	70.71	2.00
H	1	2867.94	0.0029	1.08	69.63	2.00
Carretera a Jesus	Tramo 1	9476.87	0.0095	2.15	179.85	10.00
	Tramo 2	3634.69	0.0036	0.12	86.82	10.00
	Tramo 3	10483.93	0.0105	1.14	178.37	10.00
	Tramo 4	37612.38	0.0376	0.71	392.13	10.00
	Tramo 5	25126.19	0.0251	2.14	229.03	10.00
Luz Divina	1	12351.02	0.0124	1.74	178.33	2.00
	2	51707.32	0.0517	1.40	349.52	2.00
Pasaje W	1	11449.05	0.0114	2.22	184.30	2.00
Pasaje Los Eucaliptos	1	10493.79	0.0105	1.79	168.04	2.00
Pasaje Y	1	500.57	0.0005	1.62	500.57	2.00
C1	1	15974.03	0.0160	2.18	183.72	2.00
C2	1	11825.50	0.0118	0.10	1047.90	2.00
C3	1	18807.09	0.0188	0.04	215.19	2.00



HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA

GRIFOS

MERCADOS

QUEBRADA LOS CHILCOS

DIRECCIÓN DE FLUJO

ÁREAS TRIBUTARIAS

MANZANAS

VILLA HUACARIZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS: "EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA VILLA HUACARIZ - CAJAMARCA ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS"

PLANO:	ÁREAS TRIBUTARIAS	PLANO: 02
ESPECIALIDAD:	HIDRÁULICA	
TESISTA: OCAS POTOSI, SANDRA JANETH		
ASESOR: Dr. Ing.LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ	ESCALA : INDICADA	

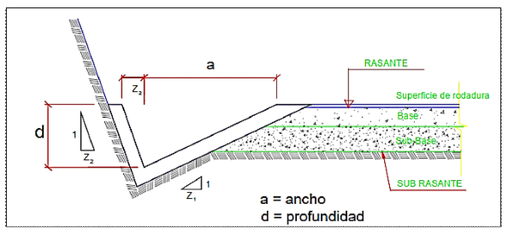
CAUDAL HIDROLÓGICO - CAPACIDAD DE CALLE (VILLA HUACARIZ)

Nombre de calle	Cuadra	a (m)	d (m)	Rh (m)	Area H (m2)	Capacidad de calle (m3/s)	Caudal Hidrológico (m³/s)	Condición
Av.Industrial	2	0.74	0.15	0.053	0.056	0.114	0.058	Cumple
	3	0.74	0.15	0.053	0.056	0.116	0.040	Cumple
	4	0.74	0.15	0.053	0.056	0.115	0.031	Cumple
	5	0.74	0.15	0.053	0.056	0.097	0.048	Cumple
	6	0.74	0.15	0.053	0.056	0.101	0.084	Cumple
	7	0.74	0.15	0.053	0.056	0.105	0.110	No cumple
	8	0.74	0.15	0.053	0.056	0.094	0.125	No cumple
	9	0.74	0.15	0.053	0.056	0.096	0.144	No cumple
	10	0.74	0.15	0.053	0.056	0.093	0.236	No cumple
Jr.Los Diamantes	1	0.30	0.15	0.038	0.023	0.035	0.047	No cumple
Jr.06 de Julio	1	0.30	0.15	0.038	0.023	0.037	0.096	No cumple
Jr.Virgen del sol	2	0.50	0.15	0.047	0.038	0.026	0.035	Cumple
	3	0.40	0.10	0.033	0.020	0.008	0.035	Cumple
Calle.Las Magnolias	1	0.50	0.15	0.047	0.038	0.063	0.043	Cumple
	2	0.50	0.15	0.047	0.038	0.068	0.046	Cumple
	2	0.50	0.25	0.063	0.063	0.116	0.037	Cumple
Av. San Martin de Porres	24	0.50	0.15	0.047	0.038	0.025	0.127	No cumple
	25	0.50	0.10	0.036	0.025	0.022	0.111	No cumple
	26	0.50	0.20	0.056	0.050	0.052	0.053	No cumple
Jr. Martines de Uchuracay	26	0.50	0.15	0.047	0.038	0.038	0.143	No cumple
El Rubi	1	0.45	0.20	0.053	0.045	0.053	0.223	No cumple
Urbanizacion Los Eucaliptos	B1	0.50	0.15	0.047	0.038	0.041	0.032	Cumple
	B2	0.50	0.15	0.047	0.038	0.058	0.046	Cumple
	B3	0.50	0.15	0.047	0.038	0.056	0.045	Cumple
	El dorado C1	0.50	0.15	0.047	0.038	0.049	0.011	Cumple
	El dorado C2	0.50	0.15	0.047	0.038	0.063	0.011	Cumple
	Alameda 2-1	0.50	0.15	0.047	0.038	0.022	0.019	Cumple
	Alameda 2-2	0.50	0.15	0.047	0.038	0.038	0.022	Cumple
	Av. Los Chilcos	0.50	0.20	0.056	0.050	0.069	0.068	Cumple
	Av. Los Chilcos	0.80	0.20	0.067	0.080	0.069	0.067	Cumple
	D1	0.80	0.30	0.086	0.120	0.089	0.066	Cumple
	D2	0.50	0.15	0.047	0.038	0.048	0.023	Cumple
	Los Cristales	0.50	0.15	0.047	0.038	0.056	0.023	Cumple
D1	1	0.50	0.25	0.063	0.063	0.043	0.038	No cumple
Jr.Larry Jhonson	1	0.50	0.10	0.036	0.025	0.034	0.043	Cumple
	2	0.50	0.80	0.095	0.200	0.616	0.042	Cumple
	3	0.50	0.20	0.056	0.050	0.090	0.039	Cumple
	4	0.50	0.20	0.056	0.050	0.087	0.086	Cumple
	5	0.60	0.55	0.097	0.165	0.506	0.054	Cumple
	6	0.60	0.55	0.097	0.165	0.397	0.033	Cumple
	7	0.50	0.15	0.047	0.038	0.051	0.290	No cumple
	8	1.10	0.15	0.059	0.083	0.167	0.293	No cumple
F	1	0.50	0.15	0.047	0.038	0.027	0.020	Cumple
G	1	0.50	0.15	0.047	0.038	0.036	0.027	Cumple
H	1	0.50	0.15	0.047	0.038	0.051	0.127	No cumple
Carretera a Jesus	Tramo 1	0.76	0.25	0.075	0.095	0.041	0.049	No cumple
	Tramo 2	0.76	0.25	0.075	0.095	0.130	0.140	No cumple
	Tramo 3	0.76	0.25	0.075	0.095	0.102	0.203	No cumple
	Tramo 4	0.76	0.25	0.075	0.095	0.177	0.316	No cumple
	Tramo 5	0.76	0.15	0.054	0.057	0.076	0.115	No cumple

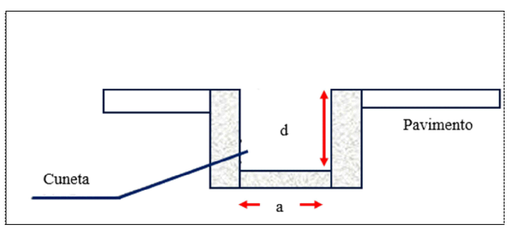
Q capacidad < Q hidrológico Cumple

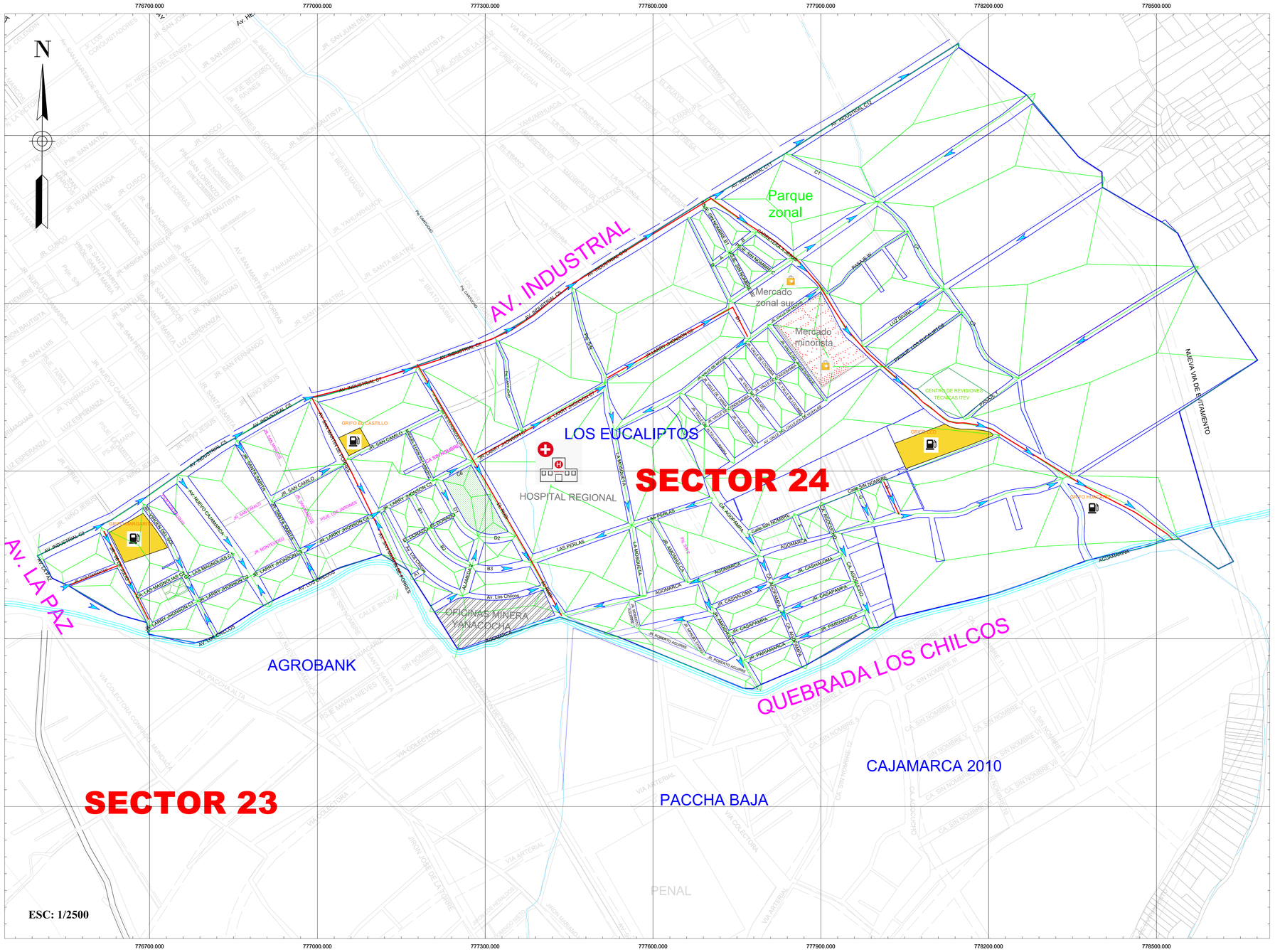
Q capacidad > Q hidrológico No Cumple

SECCIÓN DE CANAL TRAPEZOIDAL



SECCIÓN DE CANAL RECTANGULAR





HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA

GRIFOS

MERCADOS

QUEBRADA LOS CHILCOS

DIRECCIÓN DE FLUJO

ÁREAS TRIBUTARIAS

MANZANAS

VILLA HUACARIZ

CALLE INUNDABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS: "EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA VILLA HUACARIZ - CAJAMARCA ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS"

PLANO: CAUDAL HIDROLÓGICO VS CAPACIDAD DE CALLE

PLANO: 03

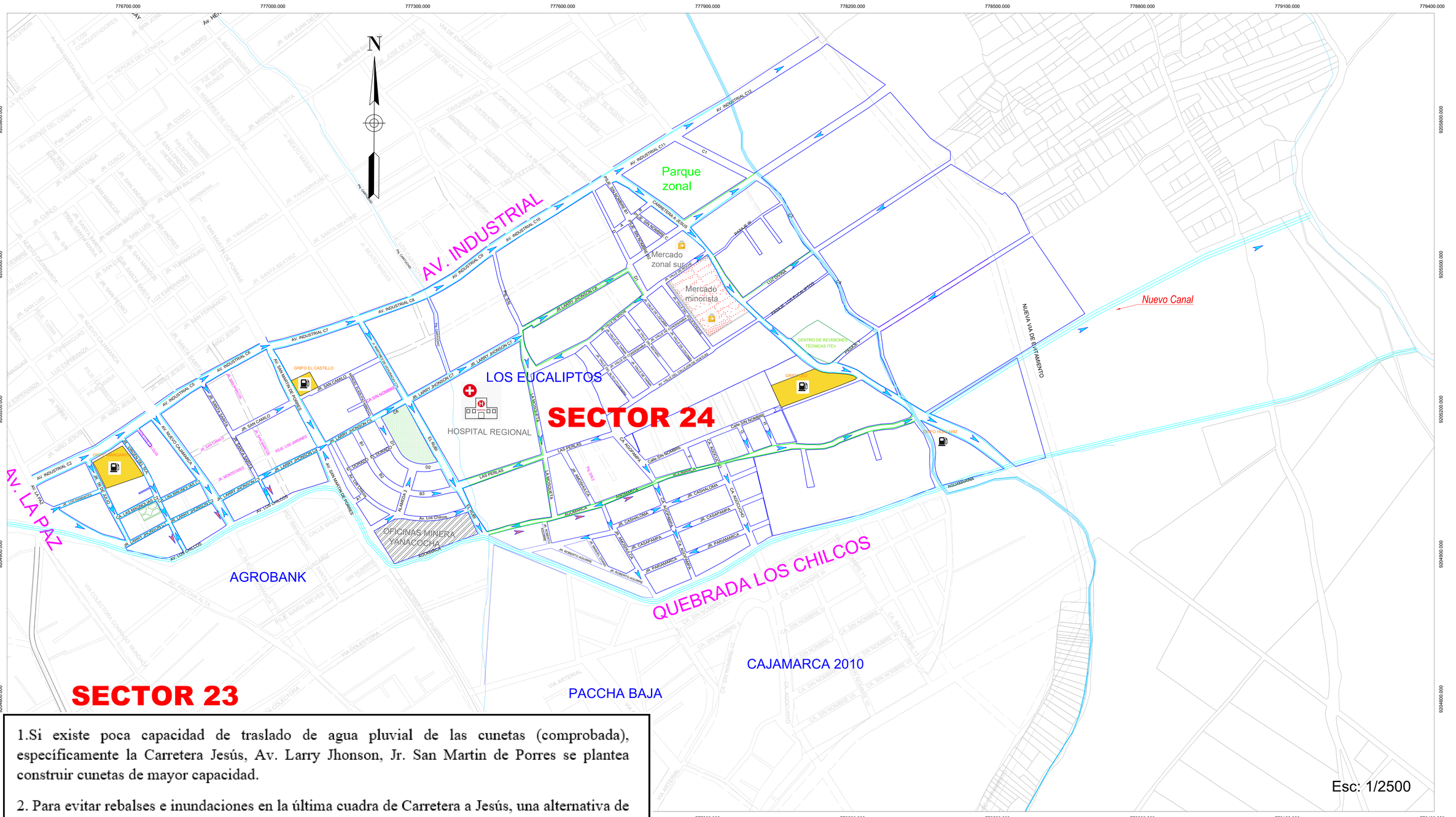
ESPECIALIDAD: HIDRÁULICA

TESISTA: OCAS POTOSI, SANDRA JANETH

ASESOR: Dr. Ing.LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

ESCALA : INDICADA

SITUACIÓN ACTUAL DEL DRENAJE PLUVIAL



1.Si existe poca capacidad de traslado de agua pluvial de las cunetas (comprobada), específicamente la Carretera Jesús, Av. Larry Jhonson, Jr. San Martin de Porres se plantea construir cunetas de mayor capacidad.

2. Para evitar rebalses e inundaciones en la última cuadra de Carretera a Jesús, una alternativa de solución es dar continuidad al construyendo un canal que derive todo el flujo colectado, asimismo en las calles construir canales que deriven en otra dirección el flujo hacia el canal existe. Dichas estructuras van a conducir el agua pluvial directamente al canal natural de drenaje que recolecta todo el flujo de la zona central, de esta forma evitar la acumulación de agua en el punto crítico y no perjudicar a la población aledaña y de la parte más baja, que aún es trocha y de esta forma contribuir al buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial.

3.La Quebrada Los Chilcos necesita obligatoriamente tener un mantenimiento rutinario en todo su trayecto esto va evitar la inundación.

HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA

GRIFOS

MERCADOS

MANZANAS

VILLA HUACARIZ

CUNETAS PROYECTADAS

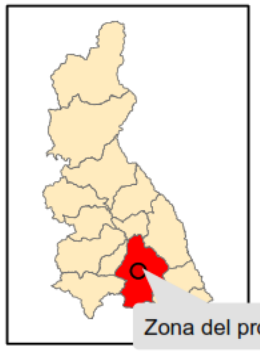
QUEBRADA LOS CHILCOS

DIRECCIÓN DE FLUJO

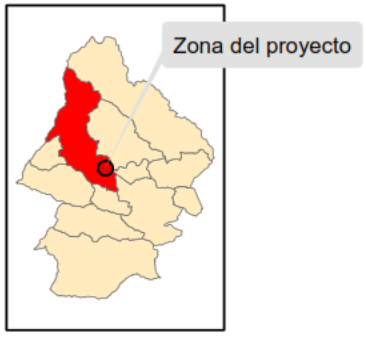
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS: "EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA VILLA HUACARIZ - CAJAMARCA ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS"

PLANO:	SITUACIÓN PLUVIAL DEL DRENAJE PLUVIAL	PLANO: 04
ESPECIALIDAD:	HIDRÁULICA	
TESISTA: OCAS POTOSI, SANDRA JANETH		
ASESOR: Dr. Ing.LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ	ESCALA : INDICADA	



PROVINCIA CAJAMARCA



DISTRITO CAJAMARCA

	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA VILLA HUACARIZ – CAJAMARCA ORIGINADO POR PRECIPITACIONES INTENSAS		
	TITULO: PLANO DE CAPACIDAD DE CUNETAS		05
	PRESENTADO POR: OCAS POTOSI, Sandra Janeth		
	ESCALA: S/N	FECHA: Noviembre 2024	
	ZONA: UTM 17S	DATUM: WGS84	