



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Influencia de condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre en la zona para el diseño del sistema de drenaje pluvial en el Centro Poblado de San Pedro

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Jorsschester Segundo Becerra Pezo

Hans Lincoln Angulo Saavedra

ASESOR:

Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar

Tarapoto - Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



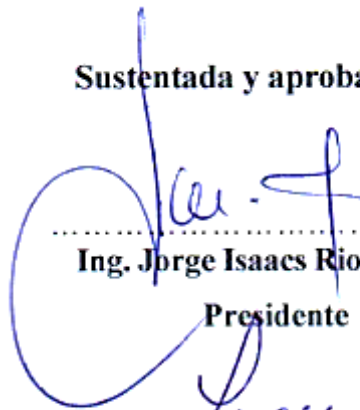
Influencia de condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre en la zona para el diseño del sistema de drenaje pluvial en el Centro Poblado de San Pedro

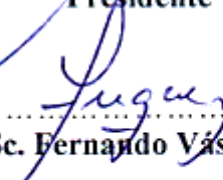
AUTORES:

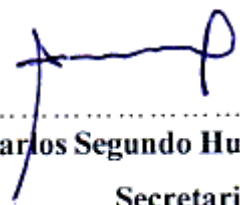
Jorsschester Segundo Becerra Pezo

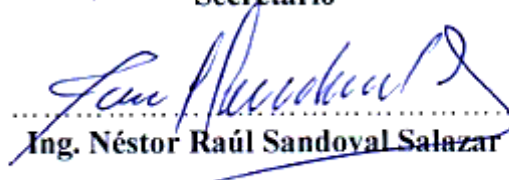
Hans Lincoln Angulo Saavedra

Sustentada y aprobada el 12 de marzo del 2021, ante el honorable jurado:


.....
Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz
Presidente


.....
Ing. M. Sc. Fernando Vásquez Vázquez
Vocal


.....
Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón
Secretario


.....
Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Jorsschester Segundo Becerra Pezo, con DNI N°47159960 y **Hans Lincoln Angulo Saavedra**, con DNI N° 71704258, egresados de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autores de la tesis titulada: **Influencia de condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre en la zona para el diseño del sistema de drenaje pluvial en el Centro Poblado de San Pedro.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 12 de marzo del 2021.



Bach. Jorsschester Segundo Becerra Pezo

DNI N° 47159960



Bach. Hans Lincoln Angulo Saavedra

DNI N° 71704258

Declaración Jurada

Jorsschester Segundo Becerra Pezo, con DNI N°47159960, domicilio legal en Jr. San Martín N° 113 – Morales y **Hans Lincoln Angulo Saavedra**, con DNI N° 71704258, domicilio legal en Jr. Progreso S/N – Pinto Recodo, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaramos Bajo Juramento** que, toda la documentación y todos los datos e información de la presente tesis, que acompaño es verás y auténtica.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Nacional de San Martin – Tarapoto.

Tarapoto, 12 de marzo del 2021.



.....
Bach. Jorsschester Segundo Becerra Pezo

DNI N° 47159960



.....
Bach. Hans Lincoln Angulo Saavedra

DNI N° 71704258

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Becerra Pego Jorsschester Segundo		
Código de alumno :	113103	Teléfono:	977411463
Correo electrónico :	chej_img100@gmail.com	DNI:	47159960

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	"INFLUENCIA DE CONDICIONES CLIMÁTICAS Y OROGRAFÍA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE EN LA ZONA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN EL CENTRO POBLADO DE SAN PEDRO"
Año de publicación:	2021

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.



Firma y huella del Autor

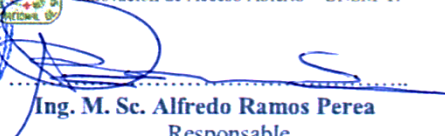
8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

10 / 06 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.


Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Angulo Saavedra Hans Lincoln		
Código de alumno :	123103	Teléfono:	930631489
Correo electrónico :	hanspr199323@gmail.com	DNI:	71704258

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(x)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	"INFLUENCIA DE CONDICIONES CLIMATICAS Y OROGRAFIA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE EN LA ZONA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN EL CENTRO POBLADO DE SAN PEDRO"
Año de publicación:	2021

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(x)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

10 / 06 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A mis Amados Padres, Manuel Becerra Pasache y Corita María Pezo Torres por enseñarme a luchar por lo que quiero y a no rendirme nunca, por mostrarme que sin sacrificio y trabajo duro no hay victoria, por nunca abandonarme en los momentos más difíciles de mi vida, por no desfallecer en el intento y siempre querer lo mejor para sus hijos.

A mi Esposa Marleni García Calle y mi hija Flavia Khalesi Becerra García, quienes son mi fuerza para seguir avanzando y poder lograr cada objetivo que me proponga.

A Mi hermano Hawi Hendrik Becerra Pezo, por su ayuda motivacional, por su fuerza y el gran valor de servir sin pedir nada a cambio, por estar siempre apoyándome cuando más necesito, y sobre todo por confiar en mí.

En general a todos mis hermanos y amigos, que me guiaron en el transcurso de mi vida para poder llegar a donde estoy.

Jorsschester Segundo Becerra Pezo

Agradecimiento

A Dios, por siempre guiarnos y cuidarnos en nuestras vidas, por darnos sabiduría y capacidad para solucionar nuestros problemas, por ser nuestro Padre en el Cielo.

A la Universidad Nacional de San Martín, por formarnos como profesionales, orientándonos en las actividades de Ingeniería, por enseñarnos los conocimientos fundamentales para poder realizar nuestra labor como Ingenieros Civiles.

A los Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, por sus buenas prácticas éticas y pedagógicas, que nos han formado desde el inicio de este gran sueño.

Al Ing. Raúl Sandoval Salazar, por su tiempo y aporte de su experiencia para poder realizar y culminar la presente Tesis.

A nuestros familiares y amigos, que de una u otra manera con su apoyo y colaboración desinteresada contribuyeron al logro del presente trabajo.

Jorsschester y Hans

Índice general

	Pág.
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice general	viii
Indice de tablas	x
Indice de figuras	xi
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
 Introducción.....	 1
 CAPÍTULO I	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.1. Exploración preliminar orientando la investigación.....	2
1.2. Aspectos generales del estudio	2
1.3. Antecedentes del problema.....	3
1.4. Planteamiento del problema	4
1.5. Delimitación del problema	4
1.6. Formulación del problema.....	5
1.7. Objetivos.....	5
1.7.1. Objetivo general.....	5
1.7.2. Objetivos específicos	5
1.8. Justificación de la investigación.....	6
1.8.1. Justificación teórica.....	6
1.8.2. Justificación Metodológica	6
1.8.3. Justificación práctica.....	6
1.9. Marco teórico.....	6
1.9.1. Antecedentes de la investigación	6
1.9.2. Marco o fundamentación teóricos de la investigación	8
1.9.3. Marco conceptual.....	30
1.9.4. Marco histórico	33
1.10. Hipótesis a demostrar.....	34

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS	35
2.1. Materiales	35
2.1.1. Recursos humanos.....	35
2.1.2. Recursos materiales.....	35
2.1.3. Recursos de equipos.....	36
2.1.4. Otros recursos	37
2.2. Metodología.....	37
2.2.1. Universo, muestra población.....	37
2.2.2. Sistema de variables.....	37
2.2.3. Diseño experimental de la investigación	38
2.2.4. Diseño de instrumentos	38
2.2.5. Procesamiento de información.....	40

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	97
3.1. Resultados.....	97
3.1.1. Intensidad máxima de diseño	97
3.1.2. Áreas colectoras de lluvias.....	97
3.1.3. Coeficiente de escorrentía	97
3.1.4. Caudales de escurrimiento	98
3.1.5. Dimensionamiento de colectores, cunetas y alcantarillas	98
3.1.6. Análisis de suelo	99
3.2. Análisis y discusión de resultados	99
3.2.1. El análisis y discusión de resultados de la presente tesis son los siguientes:.....	99
3.2.2. Selección de alternativa	100
3.2.3. Contrastación de hipótesis	101
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS	106

Índice de tabla

Tabla 1. Criterios de diseño generalizado para estructuras de control de agua.....	17
Tabla 2. Valores del coeficiente de escorrentia según el metodo racional.....	19
Tabla 3. Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía según el mét. M M.....	19
Tabla 4. Valores criticos para la prueba de bondad y ajuste de Smirnov - Kolmogorov	20
Tabla 5. Coeficiente de rugosidad de Manning.....	23
Tabla 6. Taludes recomendables según el tipo de material	26
Tabla 7. Ancho de solera en relación con el caudal	26
Tabla 8. Borde libre en relación del caudal	28
Tabla 9. Relación de borde libre con ancho de solera	28
Tabla 10. Velocidades máximas de erosión	29
Tabla 11. Calculo de la población futura.....	41
Tabla 12. Información topográfica de calles	43
Tabla 13. Precipitación máxima caída en 24 horas (mm)	47
Tabla 14. Ocurrencia cronológica de la precipitación.....	48
Tabla 15. Ordenamiento y análisis estadístico de la información pluviométrica.....	49
Tabla 16. Resumen de valores del tiempo de concentración.....	50
Tabla 17. Resumen de valores de t_m vs precip. (Método Gumbell Tipo 1).....	53
Tabla 18. Resumen de valores de t_m vs precip. (Método Gumbell)	55
Tabla 19. Comparación de intensidades de diseño.....	55
Tabla 20. Distribución porcentual de la precipitación (hasta 24 horas)	56
Tabla 21. Distribución porcentual de la precipitación (hasta 6 horas)	56
Tabla 22. Pruebas de bondad o ajuste de Smirnov - Kolgomorov	58
Tabla 23. Áreas colectoras de lluvia.....	59
Tabla 24. Determinación del coeficiente de escorrentía según el método mac math.....	63
Tabla 25. Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método racional	67
Tabla 26. Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método mac math.....	73
Tabla 27. Comparación de caudales de diseño según métodos aplicados.....	77
Tabla 28. Resumen del cálculo de caudal en cunetas y alcantarillas	83
Tabla 29. Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas	92
Tabla 30. Resumen de longitud total de obras de drenaje	96
Tabla 31. Valores críticos de δ_0 del estadístico smirnov kolmogorov " δ " para varios valores de "n"	107
Tabla 32. Valores de Y_n y G_n	108

Índice de figuras

Figura 1. Vista isométrica de una transición en un canal	25
Figura 2. Sección rectangular de un canal.....	26
Figura 3. En la imagen se aprecia el levantamiento topografico realizado con estacion total, para tener una perspectiva mas detallada de la zona.....	116
Figura 4. En la imagen se aprecia el Levantamiento topográfico realizado con estación total, en el Jirón Manco Capac	116
Figura 5. Levantamiento topográfico realizado con estación total, identificando los postes de luz en el Jirón Leoncio Prado	117
Figura 6. En la imagen se aprecia el Levantamiento topográfico realizado con estación total, identificando con detalle cada manzana en el centro poblado donde se realiza el estudio.....	118
Figura 7. En la imagen se aprecia las cunetas construidos empíricamente por los pobladores de la zona	119
Figura 8. En la imagen se aprecia la gran diferencia de niveles entre el piso construido y las calles del centro Poblado	120
Figura 9. En la imagen se aprecia el levantamiento topográfico con estación total, para obtener datos detallados de dicho lugar, se aprecia la plaza de armas del centro poblado.....	121

Resumen

Hoy en día, la Selva Peruana, viene siendo territorio de alta migración poblacional, trayendo como consecuencia el aumento de la superficie terrestre habitable, el cual genera mayores áreas impermeables; se considera también, que el lugar contempla un tipo de climatología húmeda, ya que llueve constantemente, siendo necesario la existencia de un sistema de drenaje pluvial, por ende el proyecto de Investigación, se basa en el estudio de la influencia que genera u origina el clima y la orografía de suelo, en el diseño del sistema ideal de drenaje pluvial. El proyecto de tesis denominado: Influencia de condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre en la zona para el diseño del sistema de drenaje pluvial en el centro poblado de San Pedro de Cumbaza, tiene como principal finalidad, estudiar los parámetros climatológicos y orográficos, y con ello aplicar los criterios de diseño hidrológico e hidráulico, y crear un sistema ideal, que evite los diferentes problemas que se genera en periodos de lluvias y tormentas que se da en la zona; tales problemas como: estancamiento de las masas de agua en las vías de tránsito, erosión y desgaste de los suelos, etc. Los planos topográficos (manzaneo y curvas a nivel) nos permite definir un área total a drenar de 33.20 Ha., el cual se ha dividido en 31 áreas colectoras, 26 manzanas y 5 áreas de bosque, dentro de las cuales se han determinado 102 áreas tributarias (ver plano PAT Áreas tributarias). Se determinó el caudal de diseño utilizando los métodos Racional y Mac Math, en función al Coeficiente de escorrentía, áreas colectoras, pendiente del terreno, la Intensidad de diseño correspondiente a un tiempo de retomo $Tr = 25$ años. Con el caudal de diseño, pendiente y rugosidad, calculamos la geometría de las secciones de cada tramo de colector, los mismos que hacen su entrega final a las 05 Obras de entregas proyectadas y ubicadas en el cauce del Rio Cumbaza (ver plano PDF). El trabajo de Tesis "Influencia de condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre en la zona para el diseño del sistema de drenaje pluvial en el centro poblado de San Pedro de Cumbaza", se realizó como un aporte más para el Centro Poblado de San Pedro de Cumbaza.

Palabras clave: Influencia, condiciones climáticas, orografía, diseño, drenaje, pluvial, [San Pedro - Cumbaza].

Abstract

Nowadays, the Peruvian jungle is a territory of high migration of population, bringing as a consequence the increase of the habitable land surface, which generates greater impermeable areas; it is also considered that the place contemplates a type of humid climatology, since it constantly rains, being necessary the existence of a pluvial drainage system, therefore the research project is based on the study of the influence that generates or originates the climate and the orography of the soil, in the design of the ideal system of pluvial drainage. The thesis project entitled: Influence of climatic conditions and orography of the land surface in the area for the design of storm drainage system in the town of San Pedro de Cumbaza, has as main purpose, to study the climatological and orographic parameters, and thus apply the criteria for hydrological and hydraulic design, and create an ideal system, to avoid the various problems that are generated in periods of rain and storms that occurs in the area; such problems as: stagnation of the water masses in the transit routes, erosion and wear of the soils, etc. The topographic plans (blocks and contour lines) allow us to define a total area of 33.20 ha to be drained, which has been divided into 31 collector areas, 26 blocks and 5 forest areas, within which 102 tributary areas have been determined (see PAT plan Tributary areas). The design flow was determined using the Rational and Mac Math methods, based on the runoff coefficient, collector areas, slope of the terrain, the design intensity corresponding to a recharge time $T_r = 25$ years. With the design flow, slope and roughness, the geometry of the sections of each collector section was calculated, the same that make their final delivery to the 05 delivery works projected and located in the Cumbaza riverbed (see PDF plan). The Thesis work "Influence of climatic conditions and orography of the terrestrial surface in the area for the design of the pluvial drainage system in the town of San Pedro de Cumbaza", was carried out as one more contribution for the town of San Pedro de Cumbaza.

Key words: Influence, climatic conditions, orography, design, drainage, pluvial, San Pedro - Cumbaza.



Introducción

El centro poblado de San Pedro de Cumbaza está situado en un sector tropical moderado, el clima es cálido y húmedo variable, que tiene una temperatura promedio de 26 °C y con precipitaciones entre 1,500 – 2,300 mm anuales, presenta tierras aluviales con aptitudes para el desarrollo agrícola; con esta información se pretende entender el comportamiento del terreno en estudio con respecto al factor lluvia y cómo repercute en el diseño del drenaje que se presenta en este proyecto.

Al realizar un diagnóstico preliminar del área en estudio, referido al centro poblado de San Pedro de Cumbaza, se ha detectado la realidad en la que se encuentra las calles del lugar en estudio; no cuenta con un sistema de evacuación de las aguas pluviales, trayendo como consecuencia el deterioro e inundación de las calles de la zona, causados por las fuertes precipitaciones que se originan, haciéndose necesario la formulación de un diseño ideal de drenaje pluvial que solucione dicho problema.

En este trabajo se estudiara la influencia climatológica y orografía del lugar, y se procederá a realizar el dimensionamiento de las obras de drenaje propuesto; los factores que más influyen son: El caudal de diseño encontrado a partir de la información pluviométrica brindada por SENHAMI (Percepción máxima caída en 24h), el coeficiente de fricción de las superficies de los materiales que evacuan las aguas pluviales, el coeficiente de escorrentía, la pendiente referente a la orografía terrestre y el área tributaria de cada obra de drenaje.

Se conforma un conjunto de antecedentes o investigaciones que están relacionados con las variables del tema a estudiar, el cual nos permite tomar decisiones de acuerdo a la experiencia, tomando en cuenta las recomendaciones que proponen. La información estudiada fue de mucha relevancia porque da una mejor expectativa de lo que se quiere proponer, generando mayor seguridad al momento de diseñar el sistema de drenaje pluvial.

El dimensionamiento, estudio hidrológico y diseño hidráulico del sistema de drenaje urbano, controlará las descargas pluviales ocasionadas por la escorrentía superficial que genera el aumento de las superficies impermeables, para después dirigir las hacia los ríos, de tal manera que no afecte el libre tránsito vial, ni genere perjuicio de las viviendas en la zona.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Exploración preliminar orientando la investigación

La selva peruana, es una zona húmeda y de topografía ondulada, donde hay lluvias y tormentas constantemente en cualquier temporada del año, cuyas lluvias son de alta intensidad y de periodo largo; lo descrito ocasiona problemas de erosión y socavación de cimientos en viviendas, también produce desgaste y acumulación de agua en los caminos del Centro Poblado en mención. Por ende, la finalidad de la presente tesis es generar una solución mediante el estudio de la **“Influencia de condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre en la zona para el diseño del sistema de drenaje pluvial en el centro poblado de San Pedro”**

La presente tesis, se ha elaborado haciendo uso de los criterios de diseño actuales, cuya forma de análisis se ha ido modificando desde sus inicios, a fin de llegar a una mejor solución; hablamos de criterios que vienen funcionando de manera congruente a lo largo del estudio de la ingeniería hidráulica y hidrológica.

1.2. Aspectos generales del estudio

Para la Investigación se realizó una verificación preliminar, para reconocer los puntos críticos de la zona (aguas secas, puntos de desfogue, zonas más afectadas, etc), se realizó también el estudio topográfico, para poder determinar la orografía del lugar de estudio y determinar de qué manera influye en el diseño del sistema de drenaje pluvial. Terminado ya el levantamiento topográfico, se procedió a realizar los planos de curvas de nivel y de ubicación correspondiente; cuyos planos nos permiten analizar los diferentes tipos de obra que serán necesarios para llegar a un diseño óptimo. Después se procedió a hacer el estudio de mecánica de suelos para las diferentes calles, haciendo uso de los parámetros de las normas actuales, referentes al diseño de drenaje pluvial.

También se solicitó información climatológica a SENAMHI, nos referimos a los datos Pluviométricos de la Estación de San Antonio, correspondiente a la percepción máxima caída en 24h, ocurridas en los últimos 20 años; la cual, nos permite calcular la intensidad de

lluvia de diseño, para poder dimensionar las obras de drenaje pluvial del proyecto de investigación en mención.

1.3. Antecedentes del problema

En las últimas décadas, el mundo ha cambiado de tal manera que, desde mediados del siglo XX, según científicos, el incremento de las lluvias ha aumentado de 1 a 2 por ciento cada década; a medida que las temperaturas aumentan, el pronóstico también es de más lluvia, hablamos de aguaceros o de lluvias extremas como lo llaman los científicos. A partir de 1951 se muestra que los días húmedos han aumentado cada año su intensidad, según un estudio publicado por la revista Nature Climate Change. Las precipitaciones abundantes están creciendo en zonas tanto húmedas como áridas, que trae consigo desastres de niveles variables.

En Sudamérica, El Niño calienta las aguas en el Pacífico oriental ecuatorial, lo que aumenta las precipitaciones en algunos países de Sudamérica, mientras que enfría la parte occidental del océano, reduciendo las precipitaciones en parte del Sudeste Asiático. Países como Chile, las lluvias ya han causado Miles de damnificados y destruido viviendas en diversas partes del País; en Bolivia ya está marcado por las lluvias en el oriente del País y una nevada de grandes proporciones en el occidente; y en Perú en la mayoría de sus regiones se declara constantemente estado de emergencia por el peligro inminente de fuertes precipitaciones, causando pérdidas humanas y económicas.

En las últimas décadas, la Región de San Martín ha sido afectada por precipitaciones de mucha intensidad y de mayor duración, consecuencia de la deforestación y cambio climático que se da actualmente, que genera situaciones complicadas para los habitantes, y mucho más en las zonas en las que no se cuenta con una infraestructura adecuada para la evacuación de las aguas.

Tomando en cuenta la zona en estudio, que comprende el centro poblado de San Pedro de Cumbaza, distrito de San Antonio, provincia y región de San Martín, una zona agrícola y turística que se encuentra a márgenes del río mayo, parte baja de un cerro; viene siendo afectado de manera constante por las fuertes lluvias que se presentan en tiempos de verano e invierno, que causan el estancamiento de aguas, deterioro de las calles y el hundimiento de viviendas afectadas por la socavación que genera las aguas que escurren en la superficie del suelo; estas aguas se estancan mezclándose así con desechos contaminantes arrojadas por personas inescrupulosas, creando de esta manera olores putrefactos y dañinos, trayendo

consigo enfermedades como el dengue, diarrea, malaria, dolores de estómago etc. ocasionando molestia en los habitantes del centro poblado San Pedro de Cumbaza.

El Departamento de San Martín, tiene una gran variedad de características geográficas y climatológicas; siendo más específicos, el Centro Poblado de San Pedro de Cumbaza, viene siendo epicentro de lluvias y tormentas de alta intensidad, que causan el deterioro de la estructura de cimentación en viviendas y erosión de la superficie de las vías de tránsito del Centro Poblado.

1.4. Planteamiento del problema

El Centro Poblado de San Pedro de Cumbaza, dado el tipo de climatología y orografía que presenta; se ha determinado, que, en periodos de tormentas y lluvias de alta intensidad, por no contar con un sistema de drenaje adecuado; se genera estancamiento de grandes volúmenes de agua en viviendas y calles, generando charcos y suelos putrefactos, que atraen plagas y generan enfermedades en la población, tales enfermedades son: dengue, malaria, gripes y diarrea, etc. También se produce el deterioro de las calles, que resultan de la erosión de las partes altas, y sedimentación en las partes bajas, cuyas lluvias desgastan el material sólido de rehabilitación de las calles, que son resistentes al tránsito pesado; es por ello que se pretende estudiar el comportamiento de los efectos climatológicos y orográficos, y con ello crear una propuesta ideal de drenaje pluvial.

Por los aspectos presentados anteriormente, enfocamos la investigación para plantear una propuesta que resuelva los problemas que presenta las condiciones actuales de las calles del centro poblado de San Pedro de Cumbaza. Utilizando todos los parámetros técnicos necesarios para presentar un soporte de los cálculos, de tal manera obtener un proyecto óptimo y eficaz.

1.5. Delimitación del problema

El proyecto de investigación se realizará en el Centro Poblado de San Pedro de Cumbaza, Distrito de San Antonio de Cumbaza, Provincia y Región San Martín, que se encuentra en el Km 09 de la carretera Morales – San Antonio de Cumbaza, contando con una población beneficiaria de aproximadamente 600 habitantes y un área de influencia de 33.20 Ha, donde se efectuará los trabajos de topografía, mecánica de suelos y el respectivo planteamiento del sistema de drenaje pluvial.

1.6. Formulación del problema

Ante el considerable crecimiento urbano que se vive en el centro poblado de San Pedro de Cumbaza, el aumento de área techada y la disminución de áreas verdes, traen como consecuencia el aumento de las superficies impermeables, que, en periodos de intensas lluvias, generan problemas relacionados con el drenaje y la gestión del agua pluvial.

Las causas de la falta de un sistema de drenaje pluvial son muy diversas, pueden ser cuestiones económicas, sociales y aún políticas; cabe recalcar que es de vital importancia la comunicación de la población en general sobre el efecto de la falta de este sistema de drenaje. La ausencia de esta, provoca enfermedades en la población, debido a que en épocas de lluvia se acumulan agua en las calles, las cuales son las causantes de dichas enfermedades. Es así como surge la siguiente pregunta:

¿De qué manera se puede dar solución al problema del estancamiento de masas de agua, erosión y socavación del suelo, que vienen afectando de manera considerable tanto viviendas y calles, causados por las fuertes precipitaciones que se dan en el Centro Poblado de San Pedro de Cumbaza, Distrito De San Antonio, Provincia y Región De San Martín?

1.7. Objetivos

La presente investigación presenta los siguientes objetivos:

1.7.1. Objetivo general

Determinar la influencia ocasionada por las condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre en la zona para el diseño del sistema de drenaje pluvial en el centro poblado de San Pedro de Cumbaza.

1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico de la zona usuaria dentro y fuera del centro poblado de San Pedro de Cumbaza.
- Realizar el estudio de mecánica de suelos.
- Diseñar la red de flujo y el sistema de drenaje pluvial urbano.
- Realizar el estudio hidráulico e hidrológico correspondiente al área de estudio.
- Desarrollar el diseño hidráulico de cada una de las obras de drenaje.

1.8. Justificación de la investigación

1.8.1 Justificación Teórica

A través del presente trabajo de investigación se hará uso de las áreas profesionales de la hidrología, topografía, mecánica de suelos y las normas técnicas de construcción, que han sido motivos de nuestra formación académica, y que van a ser aplicados en el desarrollo del presente proyecto, por su eficacia y coherencia en la ciencia de la ingeniería que viene dando resultados positivos durante muchos siglos atrás.

1.8.2 Justificación Metodológica

El presente trabajo de investigación, es considerado un modelo matemático, ya que se hará uso de las matemáticas en cada estudio básico para elaborar el proyecto; empezando por la topografía, que, gracias a un esquema numérico de las coordenadas en diferentes puntos del terreno y el uso de programas computarizados, nos proporciona la forma de la superficie del suelo; de tal manera permite tener una visión más clara para establecer las obras de drenaje, tanto principales y secundarias. Es así como se hará respectivamente para cada estudio básico, aplicando la ciencia de estudio y las normas correspondientes.

1.8.3 Justificación Práctica

Los resultados de la investigación, permitirán poner en consideración de las autoridades municipales, tanto local como nacional, y entidades ejecutoras, a efectos que tomen las decisiones pertinentes a favor de gestionar el proyecto, y ser ejecutado, de tal manera mejorar así la calidad de vida de los pobladores.

1.9. Marco teórico

1.9.1. Antecedentes de la investigación

Según, De León Acosta, Erik (2009), en su proyecto de tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil, que tiene como título "*Proyecto para la rehabilitación del drenaje pluvial en Motozintla Chiapas*"; menciona que no hay que perder de vista que las obras realizadas tienen que ser parte de un programa de mantenimiento continuo para su mejor funcionamiento y que sean tomadas en cuenta para futuros proyectos con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes y sobre todo la seguridad de estos. Es de vital importancia contar con la infraestructura adecuada para poder aprovechar los recursos hídricos y más aún

para realizar obras que protejan a la población de posibles desastres debidos a la magnitud de la fuerza con lo que estos recursos circulan libres por el Estado.

Según, Rojas Naira, Paolo y Humpiri Pari, Vladimir (2016), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, que tiene por nombre *“Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del Software SWMM”*; Indica que el proceso inadecuado de urbanización es perjudicial para los intereses públicos y representa un obstáculo en el diseño de sistemas de drenaje pluvial; también recalca que para trabajos de gran magnitud, es necesario el uso de equipos sofisticados en el levantamiento de poligonales y replanteo de los trabajos de campo, para minimizar errores topográficos.

Según, Gálvez Álvarez, Hugo Alejandro (2004), en su tesis de investigación sobre *“planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de pasaco, Jutiapa”*, esta tesis manifiesta que para poder diseñar y construir deben tomarse en cuenta todos los factores humanos y los posibles impactos ambientales que puedan existir; esto implica gran responsabilidad al realizar proyectos de infraestructura en las comunidades, comenzando con llenar sus necesidades sin afectar otros aspectos y que las normas de diseño de instituciones públicas que se dedican a diseñar drenajes, se pudo establecer que es preferible la construcción de sistemas separativos de alcantarillado, con el propósito de facilitar el tratamiento de las aguas servidas, hasta un determinado nivel, tal que al verterlas a ríos o drenes naturales no causen contaminación.

Según, Vásquez Berrios, Ricky (2016), en su tesis presentada para optar el título Profesional de Ingeniero Civil, denominado *“Diseño del sistema de alcantarillado pluvial Urbano para la Urbanización Nueve de Abril y Sector Los Jardines, Distrito de Tarapoto, Provincia y Región de San Martín”*; recalca que la topografía y los datos de precipitación son uno de los factores importantes para el dimensionamiento de las estructuras proyectadas, las mismas que se han de diseñar teniendo en cuenta la seguridad y la economía; del mismo modo el conocer el tipo de suelo de la zona en estudio, el análisis y procesamiento de información hidrológica para el cálculo de la intensidad máxima, son de mucha importancia, ya que ayuda a determinar el caudal de diseño, para con este determinar las dimensiones de cualquier estructura hidráulica, los cuales previenen de posibles estragos que produzcan las precipitaciones pluviales.

Según, Granda Acha, Rudy Rolandy (2013), “tesis en análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la urb. Angamos”, la presente tesis plantea el análisis de una red de drenaje en particular de la ciudad de Piura a través de uno de los modelos numéricos, la cual hace referencia a la evolución del concepto de drenaje urbano y a una de las principales causas de inundaciones urbanas en la actualidad como es la mala gestión del desarrollo urbano y hace una descripción general de la modelación numérica en hidráulica, así como del modelo numérico de drenaje urbano empleado para la simulación y análisis de la red propuesta en este trabajo.

1.9.2. Marco o fundamentación teóricos de la investigación

1.9.2.1. Definición de clima

Según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, dice, que el clima es el estado más frecuente de la atmósfera de un lugar de la superficie terrestre; es decir, una descripción estadística de las condiciones meteorológicas más frecuentes de una región en cierto periodo de tiempo. En un sentido amplio, el clima se refiere al estado del sistema climático como un todo, incluyendo sus variaciones y descripciones estadísticas.

Mientras el tiempo, también denominado tiempo meteorológico o simplemente tiempo, se refiere a las variaciones diarias en las condiciones atmosféricas de nuestro planeta, el clima se refiere al estado más frecuente de la atmósfera de una localidad. Para conocer el clima de un país es necesario medir diariamente por al menos tres décadas las condiciones de temperatura, lluvia, humedad y viento, observar las condiciones de nubosidad, la trayectoria de los huracanes, las masas de aire frío, etc.

1.9.2.2. La Temperatura

Según Chereque Moran, W. La temperatura es un factor importante del ciclo hidrológico, pues interviene en todas sus etapas. Desde el punto de vista práctico, la temperatura interviene como parámetro en las fórmulas para calcular la evaporación y en las fórmulas para calcular las necesidades de agua de riego de las plantas. Como prácticamente en todas partes hay registros de temperatura, su empleo está plenamente justificado.

1.9.2.3.La Precipitación

Según, Chereque Moran, W. Define precipitación a toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación. En Estados Unidos, la lluvia se identifica según su intensidad, en:

- Ligera, para tasas de caída de hasta 2.5 mm/h.
- Moderada, desde 2.5 hasta 7.6 mm/h.
- Fuerte, por encima de 7.6 mm/h.

1.9.2.3.1. Medición de La Precipitación

Según, Chereque Moran, W. La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua y se expresa comúnmente en mm.

Existen diferentes tipos de aparatos para la medida de las alturas de precipitación:

- Pluviómetros no registradores
- Pluviómetros totalizadores
- Pluviómetros registradores o pluviógrafos
- Nivómetros
- Estaciones automatizadas
- Radar
- Imagen de satélite

1.9.2.3.2. Análisis de datos

Según, Chereque Moran, W. La estación pluviométrica consta de un pluviómetro o pluviógrafo podemos obtener como datos más importantes, las precipitaciones totales diarias, mensuales y anuales.

- **Modulo Pluviométrico anual**, el módulo pluviométrico anual medio en una serie de años, es la media aritmética de las precipitaciones anuales de ese periodo.
- **Precipitación media mensual**, es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual correspondiente a un cierto número de meses.
- **Precipitaciones diarias**, el análisis de precipitaciones diarias e incluso de periodos más cortos, tiene un gran interés para cierto tipo de obras, como pueden ser: alcantarillas redes de drenaje, inundaciones, etc.

1.9.2.4. Definición de drenaje

Según Villón, la palabra drenaje, en general significa descarga o remoción de los excesos de agua. Los excesos de agua, se pueden presentar en muchas situaciones, por lo que el agua es descargada con muchos fines:

- Drenaje de una vivienda.
- Drenaje de una urbanización.
- Drenaje de una ciudad.
- Drenaje de una carretera.
- Drenaje de un aeropuerto.
- Drenaje de un campo deportivo.
- Drenaje de un campo agrícola.

1.9.2.5. Clases de drenes

Según Villón, los drenes por su construcción se pueden agrupar en dos clases: abiertos o cerrados.

- **Los drenes abiertos** (zanjas abiertas), se utilizan tanto para el drenaje superficial como para el subterráneo. Estos tipos de drenes tienen un costo de mantenimiento mayor que los drenes cerrados.
- **Los drenes cerrados** (tuberías enterradas), se utilizan para drenaje subterráneo. Las tuberías enterradas, dejan pasar el agua a través de perforaciones o por la junta de cada dos tubos. Se pueden utilizar para el drenaje superficial, siempre y cuando se construyan sumideros que capten el agua superficial y lo transporten a las tuberías enterradas. Estos tipos de drenes tienen un costo de construcción mayor que los drenes abiertos.

1.9.2.6. Obras de drenaje

Dicho por Ballester, el objetivo de las obras de drenaje es el de conducir las aguas de escorrentía, o de flujo superficial, rápida y controladamente hasta su disposición final.

En su diseño existen tres componentes básicas: Las condiciones de diseño de estas componentes dependen de las características propias de cada sistema de drenaje.

Por eso Ballester considera estos tres componentes que son:

1.9.2.6.1. Entrada a la red de drenaje.

1.9.2.6.1.1. Canales Interceptores.

Los canales interceptores reciben agua por una sola de sus orillas o márgenes. El caso más común es el de una ladera que vierte sus aguas de escorrentía sobre un área plana adyacente: el canal interceptor, trazado a lo largo de la divisoria entre la vertiente inclinada y la zona plana, recibe las aguas de escorrentía y conserva el área plana libre de estos caudales. Para el diseño del canal interceptor el caudal se incrementa a lo largo del recorrido, de manera que las dimensiones del canal aumentan en la dirección hacia aguas abajo.

1.9.2.6.1.2. Canales Recolectores.

Los canales recolectores reciben agua por sus dos márgenes; pueden ser corrientes naturales o canales artificiales. Los caudales de diseño y las capacidades de los canales se incrementan a lo largo del recorrido.

1.9.2.6.1.3. Cunetas, sumideros y alcantarillas.

Las cunetas son canales pequeños que se utilizan en combinación con los sumideros y las alcantarillas en los sistemas de drenaje de vías, aeropuertos, calles y patios. La localización de los sumideros limita las magnitudes de los caudales en las cunetas. Las alcantarillas son conductos cerrados, parcialmente llenos, que reciben los caudales de los sumideros en forma puntual a lo largo de su recorrido hasta el sitio de entrega del sistema de alcantarillado.

1.9.2.6.1.4. Estaciones de bombeo.

En casos especiales se utilizan equipos de bombeo para drenar áreas bajas; las aguas bombeadas se entregan luego a un sistema principal de drenaje en forma puntual.

1.9.2.6.2. Conducción de las aguas de drenaje.

Según Ballester con pocas excepciones las aguas de drenaje se transportan por corrientes naturales o por canales, que son conductos a superficie libre, abiertos o cerrados.

1.9.2.6.2.1. Corrientes naturales.

En las corrientes naturales se determina el nivel máximo de flujo para la creciente de diseño, y se compara con el nivel a cauce lleno. Cuando este último resulta inferior que el de la creciente se presenta desbordamientos, los cuales afectarán una zona inundable adyacente cuya amplitud debe

determinarse. Para este objetivo se utilizan procedimientos de hidráulica de canales naturales, con caudales variables y curvas de remanso.

1.9.2.6.2.2. Canales.

El diseño de canales para conducción de aguas de drenaje debe aprovechar al máximo la topografía del terreno con el fin de garantizar la conducción por gravedad, con un costo mínimo.

Cuando la diferencia de cotas entre los puntos inicial y final del canal es muy pequeña el diseño resulta en estructuras muy grandes con velocidades bajas y peligro de sedimentación.

De otro lado, diferencias muy grandes de nivel ocasionan el trazado de canales de gran pendiente, o requieren del diseño de estructuras de caída entre tramos de baja pendiente.

Además, dependiendo de la topografía, del tipo de suelo y de las velocidades de flujo, los canales pueden ser excavados o revestidos:

- **Canales excavados.** - El diseño de los canales excavados está limitado por las velocidades de flujo, la carga de sedimentos y las filtraciones hacia terrenos adyacentes a través del fondo y las orillas. En terrenos erosionables los canales excavados terminan siendo similares a las corrientes naturales al cabo del tiempo, porque pierden su geometría inicial por causa de los procesos de a gradación, socavación y ataque contra las márgenes.
- **Canales revestidos.** - Los canales revestidos permiten velocidades altas, disminuyen las filtraciones y requieren de secciones transversales más reducidas que los anteriores. Sin embargo, su costo y su duración dependen de la calidad del revestimiento y del manejo adecuado que se dé a las aguas superficiales. Los materiales de revestimiento pueden ser arcilla, suelo-cemento, ladrillo, losas de concreto simple o reforzado, piedra pegada, etc.

1.9.2.6.3. Estructuras de entrega.

Dicho por Ballester, los canales de conducción de un sistema de drenaje pueden descargar en otros conductos mayores, en corrientes naturales o en almacenamientos concentrados.

El diseño de las obras de entrega debe tener en cuenta la magnitud de las fluctuaciones de nivel en los sitios de descarga y la estabilidad del área adyacente a la misma. Si se trata de descarga a ríos, por ejemplo, la margen que recibe el caudal de drenaje deberá tener una protección en gaviones o piedra pegada que evite su deterioro. A su vez, si la parte final de la conducción queda localizada en una zona inundable, deberán tomarse las medidas del caso para asegurar la estabilidad de las estructuras de drenaje, y su óptimo funcionamiento hidráulico.

En general, una obra de entrega debe tratarse como un disipador de energía que garantiza la llegada controlada del agua a su destino final, y la estabilidad de las obras de drenaje.

1.9.2.7.Obligatoriedad del sistema de alcantarillado pluvial

Según Norma O.S 060 Drenaje Urbano. Toda nueva habilitación urbana ubicada en localidades en donde se produzcan precipitaciones frecuentes con lluvias iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, deberá contar en forma obligatoria con un sistema de drenaje pluvial.

La entidad prestadora de servicios podrá exigir el drenaje pluvial en localidades que no reúnan las exigencias de precipitación mencionadas en el párrafo anterior, por consideraciones técnicas específicas y de acuerdo a las condiciones existentes.

1.9.2.8.Hidrología

Según Cahuana Andía, Agustin, & Yugar Morales, Weimar, la hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos”. También es conveniente mencionar la definición que plantea la Organización Meteorológica Mundial, por que destaca la importancia de la hidrología en relación con los recursos hidráulicos de la tierra y su aprovechamiento. “Hidrología es la ciencia que trata de los procesos que rigen el agotamiento y recuperación de los recursos de agua en las áreas continentales de la tierra y en las diversas fases del ciclo hidrológico” Es necesario limitar la parte de la hidrología que estudia la ingeniería, a una rama que comúnmente se llama ingeniería hidrológica.

Generalmente los proyectos hidráulicos son de dos tipos: los proyectos que se refieren al uso de agua y los que se refieren a la defensa contra los daños que ocasiona el agua, tomando estos principios se define: La Ingeniería hidrológica es la ciencia aplicada, que usa principios hidrológicos en la solución de problemas de ingeniería, que surgen de la necesidad de uso y explotación de los recursos hídricos, así como para la protección contra daños ocasionados por éste. La hidrología aplicada moderna exige conocimientos avanzados de matemáticas, tales como la estadística, planteamientos y resoluciones analíticas del comportamiento del ciclo hidrológico que es muy complejo.

La hidrología se subdivide en muchas otras ciencias, entre ellas la Hidrogeología, Hidrología superficial, Hidrología Subterránea, Hidrología Estadística, Hidrología Determinista, etc. En este libro se desarrollará la hidrología superficial.

La Hidrología es aplicada con mucha frecuencia para el diseño de obras civiles. El ingeniero civil que se ocupa de proyectar, construir o supervisar el funcionamiento de instalaciones hidráulicas, sanitarias y otras obras civiles debe resolver numerosos problemas prácticos. Éstos pueden ser de muy variado carácter, pero en la mayoría de los casos será necesario el conocimiento de la hidrología para su solución. Los proyectos de ingeniería civil típicos de explotación y uso de los recursos hídricos (agua) son:

- Abastecimiento de agua potable,
- Irrigación (riego tecnificado y riego por inundación)
- Aprovechamiento hidroeléctrico (centrales hidroeléctricas)
- Suministro de agua para múltiples usos
- Navegación
- Recreación entre otros.

Los proyectos de ingeniería civil típicos para la protección contra los daños que ocasiona el agua son:

- Drenaje urbano (drenajes fluviales, evacuación de desechos)
- Drenaje vial (dimensionamiento de puentes, alcantarillas en carreteras)
- Drenaje agrícola (drenaje superficial, para la eliminación de aguas superficiales, innecesarias y perjudiciales a la agricultura y a los asentamientos humanos; drenaje subsuperficial, para la eliminación de aguas perjudiciales para la agricultura y para las instalaciones técnicas)
- Encauzamientos de ríos
- Defensa contra inundaciones
- Determinación de llanuras de inundación
- Control de la erosión en cuencas
- Dimensionamiento y operación de embalses

Como base para la realización de tales tareas, el ingeniero debe conocer los elementos básicos del ciclo hidrológico, los medios y métodos de medida de estos, las técnicas de tratamiento de datos y su interpretación. Además, debe saber establecerse adecuadamente

las relaciones cuantitativas y cualitativas entre parámetros importantes, mediante la ayuda del análisis de sistemas, la estadística matemática, etc.

1.9.2.9. La cuenca hidrológica

Es la cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua.

En el Perú existen 106 cuencas Hidrográficas. La disponibilidad del Recurso hídrico superficial en promedio a nivel nacional es de: 2'043,548 mmc, del cual corresponde el 1.8% a la vertiente del Pacífico, el 97.7% a la vertiente del Atlántico, y el 0.5% a la vertiente del Titicaca.

1.9.2.9.1. Partes de una Cuenca.

Una cuenca tiene tres partes:

- Cuenca alta, que corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente.
- Cuenca media, la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale; visiblemente no hay erosión.
- Cuenca baja, parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.

1.9.2.9.2. Divisoria de las Cuencas.

Cada cuenca está separada de las vecinas por su divisoria, parte aguas o *divortium aquarum*, que es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica.

Los terrenos de una cuenca son delimitados por dos tipos de divisorias; divisoria topográfica o superficial y divisoria freática o subterránea. Esta última establece los límites de los embalses de agua subterránea de donde se deriva el caudal base de la hoya. Las dos divisorias difícilmente coinciden.

1.9.2.10. Factores que influyen en la formación de caudales o escorrentía superficial

El Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, pág. 34-38. Menciona:

1.9.2.10.1. La Duración (t).

Es el período de análisis. Las lluvias de corta duración, conocidas también como tormentas, son eventos que por lo general tienen duraciones entre 5 minutos y 24 horas, y se utilizan para el cálculo de crecientes.

1.9.2.10.2. La Intensidad (i).

Se define como el volumen de precipitación por unidad de tiempo. Se expresa en milímetros por hora (mm/h).

Para poder diseñar las obras hidráulicas, es necesario conocer los datos de caudales de las escorrentías superficiales, sin embargo, en la práctica no se dispone de registros de caudales extremos, motivo por el cual de manera tradicional se utiliza la información de pluviosidad para estimar las crecidas de los cauces a una determinada frecuencia.

Solamente se cuenta con precipitaciones máximas en unos registros de 24 horas; las mismas que deben ser sometidos a un tratamiento que permita conocer su distribución temporal.

1.9.2.10.3. La Frecuencia (f)

Según Aparicio, En su libro *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, Dice: Es una medida de la probabilidad de ocurrencia de eventos mayores o iguales que el que se analiza. Generalmente se relaciona con el período de retorno (T_r). Por ejemplo, el aguacero que tiene una frecuencia del uno por mil tiene una probabilidad de ser igualado o excedido una vez cada mil años en promedio. Para este aguacero el período de retorno es de mil años. *pag.22.*

1.9.2.10.4. Tiempo de Concentración (T_c)

Según el *Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC*, *pag.38*, describe:

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc.

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es:

$$t_c = t_o + t_f \quad (F.1)$$

Dónde:

t_o : tiempo de entrada, hasta alguna alcantarilla.

t_f : tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés $= \sum L_i / V_i$.

1.9.2.10.5. Periodo de retorno (T_r)

Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays. (1994). En su Libro “*Hidrología Aplicada*”, Capítulo 13, se menciona:

Se denomina Período de Retorno “ T ”, al tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “ T ” años.

El período de retorno está íntimamente ligado a la importancia de la obra. Así, para efectos de diseño, el valor de T_r se selecciona de acuerdo a estándares de diseño o por juicio especializado.

Se recomiendan algunos valores de T_r para algunas estructuras, siendo los siguientes:

Tabla 1

Criterios de Diseño Generalizados para estructuras de Control de Agua.

Tipo de Estructura	Periodo de Retorno en Años (T)
Drenaje Urbano	
Alcantarillas en ciudades pequeñas	2 - 25
Alcantarillas en ciudades grandes	25 - 50

Fuente: Ven Te Chow, “Hidrología Aplicada Diseño Hidrológico”

1.9.2.10.6. Coeficiente de Escorrentía (c)

Norma OS 060 Drenaje Pluvial Urbano. (2006). Es la relación entre el volumen de agua de escorrentía superficial total y el volumen total de agua precipitada, en un intervalo de tiempo determinado.

Se expresa como la relación:

$$C = \frac{\text{Escorrentia}}{\text{Precipitacion}} < 1 \quad (F.2)$$

En las tablas 02 y 03 se dan algunas guías para la selección del coeficiente de escorrentía según la norma para el alcantarillado.

Tabla 2

Valores del coeficiente de escorrentía según el método racional.

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	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	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	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 entre el 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	0.36	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
AREAS 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: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano. "El Peruano", Tabla 1.a.

Tabla 3

Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía según el método mac math.

Vegetación		Suelo	Topografía			
Cobertura	C1			c2	C3	
100%		Textura		Pendiente %		
100	0.08	Arenosa		0.08	0.0 - 0.20	0.04
80 - 100	0.12	Ligera		0.12	0.20 - 0.50	+0.06
50 - 80	0.16	Media		0.16	0.50 - 2.00	0.06
20 - 50	0.22	Fina		0.22	2.00 - 5.00	0.10
0 - 20	0.30	Pesada		0.30	5.00 - 10.00	0.15

Fuente: Morales Uchofen, Walter, "Drenaje Vial", Ciclo de Actualización Académica UNSM/2000-IIFC – Tarapoto - Perú.

1.9.2.11. Prueba de ajuste de la serie de datos pluviométricos

Las pruebas de bondad de ajuste, consisten en comprobar gráfica y estadísticamente si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidad. En el anexo se ha desarrollado las pruebas de Chi cuadrado Normal, Chi Cuadrado Log Normal y el de Smirnov – Kolgomorov, siendo este último el que detallaremos en el presente trabajo". Aparicio, Francisco (1996). "Fundamentos de Hidrología de superficie", pág.279.

Prueba de Ajuste de Smirnov – Kolgomorov

Consiste en comparar las diferencias existentes entre la probabilidad de los datos agrupados y la probabilidad ajustada, tomando la distancia más grande entre el valor observado y la recta del modelo.

$$D = \text{Max } |F(X) - P(x)| \quad (F.3)$$

Dónde:

D = Es el estadístico, diferencia máxima entre profundidad ajustada empírica

F(X) = Probabilidad de la bondad de ajuste

P(x) = Probabilidad de los datos agrupados

$$P[|F(x) - P(x)| > D] = \alpha$$

Además, se tiene que:

Tabla 4

Valores críticos para la prueba Kolmogorov-Smirnov de bondad y ajuste.

Tamaño de la muestra	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.224 / \sqrt{n}$	$1.358 / \sqrt{n}$	$1.628 / \sqrt{n}$

Fuente: “Fundamentos de Hidrología de superficie”, Aparicio (1992)

1.9.2.12. Hidráulica de los conductos abiertos

Según Rocha, los conductos abiertos se caracterizan por tener una superficie libre, en contacto con la atmosfera. El flujo se produce como consecuencia del peso del fluido. En tal sentido, y desde el punto de vista hidráulico, un canal se comporta como si fuese un río.

Para el estudio hidráulico de los canales es necesario hacer algunas simplificaciones y esquematizaciones de flujo real, que es bastante complejo. Generalmente suponemos que el escurrimiento es permanente y uniforme. En un canal se puede lograr un cierto grado de permanencia manteniendo constante el caudal. En un río solo excepcionalmente se podría lograr la permanencia (por ejemplo, en el flujo regulado aguas debajo de un embalse). Normalmente los caudales fluviales son muy irregulares en el tiempo.

Por lo tanto, las ecuaciones de descarga que se usan en conductos abiertos, como la ecuación de CHEZY o la de MANNING, corresponden a simplificaciones, a esquematizaciones del escurrimiento real.

1.9.2.13. Dimensionamiento hidráulico de los canales

Condori nos menciona:

El dimensionamiento de los canales se hace mediante la aplicación de fórmulas convencionales de flujo a superficie libre, teniendo en cuenta los aumentos de caudal en la dirección aguas abajo, las

pendientes de los tramos y los remansos que se generan con los cambios de pendiente y con la localización de estructuras de caída, o de cruce con obras civiles, por ejemplo, con vías o con otros canales.

Para la relación entre caudal y nivel en secciones dadas del canal se utiliza la ecuación de Manning, en la forma:

$$Q = A R^{2/3} S^{1/2} / n \quad (F.4)$$

Dónde:

Q = Cantidad de descarga, en m³/s.

A = Área de la sección transversal del cauce, en m².

R = Radio hidráulico, en m = (A/P)

P = Perímetro mojado, en m.

S = Pendiente longitudinal de la cuneta, en m/m

n = Coeficiente de Rugosidad.

1.9.2.13.1. Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje urbanismo menor captación de aguas pluviales en zonas urbanas.

Por norma O.S 060 Drenaje Urbano:

1.9.2.13.1.1. Consideraciones del caudal de diseño.

Los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deberán ser calculados:

1. Por el Método Racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km².
2. Por el Método de Hidrograma Unitario o Modelos de Simulación para área de cuencas mayores de 13 Km².

1.9.2.13.2. Captación en zona vehicular - pista

Para la evacuación de las aguas pluviales en calzadas, veredas y las provenientes de las viviendas se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

1.9.2.13.2.1. Orientación del flujo

En el diseño de pistas se deberá prever pendientes longitudinales (Sl) y transversales (St) a fin de facilitar la concentración del agua que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes de la calzada.

Las pendientes a considerar son:

Pendiente Longitudinal (Sl) $> 0,5\%$.

Pendiente Transversal (St) de 2% a 4%

1.9.2.13.2.2. Captación y transporte de aguas pluviales de calzada y aceras

La evacuación de las aguas que discurren sobre la calzada y aceras se realizará mediante cunetas, las que conducen el flujo hacia las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirla en dirección a las alcantarillas pluviales de la ciudad.

A. Las cunetas construidas para este fin podrán tener las siguientes secciones transversales.

- Sección Circular.
- Sección Triangular.
- Sección Trapezoidal.
- Sección Compuesta.
- Sección en V.

B. Determinación de la capacidad de la cuneta

La capacidad de conducción se hará en general utilizando la Ecuación de Manning. La sección transversal de las cunetas generalmente tiene una forma de triángulo rectángulo con el sardinel formando el lado vertical del triángulo. La hipotenusa puede ser parte de la pendiente recta desde la corona del pavimento y puede ser compuesta de dos líneas rectas. El ancho máximo T de la superficie del agua sobre la pista será:

- En vías principales de alto tránsito: Igual al ancho de la berma.
- En vías secundarias de bajo tránsito: Igual a la mitad de la calzada.

B.1. Coeficiente de rugosidad

NORMA OS 060 DRENAJE URBANO. La Tabla 5 muestra los valores del coeficiente de rugosidad de Manning correspondientes a los diferentes acabados de los materiales de las cunetas de las calles y berma central.

Tabla 5

Coeficientes de rugosidad de Manning

Cunetas de las calles	Coeficiente de Rugosidad N
a. Cuneta de Concreto con acabado paletado	0.012
b. Pavimento Asfáltico	
1) Textura Lisa	0.013
2) Textura Rugosa	0.016
c. Cuneta de concreto con Pavimento Asfáltico	
1) Liso	0.013
2) Rugoso	0.015
d. Pavimento de Concreto	
1) Acabado con llano de Madera	0.014
2) Acabado escobillado	0.016
e. Ladrillo	0.016
f. Para cunetas con pendiente pequeña, donde el Sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores arriba indicados de n, en:	0.002

Fuente: NORMA OS 060 DRENAJE URBANO pág. 30

1.9.2.14. Metodología de Cálculo de caudales utilizando el método de la formula racional

Este método, que la literatura inglesa atribuye a Lloyd-George en 1906, si bien los principios del mismo fueron establecidos por Mulvaney en 1850, permite determinar el caudal máximo que escurrirá por una determinada sección, bajo el supuesto que éste acontecerá para una lluvia de intensidad máxima constante y uniforme en la cuenca correspondiente a una duración D igual al tiempo de concentración de la sección.

$$Q_{\text{máx}} = CiA \quad (F.5)$$

En donde:

$Q_{\text{máx}}$: Caudal máximo en la sección de cálculo,

C: Coeficiente de escorrentía medio ponderado de la cuenca,

A: Área total de la cuenca vertiente en la sección de cálculo,

i: Intensidad media máxima para una duración igual al tiempo de concentración, de la sección de cálculo (Schmidth, 1986: p.356).

1.9.2.15. Alcantarillas

Según Villón Béjar, Máximo, las alcantarillas son estructuras de cruce, que sirven para conducir agua de un canal o un dren, por debajo de un camino u otro canal). Generalmente, la alcantarilla disminuye la sección transversal del cauce de la corriente, ocasionando un represamiento del agua a su entrada y un aumento de su velocidad dentro del conducto y a la salida.

El éxito del diseño hidráulico radica, por consiguiente, en proveer una estructura con capacidad de descargar, económicamente una cierta cantidad de agua dentro de los límites establecidos de elevación del nivel de las aguas y de velocidad. Cuando la altura y la descarga han sido determinadas, la finalidad del diseño es proporcionar la alcantarilla más económica, la cual será la que con menor sección transversal satisfaga los requerimientos de diseño.

1.9.2.15.1. Consideraciones hidráulicas

Según Villón Béjar, Máximo, el escurrimiento a través de una alcantarilla generalmente queda regulado por los siguientes factores:

- Pendiente del lecho de la corriente aguas arriba y aguas abajo del lugar
- Pendiente del fondo de la alcantarilla
- Altura de ahogamiento permitido a la entrada
- Tipo de entrada
- Rugosidad de las paredes de la alcantarilla
- Altura del remanso de salida

Todos los factores se combinan para determinar las características del flujo a través de la alcantarilla.

1.9.2.16. Transiciones

Según Villón Béjar, Máximo, la transición (figura 1), es una estructura que se usa para ir modificando en forma gradual la sección transversal de un canal, cuando se tiene que unir dos tramos con diferentes formas de sección transversal, pendiente o dirección.

La finalidad de la transición es evitar que el paso de una sección a la siguiente, de dimensiones y características diferentes, se realice de un modo brusco, reduciendo de ese modo, las pérdidas de carga en el canal.

Las transiciones se diseñan a la entrada y/o salida de diferentes estructuras tales como: tomas, rápidas, caídas, desarenadores, puentes canales, alcantarillas, sifones invertidos, etc.

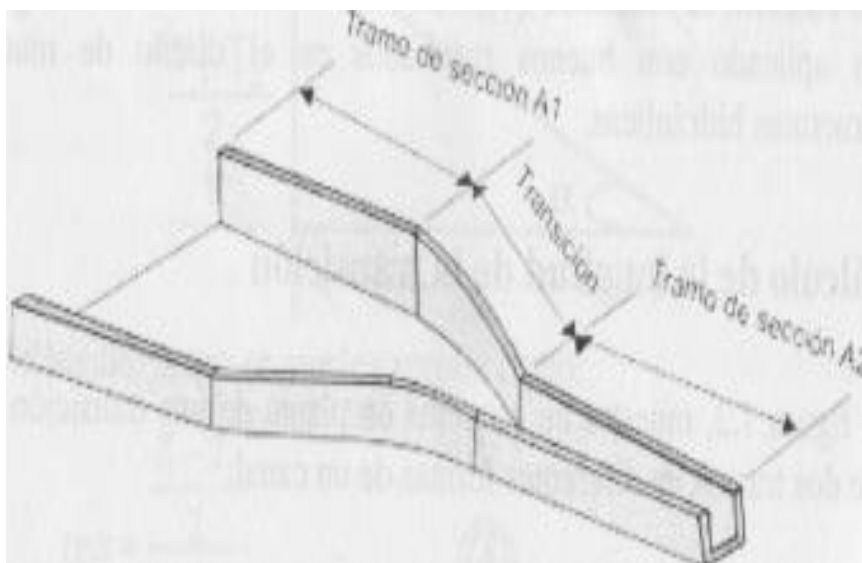


Figura 1. Vista isométrica de una transición en un canal (Fuente: Villón Béjar, Máximo. “Diseño de estructuras hidráulicas”, pág.13.)

1.9.2.17. Taludes en cunetas (z)

Según Morales Uchofen, Walter, los taludes en cunetas, se designan de la proyección horizontal a la vertical de la inclinación de las paredes laterales. la inclinación de las paredes laterales depende de factores varios, pero muy particularmente de la clase de terreno en donde se aloja la cuneta.

Mientras más inestable sea el material, menor será el ángulo de inclinación de los taludes. Los taludes más recomendables según el tipo de material son:

Tabla 6*Taludes recomendables según tipo de material*

Características de los suelos	Canales poco profundos	Canales profundos
Roca en buenas condiciones	Vertical	0.25 : 1
Arcilla compactada o tierra		
Con recubrimiento de concreto	0.5 : 1.0	1.0 : 1.0
Limoso - limoso	1.0 : 1.0	1.5 : 1
Limoso - arenoso	1.5 : 1.0	2.0 : 1.0
Arenas sueltas	2.0 : 1.0	3.0 : 1.0

Fuente: Morales Uchofen, Walter, "Drenaje Vial", Ciclo de Actualización Académica UNSM/2000-IIFC – Tarapoto – Perú

1.9.2.18. Ancho de solera (b)

Según Morales Uchofen, Walter, resulta muy útil para cálculos posteriores fijar de antemano un valor para el ancho de solera, plantilla o base, con lo cual se puede manejar con facilidad las fórmulas para calcular el tirante. Está en función del caudal que transportará:

Tabla 7*Ancho de solera en relación con el caudal*

Caudal Q (m ³ /s)	Solera b (m)
Menor de 0.100	0.30
Entre 0.100 y 0.200	0.50
Entre 0.200 y 0.400	0.75
Mayor de 0.400	1.00

Fuente: Walter Morales Uchofen, "Infraestructura de Riego", Pág. 46

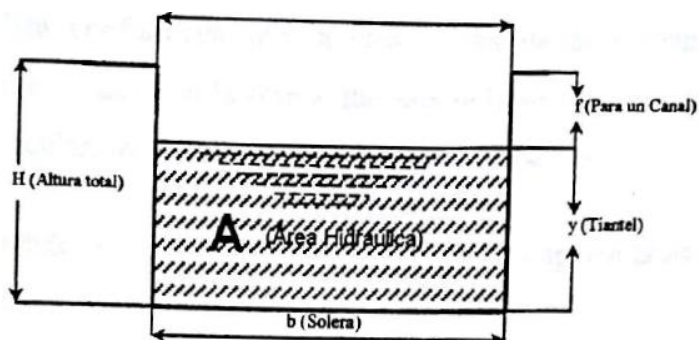


Figura 2. Sección rectangular de un canal (Fuente: Walter Morales Uchofen, "Infraestructura de Riego")

1.9.2.19. Tirante (y)

Según Morales Uchofen, Walter, el tirante de agua viene a ser la altura o profundidad que alcanzará el agua en la cuneta, su cálculo depende de varios factores como son: Área hidráulica, velocidad, talud y base o plantilla. Una regla empírica generalmente usada en los Estados Unidos, establece el valor máximo de la profundidad de las cunetas de tierra según la relación:

$$y = 1/2(A)^{1/2}$$

Donde:

y = Tirante hidráulico en m.

A = Área de la sección transversal en m².

Otras fuentes establecen:

$$y = b/3$$

Donde:

b = Ancho de solera o base en m.

También se puede usar la relación:

Selección de Máxima Eficiencia Hidráulica

$$B/y = 2Tg(\theta/2)$$

1.9.2.20. Área Hidráulica (A)

Según Morales Uchofen, Walter, está conformada por la caja propia de la cuneta, y está relacionada con la forma que adopta la sección que puede ser circular, rectangular, trapezoidal, triangular, etc.

Siendo los más comunes las formas trapezoidales que se obtiene usando la relación geométrica:

$$A = (b + Zy)y$$

Una vez calculado el ancho de la solera, talud y el tirante, o la ecuación de continuidad:

$$A = Q/v$$

Donde:

Q = Caudal en m³/seg.

Z = Talud

1.9.2.21. Borde libre (bl)

Según Morales Uchofen, Walter, en la determinación de la sección transversal de las cunetas, resulta siempre necesario dejar cierta altura entre la superficie libre del agua que corresponde al tirante normal y la corona de los bordes, con margen de seguridad, a fin de absorber los niveles de agua extraordinarios que puedan presentarse por encima del caudal de diseño de las cunetas; debido a efectos de sufrir el incremento de caudal por la caída de lluvias o incremento de la rugosidad (n) con el correr de los años, así tenemos:

$$BL=H - y$$

En la práctica es conveniente dejar un borde libre o resguardo igual a 1/3 del tirante:

$$BL=(1/3)(y)$$

Existen también otros criterios prácticos para designar el valor del borde libre

Tabla 8

Borde libre en relación del caudal

Caudal m ³ /seg	Borde libre m
Menor que 0.50	0.30
Mayores que 0.50	0.40

Fuente: Walter Morales Uchofen, "Infraestructura de Riego", Pág. 46

Tabla 9

Relación de borde libre con ancho de solera

Ancho de la solera (m)	Borde libre (m)
Hasta 0.80	0.40
De 0.80 a 1.50	0.50
De 1.50 a 3.00	0.60
De 3.00 a 20.00	1.00

Fuente: Walter Morales Uchofen, "Infraestructura de Riego", Pág. 47

1.9.2.22. Profundidad total de cunetas (h)

Según Morales Uchufen, Walter, la profundidad total de la cuneta viene a ser la altura de la caja hidráulica y se encuentra una vez conocido el valor del tirante de agua y el borde libre, así tenemos:

$$H=y + BL$$

En forma práctica, para su construcción esta profundidad se suele redondear, asumiendo su variación al borde libre, de tal manera de obtener una medida que facilite el proceso constructivo.

1.9.2.23. Velocidad (v)

Según Morales Uchofen, Walter, en el diseño de canales, la velocidad es un parámetro que es necesario verificar de tal manera que estén en un rango cuyos límites son los que se muestra en las tablas siguientes:

1.9.2.23.1. Velocidad Mínima (vmim)

Según Marín, Carlos; Menjívar, Máximo & Zavaleta, José, esta es la menor velocidad que no permite el inicio de sedimentos y que impide el crecimiento de musgo o de plantas acuáticas. Para aguas que no tengan limos o para flujos previamente decantados, este factor es prácticamente despreciable, excepto por su efecto en el crecimiento de plantas. En general se recomiendan adoptar una velocidad media de 2 a 3 pies/s.

1.9.2.23.2. Velocidad Máxima de Erosión (vmax)

Según Rojas Rubio, Hugo, durante el diseño hay que tener en cuenta el hecho de que las velocidades de la corriente del agua en el canal excesivamente grande pueden actuar de una manera destructiva sobre el fondo y las paredes de este. La velocidad media del agua en el canal debe ser menor que la velocidad de socavación. En la Tabla N°10 se dan las velocidades admisibles límites en función de los suelos y el tipo de revestimiento en los cuales discurre el agua. Verificar que las velocidades de diseño estén comprendidas entre los límites indicados.

Tabla 10

Velocidades máximas de erosión

Características del suelo o del revestimiento del canal	Velocidad en m/s
- Suelo Limoso, Turba descompuesta	0.25-0.50
- Arena Arcillosa suelta, arcillas blandas	0.70-0.80
- Turba Fibrosa poca descompuesta	0.70-1.00
- Arcilla arenosa medias y compactas	1.00-1.20
- Arcillas duras	1.20-1.80
- Encespedado	0.80-1.00
- Conglomerado	1.80-2.40
- Madera cepillada	6.00-6.50
- Concreto f'c 140 Kg/cm ²	3.80-4.40
- Concreto f'c 210 Kg/cm ²	6.60-7.40
- Plancha de acero	12.00-30.00

Fuente: Rojas Rubio, Hugo, "Manual del Curso de Irrigación y Drenaje", pág. 24

1.9.2.24. Revestimientos en cunetas

Según Morales Uchofen, Walter, cuando el suelo es deleznable y la rasante de la cuneta es igual o mayor de 4%, ésta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento. El revestimiento puede además ser necesario para reducir la rugosidad de la cuneta y asegurar el escurrimiento del caudal en el caso de una pendiente longitudinal muy leve.

El revestimiento de las cunetas debe de satisfacer con los siguientes requerimientos:

- Disminuir las pérdidas por infiltración.
- Protección contra la erosión.
- Permite el flujo a mayor velocidad, permitiendo reducir la sección y por lo tanto más economía en su construcción
- La capacidad de transporte de la cuneta es mayor, debido a un valor bajo del coeficiente de rugosidad.
- Evita el derrumbamiento de los taludes por humedecimiento
- Evita el crecimiento de plantas acuáticas.
- Reduce considerablemente los costos por mantenimiento. Por lo tanto, un buen revestimiento debe de ser impermeable, resistente a la erosión, bajo costo de construcción y mantenimiento, resistente a acciones de agentes atmosféricos, plantas y animales.

1.9.3. Marco conceptual

NORMA OS 060 DRENAJE URBANO.

- Alcantarilla. - Conducto subterráneo para conducir agua de lluvia, aguas servidas o una combinación de ellas.
- Alcantarillado Pluvial. - Conjunto de alcantarillas que transportan aguas de lluvia.
- Alineamiento. - Dirección en el plano horizontal que sigue el eje del conducto.
- Base. - Capa de suelo compactado, debajo de la superficie de rodadura de un pavimento.
- Berma. - Zona lateral pavimentada o no de las pistas o calzadas, utilizadas para realizar paradas de emergencia y no causar interrupción del tránsito en la vía.
- Bombeo de la Pista. - Pendiente transversal contada a partir del eje de la pista con que termina una superficie de rodadura vehicular, se expresa en porcentaje.

- Calzada. - Porción de pavimento destinado a servir como superficie de rodadura vehicular.
- Canal. - Conducto abierto o cerrado que transporta agua de lluvia.
- Captación. - Estructura que permite la entrada de las aguas hacia el sistema pluvial.
- Carga Hidráulica. - Suma de las cargas de velocidad, presión y posición.
- Coeficiente de Escorrentía. - Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.
- Corte. - Sección de corte.
- Cuenca. - Es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.
- Cuneta. - Es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.
- Derecho de Vía. - Ancho reservado por la autoridad para ejecutar futuras ampliaciones de la vía.
- Dren. - Zanja o tubería con que se efectúa el drenaje.
- Drenaje. - Retirar del terreno el exceso de agua no utilizada.
- Drenaje Urbano. - Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.
- Drenaje Urbano Mayor. - Sistema de drenaje pluvial que evacua caudales que se presentan con poca frecuencia y que además de utilizar el sistema de drenaje menor (alcantarillado pluvial), utiliza las pistas delimitadas por los sardineles de las veredas, como canales de evacuación.
- Drenaje Urbano Menor. - Sistema de alcantarillado pluvial que evacua caudales que se presentan con frecuencia de 2 a 10 años.
- Duración de la lluvia. - Es el intervalo de tiempo que media entre el principio y el final de la lluvia y se expresa en minutos.
- Eje. - Línea principal que señala el alineamiento de un conducto o canal.
- Entrada. - Estructura que capta o recoge el agua de escorrentía superficial de las cuencas.
- Frecuencia de lluvias. - Es el número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un periodo de tiempo determinado, es decir el grado de ocurrencia de una lluvia.
- Flujo Uniforme. - Flujo en equilibrio dinámico, es aquel en el que la altura del agua es la misma a lo largo del conducto y por tanto la pendiente de la superficie del agua es igual a la pendiente del fondo del conducto.
- Intensidad de Lluvia. - Es el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (mm/hora) y también en litros por segundo por hectárea (l/s/Ha).

- Pavimento. - Conjunto de capas superpuestas de diversos materiales para soportar el tránsito vehicular.
- Pelo de Agua. - Nivel que alcanza el agua en un conducto libre.
- Pendiente Longitudinal. - Es la inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal.
- Pendiente Transversal. - Es la inclinación que tiene el conducto en un plano perpendicular a su eje longitudinal.
- Periodo de Retorno. - Periodo de retorno de un evento con una magnitud dada es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica.
- Precipitación. - Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.
- Rasante. - Nivel del fondo terminado de un conducto del sistema de drenaje.
- Rejilla. - Estructura de metal con aberturas generalmente de tamaño uniforme utilizadas para retener sólidos suspendidos o flotantes en aguas de lluvia o aguas residuales y no permitir que tales sólidos ingresen al sistema.
- Registro. - Estructura subterránea que permite el acceso desde la superficie a un conducto subterráneo continuo con el objeto de revisarlo, conservarlo o repararlo.
- Revestimiento. - Recubrimiento de espesor variable que se coloca en la superficie interior de un conducto para resistir la acción abrasiva de los materiales sólidos arrastrados por el agua y/o neutralizar las acciones químicas de los ácidos y grasas que pueden contener los desechos acarreados por el agua.
- Sardinel (Solera). - Borde de la vereda.
- Sistemas de Evacuación por Gravedad. - Aquellos que descargan libremente al depósito de drenaje, ya sea natural o artificial.
- Sumidero. - Estructura destinada a la captación de las aguas de lluvias, localizados generalmente antes de las esquinas con el objeto de interceptar las aguas antes de la zona de tránsito de los peatones. Generalmente están concentrados a los buzones de inspección.
- Tiempo de Concentración. - Es definido como el tiempo requerido para que una gota de agua caída en el extremo más alejado de la cuenca, fluya hasta los primeros sumideros y de allí a través de los conductos hasta el punto considerado.
- Velocidad de Autolimpieza. - Velocidad de flujo mínima requerida, que garantiza el arrastre hidráulico de los materiales sólidos evitando su sedimentación.

- Vereda. - Senda cuyo nivel esta encima de la calzada y se usa para el tránsito de peatones. Se le denomina también como acerca.
- Vías Calle. - Cuando toda la calzada limitada por los sardineles se convierte en un canal que se utiliza para evacuar las aguas pluviales. Excepcionalmente puede incluir las veredas.

1.9.4. Marco histórico

San Martín presenta un crecimiento por encima del promedio departamental y por debajo de Moyobamba y Rioja, quienes han tenido los más altos porcentajes de crecimiento de la provincia. En general las provincias ubicadas en la cuenca del Río Mayo han tenido importantes crecimientos con la única excepción de Lamas que tiene parte de su territorio en la cuenca del río mayo y parte en la cuenca del río Caynarachi en el Bajo Huallaga.

En la provincia San Martín se ha observado un patrón de distribución fluvial, es decir que una gran mayoría de centros poblados están asentados a orillas de un río o muy cercanos a este. Esto debido a que hace muchos años, antes de la construcción de las grandes carreteras, la gran mayoría de estos centros poblados era accedido solo por vía fluvial, como por ejemplo Juan Guerra o Chazuta.

Efectivamente, 84% de toda la población provincial y mucho más de la mitad de centros poblados de la provincia se encuentran distribuidos a lo largo de los principales ríos de la provincia tal.

San Pedro de Cumbaza, es una Localidad que se encuentra ubicado en la cabecera del río Cumbaza y en zona de frecuentes lluvias, lo que ocasiona la erosión del suelo y desborde del río y quebrada, teniendo antecedentes de fenómenos ocasionados por lluvias desde el año 1942.

Con el cambio climático en la Región San Martín, las lluvias fuertes son todo el año: y San Pedro del Río Cumbaza, se ve afectado con inundaciones, encontrándose siempre en riesgo de seguir sufriendo estos desastres, como en el año 2017 y en el año 2019, dejando a la población con viviendas y calles afectadas.

La Autoridad Nacional del Agua, mediante estudios ha elaborado Fichas Técnicas de los sectores críticos y vulnerables del Distrito de San Antonio, entre el cual se encuentra el Centro Poblado de San Pedro del Río Cumbaza, por ende, pertenece al Mapa Nacional de Peligro.

1.10. Hipótesis a demostrar

El estudio de la Influencia de las condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre en la zona para el diseño del sistema de drenaje pluvial en el centro poblado de San Pedro de Cumbaza, y su futura ejecución, tendrá como efecto una propuesta que mejore las condiciones de transitabilidad y la eliminación de las aguas estancadas.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Los materiales y equipos utilizados para la elaboración de la presente tesis, son los siguientes:

2.1.1. Recursos humanos

2.1.1.1. Tesistas

Los principales responsables de la formulación y elaboración de la presente tesis, en coordinación con el Asesor y del equipo técnico de campo, quienes son. el ingeniero topógrafo y el especialista de mecánica de suelos de la UNSM-TARAPOTO.

2.1.1.2. Asesor

Es la persona encargada de supervisar la correcta formulación y elaboración de la presente tesis, y al mismo tiempo de brindar los conocimientos necesarios, para que el trabajo de investigación se realice con total normalidad.

2.1.1.3. Ingeniero Topógrafo

Se ha visto conveniente contar con el apoyo de un ingeniero topógrafo, para realizar el levantamiento topográfico del lugar en donde se realiza la presente tesis.

2.1.1.4. Especialista en mecánica de suelos

Se contó con el apoyo del técnico especialista de Laboratorio de Suelos de la UNSM – TARAPOTO, para llevar a cabo los ensayos respectivos para la presente tesis.

2.1.2. Recursos materiales

Son todos los materiales que se utilizaron en todas las fases de la presente tesis:

2.1.2.1. Estudio hidrológico

Se ha utilizado los datos recopilados por SENAMHI.

2.1.2.2. Estudio topográfico

Prisma

Trípode

Wincha de 50m

Pintura esmalte

Libreta de campo

2.1.2.3. Estudio de mecánica de suelos

Juego de Tamices

Bolsas plásticas

Cartulina

Plumón

Recipientes, etc.

2.1.3. Recursos de equipos

Son todos los equipos que se utilizaron en todas las fases de la presente tesis:

2.1.3.1. Estudio topográfico

Estación Total

GPS

2.1.3.2. Estudio de mecánica de suelos

Equipo para Ensayo de Corte Directo de la UNSM – TARAPOTO.

Máquina de Casagrande

Horno Eléctrico

Balanza de Precisión 0.01gr

Tamizador Electrónico.

2.1.4. Otros recursos

Se utilizó materiales y equipos adicionales como son:

Laptop

Impresoras

Celulares

Perforadores

Engrampadores

Papel Bond A1, A2, A3 y A4

ETC

2.2. Metodología

2.2.1. Universo, muestra población

2.2.1.1. Universo

La Intensidad máxima de diseño en el Distrito de San Antonio.

2.2.1.2. Muestra población

La Intensidad Máxima de diseño en el Centro Poblado San Pedro de Cumbaza.

2.2.2. Sistema de variables

2.2.2.1. Variable independiente

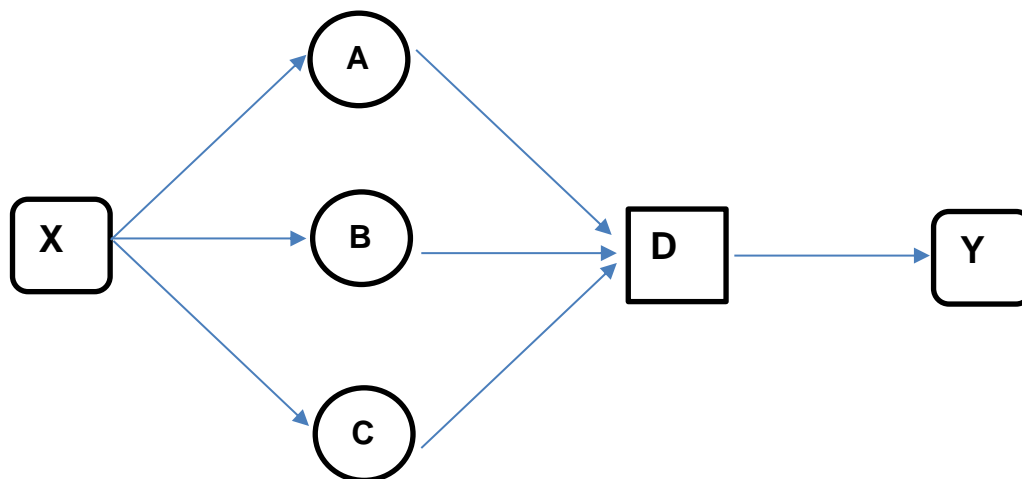
- Reglamento Nacional de Edificaciones (Normas para ubicación y diseño).
- La capacidad de carga admisible del suelo y el caudal de diseño.

2.2.2.2. Variable dependiente

- Geometría y dimensiones de la sección transversal de las obras de drenaje.
- Materiales utilizados en la construcción de las obras de drenaje.

2.2.3. Diseño experimental de la investigación

Teniendo en cuenta las consideraciones de las expresiones de las variables del estudio, se considera el siguiente esquema de investigación:



- X = Diseño de las obras de drenaje para una zona Urbana.
- A = Caudal de diseño (Intensidad máxima de precipitación pluvial).
- B = Geometría y dimensiones de la sección transversal de las obras de drenaje.
- C = Materiales utilizados en la construcción de las obras de drenaje.
- D = Cuantificación y efecto de los factores que determinan el diseño de las obras del sistema de drenaje pluvial urbano.
- Y = Diseño de las obras del sistema de drenaje pluvial urbano en el centro Poblado de San Pedro de Cumbaza.

2.2.4. Diseño de instrumentos

A continuación, describimos el diseño de instrumentos desarrollados para la satisfactoria culminación de la presente Tesis:

2.2.4.1. Trabajos de campo

Para la ejecución de la presente Tesis se han desarrollado diferentes trabajos de campo así podemos citar:

Reconocimiento del área de estudio y calles adyacentes, analizando los trabajos a realizar. Se determinó el primer punto BM con el apoyo del GPS (BM 01 = 415.00 msnm., coordenadas 344668.179 ESTE y 9289905.377 NORTE), las mismas que se encuentra ubicados en las intersecciones del Jr. San Martín y el Jr. Manuel Chujutalli.

Se procedió a realizar el levantamiento topográfico del área en estudio, tanto planimétrico como altimétrico, logrando de esta manera tener una visión real de la orografía del terreno.

2.2.4.2. Recopilación de información

Luego del inicio de los trabajos de campo se ha procedido a la recopilación de información de las diferentes instituciones públicas y privadas para que cruzando dichas informaciones se obtenga una información consistente.

La información obtenida es la siguiente:

Información Estadística. – se ha recopilado los datos de población de la Municipalidad Distrital de San Antonio.

Información Topográfica. – Para el manzaneo se hizo uso de los planos catastrales, y para la altimetría y planimetría, se hizo el levantamiento topográfico con estación total, tomando el primer punto de georreferencia con GPS, el cual es el BM 01; una vez terminado el levantamiento topográfico, se ha plasmado mediante un plano topográfico a escala 1/1,000.

Información Meteorológica. - Intensidades máximas en 24 horas, obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología San Martín, (SENAMHI) de la Estación San Antonio.

2.2.4.3. Trabajos de gabinete

Con ayuda de la información recopilada y luego de obtener una información consistente, se procede al desarrollo del trabajo de gabinete.

2.2.4.3.1. Información estadística

Con los datos de población de la Municipalidad Distrital de San Antonio, se procedió al cálculo de población futura por el método Aritmético.

2.2.4.3.2. Información topográfica

Se ha procesado la información obtenida en el levantamiento topográfico del área en estudio, utilizando Estación Total y GPS; luego se ha elaborado los planos de ubicación, plano topográfico, planos de planta y perfil longitudinal del área sobre el cual se han proyectado las obras que conforman el Proyecto de la presente Tesis.

2.2.4.3.3. Información estadística

Basándose en la información obtenida de la estación de San Antonio: "Intensidades Máximas en 24 horas", se ha desarrollado el cálculo de la Intensidad Máxima de Precipitación obtenidos por métodos hidrológicos: Gumbell y Gumbell Tipo I.

2.2.4.3.4. Diseño hidráulico

Contando con los elementos fundamentales del análisis de una tormenta, tales como: Intensidad, duración, frecuencia, tiempo de concentración, período de retomo, se procedió al cálculo de los caudales respectivos que permitió el mencionado diseño.

2.2.5. Procesamiento de información

El procesamiento de la información para la elaboración de la presente tesis es la siguiente:

2.2.5.1. Información básica requerida

2.2.5.1.1. Estadística

La población futura se calculará para un periodo de Diseño de 20 años por lo que la población estimada será para el año de 2040.

Año	Población
2005	302
2007	319
2020	589

1. Método aritmético para el cálculo de la población futura

$P_f = P_0 + r(t - t_0)$	$P_f = P_0 + r(t - t_0)$	$r = ((P_f - P_0)) / ((t - t_0)) = \Delta P / \Delta t$
--------------------------	--------------------------	---

Donde:

Pf: población futura

P₀: población actual

r: razón del crecimiento

t: tiempo en el instante para el cual se calcula la población

t₀: tiempo en el instante se determina la población actual

Tabla 11

Cálculo de la población futura

Año	Población	AP	AT	r
2005	302	17	2	8.50
2007	319	270	13	20.77
2020	589			
			$\Sigma =$	29.27

Fuente: Municipalidad Distrital de El Porvenir

R (Promedio) = 29.27

La población futura en el 2040 será:

$$P_{2040} = 589 + 29.27(20)$$

$$P_{2040} = 1,174.4$$

$$P_f = \mathbf{1,175 \text{ hab.}}$$

2. Método Geométrico para el Cálculo de la Población Futura

$$P_f = P_0 * r^{t_f - t_0}$$

$$r = \left(\frac{P_{i+1}}{P_i} \right)^{\frac{1}{(t-t_0)}}$$

$$r_m = \sqrt[n]{r_i + r_{i+1} + r_{i+2} + \dots + r_n}$$

Donde:

P_f: población futura

P₀: población actual

r: razón de crecimiento

t: tiempo en el instante en el que se calcula la población

t₀: tiempo en el instante se determina la población actual

AÑO	POBLACIÓN	Δt	r
2005	302	2	1.028
2007	319	13	1.048
2020	589		

$$r(\text{Promedio}) = \bar{r} = 1.06$$

La población futura en el 2040 será:

$$P_{2040} = 589 \times (1.06)^{20}$$

$$P_{2035} = 1879.38$$

$$P_f = 1,880 \text{ hab.}$$

1. Método Aritmético	1175
2. Método Geométrico	1880
Total	3055
Promedio	1528

La población futura para el 2040 será: 1528 Habitantes.

Resumen:

AÑO	POBLACIÓN
2005	302
2007	319
2020	589

2.2.5.1.2. Topografía

A partir de la información topográfica se ha definido las cotas absolutas de los puntos, corrida desde el punto de nivel absoluto (BM-01) ubicado en el centro de un buzón, en las intersecciones del Jr. San Martín - Jr. Manuel Chujutalli presentando una cota de 415 m.s.n.m.

A partir de este punto se ha realizado el levantamiento topográfico, tanto altimétrico como planimétrico, con la ayuda de Estación Total y nivel de Ingeniero, logrando con estos datos calcular la pendiente aplicando la siguiente fórmula:

$$S(\%) = \frac{\text{Cota inicial} - \text{Cota final}}{\text{longitud}} * 100$$

A continuación, se presenta en la tabla 12, conteniendo información topográfica básica como longitud de calles, cotas de terreno, pendientes y desniveles:

Tabla 12

Información topográfica de calles

COLECTOR	MANZ.	LADO	CALLE	LONGITUD	COTA TERRENO		DESNIVEL m	PENDIENTE %
					INICIO	FINAL		
Colector N°1	21 - 22	I	Jr. Pedro Ruiz Gallo	18.97	414.55	414.45	0.1	0.53
Cuneta N° 1	20 - 21	D	Jr. San Pedro	26.60	414.59	414.45	0.14	0.53
Alcantarilla N°1	21 - 20	C	Jr. San Pedro	8.50	414.45	414.36	0.09	1.06
Cuneta N° 2	20 - 21	I	Jr. San Pedro	70.49	414.73	414.36	0.37	0.52
Colector N° 1	20 - 19	I	Jr. Pedro Ruiz Gallo	87.80	414.36	413.50	0.86	0.98
Cuneta N° 3	09 - 20	D	Jr. Daniel A. Carrión	34.60	414.00	413.50	0.5	1.45
Alcantarilla N° 2	09 - 20	C	Jr. Daniel A. Carrión	12.30	413.50	413.38	0.12	0.98
Cuneta N° 4	09 - 20	D	Jr. Daniel A. Carrión	32.75	414.00	413.38	0.62	1.89

Fuente: Elaboración propia

Colector N° 1	09 - 10	I	Jr. Pedro Ruiz Gallo	46.44	413.38	413.15	0.23	0.50
Cuneta N° 5	21 - 22	D	Jr. Pedro Ruiz Gallo	21.22	414.56	414.45	0.11	0.52
Cuneta N° 5	19 - 22	D	Jr. San Pedro	69.58	414.45	413.70	0.75	1.08
Colector N° 2	22 - 23	I	Jr. Leoncio Prado	24.52	414.20	413.70	0.50	2.04
Alcantarilla N°3	22 - 19	C	Jr. San Pedro	11.18	413.70	413.60	0.10	0.89
Cuneta N° 6	19 - 22	I	Jr. San Pedro	65.63	414.45	413.60	0.85	1.30
Colector N° 2	19 - 18	I	Jr. Leoncio Prado	88.12	413.60	413.15	0.45	0.51
Cuneta N° 7	20 - 19	D	Jr. Pedro Ruiz Gallo	86.38	414.45	413.50	0.95	1.10
Cuneta N° 7	10 - 19	D	Jr. Daniel A. Carrión	62.19	413.50	413.15	0.35	0.56
Alcantarilla N° 4	19 - 10	C	Jr. Daniel A. Carrión	9.65	413.15	413.10	0.05	0.52
Cuneta N° 8	10 - 19	I	Jr. Daniel A. Carrión	60.08	413.45	413.10	0.35	0.58
Colector N° 2	10 - 11	I	Jr. Leoncio Prado	55.94	413.10	412.45	0.65	1.16
Cuneta N° 9	9 - 10	D	Jr. Pedro Ruiz Gallo	50.50	413.45	413.20	0.25	0.50
Cuneta N° 9	9 - 10	D	Jr. Ramon Castilla	53.00	413.20	412.45	0.75	1.42
Alcantarilla N° 5	01 - 10	C	Jr. Ramon Castilla	11.09	412.45	412.30	0.15	1.35
Colector N° 2	01 - 02	I	Jr. Leoncio Prado	22.30	412.30	407.50	4.80	21.52
Cuneta N° 10	22 - 23	D	Jr. Leoncio Prado	26.05	414.18	413.68	0.50	1.92
Cuneta N° 10	18 - 23	D	Jr. San Pedro	73.02	413.68	412.55	1.13	1.55
Colector N° 3	23 - 24	I	Jr. Manco Capac	21.89	414.85	412.55	2.30	10.51
Alcantarilla N° 6	23 - 18	C	Jr. San Pedro	11.38	412.55	412.45	0.10	0.88
Cuneta N° 11	18 - 23	I	Jr. San Pedro	72.30	413.68	412.45	1.23	1.70
Colector N° 3	18 - 17	I	Jr. Manco Capac	88.44	412.45	412.00	0.45	0.51
Cuneta N° 12	19 - 18	D	Jr. Leoncio Prado	88.41	413.60	413.15	0.45	0.51
Cuneta N° 12	11 - 18	D	Jr. Daniel A. Carrión	66.63	413.15	412.00	1.15	1.73

Alcantarilla N° 7	18 - 11	C	Jr. Daniel A. Carrión	10.42	412.00	411.94	0.06	0.58
Cuneta N° 13	11 - 18	I	Jr. Daniel A. Carrión	66.52	413.15	411.94	1.21	1.82
Colector N° 3	11 - 12	I	Jr. Manco Capac	48.86	411.94	411.40	0.54	1.11
Cuneta N° 14	10 - 11	D	Jr. Leoncio Prado	55.33	413.10	412.45	0.65	1.17
Cuneta N° 14	2 - 11	D	Jr. Ramon Castilla	65.39	412.45	411.40	1.05	1.61
Alcantarilla N° 8	02 - 11	C	Jr. Ramon Castilla	11.46	411.40	411.10	0.30	2.62
Cuneta N° 15	2 - 11	I	Jr. Ramon Castilla	50.86	412.35	411.10	1.25	2.46
Colector N° 3	02 - 08	I	Jr. Manco Capac	67.29	411.10	406.00	5.10	7.58
Cuneta N° 16	1 - 02	D	Jr. Leoncio Prado	31.45	413.10	408.20	4.90	15.58
Colector N° 4	24 - 25	I	Jr. José Olaya	44.18	413.72	411.27	2.45	5.55
Cuneta N° 17	23 - 24	D	Jr. Manco Capac	63.05	414.95	412.55	2.40	3.81
Cuneta N° 17	17 - 24	D	Jr. San Pedro	65.39	412.55	411.27	1.28	1.96
Alcantarilla N° 9	24 - 17	C	Jr. José Olaya	18.61	411.27	411.00	0.27	1.45
Cuneta N° 18	17 - 24	I	Jr. San Pedro	68.32	412.45	411.00	1.45	2.12
Colector N° 4	17 - 25	I	Jr. José Olaya	95.97	411.00	410.52	0.48	0.50
Cuneta N° 19	18 - 17	D	Jr. Manco Capac	86.27	412.45	411.90	0.55	0.64
Cuneta N° 19	12 - 17	D	Jr. Daniel A. Carrión	81.37	411.90	410.52	1.38	1.70

Fuente: Elaboración propia

Alcantarilla N° 10	17 - 12	C	Jr. Daniel A. Carrión	16.51	410.52	410.43	0.09	0.55
Cuneta N° 20	12 - 17	I	Jr. Daniel A. Carrión	77.62	411.80	410.43	1.37	1.77
Colector N° 4	12 - 13	I	Jr. José Olaya	46.85	410.43	410.19	0.24	0.51
Cuneta N° 21	11 - 12	D	Jr. Manco Capac	47.97	411.80	411.30	0.50	1.04
Cuneta N° 21	08 - 12	D	Jr. Ramon Castilla	78.13	411.30	410.19	1.11	1.42
Alcantarilla N° 11	12 - 08	C	Jr. Ramon Castilla	8.36	410.19	410.14	0.05	0.60
Cuneta N° 22	08 - 12	I	Jr. Ramon Castilla	78.18	410.54	410.14	0.40	0.51
Colector N°4	08 - 07	I	Jr. José Olaya	34.04	410.14	407.70	2.44	7.17
Cuneta N° 23	02 - 08	D	Jr. Manco Capac	20.08	410.54	409.30	1.24	6.18
Cuneta N° 23	03 - 08	D	Jr. Perú	79.69	409.30	407.70	1.60	2.01
Alcantarilla N° 12	08 - 03	C	Jr. Perú	12.06	407.70	407.50	0.20	1.66
Cuneta N° 24	03 - 08	I	Jr. Perú	81.27	409.00	407.50	1.50	1.85
Colector N° 4	03 - 04	I	Jr. José Olaya	54.96	407.50	402.50	5.00	9.10
Cuneta N° 25	02 - 03	D	Jr. Manco Capac	28.30	409.00	406.50	2.50	8.83
Colector N° 5	26 - 15	I	Jr. San Martin	14.25	414.98	414.90	0.08	0.56
Alcantarilla N° 13	26 - 16	C	Jr. San Martin	6.43	414.90	414.86	0.04	0.62
Colector N° 5	16 - 15	I	Jr. San Martin	112.06	414.86	410.24	4.62	4.12
Cuneta N° 26	25 - 26	I	Jr. Manuel Chujutalli	70.35	413.25	412.90	0.35	0.50
Cuneta N° 26	25 - 16	C	Psje. La Hoyada	94.40	412.90	411.50	1.40	1.48
Cuneta N° 26	16 - 25	I	Psje. La Hoyada	44.75	411.50	410.80	0.70	1.56
Cuneta N° 26	17 - 16	D	Jr. José Olaya	32.43	410.80	410.52	0.28	0.86
Cuneta N° 26	13 - 16	D	Jr. Daniel A. Carrión	56.47	410.52	410.24	0.28	0.50
Alcantarilla N° 14	16 - 13	C	Jr. Daniel A. Carrión	12.21	410.24	410.17	0.07	0.57
Cuneta N° 27	13 - 16	I	Jr. Daniel A. Carrión	53.53	410.47	410.17	0.30	0.56
Colector N° 5	13 - 14	I	Jr. San Martin	48.71	410.17	408.50	1.67	3.43
Cuneta N° 28	12 - 13	D	Jr. José Olaya	51.57	410.47	410.19	0.28	0.54
Cuneta N° 28	07 - 13	D	Jr. Ramon Castilla	47.32	410.19	408.50	1.69	3.57

Alcantarilla N°15	13 - 07	C	Jr. Ramon Castilla	9.63	408.50	408.40	0.10	1.04
Cuneta N° 29	07 - 13	I	Jr. Ramon Castilla	44.69	410.09	408.40	1.69	3.78
Colector N° 5	07 - 06	I	Jr. San Martín	52.51	408.40	406.70	1.70	3.24
Cuneta N° 30	08 - 07	D	Jr. José Olaya	35.41	410.09	407.50	2.59	7.31
Cuneta N° 30	04 - 07	D	Jr. Perú	40.81	407.50	406.70	0.80	1.96
Alcantarilla N°16	04 - 07	C	Jr. Perú	12.34	406.70	406.60	0.10	0.81
Cuneta N° 31	04 - 07	I	Jr. Perú	39.01	407.45	406.60	0.85	2.18
Colector N° 5	04 - 05	I	Jr. San Martín	33.16	406.60	405.20	1.40	4.22
Cuneta N° 32	03 - 04	D	Jr. José Olaya	33.18	407.45	406.80	0.65	1.96
Cuneta N° 33	16 - 15	D	Jr. José Olaya	108.48	414.86	410.19	4.67	4.30
Cuneta N° 33	14 - 15	D	Jr. Daniel A. Carrión	21.75	410.19	409.50	0.69	3.17
Cuneta N° 34	14 - 15	I	Jr. Daniel A. Carrión	101.65	410.19	407.20	2.99	2.94
Cuneta N° 35	13 - 14	D	Jr. San Martín	51.25	410.19	408.50	1.69	3.30
Cuneta N° 35	06 - 14	D	Jr. Ramon Castilla	114.33	408.50	404.80	3.70	3.24

Fuente: Elaboración propia

Cuneta N° 36	06 - 14	I	Jr. Ramon Castilla	115.78	408.40	404.70	3.70	3.20
Cuneta N° 37	07 - 06	D	Jr. San Martín	47.08	408.40	406.60	1.80	3.82
Cuneta N° 37	05 - 06	D	Jr. Perú	102.92	406.60	401.40	5.20	5.05
Cuneta N° 38	05 - 06	I	Jr. Perú	107.60	406.50	401.30	5.20	4.83
Cuneta N° 39	04 - 05	D	Jr. San Martín	31.02	406.50	405.30	1.20	3.87

Fuente: Elaboración propia

2.2.5.1.3. Hidrología

La hidrología es la ciencia que estudia el agua en todos sus estados, su distribución y su relación en la vida con el hombre y el medio ambiente.

Es así como existen Proyectos hidráulicos de dos tipos; los proyectos que se refieren al uso del agua y los que refieren a la defensa contra los daños que ocasiona el agua. Los proyectos típicos de uso del agua son los abastecimientos de agua potable, los de irrigación y los de aprovechamiento hidráulico; los proyectos típicos de defensa son las obras de drenaje urbano, tema de la presente Tesis, drenaje vial y drenaje agrícola, además encauzamientos de ríos, defensa contra inundaciones, y otros.

En el Perú el ciclo hidrológico es irregular, una muestra de ello son los periodos de inundaciones y sequías a los que estamos sometidos, es por ello que el hombre se previene ante estas irregularidades quedando a criterio del Ingeniero los métodos a emplear, ayudado siempre de los estudios de nuestros recursos hidrológicos realizados, así como de la información recopilada por instituciones como el SENAMHI, IGN, etc.

2.2.5.1.3.1.Precipitación

Las precipitaciones son toda forma de humedad que originándose en las nubes llega a la superficie terrestre según el levantamiento del aire que favorece el enfriamiento necesario para dar lugar a las tormentas. A estos últimos se les define como el conjunto de lluvias que obedece a una misma perturbación meteorológica y características bien definidas, puede durar de escasos minutos a días enteros y puede abarcar desde una zona pequeña hasta una región.

En la presente Tesis se trabajará con un periodo de registro de 20 años de precipitación máxima en 24 horas. (mm). Los registros se presentan en la Tabla 13.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI

Dirección Regional San Martín

Estación: San Antonio

Latitud: 06°20'00''S

Longitud: 76°18'00''W

Altitud: 430 m.s.n.m.

Departamento: San Martín

Provincia: San Martín

Distrito: San Antonio

Tabla 13

Percepción máxima caída en 24 horas (mm)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1998	204.2	195.4	169.2	229.4	139.4	210.2	91.6	73.2	164.8	227.6	158.2	165.8
1999	198.6	207.4	285.4	92.2	234.8	97.2	115.8	71.6	100.4	76.4	164.4	177.4
2000	103.4	140.0	193.6	172.6	63.0	152.4	68.5	76.0	201.5	82.3	60.2	261.5
2001	133.5	147.7	235.0	417.1	316.7	106.7	231.1	77.8	167.0	232.4	109.1	286.8
2002	54.5	182.5	136.5	183.9	135.4	59.1	269.1	36.1	49.8	190.0	144.3	178.6
2003	179.9	173.4	358.0	244.8	174.3	178.9	90.1	86.7	120.8	133.7	158.6	321.0
2004	76.1	205.5	203.5	92.5	187.0	185.7	187.3	171.1	109.6	252.7	210.0	79.5
2005	76.0	354.5	250.5	268.9	91.6	131.4	88.7	19.0	117.1	224.1	221.9	63.6
2006	246.7	178.1	191.3	150.1	119.3	189.1	112.8	81.9	110.1	216.3	140.7	99.3
2007	185.0	12.5	280.6	373.4	243.7	26.2	138.5	63.3	166.6	153.4	209.4	93.9
2008	87.8	197.8	154.6	105.8	117.1	164.3	78.3	75.6	248.9	152.0	114.9	75.2
2009	178.7	243.1	189.3	321.2	218.1	157.5	83.3	194.4	158.7	118.7	175.7	160.5
2010	99.7	171.0	127.8	299.1	144.1	111.4	45.7	55.8	50.8	140.0	135.3	133.0
2011	117.6	72.4	259.1	167.8	214.3	223.8	137.2	65.6	165.0	230.0	390.5	176.7
2012	220.8	84.2	266.6	264.7	140.8	92.7	73.4	34.2	99.1	183.0	121.2	254.2
2013	222.5	168.9	235.8	152.2	235.2	123.2	94.2	126.2	177.3	103.7	225.0	139.0
2014	228.3	169.7	295.6	157.8	154.7	66.0	123.6	47.3	162.3	199.4	152.2	119.1
2015	211.7	235.3	168.9	264.6	160.3	105.1	104.3	79.3	63.6	111.5	151.1	171.0
2016	57.2	281.7	347.8	73.8	272.2	99.6	54.7	71.5	63.9	94.4	64.0	142.1
2017	241.4	133.0	307.9	175.3	218.6	81.8	59.6	119.3	150.8	109.8	233.5	166.6

Fuente: SENAMHI – San Matín.

2.2.5.1.3.2. Análisis estadístico de la precipitación máxima en 24 horas

De la información pluviométrica obtenida de la Oficina del SENAMHI, tomamos los valores de precipitación máxima y ordenamos los valores de la siguiente manera (Tabla 14).

Tabla 14

Ocurrencia cronológica de la precipitación

Año	Precipitación (mm)
1998	229.40
1999	285.40
2000	261.50
2001	417.10
2002	269.10
2003	358.00
2004	252.70
2005	354.50
2006	246.70
2007	373.40
2008	248.90
2009	321.20
2010	299.10
2011	390.50
2012	266.60
2013	235.80
2014	295.60
2015	264.60
2016	347.80
2017	307.90

Fuente: SENAMHI – San Martín

Luego procedemos a ordenar el valor de las precipitaciones en orden decreciente. Para obtener los datos del período de retomo se procede de la siguiente manera:

$$P(x) = m / (n + 1)$$

Donde:

m = Número de orden y

n = Número de datos.

Así tenemos:

$$P(x) = 1 / (20 + 1)$$

$$P(x) = 0.0476$$

Además, se calculará la media aritmética mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{Y} = \frac{6025.80}{20} = 301.29$$

Reemplazando este valor en la expresión siguiente:

$$(Y_i - \bar{Y})^2$$

Luego estos valores son trabajados independientemente con cada valor y son compilados y presentados en la Tabla 15.

Tabla 15

Ordenamiento y análisis estadístico de la información pluviométrica

N° DE ORDEN	PRECIPITACION EN ORDEN DECRECIENTE	FRECUENCIA $m/(n+1)$	PERIODO DE RETORNO $(n+1)/m$	$(Y_i - \bar{y})^2$
1	417.10	0.0476	21.00	13411.96
2	390.50	0.0952	10.50	7958.42
3	373.40	0.1429	7.00	5199.85
4	358.00	0.1905	5.25	3216.02
5	354.50	0.2381	4.20	2831.30
6	347.80	0.2857	3.50	2163.18
7	321.20	0.3333	3.00	396.41
8	307.90	0.3810	2.63	43.69
9	299.10	0.4286	2.33	4.80
10	295.60	0.4762	2.10	32.38
11	285.40	0.5238	1.91	252.49
12	269.10	0.5714	1.75	1036.20
13	266.60	0.6190	1.62	1203.40
14	264.60	0.6667	1.50	1346.16
15	261.50	0.7143	1.40	1583.24
16	252.70	0.7619	1.31	2360.99
17	248.90	0.8095	1.24	2744.71
18	246.70	0.8571	1.17	2980.07
19	235.80	0.9048	1.11	4288.94
20	229.40	0.9524	1.05	5168.17
Σ	6025.80			58222.38

Fuente: SENAMHI – San Martin

2.2.5.1.3.3. Cálculo del tiempo de concentración

Empleando la fórmula siguiente:

$$T_c = \left| \frac{0.871L^3}{H} \right|^{0.385} \times 60$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (min)

L: Longitud de recorrido (Km)

H: Diferencia de niveles (m)

Se ha calculado el tiempo de concentración para cada colector y los resultados se muestran en la tabla 16.

Tabla 16

Resumen de valores del tiempo de concentración

COLECTOR	LONGITUD (km)	COTA TERRENO		DESNIVEL	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
		INICIO	FINAL	m	min
Colector N° 1	0.174	414.55	413.15	1.40	6.632
Colector N° 2	0.223	414.20	407.50	6.70	4.829
Colector N° 3	0.260	414.85	406.00	8.85	5.179
Colector N° 4	0.332	413.72	402.50	11.22	6.267
Colector N° 5	0.301	414.98	405.20	9.78	5.916
Cuneta N° 1	0.027	414.59	414.45	0.14	1.839
Cuneta N° 2	0.070	414.73	414.36	0.37	3.898
Cuneta N° 3	0.142	414.73	413.50	1.23	5.502
Cuneta N° 4	0.033	414.00	413.38	0.62	1.318
Cuneta N° 5	0.091	414.560	413.70	0.86	3.775
Cuneta N° 6	0.066	414.45	413.60	0.85	2.606
Cuneta N° 7	0.149	414.45	413.15	1.30	5.686
Cuneta N° 8	0.060	413.450	413.100	0.35	3.312
Cuneta N° 9	0.104	413.450	412.45	1.00	4.143
Cuneta N° 10	0.099	414.18	412.55	1.63	3.263
Cuneta N° 11	0.072	413.68	412.45	1.23	2.528
Cuneta N° 12	0.155	413.60	412.00	1.60	5.514
Cuneta N° 13	0.067	413.15	411.94	1.21	2.310
Cuneta N° 14	0.121	413.10	411.40	1.70	4.035
Cuneta N° 15	0.051	412.35	411.10	1.25	1.673
Cuneta N° 16	0.031	413.10	408.20	4.90	0.568
Cuneta N° 17	0.128	414.95	411.27	3.68	3.219
Cuneta N° 18	0.068	412.45	411.00	1.45	2.222
Cuneta N° 19	0.168	412.45	410.52	1.93	5.614
Cuneta N° 20	0.078	411.80	410.43	1.37	2.632
Cuneta N° 21	0.126	411.80	410.19	1.61	4.333
Cuneta N° 22	0.078	410.54	410.14	0.40	4.264
Cuneta N° 23	0.100	410.54	407.70	2.84	2.657
Cuneta N° 24	0.081	409.00	407.50	1.50	2.681
Cuneta N° 25	0.028	409.00	406.50	2.50	0.651

Fuente: Elaboración propia

COLECTOR	LONGITUD	COTA TERRENO		DESNIVEL m	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
		INICIO	FINAL		min
Cuneta N° 26	0.298	413.25	410.24	3.01	9.209
Cuneta N° 27	0.054	410.47	410.17	0.30	3.075
Cuneta N° 28	0.099	410.47	408.50	1.97	3.028
Cuneta N° 29	0.045	410.09	408.40	1.69	1.283
Cuneta N° 30	0.076	410.09	406.70	3.39	1.819
Cuneta N° 31	0.039	407.45	406.60	0.85	1.429
Cuneta N° 32	0.033	407.45	406.80	0.65	1.314
Cuneta N° 33	0.130	414.86	409.50	5.36	2.830
Cuneta N° 34	0.102	410.19	407.20	2.99	2.662
Cuneta N° 35	0.166	410.19	404.80	5.39	3.727
Cuneta N° 36	0.116	408.40	404.70	3.70	2.850
Cuneta N° 37	0.150	408.40	401.40	7.00	3.007
Cuneta N° 38	0.108	406.50	401.30	5.20	2.297
Cuneta N° 39	0.031	406.50	405.30	1.20	0.960

Fuente: Elaboración propia

Observamos que el tiempo de concentración es menor a una hora, y como la intensidad de lluvia no es constante para un registro diario, de manera que se ha comprobado estadísticamente, que se distribuya en porcentajes en función del 100% del tiempo de duración como observamos en el siguiente ítem.

2.2.5.1.3.4. Cálculo de la intensidad máxima de diseño

Para el cálculo de la intensidad máxima se han aplicado los métodos Gumbell tipo I y Gumbell propiamente dicho que se desarrolla a continuación

Método de Gumbell tipo I

Aplicando $F(G)$ calculamos las intensidades para períodos de retomo.

$$F(G) = e^{-e^{-\delta i}} \dots (a)$$

$$F(G) = 1 - 1/TR. \dots (b)$$

Igualando (a) con (b) obtenemos

Formula General

$$e^{-e^{-\delta(i)}} = 1 - 1/TR$$

Donde:

TR es el tiempo de retomo en años.

A continuación, procedemos a calcular valores de parámetros que interviene en la fórmula.

Desviación estándar(s)

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}}$$

Reemplazando valores tenemos:

$$S_y = \sqrt{\frac{58,222.38}{19}}$$

$$S_y = 55.36$$

Parámetro de dispersión (α)

$$\alpha = \sqrt{6} \times S_y / \pi$$

$$\alpha = \sqrt{6} \times 55.36 / \pi$$

$$\alpha = 43.16 \text{ m.m.}$$

Moda de distribución (μ)

$$\mu = \bar{y} - 0.45S_y$$

$$\mu = 301.29 - 0.45 \times 55.36$$

$$\mu = 276.38 \text{ m.m.}$$

Empleando la fórmula para un período de retomo de 25 años (TR = 25 años), el mismo procedimiento, se desarrolla para los demás tiempos de retomo.

$$e^{-e^{-\delta(i)}} = 1 - 1/TR$$

$$e^{-e^{-\delta(i)}} = 1 - 1/25$$

$$\ln(e^{-e^{-\delta(i)}}) = \ln(0.96)$$

$$\ln(-e^{-\delta(i)}) = -0.04082$$

$$\delta(i)_{25} = 3.1985 \quad (a)$$

$$\delta(i)_5 = 1.4999$$

$$\delta(i)_{10} = 2.2504$$

$$\delta(i)_{15} = 2.6738$$

$$\delta(i)_{20} = 2.9702$$

$$\delta(i)_{50} = 3.9019$$

$$\delta(i)_{100} = 4.6001$$

Reemplazando en la fórmula Variable reducida (δ) y conociendo los valores de las variables δ , μ , α , calculadas anteriormente, se procede a reemplazar y despejar Y.

$$\delta = (Y - \mu)/\alpha$$

$$3.1985 = (Y - 276.38)/43.16$$

$$Y_{25} = 414.43 \text{ m. m}$$

Tabla 17

Resumen de valores de tm vs precip. (Método Gumbell Tipo 1)

Periodo de retorno Tm (años)	Precipitación (mm)
5	341.12
10	373.51
15	391.78
20	404.57
25	414.43
50	444.79
100	474.92

Fuente: Método Gumbell Tipo 1

Método de Gumbell

Aplicando la fórmula que servirá para calcular la intensidad de diseño para cualquier período de retomo.

$$\psi = \bar{y} - \frac{S_y}{G_n} \left\{ y_n + \ln \cdot \ln \left(\frac{Tm}{Tm - 1} \right) \right\}$$

Donde:

Ψ : Precipitación de diseño (mm)

Tm : Período de retoño (años)

Gn, yn: Desviación estándar y media en función del tamaño de la muestra.

Luego de la Tabla 2 del anexo considerando para $n = 20$

$$y_n = 0.5236$$

$$G_n = 1.0628$$

Además, conociendo los valores de la media aritmética y desviación estándar procedemos a reemplazar en la fórmula 01.

$$\bar{Y} = 301.29 \text{ m. m}$$

$$S_y = 55.36 \text{ m. m.}$$

$$\Psi = 301.29 - \frac{55.36}{1.0628} \left[0.5236 + \ln. \ln \left(\frac{T_m}{T_m - 1} \right) \right]$$

$$\Psi_{20} = 428.72 \text{ mm.}$$

Empleando la fórmula para un periodo de retomo de 25 dos ($T_m = 25$)

$$\Psi = 301.29 - \frac{55.36}{1.0628} \left[0.5236 + \ln. \ln \left(\frac{T_m}{T_m - 1} \right) \right]$$

$$\Psi_{25} = 440.62 \text{ mm.}$$

De la misma manera calculamos la precipitación de diseño para periodos (T_m) de retomo reemplazando de 10, 15, 50, 100 años cuyos valores se presentan en Tabla 18, que a continuación se detalla:

$$\Psi_{10} = 391.23 \text{ mm.}$$

$$\Psi_{15} = 413.28 \text{ mm.}$$

$$\Psi_{50} = 477.25 \text{ mm.}$$

$$\Psi_{100} = 513.62 \text{ mm.}$$

Tabla 18*Resumen de valores de t_m vs precip. (Método Gumbell)*

Periodo de retorno T_m (años)	Precipitación (mm)
10	391.23
15	413.28
20	428.72
25	440.62
50	477.25
100	513.62

Fuente: Método gumbell

A continuación, se presenta los valores obtenidos por ambos métodos (Método Gumbel y Gumbel Tipo I), podemos observar además que, para un período de 25 años, obtenemos dos valores distintos de los cuales tomaremos el más crítico, que numéricamente es el de 440.62 mm.

Tabla 19*Comparación de intensidades de diseño.*

Periodo de retorno T_m (años)	Precipitación de diseño (mm)		
	Método Gumbel	Método Gumbel Tipo 1	Diseño
5		341.12	341.12
10	391.23	373.51	391.23
15	413.28	391.78	413.28
20	428.72	404.57	428.72
25	440.62	414.43	440.62
50	477.25	444.79	477.25
100	513.62	474.92	513.62

Fuente: Método Gumbell Tipo I y Gumbell

Como los tiempos de concentración es menor a una hora y como la intensidad de lluvia no es constante para un registro diario, de manera que se ha comprobado estadísticamente que se distribuye según el cuadro.

Tabla 20

Distribución porcentual de la precipitación (hasta 24 horas).

Duración en horas	Porcentaje de precipitación	Precipitación (mm)
6	75	330.46
12	85	374.52
24	100	440.62

Fuente: Morales Uchofen, Walter, "Drenaje Vial". Año 2000

Asimismo, este porcentaje se divide para cada hora, suponiendo una precipitación durante 6 horas seguidas.

Tabla 21

Distribución porcentual de la precipitación (hasta 6 horas)..

Duración en horas	Porcentaje de precipitación	Precipitación (mm)
6	100	330.46
5	92	304.02
4	84	277.59
3	75	247.85
2	64	211.50
1	49	161.93

Fuente: Morales uchofen, walter, "drenaje vial". Año 2000

Por lo tanto:

Observamos que para una hora la precipitación de diseño es 161.93 mm/hr.

Nota: Teniendo en consideración que el tiempo de concentración máxima, para la red de drenaje establecida es de 9.209 min., y siendo este menor de una hora se tomará como intensidad de diseño. $I_{\text{Max}} = 161.93 \text{ mm/h.}$, con el cual se realizará el dimensionamiento hidráulico de la red.

$$I_{\text{Diseño}} = 161.93 \text{ mm/hr}$$

Pruebas de bondad o ajuste de Smirnov - Kolmogorov

Aplicando el método de prueba de bondad se procede a formar un cuadro con los máximos valores anuales de precipitación, además contando con los valores de:

Precipitaciones anuales

Desviación estándar $S_y = 55.36 \text{ mm}$

Parámetro de dispersión $\alpha = 43.16 \text{ mm}$

Moda de dispersión $\mu = 276.38$ mm

Estos valores se reemplazan en la fórmula de la variable reducida:

$$\delta = \frac{(Y - \mu)}{\alpha}$$

$$\delta = \frac{248.9 - 276.38}{43.16}$$

$$\delta = -0.6367$$

Reemplazando el valor δ en la siguiente fórmula:

$$F(G) = e^{-e^{-\delta i}}$$

$$F(G) = e^{-e^{0.6367}}$$

$$F(G) = 0.1772$$

$$F(G) - P(x) = 0.1772 - 0.1905$$

$$F(G) - P(x) = -0.0133$$

$$\Delta_{\text{máx}} = |F(G) - P(x)|$$

$$\Delta_{\text{máx}} = 0.0133$$

Cálculo del valor teórico:

De la tabla N° 01 del anexo encontramos valores del nivel teórico del estadístico Smirnov Kolmogorov para varios valores del nivel teórico en función a los valores de "n" y niveles de significancia " α ".

Para $\alpha = 0.05$ (Por teoría)

$n = 20$ (Número datos)

$$\Delta_0 = 0.29$$

Una vez obtenidos los valores del nivel teórico y del nivel máximo se procede a comparar:

$$\Delta_{\text{calculado}} = 0.0133 < \Delta_{\text{tabla}} = 0.29$$

Podemos observar que el Δ calculado es menor que el Δ teórico, que nos indica que la información meteorológica de Precipitación Máxima de 24 Horas es confiable ajustándose a una distribución normal con probabilidad del 95%.

Los resultados se presentan en la tabla 22.

Tabla 22

Pruebas de bondad o ajuste de Smirnov - Kolmogorov

Nº DE ORDEN	PRECIPITACION MÁX. CRECIENTE (Y)	$P(x) = \frac{m}{n+1}$	$\delta = \frac{Y - \mu}{\alpha}$	$F(G) = e^{-e^{-\delta_i}}$	$\frac{ F(G)-P(x) }{\Delta_{max}}$
1	229.40	0.0476	-1.0885	0.0519	0.0043
2	235.80	0.0952	-0.9402	0.0776	-0.0176
3	246.70	0.1429	-0.6876	0.1542	-0.0114
4	248.90	0.1905	-0.6367	0.1772	0.0133
5	252.70	0.2381	-0.5486	0.2251	0.0130
6	261.50	0.2857	-0.3447	0.3918	-0.1060
7	264.60	0.3333	-0.2729	0.4762	-0.1429
8	266.60	0.3810	-0.2266	0.5401	-0.1592
9	269.10	0.4286	-0.1687	0.6323	-0.2037
10	285.40	0.4762	0.2090	1.7649	-1.2887
11	295.60	0.5238	0.4453	3.3551	-2.8313
12	299.10	0.5714	0.5264	4.1826	-3.6111
13	307.90	0.6190	0.7303	7.2801	-6.6610
14	321.20	0.6667	1.0384	16.8234	-16.1568
15	347.80	0.7143	1.6547	89.8402	-89.1259
16	354.50	0.7619	1.8100	137.0021	-136.2401
17	358.00	0.8095	1.8911	170.7883	-169.9788
18	373.40	0.8571	2.2479	450.4790	-449.6218
19	390.50	0.9048	2.6440	1322.4794	-1321.5746
20	417.10	0.9524	3.2603	7062.2743	-7061.3219

Fuente: Smirnov – Kolmogorov

2.2.5.1.3.5. Determinación del área drenada

Para determinar el área a drenar del tramo de calle en estudio, se ha tenido en cuenta la topografía del lugar, además de las calles adyacente.

Áreas colectoras de lluvia

Para la determinación de las áreas colectoras se utilizó el método de las bisectrices que divide a las manzanas de una manera equivalente, y el área de las calles se consideran muy aparte; el área que divide la línea media divisoria de las vías o calles hacia ambos lados.

Cabe mencionar que por un lado en esta calle que presenta la superficie de rodadura debidamente afirmada (para los valores de coeficiente de escorrentía “C” se considera calles

pavimentadas, con proyección al futuro), las aguas caídas en los techos con inclinación a la calle que entran casi inmediatamente a la cuneta, el mismo techo con inclinación al interior de la propiedad vierte las aguas en gran porcentaje en las huertas y el resto se evacúa hacia el frente del predio.

Para el cálculo de las áreas de drenaje se utilizó la fórmula de Herón o de semiperímetro.

$$S = \frac{a+b+c}{3}$$

$$A = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$$

Donde:

A = Área del triángulo.

S = Semi perímetro.

a, b, e = Lados del triángulo

Tabla 23

Áreas colectoras de lluvia

MANZANA	SECTOR	AREA INFLUENCIA DE LA PARTE ALTA (m2)	
BOSQUE	1	68,727.32	
	2	24,130.79	
	3	32,192.45	
	4	25,197.70	
	5	71,262.51	
TOTAL		221,510.77	

MANZANA	SECTOR	AREA INFLUENCIA TECHO (m2)	AREA INFLUENCIA PAVIMENTO (m2)
1	1	26.78	0.00
	2	30.14	0.00
	3	33.24	94.69
	4	29.33	220.87

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23.a*Áreas colectoras de lluvia*

MANZANA	SECTOR	AREA INFLUENCIA TECHO	AREA INFLUENCIA PAVIMENTO
		(m ²)	(m ²)
2	1	316.30	285.07
	2	1,090.79	0.00
	3	868.38	318.24
	4	321.76	436.23
3	1	528.87	154.53
	2	648.12	0.00
	3	719.77	123.35
	4	666.94	475.37
4	1	330.32	177.38
	2	371.03	0.00
	3	327.56	137.66
	4	321.90	233.71
5	1	809.17	452.04
	2	823.18	0.00
	3	238.91	335.36
	4	664.25	382.87
6	1	1,371.87	209.56
	2	1,531.92	365.33
	3	1,157.44	0.00
	4	1,297.32	866.90
7	1	345.20	199.50
	2	386.02	292.29
	3	472.54	242.71
	4	445.42	225.57
8	1	291.75	154.17
	2	489.26	499.86
	3	854.90	206.12
	4	522.18	354.93
9	1	61.83	0.00
	2	145.23	0.00
	3	661.23	297.54
	4	196.48	200.43
10	1	722.36	262.19
	2	614.51	122.07
	3	780.45	385.20
	4	882.22	352.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23.b*Áreas colectoras de lluvia*

MANZANA	SECTOR	AREA INFLUENCIA TECHO	AREA INFLUENCIA PAVIMENTO
		(m2)	(m2)
11	1	1,013.23	269.62
	2	875.70	305.25
	3	802.25	284.82
	4	831.57	360.24
12	1	934.30	323.38
	2	912.20	374.74
	3	895.58	363.14
	4	1,018.56	390.52
13	1	712.79	236.25
	2	564.41	173.12
	3	568.56	279.27
	4	705.94	390.52
14	1	1,523.46	247.02
	2	1,671.05	471.68
	3	971.71	0.00
	4	1,044.41	310.13
15	1	1,529.25	624.53
	2	457.89	174.86
	3	217.03	0.00
	4	336.54	0.00
16	1	491.65	171.23
	2	398.66	372.49
	3	207.99	127.33
	4	1,590.19	660.22
	5	585.03	198.33
17	1	1,576.99	535.84
	2	1,868.89	496.53
	3	1,533.50	594.26
	4	1,379.99	513.93
18	1	1,514.20	348.85
	2	1,428.70	331.72
	3	1,506.37	445.70
	4	1,630.64	376.25
19	1	1,357.26	465.12
	2	1,312.86	325.21
	3	1,420.85	475.28
	4	1,468.90	449.27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23.c*Áreas colectoras de lluvia*

MANZANA	SECTOR	AREA INFLUENCIA TECHO	AREA INFLUENCIA PAVIMENTO
		(m ²)	(m ²)
20	1	612.75	0.00
	2	1,954.21	417.49
	3	2,226.93	394.36
	4	975.96	228.66
21	1	232.12	188.53
	2	273.17	97.16
22	1	341.01	118.41
	2	418.05	301.58
	3	880.24	107.17
23	1	527.98	103.56
	2	433.67	379.28
	3	1,013.13	147.14
24	1	1,598.03	242.92
	2	1,073.06	461.52
	3	2,272.35	336.36
25	1	1,732.51	436.57
	2	1,546.58	142.50
	3	1,555.68	238.82
	4	1,752.90	281.15
26	1	1,179.25	692.30
TOTAL		83,855.48	26,595.88

Fuente: Elaboración propia

Cabe precisar que el área a drenar del pavimento se calculó por separado, tal como se muestra en la tabla 23.

2.2.5.1.3.6. Determinación del coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía "C" varía según las características físicas y topográficas de la cuenca además del tipo de cubierta vegetal que existe en la zona.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se hizo uso de los métodos Racional y Mac Math, con los cuales se ha calculado los caudales de diseño y se ha tomado el más crítico.

Método racional

Considerando que existen pérdidas por infiltración evaporación y otras causas, el valor de "C" es menor que 1, por lo tanto, se toma la tabla considerada en el ítem 1.9.2.10.6 y se ha determinado un coeficiente de 0.86 que corresponde a calles asfaltadas, 0.88 que corresponde a techos y 0.45 a bosques con pendiente superior a 7%.

Método de mac math

Se determinará el coeficiente "C" de acuerdo con las características del terreno, que es calculado por la suma de tres valores asignados según sus características topográficas tales como: porcentaje de cobertura (C1), textura del terreno (C2), pendiente del terreno (C3).

Se ha considerado coeficiente de escorrentía para cada tramo, puesto que este método permite evaluar de esta manera. En la tabla 24 se puede observar los resultados de valores del coeficiente de escorrentía (C) por cada tramo.

Tabla 24

Determinación del coeficiente de escorrentía según el método mac math

COLECTOR	TRAMO	CALLE	COEFICIENTES DE ESCORRENTIA "C"							
			ÁREA TRIBUTARIA DE MZ				ÁREA TRIBUTARIA DE CALLE			
			C1	C2	C3	C	C1	C2	C3	C
Colector N° 1	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.12	0.16	0.15	0.43	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 1	20 - 21	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 1	21 - 20	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 2	20 - 21	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 1	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 3	PT - 20	Propiedad de Terceros	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 3	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 2	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 4	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 1	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 5	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 5	19 - 22	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 2	22 - 23	Jr. Leoncio Prado	0.12	0.16	0.15	0.43	0.30	0.16	0.10	0.56
Alcantarilla N° 3	22 - 19	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 6	19 - 22	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 2	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 7	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24.a*Determinación del coeficiente de escorrentía según el método mac math*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	COEFICIENTES DE ESCORRENTIA "C"							
			ÁREA TRIBUTARIA DE MZ				ÁREA TRIBUTARIA DE CALLE			
			C1	C2	C3	C	C1	C2	C3	C
Alcantarilla N° 4	19 - 10	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 8	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 2	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 9	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 9	01 - 10	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 5	01 - 10	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 2	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Cuneta N° 10	22- 23	Jr. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 10	18 - 23	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 3	23 - 24	Jr. Manco Capac	0.12	0.16	0.15	0.43	0.30	0.16	0.15	0.61
Alcantarilla N° 6	23 - 18	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 11	18 - 23	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 3	18 - 17	Jr. Manco Capac	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 12	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 12	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 7	18 - 11	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 13	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 3	11 - 12	Jr. Manco Capac	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 14	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 14	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 8	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 15	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Colector N° 3	02 - 08	Jr. Manco Capac	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 16	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Colector N° 4	24 - 25	Jr. José Olaya	0.12	0.16	0.15	0.43	0.30	0.16	0.15	0.61
Cuneta N° 17	23 - 24	Jr. Manco Capac	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 17	17 - 24	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 9	24 - 17	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 18	17 - 24	Jr. San Pedro	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Colector N° 4	17 - 25	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 19	18 - 17	Jr. Manco Capac	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 19	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 10	17 - 12	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 20	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 4	12 - 13	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 21	11 - 12	Jr. Manco Capac	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 21	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24.b*Determinación del coeficiente de escorrentía según el método mac math*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	COEFICIENTES DE ESCORRENTIA "C"							
			ÁREA TRIBUTARIA DE MZ				ÁREA TRIBUTARIA DE CALLE			
			C1	C2	C3	C	C1	C2	C3	C
Alcantarilla N° 11	12 - 08	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 22	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 4	08 - 07	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Cuneta N° 23	02 - 08	Jr. Manco Capac	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Cuneta N° 23	03 - 08	Jr. Perú	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Alcantarilla N° 12	08 - 03	Jr. Perú	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 24	03 - 08	Jr. Perú	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 4	03 - 04	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Cuneta N° 25	02 - 03	Jr. Manco Capac	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Colector N° 5	26 - 15	Jr. San Martín	0.12	0.16	0.15	0.43	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 13	26 - 16	Jr. San Martín	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 5	16 - 15	Jr. San Martín	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 26	25 - 26	Jr. Manuel Chujutalli	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 26	25 - 16	Psje. La Hoyada	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 26	16 - 25	Psje. La Hoyada	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 26	17 - 16	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 26	13 - 16	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 14	16 - 13	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 27	13 - 16	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N° 5	13 - 14	Jr. San Martín	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 28	12 - 13	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 28	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Alcantarilla N° 15	13 - 07	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 29	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Colector N° 5	07 - 06	Jr. San Martín	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 30	08 - 07	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Cuneta N° 30	04 - 07	Jr. Perú	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla N° 16	04 - 07	Jr. Perú	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 31	04 - 07	Jr. Perú	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Colector N° 5	04 - 05	Jr. San Martín	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 32	03 - 04	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Cuneta N° 33	16 - 15	Jr. José Olaya	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 33	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 34	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 35	13 - 14	Jr. San Martín	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 35	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 36	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24.c*Determinación del coeficiente de escorrentía según el método mac math*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	COEFICIENTES DE ESCORRENTIA "C"							
			ÁREA TRIBUTARIA DE MZ				ÁREA TRIBUTARIA DE CALLE			
			C1	C2	C3	C	C1	C2	C3	C
Cuneta N° 37	07 - 06	Jr. San Martin	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 37	05 - 06	Jr. Perú	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Cuneta N° 38	05 - 06	Jr. Perú	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56
Cuneta N° 39	04 - 05	Jr. San Martin	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.10	0.56

Fuente: Elaboración propia

2.2.5.2.Caudal de escurrimiento

Este parámetro nos permitirá conocer el volumen de agua que discurre por las cunetas, alcantarillas y demás obras de arte.

2.2.5.2.1. Cálculo del caudal de diseño

Para el adecuado drenaje de las aguas pluviales caídas en una determinada cuenca, es necesario conocer, en un punto dado o a la salida de ella el caudal disponible a partir de la o las lluvias que lo originan.

La aplicación exitosa de los diversos métodos dependerá del tamaño de la cuenca, así como de sus características fisiográficas, tipos, usos y cobertura del suelo. Luego de analizar los métodos existentes se seleccionó dos métodos:

Método Racional.

Método de Mac - Math.

2.2.5.2.2. Método racional

Aplicable en general a pequeñas cuencas, entendiéndose como tales a aquellas no mayores de 120 Has, calculando el caudal de escurrimiento "Q" mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q=(CIA)/360$$

Q : Caudal máximo de escorrentía en m³/seg.

- C : Coeficiente de escorrentía
 A : Área de interés en la cuenca en hectáreas
 I : Intensidad de la lluvia generadora del caudal.

Para continuar con el desarrollo del método es necesario tener en claro el concepto, tiempo de concentración T_c de una cuenca, que es el tiempo empleado por una gota de agua que cae en el punto hidrológicamente más alejado de la cuenca para llegar a la salida de esta o cualquier otro punto de interés. De acuerdo a esta definición el caudal pico Q_p en la salida de la cuenca debe alcanzarse después de un lapso igual al del tiempo de concentración T_c .

Para la determinación de los valores de los caudales de escurrimiento mediante este método, se procede tal como se describe a continuación:

- ✓ Determinar la porción de cuenca interesada y calcular su área.
- ✓ Determinar el tiempo de concentración.
- ✓ Determinar el periodo de retomo, que para nuestro caso es de 25 años.
- ✓ Determinar la intensidad de lluvia de diseño.
- ✓ Seleccionar el coeficiente de escorrentía "C".

Todos estos valores han sido calculados y seleccionados anteriormente, los mismos que han sido reemplazados en la fórmula descrita, cuyos resultados se muestra en el Cuadro N° 25.

Tabla 25

Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método racional

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables			Caudal $q(m^3/s)$	
				C	I(mm/h)	A(Ha.)	Sub-total	Total
Bosque	Colector N° 1	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.45	161.93	6.8727	1.3911	1.4057
Mz				0.88		0.0273	0.0108	
Calle				0.86		0.0097	0.0038	
Mz	Colector N° 1	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.88	161.93	0.2227	0.0881	0.1034
Calle				0.86		0.0394	0.0153	
Mz	Colector N° 1	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.88	161.93	0.0661	0.0262	0.0377
Calle				0.86		0.0298	0.0115	
Bosque	Colector N° 2	22 - 23	Jr. Leoncio Prado	0.45	161.93	2.4131	0.4884	0.5274
Mz				0.88		0.0880	0.0348	
Calle				0.86		0.0107	0.0041	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25.a*Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método racional*

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables			Caudal q(m3/s)			
				C	I(mm/h)	A(Ha.)	Sub-total	Total		
Mz	Colector N° 2	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	0.88	161.93	0.1421	0.0562	0.0746		
Calle				0.86					0.0475	0.0184
Mz	Colector N° 2	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	0.88	161.93	0.0780	0.0309	0.0458		
Calle				0.86					0.0385	0.0149
Mz	Colector N° 2	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	0.88	161.93	0.0033	0.0013	0.0050		
Calle				0.86					0.0095	0.0037
Bosque	Colector N° 3	23 - 24	Jr. Manco Capac	0.45	161.93	3.2192	0.6516	0.6974		
Mz				0.88					0.1013	0.0401
Calle				0.86					0.0147	0.0057
Mz	Colector N° 3	18 - 17	Jr. Manco Capac	0.88	161.93	0.1506	0.0596	0.0769		
Calle				0.86					0.0446	0.0172
Mz	Colector N° 3	11 - 12	Jr. Manco Capac	0.88	161.93	0.0802	0.0318	0.0428		
Calle				0.86					0.0285	0.0110
Mz	Colector N° 3	02 - 08	Jr. Manco Capac	0.88	161.93	0.0868	0.0344	0.0467		
Calle				0.86					0.0318	0.0123
Bosque	Colector N° 4	24 - 25	Jr. José Olaya	0.45	161.93	2.5198	0.5100	0.6130		
Mz				0.88					0.2272	0.0899
Calle				0.86					0.0336	0.0130
Mz	Colector N° 4	17 - 25	Jr. José Olaya	0.88	161.93	0.1534	0.0607	0.0837		
Calle				0.86					0.0594	0.0230
Mz	Colector N° 4	12 - 13	Jr. José Olaya	0.88	161.93	0.0896	0.0354	0.0495		
Calle				0.86					0.0363	0.0140
Mz	Colector N° 4	08 - 07	Jr. José Olaya	0.88	161.93	0.0855	0.0338	0.0418		
Calle				0.86					0.0206	0.0080
Mz	Colector N° 4	03 - 04	Jr. José Olaya	0.88	161.93	0.0720	0.0285	0.0333		
Calle				0.86					0.0123	0.0048
Bosque	Colector N° 5	26 - 15	Jr. San Martin	0.45	161.93	7.1263	1.4424	1.5159		
Mz				0.88					0.1179	0.0467
Calle				0.86					0.0692	0.0268
Mz	Colector N° 5	16 - 15	Jr. San Martin	0.88	161.93	0.1590	0.0629	0.0885		
Calle				0.86					0.0660	0.0255
Mz	Colector N° 5	13 - 14	Jr. San Martin	0.88	161.93	0.0569	0.0225	0.0333		
Calle				0.86					0.0279	0.0108
Mz	Colector N° 5	07 - 06	Jr. San Martin	0.88	161.93	0.0473	0.0187	0.0281		
Calle				0.86					0.0243	0.0094
Mz	Colector N° 5	04 - 05	Jr. San Martin	0.88	161.93	0.0328	0.0130	0.0183		
Calle				0.86					0.0138	0.0053
Mz	Cuneta N° 1	20 - 21	Jr. San Pedro	0.88	161.93	0.0232	0.0092	0.0165		
Calle				0.86					0.0189	0.0073

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25.b*Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método racional*

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables			Caudal q(m ³ /s)	
				C	I(mm/h)	A(Ha.)	Sub-total	Total
Mz	Cuneta N° 2	20 - 21	Jr. San Pedro	0.88	161.93	0.0976	0.0386	0.0475
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 3	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.88	161.93	0.0613	0.0243	0.0243
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 3	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.1954	0.0774	0.0935
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 4	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.0196	0.0078	0.0155
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 5	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.88	161.93	0.0341	0.0135	0.0181
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 5	19 - 22	Jr. San Pedro	0.88	161.93	0.0418	0.0165	0.0282
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 6	19 - 22	Jr. San Pedro	0.88	161.93	0.1469	0.0581	0.0755
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 7	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.88	161.93	0.1357	0.0537	0.0717
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 7	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.1313	0.0520	0.0645
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 8	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.0882	0.0349	0.0485
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 9	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.88	161.93	0.0722	0.0286	0.0387
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 9	01 - 10	Jr. Ramon Castilla	0.88	161.93	0.0615	0.0243	0.0290
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 10	22- 23	Jr. Leoncio Prado	0.88	161.93	0.0528	0.0209	0.0249
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 10	18 - 23	Jr. San Pedro	0.88	161.93	0.0434	0.0172	0.0318
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 11	18 - 23	Jr. San Pedro	0.88	161.93	0.1631	0.0645	0.0791
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 12	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	0.88	161.93	0.1514	0.0599	0.0734
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 12	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.1429	0.0566	0.0694
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 13	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.0832	0.0329	0.0469
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 14	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	0.88	161.93	0.1013	0.0401	0.0505
Calle				0.86				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25.c*Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método racional*

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables			Caudal q(m3/s)	
				C	I(mm/h)	A(Ha.)	Sub-total	Total
Mz	Cuneta N° 14	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	0.88	161.93	0.0876	0.0347	0.0465
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 15	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	0.88	161.93	0.0322	0.0127	0.0296
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 16	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	0.88	161.93	0.0316	0.0125	0.0235
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 17	23 - 24	Jr. Manco Capac	0.88	161.93	0.1598	0.0633	0.0726
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 17	17 - 24	Jr. San Pedro	0.88	161.93	0.1073	0.0425	0.0603
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 18	17 - 24	Jr. San Pedro	0.88	161.93	0.1380	0.0546	0.0745
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 19	18 - 17	Jr. Manco Capac	0.88	161.93	0.1577	0.0624	0.0831
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 19	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.1869	0.0740	0.0932
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 20	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.1019	0.0403	0.0554
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 21	11 - 12	Jr. Manco Capac	0.88	161.93	0.0934	0.0370	0.0495
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 21	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	0.88	161.93	0.0912	0.0361	0.0506
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 22	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	0.88	161.93	0.0522	0.0207	0.0344
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 23	02 - 08	Jr. Manco Capac	0.88	161.93	0.0292	0.0115	0.0175
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 23	03 - 08	Jr. Perú	0.88	161.93	0.0489	0.0194	0.0387
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 24	03 - 08	Jr. Perú	0.88	161.93	0.0667	0.0264	0.0448
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 25	02 - 03	Jr. Manco Capac	0.88	161.93	0.0529	0.0209	0.0269
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 26	25 - 26	Jr. Manuel Chujutalli	0.88	161.93	0.1753	0.0694	0.0803
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 26	25 - 16	Psje. La Hoyada	0.88	161.93	0.1556	0.0616	0.0708
Calle				0.86				
Mz	Cuneta N° 26	16 - 25	Psje. La Hoyada	0.88	161.93	0.1547	0.0612	0.0667
Calle				0.86				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25.d*Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método racional*

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables			Caudal q(m ³ /s)	
				C	I(mm/h)	A(Ha.)	Sub-total	Total
Mz	Cuneta N° 26	17 - 16	Jr. José Olaya	0.88	161.93	0.0492	0.0195	0.0261
Calle				0.86		0.0171	0.0066	
Mz	Cuneta N° 26	13 - 16	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.0399	0.0158	0.0302
Calle				0.86		0.0372	0.0144	
Mz	Cuneta N° 27	13- 16	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.0706	0.0279	0.0430
Calle				0.86		0.0391	0.0151	
Mz	Cuneta N° 28	12 - 13	Jr. José Olaya	0.88	161.93	0.0713	0.0282	0.0374
Calle				0.86		0.0236	0.0091	
Mz	Cuneta N° 28	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	0.88	161.93	0.0564	0.0223	0.0290
Calle				0.86		0.0173	0.0067	
Mz	Cuneta N° 29	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	0.88	161.93	0.0445	0.0176	0.0264
Calle				0.86		0.0226	0.0087	
Mz	Cuneta N° 30	08 - 07	Jr. José Olaya	0.88	161.93	0.0345	0.0137	0.0214
Calle				0.86		0.0199	0.0077	
Mz	Cuneta N° 30	04- 07	Jr. Perú	0.88	161.93	0.0386	0.0153	0.0266
Calle				0.86		0.0292	0.0113	
Mz	Cuneta N° 31	04- 07	Jr. Perú	0.88	161.93	0.0322	0.0127	0.0218
Calle				0.86		0.0234	0.0090	
Mz	Cuneta N° 32	03- 04	Jr. José Olaya	0.88	161.93	0.0330	0.0131	0.0199
Calle				0.86		0.0177	0.0069	
Mz	Cuneta N° 33	16 - 15	Jr. José Olaya	0.88	161.93	0.1529	0.0605	0.0847
Calle				0.86		0.0625	0.0242	
Mz	Cuneta N° 33	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.0458	0.0181	0.0249
Calle				0.86		0.0175	0.0068	
Mz	Cuneta N° 34	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	0.88	161.93	0.1044	0.0413	0.0533
Calle				0.86		0.0310	0.0120	
Mz	Cuneta N° 35	13 - 14	Jr. San Martín	0.88	161.93	0.1523	0.0603	0.0699
Calle				0.86		0.0247	0.0096	
Mz	Cuneta N° 35	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	0.88	161.93	0.1671	0.0661	0.0844
Calle				0.86		0.0472	0.0182	
Mz	Cuneta N° 36	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	0.88	161.93	0.0664	0.0263	0.0566
Calle				0.86		0.0784	0.0303	
Mz	Cuneta N° 37	07 - 06	Jr. San Martín	0.88	161.93	0.1372	0.0543	0.0624
Calle				0.86		0.0210	0.0081	
Mz	Cuneta N° 37	05 - 06	Jr. Perú	0.88	161.93	0.1532	0.0606	0.0748
Calle				0.86		0.0365	0.0141	
Mz	Cuneta N° 38	05 - 06	Jr. Perú	0.88	161.93	0.0664	0.0263	0.0566
Calle				0.86		0.0784	0.0303	
Mz	Cuneta N° 39	04 - 05	Jr. San Martín	0.88	161.93	0.0809	0.0320	0.0849
Calle				0.86		0.1366	0.0528	

Fuente: Elaboración propia

2.2.5.2.2.1.Método de mac math

Método aplicable para determinar el caudal de escurrimiento Q en una determinada cuenca, este método proporciona mayor confiabilidad de resultados puesto que contempla a la pendiente como parámetro de cálculo.

La ecuación de la fórmula está determinada por la siguiente relación:

$$Q = 0.36 * C * I * S^{1/5} * A^{4/5} \dots\dots\dots(*)$$

(*) Máximo Villon Bejar," Hidrología". Pág. 261

- Q : Caudal de Diseño.
- C : Coeficiente de Escorrentía
- I : Intensidades en mm/h
- S : Pendiente del terreno en m/m.
- A : Área de la cuenca en Km².

Para la determinación de los valores de los caudales de escurrimiento mediante este método, se procede tal como se describe a continuación:

- Determinar la pendiente de cada tramo.
- Determinar la intensidad de lluvia de diseño.
- Seleccionar el coeficiente "C" teniendo en cuenta, la cobertura de la vegetación, textura del terreno y pendiente del mismo.

Con los datos anteriormente obtenidos se procede a calcular el caudal de diseño Q, aplicando la fórmula establecida.

Todos estos valores han sido calculados y seleccionados anteriormente, los mismos que serán reemplazados en la fórmula descrita, cuyos resultados se muestra en la tabla 29.

Tabla 26*Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método mac math*

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables				Caudal q(m3/s)		
				C	I(mm/h)	A(Km2)	S(m/m)	Sub-Total	Total	
Bosque	Colector N° 1	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.43	161.93	0.06873	0.0053	1.0308	1.0497	
Mz				0.43				0.00027		0.0124
Calle				0.52				0.00010		0.0065
Mz	Colector N° 1	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.52	161.93	0.00223	0.0098	0.0908	0.1135	
Calle				0.52				0.00039		0.0227
Mz	Colector N° 1	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.52	161.93	0.00066	0.0050	0.0300	0.0458	
Calle				0.52				0.00030		0.0158
Bosque	Colector N° 2	22 - 23	Jr. Leoncio Prado	0.43	161.93	0.02413	0.0204	0.5848	0.6362	
Mz				0.43				0.00088		0.0414
Calle				0.56				0.00011		0.0100
Mz	Colector N° 2	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	0.52	161.93	0.00142	0.0051	0.0556	0.0788	
Calle				0.52				0.00048		0.0232
Mz	Colector N° 2	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	0.52	161.93	0.00078	0.0116	0.0406	0.0637	
Calle				0.52				0.00039		0.0231
Mz	Colector N° 2	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	0.61	161.93	0.00003	0.2152	0.0068	0.0226	
Calle				0.61				0.00009		0.0158
Bosque	Colector N° 3	23 - 24	Jr. Manco Capac	0.43	161.93	0.03219	0.1051	1.0223	1.1061	
Mz				0.43				0.00101		0.0643
Calle				0.61				0.00015		0.0195
Mz	Colector N° 3	18 - 17	Jr. Manco Capac	0.52	161.93	0.00151	0.0051	0.0582	0.0802	
Calle				0.52				0.00045		0.0220
Mz	Colector N° 3	11 - 12	Jr. Manco Capac	0.52	161.93	0.00080	0.0111	0.0411	0.0590	
Calle				0.52				0.00028		0.0179
Mz	Colector N° 3	02 - 08	Jr. Manco Capac	0.56	161.93	0.00087	0.0758	0.0693	0.1003	
Calle				0.56				0.00032		0.0310
Bosque	Colector N° 4	24 - 25	Jr. José Olaya	0.43	161.93	0.02520	0.0555	0.7395	0.8807	
Mz				0.43				0.00227		0.1079
Calle				0.61				0.00034		0.0332
Mz	Colector N° 4	17 - 25	Jr. José Olaya	0.52	161.93	0.00153	0.0050	0.0589	0.0865	
Calle				0.52				0.00059		0.0276
Mz	Colector N° 4	12 - 13	Jr. José Olaya	0.52	161.93	0.00090	0.0051	0.0385	0.0572	
Calle				0.52				0.00036		0.0187
Mz	Colector N° 4	08 - 07	Jr. José Olaya	0.61	161.93	0.00085	0.0717	0.0737	0.0973	
Calle				0.61				0.00021		0.0236
Mz	Colector N° 4	03 - 04	Jr. José Olaya	0.61	161.93	0.00072	0.0910	0.0674	0.0838	
Calle				0.61				0.00012		0.0164
Bosque	Colector N° 5	26 - 15	Jr. San Martin	0.43	161.93	0.07126	0.0056	1.0746	1.1468	
Mz				0.43				0.00118		0.0404
Calle				0.52				0.00069		0.0319

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.a*Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método mac math*

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables				Caudal q(m ³ /s)	
				C	I(mm/h)	A(Km ²)	S(m/m)	Sub-Total	Total
Mz	Colector N° 5	16 - 15	Jr. San Martin	0.56	161.93	0.00159	0.0412	0.0995	0.1488
Calle				0.56					
Mz	Colector N° 5	13 - 14	Jr. San Martin	0.56	161.93	0.00057	0.0343	0.0421	0.0660
Calle				0.56					
Mz	Colector N° 5	07 - 06	Jr. San Martin	0.56	161.93	0.00047	0.0324	0.0359	0.0570
Calle				0.56					
Mz	Colector N° 5	04 - 05	Jr. San Martin	0.56	161.93	0.00033	0.0422	0.0283	0.0424
Calle				0.56					
Mz	Cuneta N° 1	20 - 21	Jr. San Pedro	0.52	161.93	0.00023	0.0053	0.0131	0.0243
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 2	20 - 21	Jr. San Pedro	0.52	161.93	0.00098	0.0052	0.0414	0.0544
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 3	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.52	161.93	0.00061	0.0073	0.0305	0.0305
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 3	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00195	0.0093	0.0809	0.1045
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 4	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00020	0.0189	0.0148	0.0299
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 5	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.52	161.93	0.00034	0.0052	0.0178	0.0255
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 5	19 - 22	Jr. San Pedro	0.52	161.93	0.00042	0.0108	0.0243	0.0430
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 6	19 - 22	Jr. San Pedro	0.52	161.93	0.00147	0.0130	0.0688	0.0955
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 7	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.52	161.93	0.00136	0.0110	0.0625	0.0891
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 7	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00131	0.0056	0.0532	0.0707
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 8	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00088	0.0058	0.0390	0.0577
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 9	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.52	161.93	0.00072	0.0050	0.0322	0.0465
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 9	01 - 10	Jr. Ramon Castilla	0.52	161.93	0.00061	0.0142	0.0349	0.0445
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 10	22- 23	Jr. Leoncio Prado	0.52	161.93	0.00053	0.0192	0.0328	0.0418
Calle				0.52					
Mz	Cuneta N° 10	18 - 23	Jr. San Pedro	0.52	161.93	0.00043	0.0155	0.0269	0.0510
Calle				0.52					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.b*Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método mac math*

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables				Caudal q(m3/s)	
				C	I(mm/h)	A(Km2)	S(m/m)	Sub-Total	Total
Mz	Cuneta N°	18 - 23	Jr. San Pedro	0.52	161.93	0.00163	0.0170	0.0790	0.1034
Calle	11			0.52		0.00038		0.0244	
Mz	Cuneta N°	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	0.52	161.93	0.00151	0.0051	0.0585	0.0766
Calle	12			0.52		0.00035		0.0181	
Mz	Cuneta N°	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00143	0.0173	0.0713	0.0934
Calle	12			0.52		0.00033		0.0222	
Mz	Cuneta N°	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00083	0.0182	0.0467	0.0706
Calle	13			0.52		0.00036		0.0239	
Mz	Cuneta N°	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	0.52	161.93	0.00101	0.0117	0.0501	0.0675
Calle	14			0.52		0.00027		0.0174	
Mz	Cuneta N°	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	0.52	161.93	0.00088	0.0161	0.0475	0.0679
Calle	14			0.52		0.00031		0.0204	
Mz	Cuneta N°	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	0.56	161.93	0.00032	0.0246	0.0250	0.0569
Calle	15			0.56		0.00044		0.0319	
Mz	Cuneta N°	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	0.61	161.93	0.00032	0.1558	0.0389	0.0746
Calle	16			0.61		0.00029		0.0358	
Mz	Cuneta N°	23 - 24	Jr. Manco Capac	0.56	161.93	0.00160	0.0381	0.0984	0.1201
Calle	17			0.56		0.00024		0.0218	
Mz	Cuneta N°	17 - 24	Jr. San Pedro	0.52	161.93	0.00107	0.0196	0.0581	0.0877
Calle	17			0.52		0.00046		0.0296	
Mz	Cuneta N°	17 - 24	Jr. San Pedro	0.56	161.93	0.00138	0.0212	0.0778	0.1131
Calle	18			0.56		0.00051		0.0353	
Mz	Cuneta N°	18 - 17	Jr. Manco Capac	0.52	161.93	0.00158	0.0064	0.0632	0.0899
Calle	19			0.52		0.00054		0.0267	
Mz	Cuneta N°	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00187	0.0170	0.0881	0.1186
Calle	19			0.52		0.00050		0.0305	
Mz	Cuneta N°	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00102	0.0177	0.0546	0.0800
Calle	20			0.52		0.00039		0.0254	
Mz	Cuneta N°	11 - 12	Jr. Manco Capac	0.52	161.93	0.00093	0.0104	0.0459	0.0655
Calle	21			0.52		0.00032		0.0196	
Mz	Cuneta N°	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	0.52	161.93	0.00091	0.0142	0.0479	0.0714
Calle	21			0.52		0.00037		0.0235	
Mz	Cuneta N°	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	0.52	161.93	0.00052	0.0051	0.0250	0.0433
Calle	22			0.52		0.00035		0.0183	
Mz	Cuneta N°	02 - 08	Jr. Manco Capac	0.61	161.93	0.00029	0.0618	0.0303	0.0485
Calle	23			0.61		0.00015		0.0182	
Mz	Cuneta N°	03 - 08	Jr. Perú	0.56	161.93	0.00049	0.0201	0.0336	0.0677
Calle	23			0.56		0.00050		0.0342	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.c*Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método mac math*

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables				Caudal q(m3/s)	
				C	I(mm/h)	A(Km2)	S(m/m)	Sub-Total	Total
Mz	Cuneta N°	03 - 08	Jr. Perú	0.52	161.93	0.00067	0.0185	0.0393	0.0692
Calle	24			0.52		0.00048		0.0300	
Mz	Cuneta N°	02 - 03	Jr. Manco Capac	0.61	161.93	0.00053	0.0883	0.0523	0.0719
Calle	25			0.61		0.00015		0.0196	
Mz	Cuneta N°	25 - 26	Jr. Manuel Chujutalli	0.52	161.93	0.00175	0.0050	0.0655	0.0806
Calle	26			0.52		0.00028		0.0151	
Mz	Cuneta N°	25 - 16	Psje. La Hoyada	0.52	161.93	0.00156	0.0148	0.0740	0.0906
Calle	26			0.52		0.00024		0.0165	
Mz	Cuneta N°	16 - 25	Psje. La Hoyada	0.52	161.93	0.00155	0.0156	0.0745	0.0855
Calle	26			0.52		0.00014		0.0111	
Mz	Cuneta N°	17 - 16	Jr. José Olaya	0.52	161.93	0.00049	0.0086	0.0264	0.0378
Calle	26			0.52		0.00017		0.0114	
Mz	Cuneta N°	13 - 16	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00040	0.0050	0.0200	0.0390
Calle	26			0.52		0.00037		0.0189	
Mz	Cuneta N°	13- 16	Jr. Daniel A. Carrión	0.52	161.93	0.00071	0.0056	0.0324	0.0526
Calle	27			0.52		0.00039		0.0202	
Mz	Cuneta N°	12 - 13	Jr. José Olaya	0.52	161.93	0.00071	0.0054	0.0324	0.0458
Calle	28			0.52		0.00024		0.0134	
Mz	Cuneta N°	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	0.56	161.93	0.00056	0.0357	0.0422	0.0586
Calle	28			0.56		0.00017		0.0164	
Mz	Cuneta N°	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	0.56	161.93	0.00045	0.0378	0.0353	0.0559
Calle	29			0.56		0.00023		0.0205	
Mz	Cuneta N°	08 - 07	Jr. José Olaya	0.61	161.93	0.00035	0.0731	0.0358	0.0589
Calle	30			0.61		0.00020		0.0231	
Mz	Cuneta N°	04- 07	Jr. Perú	0.52	161.93	0.00039	0.0196	0.0257	0.0462
Calle	30			0.52		0.00029		0.0205	
Mz	Cuneta N°	04- 07	Jr. Perú	0.56	161.93	0.00032	0.0218	0.0244	0.0433
Calle	31			0.56		0.00023		0.0189	
Mz	Cuneta N°	03- 04	Jr. José Olaya	0.52	161.93	0.00033	0.0196	0.0227	0.0364
Calle	32			0.52		0.00018		0.0138	
Mz	Cuneta N°	16 - 15	Jr. José Olaya	0.56	161.93	0.00153	0.0430	0.0973	0.1449
Calle	33			0.56		0.00062		0.0475	
Mz	Cuneta N°	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	0.56	161.93	0.00046	0.0317	0.0349	0.0510
Calle	33			0.56		0.00017		0.0162	
Mz	Cuneta N°	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	0.56	161.93	0.00104	0.0294	0.0665	0.0916
Calle	34			0.56		0.00031		0.0252	
Mz	Cuneta N°	13 - 14	Jr. San Martin	0.56	161.93	0.00152	0.0330	0.0920	0.1134
Calle	35			0.56		0.00025		0.0215	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.d*Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método mac math*

Descripción	Colector	Tramo	Calle	Variables				Caudal q(m3/s)	
				C	I(mm/h)	A(Km2)	S(m/m)	Sub-Total	Total
Mz	Cuneta N° 35	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	0.56	161.93	0.00167	0.0324	0.0987	0.1345
Calle				0.56		0.00047		0.0359	
Mz	Cuneta N° 36	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	0.56	161.93	0.00066	0.0320	0.0471	0.1008
Calle				0.56		0.00078		0.0537	
Mz	Cuneta N° 37	07 - 06	Jr. San Martin	0.56	161.93	0.00137	0.0382	0.0871	0.1065
Calle				0.56		0.00021		0.0194	
Mz	Cuneta N° 37	05 - 06	Jr. Perú	0.61	161.93	0.00153	0.0505	0.1096	0.1444
Calle				0.61		0.00037		0.0348	
Mz	Cuneta N° 38	05 - 06	Jr. Perú	0.56	161.93	0.00066	0.0483	0.0511	0.1094
Calle				0.56		0.00078		0.0583	
Mz	Cuneta N° 39	04 - 05	Jr. San Martin	0.56	161.93	0.00081	0.0387	0.0572	0.1443
Calle				0.56		0.00137		0.0870	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27 se pueden observar los valores obtenidos de caudales de escurrimiento aplicando los métodos Racional y Mac Math, donde se puede apreciar que existe diferencia numérica entre ambos.

Para la presente Tesis, hemos tomado los valores mayores obtenidos por el método de Mac Math.

Tabla 27*Comparación de caudales de diseño según métodos aplicados*

COLECTOR R	TRAMO	CALLE	CAUDALES		
			Q(M3/S)	Q(M3/S)	Q(M3/S)
			Met. Racional	Met. Mac Math	DISEÑO
Colector N° 1	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	1.4057	1.0497	1.4057
Colector N° 1	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.1034	0.1135	0.1135
Colector N° 1	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.0377	0.0458	0.0458

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27.a*Comparación de caudales de diseño según métodos aplicados*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	CAUDALES		
			Q(M3/S) Met. Racional	Q(M3/S) Met. Mac Math	Q(M3/S) DISEÑO
Colector N° 2	22 - 23	Jr. Leoncio Prado	0.5274	0.6362	0.6362
Colector N° 2	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	0.0746	0.0788	0.0788
Colector N° 2	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	0.0458	0.0637	0.0637
Colector N° 2	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	0.0050	0.0226	0.0226
Colector N° 3	23 - 24	Jr. Manco Capac	0.6974	1.1061	1.1061
Colector N° 3	18 - 17	Jr. Manco Capac	0.0769	0.0802	0.0802
Colector N° 3	11 - 12	Jr. Manco Capac	0.0428	0.0590	0.0590
Colector N° 3	02 - 08	Jr. Manco Capac	0.0467	0.1003	0.1003
Colector N° 4	24 - 25	Jr. José Olaya	0.6130	0.8807	0.8807
Colector N° 4	17 - 25	Jr. José Olaya	0.0837	0.0865	0.0865
Colector N° 4	12 - 13	Jr. José Olaya	0.0495	0.0572	0.0572
Colector N° 4	08 - 07	Jr. José Olaya	0.0418	0.0973	0.0973
Colector N° 4	03 - 04	Jr. José Olaya	0.0333	0.0838	0.0838
Colector N° 5	26 - 15	Jr. San Martin	1.5159	1.1468	1.5159
Colector N° 5	16 - 15	Jr. San Martin	0.0885	0.1488	0.1488
Colector N° 5	13 - 14	Jr. San Martin	0.0333	0.0660	0.0660
Colector N° 5	07 - 06	Jr. San Martin	0.0281	0.0570	0.0570
Colector N° 5	04 - 05	Jr. San Martin	0.0183	0.0424	0.0424

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27.b*Comparación de caudales de diseño según métodos aplicados*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	CAUDALES		
			Q(M3/S)	Q(M3/S)	Q(M3/S)
			Met. Racional	Met. Mac Math	DISEÑO
Cuneta N° 1	20 - 21	Jr. San Pedro	0.0165	0.0243	0.0243
Cuneta N° 2	20 - 21	Jr. San Pedro	0.0475	0.0544	0.0544
Cuneta N° 3	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.0243	0.0305	0.0305
Cuneta N° 3	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	0.0935	0.1045	0.1045
Cuneta N° 4	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	0.0155	0.0299	0.0299
Cuneta N° 5	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.0181	0.0255	0.0255
Cuneta N° 5	19 - 22	Jr. San Pedro	0.0282	0.0430	0.0430
Cuneta N° 6	19 - 22	Jr. San Pedro	0.0755	0.0955	0.0955
Cuneta N° 7	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.0717	0.0891	0.0891
Cuneta N° 7	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	0.0645	0.0707	0.0707
Cuneta N° 8	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	0.0485	0.0577	0.0577
Cuneta N° 9	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	0.0387	0.0465	0.0465
Cuneta N° 9	01 - 10	Jr. Ramon Castilla	0.0290	0.0445	0.0445
Cuneta N° 10	22- 23	Jr. Leoncio Prado	0.0249	0.0418	0.0418
Cuneta N° 10	18 - 23	Jr. San Pedro	0.0318	0.0510	0.0510
Cuneta N° 11	18 - 23	Jr. San Pedro	0.0791	0.1034	0.1034
Cuneta N° 12	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	0.0734	0.0766	0.0766
Cuneta N° 12	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	0.0694	0.0934	0.0934

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27.c*Comparación de caudales de diseño según métodos aplicados*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	CAUDALES		
			Q(M3/S)	Q(M3/S)	Q(M3/S)
			Met. Racional	Met. Mac Math	DISEÑO
Cuneta N° 13	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	0.0469	0.0706	0.0706
Cuneta N° 14	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	0.0505	0.0675	0.0675
Cuneta N° 14	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	0.0465	0.0679	0.0679
Cuneta N° 15	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	0.0296	0.0569	0.0569
Cuneta N° 16	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	0.0235	0.0746	0.0746
Cuneta N° 17	23 - 24	Jr. Manco Capac	0.0726	0.1201	0.1201
Cuneta N° 17	17 - 24	Jr. San Pedro	0.0603	0.0877	0.0877
Cuneta N° 18	17 - 24	Jr. San Pedro	0.0745	0.1131	0.1131
Cuneta N° 19	18 - 17	Jr. Manco Capac	0.0831	0.0899	0.0899
Cuneta N° 19	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	0.0932	0.1186	0.1186
Cuneta N° 20	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	0.0554	0.0800	0.0800
Cuneta N° 21	11 - 12	Jr. Manco Capac	0.0495	0.0655	0.0655
Cuneta N° 21	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	0.0506	0.0714	0.0714
Cuneta N° 22	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	0.0344	0.0433	0.0433
Cuneta N° 23	02 - 08	Jr. Manco Capac	0.0175	0.0485	0.0485
Cuneta N° 23	03 - 08	Jr. Perú	0.0387	0.0677	0.0677
Cuneta N° 24	03 - 08	Jr. Perú	0.0448	0.0692	0.0692
Cuneta N° 25	02 - 03	Jr. Manco Capac	0.0269	0.0719	0.0719

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27.d*Comparación de caudales de diseño según métodos aplicados*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	CAUDALES		
			Q(M3/S)	Q(M3/S)	Q(M3/S)
			Met. Racional	Met. Mac Math	DISEÑO
Cuneta N° 26	25 - 26	Jr. Manuel Chujutalli	0.0803	0.0806	0.0806
Cuneta N° 26	25 - 16	Psje. La Hoyada	0.0708	0.0906	0.0906
Cuneta N° 26	16 - 25	Psje. La Hoyada	0.0667	0.0855	0.0855
Cuneta N° 26	17 - 16	Jr. José Olaya	0.0261	0.0378	0.0378
Cuneta N° 26	13 - 16	Jr. Daniel A. Carrión	0.0302	0.0390	0.0390
Cuneta N° 27	13- 16	Jr. Daniel A. Carrión	0.0430	0.0526	0.0526
Cuneta N° 28	12 - 13	Jr. José Olaya	0.0374	0.0458	0.0458
Cuneta N° 28	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	0.0290	0.0586	0.0586
Cuneta N° 29	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	0.0264	0.0559	0.0559
Cuneta N° 30	08 - 07	Jr. José Olaya	0.0214	0.0589	0.0589
Cuneta N° 30	04- 07	Jr. Perú	0.0266	0.0462	0.0462
Cuneta N° 31	04- 07	Jr. Perú	0.0218	0.0433	0.0433
Cuneta N° 32	03- 04	Jr. José Olaya	0.0199	0.0364	0.0364
Cuneta N° 33	16 - 15	Jr. José Olaya	0.0847	0.1449	0.1449
Cuneta N° 33	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	0.0249	0.0510	0.0510
Cuneta N° 34	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	0.0533	0.0916	0.0916
Cuneta N° 35	13 - 14	Jr. San Martin	0.0699	0.1134	0.1134
Cuneta N° 35	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	0.0844	0.1345	0.1345

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27.e*Comparación de caudales de diseño según métodos aplicados*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	CAUDALES			
			Q(M3/S)	Q(M3/S)	Q(M3/S)	
			Met. Racional	Met. Mac Math	DISEÑO	
Cuneta N° 36	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	0.0566	0.1008	0.1008	—
Cuneta N° 37	07 - 06	Jr. San Martin	0.0624	0.1065	0.1065	—
Cuneta N° 37	05 - 06	Jr. Perú	0.0748	0.1444	0.1444	—
Cuneta N° 38	05 - 06	Jr. Perú	0.0566	0.1094	0.1094	—
Cuneta N° 39	04 - 05	Jr. San Martin	0.0849	0.1443	0.1443	—

Fuente: Elaboración propia

2.2.5.3. Diseño del sistema de drenaje

Una vez determinado los caudales de escorrentía, podemos tener una apreciación, del escurrimiento que se producirá a través del sistema de drenaje propuesto.

En la tabla 28 se presentan los caudales que discurrirán por los colectores y sus respectivos contribuyentes hasta su desembocadura en una obra de entrega

Con los caudales de diseño obtenidos se procederá a pre dimensionar las estructuras hidráulicas, que garanticen la evacuación de las aguas pluviales de una manera rápida y segura.

A continuación, en tabla 28, se presentan los caudales finales de diseño.

Tabla 28*Resumen del cálculo de caudal en cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Colector contribuyente	Caudal			
				Inicio	Final		Descripción		Inicial	Tramo
Colector N° 1	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	18.97	414.55	414.45	COL 1 (I)	1.406		1.406	1.406
Cuneta N° 1	20 - 21	Jr. San Pedro	26.60	414.59	414.45	CUN 1	0.024		0.024	0.024
Alcantarilla N° 1	21 - 20	Jr. San Pedro	8.50	414.45	414.36	COL 1 (I), CUN 1	1.430		1.430	1.430
Cuneta N° 2	20 - 21	Jr. San Pedro	70.49	414.73	414.36	CUN 2		0.054	0.054	0.054
Colector N° 1	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	87.80	414.36	413.50	COL 1 (I-II), CUN 1, CUN 2	1.484	0.114	1.598	1.598
Cuneta N° 3	PT - 20	Prop. Terceros	44.93	414.73	414.40	CUN 3 (I)		0.031	0.031	0.031
Cuneta N° 3	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	96.84	414.40	413.50	CUN 3 (II)	0.031	0.104	0.135	0.135
Alcantarilla N° 2	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	12.30	413.50	413.38	COL 1 (I-II), CUN 1, CUN 2, CUN 3 (I-II)	1.733		1.733	1.733
Cuneta N° 4	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	32.75	414.00	413.38	CUN 4		0.030	0.030	0.030
Colector N° 1	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	46.44	413.38	413.15	COL 1 (I-III), CUN 1, CUN 2, CUN 3 (I-II), CUN 4	1.763	0.046	1.809	1.809
Cuneta N° 5	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	21.22	414.56	414.45	CUN 5 (I)		0.025	0.025	0.025
Cuneta N° 5	19 - 22	Jr. San Pedro	69.58	414.45	413.70	CUN 5 (I-II)	0.025	0.043	0.068	0.068
Colector N° 2	22 - 23	Jr. Leoncio Prado	24.52	414.20	413.70	COL 2 (I)	0.636		0.636	0.636
Alcantarilla N° 3	22 - 19	Jr. San Pedro	11.18	413.70	413.60	COL 2 (I), CUN 5 (I-II)	0.705		0.705	0.705
Cuneta N° 6	19 - 22	Jr. San Pedro	65.63	414.45	413.60	CUN 6		0.095	0.095	0.095
Colector N° 2	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	88.12	413.60	413.15	COL 2 (I-II), CUN 5 (I-II), CUN 6	0.800	0.079	0.879	0.879
Cuneta N° 7	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	86.38	414.45	413.50	CUN 7 (I)		0.089	0.089	0.089
Cuneta N° 7	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	62.19	413.50	413.15	CUN 7 (I-II)	0.089	0.071	0.160	0.160
Alcantarilla N° 4	19 - 10	Jr. Daniel A. Carrión	9.65	413.15	413.10	COL 2 (I-II), CUN 5 (I-II), CUN 6, CUN 7 (I-II)	1.039		1.039	1.039
Cuneta N° 8	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	60.08	413.45	413.10	CUN 8		0.058	0.058	0.058
Colector N° 2	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	55.94	413.10	412.45	COL 2 (I-III), CUN 5 (I-II), CUN 6, CUN 7 (I-II), CUN 8	1.096	0.064	1.160	1.160
Cuneta N° 9	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	50.50	413.45	413.20	CUN 9 (I)		0.046	0.046	0.046
Cuneta N° 9	01 - 10	Jr. Ramon Castilla	53.00	413.20	412.45	CUN 9 (I-II)	0.046	0.044	0.091	0.091

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28.a*Resumen del cálculo de caudal en cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Colector contribuyente	Caudal			
				Inicio	Final		Descripción	Inicial	Tramo	Final
Alcantarilla N° 5	01 - 10	Jr. Ramon Castilla	11.09	412.45	412.30	COL 2 (I-III), CUN 5 (I-II), CUN 6, CUN 7 (I-II), CUN 8, CUN 9 (I-II)	1.251		1.251	1.251
Colector N° 2	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	22.30	412.30	407.50	COL 2 (I-IV), CUN 5 (I-II), CUN 6, CUN 7 (I-II), CUN 8, CUN 9 (I-II)	1.251	0.023	1.274	1.274
Cuneta N° 10	22- 23	Jr. Leoncio Prado	26.05	414.18	413.68	CUN 10 (I)		0.042	0.042	0.042
Cuneta N° 10	18 - 23	Jr. San Pedro	73.02	413.68	412.55	CUN 10 (I-II)	0.042	0.051	0.093	0.093
Colector N° 3	23 - 24	Jr. Manco Capac	21.89	414.85	412.55	COL 3 (I)	1.106		1.106	1.106
Alcantarilla N° 6	23 - 18	Jr. San Pedro	11.38	412.55	412.45	COL 3 (I), CUN 10 (I-II)	1.199		1.199	1.199
Cuneta N° 11	18 - 23	Jr. San Pedro	72.30	413.68	412.45	CUN 11		0.103	0.103	0.103
Colector N° 3	18 - 17	Jr. Manco Capac	88.44	412.45	412.00	COL 3 (I-II), CUN 10 (I-II), CUN 11	1.302	0.080	1.383	1.383
Cuneta N° 12	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	88.41	413.60	413.15	CUN 12 (I)	0.077		0.077	0.077
Cuneta N° 12	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	66.63	413.15	412.00	CUN 12 (I-II)	0.077	0.093	0.170	0.170
Alcantarilla N° 7	18 - 11	Jr. Daniel A. Carrión	10.42	412.00	411.94	COL 3 (I-II), CUN 10 (I-II), CUN 11, CUN 12 (I-II)	1.553		1.553	1.553
Cuneta N° 13	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	66.52	413.15	411.94	CUN 13		0.071	0.071	0.071
Colector N° 3	11 - 12	Jr. Manco Capac	48.86	411.94	411.40	COL 3 (I-III), CUN 10 (I-II), CUN 11, CUN 12 (I-II), CUN 13	1.623	0.059	1.682	1.682
Cuneta N° 14	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	55.33	413.10	412.45	CUN 14 (I)		0.068	0.068	0.068
Cuneta N° 14	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	65.39	412.45	411.40	CUN 14 (I-II)	0.068	0.068	0.135	0.135
Alcantarilla N° 8	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	11.46	411.40	411.10	COL 3 (I-III), CUN 10 (I-II), CUN 11, CUN 12 (I-II), CUN 13, CUN 14 (I-II)	1.818		1.818	1.818
Cuneta N° 15	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	50.86	412.35	411.10	CUN 15		0.057	0.057	0.057
Colector N° 3	02 - 08	Jr. Manco Capac	67.29	411.10	406.00	COL 3 (I-IV), CUN 10 (I-II), CUN 11, CUN 12 (I-II), CUN 13, CUN 14 (I-II), CUN 15	1.875	0.100	1.975	1.975
Cuneta N° 16	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	31.45	413.10	408.20	CUN 16		0.075	0.075	0.075
Colector N° 4	24 - 25	Jr. José Olaya	44.18	413.72	411.27	COL 4 (I)	0.881		0.881	0.881
Cuneta N° 17	23 - 24	Jr. Manco Capac	63.05	414.95	412.55	CUN 17 (I)		0.120	0.120	0.120
Cuneta N° 17	17 - 24	Jr. San Pedro	65.39	412.55	411.27	CUN 17 (I-II)	0.120	0.088	0.208	0.208
Alcantarilla N° 9	24 - 17	Jr. José Olaya	18.61	411.27	411.00	COL 4 (I), CUN 17 (I-II)	1.089		1.089	1.089

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28.b*Resumen del cálculo de caudal en cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Colector contribuyente	Caudal			
				Inicio	Final		Descripción	Inicial	Tramo	Final
Cuneta N° 18	17 - 24	Jr. San Pedro	68.32	412.45	411.00	CUN 18		0.113	0.113	0.113
Colector N° 4	17 - 25	Jr. José Olaya	95.97	411.00	410.52	COL 4 (I-II), CUN 17 (I-II), CUN 18	1.202	0.086	1.288	1.288
Cuneta N° 19	18 - 17	Jr. Manco Capac	86.27	412.45	411.90	CUN 19 (I)		0.090	0.090	0.090
Cuneta N° 19	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	81.37	411.90	410.52	CUN 19 (I-II)	0.090	0.119	0.208	0.208
Alcantarilla N° 10	17 - 12	Jr. Daniel A. Carrión	16.51	410.52	410.43	COL 4 (I-II), CUN 17 (I-II), CUN 18, CUN 19 (I-II)	1.497		1.497	1.497
Cuneta N° 20	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	77.62	411.80	410.43	CUN 20		0.080	0.080	0.080
Colector N° 4	12 - 13	Jr. José Olaya	46.85	410.43	410.19	COL 4 (I-III), CUN 17 (I-II), CUN 18, CUN 19 (I-II), CUN 20	1.577	0.057	1.634	1.634
Cuneta N° 21	11 - 12	Jr. Manco Capac	47.97	411.80	411.30	CUN 21 (I)		0.066	0.066	0.066
Cuneta N° 21	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	78.13	411.30	410.19	CUN 21 (I-II)	0.066	0.071	0.137	0.137
Alcantarilla N° 11	12 - 08	Jr. Ramon Castilla	8.36	410.19	410.14	COL 4 (I-III), CUN 17 (I-II), CUN 18, CUN 19 (I-II), CUN 20, CUN 21 (I-II)	1.771		1.771	1.771
Cuneta N° 22	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	78.18	410.54	410.14	CUN 22		0.043	0.043	0.043
Colector N° 4	08 - 07	Jr. José Olaya	34.04	410.14	407.70	COL 4 (I-IV), CUN 17 (I-II), CUN 18, CUN 19 (I-II), CUN 20, CUN 21 (I-II), CUN 22	1.814	0.097	1.911	1.911
Cuneta N° 23	02 - 08	Jr. Manco Capac	20.08	410.54	409.30	CUN 23 (I)		0.048	0.048	0.048
Cuneta N° 23	03 - 08	Jr. Perú	79.69	409.30	407.70	CUN 23 (I-II)	0.048	0.068	0.116	0.116
Alcantarilla N° 12	08 - 03	Jr. Perú	12.06	407.70	407.50	COL 4 (I-IV), CUN 17 (I-II), CUN 18, CUN 19 (I-II), CUN 20, CUN 21 (I-II), CUN 22, CUN 23 (I-II)	2.027		2.027	2.027
Cuneta N° 24	03 - 08	Jr. Perú	81.27	409.00	407.50	CUN 24		0.069	0.069	0.069
Colector N° 4	03 - 04	Jr. José Olaya	54.96	407.50	402.50	COL 4 (I-V), CUN 17 (I-II), CUN 18, CUN 19 (I-II), CUN 20, CUN 21 (I-II), CUN 22, CUN 23 (I-II), CUN 24	2.097	0.084	2.180	2.180
Cuneta N° 25	02 - 03	Jr. Manco Capac	28.30	409.00	406.50	CUN 25		0.072	0.072	0.072
Colector N° 5	26 - 15	Jr. San Martin	14.25	414.98	414.90	COL 5 (I)		1.516	1.516	1.516
Alcantarilla N° 13	26 - 16	Jr. San Martin	6.43	414.90	414.86	COL 5 (I)	1.516		1.516	1.516
Colector N° 5	16 - 15	Jr. San Martin	112.06	414.86	410.24	COL 5 (I-II)	1.516	0.149	1.665	1.665

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28.c*Resumen del cálculo de caudal en cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Colector contribuyente	Caudal				
				Inicio	Final		Descripción				Inicial
Cuneta N° 26	25 - 26	Jr. Manuel Chujutalli	70.35	413.25	412.90	CUN 26 (I)		0.081	0.081	0.081	
Cuneta N° 26	25 - 16	Psje. La Hoyada	94.40	412.90	411.50	CUN 26 (I-II)	0.081	0.091	0.171	0.171	
Cuneta N° 26	16 - 25	Psje. La Hoyada	44.75	411.50	410.80	CUN 26 (I-III)	0.171	0.086	0.257	0.257	
Cuneta N° 26	17 - 16	Jr. José Olaya	32.43	410.80	410.52	CUN 26 (I-IV)	0.257	0.038	0.294	0.294	
Cuneta N° 26	13 - 16	Jr. Daniel A. Carrión	56.47	410.52	410.24	CUN 26 (I-V)	0.294	0.039	0.333	0.333	
Alcantarilla N° 14	16 - 13	Jr. Daniel A. Carrión	12.21	410.24	410.17	COL 5 (I-II), CUN 26 (I-V)	1.998		1.998	1.998	
Cuneta N° 27	13- 16	Jr. Daniel A. Carrión	53.53	410.47	410.17	CUN 27		0.053	0.053	0.053	
Colector N° 5	13 - 14	Jr. San Martin	48.71	410.17	408.50	COL 5 (I-III), CUN 26 (I-V), CUN 27	2.051	0.066	2.117	2.117	
Cuneta N° 28	12 - 13	Jr. José Olaya	51.57	410.47	410.19	CUN 28 (I)		0.046	0.046	0.046	
Cuneta N° 28	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	47.32	410.19	408.50	CUN 28 (I-II)	0.046	0.059	0.104	0.104	
Alcantarilla N°15	13 - 07	Jr. Ramon Castilla	9.63	408.50	408.40	COL 5 (I-III), CUN 26 (I-V), CUN 27, CUN 28 (I-II)	2.221	0.028	2.249	2.249	
Cuneta N° 29	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	44.69	410.09	408.40	CUN 29		0.056	0.056	0.056	
Colector N° 5	07 - 06	Jr. San Martin	52.51	408.40	406.70	COL 5 (I-IV), CUN 26 (I-V), CUN 27, CUN 28 (I-II), CUN 29	2.305	0.057	2.362	2.362	
Cuneta N° 30	08 - 07	Jr. José Olaya	35.41	410.09	407.50	CUN 30 (I)		0.059	0.059	0.059	
Cuneta N° 30	04- 07	Jr. Perú	40.81	407.50	406.70	CUN 30 (I-II)	0.059	0.046	0.105	0.105	
Alcantarilla N°16	04 - 07	Jr. Perú	12.34	406.70	406.60	COL 5 (I-IV), CUN 26 (I-V), CUN 27, CUN 28 (I-II), CUN 29, CUN 30 (I-II)	2.467		2.467	2.467	
Cuneta N° 31	04- 07	Jr. Perú	39.01	407.45	406.60	CUN 31		0.043	0.043	0.043	
Colector N° 5	04 - 05	Jr. San Martin	33.16	406.60	405.20	COL 5 (I-V), CUN 26 (I-V), CUN 27, CUN 28 (I-II), CUN 29, CUN 30 (I-II), CUN 31	2.510	0.042	2.552	2.552	
Cuneta N° 32	03- 04	Jr. José Olaya	33.18	407.45	406.80	CUN 32		0.036	0.036	0.036	
Cuneta N° 33	16 - 15	Jr. José Olaya	108.48	414.86	410.19	CUN 33 (I)		0.145	0.145	0.145	
Cuneta N° 33	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	21.75	410.19	409.50	CUN 33 (I-II)	0.145	0.051	0.196	0.196	
Cuneta N° 34	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	101.65	410.19	407.20	CUN 34		0.092	0.092	0.092	
Cuneta N° 35	13 - 14	Jr. San Martin	51.25	410.19	408.50	CUN 35 (I)		0.113	0.113	0.113	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28.d*Resumen del cálculo de caudal en cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Colector contribuyente	Caudal			
				Inicio	Final		Descripción	Inicial	Tramo	Final
Cuneta N° 35	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	114.33	408.50	404.80	CUN 35 (I-II)	0.113	0.135	0.248	0.248
Cuneta N° 36	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	115.78	408.40	404.70	CUN 36		0.101	0.101	0.101
Cuneta N° 37	07 - 06	Jr. San Martin	47.08	408.40	406.60	CUN 37 (I)		0.107	0.107	0.107
Cuneta N° 37	05 - 06	Jr. Perú	102.92	406.60	401.40	CUN 37 (I-II)	0.107	0.144	0.251	0.251
Cuneta N° 38	05 - 06	Jr. Perú	107.60	406.50	401.30	CUN 38		0.109	0.109	0.109
Cuneta N° 39	04 - 05	Jr. San Martin	31.02	406.50	405.30	41' - 44		0.144	0.144	0.144

Fuente: Elaboración propia

2.2.5.3.1. Criterios generales para el diseño

En este ítem se plasman los criterios que permitirán el diseño final de las estructuras hidráulicas que constituyen nuestro sistema de drenaje, dichos criterios están basados en la bibliografía existente y experiencias.

El sistema de drenaje pluvial propuesto lo constituye dos tipos de drenajes y estos son:

Drenaje Longitudinal

Comprenden las cunetas, contra cunetas, bordillos, son obras paralelas al eje de la vía.

Referente a las cunetas, se puede decir que son zanjas que se hacen a ambos lados de la vía con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino (o de todo el camino en curvas) y el agua que escurre por pequeñas áreas adyacentes.

Drenaje Transversal

Comprenden las alcantarillas, sifones, pontones, badenes, los cuales son obras que cruzan en forma transversal al eje de la vía.

Entre las obras de arte más comunes, podemos citar a las alcantarillas que son conductos que pueden ser de sección circular o de marco (cuadradas o rectangulares) usualmente enterradas, utilizadas en cruces con carreteras y desagües, pueden fluir llenas o parcialmente llenas dependiendo de diversos factores, tales como: diámetros, longitud, rugosidad y principalmente los niveles de agua, tanto a la entrada como a la salida.

2.2.5.3.2. Diseño hidráulico de cunetas y alcantarillas

Para la definición de la sección de las cunetas y alcantarillas, así como la geometría de las mismas nos hemos basado en los conceptos teóricos citados en el marco teórico. Los espesores de revestimientos, así como la calidad del concreto está en función de la velocidad del agua que discurrirá por las cunetas y alcantarillas.

2.2.5.3.2.1. Diseño hidráulico de una alcantarilla

El diseño hidráulico de una alcantarilla consiste en la selección de su área de manera que resulte una velocidad promedio de 1.25 m/s, en ciertos casos se suele dar a la alcantarilla

una velocidad igual a la del canal donde ésta será construida, sólo en casos especiales la velocidad será mayor a 1.25 m/s. También la selección del área deberá permitir su limpieza y conservación.

La cota de fondo de la alcantarilla en la transmisión de entrada se obtiene restando a la superficie normal del agua, el diámetro del tubo más 1.5 veces la carga de velocidad del tubo, cuando éste fluye lleno o el 20% del tirante en la alcantarilla.

La pendiente de la alcantarilla debe ser igual a la pendiente del canal.

La transición tanto de entrada como de salida, en algunos casos se conectan a la alcantarilla mediante una rampa con inclinación máxima de 4.1.

El talud máximo del camino encima de alcantarilla no debe ser mayor de 1.5: 1.

Normalmente las alcantarillas trabajan con el nivel de agua libre, llegando a mojar toda su sección en periodos con caudales máximos.

2.2.5.3.2.2. Diseño hidráulico de una cuneta

Las cunetas tendrán en general sección rectangular y se proyectarán en todas las calles. Sus dimensiones han sido fijadas de acuerdo al diseño hidráulico, detalladas en el cuadro N° 6: Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas.

El ancho medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante hasta el fondo o vértice de la cuneta.

Cuando el suelo es deleznable y la pendiente de la rasante de la cuneta es igual o mayor que 4%, ésta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento.

El revestimiento puede ser necesario para reducir la rugosidad de la cuneta y asegurar el escurrimiento del caudal, en el caso de una pendiente longitudinal muy leve.

Desarrollo analítico y grafico de diseño hidráulico de colector:

Colector N° 1: Jr. Pedro Ruiz Gallo

Diseño hidráulico del colector N° 1

Cálculo de la sección del colector (método Manning)

Luego con la fórmula de Manning, diseñamos una sección de máxima eficiencia hidráulica (M.E.h)

Datos generales:

$$\begin{aligned} Q &= 0.146 \text{ m}^3/\text{seg} \\ N &= 0.016 \text{ (para canales revestidos con concreto)} \\ S &= 0.53\% \text{ para efectos de cálculo } S \\ Z &= 0 \end{aligned}$$

Diseño a M.E.H:

$$\frac{y}{b} = \frac{Q * n * 1.49 y}{b^{8/3} S^{1/2} b} = 2 * \text{Tang} \theta ; \quad \theta = 90^\circ \Rightarrow \frac{b}{y} = 2 \Rightarrow \frac{y}{b} = \frac{1}{2} = 0.500 \text{ (**)}$$

Así tenemos:

y/b	$Z=0$
0.50	0.295

$$\frac{Q * n * 1.49}{b^{8/3} S^{1/2}} = 0.295$$

Reemplazando valores generales:

$$b = \left(\frac{Q * n * 1.49}{0.295 * S^{1/2}} \right)^{3/8} = 1.18$$

Reemplazando el valor de “b” en (**)

$$\begin{aligned} y &= 1.18 \times 0.50 = 0.59 \text{ m} && \rightarrow y = \mathbf{0.60 \text{ m}} \\ fb &= 0.3y && \rightarrow y = \mathbf{0.20 \text{ m}} \\ H &= 0.80 \end{aligned}$$

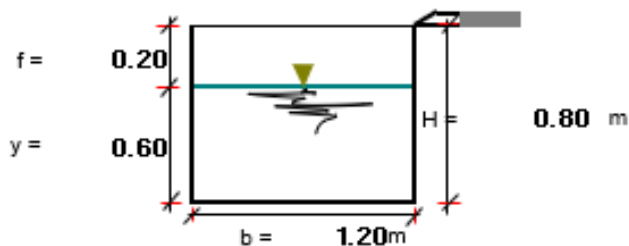
Luego la sección del colector será:

$$\begin{aligned} H &= 0.80 \text{ m (medida constructiva)} \\ b &= 1.20 \text{ m (medida constructiva)} \\ y &= 0.60 \text{ m} \\ fb &= 0.20 \end{aligned}$$

Cálculo de los elementos de sección teniendo en cuenta las medidas constructivas:

Cálculo de los elementos de sección :

Borde Libre	$f = 0.33 \cdot Y$	0.20	→	0.20	m
Altura	$H = Y + f$		→	0.80	m
Base	b		→	1.20	m
Perimetro Mojado	$P_m = 2Y + b$		→	2.40	m
Area Hidraulica	$A = b \cdot Y$		→	0.72	m ²
Radio Hidraulico	$R = A/P_m$		→	0.30	m
Pendiente			→	0.0053	m
Rugosidad			→	0.016	



Verificación por manning del caudal :

$$Q = \frac{AR^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad 1.464 \quad \text{m}^3/\text{seg}$$

Q = 1.464 m³/seg Q Diseño = 1.406 m³/seg

CAUDAL CALCULADO OK Y VERIFICADO

Verificación por velocidad:

$$V = \frac{Q}{A} \quad 2.03 \quad \text{m}/\text{seg} \quad \text{velocidad mínima } 0.9 \text{ m/s} \quad \text{OK}$$

RNE-OS060

Los resultados del diseño hidráulico final con sus respectivas dimensiones se presentan en la tabla 29:

Tabla 29*Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal	Coeficiente	Pendiente	Velocidad	Sección		
				Inicio	Final	Inicio	Final					M3/s	Manning	M/m
Colector N° 1	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	18.97	414.55	414.45	413.75	413.65	1.406	0.016	0.53	2.03	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 1	20 - 21	Jr. San Pedro	26.60	414.59	414.45	414.44	413.95	0.024	0.016	1.84	1.15	0.20	0.15	0.03
Alcantarilla N° 1	21 - 20	Jr. San Pedro	8.50	414.45	414.36	413.65	413.60	1.430	0.016	0.59	2.15	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 2	20 - 21	Jr. San Pedro	70.49	414.73	414.36	414.48	414.01	0.054	0.016	0.67	1.01	0.35	0.25	0.09
Colector N° 1	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	87.80	414.36	413.50	413.60	412.95	1.598	0.016	0.74	2.41	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 3	PT - 20	Prop. Terceros	44.93	414.73	414.40	414.53	414.10	0.031	0.016	0.96	1.02	0.25	0.20	0.05
Cuneta N° 3	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	96.84	414.40	413.50	414.10	413.25	0.135	0.016	0.88	1.41	0.45	0.35	0.16
Alcantarilla N° 2	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	12.30	413.50	413.38	412.95	412.84	1.733	0.016	0.89	2.65	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 4	09 - 20	Jr. Daniel A. Carrión	32.75	414.00	413.38	413.75	413.13	0.030	0.016	1.89	1.44	0.25	0.20	0.05
Colector N° 1	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	46.44	413.38	413.15	412.84	412.40	1.809	0.016	0.95	2.73	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 5	21 - 22	Jr. Pedro Ruiz Gallo	21.22	414.56	414.45	414.31	414.10	0.025	0.016	0.99	1.04	0.25	0.20	0.05
Cuneta N° 5	19 - 22	Jr. San Pedro	69.58	414.45	413.70	414.10	413.40	0.068	0.016	1.01	1.24	0.25	0.20	0.05
Colector N° 2	22 - 23	Jr. Leoncio Prado	24.52	414.20	413.70	413.24	413.10	0.636	0.016	0.57	1.75	0.90	0.60	0.54
Alcantarilla N° 3	22 - 19	Jr. San Pedro	11.18	413.70	413.60	413.10	413.00	0.705	0.016	0.89	2.19	0.90	0.60	0.54
Cuneta N° 6	19 - 22	Jr. San Pedro	65.63	414.45	413.60	414.25	413.25	0.095	0.016	1.52	1.52	0.35	0.25	0.09
Colector N° 2	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	88.12	413.60	413.15	413.00	412.45	0.879	0.016	0.62	1.96	1.00	0.70	0.70
Cuneta N° 7	20 - 19	Jr. Pedro Ruiz Gallo	86.38	414.45	413.50	414.15	413.20	0.089	0.016	1.10	1.41	0.40	0.30	0.12
Cuneta N° 7	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	62.19	413.50	413.15	413.20	412.80	0.160	0.016	0.64	1.86	0.45	0.35	0.16
Alcantarilla N° 4	19 - 10	Jr. Daniel A. Carrión	9.65	413.15	413.10	412.45	412.38	1.039	0.016	0.73	2.11	1.00	0.70	0.70
Cuneta N° 8	10 - 19	Jr. Daniel A. Carrión	60.08	413.45	413.10	413.20	412.83	0.058	0.016	0.62	0.97	0.35	0.25	0.09
Colector N° 2	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	55.94	413.10	412.45	412.38	411.75	1.160	0.016	1.13	2.63	1.00	0.70	0.70
Cuneta N° 9	09 - 10	Jr. Pedro Ruiz Gallo	50.50	413.45	413.20	413.20	412.93	0.046	0.016	0.53	0.90	0.35	0.25	0.09
Cuneta N° 9	01 - 10	Jr. Ramon Castilla	53.00	413.20	412.45	412.93	412.18	0.091	0.016	1.42	1.47	0.35	0.25	0.09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29.a*Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal	Coeficiente	Pendiente	Velocidad	Sección		
				Inicio	Final	Inicio	Final					M3/s	Manning	M/m
Alcantarilla N° 5	01 - 10	Jr. Ramon Castilla	11.09	412.45	412.30	411.75	411.60	1.251	0.016	1.35	2.88	1.00	0.70	0.70
Colector N° 2	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	22.30	412.30	407.50	411.60	406.80	1.274	0.016	21.52	6.51	1.00	0.70	0.70
Cuneta N° 10	22- 23	Jr. Leoncio Prado	26.05	414.18	413.68	413.83	413.33	0.042	0.016	1.92	1.45	0.25	0.20	0.05
Cuneta N° 10	18 - 23	Jr. San Pedro	73.02	413.68	412.55	413.33	412.20	0.093	0.016	1.55	1.53	0.35	0.25	0.09
Colector N° 3	23 - 24	Jr. Manco Capac	21.89	414.85	412.55	414.25	411.95	1.106	0.016	10.51	6.18	0.65	0.50	0.33
Alcantarilla N° 6	23 - 18	Jr. San Pedro	11.38	412.55	412.45	411.95	411.84	1.199	0.016	0.97	2.44	1.00	0.70	0.70
Cuneta N° 11	18 - 23	Jr. San Pedro	72.30	413.68	412.45	413.46	412.10	0.103	0.016	1.88	1.69	0.35	0.25	0.09
Colector N° 3	18 - 17	Jr. Manco Capac	88.44	412.45	412.00	411.84	411.30	1.383	0.016	0.61	2.19	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 12	19 - 18	Jr. Leoncio Prado	88.41	413.60	413.15	413.30	412.85	0.077	0.016	0.51	0.96	0.40	0.30	0.12
Cuneta N° 12	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	66.63	413.15	412.00	412.85	411.65	0.170	0.016	1.80	2.02	0.45	0.35	0.16
Alcantarilla N° 7	18 - 11	Jr. Daniel A. Carrión	10.42	412.00	411.94	411.30	411.21	1.553	0.016	0.86	2.60	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 13	11 - 18	Jr. Daniel A. Carrión	66.52	413.15	411.94	412.90	411.69	0.071	0.016	1.82	1.66	0.35	0.25	0.09
Colector N° 3	11 - 12	Jr. Manco Capac	48.86	411.94	411.40	411.21	410.70	1.682	0.016	1.04	2.86	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 14	10 - 11	Jr. Leoncio Prado	55.33	413.10	412.45	412.85	412.15	0.068	0.016	1.27	1.39	0.35	0.25	0.09
Cuneta N° 14	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	65.39	412.45	411.40	412.15	411.25	0.135	0.016	1.38	1.77	0.45	0.35	0.16
Alcantarilla N° 8	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	11.46	411.40	411.10	410.70	410.56	1.818	0.016	1.22	3.10	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 15	02 - 11	Jr. Ramon Castilla	50.86	412.35	411.10	412.10	411.10	0.057	0.016	1.97	1.73	0.35	0.25	0.09
Colector N° 3	02 - 08	Jr. Manco Capac	67.29	411.10	406.00	410.56	405.20	1.975	0.016	7.97	6.90	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 16	01 - 02	Jr. Leoncio Prado	31.45	413.10	408.20	412.90	408.00	0.075	0.016	15.58	4.12	0.25	0.20	0.05
Colector N° 4	24 - 25	Jr. José Olaya	44.18	413.72	411.27	413.22	410.77	0.881	0.016	5.55	4.49	0.65	0.50	0.33
Cuneta N° 17	23 - 24	Jr. Manco Capac	63.05	414.95	412.55	414.70	412.35	0.120	0.016	3.73	2.38	0.35	0.25	0.09
Cuneta N° 17	17 - 24	Jr. San Pedro	65.39	412.55	411.27	412.35	411.02	0.208	0.016	2.03	2.15	0.45	0.35	0.16
Alcantarilla N° 9	24 - 17	Jr. José Olaya	18.61	411.27	411.00	410.77	410.40	1.089	0.016	1.99	3.26	0.90	0.60	0.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29.b*Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal	Coeficiente	Pendiente	Velocidad		Sección		
				Inicio	Final	Inicio	Final				M3/s	Manning	M/m	M/s	B (m)
Cuneta N° 18	17 - 24	Jr. San Pedro	68.32	412.45	411.00	412.30	410.75	0.113	0.016	2.27	1.86	0.35	0.25	0.09	
Colector N° 4	17 - 25	Jr. José Olaya	95.97	411.00	410.52	410.40	409.92	1.288	0.016	0.50	1.98	1.20	0.80	0.96	
Cuneta N° 19	18 - 17	Jr. Manco Capac	86.27	412.45	411.90	412.30	411.75	0.090	0.016	0.64	1.08	0.40	0.30	0.12	
Cuneta N° 19	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	81.37	411.90	410.52	411.75	410.17	0.208	0.016	1.94	2.10	0.45	0.35	0.16	
Alcantarilla N° 10	17 - 12	Jr. Daniel A. Carrión	16.51	410.52	410.43	409.92	409.78	1.497	0.016	0.85	2.58	1.20	0.80	0.96	
Cuneta N° 20	12 - 17	Jr. Daniel A. Carrión	77.62	411.80	410.43	411.55	410.33	0.080	0.016	1.57	1.54	0.35	0.25	0.09	
Colector N° 4	12 - 13	Jr. José Olaya	46.85	410.43	410.19	409.78	409.39	1.634	0.016	0.83	2.56	1.20	0.80	0.96	
Cuneta N° 21	11 - 12	Jr. Manco Capac	47.97	411.80	411.30	411.55	411.05	0.066	0.016	1.04	1.26	0.35	0.25	0.09	
Cuneta N° 21	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	78.13	411.30	410.19	411.05	409.84	0.137	0.016	1.55	1.88	0.45	0.35	0.16	
Alcantarilla N° 11	12 - 08	Jr. Ramon Castilla	8.36	410.19	410.14	409.39	409.32	1.771	0.016	0.84	2.56	1.20	0.80	0.96	
Cuneta N° 22	08 - 12	Jr. Ramon Castilla	78.18	410.54	410.14	410.29	409.87	0.043	0.016	0.54	0.90	0.35	0.25	0.09	
Colector N° 4	08 - 07	Jr. José Olaya	34.04	410.14	407.70	409.32	406.90	1.911	0.016	7.11	6.47	1.20	0.80	0.96	
Cuneta N° 23	02 - 08	Jr. Manco Capac	20.08	410.54	409.30	410.34	409.50	0.048	0.016	4.18	2.13	0.25	0.20	0.05	
Cuneta N° 23	03 - 08	Jr. Perú	79.69	409.30	407.70	409.50	407.45	0.116	0.016	2.57	1.98	0.35	0.25	0.09	
Alcantarilla N° 12	08 - 03	Jr. Perú	12.06	407.70	407.50	406.90	406.70	2.027	0.016	1.66	3.61	1.20	0.80	0.96	
Cuneta N° 24	03 - 08	Jr. Perú	81.27	409.00	407.50	408.75	407.25	0.069	0.016	1.85	1.67	0.35	0.25	0.09	
Colector N° 4	03 - 04	Jr. José Olaya	54.96	407.50	402.50	406.70	401.70	2.180	0.016	9.10	6.45	1.20	0.80	0.96	
Cuneta N° 25	02 - 03	Jr. Manco Capac	28.30	409.00	406.50	408.80	406.30	0.072	0.016	8.83	3.10	0.25	0.20	0.05	
Colector N° 5	26 - 15	Jr. San Martin	14.25	414.98	414.90	414.18	414.10	1.516	0.016	0.56	2.10	1.20	0.80	0.96	
Alcantarilla N° 13	26 - 16	Jr. San Martin	6.43	414.90	414.86	414.10	414.06	1.516	0.016	0.62	2.21	1.20	0.80	0.96	
Colector N° 5	16 - 15	Jr. San Martin	112.06	414.86	410.24	414.06	409.44	1.665	0.016	4.12	5.69	1.20	0.80	0.96	
Cuneta N° 26	25 - 26	Jr. Manuel Chujutalli	70.35	413.25	412.90	412.95	412.55	0.081	0.016	0.57	1.02	0.40	0.30	0.12	
Cuneta N° 26	25 - 16	Psje. La Hoyada	94.40	412.90	411.50	412.55	411.15	0.171	0.016	1.48	1.84	0.45	0.35	0.16	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29.c*Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal	Coeficiente	Pendiente	Velocidad	Sección		
				Inicio	Final	Inicio	Final					M3/s	Manning	M/m
Cuneta N° 26	16 - 25	Psje. La Hoyada	44.75	411.50	410.80	411.15	410.40	0.257	0.016	1.68	2.22	0.55	0.40	0.22
Cuneta N° 26	17 - 16	Jr. José Olaya	32.43	410.80	410.52	410.40	410.17	0.294	0.016	0.71	1.61	0.65	0.50	0.33
Cuneta N° 26	13 - 16	Jr. Daniel A. Carrión	56.47	410.52	410.24	410.17	409.74	0.333	0.016	0.76	1.66	0.65	0.50	0.33
Alcantarilla N° 14	16 - 13	Jr. Daniel A. Carrión	12.21	410.24	410.17	409.44	409.32	1.998	0.016	0.98	2.78	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 27	13- 16	Jr. Daniel A. Carrión	53.53	410.47	410.17	410.22	409.92	0.053	0.016	0.56	0.92	0.35	0.25	0.09
Colector N° 5	13 - 14	Jr. San Martin	48.71	410.17	408.50	409.32	407.70	2.117	0.016	3.33	4.52	1.00	0.70	0.70
Cuneta N° 28	12 - 13	Jr. José Olaya	51.57	410.47	410.19	410.22	409.94	0.046	0.016	0.54	0.91	0.35	0.25	0.09
Cuneta N° 28	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	47.32	410.19	408.50	409.94	408.25	0.104	0.016	3.57	2.33	0.35	0.25	0.09
Alcantarilla N°15	13 - 07	Jr. Ramon Castilla	9.63	408.50	408.40	407.70	407.58	2.249	0.016	1.25	3.13	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 29	07 - 13	Jr. Ramon Castilla	44.69	410.09	408.40	409.89	408.18	0.056	0.016	3.83	2.04	0.25	0.20	0.05
Colector N° 5	07 - 06	Jr. San Martin	52.51	408.40	406.70	407.58	405.90	2.362	0.016	3.20	5.01	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 30	08 - 07	Jr. José Olaya	35.41	410.09	407.50	409.89	407.30	0.059	0.016	7.31	2.82	0.25	0.20	0.05
Cuneta N° 30	04- 07	Jr. Perú	40.81	407.50	406.70	407.30	406.45	0.105	0.016	2.08	1.78	0.35	0.25	0.09
Alcantarilla N°16	04 - 07	Jr. Perú	12.34	406.70	406.60	405.90	405.71	2.467	0.016	1.54	3.48	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 31	04- 07	Jr. Perú	39.01	407.45	406.60	407.25	406.31	0.043	0.016	2.41	1.62	0.25	0.20	0.05
Colector N° 5	04 - 05	Jr. San Martin	33.16	406.60	405.20	405.71	404.40	2.552	0.016	3.95	5.57	1.20	0.80	0.96
Cuneta N° 32	03- 04	Jr. José Olaya	33.18	407.45	406.80	407.25	406.60	0.036	0.016	1.96	1.46	0.25	0.20	0.05
Cuneta N° 33	16 - 15	Jr. José Olaya	108.48	414.86	410.19	414.61	409.94	0.145	0.016	4.30	2.56	0.35	0.25	0.09
Cuneta N° 33	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	21.75	410.19	409.50	409.94	409.20	0.196	0.016	3.40	2.48	0.40	0.30	0.12
Cuneta N° 34	14 - 15	Jr. Daniel A. Carrión	101.65	410.19	407.20	409.94	406.95	0.092	0.016	2.94	2.11	0.35	0.25	0.09
Cuneta N° 35	13 - 14	Jr. San Martin	51.25	410.19	408.50	409.94	408.25	0.113	0.016	3.30	2.24	0.35	0.25	0.09
Cuneta N° 35	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	114.33	408.50	404.80	408.25	404.45	0.248	0.016	3.32	2.75	0.45	0.35	0.16
Cuneta N° 36	06 - 14	Jr. Ramon Castilla	115.78	408.40	404.70	408.15	404.45	0.101	0.016	3.20	2.20	0.35	0.25	0.09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29.d*Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal	Coeficiente	Pendiente	Velocidad	Sección		
				Inicio	Final	Inicio	Final					M3/s	Manning	M/m
Cuneta N° 37	07 - 06	Jr. San Martin	47.08	408.40	406.60	408.15	406.35	0.107	0.016	3.82	2.41	0.35	0.25	0.09
Cuneta N° 37	05 - 06	Jr. Perú	102.92	406.60	401.40	406.35	401.05	0.251	0.016	5.15	3.42	0.45	0.35	0.16
Cuneta N° 38	05 - 06	Jr. Perú	107.60	406.50	401.30	406.30	401.10	0.109	0.016	4.83	2.71	0.35	0.25	0.09
Cuneta N° 39	04 - 05	Jr. San Martin	31.02	406.50	405.30	406.30	405.10	0.144	0.016	3.87	2.42	0.35	0.25	0.09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30*Resumen de longitud total de obras de drenaje*

Colectores	1107.26
Cunetas	3637.57
Alcantarillas	182.13

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Los resultados obtenidos en la presente Tesis son los siguientes:

3.1.1. Intensidad máxima de diseño

Los resultados del estudio hidrológico, con la aplicación de los Métodos Gumbell y Gumbell Tipo I, se obtuvo el valor de 440.62 mm, el mismo que nos ha permitido determinar la Intensidad Máxima según el Cuadro de Distribución Porcentual de Precipitación, distribuidas en 6, 12 y 24 horas, obteniendo de esta manera el valor de 161.93 mm/hr. La cual nos permitió determinar el Caudal de agua que es necesario drenar por cada uno de los tramos del sistema.

3.1.2. Áreas tributarias de lluvias

Para la determinación de ésta áreas se utilizó el método de las bisectrices por manzanas, dichas áreas están determinadas desde los vértices de las manzanas y la mitad de la vía hasta los puntos de intersección de los ángulos proyectados por la mitad del ángulo de las esquinas hacia dentro, distribuyendo de esta manera equitativamente.

Los resultados obtenidos por procedimiento se presentan en el Cuadro N° 23; con un área bosques de 221,510.77 m², área de manzanas igual a 83,855.48 m² y área de calles igual a 26,595.88 m²; y detalladas en el Plano PAT.

3.1.3. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía "C" se determinó haciendo uso de dos métodos: El Método Racional con un valor de $C=0.88$ que corresponde a techos en un periodo de retorno de 25 años, $C=0.86$ que corresponde a calles asfaltadas y $C=0.45$ que corresponde a área de bosques con una pendiente mayor a 7% (Cuadro N° 02), y el Método Mac Math cuyos valores de C van de 0.43 a 0.61 (dependiendo de las características del terreno por el cual discurren las aguas).

3.1.4. Caudales de escurrimiento

Para el cálculo de los caudales de escurrimiento se utilizó dos métodos: El Método Racional y el Método Mac Math y los valores se muestran en los Cuadros N° 25 y N° 26 respectivamente.

3.1.4.1. Caudales de escurrimiento de colectores, cunetas, y alcantarillas

Los caudales de escurrimientos en colectores, cunetas, y alcantarillas se presentan en el Cuadro N° 28 y va de 0.024 a 2.552 m³/s.

3.1.4.2. Caudales de escurrimiento por tramos de colectores, cunetas, y alcantarillas

El caudal de escurrimiento por tramos en colectores, cunetas, y alcantarillas también se indica en el Cuadro N° 28.

3.1.5. Dimensionamiento de colectores, cunetas y alcantarillas

Para el dimensionamiento de colectores, cunetas y alcantarilla se utilizó el Método de Manning, calculando las dimensiones de las cunetas por el caudal a conducir por ellas, estas dimensiones se encuentran plasmadas en el Cuadro N° 29.

3.1.5.1. Longitud de colectores

La longitud total de Colectores es de 1107.26 metros lineales, que se indican en el Cuadro N° 30.

3.1.5.2. Longitud de cunetas

La longitud total de cunetas es de 3637.57 metros lineales, y se presenta detallada en el Cuadro N° 30.

3.1.5.3. Longitud de alcantarillas

La longitud total de Alcantarillas es de 182.13 metros lineales, que se indican en el Cuadro N° 30.

3.1.5.4. Obras complementarias

Se han proyectado 05 OBRAS DE ENTREGA DE AGUA, la cual se ha considerado el emboquillado de piedra.

3.1.6. Análisis de suelo

Los suelos predominantes, según el análisis de suelo realizado en la zona de estudio (07 calicatas a una H = 1.50 mts), obedece a un suelo tipo CL = Arcilla de Baja Plasticidad cuyo γ_s , Φ y σ_t es variable, el cual se puede apreciar mejor en el Anexo N° 03, los cuales fueron tomado como referencia para posibles estudios futuros.

3.2. Análisis y discusión de resultados

3.2.1. El análisis y discusión de resultados de la presente tesis son los siguientes:

Los resultados del estudio hidrológico, nos ha permitido estimar la Intensidad Máxima de lluvia en mm/hr; la misma que ha sido empleada en el cálculo del caudal de escurrimiento que se tiene que drenar por cada uno de los tramos de la red.

El planteamiento Hidráulico desarrollado en la presente Tesis, tiene como objetivo el de encausar el mayor caudal de aguas de lluvia posible, hasta entregar en los emisores respectivos.

Luego de efectuar los cálculos de diseño necesarios para cumplir con los objetivos propuestos, se optó por elegir un tipo de cuneta rectangular y revestida, con la finalidad de conseguir mayor eficiencia y protegerla de la erosión.

Los tirantes y las velocidades calculadas en los diversos tramos, están variando en función a las pendientes por lo que se puede notar tirantes no constantes, en tramos donde la pendiente es mayor, se notan menores tirantes y mayores velocidades, estos resultados se presentan en el Cuadro N° 29.

En el Cuadro N° 29 se presenta los resultados de Caudales y Cotas de Fondo de Cunetas, así como cotas de rasantes, donde se observa que los colectores principales siguen la topografía del terreno, cada siguiente tramo corresponde a una cota más baja de tal modo que el emisor se encuentra en la cota más baja del sistema, asegurando de esta manera la continuidad de flujo.

El dimensionamiento hidráulico de los colectores, cunetas y alcantarillas se realizó de acuerdo a los criterios de diseño señalados en ítem antes mencionados.

Para evacuar las aguas pluviales se ha proyectado la entrega en cinco lugares, que son las derivadas de los colectores principales, que están entre:

La primera, en la intersección del Jr. Pedro Ruiz Gallo con el Rio Cumbaza.

La segunda, en la Intersección del Jr. Leoncio Prado con el Rio Cumbaza.

La tercera, en la Intersección del Jr. Manco Capac con el Rio Cumbaza.

La cuarta, en la intersección del Jr. José Olaya con el Rio Cumbaza.

La Quinta, en la intersección del Jr. San Martin con el Rio Cumbaza.

Se considera concreto $f'c = 210 \text{ kg/m}^2$ en las obras de drenaje, el cual la velocidad de erosión es mayor y varia de entre 6.6-7.4 m/s según Cuadro N° 10.

El área de estudio presenta un área total de 33.20 Ha, la cual fue determinada por el método de las bisectrices, tal como se muestra en el plano de las áreas de colectores PAC.

Se proyecta una obra de arte típica en las zonas de entrega, que consiste en un emboquillado de piedra típica.

Las alturas de descargas predominantes entre cunetas, tiene como $H_{mim} = 0.20 \text{ mt}$, la misma que obedece a las alturas y/o cotas determinadas de la rasante de cuneta presentado en los planos de perfiles longitudinales, garantizando de esta manera la caída libre de aguas, la cual evita el choque de caudales.

Del levantamiento planimétrico y altimétrico realizado en el área de estudio se han usado el centro de las 19 alcantarillas sanitarias como BM'S, estos están distribuidas en las calles del centro poblado, tal como se presenta en el plano topográfico TP.

Los tirantes de aguas presentados en todas las cunetas del sistema son menores a la altura "H" de paredes de las cunetas receptoras, garantizando de esta manera la caída libre de agua.

3.2.2. Selección de alternativa

El estudio de la influencia de condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre para el diseño del sistema de drenaje Pluvial en el Centro Poblado de San Pedro de Cumbaza, dio como resultado, una alternativa de solución para mejorar la calidad de vida de la población. Después de realizar el planteamiento y diseño del sistema de drenaje pluvial, por

el cual se evacua el caudal producto de las precipitaciones pluviales, se ha optado por el sistema propuesto, seleccionado y presentado en los planos, considerando la evacuación del caudal hacia el río Cumbaza.

3.2.3. Contratación de hipótesis

Se ha contrastado la hipótesis del estudio de la influencia de condiciones climáticas y orografía de la superficie terrestre para el diseño del sistema de drenaje Pluvial en el Centro Poblado Menor de San Pedro de Cumbaza, servirá como alternativa de solución para mejorar la calidad de vida de la población que habita el área de influencia. Además de contrastar también que el planteamiento y diseño Hidráulico del sistema de drenaje pluvial, es la mejor alternativa de solución para evacuar los caudales de manera rápida, eficaz y sin generar daños en las calles y viviendas.

CONCLUSIONES

Se concluye que:

El área en la cual se ha diseñado el sistema de drenaje pluvial, se encuentra ubicada en el Centro Poblado de San Pedro de Cumbaza, Distrito de San Antonio de Cumbaza, Provincia y Región San Martín

El diseño hidrológico y hidráulico del sistema de drenaje pluvial del Centro Poblado de San Pedro de Cumbaza del Distrito de San Antonio de Cumbaza, servirá como parte fundamental de un futuro expediente técnico en favor a su drenaje, asegurando de esta manera la Salubridad y seguridad pública

Para el cálculo de caudales existen una variedad de fórmulas empíricas, en nuestro caso utilizamos dos métodos: Método Racional y Método Mac Math.

Para el diseño de los Drenes, tanto principales como secundarios, se ha tomado el coeficiente del valor de rugosidad como $n = 0.016$ (para cunetas revestidas Tabla N° 05), pudiendo decir que este valor resulta bastante conservado para dar mayor eficiencia y seguridad al momento de realizar los cálculos.

La topografía del lugar ha sido un factor importante para el dimensionamiento hidráulico y el diseño estructural de las obras proyectadas.

RECOMENDACIONES

Recomendamos el uso de esta tesis en calidad de guía para la elaboración de otras similares.

Se recomienda utilizar el método racional y Mac Math, pues considera las intensidades máximas en 24 horas, tomando los valores más representativos, es decir, los obtenidos por el método Mac Math, recomendándose ser utilizado en la ejecución de otros estudios en la región San Martín.

Tener en cuenta al momento de hacer el diseño hidráulico, la velocidad mínima y máxima según el material a usar, que se debe considerar para evitar la sedimentación y la erosión de los elementos de drenaje.

Al momento de determinar la rasante de los elementos de drenaje, fijarse de las cotas de empalme que habrá entre cunetas y colectores, ya que son de dimensiones diferentes.

La entrega de las aguas provenientes del interior de las viviendas originadas por las precipitaciones pluviales debe ser conducida e instalada a las cunetas proyectadas a través de tuberías PVC - SAP, dentro del espacio destinado al borde libre.

Se recomienda a las autoridades locales desarrollar charlas de capacitación a cerca del Mantenimiento de las Cunetas y Alcantarillas para evitar el arrojado de desperdicios, que originan la obstrucción de las cunetas.

Al revestir la cuneta con concreto, se deberá tener cuidado en el acabado de tal manera que se pueda garantizar el valor de $n= 0.016$ y así darle mayor protección a la caja hidráulica, evitando posibles erosiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De León Acosta, E. (2009) *Tesis en investigación sobre “proyecto para la rehabilitación del drenaje pluvial en Motozintla Chiapas”*, (Tesis de grado) Universidad de Chiapas. México.
- Rojas Nayra, P. y Humpiri Pari, V. (2016). *Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación de Software SWMM*. (Tesis de grado) Universidad Nacional del Altiplano. Perú.
- Gálvez Álvarez, H. (2004) *“Planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasaco, Jutiapa”*, (Tesis de grado) Universidad de Tijuana. México.
- Vásquez Berrios, R. (2016) *“Diseño del sistema de alcantarillado pluvial Urbano para la Urbanización Nueve de Abril y sector Los Jardines, Distrito de Tarapoto, Provincia y Región de San Martín”*, (Tesis de grado) Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto. Perú.
- Granda Acha, R. (2004) *“Tesis en análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la urb. Angamos”*, (Tesis de grado) Universidad de Piura. Perú.
- Cámara Peruana De La Construcción. (1997). *“Reglamento Nacional de Construcciones”*. (16 ed.). Perú. Se
- Chereque Moran, Wendor. (1989) *Hidrología. Segunda Impresión*. Lima – Perú.
- Norma OS 060. (2006) *Drenaje pluvial urbano*. Lima – Perú.
- López Cualla, R. (1999) *“Diseño de Acueductos y Alcantarillados”*, (2da ed). Colombia: Alfa Omega Editor, S. A. de CV.
- Marín, C; Menjivar, M. y Zavaleta, J. (2012). *“Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable para uso Didáctico e Investigación”*. (Tesis de pregrado) Universidad del Salvador. El Salvador.
- Merrti, Frederic S. (1987) *“Manual de Ingeniero Civil” Volumen III*, (1era ed). México: Gráficos Monte Alban, S. A. de C. V.
- Monsal Ve Sáenz, Germán. (1999) *“Hidrología en la Ingeniería”*. (2da ed). Colombia: Alfa Omega Grupo Editor, S. A de C. V.

- Morales Uchofen, Walter. (2000) "*Drenaje Vial*", Ciclo de Actualización Académica UNSM/2000 - II/FIC. Tarapoto. Perú.
- Morales Uchofen, Walter. (1990) "*Infraestructura de Riego*", Parte - I. Chiclayo. Perú.
- Ponce V Aldeiglesias, Rosa. (1996) "*Expediente Urbano de Tarapoto*", Informe Final. Tarapoto.
- Ranald V. Giles. (1969) "*Mecánica de los Fluidos e hidráulicas*", (2da ed). Colombia: Me Graw-Hill.
- Reyes Carrasco, Luis. (1992) "*Hidrología Básica*", (1era ed). Lima. Perú.
- Rojas Rubio, Hugo, (2010) "*Manual del Curso de Irrigación y Drenaje*". (1era ed). Chimbote. Perú.
- Rosell Calderón, César A. (1998) "*Irrigación*", (2da ed). Perú. S.e
- Sandoval Salazar. Nestor R. *Apuntes del Curso de Drenaje*. UNSM. Tarapoto. Perú.
- Villaseñor Contreras, Jesús. (1978) "*Proyectos de Obras Hidráulicas*", (2da ed). México Universidad Autónoma Chapingo.
- Villón Bejar, Máximo. (2002) *Hidrología*, (2da ed). Lima. Peru: Editorial Villon.
- Villón Béjar, Máximo. (2005) *Diseño de Estructuras Hidráulicas*. (2da ed). Lima. Peru: Editorial Villon.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 31

Valores críticos de δ_0 del estadístico smirnov kolmogorov " δ " para varios valores de " n " y niveles de significancia " α "

Tamaño muestral n	Niveles de significancia " α "			
	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Anexo 2

Tabla 32

Valores de Y_n y G_n

N	Y_N	G_N
10	0.4952	0.9496
15	0.5128	1.0206
20	0.5236	1.0628
25	0.5309	1.0914
30	0.5362	1.1124
35	0.5403	1.1285
40	0.5436	1.1413
45	0.5463	1.1518
50	0.5485	1.1607
55	0.5504	1.1682
60	0.5521	1.1747
65	0.5535	1.1803
70	0.5548	1.1854
75	0.5559	1.1898
80	0.5569	1.1938
85	0.5578	1.1974
90	0.5586	1.2007
95	0.5593	1.2037
100	0.5600	1.2065

DISTRIBUCION DE VALORES EXTREMOS**TIPO I***Para maximos valores*

$$\varphi = \bar{X} - \left(\frac{S_y}{G_n} \right) * [Y_n + \ln \ln \left(\frac{T_m}{T_{m-1}} \right)]$$

 $\varphi =$ Intensidad maxima de diseno $\bar{Y} =$ Media de los valores de la poblacion $S_y =$ Desviacion estandar de los valores de la poblacion $Y_n, G_n =$ Media y Desviacion estandar en funcion del tamaño de la muestra $T_r(m) =$ Tiempo de retorno de maximo anual $T_r =$ Tiempo de retorno de excedente anua

Anexo 3**Resultados de los análisis de suelos****Calicata N°01****Calicata: C-01 Jr. Pedro Ruiz Gallo Cdra.02****M-1 Prof. (m) 0.10 – 1.50**

Reemplazando en:

$$C = 18.20 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 0.156^\circ$$

$$\gamma_1 = 1.67 \text{ kg/Cm}^3$$

Obteniéndose:

$$N'_c : 13.26$$

$$N'_q : 5.36$$

$$N'_\gamma : 4.18$$

Profundidad de cimentación: $D_f = 1.50 \text{ m.}$ Ancho (B): **1.00 m.**Presión admisible: **0.76 Kg/cm².**

Calicata N°02**Calicata: C-02 Jr. Leoncio Prado Cdra.02****M-1 Prof. (m) 0.10 – 1.50**

Reemplazando en:

$$C = 24.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 0.05^\circ$$

$$\gamma_1 = 1.709 \text{ kg/Cm}^3$$

Obteniéndose:

$$N'_c : 24.60$$

$$N'_q : 12.32$$

$$N'_\gamma : 7.96$$

Profundidad de cimentación: **Df = 1.00 m.**Ancho (B): **1.00 m.**Presión admisible: **1.09 Kg/cm².**

Calicata N°03**Calicata: C-03 Jr. Manco Capac Cdra.02****M-1 Prof. (m) 0.10 – 1.50**

Reemplazando en:

$$C = 17.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 0.15^\circ$$

$$\gamma_1 = 1.678 \text{ kg/Cm}^3$$

Obteniéndose:

$$N'_c : 12.79$$

$$N'_q : 5.06$$

$$N'_\gamma : 3.84$$

Profundidad de cimentación: **Df = 1.50 m.**Ancho (B): **1.00 m.**Presión admisible: **0.71 Kg/cm².**

Calicata N°04**Calicata: C-04 Jr. José Olava Cdra.01****M-1 Prof. (m) 0.10 – 1.50**

Reemplazando en:

$$C = 17.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 0.14^\circ$$

$$\gamma_1 = 1.832 \text{ kg/Cm}^3$$

Obteniéndose:

$$N'_c : 12.71$$

$$N'_q : 5.01$$

$$N'_\gamma : 3.76$$

Profundidad de cimentación: **Df = 1.50 m.**Ancho (B): **1.00 m.**Presión admisible: **0.76 Kg/cm².**

Calicata N°05**Calicata: C-05 Jr. Ramón Castilla Cdra.04****M-1 Prof. (m) 0.10 – 1.50**

Reemplazando en:

$$C = 23.30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 0.09^\circ$$

$$\gamma_1 = 1.612 \text{ kg/Cm}^3$$

Obteniéndose:

$$N'_c : 18.42$$

$$N'_q : 12.32$$

$$N'_\gamma : 7.96$$

Profundidad de cimentación: Df = 1.00 m.**Ancho (B): 1.00 m.****Presión admisible: 0.91 Kg/cm².**

Calicata N°06**Calicata: C-06 Jr. Ramón Castilla Cdra.01****M-1 Prof. (m) 0.10 – 1.50**

Reemplazando en:

$$C = 18.80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 0.12^\circ$$

$$\gamma_1 = 1.746 \text{ kg/Cm}^3$$

Obteniéndose:

$$N'_c : 13.76$$

$$N'_q : 5.69$$

$$N'_\gamma : 4.55$$

Profundidad de cimentación: **Df = 1.50 m.**Ancho (B): **1.00 m.**Presión admisible: **0.82 Kg/cm².**

Calicata N°07**Calicata: C-07 Jr. Perú Cdra.01****M-1 Prof. (m) 0.10 – 1.50**

Reemplazando en:

$$C = 23.40 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 0.06^\circ$$

$$\gamma_1 = 1.602 \text{ kg/Cm}^3$$

Obteniéndose:

$$N'_c : 18.54$$

$$N'_q : 9.03$$

$$N'_\gamma : 8.68$$

Profundidad de cimentación: **Df = 1.00 m.**Ancho (B): **1.00 m.**Presión admisible: **0.88 Kg/cm².**

Anexo 4

Panel Fotográfico



Figura 3. En la imagen se aprecia el Levantamiento topográfico realizado con estación total, para tener una perspectiva más detallada de la zona.



Figura 4. En la imagen se aprecia el Levantamiento topográfico realizado con estación total, en el Jirón Manco Capac.



Figura 5. Levantamiento topográfico realizado con estación total, identificando los postes de luz en el Jirón Leoncio Prado.



Figura 6. En la imagen se aprecia el Levantamiento topográfico realizado con estación total, identificando con detalle cada manzana en el centro poblado donde se realiza el estudio.



Figura 7. En la imagen se aprecia las cunetas construidos empíricamente por los pobladores de la zona.



Figura 8. En la imagen se aprecia la gran diferencia de niveles entre el piso construido y las calles del centro Poblado.



Figura 9. En la imagen se aprecia el levantamiento topográfico con estación total, para obtener datos detallados de dicho lugar, se aprecia la plaza de armas del centro poblado.

Anexo 5
Datos hidrológicos.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU
DIRECCION ZONAL 9

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA
PARA: SEGUNDO BECERRA PEZO
DNI N° 47159960

ESTACION CO "SAN ANTONIO"

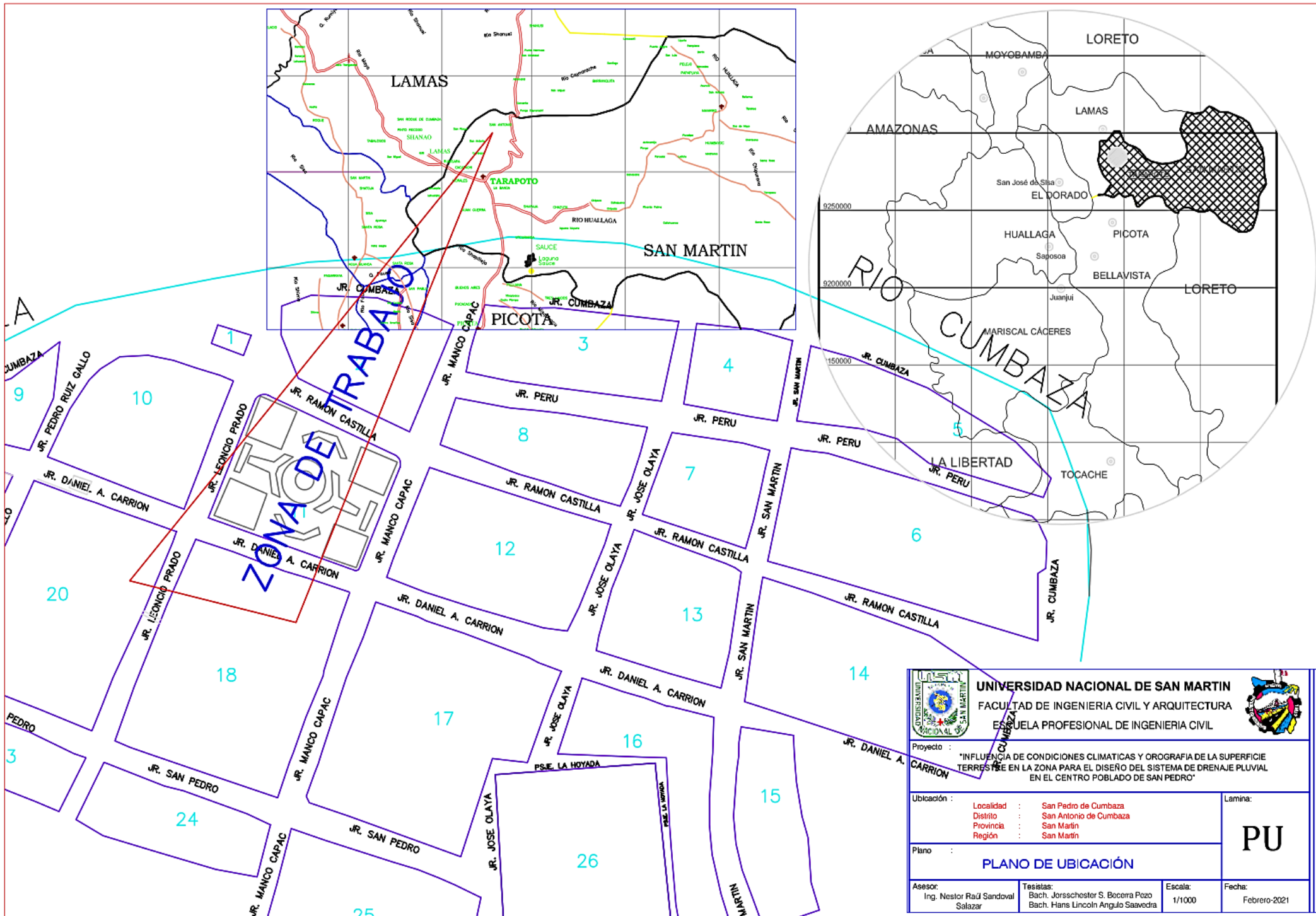
Latitud	: 06° 20'	Departamento	: SAN MARTIN
Longitud	: 76° 18'	Provincia	: SAN MARTIN
Altura	: 430 m.s.n.m.	Distrito	: SAN ANTONIO

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1998	204.2	195.4	169.2	229.4	139.4	210.2	91.6	73.2	164.8	227.6	158.2	165.8	2029.0
1999	198.6	207.4	285.4	92.2	234.8	97.2	115.8	71.6	100.4	76.4	164.4	177.4	1821.6
2000	103.4	140.0	193.6	172.6	63.0	152.4	68.5	76.0	201.5	82.3	60.2	261.5	1575.0
2001	133.5	147.7	235.0	417.1	316.7	106.7	231.1	77.8	167.0	232.4	109.1	286.8	2460.9
2002	54.5	182.5	136.5	183.9	135.4	59.1	269.1	36.1	49.8	190.0	144.3	178.6	1619.8
2003	179.9	173.4	358.0	244.8	174.3	178.9	90.1	86.7	120.8	133.7	158.6	321.0	2220.2
2004	76.1	205.5	203.5	92.5	187.0	185.7	187.3	171.1	109.6	252.7	210.0	79.5	1960.5
2005	76.0	354.5	250.5	268.9	91.6	131.4	88.7	19.0	117.1	224.1	221.9	63.6	1907.3
2006	246.7	178.1	191.3	150.1	119.3	189.1	112.8	81.9	110.1	216.3	140.7	99.3	1835.7
2007	185.0	12.5	280.6	373.4	243.7	26.2	138.5	63.3	166.6	153.4	209.4	93.9	1946.5
2008	87.8	197.8	154.6	105.8	117.1	164.3	78.3	75.6	248.9	152.0	114.9	75.2	1572.3
2009	178.7	243.1	189.3	321.2	218.1	157.5	83.3	194.4	158.7	118.7	175.7	160.5	2199.2
2010	99.7	171.0	127.8	299.1	144.1	111.4	45.7	55.8	50.8	140.0	135.3	133.0	1513.7
2011	117.6	72.4	259.1	167.8	214.3	223.8	137.2	65.6	165.0	230.0	390.5	176.7	2220.0
2012	220.8	84.2	266.6	264.7	140.8	92.7	73.4	34.2	99.1	183.0	121.2	254.2	1834.9
2013	222.5	168.9	235.8	152.2	235.2	123.2	94.2	126.2	177.3	103.7	225.0	139.0	2003.2
2014	228.3	169.7	295.6	157.8	154.7	66.0	123.6	47.3	162.3	199.4	152.2	119.1	1876.0
2015	211.7	235.3	168.9	264.6	160.3	105.1	104.3	79.3	63.6	111.5	151.1	171.0	1826.7
2016	57.2	281.7	347.8	73.8	272.2	99.6	54.7	71.5	63.9	94.4	64.0	142.1	1622.9
2017	241.4	133.0	307.9	175.3	218.6	81.8	59.6	119.3	150.8	109.8	233.5	166.6	1997.6

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.

Anexo 6
Planos



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
Proyecto : "INFLUENCIA DE CONDICIONES CLIMATICAS Y OROGRAFIA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE EN LA ZONA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN EL CENTRO POBLADO DE SAN PEDRO"		
Ubicación :	Localidad : San Pedro de Cumbaza Distrito : San Antonio de Cumbaza Provincia : San Martín Región : San Martín	Lamina :
Plano : PLANO DE UBICACIÓN		PU
Asesor : Ing. Nestor Raúl Sandoval Salazar	Testistas : Bach. Jorrschester S. Bocorra Pozo Bach. Hans Lincoln Angulo Saavedra	Escala : 1/1000
		Fecha : Febrero-2021

