



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño del sistema de drenaje pluvial para la urbanización
los jardines de Avifap etapa I de la ciudad de Piura**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

**Danilo Alonso Morales Yovera
Derian Manuel Zavala Goicochea**

Asesor:
Dr. Ing. Jorge Demetrio Reyes Salazar

Piura, abril de 2024

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

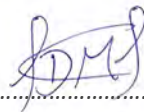
Yo, Danilo Alonso Morales Yovera, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 72423319.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"Diseño del sistema de drenaje pluvial para la urbanización los jardines de Avifap etapa I de la ciudad de Piura"
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis¹ para optar el Título profesional² de Ingeniería Civil.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
 - Derian Manuel Zavala Goicochea, identificado con DNI N° 72175390
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - Dr. Ing. Jorge Demetrio Reyes Salazar, identificado con DNI N° 16477301
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 27/03/2024.



.....
*Firma del autor optante*³

¹ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

² Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³ Idéntica al DNI; no se admite digital, salvo certificado.

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

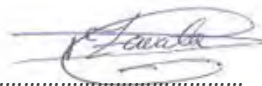
Yo, Derian Manuel Zavala Goicochea, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 72175390.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"Diseño del sistema de drenaje pluvial para la urbanización los jardines de Avifap etapa I de la ciudad de Piura"
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis⁴ para optar el Título profesional⁵ de Ingeniería Civil.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
 - Danilo Alonso Morales Yovera, identificado con DNI N° 72423319
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - Dr. Ing. Jorge Demetrio Reyes Salazar, identificado con DNI N° 16477301
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 27/03/2024.



Firma del autor optante⁶

⁴ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

⁵ Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

⁶ Idéntica al DNI; no se admite digital, salvo certificado.



Agradecimiento

A nuestras familias y a todas las personas que nos han apoyado en el desarrollo y logro de nuestros objetivos.

Resumen

El objetivo de la tesis es plantear un sistema de drenaje pluvial óptimo para la zona que comprende las urbanizaciones Jardines de Avifap I etapa e Ignacio Merino I etapa, las cual se encuentra en una zona de riesgo ante inundaciones provocadas por las lluvias estacionarias y el FEN, la base de estudio de esta tesis es “Estudio de pre factibilidad y factibilidad del Proyecto: Construcción del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la franja central de la ciudad de Piura”.

Para obtener el sistema de drenaje planteado para la zona en estudio, se tuvo en cuenta la topografía del lugar, características de la superficie del terreno, áreas de superficies, longitud de calles y avenidas, la norma de drenaje pluvial urbano en el Perú, información de precipitaciones de la ciudad de Piura, entre otros datos recogidos en campo.

El sistema de drenaje pluvial propuesto para la zona en estudio, consiste en cunetas rectangulares de concreto a lo largo de las calles, cuyo objetivo es transportar las aguas de lluvia hacia el punto más bajo de la cuenca, en este punto estarán ubicados cunetas transversales para acoger todo el flujo proveniente de la cuenca. Desde las cunetas transversales el flujo será derivado por medio de tuberías de poliéster reforzado, hacia el troncal principal, planteado por el estudio del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la franja central de la ciudad de Piura.

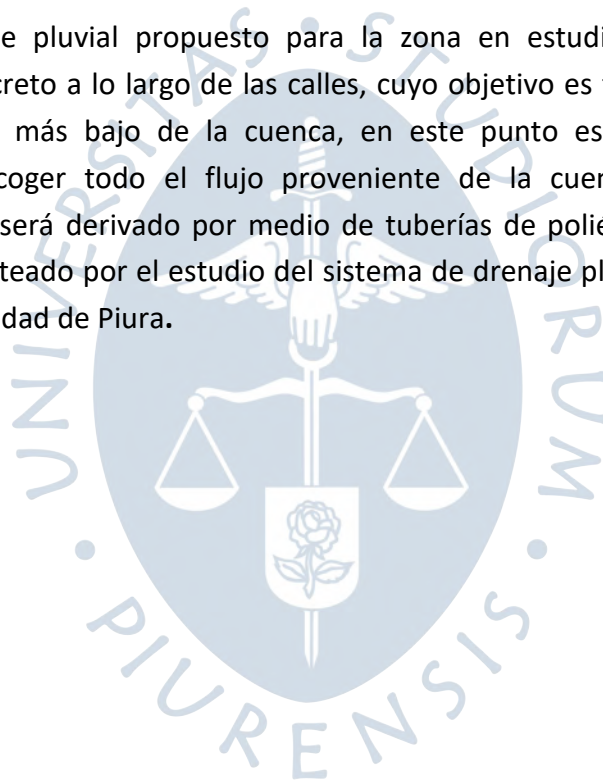


Tabla de contenido

Introducción	13
Capítulo 1	15
Aspectos generales	15
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Planteamiento del problema	19
1.2.1 Identificación del problema	19
1.2.2 Formulación del problema.....	19
1.3 El Fenómeno El Niño	20
1.3.1 Características del Fenómeno El Niño	21
1.3.2 Consecuencias del Fenómeno El Niño	22
1.4 Características de los últimos Fenómenos El Niño experimentados en Piura	22
1.4.1 Fenómeno El Niño 1982 – 1983.....	22
1.4.2 Fenómeno El Niño 1997-1998	24
1.4.3 Fenómeno El Niño Costero 2017	25
1.4.4 Fenómeno El Niño 2023.....	26
1.5 Justificación	27
1.6 Objetivos	28
1.6.1 Objetivo general.....	28
1.6.2 Objetivos específicos	28
Capítulo 2	29
Marco teórico	29
2.1 Antecedentes de investigación	29
2.2 Aspectos hidrológicos.....	29
2.2.1 Método racional.....	29
2.2.2 Coeficiente de escorrentía	30
2.2.3 Periodo de retorno (<i>Tr</i>).....	32
2.2.4 Tiempo de concentración (<i>tc</i>).	32
2.2.5 Intensidad de precipitación	33

2.2.6	Curvas intensidad-duración-frecuencia.....	33
2.2.7	Cuenca urbana	34
2.2.8	Drenaje pluvial urbano.....	35
2.2.9	Diseño de drenaje pluvial	35
2.2.10	Diseño de colectores de aguas pluviales.....	39
2.3	Definiciones básicas	42
Capítulo 3	45
Estudio hidrológico	45
3.1	Ubicación y características de la cuenca en estudio.....	45
3.1.1	Ubicación:	45
3.1.2	Características:.....	45
3.2	Parámetros de diseño	51
3.2.1	Disposición final de las aguas pluviales	51
3.2.2	Estudios de pre factibilidad y factibilidad del Proyecto “Construcción del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la franja central de la ciudad de Piura” (Instituto de Hidráulica Hidrología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, 2009).....	51
3.3	Cálculo de caudales de diseño	57
3.3.1	Área de drenaje y cálculo de coeficiente de escorrentía:	58
3.3.2	Determinación de caudal de diseño	63
Capítulo 4	71
Desarrollo de diseño de drenaje pluvial	71
4.1	Parámetros de diseño y capacidad hidráulica	71
4.2	Diseño de estructuras de captación	75
4.2.1	Cunetas	76
4.2.2	Propuestas de diseño de cuneta.....	81
4.2.3	Evaluación de propuestas	84
4.3	Diseño de cunetas y evacuación final del flujo pluvial	86
4.3.1	Cunetas longitudinales.....	87
4.3.2	Cunetas transversales	92
4.3.3	Eficiencia hidráulica en rejillas transversales.....	94

4.3.4	Tuberías de evacuación de flujo pluvial.....	97
4.3.5	Diseño hidráulico de colectores.....	98
Capítulo 5.....		103
Estimación de impacto en costos y recursos para la ejecución del proyecto planteado		103
5.1	Metrados	103
5.1.1	Metrados de movimiento de tierras.....	104
5.1.2	Metrado de concreto $f'c=210$ kg/cm ² para cunetas	106
5.1.3	Metrado de rejillas.....	107
5.2	Análisis de costo unitario	107
5.3	Presupuesto.....	113
Conclusiones.....		115
Referencias.....		116
Anexos		119
Anexo A: Registro topográfico del levantamiento realizado en la cuenca.....		120
Anexo B: Determinación de áreas tributarias y cálculo de coeficiente de escorrentía.		122
Anexo C: Cálculo de intensidad de escorrentía (I) y caudal producido (Q).		125
Anexo D: Determinación de áreas tributarias y cálculo de coeficiente de escorrentía.		127
Anexo E		130
Planos de dirección de flujo con datos geométricos e hidráulicos de las cunetas por tramos		130
Anexo F		132
Planos del perfil longitudinal de cunetas y corte transversal de vías (PL-01, PL-02, PL-03)		132
Anexo G.....		136
Planos de disposición final de flujo y estructuras de captación en el punto de concentración final (DFF-01).....		136

Lista de tablas

Tabla 1 Evaluación de daños en la infraestructura producidos por el Fenómeno El Niño de 1982-1983.	23
Tabla 2 Registro de caudal de los principales ríos de la costa.....	24
Tabla 3 Registro de daños del Fenómeno El Niño de 1997-1998.....	25
Tabla 4 Estimación de daños, por sector, causados por el Fenómeno El Niño Costero del año 2017.....	26
Tabla 5 Coeficiente de escorrentía para ser utilizado en el Método Racional.....	31
Tabla 6 Coeficiente de escorrentía en áreas no desarrolladas en función del tipo de suelo..	32
Tabla 7 Coeficiente de rugosidad por tipo de material en cunetas.....	38
Tabla 8 Diámetro mínimo de tuberías.....	40
Tabla 9 Coeficiente de rugosidad de Manning por tipo de material.....	41
Tabla 10 Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado.....	42
Tabla 11 Coordenadas UTM del área de localización.....	52
Tabla 12 Área y perímetros de subcuencas.....	65
Tabla 13 Evaluación de tirante normal de canal vía en los tramos más desfavorables.....	76
Tabla 14 Comparación de capacidad de caudal de las vías con caudales producidos por escorrentía y determinación de tramos que requieren cuneta.....	78
Tabla 15 Continuación de la tabla 14.....	79
Tabla 16 Velocidades límites admisibles.....	88
Tabla 17 Diseño de cunetas por tramos.....	89
Tabla 18 Continuación de la tabla 17.....	90
Tabla 19 Dimensiones comunes de las cunetas.....	91
Tabla 20 Dimensiones de cunetas transversales.....	93
Tabla 21 Datos geométricos de estructuras de captación, por metro lineal.....	96
Tabla 22 Rango de eficiencia hidráulica de las rejillas considerando los diferentes caudales de paso y las configuraciones geométricas establecidas en el protocolo de ensayo.....	96
Tabla 23 Tramos donde se ubicarán las tuberías.....	97
Tabla 24 Caudales de diseño con eficiencia hidráulica.....	98
Tabla 25 Coeficiente de rugosidad “n” de Manning según el material de la tubería.....	99
Tabla 26 Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado pluvial (m/s).....	100

Tabla 27 Cálculo de diámetros comerciales de las tuberías a usarse en el diseño pluvial....	101
Tabla 28 Cálculo de caudal a tubo lleno.	101
Tabla 29 Datos obtenidos del software HCanales.	102
Tabla 30 Metrado de cuneta por metro lineal (m) y por sección de cuneta.....	103
Tabla 31 Metrado de cuneta por metro lineal (m) y por sección de cuneta.....	104
Tabla 32 Metrado de volumen de excavación por sección de cuneta.	105
Tabla 33 Metrado de volumen de concreto $f'c=210$ kg/cm ² para cunetas.	106
Tabla 34 Metrado de volumen de volumen de concreto de cunetas.....	107
Tabla 35 Costo de Hora - Hombre en edificaciones vigente al 31 de mayo del 2023.	108
Tabla 36 Costo de Hora - Hombre en edificaciones con bonos de alta especialización (BAE) vigente al 33 de mayo del 2023.	108



Lista de figuras

Figura 1 Ciudad de Castilla y Catacaos tras desborde del Río Piura.	16
Figura 2 Inundación de carretera Sullana-Talara, a causa del FENC del año 2017.....	16
Figura 3 Inundación en calles de urbanización Jardines de Avifap a causa del FENC del 2023.	17
Figura 4 Ubicación de cuenca en estudio en plano de zonificación de la ciudad de Piura	18
Figura 5 Movimiento de los vientos alisios en condiciones normales.	20
Figura 6 Movimiento de los vientos alisios en condiciones de El Niño	21
Figura 7 Mapa de identificación de cuencas ciegas.....	28
Figura 8 Cuenca urbana.	34
Figura 9 Sección transversal de cunetas.....	36
Figura 10 Ecuación de Manning en la determinación de caudales en cunetas triangulares. .	37
Figura 11 Levantamiento topográfico en campo y herramientas topográficas utilizadas.	46
Figura 12 Medición de longitud de tramos de la cuenca.....	47
Figura 13 Registro de campo de nivelación realizada en cuenca.....	48
Figura 14 Trazo inicial de cuenca con dirección de pendiente de tramos.....	49
Figura 15 Trazo final de cuenca, incluyendo tramos contiguos que tienen influencia sobre la cuenca inicial.	50
Figura 16 Punto de concentración final de caudales.....	51
Figura 17 Trazo de conductos abiertos y vías de evacuación planteados en Alternativa 01 de la Etapa de Pre-Factibilidad.....	54
Figura 18 Trazo de conductos abiertos y vías de evacuación planteados en Alternativa 02 de la Etapa de Pre-Factibilidad.....	55
Figura 19 Trazo de conductos abiertos y vías de evacuación planteados en Alternativa 03 de la Etapa de Pre-Factibilidad.....	56
Figura 20 Manzanas y cuadras delimitadas en planta con ayuda del software - Google Earth.	59
Figura 21 Manzanas delimitadas y visualización de áreas verdes.....	60
Figura 22 División de áreas tributarias pertenecientes a la cuenca ubicada en Urb. Los Jardines de Avifap I Etapa e Ignacio Merino.	61
Figura 23 Áreas tributarias por tipo de terreno y por tramos en hoja de cálculo.....	62

Figura 24 Cálculo de coeficiente de escorrentía por tipo de suelo y superficie y coeficiente promedio por tramo.....	63
Figura 25 Subdivisión de la cuenca urbana de la urbanización Los Jardines de Avifap y urbanización Ignacio Merino.....	64
Figura 26 Tramos de subcuenca I.....	66
Figura 27 Tramos de subcuenca II.....	67
Figura 28 Tramo 44-48 de la cuenca I.....	68
Figura 29 Variables hidráulicas en conducto circular.	72
Figura 30 Cálculo de tirante normal para tramo 18-45.	77
Figura 31 Sección compuesta de cunetas triangulares rectangulares.	80
Figura 32 Sección compuesta de cuneta triangular y cuneta rectangular.	81
Figura 33 Sección y dimensiones de cunetas para el tramo 44-46, considerando las condiciones de la primera propuesta planteada.	82
Figura 34 Sección y dimensiones de cunetas para el tramo 44-46, considerando las condiciones de la segunda propuesta planteada.....	83
Figura 35 Perfil longitudinal de superficie de calzada y fondo de cuneta del tramo 44-46....	83
Figura 36 Diseño de cuneta rectangular en tramo 11-15, donde la pendiente del fondo de cuneta es igual a la pendiente longitudinal de la calzada.....	85
Figura 37 Diseño y pre-dimensionamiento de cunetas rectangulares, por tramos.....	86
Figura 38 Diseño de cunetas transversales / tramo 25-41.....	92
Figura 39 Concentración final de flujo pluvial en la zona más baja de la cuenca.....	93
Figura 40 Disposición final del flujo pluvial.....	94
Figura 41 Rejillas transversales continuas.	95
Figura 42 Sección transversal de tubería instalada.	98
Figura 43 Cálculo de tirante normal para tramo 39-41.	102

Introducción

La ciudad de Piura, debido al crecimiento poblacional que ha tenido en las últimas décadas, se ha generado un aumento en la demanda y calidad de los servicios públicos, entre los cuales están el alcantarillado, drenaje pluvial, agua potable, electricidad y transporte.

La característica climatológica de Piura, la clasifica como una ciudad con bajas precipitaciones durante el año, pero con una alta probabilidad de ocurrencia del Fenómeno El Niño (FEN), debido a esto se originan precipitaciones intensas. La ocurrencia del Fenómeno El Niño Costero en la ciudad de Piura y costa del Perú, el año 2017, dejó en evidencia que es necesario contar con un sistema de evacuación de aguas pluviales para evitar grandes daños, tales como destrucción de carreteras, veredas, infraestructura pública, inundaciones de viviendas, colapso del sistema de drenaje, pérdida de cultivos, aparición de enfermedades, contaminación ambiental, etc.

También es importante destacar que la ciudad de Piura se encuentra en una zona con alta probabilidad de inundación y dentro de ella se encuentran cuencas ciegas, las cuales son áreas de depresión topográfica donde las inundaciones son frecuentes en lluvias ordinarias y extraordinarias, y sistemas de drenaje deficientes que requieren de uno integral.

Por estos motivos y con la finalidad de evitar los daños ocasionados por las precipitaciones ocurridas con anterioridad, especialmente los causados por el FEN, se plantea dar como una alternativa de solución y prevención, la presente propuesta de tesis que consiste en el diseño de un sistema de drenaje pluvial para la cuenca extendida entre zonas de Ignacio Merino I etapa y Los Jardines de Avifap I etapa, con una extensión aproximada de 16.3 hectáreas.

Para llevar a cabo el proyecto en mención el trabajo se ha dividido en 5 capítulos. El capítulo 1 "Aspectos generales" se presenta los antecedentes que evidencian el problema presente en la ciudad de Piura debido a la falta de un sistema de drenaje pluvial eficiente; se plantea e identifica el problema de la cuenca en estudio; se explica brevemente las características del Fenómeno El Niño y los efectos producidos en sus últimos eventos registrados en la ciudad de Piura, asimismo, se explican los objetivos de la presente tesis y la justificación de la misma.

El capítulo 2 "Marco Teórico" se presentan los antecedentes de investigación referentes al tema de estudio del trabajo a presentar, también se presenta las bases teóricas para el desarrollo del trabajo de acuerdo a la Norma de drenaje pluvial OS. 060.

El capítulo 3 presenta el estudio hidrológico haciendo uso del método racional, también se explica el cálculo de los parámetros hidrológicos necesarios para el diseño del sistema de drenaje pluvial propuesto. El capítulo 4 presenta el desarrollo de nuestra

propuesta de sistema de drenaje pluvial siguiendo los parámetros presentados en el capítulo 3. Finalmente, en el capítulo 5 se presenta un breve presupuesto para la ejecución del proyecto presentado en esta tesis.



Capítulo 1

Aspectos generales

1.1 Antecedentes

Los eventos producidos en las últimas temporadas de lluvia, reflejaron que la ciudad de Piura no se encuentra preparada para un Fenómeno El Niño (FEN) similar al que se produjo el año 2017 en la ciudad de Piura. Las lluvias son parte de la realidad del país, el agua de lluvias sirve como fuente de los reservorios para aumentar la reserva de agua; para ser aprovechada principalmente en el sector agrícola para cultivos de diferentes productos de la región; sin embargo en las ciudades donde no se ha implementado un sistema de drenaje pluvial, las lluvias intensas y las lluvias producto de Fenómenos El Niño pueden causar malestar a la población debido a que se produce un foco de infección y contaminación por la acumulación de aguas pluviales en las calles que originan la proliferación de bacterias que a su vez traen consigo enfermedades y, por otro lado, también causan el deterioro del pavimento y asfalto de las calles.

En el año 2017 se produjo un evento denominado “Fenómeno El Niño Costero (FENC)” porque este afectó principalmente la costa peruana y está dissociado de El Niño Oscilación Sur (ENSO). Es así que, quedaron evidenciadas las deficiencias de la infraestructura de la ciudad frente a estos eventos. A raíz de esto se produjeron consecuencias muy devastadoras para la población, tales como colapso de redes de agua y desagüe, desborde del río y en consecuencia destrucción de viviendas y carreteras en diferentes lugares de la costa del Perú. También se incrementó la incidencia de las enfermedades infecciosas y epidemias como el dengue, fiebre amarilla, chikungunya y sika.

Piura es una ciudad de clima templado con presencia de lluvias de regular intensidad durante el verano, sin embargo, hay probabilidad de ocurrencia de FEN o FENC. Según el reporte PERC “El Niño Costero: Las inundaciones de 2017 en el Perú” (2017), informó que en enero del 2017 las aguas de la costa peruana se calentaron rápidamente, y las tormentas costeras en las zonas bajas llevaron lluvias intensas a zonas de elevación mucho más bajas de lo normal. Los ríos y arroyos que suelen estar secos se inundaron rápidamente. Además, se produjeron episodios de lluvia constante, inundaciones y deslizamientos de tierra afectaron a muchos ciudadanos, desde Ica hasta la frontera norte con Ecuador, prolongándose por un lapso de tres meses. Por otro lado, la infraestructura crítica también fue comprometida e interrumpió el acceso para llegar a cientos de comunidades y pueblos que necesitaban ayuda urgentemente.

El FENC puso en evidencia la necesidad de un sistema de drenaje pluvial y verificación o reparación del sistema de drenaje pluvial existente, puesto que la presencia de lluvias

intensas que se presenta en épocas extraordinarias a un periodo de tiempo de 10 a 25 años trae como consecuencia calles y ciudades inundadas, desborde de ríos, colapso de agua y desagüe y carreteras intransitables, en Piura el Fenómeno El Niño Costero causó la inundación de ciudades como Catacaos y Castilla (Figura 1), también a causa del incremento del caudal de los ríos, se produjo inundación de carreteras y daños en su infraestructura (Figura 2). En el caso de urbanización Los Jardines de Avifap se evidenció con el ultimo FENC del año 2023 la presencia de una cuenca ciega en la intersección de Av. Aguilar Santiesteban con Av. Las Azucenas (Figura 3).

Figura 1

Ciudad de Castilla y Catacaos tras desborde del Río Piura.



Nota: Adaptado de La República (2019)

Figura 2

Inundación de carretera Sullana-Talara, a causa del FENC del año 2017.



Nota. Adaptado de Perú.com (2017)

Figura 3

Inundación en calles de urbanización Jardines de Avifap a causa del FENC del 2023.

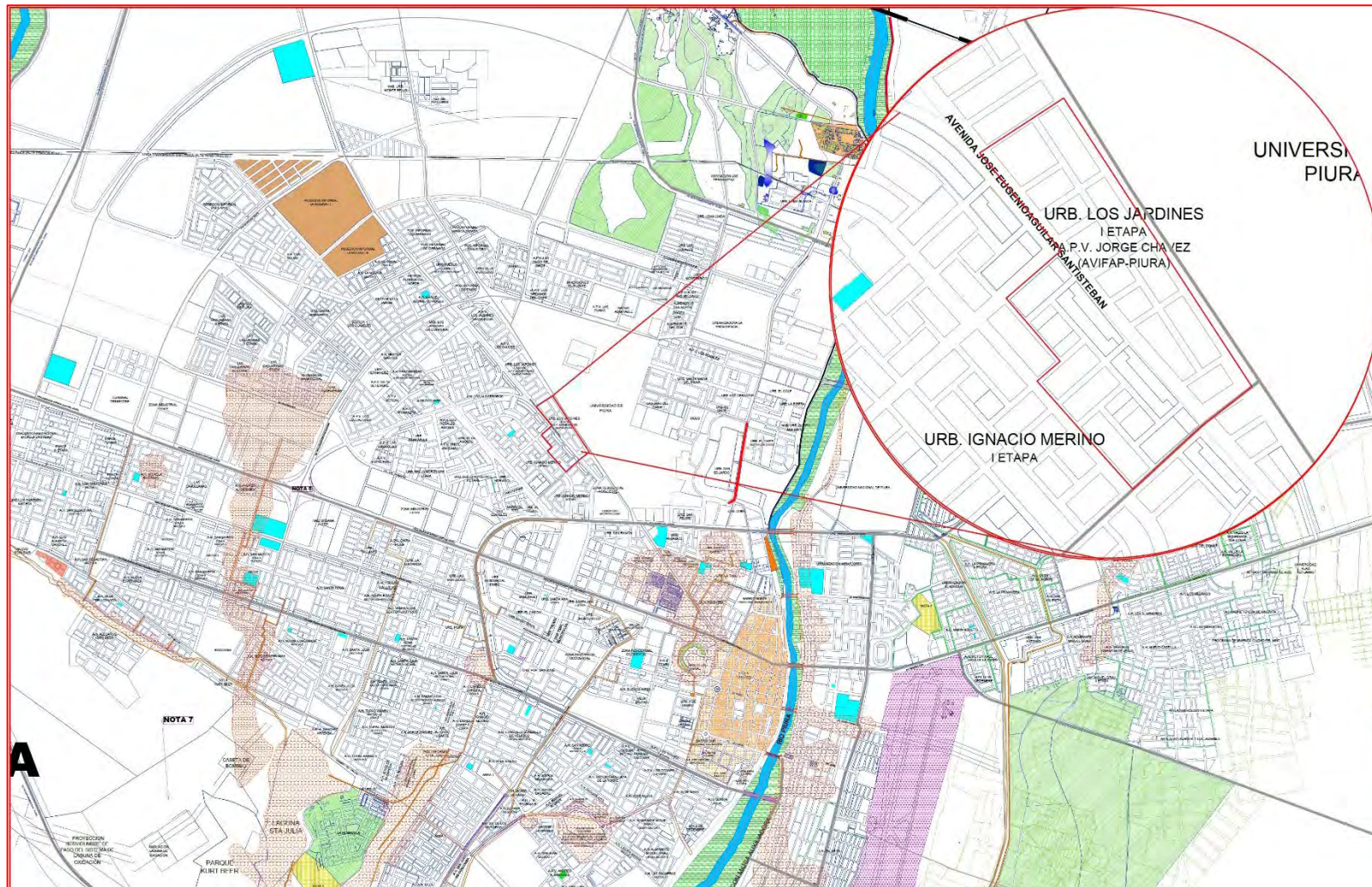


La Universidad de Piura en el estudio de prefactibilidad del proyecto: “Construcción del sistema de evacuación de las aguas pluviales por gravedad en la franja central de la ciudad de Piura” (2010), evaluó alternativas de solución para permitir la evacuación de aguas pluviales de la franja central de la ciudad de Piura, estas alternativas han quedado desactualizadas por el tiempo que ha transcurrido desde su elaboración. Dicho estudio se realizó con el fin de minimizar las inundaciones y mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta zona, así también en este estudio se quedó delimitado 30 cuencas de donde se ha tomado la cuenca en estudio.

En la Figura 4 se muestra la ubicación de la cuenca en estudio en el plano de zonificación de la ciudad de Piura.

Figura 4

Ubicación de cuenca en estudio en plano de zonificación de la ciudad de Piura



Nota. Municipalidad provincial de Piura (2014)

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Identificación del problema

La ciudad de Piura tiene una gran probabilidad de ocurrencia del FEN, tal como se ha evidenciado en los eventos extremos más recientes ocurridos en los años 1982-1983, 1997-1998, 2017 y 2023. No cuenta con un sistema de drenaje pluvial eficiente.

El drenaje que tienen algunas zonas de la ciudad es demasiado antiguo y no tiene la capacidad de evacuar aguas pluviales producidas por lluvias intensas como las producidas por el FEN extraordinario. Sumado al crecimiento y expansión de población y las zonas urbanas, originan que se reduzcan las áreas con gran capacidad de infiltración.

En consecuencia, las aguas de lluvia no pueden ser evacuadas y quedan estancadas en las calles, formando charcos y lagunas que son un foco de contaminación y un peligro para la salud. Asimismo, en eventos extraordinarios la población de Piura se ve afectada con inundación de viviendas, pérdida de bienes materiales, inundación de calles, inundación de sectores agrícolas, colapso de los servicios básicos y colapso de infraestructura de transportes (destrucción de puentes y deterioro de carreteras).

Además de estos daños mencionados se afectan otros sectores económicos del país, como: la escases y dificultades para transportar los productos de primera necesidad hacia los mercados, incrementando el costo de los productos de primera necesidad; menor y difícil tránsito en las vías de acceso a otros distritos o ciudades, aumentando el costo de pasajes y combustible; mayor desempleo debido a los daños causados en industrias y comercios, interrupción de líneas de comunicación, entre otros.

El estudio realizado por la Universidad de Piura denominado "Elaboración de los estudios de Pre Factibilidad y Factibilidad del proyecto: Construcción del sistema de evacuación de las aguas pluviales por gravedad en la franja central de la ciudad de Piura", define a la cuenca Ignacio Merino, cuenca El Chilcal y la cuenca Japón, con seis, ocho y ocho urbanizaciones y asentamientos humanos respectivamente. Estos sectores no cuentan con sistema de drenaje pluvial, por lo que se encuentran vulnerables ante eventos extraordinarios de grandes precipitaciones, teniendo un riesgo alto de que se produzcan inundaciones de las viviendas pertenecientes a estos sectores. El estudio de pre factibilidad y construcción del sistema de drenaje pluvial de la franja central abarca una extensión de 483.48 ha, de las cuales solo poseen drenaje pluvial un 14.37 %. A su vez, dicho estudio ha dividido la franja central en 30 subcuencas de menor dimensión.

1.2.2 Formulación del problema

La urbanización Los Jardines de Avifap etapa I tiene la necesidad específica de un drenaje pluvial eficiente para evacuar las aguas producida por lluvias intensas y

extraordinarias como el FEN, para ello se ha planteado hacer el análisis hidrológico para lluvias extraordinarias con periodo de retorno de 25 años, siguiendo las especificaciones que indica la norma OS.060 (Norma de drenaje pluvial urbano). Teniendo en cuenta que en esta zona de estudio se ha identificado una cuenca ciega sin ser solucionada.

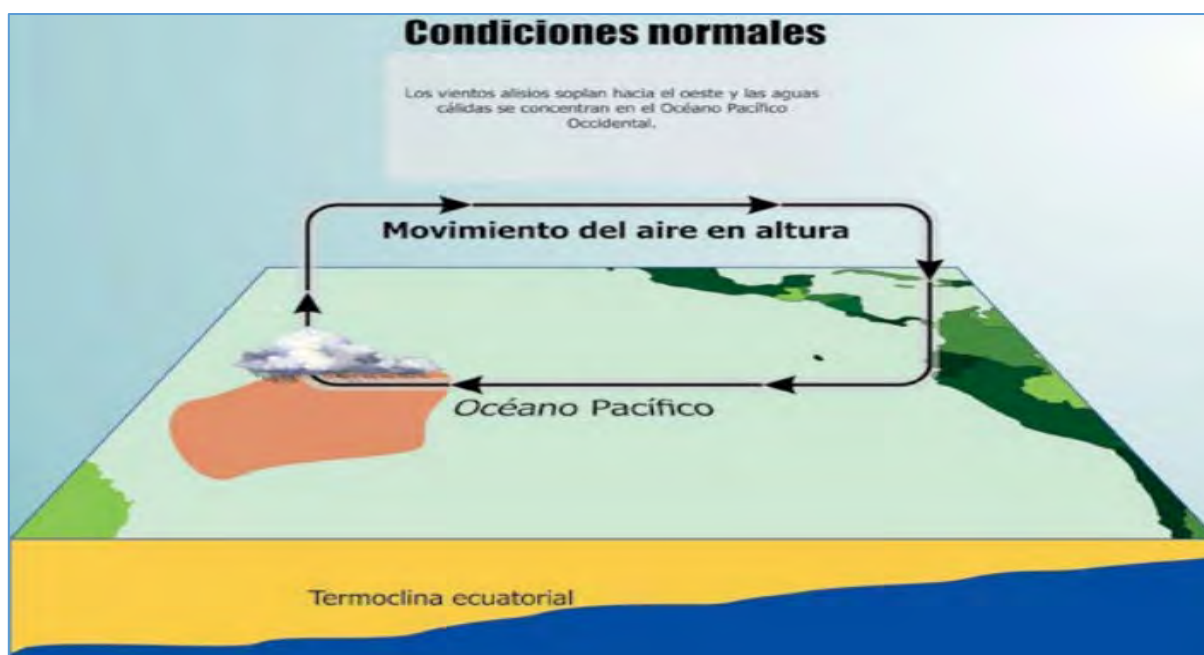
1.3 El Fenómeno El Niño

Según SENAMHI (2014), este evento se produce en el océano Pacífico, con una alteración de la temperatura del mar, presión atmosférica y cambios en la dirección y velocidad de los vientos, causando lluvias en la región tropical del océano Pacífico.

En condiciones normales los vientos alisios, que soplan de este a oeste, acumulan una gran cantidad de agua y calor en la parte occidental de este océano (Figura 5). Sin embargo, durante el Fenómeno El Niño los vientos alisios se debilitan y la máxima temperatura marina se desplaza hacia la zona habitualmente ocupada por la corriente peruana, que es relativamente fría y la mínima temperatura marina se desplaza hacia el Sureste Asiático (Figura 6). Esto provoca el aumento de la presión atmosférica en el sureste asiático y la disminución en América del Sur.

Figura 5

Movimiento de los vientos alisios en condiciones normales.



Nota. SENAMHI (2014)

Figura 6

Movimiento de los vientos alisios en condiciones de El Niño



Nota. SENAMHI (2014)

1.3.1 Características del Fenómeno El Niño

El FEN presenta las siguientes características:

- Incremento de la temperatura superficial de las aguas del mar.
- Incremento de la temperatura del aire y disminución de la presión atmosférica en las zonas costeras.
- Los vientos alisios se debilitan.
- Disminución del afloramiento marino.
- Incremento del nivel del mar en la zona de calentamiento (costa peruana).
- Incremento de nubosidad en época de verano y primavera.
- Colmatación de reservorios.
- Salinización de suelos.
- Destrucción de la infraestructura productiva (canales de irrigación, compuertas, bocatomas, etc.)
- Destrucción de carreteras y colapso de puentes.
- Muerte o migración de especies vegetales y animales.
- Disminución de producción de cultivos como la papa en la sierra por exceso de humedad en los suelos.
- Colapso de los servicios sanitarios.

- Incremento y aparición de enfermedades

1.3.2 Consecuencias del Fenómeno El Niño

El Fenómeno El Niño tiene un impacto importante en la población, ya que este evento trae consigo impactos positivos en la parte agrícola, sin embargo, el desorden de la expansión territorial de las ciudades causa que se produzcan impactos negativos que causan desastre en la población, a continuación, mencionamos los principales impactos del FEN:

- El incremento de lluvias y temperatura favorece al desarrollo de cultivos, como el arroz.
- Las lluvias favorecen a incrementar las reservas de agua para los diferentes cultivos de la región durante el año.
- Incremento de vegetación en zonas áridas, favoreciendo a la ganadería.
- Las lluvias favorecen a recargar los acuíferos.
- Aparición de especies marinas de aguas cálidas.
- Aceleración del retroceso glaciar.
- Pérdida de cultivos y terrenos agrícolas.
- Incremento y aparición de enfermedades como el cólera, el dengue, infecciones estomacales y la malaria, provocando epidemias en algunos casos.
- Pérdidas pesqueras debido al desplazamiento y profundización de cardúmenes de anchoveta, la cual no se puede compensar con la presencia de nuevas especies.

1.4 Características de los últimos Fenómenos El Niño experimentados en Piura

Según investigación recopilada por el SENAMHI (2014), se determinó que en los últimos cinco siglos por lo menos han ocurrido 120 eventos del FEN en el Perú. En la segunda década del siglo XX recién se implementó instrumentos de lectura del clima y equipos meteorológicos en algunas regiones del Perú, lo cual ha permitido tener registro de los últimos eventos FEN experimentados, de los cuales mencionamos algunos fenómenos extraordinarios de gran intensidad, como:

1.4.1 Fenómeno El Niño 1982 – 1983

Se produjo en la costa norte del Perú y sus principales características de este evento fue el incremento en la temperatura mínima de hasta 8 °C en la zona de Chiclayo y +10 °C en Chimbote. Según el reporte de daños de INDECI se registraron lluvias intensas en el norte del Perú desde diciembre de 1982 hasta junio de 1983 ocasionando el incremento de volumen

de agua de los ríos de la costa que trajo consigo grandes inundaciones y pérdidas en diversos sectores económicos, ocasionando un retraso de la economía peruana, se estimó en pérdidas más de mil millones de dólares.

La alteración climática de este fenómeno causó sequías en el sur del Perú y en la región altiplánica, afectando significativamente las actividades económicas de estas regiones. Este fenómeno afectó a 16 departamentos entre ellos Piura y Tumbes, los principales daños de este fenómeno se describen en la Tabla 1.

Tabla 1

Evaluación de daños en la infraestructura producidos por el Fenómeno El Niño de 1982-1983.

Tipo de infraestructura	Daños del FEN
Transporte	2,600 km de carretera dañada
	47 puentes colapsados
	04 aeropuertos con daños severos
Energía	Destrucción de varios tramos del Oleoducto Nor-peruano
	Plantas y líneas de transmisión afectadas, limitando el uso de energía
Vivienda	111,000 viviendas afectadas
	98,000 viviendas destruidas
	45 cisternas de agua potable y desagüe destruidos
	Sistemas de alcantarillado colapsado
Educación	875 centros educativos afectados y destruidos
	269,000 alumnos en Piura y Tumbes afectados por suspensión de clases.
Salud	260 postas y centros de salud afectados
	8,500 muertos de forma directa e indirecta por enfermedades como La Malaria y plagas.
Población	512 fallecidos
	1,304 heridos
	587,120 personas quedaron sin hogar
Agricultura	PBI agropecuario disminuyó en 9.6 %
	PBI agrícola disminuyó en 12.3 %
	PBI pecuario disminuyó en 1.7 %
	Las cosechas de algodón, papa, quinua y otros productos disminuyeron en un 85 %

Nota. Adaptado de INDECI (2019)

1.4.2 Fenómeno El Niño 1997-1998

El Fenómeno El Niño se inició con presencia de lluvias intensas en noviembre de 1997 y finalizó en junio de 1998, que causaron daños catastróficos en diferentes departamentos de la Costa, Sierra y Selva. De acuerdo al consolidado de daños de INDECI se identificó que en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima, Ica y Junín los desastres fueron provocados por inundaciones a causa de desborde de los principales ríos e intensas lluvias, además, en los departamentos de Ancash, Cajamarca, Cusco, Apurímac y Puno los desastres fueron provocados por deslizamientos, huaicos e inundaciones.

En los principales ríos de la costa peruana se produjo un incremento notable de caudales, incluso en algunos casos se triplicaron. La intensidad de lluvia en Piura alcanzó un promedio mensual de 623 mm/m³. En la Tabla 2 se presenta la lectura registrada de caudales durante el evento del Fenómeno El Niño.

Tabla 2

Registro de caudal de los principales ríos de la costa.

Río	Caudal m ³ /s	Fecha de Registro
Tumbes	3712	05 de marzo de 1998
Piura	4424	12 de marzo de 1998
Chicama	1200	Febrero de 1998
Ica	400	21 de enero de 1998
Rímac	200	Febrero - marzo de 1998
Lambayeque	61.1	Mayo de 1998
Jequetepeque	1131	Enero - marzo de 1998
Ramis	310	26 de febrero de 1998
Huancané	70	25 de febrero de 1998
Ilabe	80	13 de febrero de 1998

Nota. Adaptado de INDECI (2019)

En la Tabla 3 se muestra el consolidado y registro de daños producidos por el Fenómeno El Niño, donde Piura fue uno de los departamentos más afectados, la estimación económica en daños alcanzó los mil ochocientos millones de dólares.

Tabla 3*Registro de daños del Fenómeno El Niño de 1997-1998.*

Tipo de infraestructura	Daños	Estimación económica de daños
Transporte,	- 944 km. de carretera destruida	S/. 1,266'082,706
Comunicación,	- 6395 de carretera afectadas	
Vivienda y	- 344 puentes destruidos	S/. 236'506,663
Construcción	- 47,409 viviendas destruidas	
	- 93,691 viviendas afectadas	
Energía y minas	- 30 centrales hidroeléctricas dañadas - destrucción de las centrales Aricota (Tacna) y Machu Pichu (Cusco)	S/. 236'506,663
Educación	- 216 centros educativos y destruidos - 740 centros educativos con daños severos de su infraestructura	S/. 597'604,334
Salud	- 69 locales de salud destruidos - 740 locales de salud con serios daños en su infraestructura.	S/. 173'078,397
Agricultura	- 74,195 has. De cultivo destruidos - 131,000 Ha. De cultivo afectados - 10,540 cabezas de ganado fueron perdidas	S/. 701'731,736

Nota. Adaptado de INDECI (2019)

1.4.3 Fenómeno El Niño Costero 2017

Este fenómeno tuvo una duración aproximada de tres meses, según Venkateswaran, K., MacClune, K. and Enríquez, M.F. (2017), las inundaciones causaron la muerte de 162 personas y afectaron a más de un millón de personas, además causaron daños en cientos de miles de hogares; también se produjeron daños en la infraestructura de transportes y comunicaciones, daños en la agricultura, vivienda y salud.

En la Tabla 4 se muestra la estimación de daños por infraestructura causados por el Fenómeno El Niño Costero.

Tabla 4

Estimación de daños, por sector, causados por el Fenómeno El Niño Costero del año 2017.

Sector / infraestructura	Daños
Población	162 muertos
	1.08 millones de personas afectadas
Transporte, Comunicación,	4,931 km de vías afectadas viviendas destruidas
	881 puentes dañados
	489 puentes totalmente destruidos
Vivienda y Construcción	38,728 viviendas colapsadas
	372,020 viviendas dañadas
	27,635 viviendas totalmente destruidas
Educación	2150 centros educativos con daños en su infraestructura
Salud	726 locales de salud dañados.
Pérdida total en dólares americanos	3.9 mil millones de dólares

Fuente. Adaptado de Venkateswaran, K., MacClune, K. and Enríquez, M.F. (2017)

1.4.4 Fenómeno El Niño 2023

Este evento tuvo una duración aproximada de cuatro meses, inició desde la primera semana de enero y se extendió hasta fines de abril del 2023, este FENC vino acompañado con la presencia del ciclón Yaku, un fenómeno de características tropicales no organizado (Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología, 2023), ocasionó lluvias intensas que desencadenaron inundaciones, desborde de ríos y activación de quebradas en diferentes zonas de nuestro país.

Las consecuencias de este fenómeno fueron: miles de familias damnificadas, 61 muertos, 57 heridos, 12 200 damnificados y 49 111 afectados (La República, 2023) Adicionalmente, se registraron múltiples pérdidas de vida y salud, bienes materiales y daños en infraestructura. Al 13 de abril del 2023 se contabilizaron en la región Piura, 15 fallecidos, 8499 damnificados, 1026 aulas afectadas, 65 aulas destruidas, 778 viviendas destruidas, 2187 viviendas inhabitables, 143 centros de salud afectados, 27 puentes destruidos y más de 70 km de carreteras destruidos (INDECI, 2023).

1.5 Justificación

La propuesta de diseño del sistema de drenaje pluvial para la cuenca ubicada entre las urbanizaciones Ignacio Merino I etapa y Jardines de Avifap etapa I, se plantea debido a que en esta área no se ha considerado un sistema de drenaje pluvial urbano. La presencia de lluvias en épocas de verano origina que muchas calles se vean afectadas, porque al no contar con estructuras de evacuación estas aguas discurren por el pavimento hacia las zonas bajas de la cuenca. El problema se presenta en los tramos de cuenca donde la pendiente es casi nula o presenta contrapendiente, causando la formación de charcos y lagunas (Figura 3) que permiten el crecimiento de microbios y bacterias dañinos para la salud. Otro factor que también se tiene en cuenta es el deterioro y destrucción de los pavimentos, como consecuencia de quedar expuestos al agua demasiado tiempo.

El diseño de drenaje pluvial de la presente tesis está centrado en la zona mencionada en el párrafo anterior, debido a que en ésta se encuentra una cuenca ciega, la cual aún no ha sido atendida en su totalidad. El sistema de drenaje pluvial se está diseñando proyectándose con la pavimentación de todas sus calles y avenidas; la proyección de pista pavimentada se hace específicamente en la prolongación Sullana debido a que esta calle se encuentra con una pavimentación totalmente deteriorada, a lo largo de la cuenca en estudio.

En entrevista, hecha en el año 2020, a quienes eran en ese periodo el jefe del COEP (Centro de Operaciones de Emergencia Provincial), Eduardo Arbulú; el gobernador regional, Servando García; y el gerente municipal del distrito Veintiséis de Octubre, Wilfredo Rodríguez, coincidieron en que debido al desorden en que las empresas inmobiliarias construyen obras, las cuencas ciegas podrían aumentar en un corto plazo; debido a que se construyen edificios sin considerar espacios de evacuación de aguas de lluvia, como ocurre en las urbanizaciones Los Rosales, El Golf y otras zonas cercanas, donde el agua que se acumula no puede ser evacuada directamente hacia el río Piura. A la fecha de enero del 2020 se tenían un poco más de cien cuencas ciegas identificadas en la ciudad de Piura (Figura 7). (Chapa, 2020)

Figura 7

Mapa de identificación de cuencas ciegas.



Nota. Adaptado de Chapa (2020)

1.6 Objetivos

1.6.1 *Objetivo general*

Plantear un diseño óptimo de un sistema de drenaje pluvial que se pueda implementar en la cuenca ciega ubicada entre la urbanización Los Jardines de Avifap etapa I y urbanización Ignacio Merino de la ciudad de Piura, para evacuar las aguas generadas por las precipitaciones estacionales y las del FEN global o costero.

1.6.2 *Objetivos específicos*

- Realizar el estudio hidrológico para el diseño óptimo del sistema de drenaje pluvial de la cuenca ciega ubicada entre la urbanización Los Jardines de Avifap etapa I y urbanización Ignacio Merino de la ciudad de Piura.
- Realizar un estudio topográfico para determinar los parámetros necesarios y adecuados para el diseño óptimo del sistema de drenaje pluvial.
- Dar una alternativa de solución al problema presente de cuenca ciega ubicada entre la urbanización Los Jardines de Avifap etapa I y urbanización Ignacio Merino de la ciudad de Piura.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Antecedentes de investigación

El incremento poblacional del distrito de Piura ha originado una expansión territorial de la ciudad, ocupando espacios que antes eran llanos, y además eran zonas que por su topografía y sus características del suelo favorecían a la infiltración de las aguas de lluvia. La construcción de viviendas y carreteras ha cerrado el pase del escurrimiento natural de aguas de lluvia y evita la infiltración del agua; esto a causa de que al construir viviendas y asfaltar o pavimentar las calles estas zonas disminuyen considerablemente la permeabilidad del terreno, provocando que las aguas de lluvia tomen una dirección nueva de escurrimiento que en muchos casos ocasiona que las aguas pluviales queden entrampadas en cruces de avenidas sin llegar a un desagüe determinado, dando origen a cuencas ciegas.

En el estudio “Análisis hidrológico para el diseño de drenaje pluvial urbano en el sector Parco chico, ciudad de Pomabamba, Ancash – Perú” (Escudero, Pérez, 2019), se diseñó un sistema de drenaje pluvial a partir del análisis hidrológico realizado en la Ciudad de Pomabamba. Realizando el diseño del sistema de drenaje pluvial para un periodo de 10 y 25 años, haciendo comparación en cuanto a costo de materiales para ambos casos.

En el artículo “Aumentan a cien las cuencas ciegas” (Chapa, 2020), detalla que el desorden en las construcciones está generando la aparición de más cuencas ciegas por el bloqueo de su desfogue natural, así mismo indica que esto se debe a las edificaciones que se construyen sin considerar espacios para la evacuación de aguas de lluvia.

En el estudio “Diseño de drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura” (Hernández, 2018), plantea una evaluación al problema de inundación ante la presencia del FEN así mismo se plantea un sistema de evacuación adecuado teniendo en cuenta las características topográficas e hidrológicas de la cuenca estudiada, realizando un análisis de los efectos producidos sobre la cuenca y evaluando el impacto generado por la ejecución de tal proyecto.

2.2 Aspectos hidrológicos

2.2.1 Método racional

Según Huamán Vidaurre (2012), este método plantea que, al ocurrir una precipitación de intensidad uniforme, tanto en el tiempo como en el espacio, sobre un área determinada, se llegará a un momento en el que la cantidad de agua que ha caído en dicha área sea igual a la cantidad que sale; siempre que ésta sea impermeable. Todo esto ocurrirá en una duración conocida como tiempo de concentración (tc).

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Siendo:

Q = Caudal máximo de diseño (m^3/s).

C = Coeficiente de escorrentía superficial.

I = Intensidad media (mm/h).

A = Área de drenaje (ha).

Consideraciones y suposiciones del método:

- Asume proporcionalidad directa entre la escorrentía y la precipitación, lo cual no es algo que pase en la realidad debido a que intervienen otros factores como la previa humedad que tiene el suelo antes de la precipitación, entre otros más.
- Idealiza que la precipitación es de constante intensidad en el tiempo y que se produce de forma constante en toda el área de la cuenca, lo cual solo ocurre en lluvias de corta duración y en cuencas de pequeña área respectivamente.
- Asume mismo periodo de retorno del caudal máximo que el de escorrentía de intensidad media.
- Da un único valor de caudal pico y no el hidrograma de la creciente de diseño.

2.2.2 Coeficiente de escorrentía

Según Huamán Vidaurre (2012), este es un valor adimensional, el cual se encuentra en función a la pendiente del terreno, tipo de suelo, grado de permeabilidad de la zona, entre otros factores que determinan que parte de la precipitación se convierte en escorrentía.

Para zonas de drenaje que incluyan sub áreas con diferentes coeficientes de escorrentía, el valor de C deberá obtenerse como el promedio ponderado con las respectivas áreas, como se muestra a continuación:

$$C = \frac{c_1 \cdot A_1 + c_2 \cdot A_2 + \dots + c_n \cdot A_n}{\Sigma A_i} = \frac{\Sigma(c_i \cdot A_i)}{A_t}$$

Siendo:

C = coeficiente de escorrentía promedio.

c_i = coeficiente de escorrentía parcial.

A_i = área parcial de intervención.

A_t = área total de drenaje.

Según Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017), para C existen diversos valores según el tipo de superficie en que nos encontremos, estos los podemos observar en la Tabla 5 y 6:

Tabla 5

Coeficiente de escorrentía para ser utilizado en el Método Racional.

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas urbanas							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95	1
Concreto / techos	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97	1
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.4	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.3	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	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Condición buena (cubierta de pasto mayor al 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	0.4	0.44	0.47	0.51	0.58
AREAS NO DESARROLLADAS							
Área de cultivos							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.57
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.6
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	0.3	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	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
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	0.4	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Nota. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017)

Tabla 6

Coefficiente de escorrentía en áreas no desarrolladas en función del tipo de suelo.

Topografía y vegetación	Tipo de suelo		
	Tierra arenosa	Limo arcilloso	Arcilla pesada
Bosques			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Pronunciado	0.30	0.50	0.60
Pradera			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Pronunciado	0.22	0.42	0.60
Terrenos de cultivo			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Pronunciado	0.52	0.72	0.82

Nota. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017)

2.2.3 Período de retorno (T_r)

Es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica. En su elección influyen factores como la importancia y magnitud del proyecto, los riesgos y posibles daños que ocurrirán en la zona de estudio debido a las precipitaciones (Chow, Maidment, & Mays, 2000).

2.2.4 Tiempo de concentración (t_c).

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2012), 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, ya que una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración; también de su pendiente, debido a que, una mayor pendiente produce flujos más veloces y un menor tiempo de concentración; etc.

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

$$t_c = t_e + t_f$$

Siendo:

t_c = tiempo de concentración.

t_e = tiempo de entrada de la escorrentía.

t_f = tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés.

El tiempo de entrada cuando no hay presencia de alcantarillas o canales se puede hallar por medio de la observación experimental en campo o por medio de las fórmulas indicadas en la norma OS 060.

Mientras que el tiempo de fluencia se puede hallar con la fórmula siguiente:

$$t_f = \sum \frac{L_i}{V_i}$$

Donde:

L_i = Longitud del i-ésimo conducto a lo largo del flujo (m).

V_i = Velocidad del flujo en el conducto (m/s).

Se debe considerar que el tiempo de concentración será el mayor valor de las distintas rutas de flujo que llegan al punto final de interés; además, dicho valor debe ser mayor que 10 minutos.

2.2.5 Intensidad de precipitación

Según Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017), la intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de la lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto, y cuyo periodo de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje. Es decir, que para determinarla usando la curva intensidad – duración – frecuencia (IDF) aplicable a la zona urbana del estudio, se usa una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, y la frecuencia igual al recíproco del periodo de retorno del diseño de la obra de drenaje. Su valor se obtiene por medio de las curvas IDF propias de cada zona a analizar.

2.2.6 Curvas intensidad-duración-frecuencia

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2012), son un elemento de diseño que relación la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

La información para realizar estas curvas se puede obtener a través de pluviómetros o pluviógrafos presentes en los lugares de estudio; siendo los pluviógrafos la herramienta más conveniente ya que brinda las curvas de forma directa, mientras que la información brindada por los pluviómetros debe ser procesada empleando métodos como patrones de distribución de precipitación en el tiempo, ecuaciones de intensidad de precipitación, etc.

Asimismo, se puede calcular la intensidad de la precipitación del diseño, para una duración y período de retorno determinado, a través de las curvas IDF del “Estudio de la hidrología del Perú” y la expresión siguiente:

$$i_{t,T} = \frac{P_{24,T}}{t_g} * \left(\frac{t+b}{t_g+b}\right)^{n-1}, \text{ para: } t \leq t_g$$

Donde:

$P_{24,T}$: Precipitación máxima en 24 horas para T años de período de retorno, estimado para el sitio.

t: Duración en horas.

t_g : Duración con la cual se iguala la precipitación de 24 horas, en promedio 15,2 horas para el Perú.

b y n: Parámetros de tiempo y de duración, respectivamente.

2.2.7 Cuenca urbana

Este tipo de cuenca se centra en el ámbito poblacional, considerando el flujo que discurre por las calles y avenidas de la ciudad. Su estudio es de mucha importancia para el diseño del drenaje pluvial urbano. Según Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017), la cuenca es una superficie sobre la cual actúan las aguas pluviales y discurren o drenan hacia una corriente en un lugar determinado (Figura 8)

Figura 8

Cuenca urbana.



2.2.8 Drenaje pluvial urbano

Según Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017), el drenaje urbano es un sistema de drenaje que tiene por objetivo el manejo racional del agua de lluvia en las ciudades siguiendo criterios urbanísticos, para evitar daños en las edificaciones y obras públicas, así como la acumulación del agua que pueda constituir focos de contaminación y/o transmisión de enfermedades. Este puede ser menor o mayor:

- Drenaje urbano menor: Sistema de drenaje pluvial conformado por alcantarillado diseñado para evacuar caudales que se presentan con una frecuencia de 2 a 10 años.
- Drenaje urbano mayor: Sistema de drenaje pluvial diseñado con la finalidad de evacuar caudales que se presentan con poca frecuencia y que, además de utilizar el sistema de drenaje menor, usa las pistas delimitadas por los sardineles de las veredas, como canales de evacuación.

2.2.9 Diseño de drenaje pluvial

Según Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017), cuando se va a diseñar es necesario conocer los límites con respecto a los valores que se planean para verificar la viabilidad de estos y así tomar una adecuada decisión.

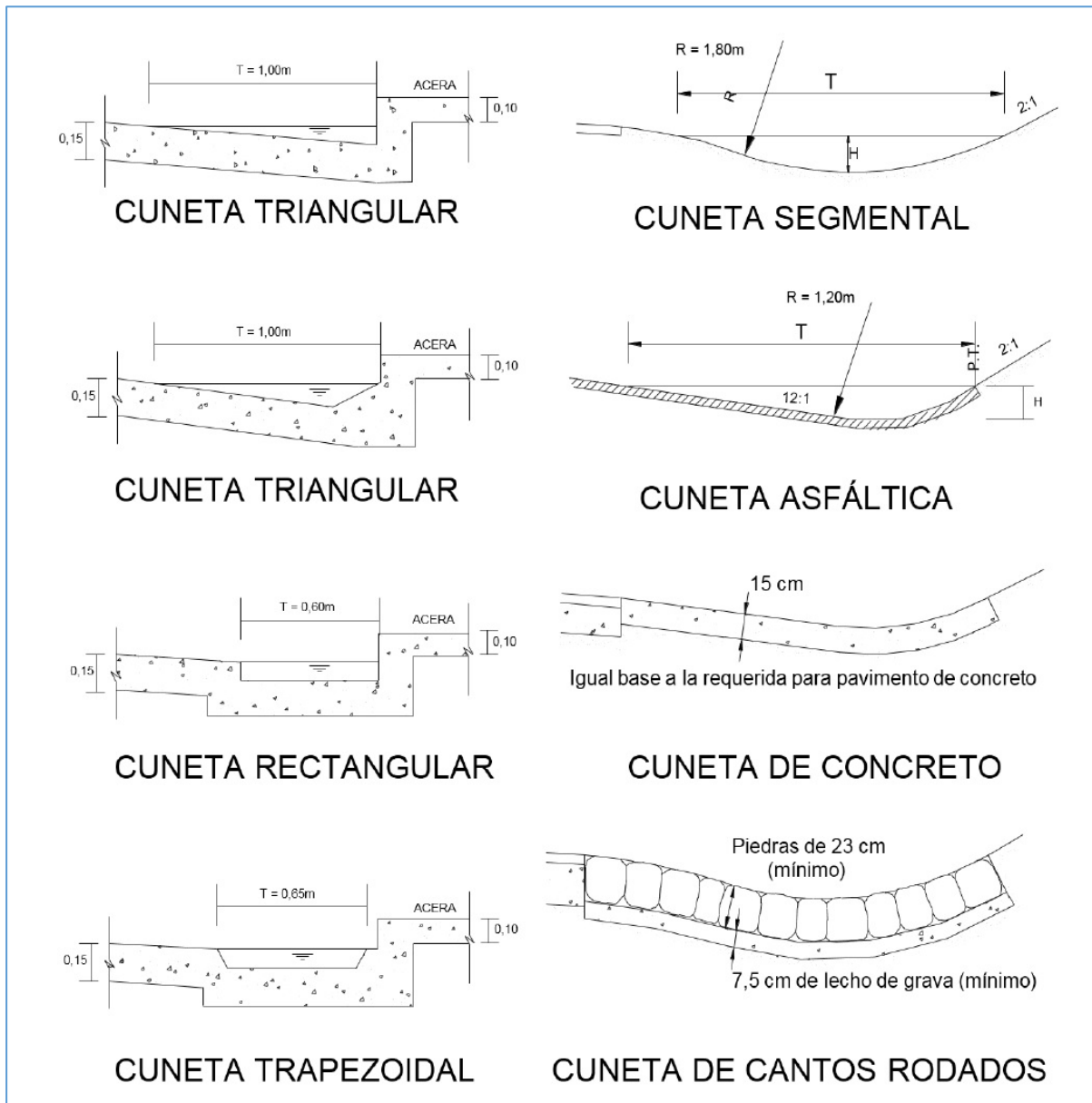
Para este proyecto se emplearán los datos establecidos por el Ministerio de Vivienda (2017) en la sección correspondiente a colectores en "Captación y transporte de aguas pluviales de calzada y aceras" del capítulo 6 de la Norma OS. 0.60.

2.2.9.1 Estructuras de captación. Es la estructura que permite la entrada de las aguas hacia el sistema pluvial, tales como cunetas, sumideros, entradas y rejillas. Además de esto existen los sistemas de captación domiciliaria que evacúan hacia las calles o avenidas para ingresar al sistema de drenaje pluvial.

2.2.9.2 Cunetas. Según Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017), es aquella estructura hidráulica descubierta, estrecha y de sentido longitudinal que permite el transporte de aguas de lluvia, generalmente situada al borde de la calzada.

Las cunetas poder ser clasificadas según su sección transversal (Figura 9):

- Sección circular
- Sección triangular
- Sección trapezoidal
- Sección compuesta
- Sección en V

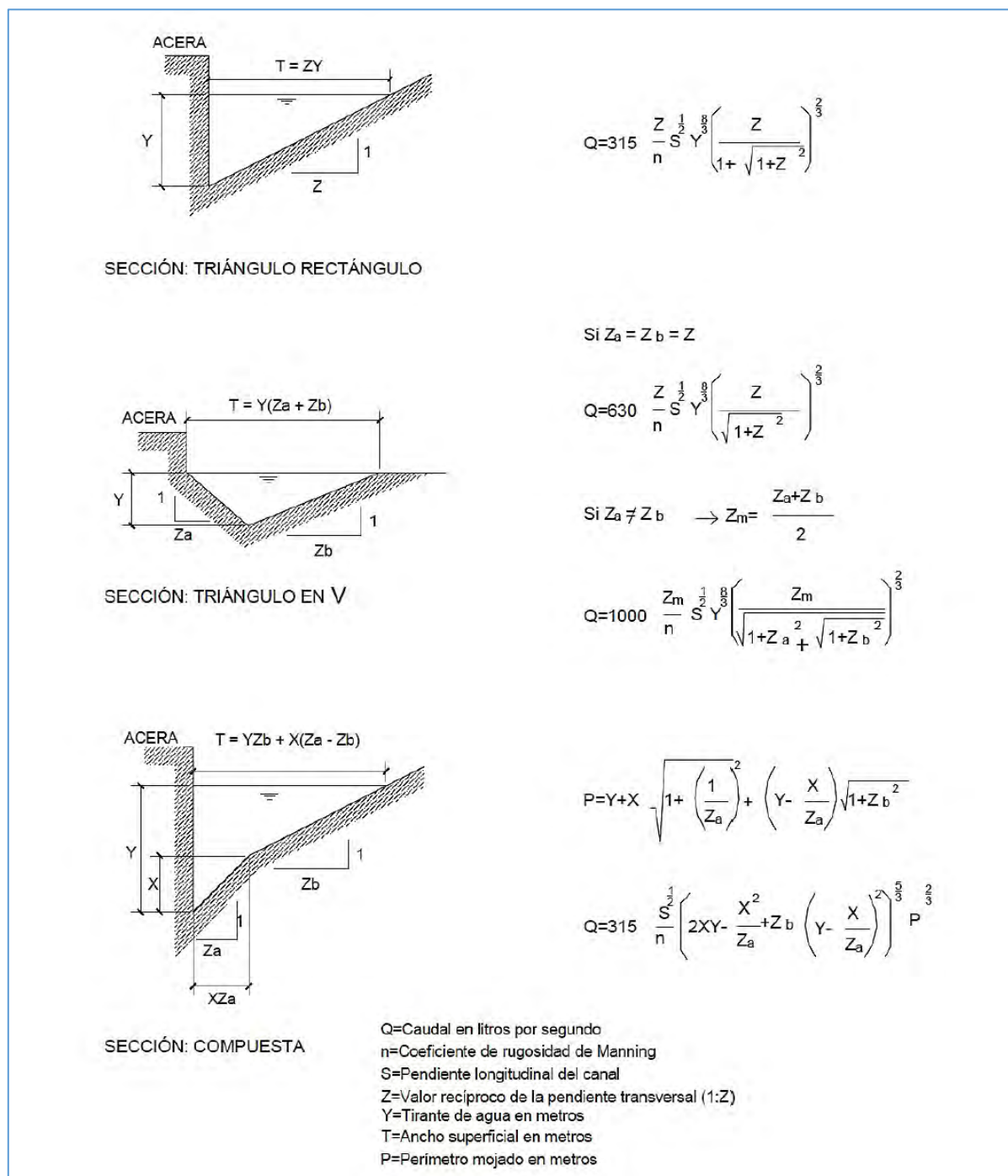
Figura 9*Sección transversal de cunetas.*

Fuente: Adaptado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017)

Generalmente las cunetas tienen sección transversal en forma de triángulo rectángulo, formando el lado vertical con el sardinel. La hipotenusa es parte de la pendiente recta del pavimento. En la Figura 10 se muestra detalles de los tipos de cuneta de sección triangular y la adaptación de la ecuación de Manning para determinar el caudal que por ellas puede discurrir.

Figura 10

Ecuación de Manning en la determinación de caudales en cunetas triangulares.



Nota. Adaptado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017)

La norma OS.060 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017), también establece que el ancho máximo superficial (T) del agua sobre la pista dependerá del tipo de vía: En vías principales de alto tránsito, será igual al ancho de berma y en vías secundarias de bajo tránsito, será la mitad de la calzada.

El coeficiente de rugosidad depende del tipo de material empleado para el acabado de las cunetas de las calles y berma central (Tabla 7).

Tabla 7

Coeficiente de rugosidad por tipo de material en cunetas.

Cunetas de las Calles	Coeficiente de Rugosidad N
a. Cuneta de Concreto con acabado paleteado	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

Nota. Adaptado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017)

2.2.9.3 Rejilla. Según la norma OS 060 del (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017), son estructuras metálicas con aberturas uniformes, su función es retener los desechos sólidos en la superficie por donde fluyen las aguas pluviales y evitar que ingresen al sistema de aguas pluviales. Se clasifican teniendo en cuenta dos consideraciones:

- **Por el tipo de material.** - según el tipo de material que están hechas pueden ser de fierro fundido o fierro laminado.
- **Por su posición.** - por su posición con respecto al sentido de desplazamiento principal del flujo, pueden ser: de rejilla horizontal, vertical y mixta (horizontal y vertical).

Las rejillas se pueden adaptar a la geometría, además pueden enmarcarse en figuras rectangulares, cuadradas y circulares. Asimismo, las que más se usan para sistemas de drenaje pluvial son las rectangulares, y por su proceso de fabricación industrial se fabrican en dimensiones de 60 mm x 100 mm y 45 mm x 100 mm (24"x 40" y 18" x 40").

2.2.9.4 Estructuras de transporte y evacuación. Es aquella estructura que permite la evacuación de aguas pluviales, recogiendo las aguas pluviales acumuladas en las estructuras

de captación para evacuarlas hacia las zonas de descarga. Estos sistemas de evacuación se pueden dar por gravedad cuando se puede descargar libremente hacia el depósito de drenaje y se usa sistema de bombeo cuando no es posible la evacuación por bombeo.

Existen estructuras para la evacuación de aguas lluvia; para aquella agua acumulada en azoteas y techos de viviendas se utilizan montantes por el cual se evacua el agua hacia jardines, patios sin revestimiento o en muchas ocasiones hacia las calles; así también hay estructuras de evacuación del agua de lluvia proveniente de viviendas y el agua que escurre por las calles o a través de cunetas es llevado hacia las estructuras de captación, donde es evacuado a través de conductos cerrados como tuberías o abiertos como canales.

2.2.9.5 Estructuras de unión y mantenimiento. Estas estructuras están diseñadas para unir dos o más conductos que no tienen acceso desde la superficie y pasan por una misma intersección, evitando que se produzca turbulencia en el escurrimiento y permitiendo una transición suave del flujo. Los conductos que se unen pueden tener diferente diámetro, diferente material o dirección, además estas estructuras sirven como cámaras de inspección para realizar mantenimiento, por ello deben tener una abertura suficiente para que ingrese una persona.

2.2.9.6 Estructuras de descarga. Son aquellas estructuras colocadas al final del sistema de drenaje que permiten la descarga segura y libre hacia la zona de recepción final, la función de estas es proteger el tramo final de los daños que pueda causar la corriente del flujo y asegurar una descarga continua.

2.2.9.7 Disposición final. Es la disposición última de las aguas pluviales que son captadas por el sistema de drenaje, no representa una estructura en sí, pero representa una parte muy importante del sistema de drenaje. La disposición final de las aguas pluviales debe ser definida desde el diseño del proyecto para evitar posibles daños que se pueden presentar por la descarga de las aguas pluviales en zonas no aptas o sin capacidad suficiente para cumplir esta función, además a partir de esto se puede generar u ocasionar problemas en el medio ambiente.

2.2.10 Diseño de colectores de aguas pluviales

El alcantarillado pluvial está conformado por un conjunto de colectores que pueden ser subterráneos o a través de canales que permite evacuar aguas superficiales producto de las lluvias, siendo captada a través de sumideros en las calles y conexiones domiciliarias para ser conducidas hacia una red de conductos subterráneos que aumentan su diámetro a medida que el área de drenaje aumenta, descargando al punto más cercano de un curso de agua avanzando en dirección de la disposición final, por ello no es necesario tuberías de gran longitud.

Para el diseño de las tuberías a utilizar en el sistema de colectores pluviales se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Ubicación y alineamiento**

Se debe evitar instalar colectores bajo calzadas y bermas, en caso de que no se pueda evitar ubicar colectores bajo la calzada, se deberá prever la instalación de registros con accesos ubicados fuera de los límites determinados por la berma. Los quiebres producidos por deflexiones alineamiento deberán tomarse con curvas circulares, estas deflexiones no deben exceder de 10r, si se necesita de mayor longitud se deberá emplear cámaras de registro en esos puntos.

- **Diámetro de tubos**

La norma OS.060 establece los diámetros mínimos de tubería los cuales se aprecian en la Tabla 8, por otra parte, el diámetro máximo estará limitado por el tipo de material con que se fabrican.

Tabla 8

Diámetro mínimo de tuberías.

Tipo de Colector	Diámetro Mínimo (m)
<i>Colector Troncal</i>	0.5
<i>Lateral Troncal</i>	0.4
<i>Conductor Lateral</i>	0.4

Nota. Adaptado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017)

- **Resistencia**

La norma OS.060 establece que las tuberías utilizadas en colectores pluviales deben cumplir con las especificaciones de resistencia de las Normas Técnicas Peruanas NTP que se encuentren vigentes o normas internacionales como la ASTM, AWWA o DIN, dependiendo del país de donde procedan dichas tuberías.

- **Selección de tipo de tubería**

Se tendrán en cuenta las consideraciones establecidas en las normas técnicas vigentes del NTP peruano. Los materiales utilizados en los alcantarillados son el amianto cemento, fundición de grafito esferoidal, cloruro de polivinilo (PVC), poliéster reforzado con fibra de vidrio PRFV, hormigón centrífugo o pretensado.

- **Altura de relleno**

La profundidad mínima a la clave de la tubería desde la rasante de la calzada debe ser de 1 m. Serán empleadas las recomendaciones establecidas en la Norma Técnica Peruana NTP o las establecidas en las normas ASTM o DIN.

- **Diseño hidráulico**

Los colectores pluviales se podrán diseñar usando criterios de diseño de conductos cerrados. Para calcular caudales en los colectores se hará uso de la fórmula de Manning teniendo en cuenta los coeficientes de rugosidad para cada tipo de material empleado, en la Tabla 9 se aprecia dichos coeficientes. El diseño del colector debe estar dado para evacuar caudales a tubo lleno igual o mayor al caudal de diseño.

Tabla 9

Coeficiente de rugosidad de Manning por tipo de material.

Tubería	Coeficiente de rugosidad "n" de Manning
Asbesto Cemento	0.010
Hierro Fundido	0.010
Cloruro de Polivinilo	0.010
Poliéster Reforzado con fibra de vidrio	0.010
Concreto Armado liso	0.013
Concreto Armado con revestimiento de PVC	0.010
Arcilla Vitrificada	0.010

Nota. Adaptado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017).

- **Velocidad mínima**

La velocidad mínima de 0,90 m/s fluyendo las aguas a tubo lleno es requerida para no causar la sedimentación de las partículas que como las arenas y gravas acarrea el agua de lluvia.

- **Velocidad máxima**

La velocidad máxima de los colectores con bajo contenido de sedimentos en suspensión es función del material del que está hecha la tubería y no debe exceder los valores que se muestran en la Tabla 10 para evitar la erosión de la pared.

- **Pendiente mínima**

La pendiente mínima depende del diámetro de tubería y velocidad mínima de 0.90 m/s de tal forma que la pendiente asegure que la velocidad a tubo lleno no sea menor que dicha velocidad. Por esta razón la pendiente de la tubería varía, en algunas ocasiones incrementando en exceso.

Tabla 10

Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado.

Velocidad Máxima para tuberías de alcantarillado (m/s)	
Material de la Tubería	Agua con fragmentos de Arena y Grava
Asbesto Cemento	3.0
Hierro Fundido Dúctil	3.0
Cloruro Polivinilo	6.0
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3.0
Arcilla Vitrificada	3.5
Concreto Armado de: 140 Kg/cm ²	2.0
210 Kg/cm ²	3.3
250 Kg/cm ²	4.0
280 Kg/cm ²	4.3
315 Kg/cm ²	5.0
Concreto Armado de > 280 Kg/cm ²	6.6
curado al vapor	

Nota. Adaptado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017)

2.3 Definiciones básicas

Alcantarilla: Medio subterráneo para conducir agua de lluvia, aguas servidas o una unión de ellas.

Alcantarillado pluvial: Agrupación de alcantarillas que transportan aguas de lluvia.

Bombeo de la pista: Se expresa en porcentaje y es una pendiente transversal contada a partir del eje de la pista con que termina una superficie de rodadura vehicular.

Buzón: Estructura cilíndrica, típicamente de 1,20 m de diámetro. Se utilizan al inicio de la red, en intersecciones, cambios de dirección, cambios de diámetro y pendiente, su separación es función del diámetro del conducto, facilitando la inspección, limpieza y mantenimiento general de la tubería, así como proporcionar una ventilación adecuada.

Calzada: Porción de pavimento que es utilizada como superficie de rodadura vehicular.

Canal: Conducto abierto o cerrado que traslada agua de lluvia.

Captación: Estructura que proporciona la entrada de las aguas hacia el sistema pluvial.

Carga hidráulica: Suma de las cargas de velocidad, presión y posición.

Coefficiente de escorrentía: Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.

Coefficiente de fricción: Coeficiente de rugosidad de Manning. Parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones.

Cuenca: Área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.

Drenaje: Retirar del terreno el exceso de agua que no es utilizado.

Drenaje urbano: Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.

Drenaje urbano mayor: Sistema de drenaje pluvial que permite la evacuación de caudales poco frecuentes y, además del uso de un pequeño sistema de drenaje, 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 una 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.

Frecuencia de lluvias: Grado de ocurrencia de una lluvia.

Flujo uniforme: Aquel en 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.

Hietograma: Distribución eventual de la lluvia usualmente expresada en forma gráfica. En el eje de las abscisas se anota el tiempo y en el eje de las ordenadas la intensidad de la lluvia.

Hidrograma unitario: Hidrograma resultante de una lluvia efectiva unitaria (1cm), de intensidad constante, distribución espacial homogénea y una duración determinada.

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).

Lluvia efectiva: Porción de lluvia que escurrirá superficialmente.

Montante: Tubería vertical por medio de la cual se evacua las aguas pluviales de los niveles superiores a inferiores.

Pavimento: Serie de capas superpuestas de diferentes materiales para resistir el tránsito vehicular.

Pendiente longitudinal: Inclinação que tiene el conducto en relación con su eje longitudinal.

Pendiente transversal: Inclinación en la que el conducto se encuentra en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

Periodo de retorno: Es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

Precipitación: Fenómeno atmosférico que consiste en la contribución de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.

Precipitación efectiva: Es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo.



Capítulo 3

Estudio hidrológico

3.1 Ubicación y características de la cuenca en estudio

Para realizar el análisis hidrológico de las precipitaciones pluviales de la ciudad de Piura, y proponer el diseño pluvial urbano de la cuenca ubicada entre las urbanizaciones Ignacio Merino I etapa y Los Jardines de Avifap I etapa, se siguieron los parámetros establecidos en la Norma OS.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, empezando por delimitar la ubicación y obtener los resultados de las características de la cuenca en estudio descritos a continuación.

3.1.1 Ubicación:

La cuenca estudiada se encuentra ubicada en la urbanización Ignacio Merino I etapa, parte de un estudio de 30 cuencas de la franja central de la ciudad de Piura, que se encuentra al no de la ciudad de Piura, provincia de Piura, departamento de Piura, con una extensión de área aproximada de 16.3 ha.

Tiene como acceso principal la avenida José Aguilar Santisteban, limita con las siguientes calles:

- Av. Sullana
- Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer
- Av. Las Azucenas
- Av. R
- Calle las Cucardas
- Calle D – Las Dalias

3.1.2 Características:

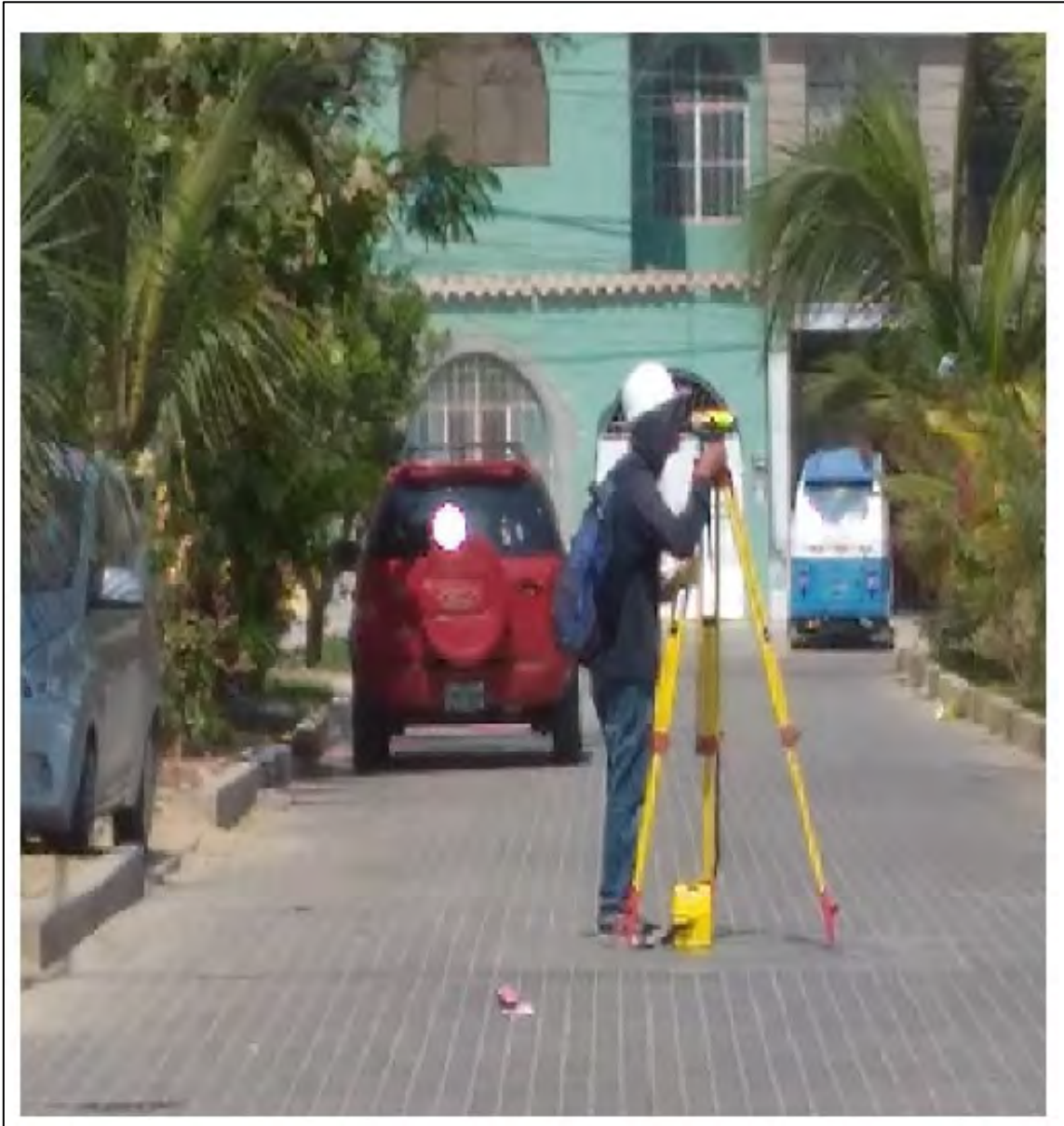
Topografía.

La zona en estudio presenta una topografía suave con ligeras elevaciones y depresiones. Su cota promedio fluctúa entre 32 m.s.n.m de acuerdo a los datos recogidos en campo.

Se realizó la topografía de la cuenca haciendo uso de las siguientes herramientas: nivel topográfico, mira telescópica de aluminio, nivel circular, flexómetro y jalones topográficos (Figura 11).

Figura 11

Levantamiento topográfico en campo y herramientas topográficas utilizadas.



En la Figura 12 se observa la recopilación de datos en campo, medida de veredas, dimensiones de calles y avenida, jardines y estacionamientos, estos datos son muy importantes para determinar áreas de cada tramo de acuerdo al tipo de superficie que tenemos.

Figura 12

Medición de longitud de tramos de la cuenca.



De la topografía realizada en campo se obtuvo la cota de cada punto previamente definido dentro de la cuenca, además de las distancias entre cada punto. Para esto se tomó como referencia la ubicación de los buzones asignándole números a cada intersección de vía para un mejor orden de los datos. Con esta información se pudo conocer las pendientes longitudinales de cada tramo y sus respectivas direcciones de flujo. En la Figura 13 se muestra una parte del registro de campo de la información topográfica.

Figura 13

Registro de campo de nivelación realizada en cuenca.

REGISTRO DE CAMPO										
Estación		+	△	—	Cotas	Hilo Superior (HS)	Hilo Inferior (HI)	Diferencia S = HS - HI	PUNTOS DE MEDICION	Distancia D = (S*100)
EST. 1	1	1.44	36.99		35.55					metros
	2			1.882	35.108	2.137	1.628	0.509	1-2	50.90
	3			2.675	34.315	3.175	2.175	1	2-3	49.1
	4			3.21	33.78	4.000	2.42	1.58	3-4	58
	5			2.965	34.025	3.195	2.735	0.46	1-5	46
	6			4.505	32.485	4.98	4.03	0.95	5-6	49
EST. 2	7	1.493	34.035		32.542					
	8			1.37	32.665	1.595	1.145	0.45	7-8	45.00
	6			1.55	32.485	2.005	1.095	0.910	8-6	46.00
	9			0.655	33.38	0.89	0.415	0.475	7-9	47.50
	10			2.245	31.79	2.51	1.98	0.53	7-10	53.00
	11			2.055	31.98	2.58	1.525	1.055	10-11	52.50
EST. 3	12			2.46	31.575	3.410	1.51	1.9	11-12	84.50
	13	1.547	33.755		32.208					
	10'			1.72	32.035	1.940	1.5	0.44	13-10'	44
	10			1.965	31.79	2.395	1.535	0.86	10'-10	42
	14			2.425	31.33	3.140	1.71	1.43	10-14	57
	15			1.77	31.985	2.035	1.505	0.53	13-15	53
	16			1.97	31.785	2.440	1.5	0.94	15-16	41
17			2.185	31.57	2.870	1.5	1.37	16-17	43	
EST. 4	15	1.54	33.525		31.985					
	19			1.17	32.355	1.305	1.035	0.27	15-19	27

Este levantamiento topográfico permitió también determinar la influencia de cuencas o tramos adyacentes y replantear nuestro trazo de la cuenca, de este modo demostramos si el trazo inicial de la cuenca es correcto. En este caso específico determinamos que nuestra cuenca tenía influencia de tramos adyacentes a la cuenca inicial, por tal motivo realizamos un nuevo trazo de la cuenca. En la Figura 14 y 15 se aprecia el trazo inicial de la cuenca y el trazo replanteado a partir del cual se empezaron a trabajar y reformular todos los cálculos.

La topografía del área de estudio se logró concretar gracias al préstamo de equipos topográficos de la Universidad de Piura, con esto se obtuvo cotas de intersección de tramos, en la mayoría de casos coincidía con la ubicación de buzón o intersección de vías. Para determinar la pendiente longitudinal de cada tramo de vía, la intersección de vía o ubicación de buzón se tomó como punto de referencia del nivel de pista debido a que algunas calles de la microcuenca en estudio no estaban pavimentadas ni asfaltadas. Todos estos datos obtenidos en la topografía se presentan en el Anexo A.

Durante el verano presenta precipitaciones en los meses de diciembre hasta abril, estas pueden ir desde una intensidad y duración pequeñas o ser muy intensas y largas como las que ocurren durante un FEN. Se han llegado a registrar valores de 81.5 mm de precipitación como se registró en el FEN ocurrido en el año 2017 (El Tiempo, 2017).

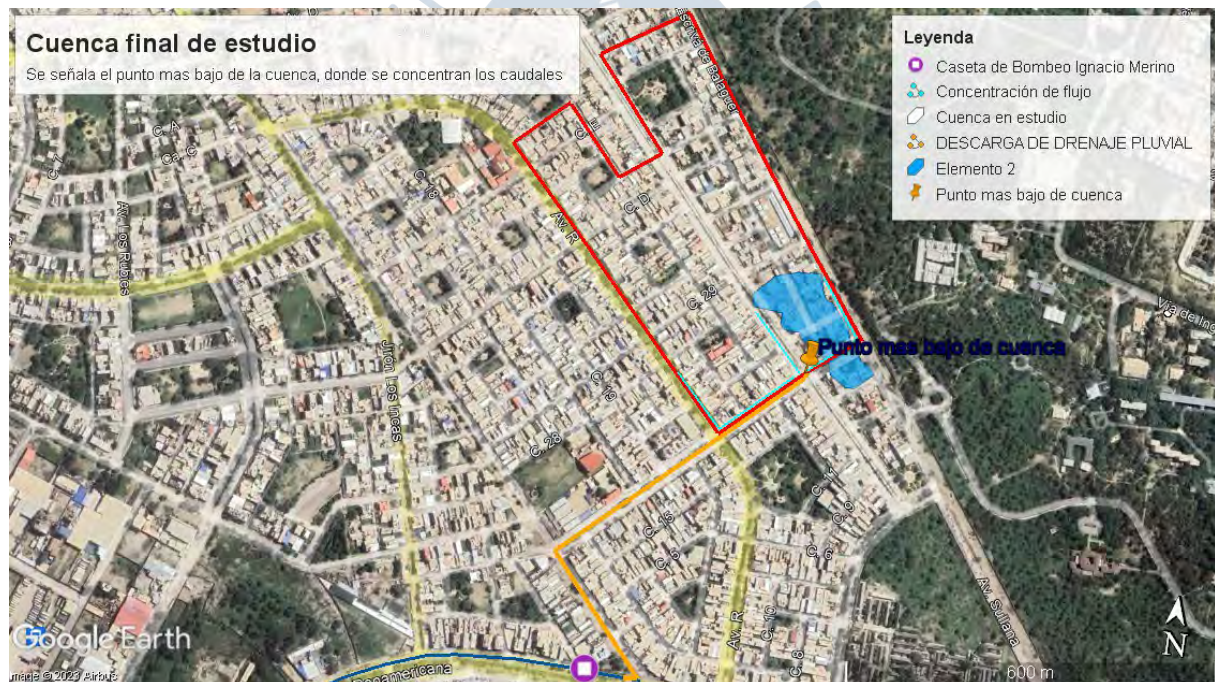
3.2 Parámetros de diseño

3.2.1 Disposición final de las aguas pluviales

Después de haber realizado el levantamiento topográfico, y conociendo las cotas, pendientes y dirección de flujo de agua pluviales en todos los tramos de la cuenca de estudio, se determinó que el punto de disposición final es el tramo correspondiente a la avenida Las Azucenas (Figura 16), debido a que es la zona más baja de la cuenca en estudio.

Figura 16

Punto de concentración final de caudales.



Nota. Adaptado de Google Earth Pro.

Desde el punto de concentración final, se derivará todo el flujo de agua concentrado en la avenida Las Azucenas y será trasladado por medio de colectores de tuberías hacia la cámara de bombeo de Ignacio Merino, dichos colectores serán diseñados de acuerdo al caudal que transportara por dichos ductos.

3.2.2 Estudios de pre factibilidad y factibilidad del Proyecto “Construcción del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la franja central de la ciudad de Piura” (Instituto de Hidráulica Hidrología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, 2009)

El área correspondiente al proyecto consta con 483,48 hectáreas, correspondiente a la franja central de la ciudad de Piura, y tiene 30 cuencas aportantes de escorrentía pluvial, las cuales se han formado naturalmente y sobre las que se han realizado habilitaciones urbanas debido al crecimiento natural de la ciudad. El área de localización cuenta con las coordenadas UTM mencionadas en la Tabla 11.

Tabla 11

Coordenadas UTM del área de localización.

Punto	Coordenadas	
	Norte	Este
A	9429344	538418
B	9426810	540526
C	9426490	538426
D	9425425	538500

Nota. Adaptado de Instituto de Hidráulica, Hidrología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, 2009

Fase de Pre-Factibilidad

Se consideraron tres alternativas de solución durante la fase de Pre-Factibilidad del proyecto “Construcción del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la franja central de la ciudad de Piura”, estas alternativas fueron basadas en las cuencas determinadas en base a la topografía presentada en el estudio de cotas y rasantes elaborado por el Municipio de Piura en febrero del 2002 (Instituto de Hidráulica, Hidrología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, 2009).

En el perfil de Pre-inversión, todas las alternativas propuestas consideraban evacuar la descarga de agua de lluvia al río Piura. Las vías de evacuación y los conductos cubiertos se extenderán de norte a sur y llegarán a la calle Japón, conduciéndolas a la Laguna Santa Julia, ubicada en la parte centro-sur de Piura, desde ese punto se dirigirán al Dren Sechura para finalmente conducir las al mar.

Sin embargo, en la etapa de prefactibilidad, como la zona fue invadida por siete asentamientos (La Península, Los Robles, Jorge Chávez II, Jesús de Nazaret, Nuevo Horizonte y Túpac Amaru II), se realizaron cambios para dirigir las aguas hacia la laguna. Así que decidió conectar la Laguna Santa Julia al Dren Sechura, esto no funcionó porque el dren no tenía la suficiente capacidad para recibir un caudal de tal magnitud, $40.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Se aumentó la sección transversal del dren de drenaje y se corroboró que no tenía la suficiente carga para realizar la evacuación. Por esta razón, se planteó que el dren sea atravesado por un conducto cubierto a flujo libre con las siguientes cualidades:

- i. Se usó un periodo de retorno de 25 años para el cálculo del caudal, del río Piura, de $2774 \text{ m}^3/\text{s}$.
- ii. La sección transversal tendrá de altura 2.83 m y 7.80 m de base.
- iii. Inicia en la calle Japón y finaliza en el río Piura, cuya ubicación es la progresiva 9+150, tomada desde la presa Los Ejidos.
- iv. Con el fin de no tener pérdidas de carga hidráulica, no desfoga en la Laguna Santa Julia, mantiene su pendiente.
- v. Cuenta con un largo total de 5323 metros.
- vi. Cruza el dren Sechura por medio de un sifón que permite mantener la sección transversal del conducto.

Alternativa 01:

De acuerdo a Universidad de Piura (2008) esta alternativa contempla vías canal, salvo para el caso de los puntos más álgidos de la zona: La urbanización Ignacio Merino y urbanización El Chilcal, donde el agua debe salir de las cotas 29 y 28 m.s.n.m respectivamente, y la única manera de realizarlo es por medio de conductos cerrados enterrados.

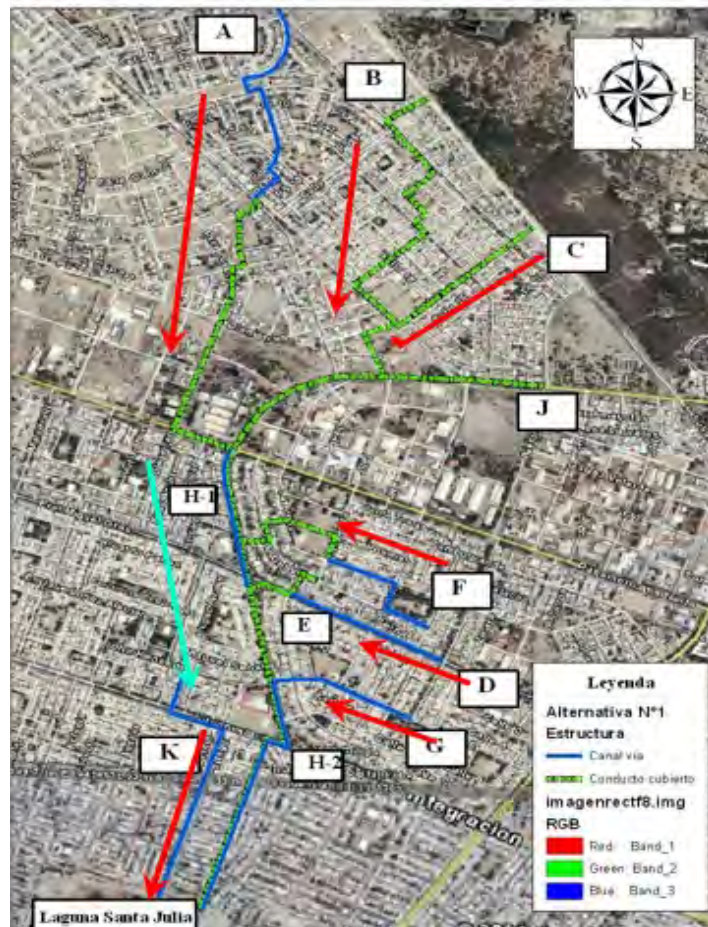
Las aguas en esta alternativa son evacuadas hacia la laguna Santa Julia a través de dos vías: La principal es el conducto cubierto Av. Panamericana – Cesar Vallejo – calle Japón y la segunda es el canal vía Turquía (Figura 17)

Las obras contempladas en esta alternativa son:

- a. Canal vía y conducto cubierto Los Algarrobos
- b. Conducto cubierto Ignacio Merino I
- c. Conducto cubierto Av. B
- d. Canal Vía Av. Grau
- e. Conducto cubierto Calle Los Andes – Av. Grau
- f. Conducto cubierto y Canal Vía Bancarios y Santa Ana
- g. Canal Vía Calle 5
- h. Canal Vía Cesar Vallejo 1
- i. Canal Vía Cesar Vallejo – Japón
- j. Conducto cubierto Av. Panamericana – Cesar Vallejo – Calle Japón
- k. Canal Vía Turquía

Figura 17

Trazo de conductos abiertos y vías de evacuación planteados en Alternativa 01 de la Etapa de Pre-Factibilidad.



Nota. Adaptado de Universidad de Piura, 2009.

Alternativa 02:

De acuerdo a Universidad de Piura (2008) esta alternativa consiste en evacuar el total de las aguas a través de dos conductos cubiertos cerrados acompañados de una vía canal, los cuales desembocan directamente a la laguna Santa Julia.

Estos conductos llegan a la calle Japón y a la calle Austria, mientras que la vía canal lo hace a la calle Turquía. (Figura 18)

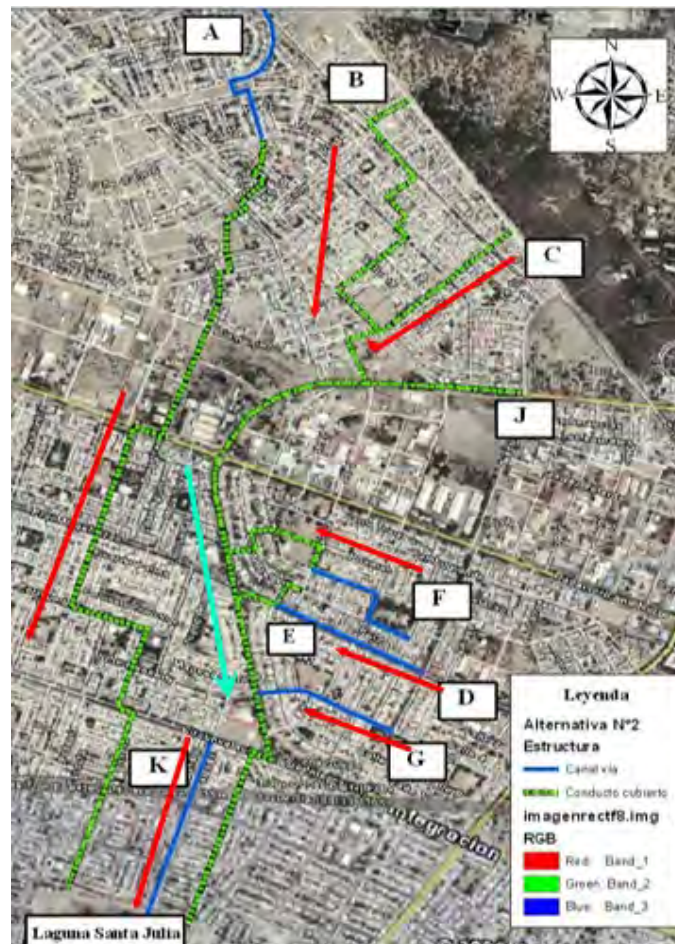
Las obras contempladas son:

- a. Canal Vía y conducto cubierto Los Algarrobos
- b. Conducto Cubierto Ignacio Merino I
- c. Conducto Cubierto Av. B
- d. Canal Vía Av. Grau

- e. Conducto cubierto Calle Los Andes – Av. Grau
- f. Conducto cubierto y Canal Vía Bancarios y Santa Ana
- g. Canal Vía Calle 5
- h. Conducto cubierto Av. Panamericana – Cesar Vallejo – Calle Japón
- i. Canal Vía Turquía

Figura 18

Trazo de conductos abiertos y vías de evacuación planteados en Alternativa 02 de la Etapa de Pre-Factibilidad.



Nota. Adaptado de Universidad de Piura, 2009.

Alternativa 03:

De acuerdo a Universidad de Piura (2008), esta alternativa de solución considera evacuar el total de las aguas pluviales de las cuencas en estudio, principalmente a través de dos vías. Siendo el principal un conducto cubierto al cual llegan el 92% de los aportes de las sub cuencas mediante vías interceptoras superficiales.

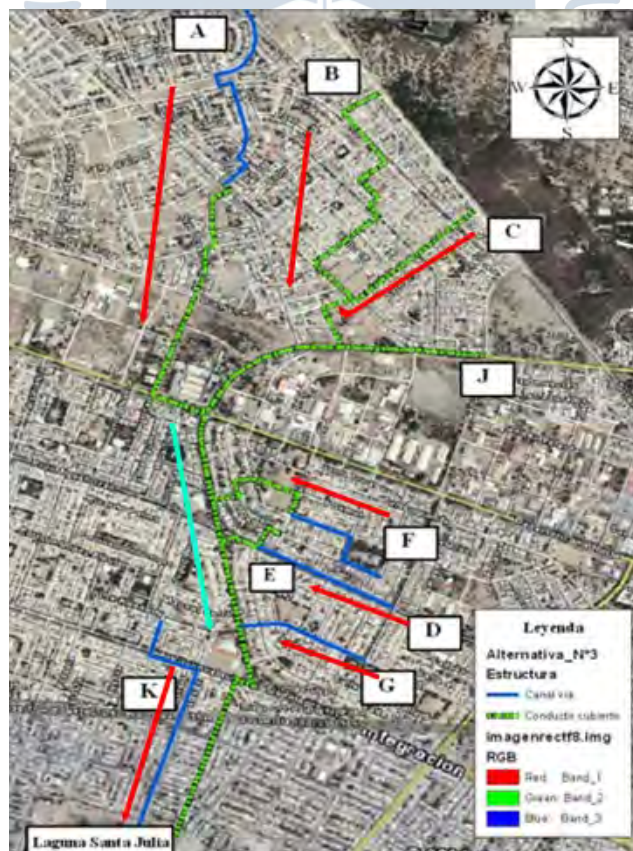
Este conducto cubierto parte de la Av. Panamericana a la altura de la Av. C continuando hasta atravesar la Av. Sánchez Cerro y llegar a la Av. Cesar Vallejo hasta el final de la calle Japón. (Figura 19)

Las obras contempladas son:

- a. Canal Vía y conducto cubierto Los Algarrobos
- b. Conducto cubierto Ignacio Merino I
- c. Conducto cubierto Av. B
- d. Canal Vía Av. Grau
- e. Conducto cubierto Calle Los Andes - Av. Grau
- f. Conducto cubierto y Canal Vía Bancarios y Santa Ana
- g. Canal Vía Calle 5
- h. Conducto cubierto Av. Panamericana – Cesar Vallejo - Calle Japón
- i. Canal Vía Turquía

Figura 19

Traza de conductos abiertos y vías de evacuación planteados en Alternativa 03 de la Etapa de Pre-Factibilidad.



Nota. Adaptado de Universidad de Piura, 2009

El sistema de evacuación pluvial de La Alternativa 03, lo conforman las siguientes avenidas y calles: Av. César Vallejo – Los Algarrobos, César Vallejo I – Ignacio Merino, Ignacio Merino - Av. “B” (ambos carriles) - Vía Panamericana, Vía Panamericana - Av. “D”, Av. Grau – El Chilcal hasta Av. César Vallejo y calle 05 hasta Av. César Vallejo.

Con la información obtenida del estudio hidrológico de los caudales por tramos, la Universidad de Piura hizo un estudio mejorado de la Alternativa 03, proponiéndose lo siguiente:

- i. El conducto será cubierto y a flujo libre, con sección transversal de forma rectangular, con una altura de 3m y base de 8m, 0.4/100 de pendiente, este corresponde al tramo comprendido entre el Dren Sechura y la calle Japón, y el tramo comprendido entre el dren Sechura y el río Piura tendrá una altura de 3m con una base de 9m y 0.3/100 de pendiente.
- ii. No tiene pérdida hidráulica.
- iii. Tiene una longitud (hasta el río) de 3.920 m.
- iv. Se proyectó la presencia de un sifón, así poder mantener la sección transversal de tubería del primer tramo, con cota superior de 21,64 m, dejando 1.50 m de cobertura para evitar la influencia de la presión del canal en la estructura del sifón. En la sección de salida del sifón se empalma con el segundo tramo, para mantener la carga hidráulica.
- v. El periodo de retorno considerado para el diseño es de 25 años.

3.3 Cálculo de caudales de diseño

Debido a que la cuenca en estudio tiene un área menor a 13 km² y en base a la norma OS 060 (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017) se procede hacer el cálculo de los caudales haciendo uso del método racional, para un tiempo de retorno de 25 años, haciendo uso de la formula descrita en apartado 2.2.1

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Para el cálculo se optó por trabajar el diseño con la cuenca como un solo conjunto, hallando los caudales de salida de calle por calle y así obtener un caudal total de llegada al punto de concentración final.

La cuenca en estudio se encuentra conformada por lotes de habilitaciones urbanas, áreas pavimentadas, es decir zonas impermeables, las cuales presentan un reducido porcentaje de infiltración de escorrentía, produciendo apreciables caudales de escorrentía.

3.3.1 Área de drenaje y cálculo de coeficiente de escorrentía:

El área de drenaje es una fracción de suelo sobre la que el agua de la lluvia drena en un solo cuerpo de agua. Este cuerpo puede ser un dren pluvial, canal, río, lago o afluente.

Según la norma OS. 060 (Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, 2017):

- a) Haciendo usos de mapas topográficos actuales se deberá determinar la forma y tamaño de la cuenca o subcuenca en intervención. Los intervalos entre las curvas de nivel deben ser aptas para poder distinguir la dirección del flujo superficial.
- b) Deben medirse la zona de drenaje que contribuye al sistema que se está diseñando y las subáreas de drenaje que contribuyen a cada uno de los puntos de ingreso a los ductos y canalizaciones del sistema de drenaje.
- c) El esquema de la divisoria del drenaje debe seguir las fronteras reales de la cuenca, y de ninguna manera las fronteras comerciales de los terrenos que se utilizan en el diseño de los alcantarillados de desagües.
- d) Al trazar la divisoria del drenaje deberán atenderse la influencia de las pendientes de los pavimentos, la localización de conductos subterráneos y parques pavimentados y no pavimentados, la calidad de pastos, césped y demás características introducidas por la urbanización.

Área tributaria:

Posteriormente a obtener los datos de la topografía se obtuvo el área correspondiente a cada cuadra con ayuda del software "Google Earth Pro", complementando con los datos recogidos en campo y planos catastrales de la ciudad de Piura, se logró identificar las zonas de áreas verdes, áreas de arena o zonas eriazas, tipos de pavimento, veredas y con esto obtener las áreas tributarias de cada tramo designado. Luego con ayuda de hojas de cálculo Excel y las especificaciones de la Norma OS.060 se determinó el coeficiente de escorrentía promedio, dicho valor lo usamos para el cálculo de caudal.

Un paso previo al cálculo del diseño final del sistema de drenaje, es definir y limitar las áreas en las que se va a intervenir, se han separado por manzanas para calcular el caudal que drena en cada una de ellas y así poder obtener un caudal total de diseño.

Para poder tener un resultado más exacto se debe dividir las manzanas en áreas tributarias, esto nos permite determinar de una forma más aproximada qué porción del caudal cae en los techos, veredas, áreas verdes y pavimento se direcciona a que tramo de calle y obtener un valor de caudal por tramo más exacto, para ello se usó el software de Google Earth Pro (Figura 20) y AutoCAD para complementar y hallar las áreas.

Figura 20

Manzanas y cuadras delimitadas en planta con ayuda del software - Google Earth.



Nota. Adaptado de Google Earth Pro.

En cada tramo se identifica qué partes de los tramos son áreas verdes, arena, pavimentos de asfalto, concreto y adoquín ya que dependiendo del tipo de terreno se tiene diferente grado de impermeabilidad y no todas afectan de misma forma al flujo de escorrentía, teniendo el grado de impermeabilidad de cada área se procede hacer el cálculo del factor de escorrentía. Las medidas de estas zonas se hicieron en campo y se consolidaron en planos de AutoCAD los cuales se presentan en la parte de anexos para una mejor visualización, del mismo modo fueron corroboradas haciendo uso de Google Earth Pro (Figura 21).

En el área tributaria también se involucra el área de los techos de las viviendas, puesto que el agua de lluvia escurre por medio de ellos y termina evacuada hacia la pavimentación haciendo que el agua a drenar en el pavimento sea mayor.

Figura 21

Manzanas delimitadas y visualización de áreas verdes.



Nota. Adaptado de Google Earth Pro.

Como no hay una norma que nos indique la forma correcta de distribuir las áreas tributarias y todas las áreas de techo tienen forma rectangular, lo haremos haciendo uso del método del “sobre”, el cual usamos para dividir áreas tributarias de losas empotradas y con esto determinar las cargas de gravedad que se distribuyen hacia las vigas de contorno. El procedimiento a seguir será el siguiente: de cada esquina del rectángulo se traza la bisectriz del ángulo interior de cada vértice; verificamos si los pares de bisectrices de los extremos se interceptan y si estas a su vez se llegan a unir, si la intersección de los pares de bisectrices no se llegara a unir, estas se unen con una línea recta, tal como se muestra en la Figura 22.

Teniendo el plano de AutoCAD de las áreas divididas, se obtuvo los valores de áreas con ayuda de hojas de cálculo y de esta manera poder obtener el cálculo de coeficiente de escorrentía.

Figura 22

División de áreas tributarias pertenecientes a la cuenca ubicada en Urb. Los Jardines de Avifap I Etapa e Ignacio Merino.



Finalizada la distribución de áreas e identificada las zonas que interfieren en la escorrentía y sus respectivas dimensiones, se halla el área total por tramo o calle, sumando todas las áreas de influencia en cada tramo, en la Figura 23 se muestra parte del procedimiento para hacer el cálculo del Área total por tramo, paso previo para determinar el coeficiente de escorrentía.

$$A_{total} = A_{bermas} + A_{calzadas} + A_{veredas} + A_{areas\ verdes} + A_{techos} + A_{otros}$$

Figura 23

Áreas tributarias por tipo de terreno y por tramos en hoja de cálculo.

TRAMO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
	Acera de Concreto	Berma de adoquin	Calzada de adoquin	Berma y Calzada de asfalto	Berma y calzada de Cº	Áreas verdes de jardín	Área de arena en zona de jardín	Área de parque	Área de techos
1-2	62.11			248.84		0.00	74.26	879.96	707.35
2-3	60.89			227.16	2.00	39.27	28.29	856.56	1040.86
3-4	60.75			246.85		69.03			1170.01
1A-1	62.76			183.05		41.84			448.43
1-5	130.95	97.98		164.21		46.20		850.46	
5-6	137.87	101.84		168.69		65.20		893.81	
6-8	113.94	8.08		225.78	26.44	65.84	29.25	796.56	519.78
7-8	108.74	8.08		217.57	26.88	67.06	29.58	771.20	609.46
3-9	96.12			249.97	3.92	53.21	34.06	659.98	505.77
7-9	137.69			361.54	8.10	87.20	52.71	1070.71	1079.55
6-13	122.40	79.49		184.76		61.26			431.22
7-10	127.87			342.67	38.80	89.18			1164.60
10'-13	88.96			222.21	32.73	69.09	13.39		939.07
10-10'	103.50			196.09	41.47	84.45	16.36		1150.32
1A-4A	190.32			436.15		126.88			2565.81
4A-4	62.52			468.90		41.68			449.38
4-14	347.45			484.06	89.76	352.24			2316.72
13-15	115.20	58.14		181.80		28.80			400.10
11-15	242.20			483.37	58.22	171.85	107.16		1907.97
10-11	121.40			312.82	9.41	96.09	64.44		1196.15
10-14	123.49			270.82	5.58	128.29	1.08		802.60
11-12	257.31			607.88	37.61	364.73			2421.64
12-42	65.67			322.47	8.60	72.89			1286.42
12-17	215.04			464.71	31.20	206.10	12.92		1591.44
15-16	82.93	63.25		140.55		14.75			476.04
16-17	96.41	77.86		157.65		13.75			637.75
14-18	321.97			453.07	6.38		345.10		2113.74

Coefficiente de escorrentía (C):

El coeficiente de escorrentía se ha establecido de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de las áreas urbanas, cuyos cursos interceptan el alineamiento de la pavimentación. Su cálculo se realiza tal como se muestra en el apartado 2.2.2, luego de tener las áreas tributarias para cada tramo separadas por su tipo de terreno estas se multiplican por su coeficiente correspondiente para obtener el coeficiente de cada tramo, finalmente se saca el promedio de los coeficientes de todos los tramos pertenecientes a la cuenca y este valor es nuestro coeficiente de escorrentía para la cuenca que se está trabajando.

En la Figura 24 se observa cómo se va obteniendo el cálculo de coeficiente de escorrentía para los tramos iniciales de la cuenca. El cálculo de áreas tributarias y coeficientes de escorrentía se presenta a detalle en el Anexo B

Figura 24

Cálculo de coeficiente de escorrentía por tipo de suelo y superficie y coeficiente promedio por tramo.

TRAMO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Ct	AREA (m2)	Area acumulativa
	0.88	0.7	0.7	0.86	0.88	0.4	0.1	0.4	0.88			
1-2	54.66	-	-	214.00	-	-	7.43	351.98	622.47	0.63	1972.51	2193.34
2-3	53.58	-	-	195.36	1.76	15.71	2.83	342.62	915.96	0.68	2255.03	4448.37
3-4	53.46	-	-	212.29	-	27.61	-	-	1029.61	0.86	1546.65	4660.51
1A-1	55.23	-	-	157.42	-	16.74	-	-	394.62	0.85	736.08	736.08
1-5	115.24	68.58	-	141.22	-	18.48	-	340.18	-	0.53	1289.80	1805.06
5-6	121.33	71.29	-	145.07	-	26.08	-	357.53	-	0.53	1367.41	2657.21
6-8	100.26	5.66	-	194.17	23.27	26.34	2.93	318.63	457.41	0.63	1785.67	1785.67
7-8	95.69	5.66	-	187.11	23.66	26.83	2.96	308.48	536.32	0.65	1838.57	1838.57
3-9	84.59	-	-	214.97	3.45	21.28	3.41	263.99	445.08	0.65	1603.02	2937.53
7-9	121.17	-	-	310.93	7.13	34.88	5.27	428.28	950.01	0.66	2797.51	5735.04
6-13	107.71	55.64	-	158.89	-	24.50	-	-	379.47	0.83	879.12	5322.00
7-10	112.53	-	-	294.70	34.14	35.67	-	-	1024.85	0.85	1763.12	9336.74
10'-13	78.28	-	-	191.10	28.80	27.64	1.34	-	826.38	0.84	1365.44	2962.04
10-10'	91.08	-	-	168.63	36.49	33.78	1.64	-	1012.28	0.84	1592.19	1592.19
1A-4A	167.48	-	-	375.09	-	50.75	-	-	2257.92	0.86	3319.16	3319.16
4A-4	55.02	-	-	403.25	-	16.67	-	-	395.45	0.85	1022.48	4341.64
4-14	305.76	-	-	416.29	78.99	140.90	-	-	2038.72	0.83	3590.23	12592.39
13-15	101.38	40.70	-	156.35	-	11.52	-	-	352.09	0.84	784.05	4509.45
11-15	213.14	-	-	415.70	51.24	68.74	10.72	-	1679.01	0.82	2970.77	4323.60
10-11	106.83	-	-	269.03	8.28	38.44	6.44	-	1052.61	0.82	1800.31	3962.12
10-14	108.67	-	-	232.90	4.91	51.32	0.11	-	706.28	0.83	1331.85	16222.89
11-12	226.43	-	-	522.78	33.10	145.89	-	-	2131.04	0.83	3689.17	5850.97
12-42	57.79	-	-	277.32	7.57	29.15	-	-	1132.05	0.86	1756.04	1756.04
12-17	189.24	-	-	399.65	27.46	82.44	1.29	-	1400.47	0.83	2521.42	6324.92
15-16	72.98	44.28	-	120.87	-	5.90	-	-	418.92	0.85	777.52	3934.14
16-17	84.84	54.50	-	135.58	-	5.50	-	-	561.22	0.86	983.41	4917.55
14-18	283.33	-	-	389.64	5.61	-	34.51	-	1860.09	0.79	3240.26	32055.54

De este cálculo se obtuvo que el valor de coeficiente de escorrentía es:

$$C = 0.812$$

3.3.2 Determinación de caudal de diseño

De acuerdo a la norma OS.060, establece que el Método Racional solo es aplicable para cuencas con área menor a 13 km², la cuenca en estudio cumple con estas condiciones, por tanto, el caudal de diseño se determinará a través de este método.

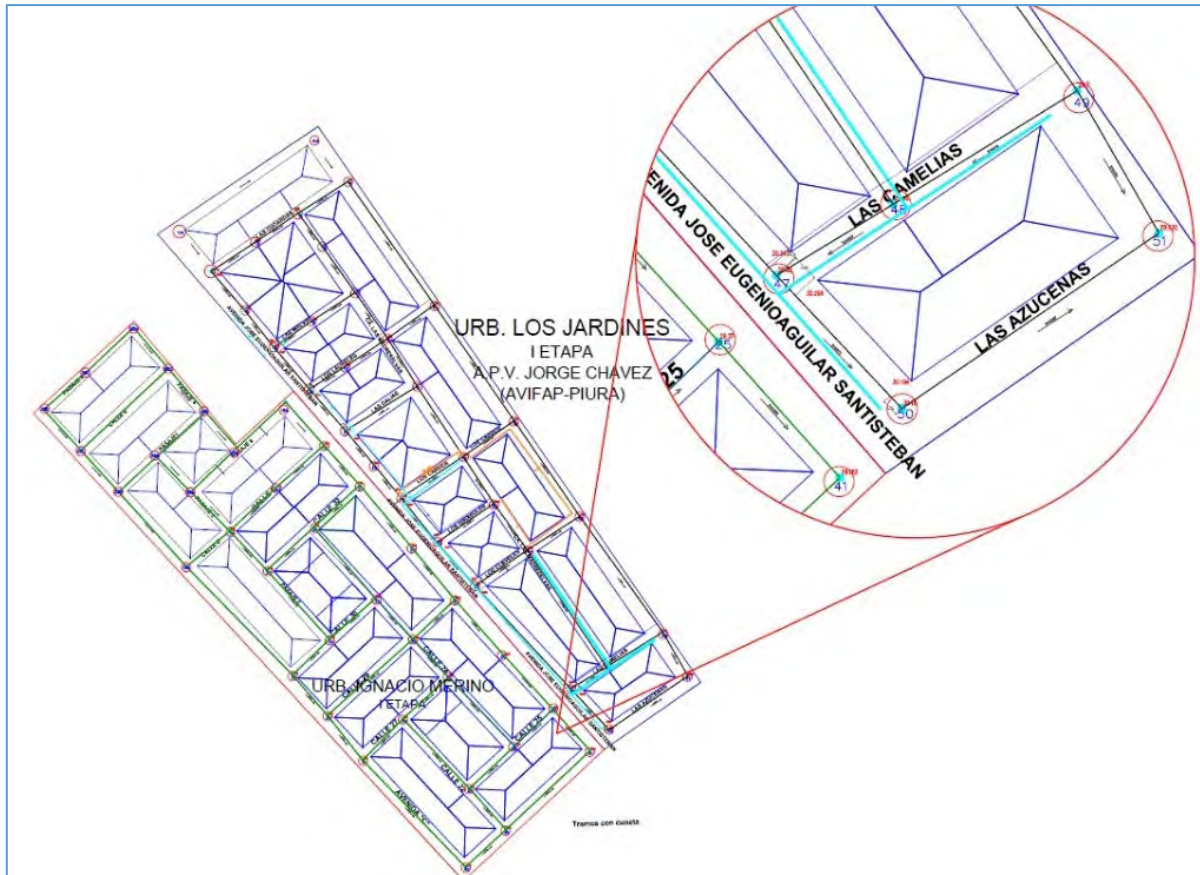
La cuenca en estudio tiene un área de 19.6 ha y abarca parte de dos urbanizaciones, las cuales son Urb. Los Jardines de Avifap I etapa y parte de Urb. Ignacio Merino, a la vez ambas están separadas por la avenida José Eugenio Aguilar Santisteban, la cual es una vía principal de doble carril. Para un mejor estudio y determinación del caudal, la cuenca se ha dividido en dos subcuencas tal como se muestra en la Figura 25.

La división de las cuencas se hizo teniendo en consideración las pendientes, el sentido y dirección del flujo, de este modo coincide con los límites urbanísticos de las

urbanizaciones que abarca, quedando una subcuenca al lado de cada urbanización. El levantamiento topográfico ha permitido determinar la cota de cada intersección de avenidas y sacar las pendientes longitudinales en cada calle.

Figura 25

Subdivisión de la cuenca urbana de la urbanización Los Jardines de Avifap y urbanización Ignacio Merino.



Con apoyo de planos urbanísticos y topografía del terreno se pudo establecer y calcular los parámetros necesarios para el diseño del caudal y el drenaje pluvial, los cuales son: cotas del terreno (cota máxima y mínima en intersección de calles), longitud de cauce (L), pendiente longitudinal de las avenidas, área de aporte (A), coeficiente de escorrentía, intensidad (I) y diámetro (D).

Se dividió el área urbana de cada cuadra y se determinó las áreas tributarias en cada tramo. Estas ante la presencia de precipitación aportan a cada calle un volumen de agua de acuerdo a su capacidad de infiltración, dicho volumen de agua sumado al volumen generado en cada avenida genera un caudal, la cual aumenta a medida que se avanza aguas abajo, ya que se va sumando caudales de las avenidas que se encuentran en su tránsito del flujo.

A partir de este punto, se explicará el procedimiento utilizado para la determinación de la capacidad hidráulica correspondiente a cada tramo de cuenca. Para esto se ha tomado

en cuenta los parámetros y procedimientos presentados en el capítulo anterior, se ha realizado el siguiente procedimiento:

- Se realizó el levantamiento topográfico para determinar las pendientes de las avenidas y las cotas de cada intersección de avenida y/o punto de buzón perteneciente a la cuenca en intervención.
- Se hizo el cálculo de las áreas tributarias de cada tramo, el detalle de este procedimiento se muestra en el apartado anterior 3.3.1.
- Con las áreas tributarias obtenidas y los factores de escorrentía por tipo de suelo se hizo el cálculo del coeficiente de escorrentía.

Con estos datos y otros factores calculados y explicados a detalle más adelante se logra determinar el caudal de diseño y caudal permisible por tramo.

Datos geométricos y procedimiento de cálculo

De acuerdo a información recogida con la topografía realizada, complementada con planos de zonificación y Google Earth, se ha logrado obtener las superficies de terreno de la cuenca con aproximaciones muy cercanas a la realidad. En la Tabla 12 se observa las áreas de cada subcuenca dividida y sus características geométricas.

Tabla 12

Área y perímetros de subcuencas.

Subcuenca	Área (Ha)	Perímetro (km)	Cota mínima (m.s.n.m.)	Área total de techos	Área total de parques y jardines	Área total de calles
I	9.43	1.58	30.182	47462.45	12384.44	94300.00
						- 47462.45
						- 12384.44
						= 34453.12
II	10.52	1.60	30.062	57541.65	6155.03	105200.00
						- 57541.65
						- 6155.03
						= 41503.32

Como se explicó en la topografía se definieron tramos que coinciden con las cuerdas de las calles y avenidas de la cuenca, de esta manera se ha podido ordenar en hojas de cálculo las áreas tributarias de techo, áreas verdes, pavimento y zonas de arena. Las áreas tributarias de cada tramo y el coeficiente de escorrentía por tipo de terreno, permitió calcular el valor de coeficiente de escorrentía promedio. En la Figura 26 y 27 se presentan los tramos para cada cuenca, se describe a que calle y avenida corresponden, longitud y

pendiente de cada tramo. En los planos que se anexan se ha etiquetado el número de cada punto tomado para que se puedan identificar los tramos y sea entendible los cálculos presentados en las hojas de cálculo Excel.

Figura 26

Tramos de subcuenca I.

CUENCA I (Urb Los Jardines de Avifap - I etapa)							
Tramo	Nombre de avenida	S (%)	Longitud (m)	Tramo	Nombre de avenida	S (%)	Longitud (m)
1-2	c. Las Cucardas	0.86%	50.90	12-42	c. Madre Selva	0.11%	53.00
2-3	c. Las Cucardas	1.61%	49.10	12-17	c. Los Cardos	0.01%	72.98
3-4	c. Las Cucardas	0.93%	58.00	15-16	Av Aguilar Santisteban	0.49%	41.00
1A-1	Av Aguilar Santisteban	0.92%	52.3	16-17	Av Aguilar Santisteban	0.51%	43.00
1-5	Av Aguilar Santisteban	3.30%	46.00	14-18	Av San Jose María	0.23%	137.10
5-6	Av Aguilar Santisteban	3.14%	49.00	12-18	c. Los Cardos	0.98%	57.90
6-8	c. Las Malvas	0.39%	46.00	18-45	Av San Jose María	0.16%	107.91
7-8	c. Las Malvas	0.29%	45.00	17-43	Av Aguilar Santisteban	0.15%	55.00
3-9	c. Madre Selva	2.05%	45.90	42-43	c. Los Girasoles	0.22%	67.50
7-9	c. Madre Selva	1.77%	47.50	42-44	c. Madre Selva	0.58%	55.00
6-13	Av Aguilar Santisteban	0.53%	53.00	43-46	Av Aguilar Santisteban	0.27%	54.82
7-10	c. Madre Selva	1.42%	53.00	44-46	c. Los Claveles	0.03%	61.40
10'-13	c. Los Laureles	0.39%	44.00	44-45	c. Los Claveles	0.83%	57.84
10-10'	c. Los Laureles	0.60%	42.00	45-49	Av San Jose María	0.19%	136.00
1A-4A	c. Las Amapolas	0.90%	158.6	44-48	c. Madre Selva	0.58%	135.00
4A-4	Av San Jose María	2.11%	52.1	46-47	Av Aguilar Santisteban	0.75%	136.50
4-14	Av San Jose María	1.67%	147.04	48-49	c. Las Camelias	0.07%	58.00
13-15	Av Aguilar Santisteban	0.42%	53.00	47-48	c. Las Camelias	0.52%	42.00
11-15	c. Las Dalias	0.01%	82.90	47-50	Av Aguilar Santisteban	0.27%	52.00
10-11	c. Madre Selva	0.36%	52.50	49-51	Av San Jose María	0.13%	54.36
10-14	c. Los Laureles	0.81%	57.00	50-51	c. Las Azucenas	0.37%	89.00
11-12	c. Madre Selva	0.47%	84.50				

Figura 27*Tramos de subcuena II.*

CUENCA II (Urb Ignacio Merino - I etapa)							
TRAMO	Nombre de avenida	S (%)	Longitud (m)	TRAMO	Nombre de avenida	S (%)	Longitud (m)
33D-38C	Pje. 5	0.79%	62.9	26-35	c. 24	0.27%	51.40
20C-33C	c. E	0.70%	114.9	38B-33B	Av R	0.73%	49.4
20B-38B	Pje. 1	0.86%	63.8	33D-33C	Av R	2.12%	52.9
38C-20D	Pje. 5	0.67%	53.7	33C-33B	Av R	2.40%	54.1
20D-20C	Pje. 4	2.05%	51.6	33B-33A	Av R	1.24%	96.3
20C-20B	Pje. 5	1.27%	54.2	33A-33	Av R	0.57%	144.3
20B-20A	Pje. 6	1.08%	46.2	32-33	Av R	0.58%	51.33
20-38	c. D	1.67%	59.97	26-32	c. 29	0.75%	110.00
19-20	c. D	1.52%	61.00	23-26	c. 29	1.00%	54.00
19A-20A	Pje. 3	2.20%	64.1	23-24	Av Aguilar Santisteban	0.69%	70.00
20A-38A	Pje. 4	0.97%	61.6	24-25	Av Aguilar Santisteban	0.51%	72.00
19A-19	Av Aguilar Santisteban	0.59%	54.4	26-27	c. 24	0.29%	51.00
19-21	Av Aguilar Santisteban	0.72%	53.00	31-32	Av R	0.28%	50.90
38B-38A	Pje. 2	0.96%	47	30-31	c. 27	0.55%	51.00
38A-38	Pje. 2	0.77%	52	27-30	c. 27	0.96%	58.60
33A-38	c. D	1.36%	51.5	29-30	c. 22	0.51%	91.00
37-38	Pje. 2	1.57%	53.00	29-39	c. 22	0.43%	53.00
36-37	c. 32	1.64%	58.40	28-29	c. 25	0.80%	58.96
21-36	c. 32	0.86%	60.17	27-28	c. 24	0.41%	91.00
21-22	Av Aguilar Santisteban	0.73%	70.00	25-28	c. 25	1.61%	54.15
22-23	Av Aguilar Santisteban	0.51%	72.00	25-41	Av Aguilar Santisteban	0.35%	53.84
35-36	c. 24	0.79%	91.00	31-40	Av R	0.34%	145.16
34-37	Pje. 2	1.57%	90.50	39-40	c. Las Azucenas	0.94%	51.00
33-34	c. 30	1.41%	51.60	39-41	c. Las Azucenas	1.15%	113.00
34-35	c. 30	0.26%	58.40				

3.3.2.1 Cálculo de tiempo de concentración. Para entender el desarrollo de este procedimiento, se detalla el cálculo del tiempo de concentración para el tramo 44-48 perteneciente a la subcuena 1. En la Figura 28 se observa el tramo 44-48 con los detalles de su distribución de áreas.

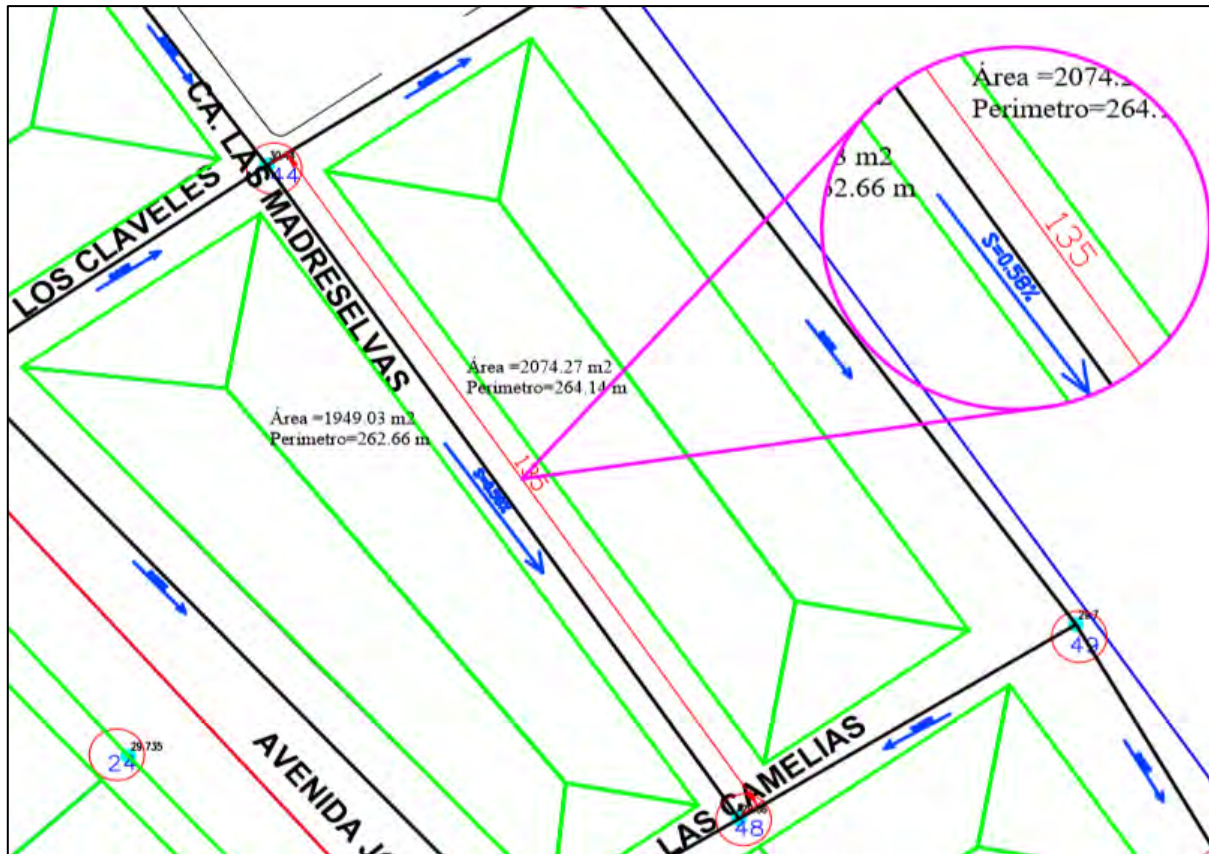
Datos:

- Dimensión longitudinal (L): 135.00 m
- Dimensión transversal (L): 3.00 m
- Pendiente longitudinal(S): 0.58%

- Pendiente transversal (bombeo de berma): 2%
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013

Figura 28

Tramo 44-48 de la cuenca I.



A partir de los datos obtenidos del tramo se procede hacer el cálculo de los parámetros necesarios para el cálculo del caudal producido, cuyo procedimiento y formulas están descritas en el capítulo 3, apartado 2.2.4.

Iniciamos con el cálculo de tiempo de concentración, para ello hacemos el cálculo de tiempo de entrada hasta la cuneta.

$$t_0 = 0.01947 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$t_0 = 0.01947 * \frac{(3)^{0.77}}{(0.02)^{0.385}}$$

$$t_0 = 0.20458 \text{ min}$$

Posteriormente se debe obtener el valor de tiempo de flujo, para ello se debe obtener primero la velocidad de traslación. El proceso para encontrar la velocidad de traslación es iterativo, se asume una velocidad inicial para obtener al final el diámetro de diseño de la tubería y con este valor obtendremos un nuevo valor de velocidad, si este valor

es cercano al asumido al inicio entonces ese valor de velocidad es el correcto, y si no resulta cercano entonces se vuelve a iterar de la misma manera:

Es recomendable empezar asumiendo una velocidad inicial de 1.00 m/s y mediante iteraciones determinar el diámetro de conducto y reemplazando los valores de velocidad final como velocidad asumida, hasta que llegamos a obtener velocidades similares donde la velocidad asumida sea equivalente a velocidad final, para el tramo 44-48 la velocidad asumida es:

$$V_a = 0.2618 \text{ m/s}$$

Posteriormente hallamos el tiempo de flujo:

$$t_f = \frac{L}{V}$$

$$t_f = \frac{135}{0.2618 \times 60}$$

$$t_f = 8.59 \text{ min}$$

Finalmente obtenemos el tiempo de concentración sumando el tiempo que tarda en viajar el flujo por el tramo y el tiempo de entrada a la cuneta.

$$t_c = 0.205 + 8.59 = 8.795 \text{ min}$$

Se considerará $t_c = 10 \text{ min}$. debido a que cumple con el tiempo de concentración debe ser como mínimo de 10 minutos, según norma.

3.3.2.2 Cálculo de intensidad y caudal de diseño. Para determinar los valores de caudal se partirá de la obtención del caudal producido con una intensidad de lluvia con periodo de retorno de 25 años, para ello se tomará los datos descritos en los apartados anteriores, como: coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración, intensidad de lluvia, curvas IDF, etc.; posteriormente se obtendrá el caudal producido para cada tramo.

Estos caudales se compararon para verificar si la capacidad de caudal de las cunetas naturales formadas en cada tramo es suficiente para transportar el caudal producido por escorrentía, de tal forma que no se produzcan inundaciones en las calles que puedan dañar los pavimentos. Posteriormente se determinó en qué tramos la capacidad de las cunetas naturales no son suficientes para transportar el caudal producido, y se determinó el diseño de cunetas o estructuras de evacuación de aguas pluviales para completar esta acción en cada tramo, dirigiendo todo el flujo hacia la parte más baja de la cuenca, donde estará dispuesta una red colectora complementado con estructuras de captación.

Asimismo, es oportuno aclarar que el diseño propuesto y estudiado en esta tesis es únicamente el espacio que abarca la cuenca en estudio y se considera como una zona aislada

e ideal sin interferencias de las cuencas colindantes, porque no hay ingresos de flujo pluvial de las urbanizaciones periféricas corroborado de acuerdo a la topografía realizada.

- **Cálculo de intensidad**

Para el cálculo de la intensidad se emplean las curvas IDF para la ciudad de Piura y la Fórmula de la intensidad de lluvia, elaboradas por Farías y Ruiz (2018).

Para el presente diseño se trabajó con un periodo de retorno igual a 25 años para tormentas grandes (T=25):

$$i_{IDF} = \frac{2327 \ln(T) - 2085}{(t + 75)^{0.912}}$$

Luego se hizo el cálculo de la intensidad, reemplazando los datos de la cuenca en la ecuación de las curvas IDF para un periodo de 25 años descritos en el capítulo anterior.

$$i_{25} = \frac{2327 \ln(25) - 2085}{(10 + 75)^{0.912}}$$

$$i_{25} = 94.014 \text{ mm/h}$$

- **Cálculo de caudal**

Haciendo uso de la fórmula racional, con valor de coeficiente de escorrentía promedio igual a 0.812, como se puede observar en la tabla del anexo C y las áreas tributarias cuyo cálculo y valor se encuentran en el Anexo B, se determinó el caudal producido en cada tramo.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

$$Q = \frac{0.812 * 94.014 * 0.885819}{360}$$

$$Q = 0.1834 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este caudal obtenido nos ayudará a determinar parámetros de diseño para determinar velocidad de flujo y diámetro de tuberías lo cual se obtendrá en el próximo capítulo.

Capítulo 4

Desarrollo de diseño de drenaje pluvial

El proyecto abarca un área equivalente a 16.3 ha de terreno y comprende parte de las urbanizaciones Los Jardines de Avifap e Ignacio Merino. Está compuesto por cunetas formadas por la calzada y el bombeo del pavimento o cunetas construidas al filo de la berma que al final de la microcuenca se conectarán con estructuras de captación para distribuir hacia el sistema de evacuación pluvial, vías evacuadoras o conductos de evacuación.

El sistema consiste en trasladar las aguas pluviales hacia los puntos más bajos de la cuenca, donde se dispondrán estructuras de captación como rejillas y cunetas para llevar el agua hacia los colectores principales que trasladarán el agua por medio de vías de evacuación o conductos cubiertos.

Con los datos geométricos y topográficos obtenidos del levantamiento topográfico se logró determinar la ubicación de cuencas ciegas y ubicación de tramos o zonas más bajas de la microcuenca. Toda esta información recopilada nos permite definir la ubicación de estructuras de captación y evacuación, así también definir el sentido y dirección del flujo que seguirá el agua de lluvia a drenar. Finalmente se determinó la cota de los puntos donde se colocarán las estructuras de captación, así mismo se determinarán las cotas de fondo y de tapa de estas.

Para el diseño se ha requerido la siguiente información: topografía, plano catastral de la ciudad de Piura, ancho de las calzadas, longitudes, pendientes, áreas verdes, zonas pavimentadas, tipo de material de las estructuras, cruces y otras redes de servicios públicos.

4.1 Parámetros de diseño y capacidad hidráulica

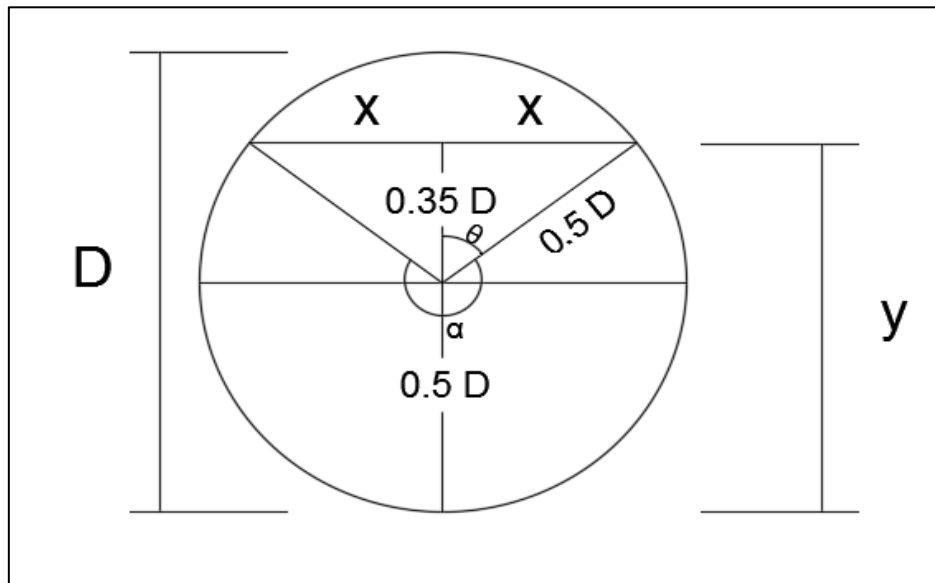
- **Parámetro de velocidad y diámetro de tubería parcialmente llena**

Habiendo calculado el caudal producido se hace el cálculo del diámetro y velocidad para tubería parcialmente llena, partiendo de relaciones hidráulicas en conductos circulares, tal como se detallan a continuación.

Se partirá de la Figura 29:

Figura 29

Variables hidráulicas en conducto circular.



Nota. Adaptado de Hernández, 2018.

Siendo:

Y = Tirante de agua

D = Diámetro del conducto

θ, α = Ángulos

S = Longitud de arco.

Ya mencionada la relación máxima entre la lámina de agua y diámetro del conducto $y/D = 0.85$ se puede determinar el valor de θ :

$$\cos(\theta) = \frac{0.35 D}{0.5 D}$$

Por lo tanto, haciendo uso de geometría se puede calcular α de la siguiente manera:

$$\alpha = 180^\circ + (180^\circ - 2 * \theta)$$

Aplicando trigonometría en la figura podemos hallar el valor de X con la siguiente relación:

$$\sin(\theta) = x/0.5D$$

Esta relación nos permite tener el valor de la cuerda 2X en función del diámetro D de la tubería, por lo tanto, podemos hallar el área transversal de flujo de la tubería (en función del diámetro), esta sería igual a la suma del área del sector circular de ángulo α y el área del triángulo superior.

$$A_{sección\ transversal} = A_{sector\ circular} + A_{triángulo}$$

$$A_{s.T} = \frac{1}{2} (0.5D)^2 \times 268.854^\circ \times \frac{2\pi}{360^\circ} + \frac{2(0.3571D)(0.35D)}{2}$$

Procedemos a calcular el radio hidráulico con la fórmula:

$$R_H = \frac{A}{P}$$

Siendo:

A = Área transversal del flujo (m²).

P = Perímetro mojado (m).

El área ya fue obtenida y el perímetro mojado es igual a la longitud de arco del sector circular S:

$$S = \alpha * r$$

Siendo:

α = Ángulo del sector circular en radianes.

r = Radio del conducto (m).

Ahora en la ecuación de *Manning* reemplazamos el radio hidráulico R_H y despejamos la variable D del conducto, obteniéndose la siguiente relación:

$$V = \frac{1}{n} * (R_H)^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{n} * (0.30326D)^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Despejamos D:

$$D = \left(\frac{V * n}{0.4514 * S^{1/2}} \right)^{2/3}$$

Siendo:

V: velocidad (m/s).

n: coeficiente de rugosidad.

s: pendiente longitudinal.

Una vez conociendo el caudal, obtenido por el método racional, se va igualar al caudal de las expresiones obtenidas por las relaciones hidráulicas y parámetros que depende del conducto de evacuación.

$$Q = V * A$$

$$Q = \frac{1}{n} * (R_H)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

Reemplazando los valores obtenidos de R_H , s y A obtenemos valor del diámetro del conducto:

$$Q = \frac{1}{0.013} * 0.30326D^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{0.03}{100}\right)^{\frac{1}{2}} * 0.7115D^2$$

Donde se podrá encontrar en el valor del diámetro, por lo tanto, también se podrá hallar el valor de la velocidad:

$$V = \frac{1}{0.013} * 0.30326D^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{0.03}{100}\right)^{1/2}$$

Con este proceso se analizarán todos los tramos pertenecientes a la cuenca de estudio (Cuenca Ignacio Merino), como se detallará a continuación en el capítulo 4.

Para este tramo que estamos ejemplificando, los valores de diámetro y velocidad de flujo para tubería parcialmente lleno.

$$D = 0.22m \quad \text{y} \quad V = 0.95m/s$$

- **Cálculo de capacidad hidráulica**

Para evaluar la implementación de cunetas se debe evaluar la capacidad hidráulica de las calles y vías perteneciente a la cuenca, esto ayuda a determinar el requerimiento o no de cunetas adicionales a la cuneta natural formado por la calzada.

Para determinar la capacidad hidráulica en cada tramo se necesita de los siguientes datos: Pendiente longitudinal en cada tramo, ancho de carril, bombeo de pista, coeficiente de rugosidad de Manning, ecuación de Manning para cuneta triangular y rectangular y datos geométricos de la cuneta. Evaluaremos el tramo 44 – 48 para hacer la comparación respectiva del caudal de diseño y la capacidad hidráulica por tramo. La hoja de cálculo de capacidad hidráulica de todos los tramos se presenta en el Anexo D

Datos del tramo 44 – 48:

- Pendiente longitudinal (S): 0.578%
- Ancho de carril (a): 3.00 m
- Bombeo de pista: 2%
- Talud (Z): $Z = \frac{1}{2\%} = 50$
- Ancho Superficial (T): 3.00 m
- Tirante hidráulico (Y): $Y = 2\% * T = 0.06 m$
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013

Se halló la capacidad de caudal reemplazando los datos de los parámetros en la ecuación de Manning de la Figura 10 del apartado 2.2.9.2, de la cual obtendremos el caudal en litros por segundo (l/s).

$$Q = 315 * \frac{50}{0.013} * (0.00578)^{1/2} * (0.06)^{8/3} * \left(\frac{50}{1 + \sqrt{1 + 50^2}}\right)^{2/3}$$

$$Q = 30.84 \text{ l/s}$$

$$Q = \frac{30.84}{1000}$$

$$Q = 0.05015 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para los tramos interiores de la vía se considera ambos lados de la vía, y para las calles ubicadas en los límites de la cuenca se ha considerado cuneta en un solo lado de la vía. Teniendo en cuenta este criterio tenemos que el caudal total del tramo 44 – 48 es el siguiente:

$$Q_{Total \ 44-48} = 2 * 0.05015$$

$$Q_{Total \ 44-48} = 0.1003 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ahora teniendo el caudal de diseño calculado en el apartado 3.3.2.3 ($Q = 0.183 \text{ m}^3/\text{s}$) y la capacidad hidráulica de la vía ($Q = 0.1003 \text{ m}^3/\text{s}$), podemos notar que la capacidad hidráulica del tramo 44-48 no es suficiente para evacuar el caudal producido en este tramo por lo que es necesario implementar cunetas o tuberías para evacuar el agua pluvial y evitar daños en el pavimento y en los habitantes de la ciudad.

4.2 Diseño de estructuras de captación

Como se mencionó en el apartado 2.2.9.1, estas estructuras permiten el ingreso de las aguas pluviales producidas por precipitaciones usuales o por precipitaciones de gran magnitud producidas por el Fenómeno El Niño. Estas estructuras permiten la evacuación del agua de lluvia y en consecuencia no se afectaría el desarrollo de actividades de las personas y tránsito normal de vehículos por las calles durante y después de una precipitación.

La zona donde está ubicada la cuenca en estudio y la mayor parte la ciudad de Piura, cuentan solo con sistema de alcantarillado sanitario para aguas residuales y en algunos casos la población usa estos drenajes para evacuar aguas de lluvia poniendo en riesgo de colapso el sistema de alcantarillado.

Lo que se propone, es un sistema de drenaje pluvial independiente al drenaje de aguas residuales, de modo que se evita la colmatación y sobrecargas de la capacidad del drenaje existente causando el colapso del sistema de drenaje existente. Este sistema permitirá que las personas que viven y transitan por la urbanización Ignacio Merino y

Jardines de Avifap I etapa transiten con normalidad, para ello se necesitará instalar diferentes estructuras que se ubicaran en puntos estratégicos de la cuenca respetando las indicaciones de la norma OS.060, tales como cunetas, sumideros, tuberías, rejillas, etc.

4.2.1 Cunetas

Se ha evaluado la necesidad de implementar cunetas en los tramos de la cuenca, considerando los datos de precipitación existentes y pertenecientes a la zona de estudio.

La primera evaluación se ha realizado con ayuda de software Hcanales, modelando los tramos más desfavorables de mayor caudal y menor pendiente, como un canal vía, teniendo dato de campo que la altura de sardinel en sus vías pavimentadas es de 10 cm. Se considera sardineles peraltados para que el pavimento funcione como un canal vía para evacuar las aguas pluviales. En la Tabla 13 y Figura 30 se muestran el cálculo de tirante normal para estos tramos más desfavorables y con esto verificar si hay necesidad de colocar cunetas por capacidad hidráulica de los tramos.

Tabla 13

Evaluación de tirante normal de canal vía en los tramos más desfavorables.

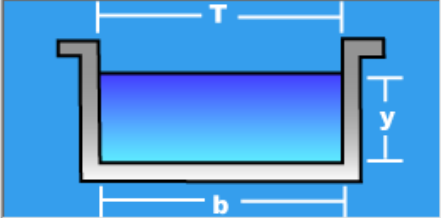
TRAMO	Ancho de solera (m)	coeficiente de Manning "n"	Pendiente Transversal "S2"	Q(m ³ /s)	Tirante normal (m)
18-45	9.00	0.013	0.0016	0.829	0.12
45-49	9.00	0.013	0.0019	1.036	0.13
47-50	7.00	0.013	0.0027	0.757	0.12
49-51	9.00	0.013	0.0013	0.742	0.12
50-51	6.50	0.013	0.0037	0.787	0.11
25-41	7.00	0.013	0.0035	1.599	0.17

Figura 30

Cálculo de tirante normal para tramo 18-45.

Lugar:	Urb. Ignacio Merino I etapa	Proyecto:	Drenaje pluvial
Tramo:	18-45	Revestimiento:	concreto

Datos:			
Caudal (Q):	0.829	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	9	m	
Talud (Z):			
Rugosidad (n):	0.013		
Pendiente (S):	0.0016	m/m	



Resultados:					
Tirante normal (y):	0.1231	m	Perímetro (p):	9.2463	m
Área hidráulica (A):	1.1083	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1199	m
Espejo de agua (T):	9.0000	m	Velocidad (v):	0.7480	m/s
Número de Froude (F):	0.6806		Energía específica (E):	0.1517	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Nota. Adaptado de Hcanales.

La solución sería colocar sardineles peraltados mayores a 17 cm, pero esta solución, no es la más adecuada debido a que en la mayoría de sus vías ya están pavimentada y con veredas a un nivel de 10 cm por encima del pavimento, además tenemos vías con rampas de ingreso vehicular, estacionamientos y hay viviendas que están en un nivel más bajo que el pavimento o nivel de vereda, por tanto, no consideramos que esto sea una solución adecuada, deberíamos evitar el riesgo de que las aguas de lluvia superen el nivel del sardinel o veredas y se desborde el agua pluvial hacia las viviendas.

Nuestra segunda evaluación consiste en evitar que las aguas pluviales estén acumuladas sobre el pavimento, para ello se determinó la capacidad de caudal que se puede transportar a través de las calles y se comparó con el caudal producido para una precipitación con periodo de retorno de 25 años.

Como se aprecia en la tabla 14 y 15 se obtuvo que en la mayoría de tramos la cuneta que está formada por la calzada y la berma del pavimento no es suficiente para evacuar las aguas pluviales hacia el punto más bajo de la cuenca debido a las pendientes bajas que hay en muchos tramos; por ello requieren la implementación de cunetas a los extremos del pavimento, que al considerarlas junto con la cuneta formada con la superficie de la calzada se obtienen cunetas de sección compuesta.

Tabla 14

Comparación de capacidad de caudal de las vías con caudales producidos por escorrentía y determinación de tramos que requieren cuneta.

Tramo	Ancho de carril	Número de carriles	Q producido (m ³ /s)	Capacidad máxima (m ³ /s)	Observación
1-2	2.5	2	0.0465	0.0754	No necesita diseñar cuneta
2-3	2.5	2	0.0943	0.1029	No necesita diseñar cuneta
3-4	2.5	2	0.0988	0.0783	Diseño de cuneta
1A-1	3.5	1	0.0156	0.0953	No necesita diseñar cuneta
1-5	3.5	1	0.0383	0.1809	No necesita diseñar cuneta
5-6	3.5	1	0.0564	0.1764	No necesita diseñar cuneta
6-8	2.575	2	0.0379	0.0549	No necesita diseñar cuneta
7-8	2.575	2	0.0390	0.0472	No necesita diseñar cuneta
3-9	3.25	2	0.0623	0.2337	No necesita diseñar cuneta
7-9	3.25	2	0.1216	0.2172	No necesita diseñar cuneta
6-13	3.5	2	0.1129	0.1446	No necesita diseñar cuneta
7-10	3.25	2	0.1980	0.1943	Diseño de cuneta
10'-13	2.6	2	0.0628	0.0560	Diseño de cuneta
10-10'	2.6	2	0.0338	0.0695	No necesita diseñar cuneta
1A-4A	2.75	1	0.0704	0.0497	Diseño de cuneta
4A-4	4.5	2	0.0921	0.5652	No necesita diseñar cuneta
4-14	4.5	2	0.2670	0.5021	No necesita diseñar cuneta
13-15	3.5	2	0.0956	0.1282	No necesita diseñar cuneta
11-15	3.25	2	0.0770	0.0179	Diseño de cuneta
10-11	3.25	2	0.0840	0.0982	No necesita diseñar cuneta
10-14	2.75	2	0.3440	0.0940	Diseño de cuneta
11-12	3.6	2	0.1241	0.1476	No necesita diseñar cuneta
12-42	3	2	0.0368	0.0444	No necesita diseñar cuneta
12-17	3.5	2	0.1218	0.0233	Diseño de cuneta
15-16	3.5	2	0.0834	0.1390	No necesita diseñar cuneta
16-17	3.5	2	0.1043	0.1423	No necesita diseñar cuneta
14-18	4.5	2	0.6798	0.1879	Diseño de cuneta
12-18	2.75	2	0.1090	0.1038	Diseño de cuneta
18-45	4.5	2	0.8290	0.1544	Diseño de cuneta
17-43	3.5	2	0.2561	0.0759	Diseño de cuneta
42-43	3	2	0.0431	0.0622	No necesita diseñar cuneta
42-44	3	2	0.0409	0.1006	No necesita diseñar cuneta
43-46	3.5	2	0.3183	0.1041	Diseño de cuneta
44-46	3	2	0.1304	0.0238	Diseño de cuneta
44-45	3.05	2	0.1326	0.1256	Diseño de cuneta
45-49	4.5	2	1.0356	0.1701	Diseño de cuneta
44-48	3	2	0.1879	0.1003	Diseño de cuneta
46-47	3.5	2	0.2876	0.1720	Diseño de cuneta
48-49	3	2	0.3475	0.0346	Diseño de cuneta
47-48	3	2	0.4527	0.0955	Diseño de cuneta
47-50	3.5	2	0.7571	0.1033	Diseño de cuneta
49-51	4.5	2	0.7421	0.1396	Diseño de cuneta
50-51	3.25	2	0.7870	0.0994	Diseño de cuneta
33D-38C	2.5	1	0.0234	0.0362	No necesita diseñar cuneta

Tabla 15*Continuación de la tabla 14.*

Tramo	Ancho de carril	Número de carriles	Q producido (m ³ /s)	Capacidad máxima (m ³ /s)	Observación
20C-33C	4	2	0.0480	0.2371	No necesita diseñar cuneta
20B-38B	3.5	2	0.0653	0.1848	No necesita diseñar cuneta
38C-20D	2.5	1	0.1004	0.0332	Diseño de cuneta
20D-20C	3	2	0.1835	0.1891	No necesita diseñar cuneta
20C-20B	3	2	0.0432	0.1488	No necesita diseñar cuneta
20B-20A	3	2	0.2451	0.1372	Diseño de cuneta
20-38	3.05	1	0.1307	0.0890	Diseño de cuneta
19-20	3.05	1	0.1557	0.0851	Diseño de cuneta
19A-20A	2.5	2	0.0487	0.1203	No necesita diseñar cuneta
20A-38A	2.5	2	0.3231	0.0801	Diseño de cuneta
19A-19	3.5	1	0.3383	0.0763	Diseño de cuneta
19-21	3.5	2	0.5110	0.1685	Diseño de cuneta
38B-38A	2.8	2	0.0322	0.1074	No necesita diseñar cuneta
38A-38	2.8	2	0.0552	0.0963	No necesita diseñar cuneta
33A-38	3.5	2	0.1263	0.2320	No necesita diseñar cuneta
37-38	2.8	1	0.0912	0.0687	Diseño de cuneta
36-37	3.65	2	0.0725	0.2853	No necesita diseñar cuneta
21-36	3.65	2	0.0945	0.2067	No necesita diseñar cuneta
21-22	3.5	2	0.6482	0.1699	Diseño de cuneta
22-23	3.5	2	0.6817	0.1427	Diseño de cuneta
35-36	2.8	2	0.1069	0.0976	Diseño de cuneta
34-37	2.8	1	0.1024	0.0687	Diseño de cuneta
33-34	2.8	1	0.0615	0.0653	No necesita diseñar cuneta
34-35	2.8	2	0.2070	0.0564	Diseño de cuneta
26-35	2.8	2	0.3501	0.0573	Diseño de cuneta
38B-33B	3.5	2	0.0341	0.1699	No necesita diseñar cuneta
33D-33C	3.3	1	0.0146	0.1238	No necesita diseñar cuneta
33C-33B	3.3	1	0.0248	0.1318	No necesita diseñar cuneta
33B-33A	3.3	1	0.0990	0.0945	Diseño de cuneta
33A-33	3.3	1	0.1329	0.0641	Diseño de cuneta
32-33	3.3	2	0.1114	0.1300	No necesita diseñar cuneta
26-32	2.7	2	0.1258	0.0865	Diseño de cuneta
23-26	2.7	2	0.2239	0.0996	Diseño de cuneta
23-24	3.5	2	0.9426	0.1648	Diseño de cuneta
24-25	3.5	2	0.9790	0.1427	Diseño de cuneta
26-27	2.8	2	0.3187	0.0595	Diseño de cuneta
31-32	3.3	2	0.0962	0.0892	Diseño de cuneta
30-31	2.75	2	0.0649	0.0775	No necesita diseñar cuneta
27-30	2.75	2	0.0881	0.1023	No necesita diseñar cuneta
29-30	2.8	2	0.1012	0.0780	Diseño de cuneta
29-39	2.8	2	0.1071	0.0723	Diseño de cuneta
28-29	2.8	2	0.0752	0.0980	No necesita diseñar cuneta
27-28	2.8	2	0.4896	0.0700	Diseño de cuneta
25-28	2.8	2	0.6021	0.1391	Diseño de cuneta
25-41	3.5	2	1.5987	0.1182	Diseño de cuneta
31-40	3.3	2	0.1375	0.0988	Diseño de cuneta
39-40	3.5	2	0.1652	0.1931	No necesita diseñar cuneta
39-41	3.5	2	0.1698	0.2134	No necesita diseñar cuneta

Habiendo definido los tramos a diseñar cuneta, se evaluaron dos propuestas de diseño, teniendo en cuenta las consideraciones de diseño de la norma OS.060, se hizo uso de la ecuación de Manning para determinar la capacidad de caudal y dimensiones de las cunetas, y para obtener el caudal máximo producido por escorrentía se obtuvo a partir de la expresión del método Racional.

La Figura 31 y 32 muestran las secciones de cunetas que se han propuesto, cunetas con secciones rectangulares y triangulares al lado de la vía cuyas dimensiones se han diseñado de tal forma que el valor de capacidad de caudal de la cuneta sea mayor al valor de caudal máximo producido en m³/s.

Al incorporar cunetas ya sea de sección triangular o rectangular, forman una sección compuesta con la cuneta formada con el bombeo de la calzada, para calcular el área y caudal de la sección compuesta de una forma más simple se han dividido tres secciones, quedando finalmente el cálculo del caudal como suma de las tres secciones ($Q_{total}=Q_a+Q_c-Q_b$), donde:

- a:** es el triángulo formado por el sardinel y la línea recta por la calzada desde la corona del pavimento hasta el sardinel.
- c:** cuneta triangular o rectangular implementado por necesidad de capacidad de caudal
- b:** área repetida al sumar la cuneta natural y cuneta implementada.

Figura 31

Sección compuesta de cunetas triangulares rectangulares.

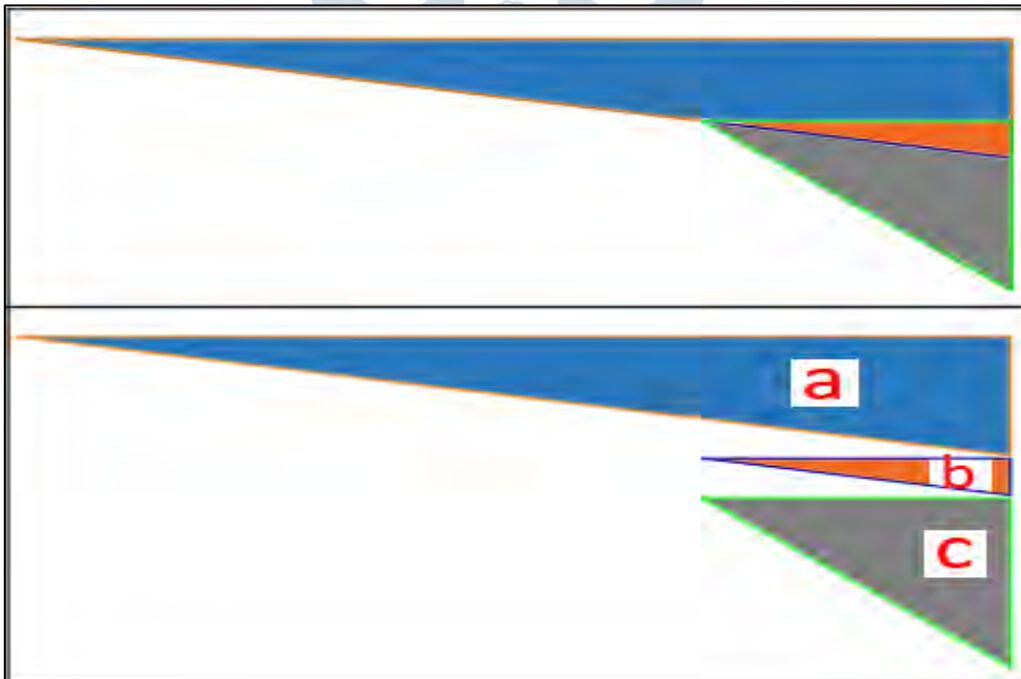
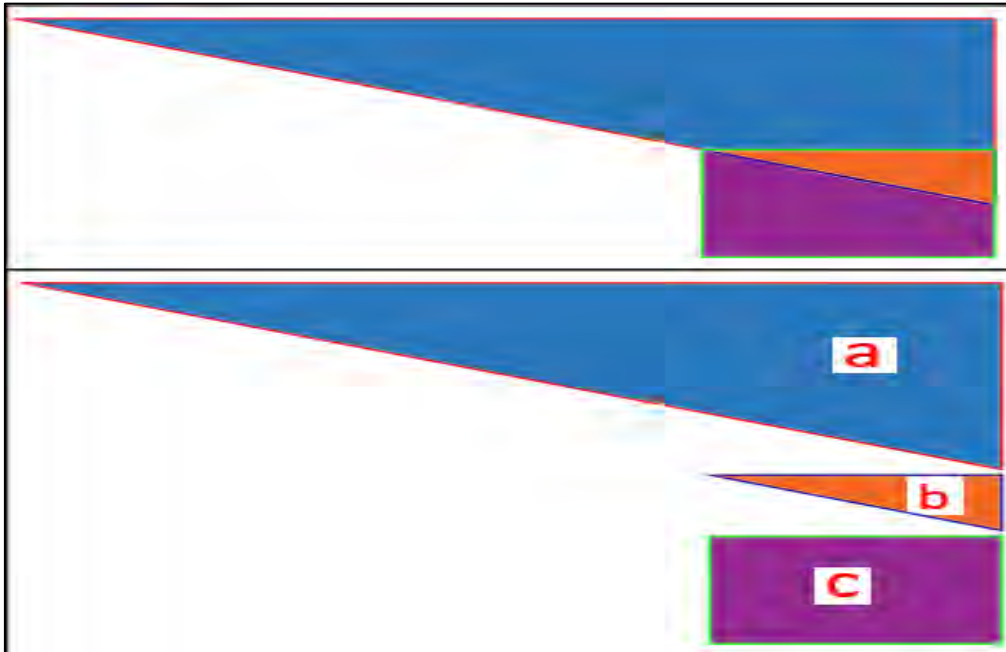


Figura 32

Sección compuesta de cuneta triangular y cuneta rectangular.



4.2.2 Propuestas de diseño de cuneta

La primera propuesta consiste en implementar cunetas en los tramos que las requieren, considerando que la cuneta triangular o rectangular a construir tendrá las dimensiones de acuerdo al caudal producido en el tramo, asegurando tener la capacidad de evacuar dicho caudal, lo que significa que el caudal será evacuado hacia el punto de concentración sin sobrepasar el borde superior de la calzada. El punto de concentración ubicado en el tramo 49-50-51 se conectará a los conductos de evacuación propuestos en el proyecto de construcción del sistema de evacuación de las aguas pluviales por gravedad de la franja central de la ciudad de Piura.

En esta primera propuesta planteada se propone que, con la implementación de cunetas, las calles de la cuenca tengan la capacidad de evacuación del agua pluvial producida en los tramos correspondientes a la cuenca en estudio. Sin embargo, como se mencionó antes las pendientes de las calles son bajas, y si mantenemos las cunetas con la misma pendiente de la vía no se puede evitar acumulación de agua en las calles, por ello se necesita implementar cunetas de dimensiones grandes tal como se muestra en la Figura 33.

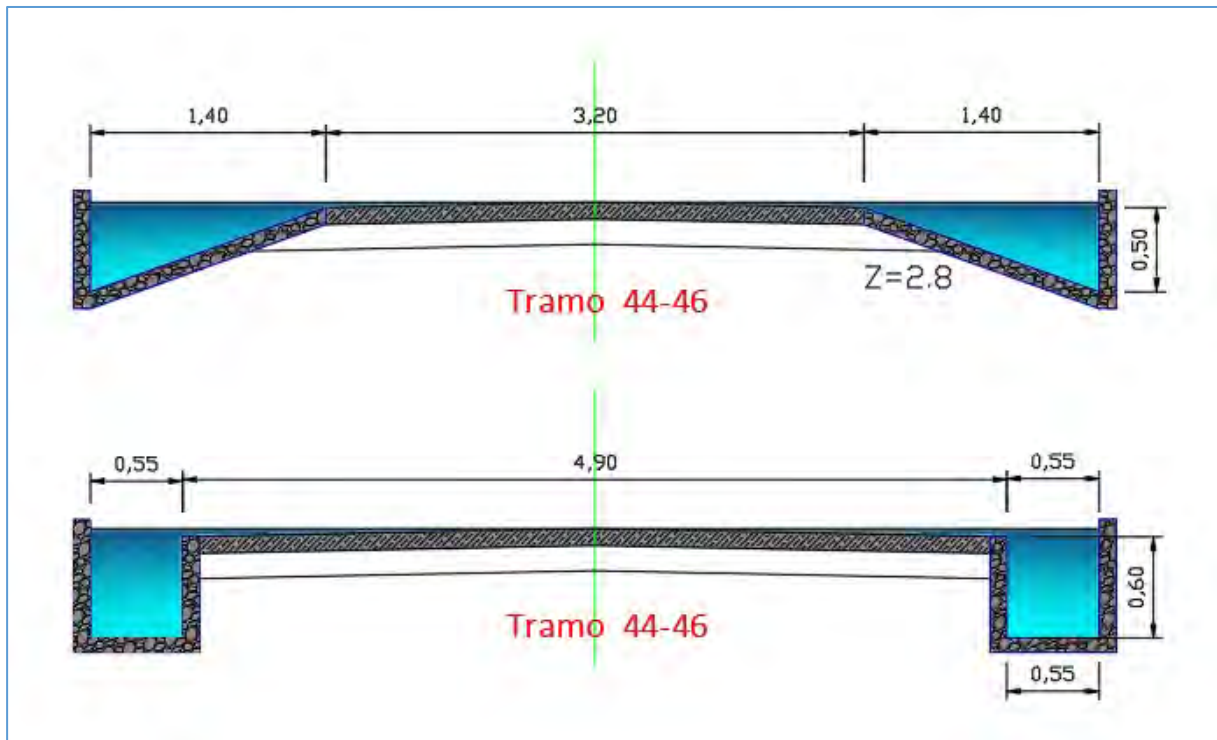
Colocar cunetas de dimensiones grandes causaría una disminución considerable en el ancho de carriles de las calles, así mismo la velocidad de flujo en algunos tramos sería muy baja, lo cual puede ocasionar sedimentación de partículas en las cunetas y en consecuencia queden obstruidas de arena, piedras o grava. Mantener pendientes de cunetas igual al de las vías, en tramos que la pendiente es menor a 1%, puede ocasionar lo siguiente: cunetas laterales muy grandes, reducción de carril de vías, dificultad para el tránsito de peatones,

dificultad del tránsito vehicular, congestión vehicular, mayor inversión económica y riesgo de sedimentación en las cunetas.

También se tuvo en cuenta que al ser muy grandes puede ocasionar accidentes en los niños que transiten por las calles, causando riesgo de accidentes.

Figura 33

Sección y dimensiones de cunetas para el tramo 44-46, considerando las condiciones de la primera propuesta planteada.



La segunda propuesta contempla diseñar una cuneta de un ancho uniforme en todos los tramos de vía, sin embargo, la profundidad de la cuneta irá cambiando a lo largo del tramo con la finalidad de aumentar la pendiente longitudinal y velocidad de flujo para evitar sedimentación de materiales, esto nos ayuda a aumentar la capacidad de caudal en cada tramo. Así también se obtendrá pendientes diferentes en calzadas y fondos de cuneta.

Para lograr esto se ha tomado en cuenta la topografía recogida en la cuenca, teniendo la cota y pendientes aproximada de cada tramo, se ha podido ajustar la pendiente a lo largo de las calles y lograr aumentar la pendiente del fondo de cunetas; Para las intersecciones de vías se ha pensado reducir la pendiente en esta zona con el fin de asegurar la integridad de los demás tramos y evitar una acumulación de flujo.

También aumentando la pendiente se está logrando que la velocidad del flujo pluvial sea mayor o equivalente a 1 m/s asegurando que sea superior a la velocidad de auto limpieza y evitando la sedimentación de partículas como arena o grava.

Para graficar la propuesta de incremento de pendiente en un tramo, se muestra la gráfica del perfil longitudinal y el corte de la sección del tramo 44-46 en las Figura 34 y 35, en la primera imagen se puede apreciar el incremento de la pendiente de fondo de la cuneta con respecto a la pendiente de la calzada, pasando de 0.03% a 0.44%, gracias a este incremento de pendiente se ha logrado reducir el ancho de cuneta a 0.20m y una profundidad máxima en el tramo de 0.30 a capacidad llena. En comparación con la primera propuesta la altura y ancho de cuneta son bajos y permiten transportar un mayor caudal en una menor área, además da posibilidad de profundizar la cuneta y dejar borde libre para evitar desborde del agua hacia las veredas viviendas y sobre todo evitar que el agua este mucho tiempo en contacto con el pavimento o asfalto de las vías.

Figura 34

Sección y dimensiones de cunetas para el tramo 44-46, considerando las condiciones de la segunda propuesta planteada.

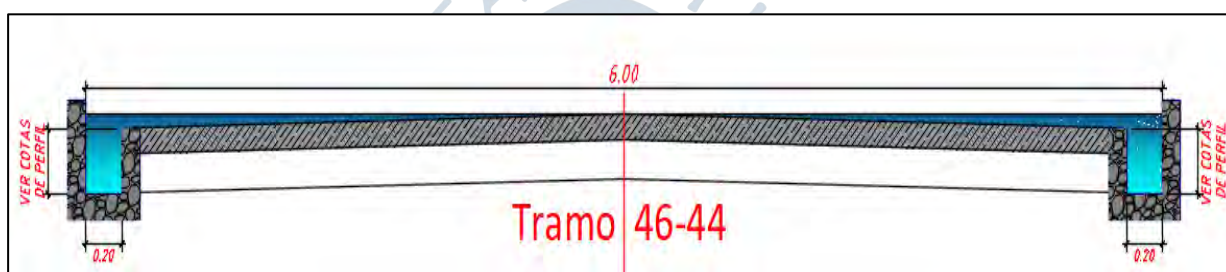
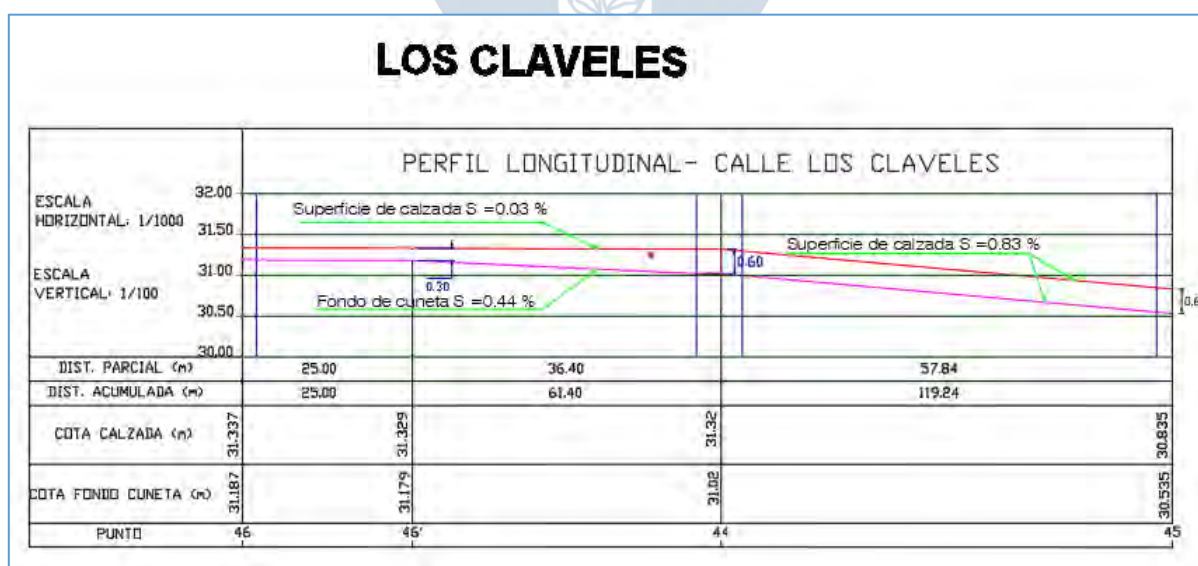


Figura 35

Perfil longitudinal de superficie de calzada y fondo de cuneta del tramo 44-46.



Para incrementar la pendiente se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Cada tramo del recorrido del flujo se refiere a cada cuadra de las calles dividida por intersecciones de vías, entre vías secundarias o principales
- Incrementar la pendiente a partir de un punto intermedio del tramo, siempre y cuando el tramo se encuentre al inicio del recorrido del flujo.
- Evitar que se incremente mucho la altura de cuneta en tramos iniciales o intermedios de la línea de conducción del flujo, para evitar tener alturas grandes en los tramos finales, manteniendo un ancho de cuneta que no reduzca significativamente el ancho de carriles y lograr una integración eficaz hacia el sistema principal de drenaje.
- incrementar la velocidad a valores aproximados a la velocidad mínima de auto limpieza
- en los tramos intermedios que la pendiente es muy pequeña y su velocidad es menor a 0.9 m/s, no se logra tener una capacidad suficiente para transportar el caudal producido y acumulado en dicho tramo
- se ha buscado guardar continuidad con las dimensiones de las cunetas de los tramos anteriores y que la variación de pendiente respecto a la calzada sea en todo el tramo.

4.2.3 Evaluación de propuestas

Luego de analizar tramo por tramo, las dimensiones de cuneta, pendientes de cada tramo, incremento de caudal en tramos con pendiente menores al 0.5 %, las nuevas dimensiones de cuneta implementando los cambios de pendiente y condiciones que se requieren para transportar el caudal producido para una precipitación de mediana a alta intensidad. Se concluyó en optar por la segunda opción ya que nos permite reducir considerablemente el ancho de la cuneta al permitir transportar el caudal producido en un área menor de cuneta.

De acuerdo a la propuesta del cambio de pendiente, se determinó que en los tramos que se incremente la pendiente, la altura inicial quedara determinada por el tramo inmediatamente anterior; considerando que el caudal que ingresa a este punto no es afectado por aporte de caudal de otro tramo secundario. La altura final del tramo seria la altura que arroja el diseño de cuneta en dicho tramo, esto debido a que el valor de caudal producido en cada tramo es la acumulación del flujo a lo largo del área tributaria a dicho tramo, el cual se va incorporando al sistema de drenaje a medida que se avanza en el tramo. Lo que se ha previsto al momento de dimensionar las cunetas e incrementar pendientes, es mantener continuidad en el ancho de cunetas y evitar que se reduzca demasiado el ancho de carril.

Para explicar y sustentar nuestro análisis con otro tramo diferente al presentado anteriormente, en las Figura 36 y 37 se muestra el cálculo de capacidad de caudal para el tramo 11-15 con su respectivo dimensionamiento de cuneta, siguiendo la ecuación de Manning y se observa que variando la pendiente del fondo de cuneta podemos reducir y encontrar dimensiones óptimas de la cuneta y aumentar la velocidad de flujo en las cunetas, en estas imágenes se observa que al cambiar la pendiente de 0.01% a 0.19%, el área de sección de cuneta se reduce de 0.15m², sección 0.30m x 0.50, a 0.05m², sección 0.20m x 0.25m, y para el caso de velocidad de flujo aumenta de 0.20m/s a 0.57m/s.

Para el cálculo de caudal en las cunetas se ha utilizado la ecuación de Manning para cunetas triangulares y cunetas compuestas que se presentan en la Figura 10 del apartado 2.2.9.2, obteniendo como resultado la capacidad de caudal, y a través de iteraciones simples podemos obtener las dimensiones de las cunetas, la iteración consistió en reemplazar los valores de ancho y altura de cuneta (espejo de agua y tirante) en la ecuación de Manning, ajustando los valores a dimensiones múltiplos de 0.05 m. y verificando que la capacidad de las cunetas cumpla con el caudal producido en dichos tramos.

Los tramos que pertenecen a calles en los que la mayoría de tramos llevan cunetas se evaluaron considerar cunetas con dimensiones mínimas de 0.15m de ancho x 0.15m de alto, para lo cual se presenta en el anexo F los perfiles longitudinales de las calles, aquí se puede observar cómo se produce el cambio de pendiente en la calzada y fondo de cuneta.

Figura 36

Diseño de cuneta rectangular en tramo 11-15, donde la pendiente del fondo de cuneta es igual a la pendiente longitudinal de la calzada.

DATOS	Caudal producido Tramo 11-15	0.0758 m ³ /s		
	valor de "X" a iterar	0.20 valor variable		
	espejo de agua cuneta 2	0.2 valor definido		
	coeficiente de rugosidad de manning "n"	0.013		
	ancho de 1 carril (m)	3.25		
	bombeo de pista	2.00%		
DISEÑO	CUNETA	cuneta a	cuneta b	cuneta c
	Tirante de agua Yi	0.07	0.30	0.02
	pendiente transversal Zi	50.00	3.33	50.00
	Ancho Superficial "Ti"	3.25	1.00	1.00
	Perimetro mojado "Pi"			
	Pendiente longitudinal "S"	0.0001	0.0001	0.0001
	Caudal "Qi" (m ³ /s)	0.0179	0.0588	0.0008
Qt_{total} = Q_a+Q_b-Q_c (m³/s)	0.0759	Q _{max} (capacidad > Q _{producido})		
Q_{producido} (m³/s)	0.0758	CUMPLE CAPACIDAD		

Figura 37

Diseño y pre-dimensionamiento de cunetas rectangulares, por tramos.

TRAMO	Longitud Transversal	Pendiente longitudinal "S2"	Q m3/S (Caudal producido por tramo)	Q1 m3/S (Capacidad hidraulica de la calzada)	Validacion de datos	Diseño de cuneta				Qt m3/S (Caudal total)	Velocidad de flujo en cunetas
						Pendiente longitudinal "S3"	"b" ancho de cuneta	"Y-2" tirante de agua	Q2 m3/S (Caudal total en cunetas)		
1-2	2.50	0.86%	0.0465	0.0754	No necesita cuneta	0.86%	0.15	0.15	0.022	0.119	0.971
2-3	2.50	1.61%	0.0943	0.1029	No necesita cuneta	1.61%	0.15	0.15	0.030	0.162	1.324
3-4	2.50	0.93%	0.0988	0.0783	Diseñar Cuneta	0.93%	0.15	0.15	0.023	0.124	1.007
1A-1	2.50	0.92%	0.0156	0.0953	No necesita cuneta	0.92%	0.15	0.15	0.023	0.140	1.000
1-5	3.50	3.30%	0.0383	0.1809	No necesita cuneta	3.30%	0.15	0.15	0.043	0.266	1.898
5-6	3.50	3.14%	0.0564	0.1764	No necesita cuneta	3.14%	0.15	0.15	0.042	0.260	1.851
6-8	2.58	0.39%	0.0379	0.0549	No necesita cuneta	0.39%	0.15	0.15	0.015	0.084	0.653
7-8	2.58	0.29%	0.0390	0.0472	No necesita cuneta	0.29%	0.15	0.15	0.013	0.072	0.561
3-9	3.25	2.05%	0.0623	0.2337	No necesita cuneta	2.05%	0.2	0.15	0.051	0.335	1.687
7-9	3.25	1.77%	0.1216	0.2172	No necesita cuneta	1.77%	0.2	0.15	0.047	0.311	1.568
6-13	3.50	0.53%	0.1129	0.1446	No necesita cuneta	0.53%	0.2	0.15	0.026	0.196	0.857
7-10	3.25	1.42%	0.1980	0.1943	Diseñar Cuneta	1.42%	0.2	0.15	0.042	0.278	1.402
10'-13	2.60	0.39%	0.0628	0.0560	Diseñar Cuneta	0.39%	0.2	0.15	0.022	0.100	0.733
10-10'	2.60	0.60%	0.0338	0.0695	No necesita cuneta	0.60%	0.2	0.15	0.027	0.124	0.910
1A-4A	2.75	0.90%	0.0704	0.0497	Diseñar Cuneta	0.90%	0.2	0.15	0.034	0.117	1.119
4A-4	4.50	2.11%	0.0921	0.5652	No necesita cuneta	2.11%	0.2	0.15	0.051	0.668	1.713
4-14	4.50	1.67%	0.2670	0.5021	No necesita cuneta	1.67%	0.2	0.1	0.027	0.556	1.348
13-15	3.50	0.42%	0.0956	0.1282	No necesita cuneta	0.42%	0.2	0.2	0.033	0.193	0.815
11-15	3.25	0.01%	0.0770	0.0179	Diseñar Cuneta	0.24%	0.2	0.3	0.040	0.098	0.670
10-11	3.25	0.36%	0.0840	0.0982	No necesita cuneta	0.36%	0.15	0.25	0.026	0.150	0.691
10-14	2.75	0.81%	0.3440	0.0940	Diseñar Cuneta	1.15%	0.25	0.35	0.147	0.388	1.682
11-12	3.60	0.47%	0.1241	0.1476	No necesita cuneta	0.47%	0.15	0.25	0.030	0.207	0.790
12-42	3.00	0.11%	0.0368	0.0444	No necesita cuneta	0.25%	0.15	0.25	0.022	0.087	0.574
12-17	3.50	0.01%	0.1218	0.0233	Diseñar Cuneta	0.21%	0.3	0.25	0.055	0.132	0.727
15-16	3.50	0.49%	0.0834	0.1390	No necesita cuneta	0.49%	0.2	0.225	0.041	0.220	0.906
16-17	3.50	0.51%	0.1043	0.1423	No necesita cuneta	0.51%	0.2	0.25	0.047	0.237	0.947
14-18	4.50	0.23%	0.6798	0.1879	Diseñar Cuneta	0.45%	0.45	0.4	0.255	0.698	1.418
12-18	2.75	0.98%	0.1090	0.1038	Diseñar Cuneta	0.98%	0.15	0.15	0.023	0.150	1.036
18-45	4.50	0.16%	0.8290	0.1544	Diseñar Cuneta	0.37%	0.45	0.55	0.341	0.836	1.377

4.3 Diseño de cunetas y evacuación final del flujo pluvial

Evaluada las propuestas de cunetas, se dispone a evaluar la disposición final del flujo y diseño del sistema de drenaje pluvial, este consiste en cunetas a lo largo de los tramos (diseñados en los apartados anteriores) unidos a cunetas transversales en el punto de concentración final del flujo, y tuberías para trasladar las aguas pluviales hacia la estación de bombeo de Ignacio Merino.

Para la disposición final del flujo pluvial, se ha dispuesto concentrar todo el flujo en las cunetas transversales, estas se conectarán por medio de tuberías a buzones que deberán estar conectados al colector principal de evacuación pluvial. De acuerdo al estudio de prefactibilidad del Proyecto "Construcción del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la franja central de la ciudad de Piura", este contempla en sus tres alternativas de solución, considerar ductos enterrados para la evacuación de aguas pluviales concentradas en las zonas de la Urb. Ignacio Merino.

4.3.1 Cunetas longitudinales

El diseño de cunetas se ha realizado siguiendo los parámetros establecidos por la norma OS. 060, para el cálculo de caudal se ha usado la ecuación de *Manning*, se ha elegido cunetas rectangulares para la evacuación del flujo pluvial de los tramos de la cuenca en estudio. El tipo de material considerado para la construcción de las cunetas es Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con acabado paletado cubiertos en la superficie con rejillas metálicas de drenaje, considerando para el cálculo de caudal los siguientes parámetros:

$$Q = A * V = \frac{A * R_h^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = Caudal de cuneta (m^3/s)

A = Área de la sección transversal de cuneta (m^2)

V = Velocidad media del flujo (m/s)

P = Perímetro mojado (m)

Rh = Radio hidráulico (m) = A/P

S = Pendiente longitudinal de fondo de cuneta (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

De acuerdo a la tabla 07 presentada en el apartado 2.2.9.2, de acuerdo al material a emplear para la construcción de cunetas, se obtiene que el coeficiente de rugosidad de Manning en este caso es 0.012 para cunetas de concreto con superficie lisa, sin embargo, el apartado "f" de dicha tabla establece que para cunetas con pendiente pequeña se puede incrementar el coeficiente en 0.002; teniendo en nuestra cuenca pendientes regularmente bajas se concluyó considerar el coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0.013.

En el cambio de pendiente y dimensiones de cuneta, también se ha tenido en cuenta la velocidad de flujo, logrando que en la mayoría de casos sea mayor a 1 m/s, y en algunos casos donde la pendiente de calzada es demasiado baja se ha tenido en cuenta que la velocidad para estos tramos sea superior a 0.5 m/s.

La velocidad de flujo depende de la pendiente, sección de la cuneta y tipo de material de la cuneta, así mismo se debe tener en cuenta las velocidades admisibles establecidas por tipo de material tal como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16*Velocidades límites admisibles.*

Tipo de superficie	Velocidad límite admisible
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 - 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 - 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 - 1.20
Arcilla grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 - 1.50
Hierba	1.20 - 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 - 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 - 4.50
Concreto	4.50 - 6.00

Nota. Adaptado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012.

En las Tabla 17 y 18 se puede observar las dimensiones de las cunetas por tramo, las columnas sombreadas son de la pendiente longitudinal del pavimento y cuneta respectivamente. Tal como se explicó anteriormente hay tramos que se modificara su pendiente longitudinal de esta forma incrementamos la velocidad de evacuación del flujo y disminuimos las dimensiones de cunetas.

Las dimensiones que aparecen en cada tramo corresponden a las dimensiones uniformes para dicho punto, considerando que no existe variación de pendiente. En los tramos con variación de pendiente las dimensiones de cuneta estará definida por el tramo inmediatamente anterior, y las dimensiones de cuneta al final del tramo será lo que arroja el diseño para dicho tramo.

En el anexo E se adjunta plano con dirección del flujo pluvial, características geométricas e hidráulicas de la cuneta por tramos.

Todo esto se puede visualizar mejor en los planos PL01, PL02 y PL03 que se encuentran en el anexo F, en los cuales se visualiza el perfil longitudinal de los tramos que en el diseño necesitan cuneta y sobre todo los tramos que existe variación de pendiente, también se ha incluido cortes transversales de las vías con sus respectivas cunetas y plano de planta donde se visualiza como estarán ubicados las cunetas.

Tabla 17

Diseño de cunetas por tramos.

TRAMO	Longitud Transversal	Pendiente longitudinal "S2"	Q m3/S (Caudal producido por tramo)	Q1 m3/S (Capacidad hidraulica de la calzada)	Validacion de datos	Diseño de cuneta				Qt m3/S (Caudal total)	Velocidad de flujo en cunetas
						Pendiente longitudinal "S3"	"b" ancho de cuneta	"Y-2" tirante de agua	Q2 m3/S (Caudal total en cunetas)		
1-2	2.50	0.86%	0.0465	0.0754	No necesita cuneta	0.86%	0.15	0.15	0.022	0.119	0.971
2-3	2.50	1.61%	0.0943	0.1029	No necesita cuneta	1.61%	0.15	0.15	0.030	0.162	1.324
3-4	2.50	0.93%	0.0988	0.0783	Diseñar Cuneta	0.93%	0.15	0.15	0.023	0.124	1.007
1A-1	2.50	0.92%	0.0156	0.0953	No necesita cuneta	0.92%	0.15	0.15	0.023	0.140	1.000
1-5	3.50	3.30%	0.0383	0.1809	No necesita cuneta	3.30%	0.15	0.15	0.043	0.266	1.898
5-6	3.50	3.14%	0.0564	0.1764	No necesita cuneta	3.14%	0.15	0.15	0.042	0.260	1.851
6-8	2.58	0.39%	0.0379	0.0549	No necesita cuneta	0.39%	0.15	0.15	0.015	0.084	0.653
7-8	2.58	0.29%	0.0390	0.0472	No necesita cuneta	0.29%	0.15	0.15	0.013	0.072	0.561
3-9	3.25	2.05%	0.0623	0.2337	No necesita cuneta	2.05%	0.2	0.15	0.051	0.335	1.687
7-9	3.25	1.77%	0.1216	0.2172	No necesita cuneta	1.77%	0.2	0.15	0.047	0.311	1.568
6-13	3.50	0.53%	0.1129	0.1446	No necesita cuneta	0.53%	0.2	0.15	0.026	0.196	0.857
7-10	3.25	1.42%	0.1980	0.1943	Diseñar Cuneta	1.42%	0.2	0.15	0.042	0.278	1.402
10'-13	2.60	0.39%	0.0628	0.0560	Diseñar Cuneta	0.39%	0.2	0.15	0.022	0.100	0.733
10-10'	2.60	0.60%	0.0338	0.0695	No necesita cuneta	0.60%	0.2	0.15	0.027	0.124	0.910
1A-4A	2.75	0.90%	0.0704	0.0497	Diseñar Cuneta	0.90%	0.2	0.15	0.034	0.117	1.119
4A-4	4.50	2.11%	0.0921	0.5652	No necesita cuneta	2.11%	0.2	0.15	0.051	0.668	1.713
4-14	4.50	1.67%	0.2670	0.5021	No necesita cuneta	1.67%	0.2	0.1	0.027	0.556	1.348
13-15	3.50	0.42%	0.0956	0.1282	No necesita cuneta	0.42%	0.2	0.2	0.033	0.193	0.815
11-15	3.25	0.01%	0.0770	0.0179	Diseñar Cuneta	0.24%	0.2	0.3	0.040	0.098	0.670
10-11	3.25	0.36%	0.0840	0.0982	No necesita cuneta	0.36%	0.15	0.25	0.026	0.150	0.691
10-14	2.75	0.81%	0.3440	0.0940	Diseñar Cuneta	1.15%	0.25	0.35	0.147	0.388	1.682
11-12	3.60	0.47%	0.1241	0.1476	No necesita cuneta	0.47%	0.15	0.25	0.030	0.207	0.790
12-42	3.00	0.11%	0.0368	0.0444	No necesita cuneta	0.25%	0.15	0.25	0.022	0.087	0.574
12-17	3.50	0.01%	0.1218	0.0233	Diseñar Cuneta	0.21%	0.3	0.25	0.055	0.132	0.727
15-16	3.50	0.49%	0.0834	0.1390	No necesita cuneta	0.49%	0.2	0.225	0.041	0.220	0.906
16-17	3.50	0.51%	0.1043	0.1423	No necesita cuneta	0.51%	0.2	0.25	0.047	0.237	0.947
14-18	4.50	0.23%	0.6798	0.1879	Diseñar Cuneta	0.45%	0.45	0.4	0.255	0.698	1.418
12-18	2.75	0.98%	0.1090	0.1038	Diseñar Cuneta	0.98%	0.15	0.15	0.023	0.150	1.036
18-45	4.50	0.16%	0.8290	0.1544	Diseñar Cuneta	0.37%	0.45	0.55	0.341	0.836	1.377
17-43	3.50	0.15%	0.2561	0.0759	Diseñar Cuneta	0.41%	0.25	0.4	0.103	0.281	1.027
42-43	3.00	0.22%	0.0431	0.0622	No necesita cuneta	0.30%	0.15	0.15	0.013	0.088	0.572
42-44	3.00	0.58%	0.0409	0.1006	No necesita cuneta	0.58%	0.2	0.25	0.051	0.202	1.010
43-46	3.50	0.27%	0.3183	0.1041	Diseñar Cuneta	0.37%	0.25	0.45	0.112	0.328	0.993
44-46	3.00	0.03%	0.1304	0.0238	Diseñar Cuneta	0.44%	0.2	0.3	0.054	0.133	0.907
44-45	3.05	0.83%	0.1326	0.1256	Diseñar Cuneta	0.83%	0.2	0.15	0.032	0.190	1.074
45-49	4.50	0.19%	1.0356	0.1701	Diseñar Cuneta	0.43%	0.45	0.65	0.448	1.065	1.531
44-48	3.00	0.58%	0.1879	0.1003	Diseñar Cuneta	0.58%	0.2	0.25	0.050	0.201	1.007
46-47	3.50	0.75%	0.2876	0.1720	Diseñar Cuneta	0.75%	0.25	0.45	0.159	0.490	1.412
48-49	3.00	0.07%	0.3475	0.0346	Diseñar Cuneta	0.42%	0.3	0.45	0.157	0.348	1.162
47-48	3.00	0.52%	0.4527	0.0955	Diseñar Cuneta	0.52%	0.35	0.45	0.220	0.536	1.399
47-50	3.50	0.27%	0.7571	0.1033	Diseñar Cuneta	0.75%	0.35	0.65	0.404	0.912	1.778
49-51	4.50	0.13%	0.7421	0.1396	Diseñar Cuneta	0.22%	0.45	0.65	0.320	0.780	1.095
50-51	3.25	0.37%	0.7870	0.0994	Diseñar Cuneta	0.37%	0.4	0.65	0.3483	0.7957	1.3396
33D-38C	2.50	0.79%	0.0234	0.0362	No necesita cuneta	0.79%	0.15	0.15	0.0209	0.0781	0.9308
20C-33C	4.00	0.70%	0.0480	0.2371	No necesita cuneta	0.70%	0.15	0.15	0.0196	0.2763	0.8711
20B-38B	3.50	0.86%	0.0653	0.1848	No necesita cuneta	0.86%	0.15	0.15	0.0218	0.2284	0.9693

Tabla 18

Continuación de la tabla 17.

TRAMO	Longitud Transversal	Pendiente longitudinal "S2"	Q m3/S (Caudal producido por tramo)	Q1 m3/S (Capacidad hidráulica de la calzada)	Validación de datos	Diseño de cuneta				Qt m3/S (Caudal total)	Velocidad de flujo en cunetas
						Pendiente longitudinal "S3"	"b" ancho de cuneta	"Y-2" tirante de agua	Q2 m3/S (Caudal total en cunetas)		
38C-20D	2.50	0.67%	0.1004	0.0332	Diseñar Cuneta	0.67%	0.2	0.2	0.0414	0.1161	1.0355
20D-20C	3.00	2.05%	0.1835	0.1891	No necesita cuneta	2.05%	0.15	0.15	0.0337	0.2564	1.4963
20C-20B	3.00	1.27%	0.0432	0.1488	No necesita cuneta	1.27%	0.15	0.15	0.0265	0.2019	1.1780
20B-20A	3.00	1.08%	0.2451	0.1372	Diseñar Cuneta	1.08%	0.2	0.25	0.0689	0.2750	1.3776
20-38	3.05	1.67%	0.1307	0.0890	Diseñar Cuneta	1.67%	0.15	0.15	0.0303	0.1496	1.3481
19-20	3.05	1.52%	0.1557	0.0851	Diseñar Cuneta	1.52%	0.2	0.15	0.0437	0.1723	1.4557
19A-20A	2.50	2.20%	0.0487	0.1203	No necesita cuneta	2.20%	0.15	0.15	0.0348	0.1900	1.5484
20A-38A	2.50	0.97%	0.3231	0.0801	Diseñar Cuneta	0.97%	0.3	0.3	0.1472	0.3745	1.6356
19A-19	3.50	0.59%	0.3383	0.0763	Diseñar Cuneta	0.59%	0.35	0.3	0.1427	0.3616	1.3588
19-21	3.50	0.72%	0.5110	0.1685	Diseñar Cuneta	0.72%	0.4	0.3	0.1902	0.5483	1.5846
38B-38A	2.80	0.96%	0.0322	0.1074	No necesita cuneta	0.96%	0.15	0.15	0.0230	0.1534	1.0216
38A-38	2.80	0.77%	0.0552	0.0963	No necesita cuneta	0.77%	0.15	0.15	0.0206	0.1375	0.9157
33A-38	3.50	1.36%	0.1263	0.2320	No necesita cuneta	1.36%	0.15	0.15	0.0274	0.2868	1.2172
37-38	2.80	1.57%	0.0912	0.0687	Diseñar Cuneta	1.57%	0.15	0.15	0.0294	0.1274	1.3065
36-37	3.65	1.64%	0.0725	0.2853	No necesita cuneta	1.64%	0.15	0.15	0.0301	0.3455	1.3385
21-36	3.65	0.86%	0.0945	0.2067	No necesita cuneta	0.86%	0.15	0.15	0.0218	0.2503	0.9696
21-22	3.50	0.73%	0.6482	0.1699	Diseñar Cuneta	0.73%	0.5	0.3	0.2609	0.6908	1.7395
22-23	3.50	0.51%	0.6817	0.1427	Diseñar Cuneta	0.59%	0.5	0.35	0.2865	0.7148	1.6370
35-36	2.80	0.79%	0.1069	0.0976	Diseñar Cuneta	0.79%	0.25	0.15	0.0428	0.1831	1.1420
34-37	2.80	1.57%	0.1024	0.0687	Diseñar Cuneta	1.57%	0.25	0.15	0.0603	0.1891	1.6081
33-34	2.80	1.41%	0.0615	0.0653	No necesita cuneta	1.41%	0.2	0.25	0.0788	0.2227	1.5751
34-35	2.80	0.26%	0.2070	0.0564	Diseñar Cuneta	0.26%	0.3	0.3	0.0766	0.2094	0.8510
26-35	2.80	0.27%	0.3501	0.0573	Diseñar Cuneta	0.57%	0.3	0.375	0.1474	0.3519	1.3101
38B-33B	3.50	0.73%	0.0341	0.1699	No necesita cuneta	0.73%	0.15	0.15	0.0201	0.2100	0.8912
33D-33C	3.30	2.12%	0.0146	0.1238	No necesita cuneta	2.12%	0.15	0.15	0.0342	0.1921	1.5191
33C-33B	3.30	2.40%	0.0248	0.1318	No necesita cuneta	2.40%	0.15	0.15	0.0364	0.2047	1.6184
33B-33A	3.30	1.24%	0.0990	0.0945	Diseñar Cuneta	1.24%	0.15	0.15	0.0261	0.1468	1.1605
33A-33	3.30	0.57%	0.1329	0.0641	Diseñar Cuneta	0.57%	0.2	0.2	0.0381	0.1404	0.9534
32-33	3.30	0.58%	0.1114	0.1300	No necesita cuneta	0.58%	0.15	0.15	0.0180	0.1659	0.7981
26-32	2.70	0.75%	0.1258	0.0865	Diseñar Cuneta	0.75%	0.2	0.15	0.0307	0.1479	1.0241
23-26	2.70	1.00%	0.2239	0.0996	Diseñar Cuneta	1.00%	0.25	0.25	0.0917	0.2829	1.4676
23-24	3.50	0.69%	0.9426	0.1648	Diseñar Cuneta	0.83%	0.5	0.4	0.4024	0.9687	2.0121
24-25	3.50	0.51%	0.9790	0.1427	Diseñar Cuneta	0.65%	0.5	0.5	0.4696	1.0810	1.8782
26-27	2.80	0.29%	0.3187	0.0595	Diseñar Cuneta	0.60%	0.3	0.375	0.1512	0.3618	1.3441
31-32	3.30	0.28%	0.0962	0.0892	Diseñar Cuneta	0.28%	0.15	0.15	0.0123	0.1138	0.5475
30-31	2.75	0.55%	0.0649	0.0775	No necesita cuneta	0.55%	0.15	0.15	0.0174	0.1123	0.7736
27-30	2.75	0.96%	0.0881	0.1023	No necesita cuneta	0.96%	0.15	0.15	0.0230	0.1481	1.0206
29-30	2.80	0.51%	0.1012	0.0780	Diseñar Cuneta	0.51%	0.15	0.15	0.0167	0.1114	0.7423
29-39	2.80	0.43%	0.1071	0.0723	Diseñar Cuneta	0.43%	0.15	0.2	0.0219	0.1160	0.7288
28-29	2.80	0.80%	0.0752	0.0980	No necesita cuneta	0.80%	0.15	0.15	0.0210	0.1399	0.9321
27-28	2.80	0.41%	0.4896	0.0700	Diseñar Cuneta	0.41%	0.35	0.55	0.2457	0.5612	1.2765
25-28	2.80	1.61%	0.6021	0.1391	Diseñar Cuneta	1.42%	0.3	0.45	0.2884	0.7155	2.1362
25-41	3.50	0.35%	1.5987	0.1182	Diseñar Cuneta	0.91%	0.45	0.75	0.7691	1.6560	2.2790
31-40	3.30	0.34%	0.1375	0.0988	Diseñar Cuneta	0.34%	0.15	0.25	0.0250	0.1488	0.6673
39-40	3.50	0.94%	0.1652	0.1931	No necesita cuneta	0.94%	0.15	0.15	0.0228	0.2386	1.0128
39-41	3.50	1.15%	0.1698	0.2134	No necesita cuneta	1.15%	0.15	0.15	0.0252	0.2638	1.1198

Tabla 19*Dimensiones comunes de las cunetas.*

Cuneta	Ancho (m)	Alto (m)	Unidades a área (m2)	N° de Tramos	Longitud de Cuneta
C1	0.15	0.15	0.0225	25	1037.83
C2	0.20	0.15	0.03	8	382.00
C3	0.20	0.10	0.02	1	53.00
C4	0.20	0.20	0.04	2	125.00
C5	0.20	0.30	0.06	2	144.30
C6	0.15	0.25	0.0375	4	335.16
C7	0.25	0.15	0.0375	2	181.50
C8	0.25	0.35	0.0875	1	57.00
C9	0.30	0.25	0.075	1	72.98
C10	0.20	0.225	0.045	1	41.00
C11	0.20	0.25	0.05	5	343.00
C12	0.40	0.40	0.16	1	137.10
C13	0.15	0.10	0.015	1	57.90
C14	0.40	0.55	0.22	1	107.91
C15	0.25	0.40	0.10	2	109.15
C16	0.25	0.45	0.1125	2	191.32
C17	0.40	0.65	0.26	3	279.36
C18	0.30	0.45	0.135	2	100.00
C19	0.25	0.325	0.08125	2	102.40
C20	0.35	0.70	0.245	1	53.84
C21	0.25	0.50	0.125	1	91.00
C22	0.30	0.65	0.195	1	52.00
C23	0.30	0.30	0.09	1	70.00
C24	0.30	0.40	0.12	1	72.00

En la Tabla 19 se muestra las dimensiones comunes de las cunetas, se aprecia que gracias a la variación de pendiente a través de los tramos se ha logrado tener cunetas con anchos máximos de 0.40m y altura máxima de cunetas de 0.70m, evitando que se afecte o reduzca la vía de forma considerable, además se debe tener en cuenta que las cunetas han sido evaluadas a capacidad máxima, pero dependiendo de la profundidad del conductor

principal del sistema de drenaje pluvial de la franja central de la ciudad de Piura, se puede incrementar 20 cm a todos los tramos y permitir tener un borde libre en la cuneta mayor a 0.25 % y de esta forma se evitaría que las pistas transporten parte del flujo de las precipitaciones intensas.

El diseño se hizo considerando que las cunetas iban a trabajar a capacidad máxima complementando la capacidad de la cuneta natural formada por la calzada y el bombeo de la pista, sin embargo, al haber logrado obtener dimensiones no tan grandes de las cunetas nos permite incrementar su profundidad de forma uniforme en todos los tramos.

También se debe tener en cuenta que dentro de estas cunetas hay tramos en los que la dimensión varía a lo largo del tramo debido a la diferencia de pendiente entre la calzada y fondo de cuneta

4.3.2 Cunetas transversales

Las cunetas transversales se han diseñado del tipo de cuneta rectangular, estarán ubicadas en el extremo de cada avenida que discurren hacia el punto de concentración final, estas cunetas han sido diseñadas con ayuda del software Hcanales, teniendo el caudal final que llega a cada calle que se concentra en el punto más bajo de la cuenca.

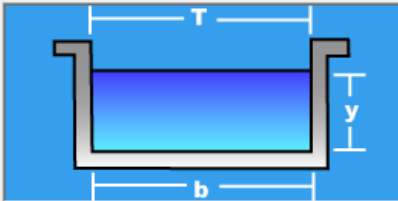
En la Figura 38 se presenta el cálculo de tirante normal para el tramo 25-41, estableciendo un ancho de cuneta adecuado y poder obtener una profundidad razonable para captar toda el agua proveniente de las cunetas laterales y agua que discurra por el pavimento.

Figura 38

Diseño de cunetas transversales / tramo 25-41.

Lugar:	<input type="text" value="Urb. Ignacio Merino I etapa"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Drenaje pluvial"/>
Tramo:	<input type="text" value="25-41"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="concreto"/>

Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="1.599"/>	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.65"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text"/>		
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.01"/>	m/m	



Resultados:					
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.8412"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="2.3323"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.5468"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2344"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.6500"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="2.9245"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.0181"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.2771"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Nota. Adaptado de Hcanales

Con los datos obtenidos con la herramienta Hcanales se obtienen los valores de tirante normal y con esto seleccionamos una medida apropiada para la altura de cunetas, que sea mayor al tirante normal obtenido (Tabla 20).

Tabla 20

Dimensiones de cunetas transversales.

Tramo	Caudal del tramo m ³ /s	Rugosidad n	Ancho de cuneta m	Tirante normal m	Altura final de cuneta m
39-41	0.170	0.013	0.40	0.2415	0.50
25-41	1.599	0.013	0.65	0.8412	0.90
47-50	0.757	0.013	0.50	0.6214	0.90
51-50	0.787	0.013	0.50	0.6420	0.80

Desde las cunetas se conectará por tuberías hacia buzones principales donde se unirá a un colector principal para evacuación de las aguas pluviales hacia la estación de bombeo de Ignacio Merino, tal como se observa en la Figura 39 y 40. Así mismo se adjunta un plano de disposición final del flujo en el Anexo G, del recorrido de flujo desde el punto de concentración final hasta la estación de bombeo.

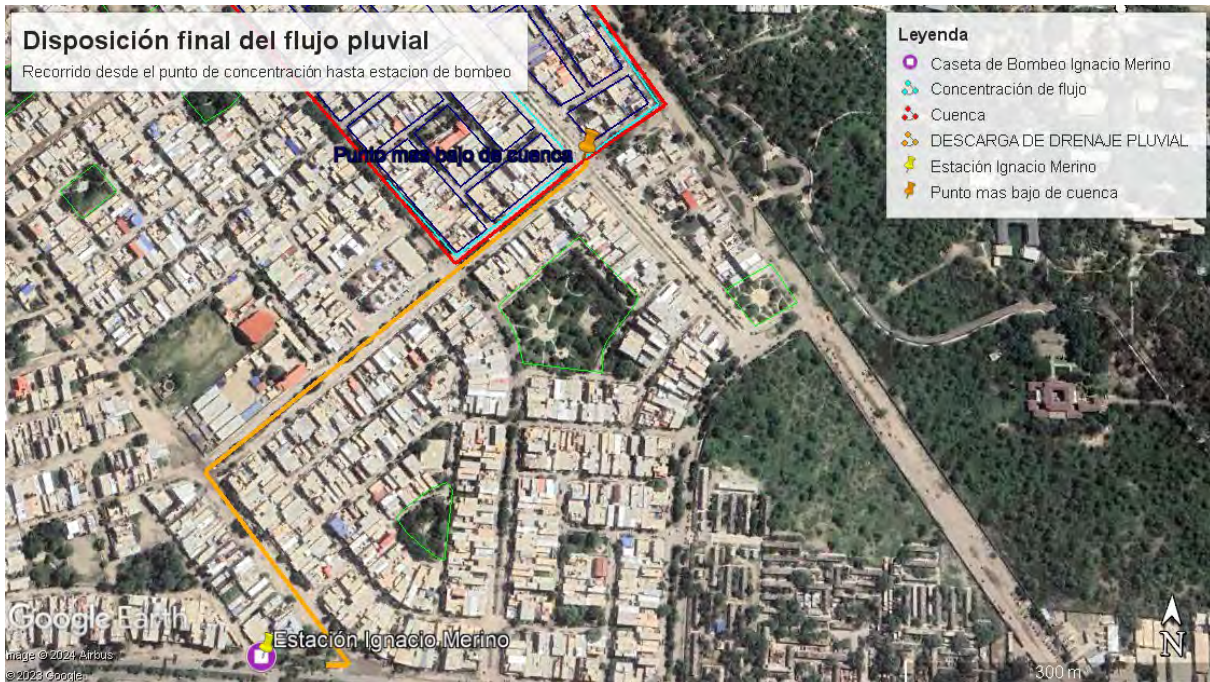
Figura 39

Concentración final de flujo pluvial en la zona más baja de la cuenca.



Figura 40

Disposición final del flujo pluvial.



Nota. Adaptado de Google Earth Pro.

De acuerdo a lo establecido en los “Estudios de pre factibilidad y factibilidad del Proyecto “Construcción del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la franja central de la ciudad de Piura” se ha planteado alternativas de solución para el drenaje pluvial de la ciudad de Piura, en todas las alternativas consideradas se establece colocar ductos en vías estratégicas con el fin de evacuar el drenaje pluvial de las principales cuencas de la ciudad y se transportan hacia las estaciones de bombeo. La solución que planteamos se complementa con este sistema de drenaje integrado de la ciudad, de tal forma que aceleramos la llegada del flujo a los puntos de captación de agua pluvial de las cuencas, cuidando la integridad de los pavimentos existentes para una mayor durabilidad, así mismo se puede evitar que el alcantarillado se ve afectado.

4.3.3 Eficiencia hidráulica en rejillas transversales

En el presente sistema proyectado, durante un evento de lluvia el caudal producido será trasladado por medio de cunetas rectangulares hasta el punto de captación final de la cuenca, en el cual habrán cuatro cunetas transversales a las vías, las cuales recibirán los caudales finales por medio de rejillas que tendrán la finalidad de disminuir la velocidad del flujo que ingresará al colector y alcantarillado final, para que esto sea posible, en el cálculo se hará uso de un porcentaje de eficiencia hidráulica según sea el diseño de la rejilla propuesta.

La eficiencia hidráulica es un factor que pocas veces es utilizado, pero tiene una gran importancia debido a que ayuda a evaluar el comportamiento del caudal de paso y el interceptado de manera adecuada.

Este factor se puede calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$E = \frac{Q_i}{Q}$$

Siendo:

- E : Eficiencia hidráulica de la estructura de captación.
- Q_i : Caudal interceptado por la estructura de captación.
- Q : Caudal de paso por la cuneta.

Según un estudio sobre la caracterización hidráulica de rejillas transversales continuas, el grupo Flumen de UPC ensayó cuatro diferentes tipos de rejillas, las cuales se pueden observar en la Figura 41 (Gómez & Russo, 2010):

Figura 41

Rejillas transversales continuas.



Nota. Adaptado de Gómez & Russo, 2010.

Estas rejillas que tienen los siguientes datos geométricos, expresados por metro lineal de estructura de captación, en la Tabla 21

Tabla 21

Datos geométricos de estructuras de captación, por metro lineal.

Rejilla	Ancho	Longitud	Longitud efectiva	Área total	Área de huecos	Número de barras longitudinales	Número de barras transversales	Número de barras diagonales
	cm	cm	cm	cm ²	cm ²			
1	100.00	30.20	25.00	3020.00	1112.40	35	1	0
2	100.00	19.50	15.00	1950.00	751.90	36	0	0
3	100.00	12.40	10.40	1240.00	397.40	36	0	0
4	100.00	12.40	12.00	1240.00	582.40	1	3	59

Nota. Adaptado de Gómez & Russo, 2010

Los ensayos dieron los siguientes resultados de eficiencia hidráulica, mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 22

Rango de eficiencia hidráulica de las rejillas considerando los diferentes caudales de paso y las configuraciones geométricas establecidas en el protocolo de ensayo.

Tipología de rejilla	Rango de eficiencia
	%
1	53-100
2	40-100
3	19-97
4	15-97

Nota. Adaptado de Gómez y Russo, 2010.

Donde se puede observar que el tipo de rejilla con un rango de eficiencia óptimo es la de tipología 01, la cuál es la que se ha considerado para su uso en las cunetas diseñadas en la presente tesis.

4.3.4 Tuberías de evacuación de flujo pluvial

En el sistema descrito, los flujos de escorrentía captados y trasladados por las diferentes cunetas, sumideros y rejillas, al llegar al punto final serán recogidos por tuberías, de poliéster reforzado con fibra de vidrio, que distribuirán estos flujos hasta un colector común de donde saldrá la alcantarilla final que unirá todo el sistema de drenaje proyectado en la cuenca, con el dren de descarga y la estación de bombeo de Ignacio Merino.

Estos conductores serán de diferentes secciones transversales conforme a la capacidad de conducción hidráulica necesaria, que a la vez se encuentra condicionada por el flujo de escorrentía captado en los tramos finales del cual correspondan. La última tubería será la de mayor sección transversal puesto que reunirá todos los flujos provenientes de todo el sistema y se encargará de conducirlo hasta el dren más cercano, el cual es el dren Cesar Vallejo.

Los sectores que han sido considerados para la disposición de tramos de tubería y su comprobación del cumplimiento con las consideraciones hidráulicas se muestran en la Tabla 23:

Tabla 23

Tramos donde se ubicarán las tuberías.

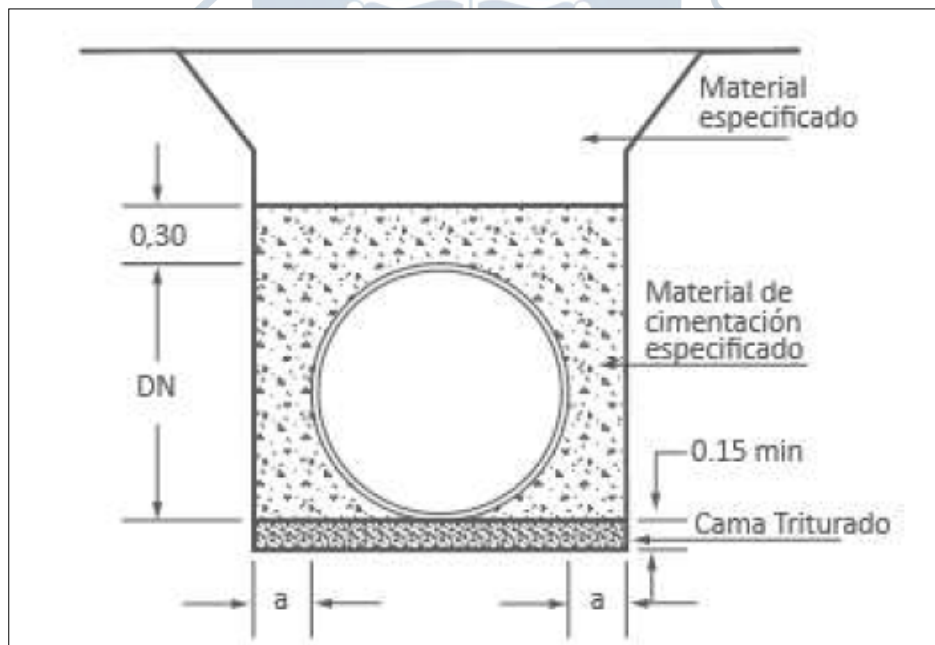
Tramo	I	C	A	Caudal Q
	mm/h		m ²	m ³ /s
39-41	94.014	0.812	8005.69	0.170
25-41	94.014	0.812	75386.52	1.599
47-50	94.014	0.812	35703.39	0.757
51-50	94.014	0.812	37111.52	0.787

Ya teniendo los datos de los caudales que pasa por cada tramo procedemos a calcular el caudal de diseño, es decir el caudal que llega a las cunetas transversales a la vía por medio de las rejillas, para este sistema se utilizará una eficiencia hidráulica del 75% (Tabla 24) puesto que los valores de los caudales de llegada no son tan grandes.

Tabla 24*Caudales de diseño con eficiencia hidráulica.*

Tramo	Caudal del tramo	Caudal en mitad de cuneta	Eficiencia hidráulica	Caudal de diseño Q
	m ³ /s	m ³ /s	%	m ³ /2
39-41	0.170	0.085	75	0.0638
25-41	1.599	0.7995	75	0.5996
47-50	0.757	0.3785	75	0.2839
51-50	0.787	0.3935	75	0.2951

Los conductos de este tipo son de sección circular y de poliéster con fibra de vidrio, tiene diferentes usos como es el caso de alcantarillados de aguas servidas, drenajes pluviales y conducción de agua de forma subterránea. En la Figura 42 se puede observar cómo es el tipo de sección típica de estos elementos:

Figura 42*Sección transversal de tubería instalada.*

Nota. Adaptado de Manual PAVCO

4.3.5 Diseño hidráulico de colectores

Para el diseño hidráulico de los colectores de agua pluvial, se podrán usar los mismos criterios de diseño de conductos cerrados.

Para este diseño se hará uso de la fórmula de Manning, por lo tanto, se hará uso del coeficiente de rugosidad según el material de la tubería, mostrados en la Tabla 25:

Tabla 25

Coeficiente de rugosidad "n" de Manning según el material de la tubería.

Tubería	Coeficiente de rugosidad "n"
Asbesto cemento	0.010
Hierro fundido dúctil	0.010
Cloruro de polivinilo	0.010
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.010
Concreto armado liso	0.013
Concreto armado con revestimiento de PVC	0.010
Arcilla vitrificada	0.010

Nota. Adaptado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017)

- **Velocidad de flujo:**

En el diseño de drenaje pluvial, tenemos datos importantes a tener en cuenta, estas son las velocidades permisibles, tanto las mínimas como las máximas, ya que establecen parámetros para evitar casos como la sedimentación de partículas contenidas en el flujo transportado dentro de las tuberías y la erosión en las paredes de estas.

Como ya tenemos establecido las dimensiones de tuberías y pendientes de estas, procedemos a verificar los parámetros necesarios con el fin de cuidar la integridad de sistema de evacuación pluvial

Según la norma OS 060 (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2017): para evitar los problemas antes mencionados es necesario usar velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo las aguas a tubo lleno.

Y en el caso de velocidad máxima, los valores a no sobrepasar son los mostrados en la Tabla 26:

Tabla 26

Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado pluvial (m/s).

Material de la tubería	Agua con fragmentos de arena y agua
Asbesto cemento	3.0
Hierro fundido dúctil	3.0
Cloruro de polivinilo	6.0
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3.0
Arcilla vitrificada	3.5
	140 kg/cm ²
	210 kg/cm ²
Concreto armado de:	250 kg/cm ²
	280 kg/cm ²
	350 kg/cm ²
Concreto armado de curado al vapor f'c > 280 kg/cm ²	6.6

Nota. Adaptado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017).

- **Pendiente mínima:**

Este valor deberá ser el que satisfaga la velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo a tubo lleno (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017).

- **Altura de relleno:**

La profundidad mínima a la clave de la tubería desde la rasante de la calzada debe ser de 1m (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017).

Una vez teniendo todas esas especificaciones se puede calcular el diámetro de las tuberías, en la Tabla 27 se detalla los datos a usarse y los resultados de los diámetros comerciales elegidos:

Tabla 27

Cálculo de diámetros comerciales de las tuberías a usarse en el diseño pluvial.

Tramo	Caudal de diseño Q	Rugos.	Pend.	$s^{0.5}$	$(n*Q)/(s^{0.5})$	A	Diámetro D	D comercial	D comercial
	$m^{3/2}$	n para PVC	s	m		$[(n*Q)/(s^{0.5})]^{3/8}$	$1.548*A$	mm	pulgadas
39-41	0.0638	0.009	0.01	0.1	0.0057	0.1444	0.2236	250	10
25-41	0.5996	0.009	0.01	0.1	0.0540	0.3346	0.5180	600	24
47-50	0.2839	0.009	0.01	0.1	0.0256	0.2528	0.3913	400	16
51-50	0.2951	0.009	0.01	0.1	0.0266	0.2565	0.3971	400	16

Una vez teniendo los datos de diámetro comercial necesarios se puede calcular, haciendo uso de Manning, el verdadero caudal a tubo lleno, como se muestra en la tabla 28:

Tabla 28

Cálculo de caudal a tubo lleno.

D comercial	D comercial	D'	Pendiente	$s^{0.5}$	Rugosidad	B	Cauda (Q) a tubo lleno
mm	m	$D^{(8/3)}$	s	m	n	$(D')*(s^{0.5})/n$	$0.312*B$
250	0.25	0.0248	0.01	0.1	0.009	0.2756	0.0860
450	0.60	0.2561	0.01	0.1	0.009	2.8455	0.8878
400	0.40	0.0869	0.01	0.1	0.009	0.9651	0.3011
400	0.40	0.0869	0.01	0.1	0.009	0.9651	0.3011

Teniendo estos caudales y con la ayuda del software HCanales, se puede obtener diferentes valores como el tirante normal, espejo de agua, número de Froude y la velocidad del flujo, como se muestra en la Figura 43 y Tabla 29:

Figura 43

Cálculo de tirante normal para tramo 39-41.

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Urb. Ignacio Merino I etapa** Proyecto: **Drenaje Pluvial**
 Tramo: **Tramo 39-41** Revestimiento: **PVC**

Datos:

Caudal (Q): **0.086** m³/s
 Diámetro (d): **0.25** m
 Rugosidad (n): **0.009**
 Pendiente (S): **0.01** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **0.2052** m Perímetro mojado (p): **0.5668** m
 Área hidráulica (A): **0.0431** m² Radio hidráulico (R): **0.0761** m
 Espejo de agua (T): **0.1918** m Velocidad (v): **1.9947** m/s
 Número de Froude (F): **1.3433** Energía específica (E): **0.4080** m-Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Nota. Adaptado de Hcanales

Tabla 29

Datos obtenidos del software Hcanales.

Tramo	Q a tubo lleno	Tirante normal	Espejo de agua	Número de Froude	Velocidad
		y (m)	T (m)	F	v (m/s)
39-41	0.0860	0.2052	0.1918	1.3433	1.9947
25-41	0.8878	0.3692	0.3454	1.4819	2.9517
47-50	0.3011	0.3282	0.307	1.4531	2.7288
51-50	0.3011	0.3282	0.307	1.4531	2.7288

Capítulo 5

Estimación de impacto en costos y recursos para la ejecución del proyecto planteado

En el presente capítulo se desarrolla el presupuesto correspondiente a la construcción de cunetas en los tramos correspondiente a la cuenca de estudio, para ello definiremos las partidas que corresponden para la ejecución de este proyecto, posteriormente se hará el metrado de cada partida y finalmente se determinará el costo o presupuesto del proyecto.

El proyecto consiste en la construcción de cunetas de concreto $f'c=210$ kg/cm² cubiertas en la parte superior con rejillas metálicas, el espesor de las paredes y fondo de cuneta es de 10 cm. Las partidas a realizar para la ejecución de este proyecto son: Trazo y replanteo, excavación de zanjas, eliminación de material, encofrado de cunetas y concreto $f'c = 210$ kg/cm para la elaboración de cunetas.

5.1 Metrados

En la siguiente tabla se muestra el metrado de cunetas por tipo, se debe tener en cuenta que en el resultado final se ha multiplicado por dos el resultado, porque las cunetas irán colocadas en ambos extremos de la vía.

Se debe tener en cuenta que tal como se indica en la tabla, la geometría de las cunetas varía entre tramos, pero si se ha tenido en cuenta que la variación no sea muy brusca. En la Tabla 30 se observa el metrado de las cunetas transversales y en la tabla 31 los metrados de las cunetas transversales

Tabla 30

Metrado de cuneta por metro lineal (m) y por sección de cuneta.

Cuneta	Ancho (m)	Alto (m)	Área (m ²)	N° de Tramos	Longitud de Cuneta
CT 1	0.4	0.15	0.0225	1	7.00
CT 2	0.2	0.15	0.03	1	6.00
CT 3	0.2	0.1	0.02	1	6.00
CT 4	0.2	0.2	0.04	1	7.00
Longitud total (m)					26.00

Tabla 31

Metrado de cuneta por metro lineal (m) y por sección de cuneta.

Cuneta	Ancho (m)	Alto (m)	Área (m ²)	Nº de Tramos	Longitud de Cuneta
C 1	0.15	0.15	0.0225	25	1037.83
C 2	0.2	0.15	0.03	8	382.00
C 3	0.2	0.1	0.02	1	53.00
C 4	0.2	0.2	0.04	2	125.00
C 5	0.2	0.3	0.06	2	144.30
C 6	0.15	0.25	0.0375	4	335.16
C 7	0.25	0.15	0.0375	2	181.50
C 8	0.25	0.35	0.0875	1	57.00
C 9	0.3	0.25	0.075	1	72.98
C 10	0.2	0.225	0.045	1	41.00
C 11	0.2	0.25	0.05	5	343.00
C 12	0.4	0.4	0.16	1	137.10
C 13	0.15	0.1	0.015	1	57.90
C 14	0.4	0.55	0.22	1	107.91
C 15	0.25	0.4	0.1	2	109.15
C 16	0.25	0.45	0.1125	2	191.32
C 17	0.4	0.65	0.26	3	279.36
C 18	0.3	0.45	0.135	2	100.00
C 19	0.25	0.325	0.08125	2	102.40
C 20	0.35	0.7	0.245	1	53.84
C 21	0.25	0.5	0.125	1	91.00
C 22	0.3	0.65	0.195	1	52.00
C 23	0.3	0.3	0.09	1	70.00
C 24	0.3	0.4	0.12	1	72.00
Longitud total (m)					8 393.50

5.1.1 *Metrados de movimiento de tierras*

- **Trazo y replanteo**

El trazo y replanteo en carreteras se elabora para verificar longitud de tramos y características geométricas. La medición de esta partida se ha obtenido de multiplicar las longitudes de cuneta por el ancho de la vía donde está ubicada la cuneta, ya que estas estarían involucradas de realizarse el presente proyecto, su metrado se realiza en m². Del cálculo se obtuvo el área total de la partida.

$$\text{Área total} = 31\,437.00 \text{ m}^2$$

- **Excavación de zanjas para cunetas**

Esta partida corresponde a las excavaciones para la colocación de cunetas en los extremos de las vías, el metrado de esta partida se realiza en m³, en la siguiente tabla se describe el volumen de excavación por cada tipo de sección de cuneta. Para este caso las excavaciones se han considerado de tipo manual ya que las dimensiones de las cunetas no son tan grandes en la mayoría de tramos.

Tabla 32

Metrado de volumen de excavación por sección de cuneta.

Cuneta	Ancho (m)	Alto (m)	Longitud de cuneta (m)	Volumen de excavación (m ³)
C 1	0.15	0.15	1037.83	181.62025
C 2	0.2	0.15	382.00	76.4
C 3	0.2	0.1	53.00	8.48
C 4	0.2	0.2	125.00	30
C 5	0.2	0.3	144.30	46.176
C 6	0.15	0.25	335.16	82.1142
C 7	0.25	0.15	181.50	40.8375
C 8	0.25	0.35	57.00	23.085
C 9	0.3	0.25	72.98	25.543
C 10	0.2	0.225	41.00	10.66
C 11	0.2	0.25	343.00	96.04
C 12	0.4	0.4	137.10	82.26
C 13	0.15	0.1	57.90	8.106
C 14	0.4	0.55	107.91	84.1698
C 15	0.25	0.4	109.15	49.1175
C 16	0.25	0.45	191.32	94.7034
C 17	0.4	0.65	279.36	251.424
C 18	0.3	0.45	100.00	55
C 19	0.25	0.325	102.40	39.168
C 20	0.35	0.7	53.84	47.3792
C 21	0.25	0.5	91.00	49.14
C 22	0.3	0.65	52.00	39
C 23	0.3	0.3	70.00	28
C 24	0.3	0.4	72.00	36
Volumen total (m ³)				2968.85

- **Eliminación de material excedente**

El volumen de eliminación se obtiene multiplicando el volumen de excavación por el factor de esponjamiento del suelo, por las características del suelo en Piura se ha considerado un factor de esponjamiento igual a 1.25.

Volumen total de material a eliminar = 3711.06 m³

- **Encofrado y desencofrado de cunetas**

Las caras consideradas a encofrar, son las caras interiores de la cuneta.

Área total de encofrado y desencofrado = 4828.54 m²

5.1.2 *Metrado de concreto $f'c=210$ kg/cm² para cunetas*

Tabla 33

Metrado de volumen de concreto $f'c=210$ kg/cm² para cunetas.

Cuneta	Ancho (m)	Alto (m)	Longitud de cuneta (m)	Volumen de C° (m ³)
C 1	0.15	0.15	1037.83	67.45895
C 2	0.2	0.15	382.00	26.74
C 3	0.2	0.1	53.00	3.18
C 4	0.2	0.2	125.00	10
C 5	0.2	0.3	144.30	14.43
C 6	0.15	0.25	335.16	28.4886
C 7	0.25	0.15	181.50	13.6125
C 8	0.25	0.35	57.00	6.555
C 9	0.3	0.25	72.98	7.298
C 10	0.2	0.225	41.00	3.485
C 11	0.2	0.25	343.00	30.87
C 12	0.4	0.4	137.10	19.194
C 13	0.15	0.1	57.90	3.1845
C 14	0.4	0.55	107.91	18.3447
C 15	0.25	0.4	109.15	13.64375
C 16	0.25	0.45	191.32	25.8282
C 17	0.4	0.65	279.36	53.0784
C 18	0.3	0.45	100.00	14
C 19	0.25	0.325	102.40	11.264
C 20	0.35	0.7	53.84	10.4988
C 21	0.25	0.5	91.00	13.195
C 22	0.3	0.65	52.00	9.36
C 23	0.3	0.3	70.00	7.7
C 24	0.3	0.4	72.00	9.36
Volumen total (m ³)				841.54

En la Tabla 33 se presenta el metrado de concreto para cunetas, cuyo espesor de fondo y de paredes es de 0.10 m, obteniendo un volumen total de 841.54 m³.

5.1.3 Metrado de rejillas

La Tabla 34 muestra el metrado de rejilla, de acuerdo al ancho de las cunetas, la medición de esta actividad se ha realizado por m². Se ha identificado seis anchos comunes en las cunetas, las cuales son: 0.15 m, 0.20 m, 0.25 m, 0.30 m, 0.35 m y 0.40 m, las rejillas serán de acuerdo a la eficiencia seleccionada en el capítulo anterior.

Tabla 34

Metrado de volumen de volumen de concreto de cunetas.

Ancho (m)	Longitud de cuneta (m)	Área (m ²)
0.15	1430.89	214.63
0.20	1088.30	217.66
0.25	732.37	183.09
0.30	366.98	110.09
0.35	53.84	18.84
0.40	524.37	209.75

5.2 Análisis de costo unitario

Para el presupuesto se ha realizado los análisis unitarios de cada partida, considerando los costos hora hombre (HH) de acuerdo a la remuneración básica vigente al 31 de mayo del 2023, para una posible ejecución de este proyecto se debe tener en cuenta el reajuste de los precios ya que estos son variables año tras año, en las Tabla 35 y 36 se aprecia el costo HH de la mano de obra más comunes para estas actividades.

Tabla 35

Costo de Hora - Hombre en edificaciones vigente al 31 de mayo del 2023.

Descripción	Operario	Oficial	Peón
1.00 Remuneración Básica Vigente (RB)	80.50	63.15	56.80
2.00 Bonificación Unificada de Construcción (BUC)			
Operario 32.00%	25.76		
Oficial 30.00%		18.95	
Peón 30.00%			17.04
3.00 Leyes de beneficios Sociales Sobre la RB 113.45%	91.33	71.64	64.44
4.00 Leyes de beneficios Sociales Sobre el BUC 12.00%	3.09	2.27	2.04
5.00 Bonificación movilidad acumulada	7.20	7.20	7.20
6.00 Overol (02 unidades anuales)	0.40	0.40	0.40
7.00 Seguro de vida (Essalud + Vida)	0.17	0.17	0.17
Jornal diario	208.45	163.78	148.09
Costo de hora hombre (HH)	26.06	20.47	18.51

Nota. Adaptado de CAPECO (2023)

Tabla 36

Costo de Hora - Hombre en edificaciones con bonos de alta especialización (BAE) vigente al 33 de mayo del 2023.

Descripción	Mediano	Pesado	Electromecánico
1.00 Remuneración Básica Vigente (RB)	80.50	80.50	80.50
2.00 Bonificación Unificada de Construcción (BUC) +BAE			
Operario equipo mediano 40.00%	32.20		
Operario equipo pesado 42.00%		33.81	
Operario equipo electromecánico 47.00%			37.84
3.00 Leyes de beneficios Sociales Sobre la RB 113.45%	91.33	91.33	91.33
4.00 Leyes de beneficios Sociales Sobre el BUC 12.00%	3.86	4.06	4.54
5.00 Bonificación movilidad acumulada	7.20	7.20	7.20
6.00 Overol (02 unidades anuales)	0.40	0.40	0.40
7.00 Seguro de vida (Essalud + Vida)	0.17	0.17	0.17
Jornal diario	215.66	217.46	221.97
Costo de hora hombre (HH)	26.96	27.18	27.75

Nota. Adaptado de CAPECO (2023)

Presupuesto **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO
LOS JARDINES DE AVIFAP ETAPA I (PIURA-PIURA)**

Sub presupuesto **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO
LOS JARDINES DE AVIFAP ETAPA I (PIURA-PIURA)**

Partida	01.01 TRAZO Y REPLANTEO INICIAL				Costo unitario directo		
Rendimiento	m2/DIA	420.00	EQ.	420.00	por: m2	2.56	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0190	20.47	0.39	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0381	18.51	0.71	
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0190	29.37	0.56	
						1.65	
Materia							
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.0297	6.00	0.18	
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0100	3.65	0.04	
0276010010	WINCHA METALICA	und		0.0030	75.00	0.23	
						0.45	
Equipo							
03010000020001	NIVEL	hm	1.0000	0.0190	8.00	0.15	
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0190	12.00	0.23	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.65	0.08	
						0.46	

Partida	01.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CUNETAS					
Rendimiento	m3/DIA	5.0000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por: m3		30.50	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.6000	18.51	29.62	
						29.62	
Equipo							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.62	0.89	
						0.89	

Partida	01.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=10 km					
Rendimiento	m3/DIA	135.0000	EQ. 135.0000	Costo unitario directo por: m3		25.38	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0593	18.94	1.21	
						1.21	
Equipo							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.12	0.06	
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	2.0000	0.1185	118.64	14.06	
0301220004	CAMION VOLQUETE	hm	1.0000	0.0593	169.49	10.05	
						24.17	

Partida	02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE					
---------	-------	-----------------------------	--	--	--	--	--

CUNETAS

Rendimiento	m2/DIA	14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por: m2	67.02
-------------	---------------	----------------	--------------------	---	--------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.1429	26.06	29.78
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.1429	20.47	23.40
						53.18
Materia						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	4.20	0.42
0204120001	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA	kg		0.2000	3.81	0.76
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		5.0000	2.00	10.00
						11.18
Equipo						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	53.18	2.66
						2.66

Partida	02.02		CONCRETO DE CUNETAS f'c=210 kg/cm2			
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por: m3	527.87
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	26.06	17.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	20.47	13.65
0101010005	PEON	hh	4.0000	2.6667	18.51	49.36
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.6667	26.96	17.97
						98.35
Materia						
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.5510	177.00	97.53
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5510	156.00	85.96
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1770	5.00	0.89
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.8400	22.72	223.56
						407.94
Equipo						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	98.35	4.92
03012900010003	VIBRADOR A GASOLINA	hm	1.0000	0.6667	12.50	8.33
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.6667	12.50	8.33
						21.58

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2857	26.06	7.45
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.5714	20.47	11.72
						19.14
Equipo						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	19.14	0.96
						0.96

5.3 Presupuesto

El presupuesto mostrado a continuación, hace referencia a lo expuesto en las secciones 5.1 y 5.2. Este incluye Costo directo, gastos generales, utilidad e IGV, siendo un total de S/. 1,630,784.48. Este presupuesto no comprende de la ejecución de las pistas carentes en la zona de intervención.

Presupuesto **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO LOS JARDINES DE AVIFAP ETAPA I (PIURA-PIURA)**

Subpresupuesto **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO LOS JARDINES DE AVIFAP ETAPA I (PIURA-PIURA)**

Cliente **UNIVERSIDAD DE PIURA**

Lugar **PIURA - PIURA - PIURA**

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				265,215.35
01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	m2	31,437.00	2.56	80,478.72
01.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CUNETAS	m3	2,968.85	30.50	90,549.93
01.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=10 km	m3	3,711.06	25.38	94,186.70
02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				767,832.47
02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS	m2	4,828.54	67.02	323,608.75
02.02	CONCRETO DE CUNETAS f'c=210 kg/cm2	m3	841.54	527.87	444,223.72
03	OTROS				168,709.35
03.01	COLOCACION DE REJILLAS METALICAS	m	4,196.75	20.10	168,709.35
	COSTO DIRECTO				1,201,757.17
	GASTOS GENERALES				96,140.57
	UTILIDAD				84,123.00
					=====
	SUBTOTAL				1,382,020.74
	IMPUESTO (IGV 18%)				248,763.73
					=====
	PRESUPUESTO TOTAL				1,630,784.48

Conclusiones

La presente tesis se ha elaborado con la finalidad de dar solución al problema de evacuación de las aguas pluviales en la cuenca que abarca parte de la urbanización Ignacio Merino etapa I y urbanización Jardines de Avifap etapa I, para ello se ha planteado la construcción de cunetas a los extremos de las vías las cuales permitirán una evacuación más rápida y evitarán el deterioro de las pistas por efectos de las precipitaciones estacionales o productos del FEN.

Las cunetas que se han diseñado tanto longitudinal y transversal se construirán con concreto cuya resistencia a la compresión es $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, el espesor de la cuneta será de 0.10 m, estas estarán cubiertas con rejillas metálicas, con la finalidad de no perjudicar ni obstaculizar el tránsito peatonal y vehicular.

Para el diseño y análisis se ha seguido los procedimientos indicados en la norma de drenaje pluvial OS. 060, a su vez se ha utilizado información de investigaciones previas y referentes al tema para utilizar ciertos criterios y parámetros como la curva IDF para la zona en estudio.

Para el cálculo del caudal producido se ha utilizado el método racional el cual es posible utilizar para cuencas menores a 13 km^2 y la cuenca en estudio tiene un área de 16.3 Has equivalente a 0.163 km^2 , lo cual permitió aplicar el método racional para esta cuenca en estudio.

Es importante que el crecimiento de la población vaya de la mano con el mejoramiento de la infraestructura de la ciudad, como vemos al no tener en cuenta un plan de desarrollo y evaluación de la infraestructura de la ciudad puede traer problemas a futuro que dificultan y ponen en riesgo a la población ante eventos o fenómenos naturales como lo es el FEN.

En todo proyecto de pistas y veredas se debe considerar el estudio de drenaje pluvial y ser revisado por profesionales con experiencia en dicha especialidad y que vaya en concordancia con los estudios ya realizados de drenaje pluvial de la ciudad de Piura, para evitar que luego esto afecte los servicios básicos como los drenajes sanitarios y red de agua.

Referencias

- Bartels, M. (2001). *El Fenómeno El Niño y sus efectos en el río Piura*. Piura: Universidad de Piura.
- Cancho Zuñiga, G. y Marquina Callacna, R. (2019). *Análisis hidrológico para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en el sector Parco Chico, ciudad de Pomabamba, Áncash – Perú*. Lima, Perú.
- Centro Regional de Planeamiento Estratégico – CEPLAR. (2017). Plan de Desarrollo Regional Concertado Piura 2016-2021. Gobierno Regional de Piura, <http://www.regionpiura.gob.pe/documentos/ceplar/pdrc2016-2021.pdf>
- Chapa, J. (2020). Aumentan a cien las cuencas ciegas. *Diario Correo*. <https://diariocorreo.pe/edicion/piura/aumentan-cien-las-cuencas-ciegas-928914/>
- Chow, V. T., Maidment D. R. y Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada. Mc GrawvHill.
- Chow, V. T. (2005). Hidráulica de canales abiertos (1a. ed.). Mc GrawvHill.
- Dep. Ing. Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia, España (2014). *Cap. 3 Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades – Alcantarillado Pluvial*. Valencia, España.
- Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. MINVU-DICTUC. (2005). *Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvia. Guía de diseño*. Santiago, Chile.
- Escudero Cueva, C.; Perez Taype, G. (2019). *Análisis hidrológico para el diseño de drenaje pluvial urbano en el sector Parco chico, ciudad de Pomabamba, Ancash – Perú*. Lima: Universidad San Martín de Porres.
- Empresa de servicios públicos de Medellín y Colombia – EPM. (2009). *Guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado*. Medellín, Colombia.
- Farías de Reyes, M. (2016). *Apuntes del curso dez1 hidrología*. Universidad de Piura.

- García Hernández, Y., Montoya López, N. y Rodríguez Hernández, D. (2013.) *Diseño del sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del municipio de La Concepción-Masaya*. Managua.
- Gómez, M., & Russo, B. (2009). *Eficiencia hidráulica de rejillas transversales continuas*. Jornadas de ingeniería del agua. Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech
- Google (s/f). Google Maps
- Granda Acha, R. (2013). *Análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la Urbanización Angamos*. Piura: Universidad de Piura.
- Hernández Jiménez, M. (2018). *Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura*. Piura: Universidad de Piura.
- Huamán Vidaurre, J. F. (2012). *Drenaje pluvial urbano*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- INDECI (2019). *Consolidado de daños producidos por Fenómeno El Niño 1997-1998*. https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/3.4_cons.pdf
- INDECI (2019). *Consolidado de daños producidos por Fenómeno El Niño 1982-1983*. https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/6.2_fenom.pdf
- INDECI (2023). Informe de Emergencia N° 1200 – 17/04/2023 / COEN – INDECI / 07:50 HORAS (Informe N° 95). Lluvias intensas en el departamento de Piura (DEE).
- Instituto de Hidráulica, hidrología e ingeniería sanitaria de la Universidad de Piura. (2009). Elaboración de los estudios de Pre Factibilidad y Factibilidad del proyecto: Construcción del sistema de evacuación de las aguas pluviales por gravedad en la franja central de la ciudad de Piura. Piura: Universidad de Piura.
- La República (2023). *Trágico balance: 61 muertos y 12.200 damnificados en 5 meses*. <https://larepublica.pe/sociedad/2023/03/14/lluvias-en-peru-tragico-balance-61-muertos-y-12200-damnificados-en-5-meses-arequipa-coen-lluvias-en-el-sur-inundaciones-1143408>
- Linsley, Ray K.; Kohler, Max A.; Paulhus, Joseph. (1977). *Hidrología para ingenieros*. México, DF: McGraw Hill.

- Mejía, Jesús Abel. (2012). *Hidrología aplicada*. Lima: Universidad Nacional Agraria.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2017). *Norma OS.060*. Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>
- Municipalidad Provincial de Piura (2010). *Elaboración de los estudios de Pre Factibilidad y Factibilidad del proyecto: Construcción del sistema de evacuación de las aguas pluviales por gravedad en la franja central de la ciudad de Piura*. Piura: Municipalidad Provincial de Piura.
- Municipalidad Provincial de Piura (2014). *Plan de acondicionamiento territorial y planes urbanos - distritos*. Piura: Municipalidad Provincial de Piura.
- Rojas Naira, 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*. Puno, Perú
- RPP Noticias. (2015). *Temperatura en Piura alcanza límites históricos*. <https://rpp.pe/peru/actualidad/temperatura-en-piura-alcanza-limites-historicos-noticias-768615>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI (2014). *El Fenómeno El Niño en el Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Weather Spark. (s/f). *Weather Spark*. <https://es.weatherspark.com/y/18257/Clima-promedio-en-Piura-Perú-durante-todo-el-año>
- Universidad de Piura. (2008). Informe topográfico “Elaboración de los estudios de Pre Factibilidad y Factibilidad del proyecto: Construcción del sistema de evacuación de las aguas pluviales por gravedad en la franja central de la ciudad de Piura”. Piura: Universidad de Piura.
- Venkateswaran, K., MacClune, K. and Enríquez, M.F. (2017). *El Niño Costero: The 2017 Floods in Peru*. Zurich Flood Resilience Alliance



Anexos

Anexo A: Registro topográfico del levantamiento realizado en la cuenca.

REGISTRO DE CAMPO										
Estación		+	△	—	Cotas	Hilo Superior (HS)	Hilo Inferior (HI)	Diferencia S = HS - HI	PUNTOS DE MEDICION	Distancia D = (S*100)
EST. 1	1	1.44	36.99		35.55					metros
	2			1.882	35.108	2.137	1.628	0.509	1-2	50.90
	3			2.675	34.315	3.175	2.175	1	2-3	49.1
	4			3.21	33.78	4.000	2.42	1.58	3-4	58
	5			2.965	34.025	3.195	2.735	0.46	1-5	46
	6			4.505	32.485	4.98	4.03	0.95	5-6	49
EST. 2	7	1.493	34.035		32.542					
	8			1.37	32.665	1.595	1.145	0.45	7-8	45.00
	6			1.55	32.485	2.005	1.095	0.910	8-6	46.00
	9			0.655	33.38	0.89	0.415	0.475	7-9	47.50
	10			2.245	31.79	2.51	1.98	0.53	7-10	53.00
	11			2.055	31.98	2.58	1.525	1.055	10-11	52.50
	12			2.46	31.575	3.410	1.51	1.9	11-12	84.50
EST. 3	13	1.547	33.755		32.208					
	10'			1.72	32.035	1.940	1.5	0.44	13-10'	44
	10			1.965	31.79	2.395	1.535	0.86	10'-10	42
	14			2.425	31.33	3.140	1.71	1.43	10-14	57
	15			1.77	31.985	2.035	1.505	0.53	13-15	53
	16			1.97	31.785	2.440	1.5	0.94	15-16	41
	17			2.185	31.57	2.870	1.5	1.37	16-17	43
EST. 4	15	1.54	33.525		31.985					
	19			1.17	32.355	1.305	1.035	0.27	15-19	27
EST. 5	19	1.615	33.97		32.355					
	20			0.68	33.29	0.985	0.375	0.61	19-20	61
	21			1.99	31.98	2.255	1.725	0.53	19-21	53
	22			2.5	31.47	3.115	1.885	1.23	21-22	70
	23			2.875	31.095	3.850	1.9	1.95	22-23	72
EST. 6	23	1.65	32.745		31.095					
	24			2.13	30.615	2.480	1.78	0.7	23-24	70
	25			2.495	30.25	3.205	1.785	1.42	24-25	72
	26			1.11	31.635	1.380	0.84	0.54	23-26	54
EST. 7	26	1.623	33.258		31.635					
	27			1.768	31.49	2.022	1.512	0.51	26-27	51
	28			2.14	31.118	2.850	1.43	1.42	27-28	91
	32			0.785	32.473	1.335	0.235	1.1	26-32	110
	35			1.482	31.776	1.739	1.225	0.514	26-35	51.4
EST. 8	35	1.628	33.404		31.776					
	34			1.36	32.044	1.652	1.068	0.584	35-34	58.4
	33			0.63	32.774	1.180	0.08	1.1	34-33	51.6
	36			0.905	32.499	1.360	0.45	0.91	35-36	91

REGISTRO DE CAMPO										
Estación		+	△	—	Cotas	Hilo Superior (HS)	Hilo Inferior (HI)	Diferencia S = HS - HI	PUNTOS DE MEDICION	Distancia D = (S*100)
EST. 9	37	1.558	35.017		33.459					
	36			2.518	32.499	2.809	2.225	0.584	37-36	58.4
	38			0.725	34.292	0.990	0.46	0.53	37-38	53
EST. 10	30	1.555	33.605		32.05					
	27			2.115	31.49	2.408	1.822	0.586	30-27	58.6
	31			1.275	32.33	1.530	1.02	0.51	30-31	51
	29			2.015	31.59	2.470	1.56	0.91	30-29	91
	39			2.245	31.36	2.965	1.525	1.44	29-39	53
EST. 11	39	1.557	32.917		31.36					
	40			1.08	31.837	1.335	0.825	0.51	39-40	51
	41			2.855	30.062	3.420	2.29	1.13	39-41	113
EST. 12	42	1.542	33.18		31.638					
	43			1.688	31.492	2.025	1.35	0.675	42-43	67.5
	12			1.605	31.575	1.870	1.34	0.53	42-12	53
	44			1.86	31.32	2.135	1.585	0.55	42-44	55
	45			2.345	30.835	2.740	1.95	0.79	42-45	79
	18			2.17	31.01	2.030	1.21	0.82	42-18	82
EST. 13	44	1.535	32.855		31.32					
	46			1.518	31.337	1.825	1.211	0.614	44-46	61.4
	48			2.315	30.54	2.985	1.645	1.34	44-48	134
EST. 14	47	1.59	31.91		30.32					
	48			1.37	30.54	1.580	1.16	0.42	47-48	42
	49			1.33	30.58	1.830	0.83	1	48-49	58
	50			1.728	30.182	1.988	1.468	0.52	47-50	52
PL 5	50	1.64	31.822		30.182					
	51			1.31	30.512	1.755	0.865	0.89	50-51	89

Anexo B: Determinación de áreas tributarias y cálculo de coeficiente de escorrentía.

TRAMO	COEFICIENTES DE ESCORRENTIA																		Ct	AREA (m2)	Area acumulativa
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9			
	Acera de Concreto	Berma de adoquin	Calzada de adoquin	Berma y Calzada de asfalto	Berma y calzada de Cº	Áreas verdes de jardin	Área de arena en zona de jardin	Área de parque	Área de techos	0.88	0.7	0.7	0.86	0.88	0.4	0.1	0.4	0.88			
1-2	62.11			248.84		0.00	74.26	879.96	707.35	54.66	-	-	214.00	-	-	7.43	351.98	622.47	0.63	1972.51	2193.34
2-3	60.89			227.16	2.00	39.27	28.29	856.56	1040.86	53.58	-	-	195.36	1.76	15.71	2.83	342.62	915.96	0.68	2255.03	4448.37
3-4	60.75			246.85		69.03			1170.01	53.46	-	-	212.29	-	27.61	-	-	1029.61	0.86	1546.65	4660.51
1A-1	62.76			183.05		41.84			448.43	55.23	-	-	157.42	-	16.74	-	-	394.62	0.85	736.08	736.08
1-5	130.95	97.98		164.21		46.20		850.46		115.24	68.58	-	141.22	-	18.48	-	340.18	-	0.53	1289.80	1805.06
5-6	137.87	101.84		168.69		65.20		893.81		121.33	71.29	-	145.07	-	26.08	-	357.53	-	0.53	1367.41	2657.21
6-8	113.94	8.08		225.78	26.44	65.84	29.25	796.56	519.78	100.26	5.66	-	194.17	23.27	26.34	2.93	318.63	457.41	0.63	1785.67	1785.67
7-8	108.74	8.08		217.57	26.88	67.06	29.58	771.20	609.46	95.69	5.66	-	187.11	23.66	26.83	2.96	308.48	536.32	0.65	1838.57	1838.57
3-9	96.12			249.97	3.92	53.21	34.06	659.98	505.77	84.59	-	-	214.97	3.45	21.28	3.41	263.99	445.08	0.65	1603.02	2937.53
7-9	137.69			361.54	8.10	87.20	52.71	1070.71	1079.55	121.17	-	-	310.93	7.13	34.88	5.27	428.28	950.01	0.66	2797.51	5735.04
6-13	122.40	79.49		184.76		61.26			431.22	107.71	55.64	-	158.89	-	24.50	-	-	379.47	0.83	879.12	5322.00
7-10	127.87			342.67	38.80	89.18			1164.60	112.53	-	-	294.70	34.14	35.67	-	-	1024.85	0.85	1763.12	9336.74
10'-13	88.96			222.21	32.73	69.09	13.39		939.07	78.28	-	-	191.10	28.80	27.64	1.34	-	826.38	0.84	1365.44	2962.04
10-10'	103.50			196.09	41.47	84.45	16.36		1150.32	91.08	-	-	168.63	36.49	33.78	1.64	-	1012.28	0.84	1592.19	1592.19
1A-4A	190.32			436.15		126.88			2565.81	167.48	-	-	375.09	-	50.75	-	-	2257.92	0.86	3319.16	3319.16
4A-4	62.52			468.90		41.68			449.38	55.02	-	-	403.25	-	16.67	-	-	395.45	0.85	1022.48	4341.64
4-14	347.45			484.06	89.76	352.24			2316.72	305.76	-	-	416.29	78.99	140.90	-	-	2038.72	0.83	3590.23	12592.39
13-15	115.20	58.14		181.80		28.80			400.10	101.38	40.70	-	156.35	-	11.52	-	-	352.09	0.84	784.05	4509.45
11-15	242.20			483.37	58.22	171.85	107.16		1907.97	213.14	-	-	415.70	51.24	68.74	10.72	-	1679.01	0.82	2970.77	4323.60
10-11	121.40			312.82	9.41	96.09	64.44		1196.15	106.83	-	-	269.03	8.28	38.44	6.44	-	1052.61	0.82	1800.31	3962.12
10-14	123.49			270.82	5.58	128.29	1.08		802.60	108.67	-	-	232.90	4.91	51.32	0.11	-	706.28	0.83	1331.85	16222.89
11-12	257.31			607.88	37.61	364.73			2421.64	226.43	-	-	522.78	33.10	145.89	-	-	2131.04	0.83	3689.17	5850.97
12-42	65.67			322.47	8.60	72.89			1286.42	57.79	-	-	277.32	7.57	29.15	-	-	1132.05	0.86	1756.04	1756.04
12-17	215.04			464.71	31.20	206.10	12.92		1591.44	189.24	-	-	399.65	27.46	82.44	1.29	-	1400.47	0.83	2521.42	6324.92
15-16	82.93	63.25		140.55		14.75			476.04	72.98	44.28	-	120.87	-	5.90	-	-	418.92	0.85	777.52	3934.14
16-17	96.41	77.86		157.65		13.75			637.75	84.84	54.50	-	135.58	-	5.50	-	-	561.22	0.86	983.41	4917.55
14-18	321.97			453.07	6.38		345.10		2113.74	283.33	-	-	389.64	5.61	-	34.51	-	1860.09	0.79	3240.26	32055.54
12-18	62.05			271.61			201.40		801.47	54.61	-	-	233.59	-	-	20.14	-	705.29	0.76	1336.53	5140.04
18-45	0.00			357.49					1539.43	-	-	-	307.44	-	-	-	-	1354.70	0.88	1896.91	39092.49
17-43	118.12			188.86	88.31				440.11	103.94	-	-	162.42	77.72	-	-	-	387.30	0.88	835.41	12077.88
42-43	149.38			370.32	20.25	153.77			1362.24	131.46	-	-	318.47	17.82	61.51	-	-	1198.77	0.84	2055.95	2055.95
42-44	65.68			327.70	2.07	88.32	182.00		1260.85	57.80	-	-	281.82	1.82	35.33	18.20	-	1109.55	0.78	1926.62	1926.62
43-46	123.59	65.47		192.23		25.47			468.99	108.76	45.83	-	165.32	-	10.19	-	-	412.71	0.85	875.75	15009.58
44-46	139.08			332.79	33.30	57.23	43.13		1098.69	122.39	-	-	286.20	29.30	22.89	4.31	-	966.84	0.84	1704.22	6207.09
44-45	60.95			311.94	1.63	58.97	98.00		797.62	53.63	-	-	268.27	1.43	23.59	9.80	-	701.91	0.80	1329.11	6252.06
45-49	322.47			445.42	135.54	503.61			2081.27	283.77	-	-	383.06	119.28	201.44	-	-	1831.52	0.81	3488.31	48832.86
44-48	321.89			773.61	108.90	419.73			4023.30	283.27	-	-	665.31	95.83	167.89	-	-	3540.50	0.84	5647.43	8858.19
46-47	343.02	247.91		477.63		27.84			1959.96	301.86	173.54	-	410.77	-	11.14	-	-	1724.76	0.86	3056.36	13563.07
48-49	124.44			314.16	13.36	51.63	58.39		1176.87	109.51	-	-	270.18	11.76	20.65	5.84	-	1035.64	0.84	1738.85	16388.71
47-48	91.57			234.90	15.14	61.26	9.00		606.65	80.58	-	-	202.02	13.32	24.50	0.90	-	533.85	0.84	1018.52	21348.81
47-50	124.69	62.55		178.06		26.52			399.70	109.73	43.78	-	153.14	-	10.61	-	-	351.74	0.85	791.52	35703.39
49-51	122.43			166.47		119.49			400.90	107.74	-	-	143.16	-	47.79	-	-	352.79	0.81	809.28	34992.29

TRAMO	COEFICIENTES DE ESCORRENTIA																		Ct	AREA (m2)	Area acumulativa
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9			
	Acera de Concreto	Berma de adoquin	Calzada de adoquin	Berma y Calzada de asfalto	Berma y calzada de Cº	Áreas verdes de jardín	Área de arena en zona de jardín	Área de parque	Área de techos	0.88	0.7	0.7	0.86	0.88	0.4	0.1	0.4	0.88			
50-51	199.63			636.36	17.04	153.98			1112.23	175.68	-	-	547.27	15.00	61.59	-	-	978.76	0.84	2119.24	37111.52
33D-38C	75.48			157.25		50.32			820.82	66.42	-	-	135.24	-	20.13	-	-	722.32	0.86	1103.87	1103.87
38C-20D	64.44			134.25		42.96			916.27	56.71	-	-	115.46	-	17.18	-	-	806.32	0.86	1157.92	2261.79
20D-20C	61.92			309.60		41.28			406.83	54.49	-	-	266.26	-	16.51	-	-	358.01	0.85	819.63	3081.43
20C-33C	137.88			919.20		91.92			3381.03	121.33	-	-	790.51	-	36.77	-	-	2975.31	0.87	4530.03	4736.24
20C-20B	65.04			325.20		43.36			399.77	57.24	-	-	279.67	-	17.34	-	-	351.80	0.85	833.37	8651.04
20B-38B	76.56			446.60		51.04			1461.89	67.37	-	-	384.08	-	20.42	-	-	1286.47	0.86	2036.09	2036.09
20B-20A	55.44			277.20		36.96			501.56	48.79	-	-	238.39	-	14.78	-	-	441.38	0.85	871.16	11558.30
20-38	67.27			176.04	9.07	20.70	14.66		924.74	59.20	-	-	151.39	7.98	8.28	1.47	-	813.77	0.86	1212.47	6162.28
19-20	68.47			181.90	10.40	20.70	14.66		885.46	60.25	-	-	156.43	9.15	8.28	1.47	-	779.21	0.86	1181.59	7343.86
20A-38A	73.92			308.00		49.28			1409.36	65.05	-	-	264.88	-	19.71	-	-	1240.23	0.86	1840.56	2295.89
19A-20A	76.92			320.50		51.28			931.83	67.69	-	-	275.63	-	20.51	-	-	820.01	0.86	1380.53	15234.71
19A-19	65.28			190.40		43.52			419.97	57.45	-	-	163.74	-	17.41	-	-	369.58	0.85	719.17	15953.89
19-21	113.63	73.90		178.24		13.92			420.88	99.99	51.73	-	153.29	-	5.57	-	-	370.38	0.85	800.58	24098.33
38B-38A	56.40			263.20		37.6			1160.57	49.63	-	-	226.35	-	15.04	-	-	1021.30	0.86	1517.77	1517.77
38A-38	62.40			291.20		41.6			1147.37	54.91	-	-	250.43	-	16.64	-	-	1009.68	0.86	1542.57	2605.01
33A-38	61.80			360.50		41.2			825.06	54.38	-	-	310.03	-	16.48	-	-	726.05	0.86	1288.56	5954.71
37-38	56.30		142.46		28.68	41.76			419.70	49.55	-	99.72	-	25.24	16.70	-	-	369.34	0.81	688.90	4298.82
36-37	130.21		410.00		2.24	77.79		540.04	967.87	114.59	-	287.00	-	1.97	31.11	-	216.02	851.72	0.71	2128.14	3417.79
21-36	136.99		431.59		17.07	66.06			1410.23	120.55	-	302.12	-	15.02	26.42	-	-	1241.00	0.83	2061.94	4454.39
21-22	175.42	151.86			271.01	13.44			1400.78	154.37	106.30	-	-	238.49	5.38	-	-	1232.69	0.86	2012.52	30565.23
22-23	152.23	134.54			231.22	9.31			1052.65	133.96	94.18	-	-	203.47	3.72	-	-	926.33	0.86	1579.94	32145.17
35-36	207.61		495.19		105.90	186.62		376.71	2641.30	182.69	-	346.64	-	93.19	74.65	-	150.68	2324.34	0.79	4013.33	5038.67
34-37	100.48		249.78		49.02	91.14		381.13	946.42	88.42	-	174.85	-	43.14	36.45	-	152.45	832.85	0.73	1817.97	4827.14
33-34	58.45		136.55		34.02	24.76	22.19		746.09	51.44	-	95.58	-	29.94	9.90	2.22	-	656.56	0.83	1022.06	2901.96
34-35	133.36		318.60		44.00	105.60	26.05	544.03	862.02	117.35	-	223.02	-	38.72	42.24	2.60	217.61	758.57	0.69	2033.66	9762.76
26-35	114.82		288.23		54.28	95.62			1156.01	101.05	-	201.76	-	47.77	38.25	-	-	1017.29	0.82	1708.96	16510.39
38B-33B	59.28			345.80		39.52			1162.40	52.17	-	-	297.39	-	15.81	-	-	1022.91	0.86	1607.00	1607.00
33D-33C	63.48			174.57		42.32			406.98	55.86	-	-	150.13	-	16.93	-	-	358.14	0.85	687.35	687.35
33C-33B	64.92			178.53		43.28			399.69	57.13	-	-	153.54	-	17.31	-	-	351.73	0.84	686.42	1167.56
33B-33A	115.56			317.79		77.04			1381.21	101.69	-	-	273.30	-	30.82	-	-	1215.46	0.86	1891.60	4666.16
33A-33	173.16			476.19		115.44			2235.23	152.38	-	-	409.52	-	46.18	-	-	1967.00	0.86	3000.02	6266.33
32-33	56.67		340.25		16.56		52.20		400.88	49.87	-	238.17	-	14.58	-	5.22	-	352.78	0.76	866.57	5253.00
26-32	250.58		570.15		132.58	170.46	51.12		3181.38	220.51	-	399.11	-	116.67	68.18	5.11	-	2799.61	0.83	4356.27	5932.17
23-26	124.76		271.80		39.57	54.81	47.88		913.56	109.79	-	190.26	-	34.82	21.92	4.79	-	803.94	0.80	1452.38	10558.02
23-24	160.65	131.10			240.57	13.20			1200.82	141.37	91.77	-	-	211.70	5.28	-	-	1056.72	0.86	1746.34	44449.53
24-25	170.74	141.43			256.74	13.44			1131.12	150.25	99.00	-	-	225.93	5.38	-	-	995.39	0.86	1713.46	46162.99
26-27	114.94		285.69		55.57	50.28	41.40		1144.69	101.14	-	199.98	-	48.90	20.11	4.14	-	1007.32	0.82	1692.57	15029.49
31-32	56.64		339.00		46.40		19.05		396.41	49.84	-	237.30	-	40.83	-	1.90	-	348.84	0.79	857.49	4534.59

TRAMO	COEFICIENTES DE ESCORRENTIA																		Ct	AREA (m2)	Area acumulativa
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9			
	Acera de Concreto	Berma de adoquin	Calzada de adoquin	Berma y Calzada de asfalto	Berma y calzada de Cº	Áreas verdes de jardín	Área de arena en zona de jardín	Área de parque	Área de techos	0.88	0.7	0.7	0.86	0.88	0.4	0.1	0.4	0.88			
30-31	117.80		270.02		64.18	63.60	21.70		1165.02	103.66	-	189.02	-	56.48	25.44	2.17	-	1025.22	0.82	1702.32	3062.70
27-30	130.80		309.91		32.93	111.50	25.47	548.27	851.62	115.10	-	216.94	-	28.98	44.60	2.55	219.31	749.42	0.68	2010.49	4154.38
29-30	206.23		490.11		60.82	155.43	47.73	212.75	2678.46	181.48	-	343.08	-	53.53	62.17	4.77	85.10	2357.05	0.80	3851.54	4770.35
29-39	122.62		294.95		61.24	66.43	26.85		1139.69	107.91	-	206.46	-	53.89	26.57	2.68	-	1002.93	0.82	1711.79	5051.03
28-29	131.90		313.34		47.09	127.76			1492.66	116.07	-	219.34	-	41.44	51.11	-	-	1313.54	0.82	2112.76	3543.86
27-28	211.68		493.89		98.17	189.27		213.02	2696.47	186.27	-	345.72	-	86.39	75.71	-	85.21	2372.89	0.81	3902.48	23086.35
25-28	126.10		296.67		35.84	122.15			1182.39	110.97	-	207.67	-	31.54	48.86	-	-	1040.50	0.82	1763.15	28393.37
25-41	119.77	58.14			216.78	13.26			422.21	105.40	40.70	-	-	190.77	5.30	-	-	371.54	0.86	830.16	75386.52
31-40	200.29		941.36		161.46		69.20		2264.71	176.25	-	658.95	-	142.09	-	6.92	-	1992.94	0.82	3637.01	6811.23
39-40	116.95	94.73	349.67						418.37	102.91	66.31	244.77	-	-	-	-	-	368.17	0.80	979.72	7790.94
39-41	261.22	250.95	783.30						1659.18	229.87	175.67	548.31	-	-	-	-	-	1460.08	0.82	2954.65	8005.69
																			0.81	169125.66	



Anexo C: Cálculo de intensidad de escorrentía (I) y caudal producido (Q).

TRAMO	Longitud Transversal	Longitud Longitudinal	coeficiente de manning "n"	Pendiente Transversal "S1"	Pendiente Transversal "S2"	Tiempo de concentración "tc1"	Velocidad asumida	Tv	Tc acumulativo	Tc mínimo	I(mm/h)	C	AREA(m2)	Q(m3/s)	D(m)	V(m/s)	V(m/s)
1-2	2.50	50.90	0.013	0.02	0.0086	0.178	0.12	7.28	7.46	10.0	94.0	0.81	2193.34	0.047	0.07	0.57	0.50
2-3	2.50	49.10	0.013	0.02	0.0161	0.178	0.19	4.25	4.43	10.0	94.0	0.81	4448.37	0.094	0.10	0.93	0.82
3-4	2.50	58.00	0.013	0.02	0.0093	0.178	0.16	5.92	6.10	10.0	94.0	0.81	4660.51	0.099	0.12	0.81	0.72
1A-1	3.50	52.3	0.013	0.02	0.0092	0.231	0.36	2.44	2.67	10.0	94.0	0.81	736.0839	0.016	0.04	0.36	0.31
1-5	3.50	46.00	0.013	0.02	0.0330	0.231	0.18	4.21	4.44	10.0	94.0	0.81	1805.06	0.038	0.04	0.76	0.67
5-6	3.50	49.00	0.013	0.02	0.0314	0.231	0.25	3.32	3.55	10.0	94.0	0.81	2657.21	0.056	0.05	0.89	0.78
6-8	2.58	46.00	0.013	0.02	0.0039	0.182	0.11	6.82	7.00	10.0	94.0	0.81	1785.67	0.038	0.08	0.42	0.37
7-8	2.58	45.00	0.013	0.02	0.0029	0.182	0.11	6.71	6.89	10.0	94.0	0.81	1838.57	0.039	0.10	0.39	0.34
3-9	3.25	45.90	0.013	0.02	0.0205	0.218	0.20	3.77	3.99	10.0	94.0	0.81	2937.53	0.062	0.07	0.83	0.73
7-9	3.25	47.50	0.013	0.02	0.0177	0.218	0.28	2.84	3.06	10.0	94.0	0.81	5735.04	0.122	0.11	1.07	0.94
6-13	3.50	53.00	0.013	0.02	0.0053	0.231	0.20	4.38	4.61	10.0	94.0	0.81	5322.00	0.113	0.16	0.74	0.65
7-10	3.25	53.00	0.013	0.02	0.0142	0.218	0.34	2.61	2.83	10.0	94.0	0.81	9336.74	0.198	0.17	1.25	1.10
10'-13	2.60	44.00	0.013	0.02	0.0039	0.184	0.14	5.19	5.37	10.0	94.0	0.81	2962.04	0.063	0.12	0.52	0.46
10-10'	2.60	42.00	0.013	0.02	0.0060	0.184	0.19	3.59	3.77	10.0	94.0	0.81	1592.19	0.034	0.07	0.45	0.39
1A-4A	2.75	158.6	0.013	0.02	0.0090	0.192	0.69	3.81	4.00	10.0	94.0	0.81	3319.164	0.070	0.10	0.69	0.61
4A-4	4.50	52.1	0.013	0.02	0.0211	0.280	0.99	0.88	1.16	10.0	94.0	0.81	4341.6397	0.092	0.09	0.99	0.87
4-14	4.50	147.04	0.013	0.02	0.0167	0.280	0.29	8.36	8.64	10.0	94.0	0.81	12592.39	0.267	0.19	1.49	1.31
13-15	3.50	53.00	0.013	0.02	0.0042	0.231	0.18	5.00	5.23	10.0	94.0	0.81	4509.45	0.096	0.15	0.64	0.56
11-15	3.25	82.90	0.013	0.02	0.0001	0.218	0.05	27.72	27.94	27.9	78.9	0.81	4323.60	0.077	0.43	0.22	0.19
10-11	3.25	52.50	0.013	0.02	0.0036	0.218	0.16	5.46	5.68	10.0	94.0	0.81	3962.12	0.084	0.15	0.58	0.51
10-14	2.75	57.00	0.013	0.02	0.0081	0.192	0.40	2.37	2.56	10.0	94.0	0.81	16222.89	0.344	0.29	1.36	1.20
11-12	3.60	84.50	0.013	0.02	0.0047	0.236	0.21	6.79	7.03	10.0	94.0	0.81	5850.97	0.124	0.17	0.75	0.66
12-42	3.00	53.00	0.013	0.02	0.0011	0.205	0.08	10.78	10.99	11.0	93.0	0.81	1756.04	0.037	0.13	0.29	0.26
12-17	3.50	72.98	0.013	0.02	0.0001	0.231	0.06	19.23	19.46	19.5	85.4	0.81	6324.92	0.122	0.56	0.28	0.24
15-16	3.50	41.00	0.013	0.02	0.0049	0.231	0.17	3.95	4.18	10.0	94.0	0.81	3934.14	0.083	0.13	0.63	0.56
16-17	3.50	43.00	0.013	0.02	0.0051	0.231	0.19	3.71	3.94	10.0	94.0	0.81	4917.55	0.104	0.15	0.71	0.62
14-18	4.50	137.10	0.013	0.02	0.0023	0.280	0.34	6.74	7.02	10.0	94.0	0.81	32055.54	0.680	0.69	1.31	1.15
12-18	2.75	57.90	0.013	0.02	0.0098	0.192	0.24	4.05	4.24	10.0	94.0	0.81	5140.04	0.109	0.13	0.86	0.76
18-45	4.50	107.91	0.013	0.02	0.0016	0.280	0.34	5.29	5.57	10.0	94.0	0.81	39092.49	0.829	0.89	1.28	1.13
17-43	3.50	55.00	0.013	0.02	0.0015	0.231	0.20	4.51	4.74	10.0	94.0	0.81	12077.88	0.256	0.42	0.74	0.65
42-43	3.00	67.50	0.013	0.02	0.0022	0.205	0.10	10.86	11.07	11.1	92.9	0.81	2055.95	0.043	0.11	0.38	0.33
42-44	3.00	55.00	0.013	0.02	0.0058	0.205	0.13	6.93	7.14	10.0	94.0	0.81	1926.62	0.041	0.08	0.48	0.42
43-46	3.50	54.82	0.013	0.02	0.0027	0.231	0.27	3.37	3.60	10.0	94.0	0.81	15009.58	0.318	0.39	0.97	0.86
44-46	3.00	61.40	0.013	0.02	0.0003	0.205	0.10	10.70	10.90	10.9	93.1	0.81	6207.09	0.130	0.44	0.36	0.32
44-45	3.05	57.84	0.013	0.02	0.0083	0.208	0.25	3.87	4.08	10.0	94.0	0.81	6252.06	0.133	0.15	0.90	0.79
45-49	4.50	136.00	0.013	0.02	0.0019	0.280	0.39	5.74	6.02	10.0	94.0	0.81	48832.86	1.036	0.97	1.49	1.31
44-48	3.00	135.00	0.013	0.02	0.0058	0.205	0.26	8.60	8.80	10.0	94.0	0.81	8858.19	0.188	0.22	0.95	0.83
46-47	3.50	136.50	0.013	0.02	0.0075	0.231	0.34	6.70	6.93	10.0	94.0	0.81	13563.07	0.288	0.26	1.23	1.08
48-49	3.00	58.00	0.013	0.02	0.0007	0.205	0.18	5.23	5.44	10.0	94.0	0.81	16388.71	0.348	0.66	0.69	0.61
47-48	3.00	42.00	0.013	0.02	0.0052	0.205	0.37	1.89	2.10	10.0	94.0	0.81	21348.81	0.453	0.40	1.36	1.20
47-50	3.50	52.00	0.013	0.02	0.0027	0.231	0.39	2.23	2.46	10.0	94.0	0.81	35703.39	0.757	0.70	1.43	1.25
49-51	4.50	54.36	0.013	0.02	0.0013	0.280	0.30	2.98	3.26	10.0	94.0	0.81	34992.29	0.742	0.89	1.15	1.01
50-51	3.25	89.00	0.013	0.02	0.0037	0.218	0.42	3.50	3.72	10.0	94.0	0.81	37111.52	0.787	0.65	1.59	1.40
33D-38C	2.50	62.9	0.013	0.02	0.0079	0.178	0.41	2.55	2.73	10.0	94.0	0.81	1103.87	0.023	0.05	0.41	0.36
20C-33C	4.00	114.9	0.013	0.02	0.0070	0.256	0.76	2.53	2.79	10.0	94.0	0.81	2261.79	0.048	0.08	0.54	0.48

TRAMO	Longitud Transversal	Longitud Longitudinal	coeficiente de manning "n"	Pendiente Transversal "S1"	Pendiente Transversal "S2"	Tiempo de concentración "tc1"	Velocidad asumida	Tv	Tc acumulativo	Tc mínimo	I(mm/h)	C	AREA(m2)	Q(m3/s)	D(m)	V(m/s)	V(m/s)
20B-38B	3.50	63.8	0.013	0.02	0.0086	0.231	0.55	1.93	2.16	10.0	94.0	0.81	3081.43	0.065	0.09	0.66	0.58
38C-20D	2.50	53.7	0.013	0.02	0.0067	0.178	0.54	1.66	1.84	10.0	94.0	0.81	4736.24	0.100	0.14	0.75	0.66
20D-20C	3.00	51.6	0.013	0.02	0.0205	0.205	0.84	1.02	1.22	10.0	94.0	0.81	8651.04	0.183	0.14	1.34	1.18
20C-20B	3.00	54.2	0.013	0.02	0.0127	0.205	1.17	0.77	0.98	10.0	94.0	0.81	2036.09	0.043	0.06	0.61	0.54
20B-20A	3.00	46.2	0.013	0.02	0.0108	0.205	1.27	0.61	0.81	10.0	94.0	0.81	11558.30	0.245	0.21	1.27	1.12
20-38	3.05	59.97	0.013	0.02	0.0167	0.208	0.14	6.90	7.11	10.0	94.0	0.81	6162.28	0.131	0.12	1.08	0.95
19-20	3.05	61.00	0.013	0.02	0.0152	0.208	0.19	5.29	5.49	10.0	94.0	0.81	7343.86	0.156	0.14	1.14	1.01
19A-20A	2.50	64.1	0.013	0.02	0.0220	0.178	1.75	0.61	0.79	10.0	94.0	0.81	2295.89	0.049	0.06	0.75	0.66
20A-38A	2.50	61.6	0.013	0.02	0.0097	0.178	0.60	1.71	1.88	10.0	94.0	0.81	15234.71	0.323	0.26	1.40	1.23
19A-19	3.50	54.4	0.013	0.02	0.0059	0.231	1.24	0.73	0.96	10.0	94.0	0.81	15953.89	0.338	0.32	1.24	1.09
19-21	3.50	53.00	0.013	0.02	0.0072	0.231	0.18	5.01	5.24	10.0	94.0	0.81	24098.33	0.511	0.39	1.57	1.38
38B-38A	2.80	47	0.013	0.02	0.0096	0.194	0.50	1.57	1.77	10.0	94.0	0.81	1517.77	0.032	0.06	0.50	0.44
38A-38	2.80	52	0.013	0.02	0.0077	0.194	0.60	1.45	1.65	10.0	94.0	0.81	2605.01	0.055	0.09	0.60	0.52
33A-38	3.50	51.5	0.013	0.02	0.0136	0.231	1.01	0.85	1.08	10.0	94.0	0.81	5954.71	0.126	0.12	1.01	0.89
37-38	2.80	53.00	0.013	0.02	0.0157	0.194	0.11	7.94	8.13	10.0	94.0	0.81	4298.82	0.091	0.10	0.91	0.80
36-37	3.65	58.40	0.013	0.02	0.0164	0.238	0.19	5.06	5.30	10.0	94.0	0.81	3417.79	0.072	0.08	0.83	0.73
21-36	3.65	60.17	0.013	0.02	0.0086	0.238	0.20	5.04	5.28	10.0	94.0	0.81	4454.39	0.094	0.12	0.78	0.69
21-22	3.50	70.00	0.013	0.02	0.0073	0.231	0.28	4.17	4.40	10.0	94.0	0.81	30565.23	0.648	0.46	1.75	1.54
22-23	3.50	72.00	0.013	0.02	0.0051	0.231	0.27	4.37	4.60	10.0	94.0	0.81	32145.17	0.682	0.53	1.63	1.43
35-36	2.80	91.00	0.013	0.02	0.0079	0.194	0.22	7.03	7.23	10.0	94.0	0.81	5038.67	0.107	0.13	0.81	0.71
34-37	2.80	90.50	0.013	0.02	0.0157	0.194	0.19	7.96	8.16	10.0	94.0	0.81	4827.14	0.102	0.10	0.96	0.84
33-34	2.80	51.60	0.013	0.02	0.0141	0.194	0.12	6.93	7.12	10.0	94.0	0.81	2901.96	0.062	0.08	0.74	0.65
34-35	2.80	58.40	0.013	0.02	0.0026	0.194	0.20	4.95	5.15	10.0	94.0	0.81	9762.76	0.207	0.30	0.80	0.70
26-35	2.80	51.40	0.013	0.02	0.0027	0.194	0.24	3.54	3.74	10.0	94.0	0.81	16510.39	0.350	0.42	1.02	0.89
38B-33B	3.50	49.4	0.013	0.02	0.0073	0.231	0.47	1.74	1.97	10.0	94.0	0.81	1607.00	0.034	0.06	0.47	0.42
33D-33C	3.30	52.9	0.013	0.02	0.0212	0.220	0.44	2.02	2.24	10.0	94.0	0.81	687.35	0.015	0.03	0.44	0.38
33C-33B	3.30	54.1	0.013	0.02	0.0240	0.220	0.57	1.57	1.79	10.0	94.0	0.81	1167.56	0.025	0.03	0.57	0.50
33B-33A	3.30	96.3	0.013	0.02	0.0124	0.220	0.88	1.82	2.04	10.0	94.0	0.81	4666.16	0.099	0.11	0.88	0.78
33A-33	3.30	144.3	0.013	0.02	0.0057	0.220	0.81	2.97	3.19	10.0	94.0	0.81	6266.33	0.133	0.17	0.81	0.71
32-33	3.30	51.33	0.013	0.02	0.0058	0.220	0.09	9.13	9.35	10.0	94.0	0.81	5253.00	0.111	0.15	0.75	0.66
26-32	2.70	110.00	0.013	0.02	0.0075	0.189	0.21	8.65	8.84	10.0	94.0	0.81	5932.17	0.126	0.15	0.85	0.75
23-26	2.70	54.00	0.013	0.02	0.0100	0.189	0.29	3.05	3.24	10.0	94.0	0.81	10558.02	0.224	0.20	1.19	1.05
23-24	3.50	70.00	0.013	0.02	0.0069	0.231	0.40	2.93	3.16	10.0	94.0	0.81	44449.53	0.943	0.60	2.04	1.79
24-25	3.50	72.00	0.013	0.02	0.0051	0.231	0.38	3.16	3.39	10.0	94.0	0.81	46162.99	0.979	0.67	1.91	1.68
26-27	2.80	51.00	0.013	0.02	0.0029	0.194	0.24	3.54	3.74	10.0	94.0	0.81	15029.49	0.319	0.38	0.99	0.88
31-32	3.30	50.90	0.013	0.02	0.0028	0.220	0.10	8.79	9.01	10.0	94.0	0.81	4534.59	0.096	0.18	0.57	0.50
30-31	2.75	51.00	0.013	0.02	0.0055	0.192	0.14	6.19	6.38	10.0	94.0	0.81	3062.70	0.065	0.11	0.58	0.51
27-30	2.75	58.60	0.013	0.02	0.0096	0.192	0.20	4.88	5.07	10.0	94.0	0.81	4154.38	0.088	0.11	0.78	0.69
29-30	2.80	91.00	0.013	0.02	0.0051	0.194	0.19	8.17	8.37	10.0	94.0	0.81	4770.35	0.101	0.15	0.69	0.61
29-39	2.80	53.00	0.013	0.02	0.0043	0.194	0.19	4.77	4.96	10.0	94.0	0.81	5051.03	0.107	0.16	0.68	0.60
28-29	2.80	58.96	0.013	0.02	0.0080	0.194	0.19	5.22	5.41	10.0	94.0	0.81	3543.86	0.075	0.11	0.69	0.61
27-28	2.80	91.00	0.013	0.02	0.0041	0.194	0.33	4.57	4.77	10.0	94.0	0.81	23086.35	0.490	0.46	1.32	1.16
25-28	2.80	54.15	0.013	0.02	0.0161	0.194	0.54	1.67	1.86	10.0	94.0	0.81	28393.37	0.602	0.33	2.12	1.86
25-41	3.50	53.84	0.013	0.02	0.0035	0.231	0.48	1.88	2.11	10.0	94.0	0.81	75386.52	1.599	1.06	2.14	1.89
31-40	3.30	145.16	0.013	0.02	0.0034	0.220	0.17	14.50	14.72	14.7	89.5	0.81	6811.23	0.137	0.21	0.71	0.63
39-40	3.50	51.00	0.013	0.02	0.0094	0.231	0.25	3.46	3.69	10.0	94.0	0.81	7790.94	0.165	0.17	1.03	0.90
39-41	3.50	113.00	0.013	0.02	0.0115	0.231	0.30	6.28	6.51	10.0	94.0	0.81	8005.69	0.170	0.16	1.10	0.97

Anexo D: Determinación de áreas tributarias y cálculo de coeficiente de escorrentía.

Coeficiente de rugosidad de Manning				n=	0.013								
TRAMO	S	Ancho de carril	Nº de cunetas	BOMBEO	Y (m)	Z	S^(1/2)	Y^(8/3)	Q máx (m3/s)	Y^(2/3)	Vmáx	Capacidad Hidráulica	
1-2	0.0086	2.50	2	0.02	0.05	50	0.0930	0.00034	0.0377	0.1357	0.6034	0.0754	
2-3	0.0161	2.50	2	0.02	0.05	50	0.1268	0.00034	0.0515	0.1357	0.8232	0.1029	
3-4	0.0093	2.50	2	0.02	0.05	50	0.0965	0.00034	0.0391	0.1357	0.6262	0.0783	
1A-1	0.0092	3.50	1	0.02	0.07	50	0.0958	0.00083	0.0953	0.1698	0.7781	0.0953	
1-5	0.0330	3.50	1	0.02	0.07	50	0.1818	0.00083	0.1809	0.1698	1.4763	0.1809	
5-6	0.0314	3.50	1	0.02	0.07	50	0.1773	0.00083	0.1764	0.1698	1.4398	0.1764	
6-8	0.0039	2.58	2	0.02	0.0515	50	0.0626	0.00037	0.0275	0.1384	0.4140	0.0549	
7-8	0.0029	2.58	2	0.02	0.0515	50	0.0537	0.00037	0.0236	0.1384	0.3558	0.0472	
3-9	0.0205	3.25	2	0.02	0.065	50	0.1431	0.00068	0.1169	0.1617	1.1062	0.2337	
7-9	0.0177	3.25	2	0.02	0.065	50	0.1330	0.00068	0.1086	0.1617	1.0280	0.2172	
6-13	0.0053	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0727	0.00083	0.0723	0.1698	0.5903	0.1446	
7-10	0.0142	3.25	2	0.02	0.065	50	0.1190	0.00068	0.0971	0.1617	0.9196	0.1943	
10'-13	0.0039	2.60	2	0.02	0.052	50	0.0622	0.00038	0.0280	0.1393	0.4141	0.0560	
10-10'	0.0060	2.60	2	0.02	0.052	50	0.0772	0.00038	0.0347	0.1393	0.5140	0.0695	
1A-4A	0.0090	2.75	1	0.02	0.055	50	0.0950	0.00044	0.0497	0.1446	0.6567	0.0497	
4A-4	0.0211	4.50	2	0.02	0.09	50	0.1453	0.00163	0.2826	0.2008	1.3954	0.5652	
4-14	0.0167	4.50	2	0.02	0.09	50	0.1291	0.00163	0.2510	0.2008	1.2396	0.5021	
13-15	0.0042	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0644	0.00083	0.0641	0.1698	0.5233	0.1282	
11-15	0.0001	3.25	2	0.02	0.065	50	0.0110	0.00068	0.0090	0.1617	0.0849	0.0179	
10-11	0.0036	3.25	2	0.02	0.065	50	0.0602	0.00068	0.0491	0.1617	0.4650	0.0982	
10-14	0.0081	2.75	2	0.02	0.055	50	0.0898	0.00044	0.0470	0.1446	0.6212	0.0940	
11-12	0.0047	3.60	2	0.02	0.072	50	0.0688	0.00090	0.0738	0.1731	0.5694	0.1476	
12-42	0.0011	3.00	2	0.02	0.06	50	0.0336	0.00055	0.0222	0.1533	0.2466	0.0444	
12-17	0.0001	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0117	0.00083	0.0116	0.1698	0.0951	0.0233	
15-16	0.0049	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0698	0.00083	0.0695	0.1698	0.5672	0.1390	
16-17	0.0051	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0715	0.00083	0.0712	0.1698	0.5809	0.1423	
14-18	0.0023	4.50	2	0.02	0.09	50	0.0483	0.00163	0.0940	0.2008	0.4639	0.1879	
12-18	0.0098	2.75	2	0.02	0.055	50	0.0992	0.00044	0.0519	0.1446	0.6862	0.1038	
18-45	0.0016	4.50	2	0.02	0.09	50	0.0397	0.00163	0.0772	0.2008	0.3812	0.1544	
17-43	0.0015	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0381	0.00083	0.0379	0.1698	0.3097	0.0759	
42-43	0.0022	3.00	2	0.02	0.06	50	0.0471	0.00055	0.0311	0.1533	0.3455	0.0622	
42-44	0.0058	3.00	2	0.02	0.06	50	0.0763	0.00055	0.0503	0.1533	0.5590	0.1006	
43-46	0.0027	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0523	0.00083	0.0520	0.1698	0.4248	0.1041	
44-46	0.0003	3.00	2	0.02	0.06	50	0.0180	0.00055	0.0119	0.1533	0.1323	0.0238	
44-45	0.0083	3.05	2	0.02	0.061	50	0.0911	0.00058	0.0628	0.1550	0.6750	0.1256	
45-49	0.0019	4.50	2	0.02	0.09	50	0.0437	0.00163	0.0850	0.2008	0.4199	0.1701	
44-48	0.0058	3.00	2	0.02	0.06	50	0.0760	0.00055	0.0501	0.1533	0.5571	0.1003	
46-47	0.0075	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0864	0.00083	0.0860	0.1698	0.7021	0.1720	

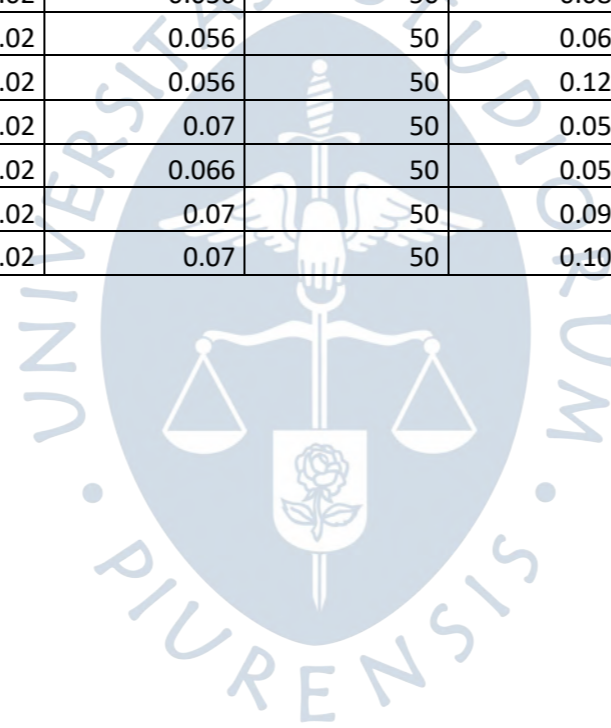
Coeficiente de rugosidad de Manning

				n=	0.013								
TRAMO	S	Ancho de carril	Nº de cunetas	BOMBEO	Y (m)	Z	S^(1/2)	Y^(8/3)	Q máx (m3/s)	Y^(2/3)	Vmáx	Capacidad Hidráulica	
48-49	0.0007	3.00	2	0.02	0.06	50	0.0263	0.00055	0.0173	0.1533	0.1925	0.0346	
47-48	0.0052	3.00	2	0.02	0.06	50	0.0724	0.00055	0.0477	0.1533	0.5304	0.0955	
47-50	0.0027	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0519	0.00083	0.0516	0.1698	0.4214	0.1033	
49-51	0.0013	4.50	2	0.02	0.09	50	0.0359	0.00163	0.0698	0.2008	0.3446	0.1396	
50-51	0.0037	3.25	2	0.02	0.065	50	0.0609	0.00068	0.0497	0.1617	0.4707	0.0994	
33D-38C	0.0079	2.50	1	0.02	0.05	50	0.0892	0.00034	0.0362	0.1357	0.5786	0.0362	
20C-33C	0.0070	4.00	2	0.02	0.08	50	0.0834	0.00119	0.1185	0.1857	0.7408	0.2371	
20B-38B	0.0086	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0928	0.00083	0.0924	0.1698	0.7541	0.1848	
38C-20D	0.0067	2.50	1	0.02	0.05	50	0.0819	0.00034	0.0332	0.1357	0.5314	0.0332	
20D-20C	0.0205	3.00	2	0.02	0.06	50	0.1433	0.00055	0.0945	0.1533	1.0504	0.1891	
20C-20B	0.0127	3.00	2	0.02	0.06	50	0.1128	0.00055	0.0744	0.1533	0.8269	0.1488	
20B-20A	0.0108	3.00	2	0.02	0.06	50	0.1040	0.00055	0.0686	0.1533	0.7624	0.1372	
20-38	0.0167	3.05	1	0.02	0.061	50	0.1291	0.00058	0.0890	0.1550	0.9568	0.0890	
19-20	0.0152	3.05	1	0.02	0.061	50	0.1235	0.00058	0.0851	0.1550	0.9149	0.0851	
19A-20A	0.0220	2.50	2	0.02	0.05	50	0.1483	0.00034	0.0602	0.1357	0.9625	0.1203	
20A-38A	0.0097	2.50	2	0.02	0.05	50	0.0987	0.00034	0.0400	0.1357	0.6405	0.0801	
19A-19	0.0059	3.50	1	0.02	0.07	50	0.0767	0.00083	0.0763	0.1698	0.6229	0.0763	
19-21	0.0072	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0847	0.00083	0.0842	0.1698	0.6877	0.1685	
38B-38A	0.0096	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0978	0.00046	0.0537	0.1464	0.6849	0.1074	
38A-38	0.0077	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0877	0.00046	0.0481	0.1464	0.6139	0.0963	
33A-38	0.0136	3.50	2	0.02	0.07	50	0.1166	0.00083	0.1160	0.1698	0.9469	0.2320	
37-38	0.0157	2.80	1	0.02	0.056	50	0.1251	0.00046	0.0687	0.1464	0.8759	0.0687	
36-37	0.0164	3.65	2	0.02	0.073	50	0.1282	0.00093	0.1427	0.1747	1.0708	0.2853	
21-36	0.0086	3.65	2	0.02	0.073	50	0.0929	0.00093	0.1033	0.1747	0.7757	0.2067	
21-22	0.0073	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0854	0.00083	0.0849	0.1698	0.6932	0.1699	
22-23	0.0051	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0717	0.00083	0.0713	0.1698	0.5822	0.1427	
35-36	0.0079	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0889	0.00046	0.0488	0.1464	0.6226	0.0976	
34-37	0.0157	2.80	1	0.02	0.056	50	0.1253	0.00046	0.0687	0.1464	0.8767	0.0687	
33-34	0.0141	2.80	1	0.02	0.056	50	0.1189	0.00046	0.0653	0.1464	0.8325	0.0653	
34-35	0.0026	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0514	0.00046	0.0282	0.1464	0.3594	0.0564	
26-35	0.0027	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0522	0.00046	0.0286	0.1464	0.3653	0.0573	
38B-33B	0.0073	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0854	0.00083	0.0849	0.1698	0.6933	0.1699	
33D-33C	0.0212	3.30	1	0.02	0.066	50	0.1455	0.00071	0.1238	0.1633	1.1363	0.1238	
33C-33B	0.0240	3.30	1	0.02	0.066	50	0.1550	0.00071	0.1318	0.1633	1.2105	0.1318	
33B-33A	0.0124	3.30	1	0.02	0.066	50	0.1112	0.00071	0.0945	0.1633	0.8681	0.0945	
33A-33	0.0057	3.30	1	0.02	0.066	50	0.0754	0.00071	0.0641	0.1633	0.5887	0.0641	
32-33	0.0058	3.30	2	0.02	0.066	50	0.0764	0.00071	0.0650	0.1633	0.5970	0.1300	

Coeficiente de rugosidad de Manning

n= 0.013

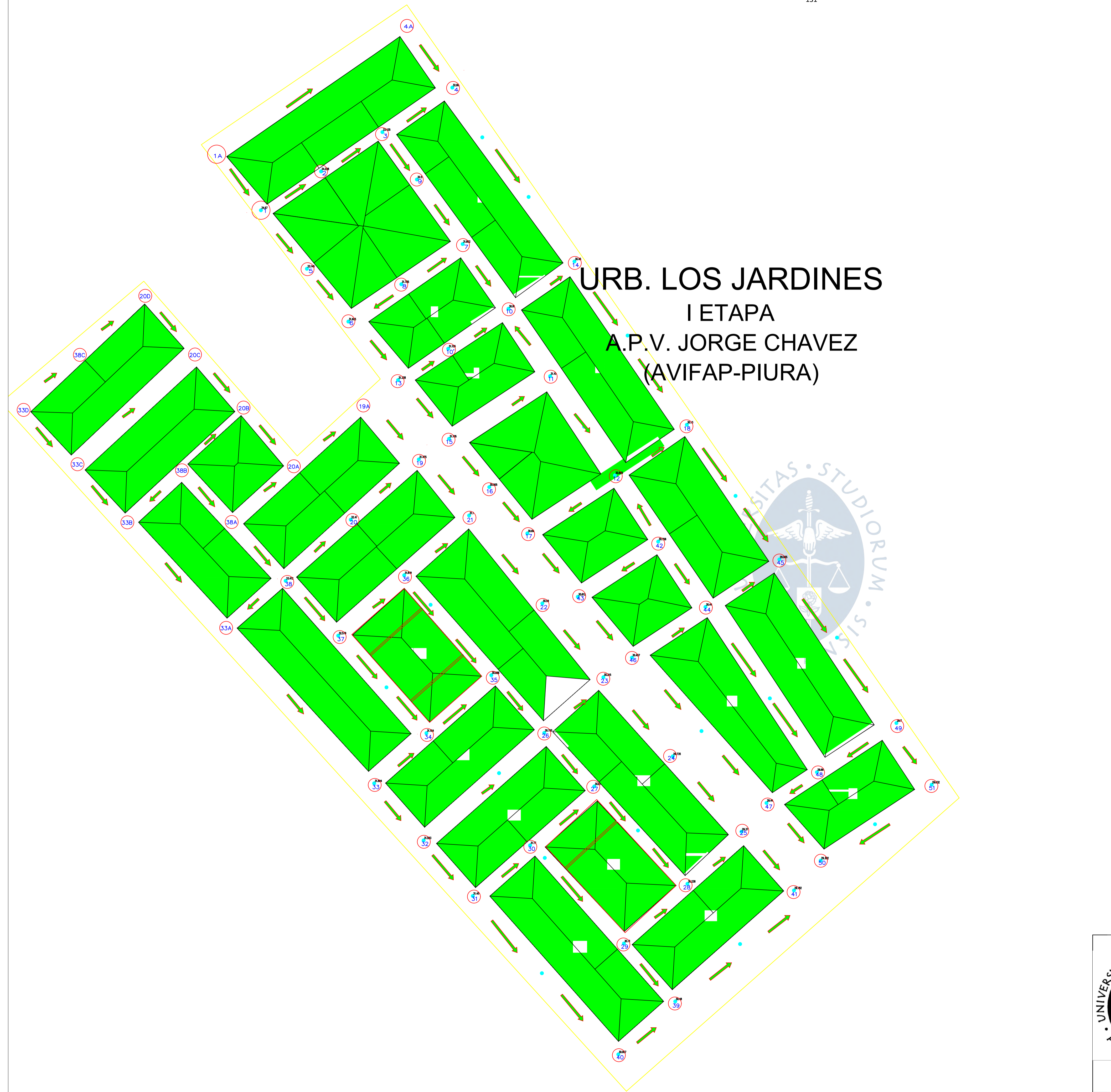
TRAMO	S	Ancho de carril	Nº de cunetas	BOMBEO	Y (m)	Z	S^(1/2)	Y^(8/3)	Q máx (m3/s)	Y^(2/3)	Vmáx	Capacidad Hidráulica
26-32	0.0075	2.70	2	0.02	0.054	50	0.0869	0.00042	0.0433	0.1429	0.5934	0.0865
23-26	0.0100	2.70	2	0.02	0.054	50	0.1000	0.00042	0.0498	0.1429	0.6831	0.0996
23-24	0.0069	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0828	0.00083	0.0824	0.1698	0.6725	0.1648
24-25	0.0051	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0717	0.00083	0.0713	0.1698	0.5822	0.1427
26-27	0.0029	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0542	0.00046	0.0298	0.1464	0.3796	0.0595
31-32	0.0028	3.30	2	0.02	0.066	50	0.0524	0.00071	0.0446	0.1633	0.4096	0.0892
30-31	0.0055	2.75	2	0.02	0.055	50	0.0741	0.00044	0.0388	0.1446	0.5124	0.0775
27-30	0.0096	2.75	2	0.02	0.055	50	0.0978	0.00044	0.0511	0.1446	0.6760	0.1023
29-30	0.0051	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0711	0.00046	0.0390	0.1464	0.4976	0.0780
29-39	0.0043	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0659	0.00046	0.0361	0.1464	0.4611	0.0723
28-29	0.0080	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0893	0.00046	0.0490	0.1464	0.6249	0.0980
27-28	0.0041	2.80	2	0.02	0.056	50	0.0638	0.00046	0.0350	0.1464	0.4463	0.0700
25-28	0.0161	2.80	2	0.02	0.056	50	0.1268	0.00046	0.0696	0.1464	0.8872	0.1391
25-41	0.0035	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0594	0.00083	0.0591	0.1698	0.4825	0.1182
31-40	0.0034	3.30	2	0.02	0.066	50	0.0581	0.00071	0.0494	0.1633	0.4537	0.0988
39-40	0.0094	3.50	2	0.02	0.07	50	0.0970	0.00083	0.0965	0.1698	0.7879	0.1931
39-41	0.0115	3.50	2	0.02	0.07	50	0.1073	0.00083	0.1067	0.1698	0.8711	0.2134



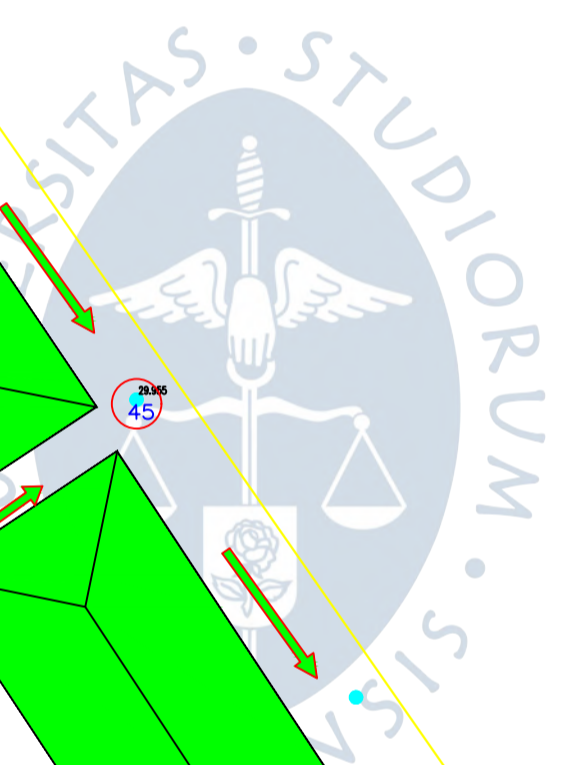
Anexo E

Planos de dirección de flujo con datos geométricos e hidráulicos de las cunetas por tramos





**URB. LOS JARDINES
I ETAPA
A.P.V. JORGE CHAVEZ
(AVIFAP-PIURA)**



TRAMO	1-2	TRAMO	2-3	TRAMO	3-4	TRAMO	5-8
At (Area tributaria acumulada) [m ²]	1140.75	At (Area tributaria acumulada) [m ²]	2241.33	At (Area tributaria acumulada) [m ²]	2224.34	At (Area tributaria acumulada) [m ²]	1203.90
Q (Caudal producido) [m ³ /s]	0.0736	Q (Caudal producido) [m ³ /s]	0.0844	Q (Caudal producido) [m ³ /s]	0.0461	Q (Caudal producido) [m ³ /s]	0.0287
Q1 m ³ /s (Capacidad) [m ³ /s]	0.077	Q1 m ³ /s (Capacidad) [m ³ /s]	0.0815	Q1 m ³ /s (Capacidad) [m ³ /s]	0.0391	Q1 m ³ /s (Capacidad) [m ³ /s]	0.0260
L (Longitud de tramo) [m]	60.90	L (Longitud de tramo) [m]	49.30	L (Longitud de tramo) [m]	58.00	L (Longitud de tramo) [m]	40.00
Requerimiento:	No necesita cuneta	Requerimiento:	No necesita cuneta	Requerimiento:	Dischar Cuneta	Requerimiento:	No necesita cuneta
b (Ancho de cuneta) [m]	0.15	b (Ancho de cuneta) [m]	0.15	b (Ancho de cuneta) [m]	0.15	b (Ancho de cuneta) [m]	0.15
y (tirante hidraulico) [m]	0.15	y (tirante hidraulico) [m]	0.15	y (tirante hidraulico) [m]	0.15	y (tirante hidraulico) [m]	0.15

UNIVERSIDAD DE PIURA
Facultad de Ingenieria
Obtención de título profesional de Ingenieria Civil

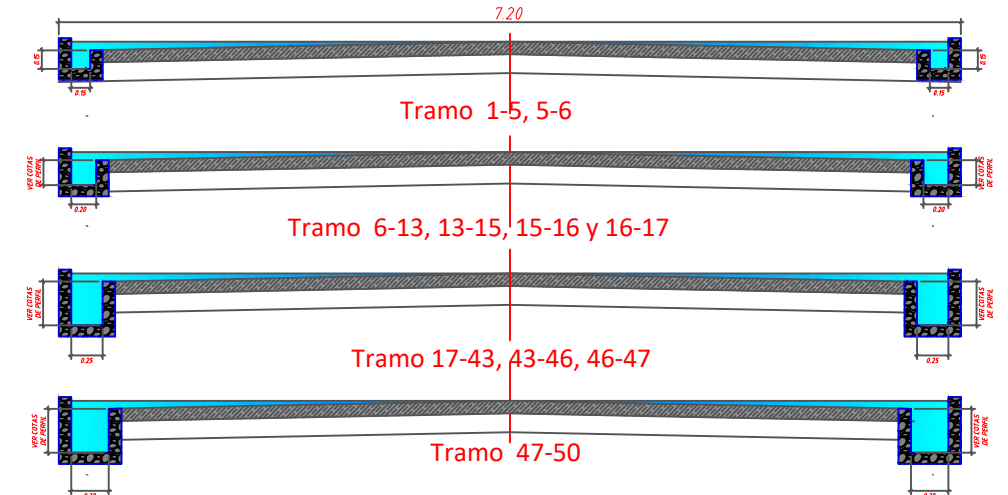
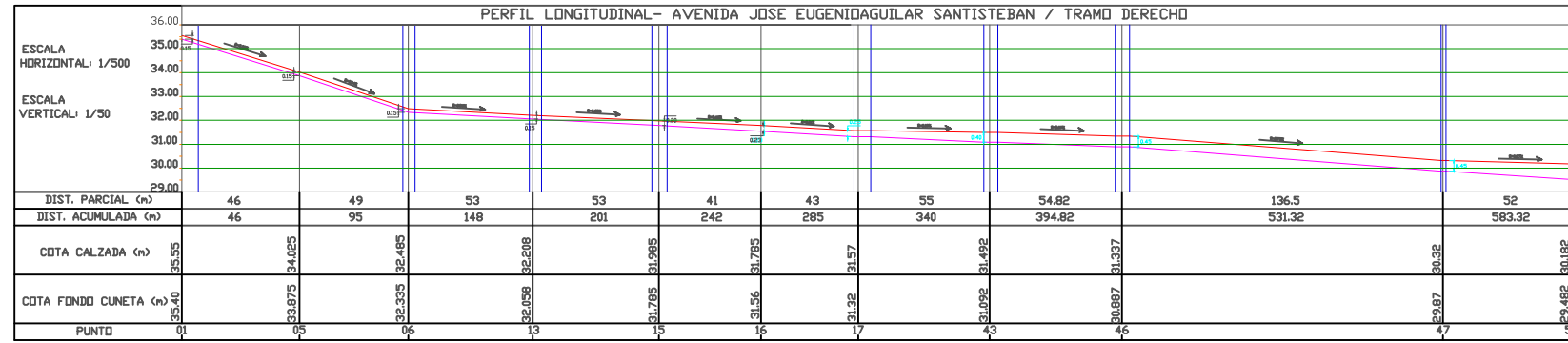
Tesis	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		PLANO No.
PLANO	AREAS TRIBUTARIAS DE CUENCA		
SEDE	Piura	ESCALA	1/125
		FECHA	21/11/2021
ALUMNO	Morales Yovera, Danilo Alonso Zavala Goicochea, Derian Manuel		
ASESOR	ING. Jorge Demetrio Reyes Salazar		

Anexo F

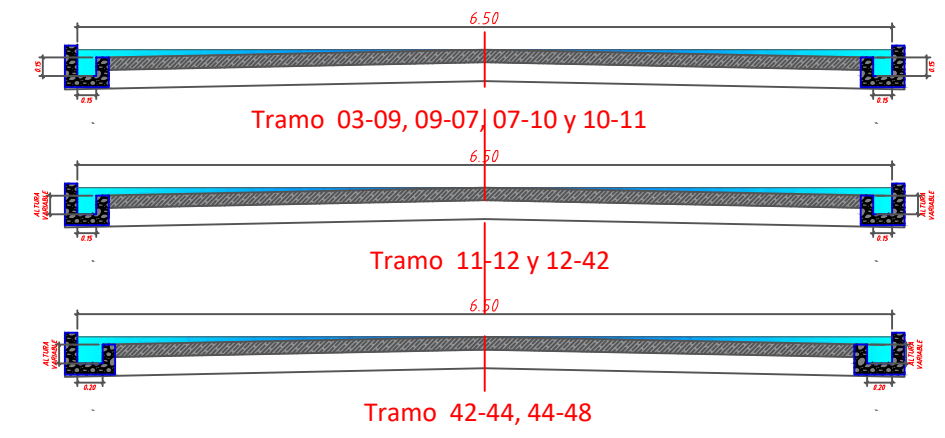
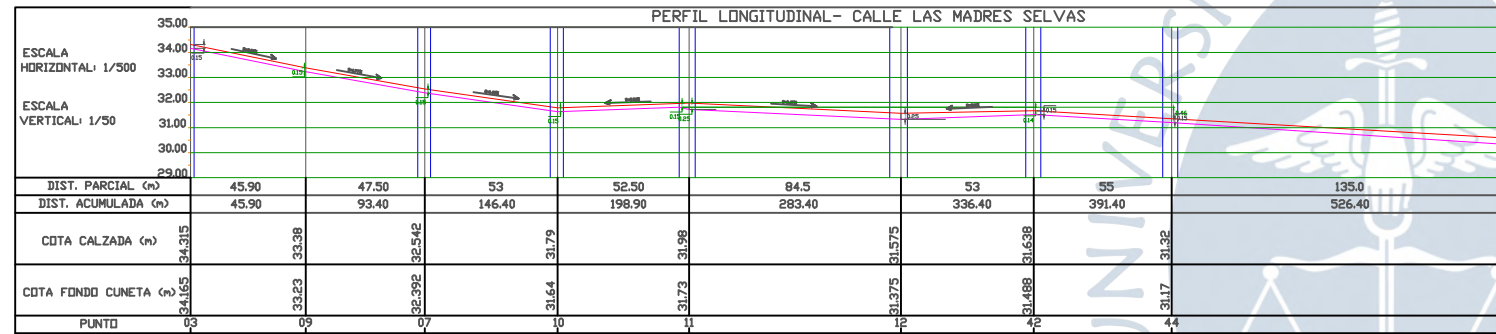
Planos del perfil longitudinal de cunetas y corte transversal de vías (PL-01, PL-02, PL-03)



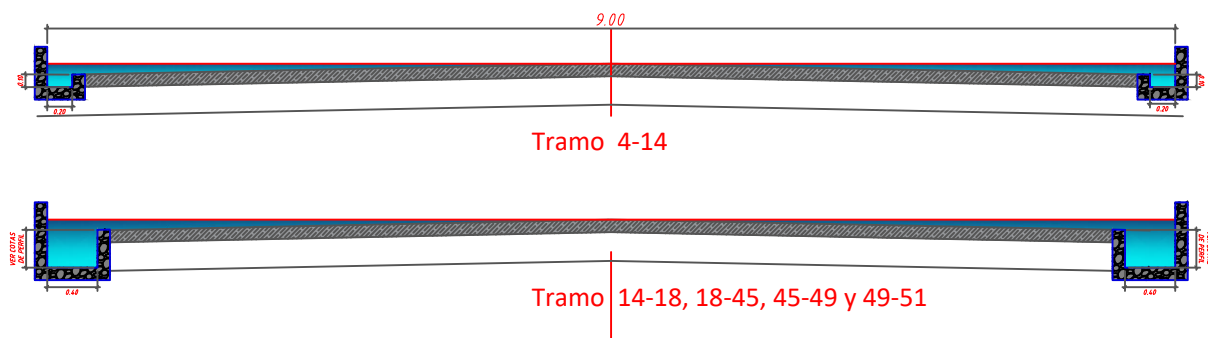
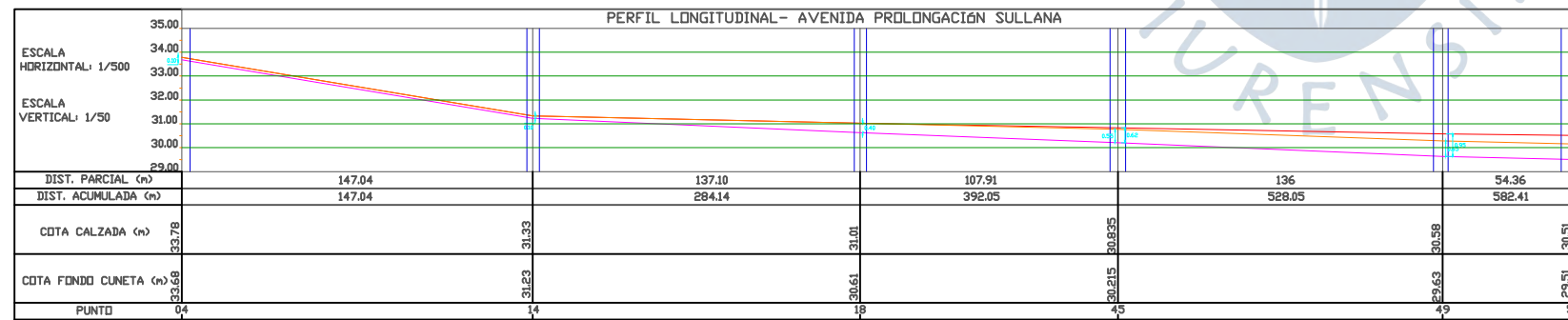
AVENIDA JOSE EUGENIOAGUILAR SANTISTEBAN / TRAMO DERECHO



CALLE LAS MADRES SELVAS

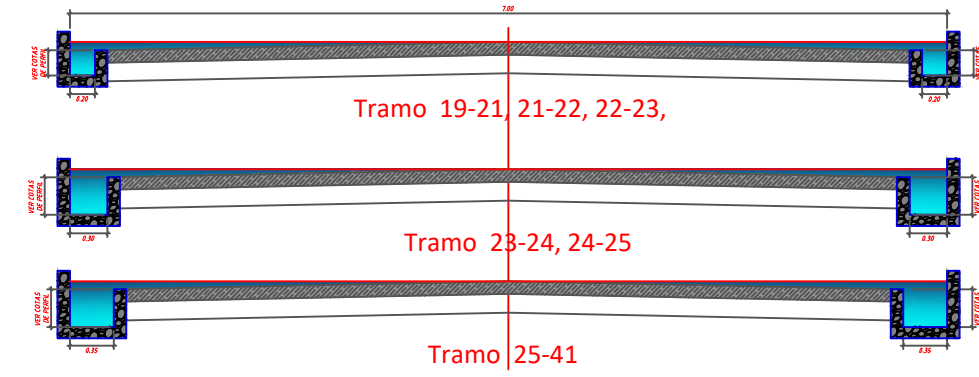
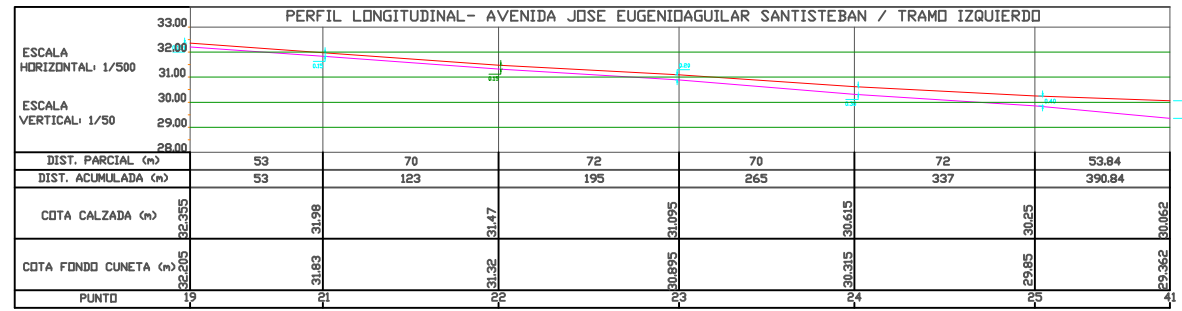


AVENIDA PROLONGACIÓN SULLANA

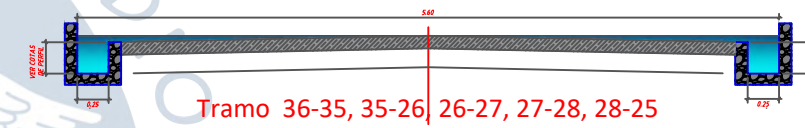
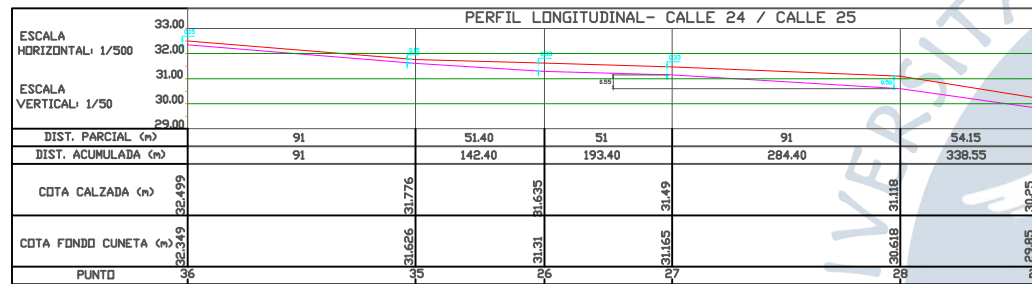


	UNIVERSIDAD DE PIURA Facultad de Ingeniería Obtención de título profesional de Ingeniería Civil			PL-01	
	Tesis	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL			PLANO Nro.
	PLANO	SECCIONES TRANSVERSALES			
	SEDE	Piura	ESCALA 1/150		FECHA 21/02/2023
	ALUMNO	Morales Yovera, Danilo Alonso Zavala Goicochea, Derian Manuel			
ASESOR	ING. Jorge Demetrio Reyes Salazar				

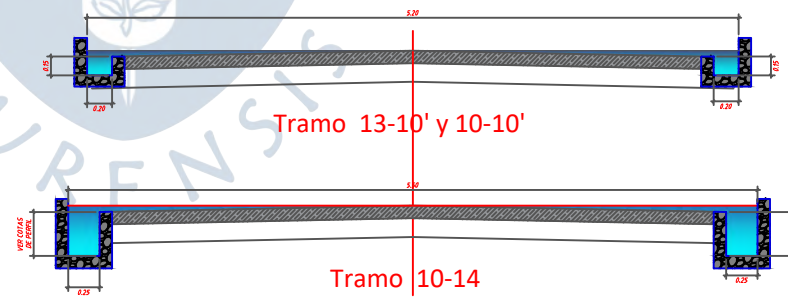
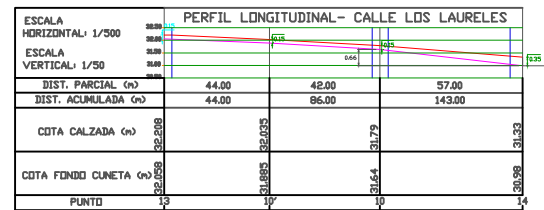
AVENIDA JOSE EUGENIOAGUILAR SANTISTEBAN / TRAMO IZQUIERDO



CALLE 25 - CALLE 24

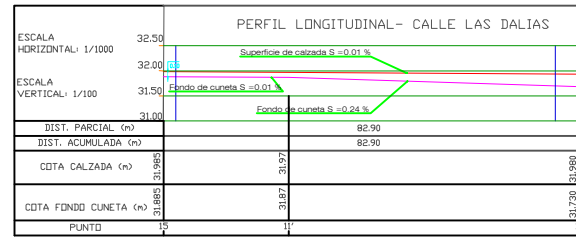


CALLE LOS LAURELES

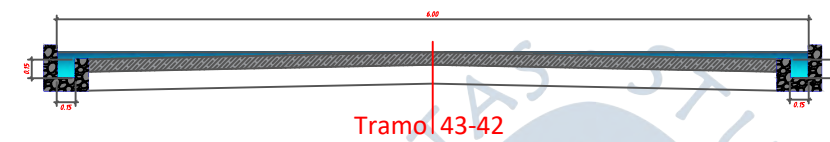
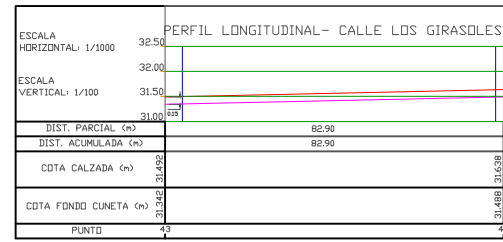


	UNIVERSIDAD DE PIURA Facultad de Ingeniería Obtención de título profesional de Ingeniería Civil			PL-02	
	Tesis	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	PLANO Nro.		
	PLANO	SECCIONES TRANSVERSALES			
	SEDE	Piura	ESCALA 1/150		FECHA 21/02/2023
	ALUMNO	Morales Yovera, Danilo Alonso Zavala Goicochea, Derian Manuel			
ASESOR	ING. Jorge Demetrio Reyes Salazar				

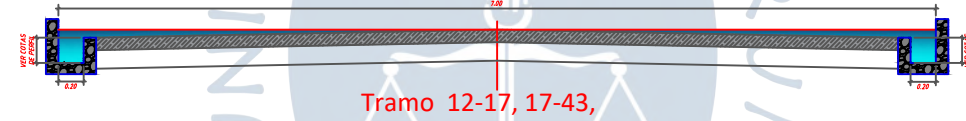
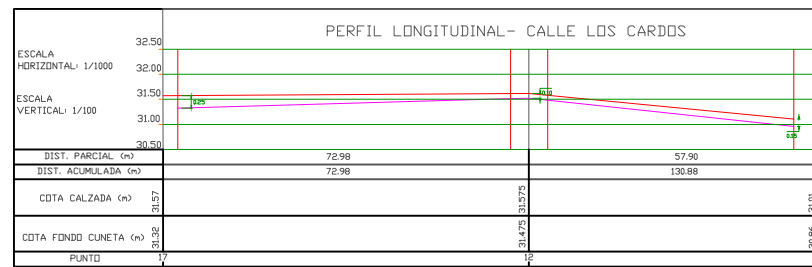
LAS DALIAS



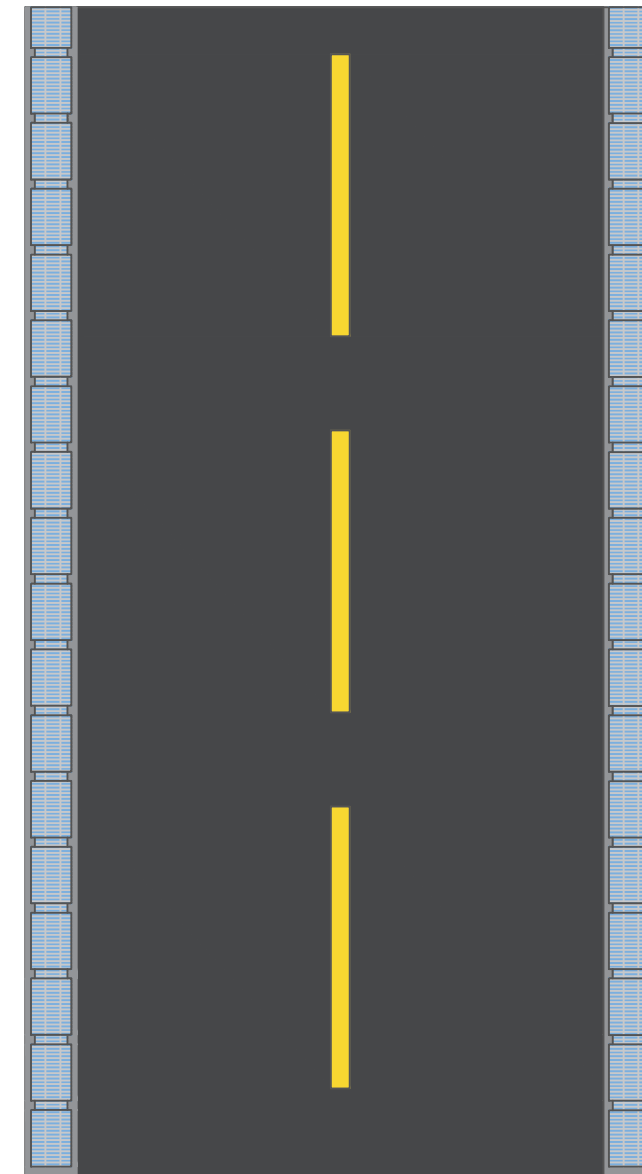
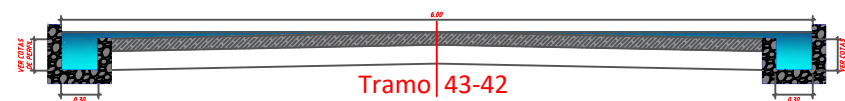
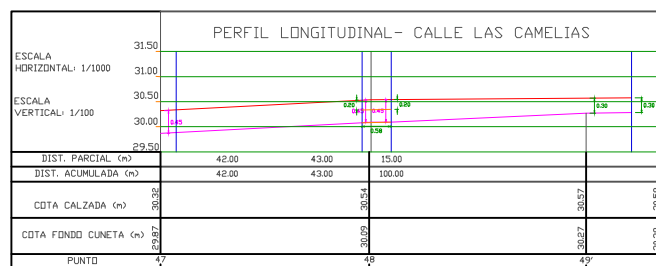
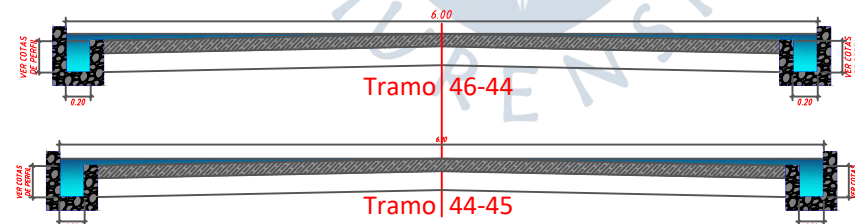
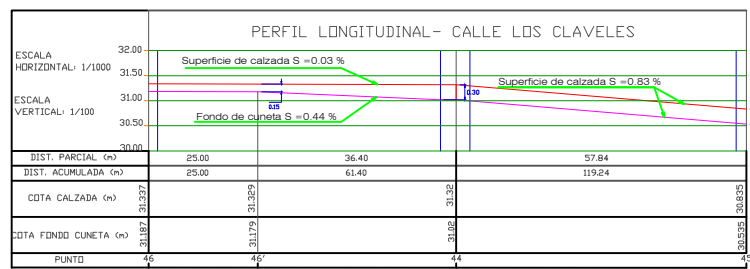
LOS GIRASOLES



LOS CARDOS



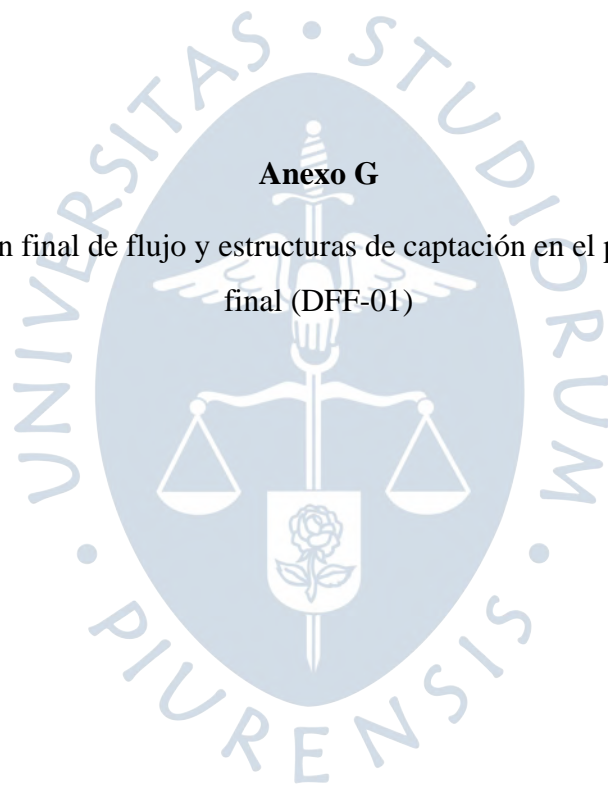
LOS CLAVELES



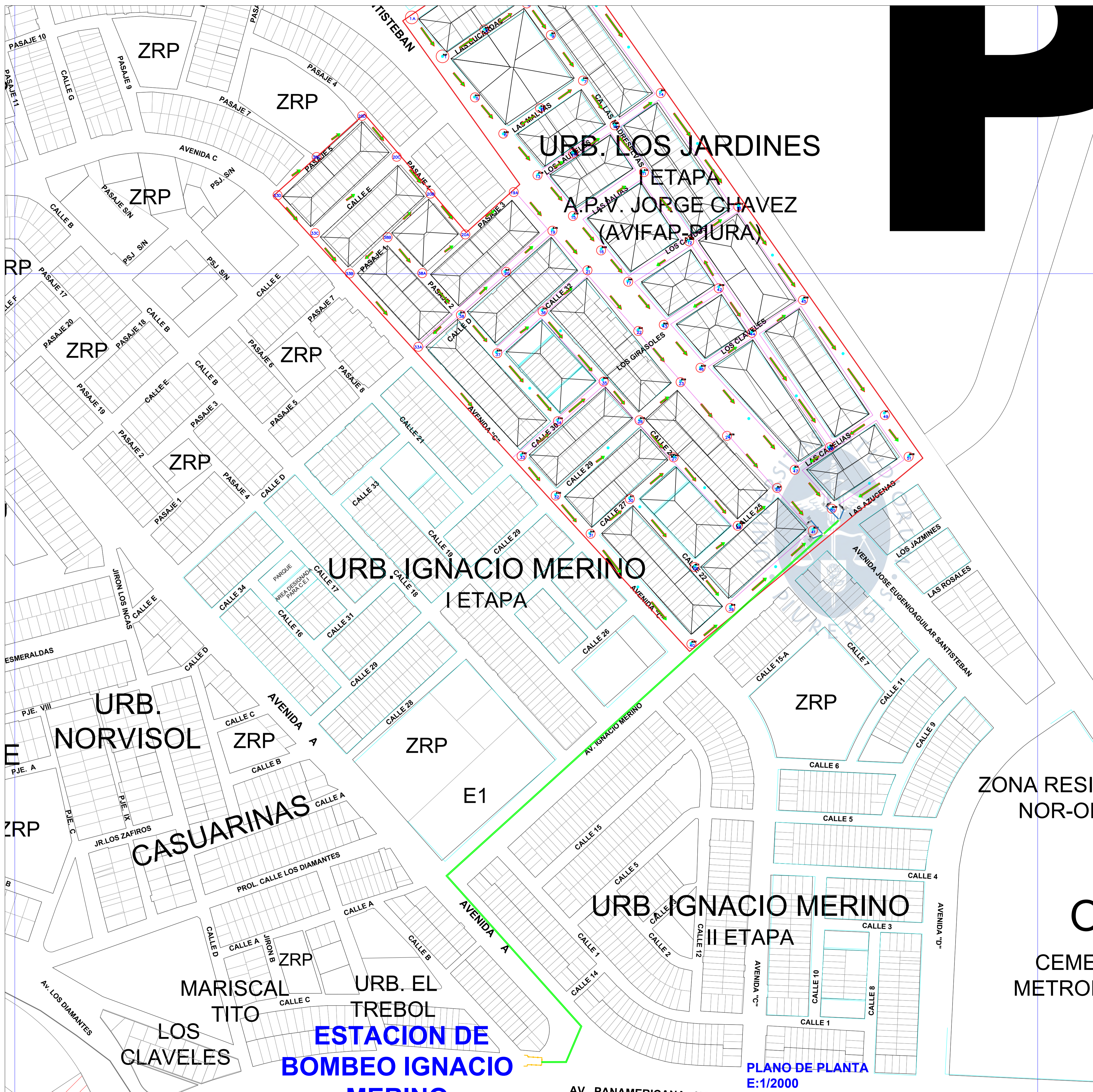
	UNIVERSIDAD DE PIURA Facultad de Ingeniería Obtención de título profesional de Ingeniería Civil			PL-03
	Tesis	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		
	PLANO	SECCIONES TRANSVERSALES		
	SEDE	Piura	ESCALA 1/150	
ALUMNO	Morales Yovera, Danilo Alonso Zavala Goicochea, Derian Manuel			
ASESOR	ING. Jorge Demetrio Reyes Salazar			

Anexo G

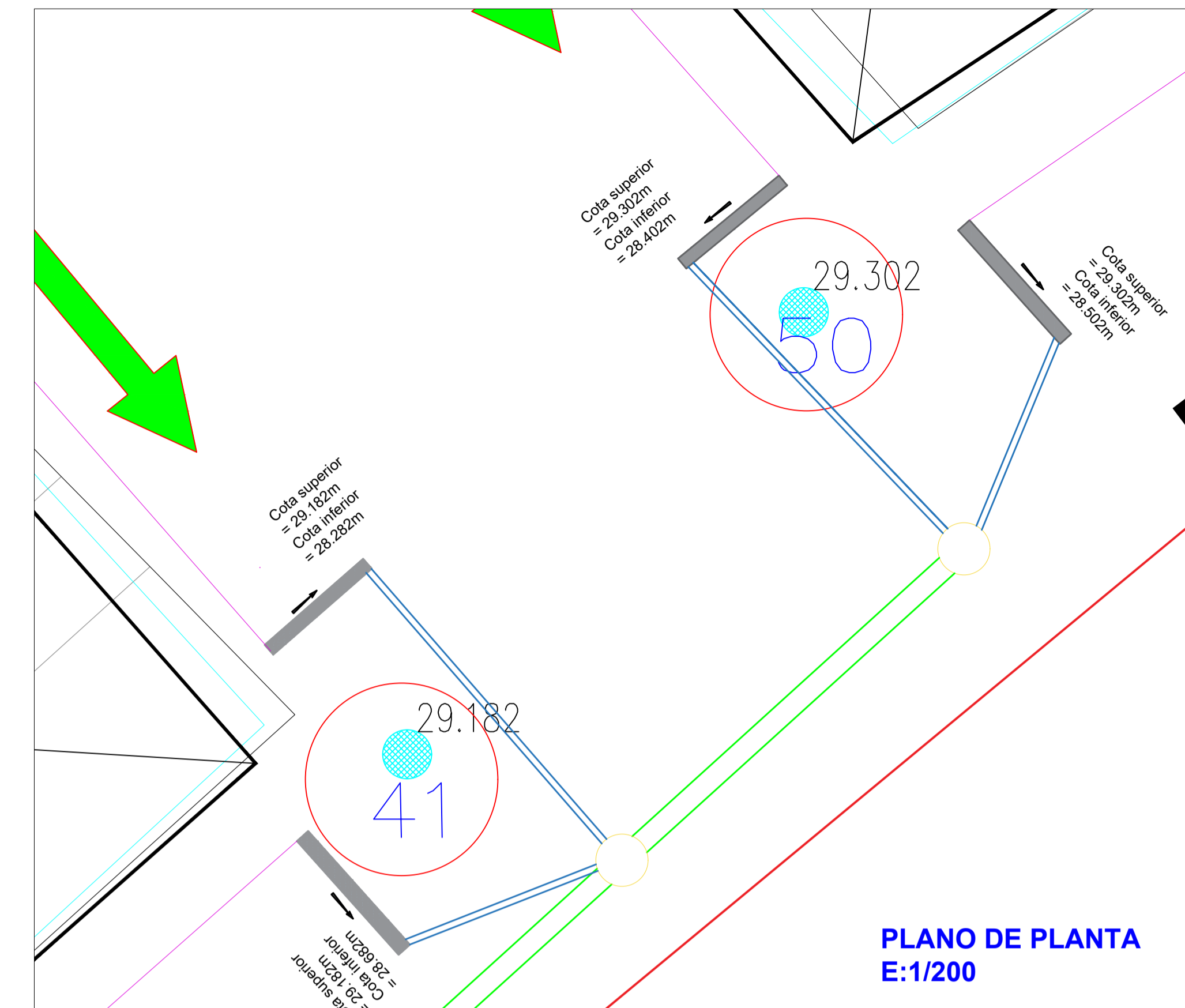
Planos de disposición final de flujo y estructuras de captación en el punto de concentración final (DFF-01)



RECORRIDO DE COLECTORES PLUVIALES Y UBICACION DE CUNETAS TRANSVERSALES



PLANO DE PLANTA E:1/2000



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

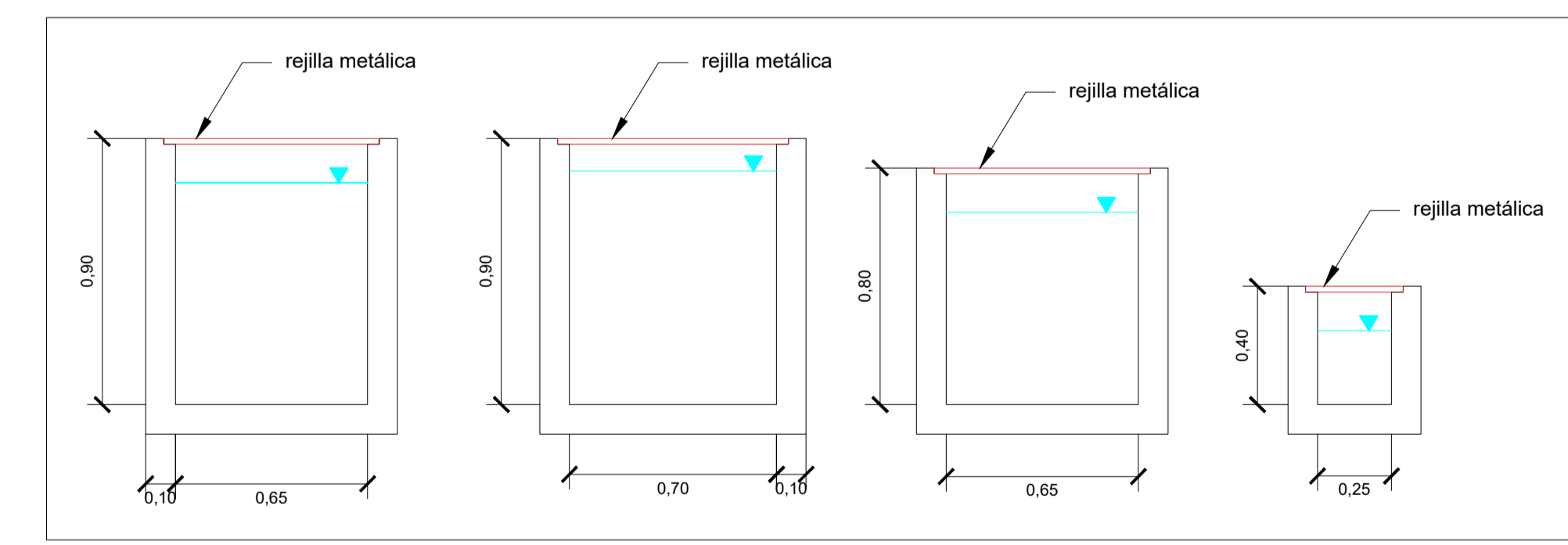
- EN LOS PLANOS DE PLANTA SE OBSERVAN LA UBICACIÓN DE LAS CUNETAS TRANSVERSALES Y COLECTORES PLUVIALES.

CUNETAS TRANSVERSALES

- CONCRETO DE CUNETAS: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- CEMENTO TIPO MS

SIMBOLOGÍA

- Cunetas transversales
- Buzonetas de alcantarillas
- Cunetas Longitudinales
- Colectores de drenaje
- Colector principal



PLANO DE PLANTA E:1/20

	UNIVERSIDAD DE PIURA Facultad de Ingeniería Obtención de título profesional de Ingeniería Civil			PLANO Nro. DFF-01
	Tesis	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		
	PLANO	DISPOSICIÓN FINAL DEL FLUJO Y CUNETAS TRANSVERSALES		
	SEDE	Piura	ESCALA 1/150	
ALUMNO	Morales Yovera, Danilo Alonso Zavala Goicochea, Derian Manuel			
ASESOR	ING. Jorge Demetrio Reyes Salazar			

