

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS
PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ

EDILBERTO BURGA SILVA

Asesor:

Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Línea de investigación:

Diseño y Gestión de Sistemas Hidráulicos

Chota – Perú

2025



Colpa Matara, 12 de junio del 2025.

C.O. N° 19-2025-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ y EDILBERTO BURGA SILVA**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 11% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.




Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.


Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ y EDILBERTO B...

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023

-  Informe Final de Tesis
-  UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2025-1
-  Universidad Nacional Autónoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3275173558

Fecha de entrega

12 jun 2025, 6:10 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 jun 2025, 6:18 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

3_Inf.Fina.Tesis.Drenaje.Pluvial.Lajas-CLAUDIA..pdf

Tamaño de archivo

7.2 MB

151 Páginas

31.286 Palabras

156.615 Caracteres




11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	1%
2	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
3	Internet	repositorio.unach.edu.pe	<1%
4	Internet	repositoriodspace.unipamplona.edu.co	<1%
5	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
6	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
7	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
8	Internet	www.coursehero.com	<1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	<1%
10	Internet	issuu.com	<1%
11	Internet	vsip.info	<1%

12	Internet	rcnorandina.unach.edu.pe	<1%
13	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
14	Trabajos del estudiante	Universidad Industrial de Santander UIS	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo	<1%
16	Internet	repositorio.unasam.edu.pe	<1%
17	Internet	www.scribd.com	<1%
18	Internet	repositorio.upse.edu.ec	<1%
19	Internet	edoc.pub	<1%
20	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Colombia	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo	<1%
23	Internet	dspace.ups.edu.ec	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	<1%
25	Trabajos del estudiante	ipn	<1%

26	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
27	Internet	repositorio.uct.edu.pe	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	<1%
29	Internet	kupdf.net	<1%
30	Internet	cybertesis.unmsm.edu.pe	<1%
31	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
32	Internet	www.slideshare.net	<1%
33	Internet	1library.co	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Católica Boliviana "San Pablo"	<1%
35	Internet	pdfcookie.com	<1%
36	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
37	Trabajos del estudiante	Escuela Superior Politécnica del Litoral	<1%
38	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Federico Villarreal	<1%
39	Publicación	FM & SP INGENIEROS SAC. "EIA Proyecto Planta Industrial Mexichem - Arequipa.-I...	<1%

40	Publicación	CONSORCIO ORIENTAL CONSULTANTS-CESEL-GEA. "DIA del Proyecto Ampliación y...	<1%
41	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica San Antonio de Murcia	<1%
43	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universitat Politècnica de València	<1%
45	Internet	oa.upm.es	<1%
46	Internet	repositorio.unjbg.edu.pe	<1%
47	Internet	repositorioinstitucional.uaslp.mx	<1%
48	Internet	ri.ues.edu.sv	<1%
49	Trabajos del estudiante	unap	<1%
50	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
51	Internet	meetingorganizer.copernicus.org	<1%
52	Internet	redined.educacion.gob.es	<1%
53	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%

54	Internet	repositorio.ucp.edu.pe	<1%
55	Internet	repositorio.udh.edu.pe	<1%
56	Internet	repositorio.uprit.edu.pe	<1%
57	Internet	tratarloslodos.blogspot.com	<1%
58	Internet	webidu.idu.gov.co	<1%
59	Internet	www.letras.com.br	<1%
60	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	<1%
61	Publicación	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del Proyecto Constanca-IGA0006961", ...	<1%
62	Publicación	Morales, Elisabet Segredo. "Hidrogeles Bioactivos para la Regeneracion osea en O..."	<1%
63	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
64	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Boliviana	<1%
65	Trabajos del estudiante	University of the Andes	<1%
66	Internet	bibliotecadigital.univalle.edu.co	<1%
67	Internet	cdn.www.gob.pe	<1%

68	Internet	encolombia.com	<1%
69	Internet	es.scribd.com	<1%
70	Internet	id.scribd.com	<1%
71	Internet	link.springer.com	<1%
72	Internet	pirhua.udep.edu.pe	<1%
73	Internet	repositorio.puce.edu.ec	<1%
74	Internet	repositorio.unal.edu.co	<1%
75	Internet	repositorio.utea.edu.pe	<1%
76	Internet	repositorioinstitucional.uabc.mx	<1%
77	Internet	tr-ex.me	<1%
78	Internet	unach.edu.pe	<1%
79	Internet	www.mef.gob.pe	<1%



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 04:00 p.m. del día 01 de julio 2025, reunidos en el segundo piso del local administrativo-Sala de Incuba- UNACH, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los Bachilleres: **Fernando Saavedra Díaz y Edilberto Burga Silva**, denominada: “**EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023**”; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

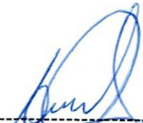
APROBADA

CON EL CALIFICATIVO (*)

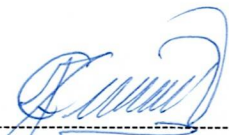
14 (CATORCE)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 01 de julio 2025.


Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
PRESIDENTE


Mg. Luis Angel Mozo Cruz
SECRETARIO


Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez
VOCAL


Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro
ASESOR

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).

DEDICATORIA

A Dios, fuente inagotable de sabiduría y fortaleza, por guiarnos en cada paso de este proceso y brindarnos la perseverancia necesaria para alcanzar nuestras metas.

Dedicamos este trabajo de investigación a nuestros padres, por representar el amor más puro e incondicional y a cada uno de nuestros seres queridos más allegados, por su apoyo constante, su confianza y su paciencia, han sido fundamentales para que cada esfuerzo nos permita alcanzar este logro académico.

A nuestros amigos, quienes, con su compañía, palabras de aliento y motivación nos han impulsado a seguir adelante, convirtiéndose en parte esencial de este camino académico.

Con gratitud y cariño, dedicamos este trabajo a todos aquellos que han sido parte de nuestra formación y crecimiento personal.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, en primer lugar, a Dios, por habernos brindado la salud, la fortaleza y la claridad mental para culminar esta investigación con éxito.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento al Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro, por su valiosa orientación, paciencia y conocimientos compartidos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

De igual manera, extendemos nuestra gratitud a los pobladores de la ciudad de Lajas, sector Cercado de Lajas, por su colaboración y facilidades brindadas durante el levantamiento topográfico, permitiendo obtener información clave para el estudio.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, su confianza en nosotros y por ser nuestra mayor inspiración para seguir adelante.

Finalmente, a nuestros amigos, por su constante aliento, su compañía en los momentos de dificultad y por ser parte de este logro, que hoy celebramos con gratitud y satisfacción.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

GLOSARIO	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación del problema	20
1.3. Justificación	20
1.4. Objetivos	21
1.4.1. Objetivo general.....	21
1.4.2. Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes nacionales	25
2.1.3. Antecedentes regionales	27
2.2. Bases teórico – científicas	30
2.2.1. El ciclo hidrológico y su relación con el drenaje pluvial.....	30
2.2.2. Principios básicos de hidráulica aplicados al drenaje.....	31
2.2.3. Métodos de estimación de escorrentía	32
2.2.4. Aplicación por vías	32
2.3. Marco conceptual	33
2.3.1. Sistemas de evacuación de aguas pluviales	33
2.3.2. Estudio hidrológico.....	37
2.3.3. Estudio hidráulico del sistema de drenaje pluvial	43
2.3.4. Modelo y métodos de evaluación de redes de drenaje	55
2.4. Hipótesis	59
2.5. Operacionalización de variables	59

2.5.1. Variable única: Redes de evacuación de aguas pluviales	59
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	61
3.1. Tipo y nivel de investigación	61
3.2. Diseño de investigación	62
3.3. Métodos de investigación.....	62
3.4. Población, muestra y muestreo	65
3.4.1. Población	65
3.4.2. Muestra	66
3.4.3. Muestreo	66
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	68
3.5.1. Técnicas de recolección de los datos	68
3.5.2. Instrumentos para la recolección de los datos	69
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	70
3.6.1. Obtención de información	70
3.6.2. Procesamiento de datos.....	115
3.6.3. Análisis de datos	116
3.7. Aspectos éticos	116
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	117
4.1. Descripción de resultados	117
4.1.1. Infraestructura de drenaje pluvial existente en el cercado de Lajas	117
4.1.2. Propuesta de sistema de drenaje pluvial urbano en el cercado de Lajas.....	139
4.2. Contrastación de hipótesis.....	172
4.3. Discusión de resultados.....	176
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	181
5.1. Conclusiones	181
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias	182
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	183
CAPÍTULO VII. ANEXOS	192
Anexo A. Matriz de consistencia.....	192

Anexo B. Panel fotográfico	193
Anexo C. Análisis de cunetas existentes	198
Anexo D. Parámetros geomorfológicos de la microcuenca urbana.....	217
Anexo E. Cálculo de intensidades máximas.....	231
Anexo F. Cálculo de caudales máximos.....	247
Anexo G. Diseño de cunetas.....	290
Anexo H. Planos	328

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Daños en la Región Cajamarca por Inundaciones	18
Tabla 2	Periodo de Retorno de Diseño Recomendado para Estructuras Menores	40
Tabla 3	Coficiente de Escorrentía Promedio para Áreas Urbanas para 5 y 10 Años de Periodo de Retorno	41
Tabla 4	Coficiente de Escorrentía en Áreas Desarrolladas para ser Utilizados en el Método Racional.....	42
Tabla 5	n de Manning para cunetas de calles y calzadas	50
Tabla 6	Diámetros Mínimos según el Tipo de Tubería.....	52
Tabla 7	Coficientes de Rugosidad de Manning Según el Tipo Tuberías.....	53
Tabla 8	Velocidad Máxima para Tuberías de Alcantarillado.....	53
Tabla 9	Matriz de Operacionalización de Variables	60
Tabla 10	Tipo de Investigación	61
Tabla 11	Datos Técnicos del Sector Cercado de Lajas	66
Tabla 12	Características Geomorfológicas de la Cuenca Urbana Cercado de Lajas.....	73
Tabla 13	Ubicación Geográfica de la Estación Chotano Lajas	76
Tabla 14	Precipitación Máxima en 24 h, Estación Chotano Lajas (1986-2023)	77
Tabla 15	Umrales de Datos Dudosos de la Estación Chotano Lajas.....	78
Tabla 16	Precipitación Máxima Histórica y Corregida: Estación Chotano Lajas	80
Tabla 17	Valores Delta Teórico y Tabular, Estación Chotano Lajas	81
Tabla 18	Precipitaciones Máximas para Hietograma de Diseño, Estación Chotano Lajas	81
Tabla 19	Intensidades Máximas para Diferentes Tiempos de Retorno y Concentración.....	84
Tabla 20	Coficiente de Escorrentía Definidos para Tr de 10 Años	85
Tabla 21	Caudal de Escorrentía por el Método Racional.....	85
Tabla 22	Coficiente de Escorrentía Definidos para Tr de 10 Años para cada Tramo Delimitado en el Análisis de Escorrentía	86
Tabla 23	Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo 1.....	89
Tabla 24	Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo 2.....	91
Tabla 25	Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo 3.....	93
Tabla 26	Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo 4.....	95
Tabla 27	Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo 5.....	98

Tabla 28 Dimensiones de las Cunetas del Sector Cercado de Lajas, Verificadas en Campo..	120
Tabla 29 Capacidad Hidráulica de las Redes de Drenaje Existentes en el Sector Cercado de Lajas	123
Tabla 30 Análisis de Continuidad de Conducción del Sistema de Drenaje Existentes en el Sector Cercado de Lajas	127
Tabla 31 Análisis de la Capacidad de Control del Escurrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 1 .	130
Tabla 32 Análisis de la Capacidad de Control del Escurrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 2 .	131
Tabla 33 Análisis de la Capacidad de Control del Escurrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 3 .	132
Tabla 34 Análisis de la Capacidad de Control del Escurrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 4 .	133
Tabla 35 Análisis de la Capacidad de Control del Escurrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 5 .	134
Tabla 36 Longitud de la Red de Drenaje en el Sector Cercado de Lajas	135
Tabla 37 Zonas Críticas de Acumulación de Agua en el Sector Cercado de Lajas de Acuerdo al Modelamiento en HEC-RAS.....	136
Tabla 38 Extensión del Área Afectada por Escorrentía en el Sector Cercado de Lajas de Acuerdo al Modelamiento en HEC-RAS.....	137
Tabla 39 Tramos del Cercado de Lajas para el Diseño del Drenaje Pluvial	140
Tabla 40 Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 1, Jr. Alfonso Ugarte.....	154
Tabla 41 Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 2, Jr. Belisario Barsallo	155
Tabla 42 Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 3	156
Tabla 43 Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 4	157
Tabla 44 Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 5	158
Tabla 45 Secciones y Tipos de Cunetas de Acuerdo al Tramo	160
Tabla 46 Puntos de Entrega del Caudal Pluvial al Río Chotano en Cercado de Lajas.....	166
Tabla 47 Área Afectada por Escorrentía sin y con Drenaje Pluvial en Cercado de Lajas.....	171
Tabla 48 Prueba t-student de Dos Muestras para Caudal Admisible y Circulante del Sistema Actual	174
Tabla 49 Prueba t-student de Dos Muestras para Caudal Admisible y Circulante del Sistema Propuesto.....	175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Calles Inundadas en Lajas, 24 de marzo de 2022	20
Figura 2 Drenaje Pluvial Urbano	30
Figura 3 Esquema de Aplicación por Vías en el Drenaje Urbano.....	32
Figura 4 Tipos de Sistema de Drenaje	34
Figura 5 Cuenca Hidrológica Urbana	37
Figura 6 Métodos de Cálculo para Período de Retorno y Caudales.....	43
Figura 7 Cuneta Rectangular.....	46
Figura 8 Cuneta Trapezoidal.....	47
Figura 9 Cuneta Triangular	47
Figura 10 Cuneta Triángulo Rectángulo	48
Figura 11 Cuneta Sección Triángulo en V	48
Figura 12 Cuneta Sección Compuesta	49
Figura 13 Tipos de Sumideros	50
Figura 14 Elementos de un Buzón de Alcantarillado Sanitario	54
Figura 15 Diseño de Investigación: Descriptivo Causal Simple.....	64
Figura 16 Ubicación de la Ciudad de Lajas	65
Figura 17 Sectores de la Ciudad de Lajas	67
Figura 18 Sector Cercado de Lajas	67
Figura 19 Proceso de Levantamiento Topográfico	70
Figura 20 Cuenca Urbana del Sector Cercado de Lajas, Ciudad de Lajas.....	73
Figura 21 Proceso de Verificación de Dimensiones y Condiciones de las Cunetas	75
Figura 22 Ubicación de la Estación Meteorológica Chotano Lajas	76
Figura 23 P _{máx.} 24 horas (1986-2023) en la Estación Chotano Lajas	78
Figura 24 Análisis de Datos Atípicos, Estación Chotano Lajas.....	79
Figura 25 Hietograma (Tr 10 años), Estación Chotano Lajas.....	82
Figura 26 Cálculo de las Intensidades Máximas para la Estación Chotano Lajas	83
Figura 27 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia.....	83
Figura 28 Plano de Dirección de Flujo del Sector Cercado de Lajas.....	100
Figura 29 Plano de Áreas Colectoras del Sector Cercado de Lajas	101
Figura 30 Ejemplo de Análisis de la Profundidad de Agua	105
Figura 31 Proceso en el que se Carga la Topografía a HEC-RAS	106
Figura 32 Proceso en el que se Crea la Geometría en HEC-RAS	106
Figura 33 Proceso en el que se Define el Tipo y Tamaño de Malla en HEC-RAS.....	107
Figura 34 Proceso en el que se Define las Condiciones de Frontera en HEC-RAS.....	108

Figura 35	Proceso en el que se Ingresa La Pendiente en HEC-RAS	108
Figura 36	Proceso en el que se Ingresa La Precipitación de Diseño en HEC-RAS	109
Figura 37	Proceso en el que se Crea el Plan de Simulación de la Precipitación Pluvial en HEC-RAS.....	110
Figura 38	Imagen Iterativa del Programa H-Canales Utilizado en el Diseño de las Cunetas .	111
Figura 39	Imagen Iterativa del Programa SewerGEMS Utilizado en el Modelamiento Hidráulico de las Cunetas.....	113
Figura 40	Prototipo de Cunetas Rectangulares en el Programa SewerGEMS	114
Figura 41	Prototipo de Cunetas Triangulares en el Programa SewerGEMS	114
Figura 42	Vista de las Calles que Tienen Cunetas para el Drenaje Pluvial	119
Figura 43	Estado Actual de las Cunetas con Acumulación de Residuos Sólidos y Obstrucciones	126
Figura 44	Acumulación de Agua de Lluvia en las Calles del Cercado de Lajas.....	129
Figura 45	Porcentaje de Calles con Drenaje Funcional y Deficiencias en el sector	135
Figura 46	Mapa de Altura de Agua de Escorrentía en el Sector Cercado de Lajas	136
Figura 47	Mapa de Velocidades del Flujo de Agua en el Sector Cercado de Lajas.....	137
Figura 48	Mapa de Áreas Críticas con Problemas de Escorrentía en el Sector Cercado de Lajas	138
Figura 49	Porcentaje de Extensión del Área Afectada por Escorrentía en el Sector Cercado de Lajas de Acuerdo al Modelamiento en HEC-RAS.....	138
Figura 50	Cunetas Existentes a Conservar en el Cercado de Lajas.....	139
Figura 51	Vista del Tramo 1 en el Sector Cercado de Lajas	140
Figura 52	Vista del Tramo 2 y3 en el Sector Cercado de Lajas	141
Figura 53	Vista del Tramo 4 en el Sector Cercado de Lajas	141
Figura 54	Vista del Tramo 5 en el Sector Cercado de Lajas	142
Figura 55	Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 1 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Alfonso Ugarte – Punto N° 10	143
Figura 56	Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 1 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Alfonso Ugarte – Punto N° 11	143
Figura 57	Diseño de Cunetas Triangulares para el Tramo 1 del Sector Cercado de Lajas: Calles Aportantes al Jr. Alfonso Ugarte – Ramales (Opción 1).....	144
Figura 58	Diseño de Cunetas Rectangulares para el Tramo 1 del Sector Cercado de Lajas: Calles Aportantes al Jr. Alfonso Ugarte – Ramales (Opción 2).....	144
Figura 59	Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 2 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Belisario Barsallo – Punto N° 18	145
Figura 60	Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 2 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Belisario Barsallo – Punto N° 19	145

Figura 61 Diseño de Cunetas Triangulares para el Tramo 2 del Sector Cercado de Lajas: Jr. José Gálvez – Ramales (Opción 1)	146
Figura 62 Diseño de Cunetas Rectangulares para el Tramo 2 del Sector Cercado de Lajas: José Gálvez – Ramales (Opción 2)	146
Figura 63 Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 3 del Sector Cercado de Lajas: Jr. 28 de Julio – Punto Control N° 28	147
Figura 64 Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 3 del Sector Cercado de Lajas: Jr. 28 de Julio – Punto Control N° 29	147
Figura 65 Diseño de Cuneta Rectangular para el Tramo 3 del Sector Cercado de Lajas: Av. La Palma – Ramales (Opción 1).....	148
Figura 66 Diseño de Cuneta Triangular para el Tramo 3 del Sector Cercado de Lajas: Av. La Palma – Ramales (Opción 2).....	148
Figura 67 Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 4 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Francisco Bolognesi – Punto N° 45	149
Figura 68 Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 4 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Francisco Bolognesi – Punto N° 46	149
Figura 69 Diseño de Cuneta Rectangular para el Tramo 4 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Rosendo Mendível – Ramales (Opción 1)	150
Figura 70 Diseño de Cuneta Triangular para el Tramo 4 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Rosendo Mendível – Ramales (Opción 2)	150
Figura 71 Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 5 del Sector Cercado de Lajas: Ca. Río Jalqueño – Punto N° 55.....	151
Figura 72 Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 5 del Sector Cercado de Lajas: Ca. Río Jalqueño – Punto N° 56.....	151
Figura 73 Diseño de Cuneta Secundaria Rectangular para el Tramo 5 del Sector Cercado de Lajas: Jr. José Gálvez – Ramales (Opción 1).....	152
Figura 74 Diseño de Cuneta Secundaria Rectangular para el Tramo 5 del Sector Cercado de Lajas: Jr. José Gálvez – Ramales (Opción 2).....	152
Figura 75 Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 1	161
Figura 76 Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 2	162
Figura 77 Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 3	163
Figura 78 Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 4	164
Figura 79 Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 5	165
Figura 80 Puntos de Entrega del Caudal Pluvial al Río Chotano para Tr de 10 años	167
Figura 81 Puntos de Entrega del Caudal Pluvial al Río Chotano para Tr de 500 años	167
Figura 82 Detalle de Rejillas para las Cunetas del Sector Cercado de Lajas	168

Figura 83 Colocación de Todas las Cunetas en SewerGEMS del Sistema de Evacuación Pluvial del Sector Cercado de Lajas de la Ciudad de Lajas	169
Figura 84 Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Cunetas en SewerGEMS para el Sistema de Evacuación Pluvial del Sector Cercado de Lajas de la Ciudad de Lajas	170
Figura 85 Área Afectada por Escorrentía sin y con Drenaje Pluvial en Cercado de Lajas	171
Figura 86 Prueba de Normalidad del Caudal Admisible.....	173
Figura 87 Prueba de Normalidad del Caudal Circulante.....	174

GLOSARIO

Drenaje pluvial. Sistema que recibe la escorrentía de los conductos internos y la transporta a algún punto donde luego se descarga en un canal, cuerpo de agua o sistema de tuberías (Elliott & Trowsdale, 2007).

Inundación urbana. Acumulación de agua en zonas habitadas debido a lluvias intensas que superan la capacidad de los sistemas de drenaje de la ciudad. Esto ocurre cuando el escurrimiento superficial no puede ser evacuado rápidamente, lo que provoca el estancamiento de agua en calles, avenidas y áreas bajas (Singh, 2022).

Precipitación pluvial. Producida directamente por procesos micro físicos de nubes a escalas temporales y espaciales convectivas. Está asociada con la dinámica ambiental y la termodinámica de los eventos meteorológicos y climáticos (Nery & Carfan, 2014).

Redes de drenaje. Son sistemas diseñados para gestionar y evacuar el escurrimiento superficial (Teshome, 2020). Estas redes de tuberías, canales y estructuras de captación (como sumideros y cunetas) transportan el agua pluvial recolectada hacia puntos de descarga, como ríos, lagos o sistemas de tratamiento, asegurando una evacuación eficiente (Adeyeye & Griggs, 2019).

Escurrimiento superficial. Flujo de agua que se desplaza sobre la superficie del suelo cuando las precipitaciones exceden la capacidad de infiltración del terreno. Este fenómeno ocurre cuando el suelo está saturado o es impermeable, provocando que el agua se desplace hacia zonas más bajas, formando riachuelos o flujos que pueden desembocar en cuerpos de agua o sistemas de drenaje (Adeyeye & Griggs, 2019).

Evacuación de aguas pluviales. Proceso de recolección, canalización y desalojo del agua de lluvia desde áreas urbanas o rurales hacia sistemas de drenaje, ríos u otros cuerpos de agua naturales (Adeyeye & Griggs, 2019).

RESUMEN

La ciudad de Lajas, enfrenta problemas recurrentes de acumulación de agua y lodo en sus calles y viviendas debido a la falta de un sistema de drenaje pluvial adecuado, lo que se agrava con las intensas precipitaciones y el desborde del río Jalqueño. La investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de las redes de evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas, Chota, para proponer soluciones (diseño del drenaje pluvial) que mejoren su capacidad para acelerar la evacuación de la escorrentía superficial. Se realizó el análisis hidrológicos e hidráulicos para evaluar la capacidad del drenaje existente y simular la efectividad del diseño propuesto. Los resultados indicaron que solo el 14.63% de las calles cuentan con drenaje funcional, mientras que el 61.32% carecen de infraestructura, lo que ha generado 8.55 ha afectadas por escorrentía excesiva y siete zonas críticas con acumulaciones de agua superiores a 20 cm. Se diseñó un sistema que interconecta todos los tramos urbanos, incorporando cunetas rectangulares de hasta 0.30 m de ancho y 0.65 m de profundidad en calles principales y cunetas triangulares de 0.35 m de ancho y 0.35 m de profundidad en ramales secundarios del tramo 1, 3 y 5, y rectangulares de 0.30 m de ancho y 0.40 m de profundidad en el tramo 2 y 4. Se concluyó que, la simulación hidráulica confirmó que el nuevo sistema reduce el área afectada por escorrentía del 40.71% al 5.86%, logrando una disminución del 85.61% en la acumulación de agua y mejorando la capacidad de evacuación pluvial en la ciudad.

Palabras clave: Drenaje pluvial, escorrentía superficial, inundaciones urbanas, cunetas, modelamiento hidráulico.

ABSTRACT

The city of Lajas faces recurring problems of water and mud accumulation in its streets and homes due to the lack of an adequate storm drainage system, which is exacerbated by heavy rainfall and the overflowing of the Jalqueño River. The objective of the research was to evaluate the capacity of the stormwater drainage networks in the city of Lajas, Chota, in order to propose solutions (stormwater drainage design) that improve their capacity to accelerate the evacuation of surface runoff. Hydrological and hydraulic analyses were carried out to evaluate the capacity of the existing drainage system and simulate the effectiveness of the proposed design. The results indicated that only 14.63% of the streets have functional drainage, while 61.32% lack infrastructure, which has resulted in 8.55 ha affected by excessive runoff and seven critical areas with water accumulations exceeding 20 cm. A system was designed that interconnects all urban sections, incorporating rectangular gutters up to 0.30 m wide and 0.65 m deep on main streets and triangular gutters 0.35 m wide and 0.35 m deep on secondary branches of sections 1, 3, and 5, and rectangular gutters 0.30 m wide and 0.40 m deep in sections 2 and 4. It was concluded that the hydraulic simulation confirmed that the new system reduces the area affected by runoff from 40.71% to 5.86%, achieving an 85.61% decrease in water accumulation and improving the city's storm drainage capacity

Key words: Storm drainage, surface runoff, urban flooding, ditches, hydraulic modeling.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial, el acelerado proceso de urbanización y el aumento en la frecuencia e intensidad de lluvias extremas ha sobrepasado la capacidad de muchos sistemas de drenaje urbano, generando inundaciones pluviales y/o acumulación de escorrentía que afecta la infraestructura, la movilidad y la seguridad de las personas (Li, 2020). Especialmente en aquellas ciudades con sistemas de drenaje obsoletos o insuficientes, donde la acumulación de agua pluvial ha provocado severos daños económicos y humanos (Xu et al., 2020). Así mismo, la situación se agrava aún más si hay coexistencia de inundaciones pluviales por escorrentía y fluviales por desborde de los ríos cercanos, lo que hace evidente la necesidad de mejorar y modernizar los sistemas de drenaje a fin de disminuir los efectos de estos fenómenos (Kundzewicz & Pińskwar, 2022).

En Perú, las inundaciones pluviales, causadas por lluvias intensas, y fluviales, originadas por el desborde de ríos, son consideradas una de las principales catástrofes naturales, generando graves consecuencias cada año (Ccopi et al., 2024). Cano (2022) señala que estos eventos ocasionan pérdidas de vidas humanas, daños materiales, paralización económica y contaminación, efectos que podrían mitigarse mediante la implementación de planes correctivos adecuados. Pero, estos planes deben ir más allá de la simple canalización de ríos e integrar sistemas de drenaje pluvial urbano sostenible que respeten el ciclo hidrológico y proporcionen un control efectivo de la escorrentía pluvial y la inundación fluvial, fortaleciendo la resiliencia de las ciudades peruanas frente a estos fenómenos climáticos.

En la región de Cajamarca, la situación es crítica debido a las intensas precipitaciones que se registran anualmente, generando eventos de inundación fluvial y escorrentía superficial que afectan tanto a la población como a la infraestructura (Tabla 1) (Sardon et al., 2022). De acuerdo al Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2022), durante la temporada de lluvias de enero a marzo del 2022, se reportaron precipitaciones extremas en la región que, incrementaron el riesgo de desbordes de ríos e inundaciones urbanas por escorrentía superficial, donde estos eventos pusieron en evidencia la precariedad de los sistemas de drenaje pluvial.

Tabla 1

Daños en la Región Cajamarca por Inundaciones

Año	Fallecidos	Casas destruidas	Casas dañadas	Directamente afectados	Indirectamente afectados	Daños en cultivos (Ha)	Daños en carreteras (m)
1994	0	88	250	1703	0	5121	0
1997	0	65	811	347	4055	378	0
1998	2	15	10	214	0	200	300
2006	0	5	25	1850	0	0	0
2016	0	0	8	80	100	50	0
2017	7	93	1995	9814	4000	1000	3000

Nota: (Sardon et al., 2022).

La ciudad de Lajas, Chota, es constantemente abatida por la naturaleza, las fuertes precipitaciones generan el desborde de los ríos que delimitan la ciudad (río Chotano y río Jalqueño); pero, sobre todo, la falta de un sistema de drenaje urbano adecuado condiciona la acumulación del agua y lodo en calles y viviendas de toda la ciudad, y no solo de las zonas colindantes a los ríos. Tal fue el caso, según informaron diversos diarios (TvPeru, 2022; Andina, 2022), el 24 de marzo del 2022, donde el lodo y agua que invadieron las calles de algunos sectores de la

ciudad de Lajas, a causa de las fuertes precipitaciones, que llegaron a alcanzar el metro de altura, representando un riesgo para todos los pobladores, por lo que, exigieron la construcción de defensas ribereñas y sistemas de drenaje pluvial, a fin de evitar futuras inundaciones fluviales y acumulación de escorrentía pluvial.

El drenaje pluvial de Lajas, se basa en cunetas adjuntas a las veredas no conectadas entre sí, es decir solo algunas de las calles presentan cunetas en uno o ambos márgenes de las veredas, dando un aproximado de 1 km lineal de estas obras de drenaje; no se cuenta con alcantarillas transversales que permitan evacuar las aguas pluviales hacia los ríos o quebradas que pasan por la ciudad, por lo que, el Subgerente de Infraestructura y Desarrollo Territorial de la Municipalidad Distrital de Lajas Ing. Jhonar Dreiner Tolentino Salinas, argumentó que es conveniente evaluar y realizar una propuesta de drenaje pluvial mucho más completa e integral sobre el drenaje existente, teniendo en cuenta los dos sectores en que se divide la ciudad: Cercado de Lajas y El Molino, siendo el primer sector, el crítico por su topografía relativamente plana, mayor concentración urbana y ubicación entre dos cauces, mientras que, el sector El Molino ubicado al margen derecho del río es inclinado y no tiene problemas de escorrentía superficial.

Este panorama planteó la necesidad de evaluar las redes de evacuación de aguas pluviales en el cercado de Lajas para identificar sus limitaciones y proponer mejoras que permitan una gestión eficiente de las aguas pluviales cuando estas aparecen. Al contar con un sistema de drenaje adecuado, Lajas podría reducir el efecto de la escorrentía urbana, protegiendo tanto a su población como a sus infraestructuras y recursos. Por lo tanto, esta investigación busca realizar una evaluación integral de las redes de drenaje pluvial en el cercado de la ciudad de Lajas (sector crítico), y en base a ello diseñar las redes de evacuación pluvial.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la capacidad actual de las redes de evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas, Chota y, en qué medida se pueden mejorar para evacuar con mayor rapidez la esorrentía superficial?

1.3. Justificación

Las intensas precipitaciones pluviales en la ciudad de Lajas han evidenciado la falta de un sistema de drenaje pluvial eficiente, lo que ha generado esorrentía superficial e inundaciones pluviales recurrentes que afectan la infraestructura, la movilidad y la seguridad de la población. A pesar de que se han implementado defensas ribereñas para reducir el impacto de las crecidas de los ríos, estas no han evitado la acumulación de agua en calles y viviendas (Figura 1), especialmente en el mercado de Lajas, donde la topografía y la falta de interconexión de las cunetas agravan el problema.

Figura 1

Calles Inundadas en Lajas, 24 de marzo de 2022



Nota: (Andina, 2022).

Ante esta situación, la presente investigación busca evaluar la red de drenaje pluvial de la ciudad de Lajas en el sector El cercado, con el fin de identificar sus deficiencias y proponer soluciones basadas en criterios técnicos y normativos, como la CE.040 “Drenaje Pluvial” (MVCS, 2021). Este estudio permitirá generar información clave sobre la capacidad y eficiencia del sistema de evacuación de aguas pluviales, aportando datos útiles tanto para la gestión local como para futuras investigaciones en ciudades con condiciones similares de escorrentía pluvial. Además de contribuir al conocimiento técnico sobre el drenaje urbano y proporcionar herramientas prácticas para la planificación y ejecución de mejoras en la infraestructura pluvial de Lajas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad de las redes de evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas, con miras a proponer soluciones (diseño del drenaje pluvial) que mejoren su capacidad de evacuación para reducir la escorrentía superficial.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la infraestructura de drenaje pluvial urbano existente en el sector cercado de la ciudad de Lajas.
- Proponer el diseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial urbano (conformado por cunetas) en el cercado de Lajas.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Mohammad et al. (2024) en su artículo científico “Diseño del sistema de drenaje de aguas pluviales urbanas (Estudio de caso: ciudad de Vali Asr de Baghein, Kerman)” tuvieron como objetivo diseñar adecuadamente el sistema de drenaje urbano de la ciudad de Vali Asr en Baghein, Kerman. Simularon la escorrentía urbana de la ciudad utilizando el modelo SWMM y diseñaron el sistema de drenaje para el Tr de 10 años según la directriz número 118-3; sin embargo, al evaluar el sistema determinaron que el sistema diseñado era eficiente para escorrentías de 25 y 100 años, además que, la velocidad máxima del flujo no excedía los 3 m/s, además, con la implementación del techo verde lograron reducir en 30% la cantidad de escurrimiento del sistema. Concluyeron que su propuesta de sistema de drenaje era adecuada para la ciudad de Vali Asr en Baghein.

Rodríguez & Suasnavas (2024) en su tesis “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para el sector de Sicha Puma, Cantón Mera, provincia de Pastaza” tuvieron como objetivo diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial para el sector Sicha Puma, cantón Mera, Pastaza. El área de estudio fue conformada por 11 manzanas con 74 lotes de edificaciones, 4 lotes áreas verdes, 1 área comunitaria y 9 vías lastradas, siendo el clima tropical húmedo con precipitaciones de 452.1 mm de promedio mensual, siendo el mes de abril el más lluvioso registrado. El periodo de diseño del proyecto fue de 30 años, con coeficiente de escurrimiento promedio de 0.3189, tiempo de concentración de 37.55 min, siendo la intensidad máxima de lluvia de 56.44 mm/h, con caudal de

diseño para alcantarillado pluvial en la red 1 y red 2 respectivamente de 179.596 l/s y 1228.608 l/s. Con dichos datos, diseñaron la red de alcantarillado sanitario con 61 tuberías y 51 pozos, mientras que, el alcantarillado pluvial estuvo compuesto por 34 pozos, cunetas transversales y 34 tuberías, con presupuesto de ejecución de \$ 684,065.43 con un plazo de 36 semanas. Concluyeron que el diseño propuesto permite controlar las escorrentía y cumple con las normas aplicables.

Mero-Santana & Pico-Loor (2024) en su tesis “Estudio de caso sobre la evaluación del sistema de drenaje pluvial en la Calle El Oro y Avenida Manta de la Ciudad de Montecristi” tuvieron como objetivo evaluar el sistema de drenaje pluvial en la calle El Oro y avenida Manta de Montecristi, del Gad Municipal del Cantón Montecristi, según las normativas aplicables. Los resultados mostraron que, durante las precipitaciones, el sistema de drenaje se rebosa y los sumideros se obstruyen con sedimentos y basura. Adicionalmente, los cálculos de los parámetros hidráulicos revelaron que la intensidad de precipitación para Montecristi es de 130.938 l/s.Ha, con un caudal aportante de 212.77425 l/s y una velocidad de flujo de 2.923 m/s, lo que está por debajo del máximo de 4.90 m/s establecido por la norma ecuatoriana para tubos parcialmente llenos. Concluyeron que, es necesario realizar limpiezas y mantenimientos preventivos para evitar inundaciones y la proliferación de vectores que afecten a los residentes del área.

Jiménez et al. (2024) en su tesis “Gestión del agua pluvial mediante sistemas de retención–detención para la zona de Tulancingo Hidalgo” tuvieron como objetivo desarrollar un sistema integrado de captación y aprovechamiento de aguas pluviales en Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Utilizaron como metodología la recopilación de datos topográficos, hidrológicos y climáticos, además del modelado y simulación mediante software GIS y SIATL para diseñar

sistemas de retención-detención y cunetas transversales combinadas con pozos de absorción, con el que, obtuvieron una reducción del 90% en las inundaciones y una recarga del acuífero en un 50%, validando la efectividad del sistema propuesto. Concluyeron que este enfoque es sostenible, replicable y contribuye a la mitigación de riesgos asociados al cambio climático y la urbanización.

Durañona (2024) en su tesis “Propuesta de proyecto de redes de drenaje pluvial para el Barrio Pablo Rojas” tuvo como objetivo proponer un proyecto de redes de drenaje pluvial para el barrio Pablo Rojas en Ciudad del Este, con el fin de abordar las frecuentes inundaciones y mejorar la gestión del agua pluvial en la zona. Utilizó como metodología un análisis topográfico detallado, el uso de MDT y cálculos hidráulicos para el diseño de un sistema eficiente de drenaje. Obtuvo como resultados un diseño que incluye 7,349 m de cunetas combinadas con colectores de concreto con diámetros entre 0.40 m y 1.75 m, 60 pozos de recolección y 231 bocas de tormenta, capaz de canalizar un caudal de 27.86 m³/s hacia el arroyo Acaraymi. Concluyó que la propuesta reduce significativamente el riesgo de inundaciones y escorrentía pluvial en el barrio Pablo Rojas.

Santana & Valencia (2024) en su tesis “Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el recinto Sabana Grande ubicado en el Cantón Guayaquil, provincia del Guayas” tuvieron como objetivo diseñar el sistema de alcantarillado pluvial para el recinto Sabana Grande, en el cantón Guayaquil. Determinaron que, en el Recinto el coeficiente de escorrentía es 0.60, la velocidad de flujo de 13.54 m/s, tiempo de flujo 205.37 min, e intensidad de lluvia de 54 mm/h para Tr de 25 años, siendo el caudal de diseño 71.3 l/s. Concluyeron con el diseño de 15% de cunetas, 85% de tuberías, colectores principales, sumideros estratégicamente ubicados y estructuras para el control de inundaciones.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Solis (2024) en su investigación “Diseño estructural de pavimento rígido y drenaje pluvial para el Sector San Luis en el Distrito de Chepén, La Libertad” tuvo como objetivo diseñar el drenaje pluvial del sector San Luis en Chepén. Utilizó los datos de precipitaciones de 30 años de 1984 a 2014 de la estación Talla, estimando 3.1 mm/h de intensidad de lluvia, para tiempo de concentración de 24 h, en Tr de 2 años, con coeficiente de escorrentía de 0.75, coeficiente de rugosidad de 0.016, siendo las dimensiones de cunetas de 0.50 m de ancho por 0.20 m de profundidad de acuerdo a la norma, pero para lograr mayor eficacia consideró 0.30 m de profundidad. Concluyó que, el sistema de drenaje conformado por cunetas rectangulares de 0.50 x 0.30 m, reduce la escorrentía superficial.

Morales & Zavala (2024) en su tesis “Diseño del sistema de drenaje pluvial para la urbanización los jardines de Avifap etapa I de la ciudad de Piura” tuvieron como objetivo diseñar el drenaje pluvial de la urbanización los jardines de Avifap etapa I en Piura. El proyecto abarca 16.3 ha, y diseñaron según estudio hidrológico tuberías parcialmente llenas para 0.183 m³/s de caudal, y cunetas rectangulares de 0.55 m x 0.60 m y triangulares de 1.40 m x 0.50 m para 0.829 m³/s. Concluyeron que, las cunetas cumplen con la eficiencia hidráulica.

Fiestas (2024) en su tesis “Evaluación del sistema de drenaje pluvial y plan de mejora en la desembocadura de quebrada Salinas, Cangrejos, Paita 2023” tuvo como objetivo evaluar el sistema de drenaje pluvial en la quebrada Salinas, localidad de Cangrejos, provincia de Paita, y proponer un plan de mejora basado en los estudios realizados. Utilizó como metodología un diseño de investigación aplicada, descriptiva y de corte transversal, incluyendo estudios topográficos, análisis hidrológicos y meteorológicos para determinar las condiciones actuales y

proponer soluciones. Obtuvo como resultados la identificación de deficiencias en la infraestructura existente, como el deterioro de canales y alcantarillas, y un plan de mejora que incluye la reconstrucción de la desembocadura con concreto armado y la instalación de muros de contención. Concluyó que la implementación del plan propuesto contribuirá significativamente a reducir la escorrentía.

Dianderas & Villalta (2024) en su tesis “Diseño del sistema de drenaje pluvial en el distrito de Characato, Arequipa” tuvieron como objetivo diseñar un sistema de drenaje pluvial para Characato, con el fin de mitigar los efectos negativos de las lluvias intensas, como el empozamiento de agua y el deterioro de la infraestructura urbana. Obtuvieron como resultados un diseño técnico que considera la construcción de 2300 m de conducto principal de drenaje, con rejillas, sumideros y canales, adaptados a las condiciones locales. Concluyeron que el proyecto propuesto es factible y representa una solución eficaz.

Sanchez (2024) en su tesis “Diseño del sistema de drenaje pluvial y pavimentación para el área urbana del Centro Poblado Cruz del Médano, distrito de Mórrope, provincia Lambayeque, departamento de Lambayeque 2019” tuvo como objetivo diseñar el drenaje pluvial del área urbana de Cruz del Médano. Utilizó datos meteorológicos de 35 años (1983-2018) de la estación Lambayeque, para determinar las curvas de intensidad para Tr de 10 años, siendo la intensidad máxima de 27.36 mm/hr para tiempo de concentración de 5 min y 8.83 mm/hr para 40.95 min, con ello obtuvo caudales aportante de 0.007 m³/s para la cuenca N° 7 y 0.187 m³/s para la cuenca N° 1. Las cunetas de 0.30 m x 0.20 m de forma rectangular diseñadas para 7,945.97 m lineales en todas las calles, a excepción de la calle Real donde las dimensiones fueron 0.40 m x 0.30 m. Concluyó que, el sistema diseñado cumple con la normatividad.

2.1.3. Antecedentes regionales

Benavides & Chávez (2023) en su tesis “Evacuación de aguas de escurrimiento superficial mediante redes de drenaje pluvial en el sector 2 de la ciudad de Chota, 2022” tuvieron como objetivo analizar el proceso de evacuación de las aguas de escurrimiento superficial a través de la infraestructura de drenaje pluvial en el sector 2 de Chota. La investigación se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo no experimental y se centró 1.19 km² del sector 2. Determinaron que, para Tr de 5, 10, 20, 25 y 50 años los caudales eran 42.472, 57.401, 62.701, 64.383, 69.563 y 74.705 m³/s, generando una zona inundada de 6.3 km² con un nivel máximo de agua de 0.35 m sobre el suelo en el sector analizado, tomando en cuenta ello, diseñaron cunetas rectangulares de 40 a 60 cm de ancho y 40 a 50 cm de profundidad de acuerdo al tramo de diseño, además de la sección trapezoidal de 2 m de ancho y 0.75 m de alto, con rejillas. Concluyeron que, con el diseño del sistema de drenaje pueden gestionar adecuadamente la escorrentía para caudales de Tr de 50 años, considerando los aportes adyacentes.

Castrejon & Rodriguez (2023) en su tesis “Evaluación del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la ciudad de Cajamarca, sector 13 - barrio San Martín de Porres” tuvieron como objetivo evaluar el sistema de drenaje pluvial por gravedad en el Sector 13, Barrio San Martín de Porres. Realizaron una inspección directa y un levantamiento topográfico, revelando una pendiente promedio de 3.16%. Identificaron diferentes tipos de cunetas y la falta de mantenimiento en algunas áreas. Utilizando el software EPA-SWMM, analizaron la capacidad hidráulica por cuadra y procesaron datos para Tr de 10 y 25 años, obtuvieron como resultado que con una precipitación de 0.50 mm/hr en una hora, el 95% y 98% de las cunetas exceden su capacidad hidráulica con precipitaciones

de 0.50 mm/h en una hora de duración, destacando deficiencias significativas en el mantenimiento de las obras de drenaje. Concluyeron que la capacidad del sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martín de Porres es insuficiente para hacer frente a eventos pluviales intensos.

Oblitas et al. (2023) en su artículo científico “Análisis hidráulico del drenaje pluvial en la Av. Inca Garcilazo de la Vega, Cuadras 1-6, Chota, Cajamarca” tuvieron como objetivo describir el sistema de drenaje pluvial de la avenida mencionada en Chota. Realizaron una inspección visual y levantamiento topográfico, midiendo las pendientes y dimensiones necesarias. Utilizando datos hidrometeorológicos de la estación Chotano-Lajas, analizaron las precipitaciones con el método Racional, obteniendo un tiempo de concentración de 7.30 min, una pendiente promedio de 5.30% y un caudal máximo de diseño de 0.87 m³/s. Detectaron que las cunetas actuales no eran adecuadas para manejar la descarga máxima y propusieron instalar cunetas rectangulares de 0.55 m de ancho y 0.25 m de profundidad en ambos lados de la calle.

Castañeda (2022) en su tesis “Influencia de la estructura de conducción de drenaje pluvial en la Av. San Martín de Porras y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2022” tuvo como objetivo analizar la influencia de la estructura de conducción de drenaje pluvial en la Avenida San Martín de Porres y el Jirón Historia de Cajamarca. Utilizó como metodología un diseño no correlacional descriptivo y herramientas como el software SWMM 5vE para modelar la gestión de caudales, además del análisis hidrológico de la cuenca urbana de 0.063 km². Propuso un diseño con capacidad para conducir caudales de 0.19 m³/s y 0.22 m³/s para Tr de 2 y 10 años, respectivamente. Obtuvo como resultados que el sistema actual presenta una eficiencia del 89% en la evacuación de caudales e identificó

un diseño óptimo con una pendiente del 1.80%, un tirante de 0.20 m y un canal rectangular interno de base 0.40 m. Concluyó que la implementación del diseño propuesto mejora la capacidad hidráulica y reduce significativamente los riesgos de inundación pluvial en la zona de estudio.

Coronel (2021) en su tesis “Evaluación de la red de drenaje pluvial en el distrito de Yauyucan, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca 2019” tuvo como objetivo evaluar el sistema de drenaje pluvial existente en el distrito de Yauyucan, Santa Cruz. Utilizó el programa Iber para la simulación hidráulica, determinando que el terreno es escarpado y que las precipitaciones alcanzan hasta 9.66 mm. Entre los resultados destaca que la cuenca correspondiente al distrito es una microcuenca de Clase I, muy ensanchada, con área de 0.69 km², e intensidad de lluvia alta de 57.97 mm/h. Como caudal de aporte de la cuenca, calculó 11.05 m³/s mediante la altura de lámina de agua y 6.08 m³/s con el método racional, este último siendo menor debido a la consideración de infiltración y evaporación en la localidad. Observó que el 33.3% de las calles tienen cunetas inadecuadas para evacuar el caudal, y el 53.1% presentan deficiencias por falta de mantenimiento. El modelamiento reveló que la calle 19 de Mayo es la más vulnerable, ya que recibe descarga de calles perpendiculares, por lo que, concluyó que, en Yauyucan, cuatro calles (Manuel Odría, Consolación, 19 de Mayo y Magisterial) presentaban cunetas que no evacuan adecuadamente el caudal de lluvia, además, las cuadras 2 de El Comercio y 3 de Cajamarca tenían cunetas con infraestructura deficiente, representando un 5.9% de deficiencia en el sistema de drenaje, frente a ello, propuso aumentar la sección hidráulica de las cunetas que tienen limitada capacidad hidráulica, para garantizar el manejo del caudal de escorrentía en la ciudad de Cajamarca.

2.2. Bases teórico – científicas

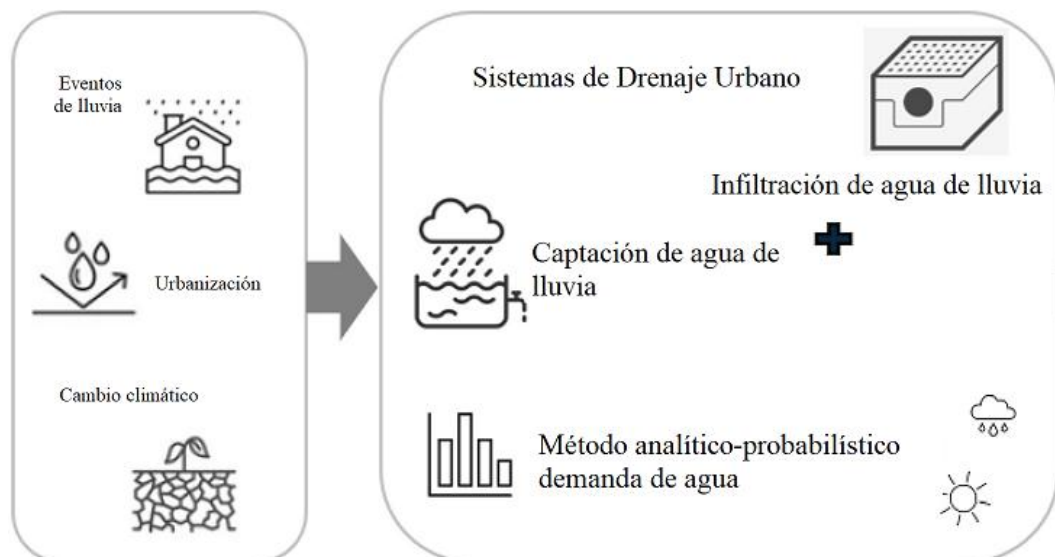
2.2.1. El ciclo hidrológico y su relación con el drenaje pluvial

El ciclo hidrológico es el proceso natural mediante el cual el agua se mueve a través de la atmósfera, la superficie terrestre y el subsuelo, impulsado por la energía solar y la gravedad (Chow et al., 2013). Este ciclo consta de varias fases, incluyendo la evaporación, la condensación, la precipitación, la infiltración, la escorrentía y el almacenamiento en cuerpos de agua como ríos, lagos y acuíferos (Hornberger et al., 2014).

El drenaje pluvial es un componente fundamental del ciclo hidrológico, ya que está directamente relacionado con la escorrentía superficial generada por la precipitación. Cuando la lluvia alcanza la superficie del suelo, puede infiltrarse en el subsuelo, ser retenida por la vegetación o convertirse en escorrentía que fluye hacia los sistemas de drenaje natural y artificial (Bedient et al., 2019).

Figura 2

Drenaje Pluvial Urbano



Nota: (Maglia & Raimondi, 2025).

2.2.2. Principios básicos de hidráulica aplicados al drenaje

Los sistemas de drenaje deben considerar principios como la conservación de la energía y el momento, la relación entre caudal, velocidad y área de flujo, así como los efectos de la fricción y la pendiente en la conducción del agua (Díaz et al., 2020).

2.2.2.1. Ecuación de Manning

La ecuación de Manning es una fórmula empírica ampliamente utilizada en hidráulica para calcular la velocidad del flujo en canales abiertos y tuberías parcialmente llenas. Se emplea en el diseño y análisis de sistemas de drenaje y estructuras hidráulicas, considerando la rugosidad de la superficie del canal y la pendiente del flujo (Díaz et al., 2020).

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

Donde: V es la velocidad del flujo, n es el coeficiente de rugosidad de Manning, R es el radio hidráulico (área de flujo dividido por el perímetro mojado) y S es la pendiente del canal.

2.2.2.2. Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad es un principio fundamental en la mecánica de fluidos que se deriva de la conservación de la masa. Establece que, para un fluido incompresible en régimen estacionario, el caudal volumétrico permanece constante a lo largo de una conducción. Matemáticamente, se expresa como.

$$Q = A \times v \quad (2)$$

Donde Q es el caudal, A es el área de la sección transversal del conducto y v es la velocidad del flujo.

2.2.3. Métodos de estimación de escorrentía

2.2.3.1. Método racional

El método racional es una técnica utilizada en áreas urbanas para estimar el caudal máximo o pico en un sistema de drenaje.

$$Q = \frac{C.I.A}{360} \quad (3)$$

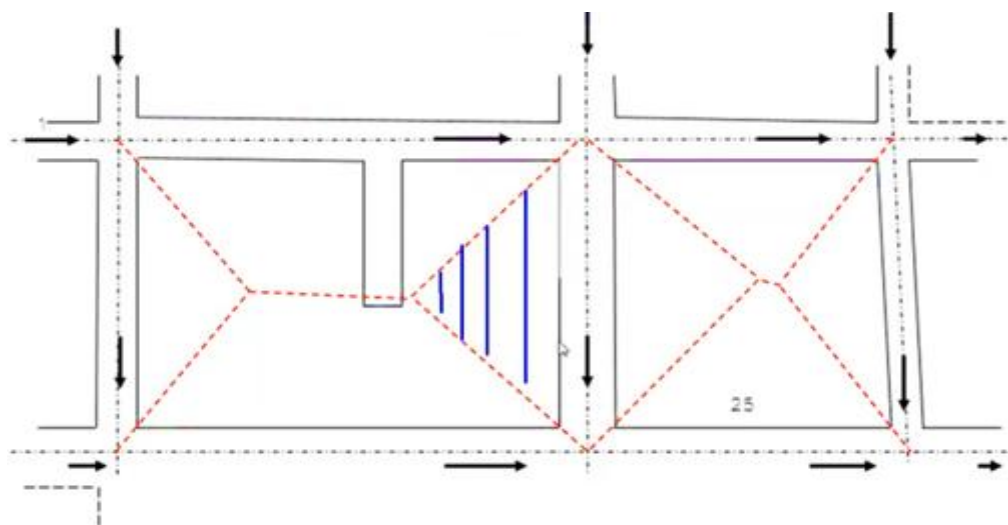
Donde: Q: caudal pico en m³/s; I: intensidad de lluvia de diseño en mm/hora; A: área de drenaje de las subcuencas, en has; C: coeficiente de escorrentía para subcuencas.

2.2.4. Aplicación por vías

La aplicación por vías en drenaje urbano se refiere a un método de análisis y diseño del sistema de drenaje en el cual el caudal de escorrentía es evaluado considerando el aporte de agua proveniente de las edificaciones y calles a lo largo de una vía principal. Este enfoque permite estimar la acumulación y distribución del caudal en función de la topografía, la pendiente y las características de las superficies impermeables (Cárdenas M. G., 2017).

Figura 3

Esquema de Aplicación por Vías en el Drenaje Urbano



Nota: (Cárdenas M. G., 2017).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. *Sistemas de evacuación de aguas pluviales*

Son esenciales en áreas urbanas desarrolladas debido a la interacción compleja entre la actividad humana y el ciclo natural del agua (Butler & Davies, 2004). El diseño del drenaje urbano debe preservar la infiltración natural para evitar transferir aguas abajo un flujo, volumen y carga de contaminantes elevados, además de prevenir la erosión del suelo (Tucci, 2007). Los sistemas de drenaje urbano deben cumplir varias funciones de interés público, como asegurar la recolección segura y sanitaria del alcantarillado, proteger áreas densamente urbanizadas contra inundaciones y salvaguardar los cuerpos receptores del daño ambiental (Rosales et al., 2015).

Las redes de evacuación de aguas pluviales son sistemas de infraestructura diseñados para recoger, conducir y liberar las aguas de lluvia, evitando así inundaciones y daños en áreas urbanas (Villabona, 2011).

2.3.1.1. Tipos de sistemas de drenaje urbano

Los sistemas de drenaje urbano se clasifican en dos tipos principales, dependiendo de la forma en que manejan el agua pluvial. Cada uno de estos sistemas tiene características específicas que determinan su funcionamiento y eficiencia en la evacuación de las aguas dentro de una ciudad.

a. Sistema de drenaje pluvial.

Está diseñado exclusivamente para la recolección y evacuación del agua de lluvia. Su función principal es captar y conducir el agua de escorrentía superficial a través de una red de alcantarillas, canales o conductos que la dirigen hacia cuerpos de agua naturales, evitando así inundaciones y daños en la infraestructura urbana (Butler & Davies, 2004).

b. Sistema de drenaje combinado

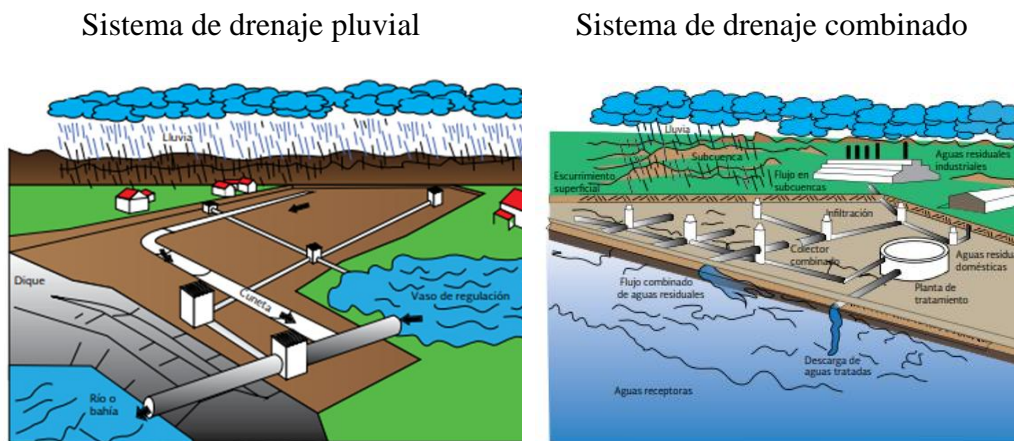
Recoge tanto las aguas pluviales como las aguas residuales en una misma red de tuberías. Su principal ventaja es la reducción de costos en infraestructura, ya que se requiere una única red de drenaje en lugar de dos separadas.

c. Sistema de drenaje mixto

Combina elementos de los sistemas de drenaje pluvial y combinado, dependiendo de las necesidades específicas de una zona. En este modelo, una parte del sistema maneja exclusivamente las aguas pluviales, mientras que otra puede combinar tanto aguas residuales como pluviales en determinados sectores

Figura 4

Tipos de Sistema de Drenaje



Nota: (CONAGUA, 2019).

2.3.1.2. Componentes del sistema de drenaje pluvial

Según Gaytan & Villanueva (2018) los sistemas de drenaje, especialmente en redes de sistemas menores, pueden estar compuestos por una variedad de componentes que incluyen tuberías, canales abiertos, cursos de agua natural y canales construidos. Es común que los principales sistemas de drenaje incluyan canales abiertos y cursos naturales de agua dentro de áreas urbanizadas o en proceso de urbanización.

a. Estructura de captación

Estas estructuras captan las aguas que se transportarán, como las conexiones de las viviendas donde se recoge el agua de lluvia de techos y patios. Se instalan rejillas o coladeras para evitar obstrucciones en los conductos (CONAGUA, 2019).

b. Estructuras de conducción

Responsables de transportar las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia un punto de almacenamiento o disposición final (CONAGUA, 2019). Su correcto diseño e implementación son esenciales para garantizar la funcionalidad del sistema de drenaje. Además, deben cumplir con criterios hidráulicos que permitan la evacuación del agua sin generar erosión o colapsos estructurales.

- **Tubería de entrega.** Es un componente clave en los sistemas de evacuación de agua pluvial. Forma parte de un conjunto de estructuras y elementos que trabajan de manera integrada para recolectar, transportar y evacuar el agua de lluvia y la escorrentía superficial, evitando inundaciones y minimizando los impactos en las zonas urbanas (Iñiguez & Gabriela, 2023). El material y el diámetro de las tuberías deben seleccionarse cuidadosamente para garantizar un flujo adecuado y minimizar las pérdidas por fricción.
- **Cuneta.** Canales poco profundos construidos a lo largo de las calles o caminos, diseñados para recoger y conducir el agua de lluvia y la escorrentía superficial hacia los sistemas de drenaje (O’Flaherty, 2002). En algunas zonas urbanas, se complementan con rejillas o sistemas de filtrado para evitar la acumulación de residuos.

c. Estructuras de descarga

Mantienen limpias las estructuras para la descarga final, previniendo daños en las tuberías debido al flujo de salida (CONAGUA, 2019).

- **Sumidero.** Aberturas ubicadas en las cunetas o en la superficie del terreno, que permiten la captación del agua y su descarga hacia el sistema de drenaje subterráneo (Perschakov & Lysnytska, 2016). En zonas con alta acumulación de residuos, se recomienda el uso de rejillas para prevenir obstrucciones.
- **Subcolector y colector.** Tuberías subterráneas que reciben el agua captada por los sumideros y la conducen hacia un punto de descarga, como ríos, lagos o sistemas de tratamiento (Perschakov & Lysnytska, 2016). Su diseño debe considerar el diámetro adecuado para manejar grandes volúmenes de agua sin generar presiones excesivas. Además, es importante la implementación de cámaras de inspección que faciliten el mantenimiento y limpieza del sistema.

d. Estructuras complementarias. Son aquellas que se integran en sistemas pluviales para resolver problemas específicos y asegurar el funcionamiento adecuado del sistema. Pueden incluir estructuras de retención, detención, infiltración, filtración, limpieza, remoción y medición (CONAGUA, 2019). Asimismo, permiten el monitoreo del flujo, asegurando que el sistema funcione dentro de los parámetros óptimos y reduciendo riesgos de fallas.

e. Disposición final. Aunque no se considera parte del sistema en sí, es esencial para este, ya que la falta de definición inicial puede ocasionar daños graves en el lugar de vertido (SIAPA, 2007). Es importante evaluar la capacidad de los depósitos naturales de recibir el flujo de agua sin generar erosión ni contaminación. Además, se recomienda la implementación de medidas de control que permitan la reutilización del agua en procesos urbanos o agrícolas.

2.3.2. Estudio hidrológico

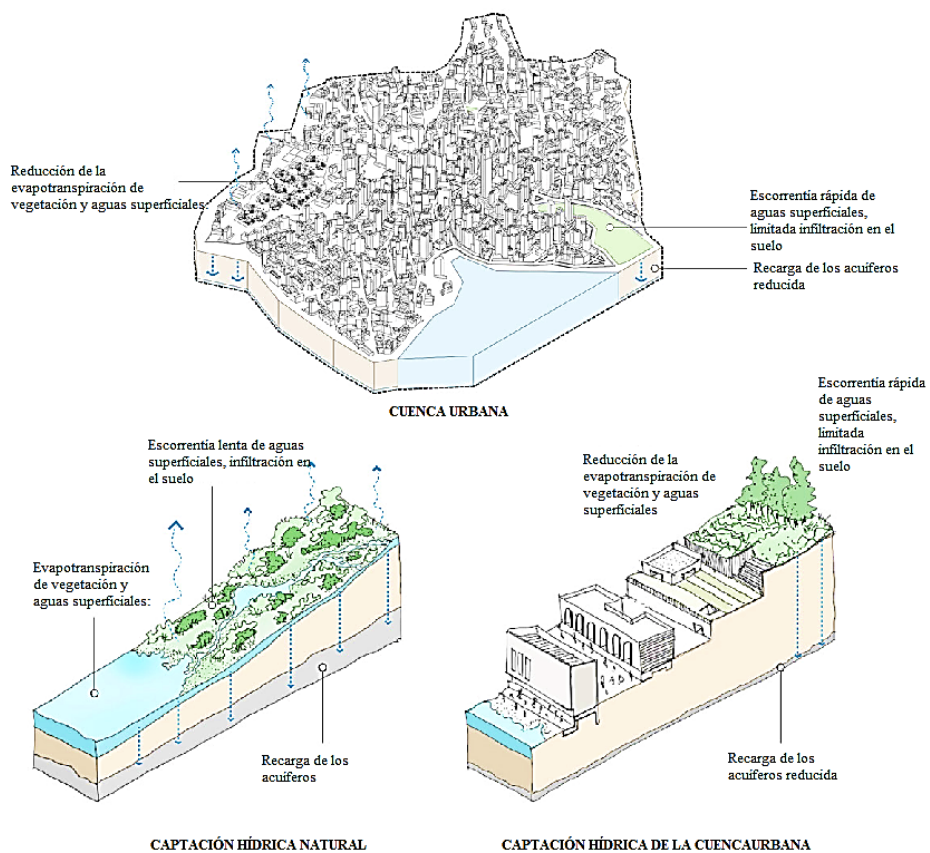
Un estudio hidrológico es una investigación científica que analiza el comportamiento del agua en la superficie terrestre. Su objetivo principal es comprender cómo el agua interactúa con el entorno, lo que es esencial para la planificación y gestión de recursos hídricos, así como para el diseño de infraestructuras hidráulicas (Vashisht & Sharma, 2007).

2.3.2.1. Cuenca hidrológica urbana

En entornos urbanos, estas cuencas están influenciadas por superficies impermeables como calles, edificios y otras infraestructuras, lo que altera el ciclo hidrológico natural (Vásquez et al., 2016).

Figura 5

Cuenca Hidrológica Urbana



Nota: (Díaz E. , 2023).

2.3.2.2.Precipitación

Es la fuente primaria de agua y es la que determina la cantidad de agua que ingresará a la cuenca, además de su frecuencia (Ortiz, 2004).

2.3.2.3.Modelos de distribución

El análisis de datos hidrológicos, como precipitaciones extremas, requiere seleccionar modelos de distribución estadística que representen adecuadamente la variabilidad y frecuencia de los eventos (Chow V. T., 1988).

La distribución Gamma Generalizada 2 y 3 parámetros es útil para representar datos positivos y asimétricos (MTC, 2018).

$$f(x) = \frac{x^{y-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^y \Gamma(y)} \quad (4)$$

Donde, para Gamma 2 parámetros, y parámetro de forma, β parámetro de escala, $\Gamma(y)$ función gamma valido para: $0 \leq x < \infty$; $0 < y < \infty$; $0 < \beta < \infty$.

$$f(x) = \frac{(x-x_0)^{y-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^y \Gamma(y)} \quad (5)$$

Donde, para Gamma 3 parámetros, y de forma, β de escala, $\Gamma(y)$ función gamma valido para $x_0 \leq x < \infty$; $-\infty < x_0 < \infty$; $0 < \beta < \infty$; $0 < y < \infty$.

2.3.2.4.Pruebas de bondad de ajuste

Son herramientas estadísticas utilizadas para evaluar si una serie de datos hidrológicos sigue una distribución de probabilidad teórica específica. Estas pruebas comparan la frecuencia observada de los datos con la frecuencia esperada según la distribución teórica, permitiendo determinar la adecuación del modelo estadístico seleccionado (Orsolini et al., 2012).

$$D = \text{máx}|F_o(xm) - F(xm)| \quad (6)$$

$$F_o(xm) = 1 - \frac{m}{n+1} \quad (7)$$

Donde, $F_o(xm)$ probabilidad observada, $F(xm)$ probabilidad estimada.

2.3.2.5. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia es una medida que describe la cantidad de precipitación caída por unidad de tiempo, generalmente expresada en milímetros por hora (mm/h). Es un parámetro clave en estudios hidrológicos, ya que influye directamente en el diseño de sistemas de drenaje, alcantarillado y estructuras de control de inundaciones (Mondragon, 2021).

2.3.2.6. Curvas IDF

La intensidad de la lluvia depende de su duración, existiendo una relación inversa entre ellas. La duración de la precipitación es el tiempo transcurrido desde el comienzo hasta el final de la lluvia, y según su duración, la lluvia puede clasificarse como corta o larga (Rojas & Humpiri, 2016).

$$i_{(t,T)} = \frac{P_{(24,T)}}{t_g} \cdot \left(\frac{t+b}{t_g+b} \right)^{n-1}, \text{ para: } t \leq t_g \quad (8)$$

Donde: $P_{(24,T)}$: precipitación máxima de 24 horas para T años de periodo 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.

2.3.2.7. Periodo de retorno

El gasto de proyecto es el evento máximo de escurrimiento cuyo impacto se desea mitigar para evitar daños e inconvenientes, como se describe en los objetivos del proyecto. Por conveniencia, este evento máximo se expresa mediante su período de retorno, que es el número promedio de años que transcurren entre la ocurrencia de dos eventos similares. Por ejemplo, si se considera un evento máximo con un período de retorno de 25 años, cualquier evento con una frecuencia menor (es decir, un período de retorno mayor) podría causar daños e inconvenientes (Rojas & Humpiri, 2016).

$$J = \frac{1}{Tr} \quad (9)$$

Donde: $i_{(t,T)}$: es la intensidad de la precipitación, de duración t y de periodo de retorno de T ; $P_{(t,T)}$: profundidad de precipitación

Tabla 2

Periodo de Retorno de Diseño Recomendado para Estructuras Menores

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 - 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarilla sobre carretera importante.	25
Alcantarillado sobre camino secundario.	5 - 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 - 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje agrícola	5 - 10
Muros de encauzamiento	2 – 50*

Nota: Puede aumentar si estas obras protegen poblados de importancia. (Villón, 2002).

2.3.2.8. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo necesario para que una gota de agua viaje desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca (Quispe & Rojas, 2015).

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

$$t_c = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0,385} \quad (10)$$

$$t_c = 0.0195 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0,385} \quad (11)$$

Donde: L : longitud del canal desde aguas arriba hasta, a salida, m ; S : pendiente promedio de la cuenca, m/m .

$$tc = to + tf \quad (12)$$

Donde: to es el tiempo de entrada hasta alguna alcantarilla, tf es el tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés.

$$tr = 0.40 \times tc \quad (13)$$

Donde: tr: tiempo de entrada, tc: tiempo de concentración.

2.3.2.9. Coeficiente de escorrentía

Es la cantidad de agua que escurre o drena por la superficie del suelo; es decir, el agua que no ha podido absorberse, infiltrarse o evaporarse (Gaspari et al., 2007). La escorrentía superficial son aquellas aguas de lluvias que son movidas por la gravedad hasta las estructuras de drenaje. (Garrido, 2017).

Representa la proporción de agua de precipitación que se convierte en escurrimiento superficial, en lugar de infiltrarse en el suelo o evaporarse. Este coeficiente varía en función de las características físicas del terreno, como el tipo de suelo, la pendiente, el uso del suelo, y el grado de urbanización (Chiarito et al., 2018).

Tabla 3

Coeficiente de Escorrentía Promedio para Áreas Urbanas para 5 y 10 Años de Periodo de Retorno

Características de la superficie	Coeficiente de escorrentía
Calles	
Pavimento asfáltico	0.70 a 0.95
Pavimento de concreto	0.80 a 0.95
Pavimento de adoquines	0.70 a 0.85
Veredas	0.70 a 0.85
Techos y azoteas	0.75 a 0.95
Césped, suelo arenoso	
Pendiente plana (0-2%)	0.05 a 0.10
Pendiente promedio (2-7%)	0.10 a 0.15
Pendiente pronunciada (>7%)	0.15 a 0.20
Césped, suelo arcilloso	
Pendiente plana (0-2%)	0.13 a 0.17
Pendiente promedio (2-7%)	0.18 a 0.22
Pendiente pronunciada (>7%)	0.25 a 0.35

Nota: (MVCS, 2021).

Tabla 4

Coefficiente de Escorrentía en Áreas Desarrolladas para ser Utilizados en el Método Racional

Características	Periodo de retorno (años)			
	2	5	10	25
Áreas desarrolladas				
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)				
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)				
Plano 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40
Promedio 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49

Nota: (MVCS, 2021).

2.3.2.10. Caudal de diseño

Se emplea el método racional para calcular los caudales de diseño, especialmente adecuado para áreas con una extensión igual o menor a 13 km². Este método es efectivo para estimar los caudales generados por la precipitación en áreas de tamaño moderado (MVCS, 2021).

$$Q = C \times I \times A \quad (14)$$

Donde: Q: caudal superficial (L/s); C: coeficiente de escorrentía (adimensional); I: intensidad promedio de la lluvia (L/s*ha); A: área de drenaje (ha).

2.3.2.11. Área de drenaje

El área de drenaje, también conocida como cuenca de captación, es la superficie geográfica que recoge y concentra el agua de precipitación, dirigiéndola hacia un punto de salida como un río, lago, embalse, quebrada o sistema de alcantarillado; su delimitación depende de factores fisiográficos como la topografía, el relieve y la red hidrográfica, los cuales influyen en la dirección y velocidad del flujo del agua (Londoño, 2001).

2.3.3. Estudio hidráulico del sistema de drenaje pluvial

Se realiza con la finalidad de determinar la longitud y diámetro de las tuberías que comprenden el sistema hidráulico para cubrir las necesidades del sistema de agua potable en las diferentes poblaciones, para ello se toma en cuenta el diseño agronómico y sanitario (Rumiche, 2019).

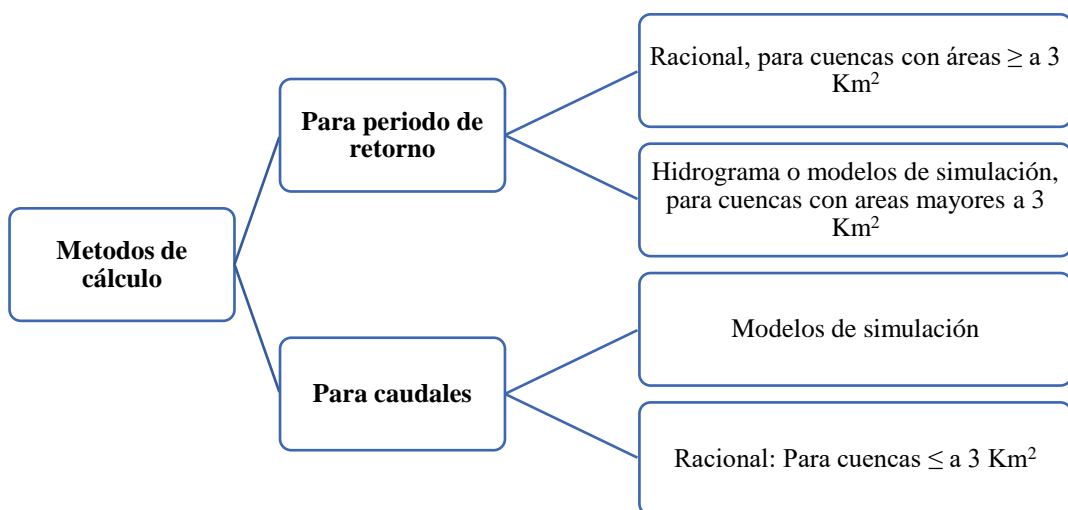
Su objetivo principal es comprender cómo el agua interactúa con el entorno, lo que es esencial para la planificación y gestión de recursos hídricos, así como para el diseño de infraestructuras hidráulicas (Rumiche, 2019).

2.3.3.1. Consideraciones para el diseño del drenaje pluvial – norma CE.040

Según la norma CE.040 (MVCS, 2021) para este diseño el periodo de retorno es elegido de acuerdo al tipo de proyecto u obra que se quiere realizar. Los cuadrantes de diseño de la infraestructura para drenar escurrimientos pluviales de frecuencia moderada, es decir, periodos de retorno de 2, 5, 10 o menos de 25 años, a fin de evitar la inundación de caminos y zonas aledañas.

Figura 6

Métodos de Cálculo para Período de Retorno y Caudales



Nota: (Norma Técnica CE.040, MVCS, 2021)

2.3.3.2. Criterios de diseño

a) Criterio de la velocidad mínima

La práctica usual, es calcular la pendiente mínima, con el criterio de la velocidad mínima y para condiciones de flujo a sección llena. Bajo este criterio las tuberías de alcantarillado se proyectan con pendientes que aseguren una velocidad mínima de 0.9 m/s fluyendo las aguas a tubo lleno es requerida para evitar la sedimentación de las partículas que como las arenas y gravas acarrea el agua de lluvia. De la fórmula de Manning, la pendiente tiene la siguiente expresión: (Rojas & Humpiri, 2016).

$$S = \left(\frac{V \times n}{0.397 \times D^{2/3}} \right)^2 m/m \quad (15)$$

Donde, S es la pendiente de la línea de agua en m/m, V es la velocidad media del agua en m/s, n es un parámetro que depende de la rugosidad de la pared, su valor varía entre 0.01 para paredes muy pulidas (plástico) y 0.06 para ríos con fondo muy irregular y con vegetación; D es el diámetro de la tubería en m.

b) Criterio de la tensión tractiva

El criterio de la velocidad mínima establece que se debe calcular la pendiente mínima de las tuberías de alcantarillado para garantizar una velocidad mínima de 0.9 m/s cuando el flujo ocurre a sección llena. Esta velocidad mínima es necesaria para prevenir la sedimentación de partículas transportadas por el agua de lluvia, como arenas y gravas. La fórmula de Manning proporciona la siguiente expresión para calcular esta pendiente (Rojas & Humpiri, 2016).

$$\tau = \rho \times g \times R \times S \quad (16)$$

Donde, τ tensión tractiva en pascal, ρ densidad del agua, g aceleración de la gravedad, R el radio hidráulico en m, S la pendiente de la tubería en m/m.

2.3.3.3. Cunetas

Una cuneta es una estructura lineal de drenaje diseñada para captar y canalizar las aguas superficiales provenientes de la lluvia o de escorrentías. Generalmente, las cunetas se construyen a lo largo de carreteras, caminos o espacios urbanos para evitar que el agua acumulada cause daños a la infraestructura, erosión del suelo o inundaciones. Su objetivo principal es guiar el agua de manera controlada hacia sistemas de drenaje secundarios o puntos de descarga, reduciendo los riesgos de estancamiento y deterioro del pavimento (Wohl et al., 2018).

a) Tipos de cunetas

- **Cunetas triangulares:** Tienen una sección transversal en forma de triángulo y son comunes en carreteras rurales. Su diseño es sencillo y adecuado para flujos moderados.
- **Cunetas rectangulares:** Estas cunetas presentan una sección transversal rectangular y son frecuentes en áreas urbanas debido a su capacidad para manejar grandes volúmenes de agua. Generalmente, se construyen con concreto para mayor durabilidad.
- **Cunetas en V:** Son similares a las triangulares, pero con ángulos más agudos, lo que permite un mejor control del flujo a velocidades más altas.
- **Cunetas parabólicas:** Tienen una forma curva que permite un flujo uniforme. Se usan en situaciones donde se desea minimizar la erosión.
- **Cunetas revestidas:** Suelen estar recubiertas con materiales como concreto o mampostería, lo que reduce la erosión y facilita el mantenimiento.

b) Diseño de cunetas

La capacidad hidráulica de la estructura diseñada, debe ser superior al caudal de diseño de la cuneta. Para obtener el caudal de diseño se emplea la ecuación de Manning: (Pérez R. , 2013)

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (17)$$

Donde, Q caudal de diseño (m³/s), n coeficiente de rugosidad de Manning, A área mojada en m², radio hidráulico en m, S pendiente en m/m.

c) Ecuaciones para el diseño de cunetas según tipo

Para el cálculo del diseño de cunetas se utilizan las siguientes ecuaciones:

b.1. Cuneta rectangular

$$\text{Área hidráulica (A)} = by \quad (18)$$

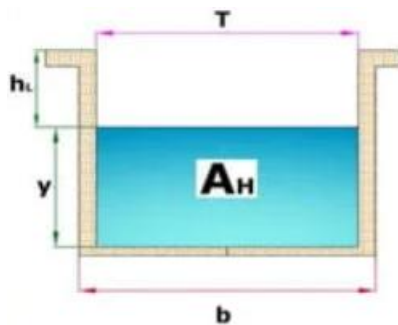
$$\text{Perímetro mojado (P)} = b + 2y \quad (19)$$

$$\text{Radio hidráulico (R)} = \frac{by}{b+2y} \quad (20)$$

$$\text{Espejo de agua (T)} = b \quad (21)$$

Figura 7

Cuneta Rectangular



Nota: elaborado a partir de información (Pérez R. , 2013).

b.2. Cuneta trapezoidal

$$\text{Área hidráulica (A)} = (b + zy)y \quad (22)$$

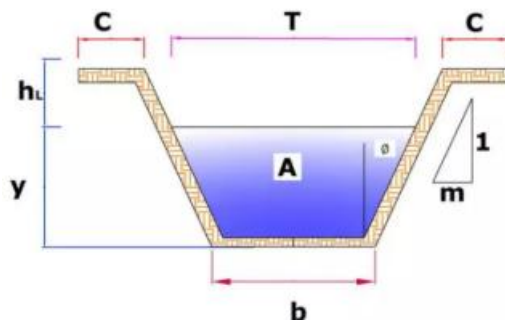
$$\text{Perímetro mojado (P)} = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \quad (23)$$

$$\text{Radio hidráulico } (R) = \frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}} \quad (24)$$

$$\text{Espejo de agua } (T) = b + 2zy \quad (25)$$

Figura 8

Cuneta Trapezoidal



Nota: elaborado a partir de información (Pérez R. , 2013).

b.3. Cuneta triangular

$$\text{Área hidráulica } (A) = zy^2 \quad (26)$$

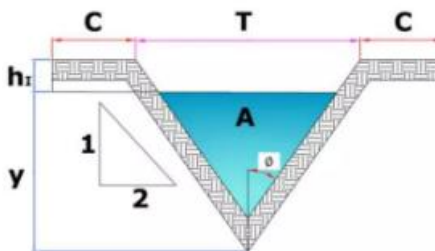
$$\text{Perímetro mojado } (P) = 2y\sqrt{1+z^2} \quad (27)$$

$$\text{Radio hidráulico } (R) = \frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}} \quad (28)$$

$$\text{Espejo de agua } (T) = 2zy \quad (29)$$

Figura 9

Cuneta Triangular



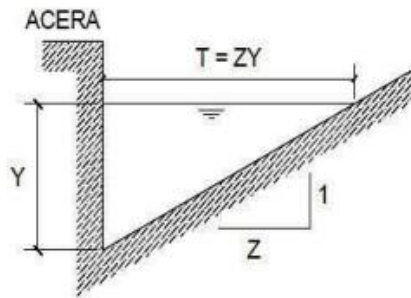
Nota: elaborado a partir de información (Pérez R. , 2013).

b.4. Cuneta triángulo rectángulo

$$Q = 315 \frac{z}{n} S^{1/2} Y^{8/3} \left[\frac{z}{1+\sqrt{1+z^2}} \right]^{2/3} \quad (30)$$

Figura 10

Cuneta Triángulo Rectángulo



Nota: norma CE.040 (MVCS, 2021).

b.5. Cuneta sección triángulo en V

Si $Z_a = Z_b = Z$

$$Q = 630 \frac{Z}{n} S^{1/2} Y^{8/3} \left[\frac{Z}{\sqrt{1+Z^2}} \right]^{2/3} \quad (31)$$

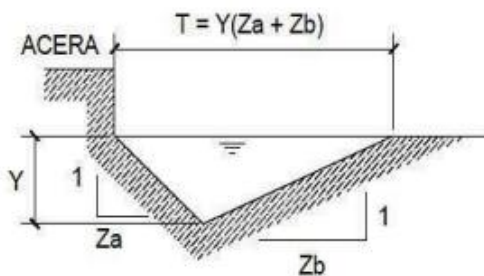
Si $Z_a \neq Z_b$ $Z_m = \frac{Z_a + Z_b}{2}$

$$Q = 1000 \frac{Z_m}{n} S^{1/2} Y^{8/3} \left[\frac{Z_m}{\sqrt{1+Z_a^2} \sqrt{1+Z_b^2}} \right]^{2/3} \quad (32)$$

Donde, Q caudal, n coeficiente de rugosidad de Manning, s pendiente longitudinal del canal, Z valor recíproco de la pendiente transversal 1:Z, Y tirante de agua en m, T ancho superficial en m, P perímetros mojado en m.

Figura 11

Cuneta Sección Triángulo en V



Nota: norma CE.040 (MVCS, 2021).

b.6. Cuneta sección compuesta

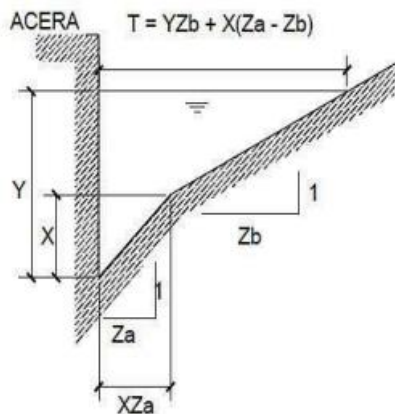
$$P = Y + X \sqrt{1 + \left(\frac{1}{Z_a}\right)^2} + \left(y - \frac{X}{Z_a}\right) \sqrt{1 + Z_b^2} \quad (33)$$

$$Q = 315 \frac{s^{1/2}}{n} \left[\left[2XY - \frac{X^2}{Z_a} \right] + Z_b \left(Y - \frac{X}{Z_a} \right)^2 \right]^{5/3} P^{2/3} \quad (34)$$

Donde, Q caudal, n coeficiente de rugosidad de Manning, s pendiente longitudinal del canal, Z valor recíproco de la pendiente transversal 1:Z, Y tirante de agua en m, T ancho superficial en m, P perímetros mojado en m.

Figura 12

Cuneta Sección Compuesta



Nota: norma CE.040 (MVCS, 2021).

d) Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de Manning (n) es un parámetro empírico que describe la resistencia al flujo en canales y conductos hidráulicos. Este coeficiente depende de las características físicas del lecho y las paredes del canal, como la rugosidad, la vegetación y las irregularidades superficiales (Lyra et al., 2010). Para la selección del coeficiente de rugosidad de Manning en cunetas y calzadas, es necesario considerar el tipo de material y su acabado superficial. Como se muestra en la Tabla 5, los valores de “n” varían dependiendo de si la cuneta o calzada está construida con concreto o asfalto, y si su textura es lisa o rugosa.

Tabla 5

n de Manning para cunetas de calles y calzadas

Tipo de cuneta o calzada	n de Manning
Cuneta de concreto con acabado paleteado	0.012
Calzada de asfalto	
Textura suave (o lisa)	0.013
Textura rugosa	0.016
Cuneta de concreto – calzada de asfalto	
Suave (o liso)	0.013
Rugoso	0.015
Calzada de concreto	
Acabado	0.014
Acabado escobillado	0.016
Para cunetas con pendientes pequeñas, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores antes indicados de <i>n</i> , en:	0.002

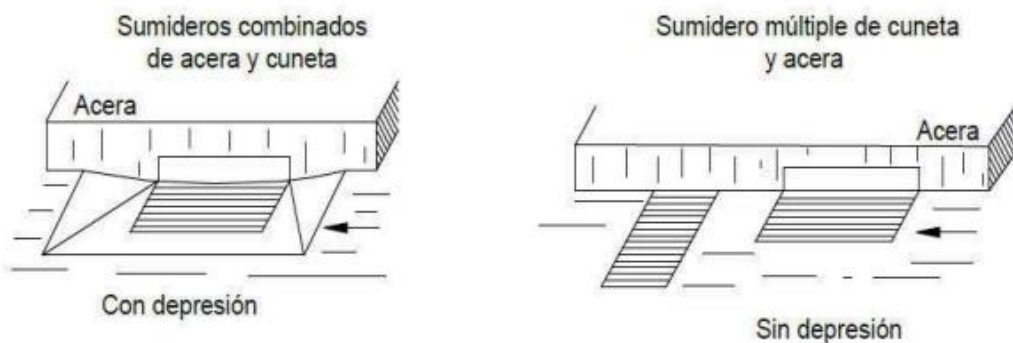
Nota: (MVCS, 2021).

2.3.3.4. Sumideros

Un sumidero es una estructura que recoge las aguas superficiales para dirigir las a sistemas de drenaje subterráneos. En el diseño de sumideros, se consideran factores como el área de captación, la intensidad de la lluvia, y la capacidad del sistema de drenaje al que estarán conectados (Butler et al., 2018).

Figura 13

Tipos de Sumideros



Nota: norma CE.040 (MVCS, 2021).

2.3.3.5.Rejillas

Las rejillas son elementos estructurales utilizados en los sistemas de drenaje pluvial para permitir la captación del agua de escorrentía y evitar la acumulación de residuos sólidos en la red de evacuación. Su diseño y disposición dependen de diversos factores, incluyendo el tipo de flujo y las condiciones del entorno donde serán instaladas. En términos de clasificación, las rejillas pueden diferenciarse según dos criterios principales: (Colmenares & Salvador, 2019)

Según el material de fabricación: Se pueden encontrar rejillas fabricadas en fierro fundido, caracterizadas por su alta resistencia a la carga y durabilidad, y en fierro laminado, que suelen ser más livianas y utilizadas en zonas con menores exigencias estructurales.

Según su ubicación y orientación respecto al flujo: Dependiendo de cómo interactúan con la dirección del agua, las rejillas pueden clasificarse en:

- Rejillas horizontales, que se instalan en la superficie de calles o cunetas y permiten la captación del agua que fluye sobre el pavimento.
- Rejillas verticales, ubicadas en paredes de canales o alcantarillas, diseñadas para interceptar el agua en flujos con mayor profundidad o en estructuras específicas de drenaje.

La elección del tipo de rejilla adecuada depende de las condiciones hidráulicas del sistema, el volumen de escorrentía a manejar y la necesidad de garantizar una evacuación eficiente del agua pluvial sin comprometer la seguridad vial ni la funcionalidad del drenaje urbano.

2.3.3.6.Colectores

Los colectores de aguas pluviales son conductos subterráneos diseñados para recolectar, transportar y evacuar la escorrentía superficial generada por las

precipitaciones. Estos sistemas forman parte del drenaje urbano y están conectados a sumideros, alcantarillas y otros dispositivos que canalizan el agua hacia cuerpos receptores naturales, como ríos, lagos o sistemas de tratamiento (Colmenares & Salvador, 2019).

a. Ubicación y alineamiento

Para garantizar un adecuado sistema de drenaje de plataforma, los colectores pluviales no deben instalarse debajo de la pavimentación ni de las bermas. Sin embargo, si es inevitable colocar conexiones bajo la calzada, se debe asegurar la presencia de registros con accesos adecuados, los cuales deben estar ubicados fuera de los límites de las bermas para facilitar su mantenimiento y operación (Colmenares & Salvador, 2019).

b. Diámetro de tubos

El diámetro de los tubos utilizados en los colectores pluviales debe seleccionarse en función del tipo de colector y la capacidad de drenaje requerida (Colmenares & Salvador, 2019).

Tabla 6

Diámetros Mínimos según el Tipo de Tubería

Tipo de colector	Colector troncal	Lateral troncal	Conductor lateral
Diámetro Mínimo	0.5	0.4	0.4

Nota: (Colmenares & Salvador, 2019).

c. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico de los colectores de aguas pluviales se basa en los métodos de diseño de conductos cerrados. Para garantizar la eficiencia en la evacuación del agua de lluvia, es fundamental considerar parámetros como el caudal de diseño, la pendiente del conducto y las características del material utilizado en la construcción de los colectores (MVCS, 2021).

Tabla 7*Coefficientes de Rugosidad de Manning Según el Tipo Tuberías*

Tubería	Asbesto Cemento	Hierro Fundido Dúctil	Cloruro de Polivinilo	Poliéster reforzado con fibra de Vidrio	Concreto Armado liso	Concreto Armado con revestimiento de PVC	Arcilla Vitrificada
Diámetro mínimo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.013	0.01	0.01

Nota: (Colmenares & Salvador, 2019).

d. Velocidad mínima y máxima.

- La velocidad mínima del flujo debe ser de 0.90 m/s cuando el agua circula a tubo lleno.
- La velocidad máxima depende de la cantidad de sedimentos en suspensión y de la resistencia del material a la erosión.

Tabla 8*Velocidad Máxima para Tuberías de Alcantarillado*

Material de la tubería	Asbesto Cemento	Hierro Fundido Dúctil	Cloruro de Polivinilo	Poliéster reforzado con fibra de Vidrio	Arcilla Vitrificada	Concreto armado de kg/cm ²			
						140	210	250	280
Agua con fragmentos de arena y grava	3	3	6	3	3.5	2	3.3.	4	4.3

Nota: (Colmenares & Salvador, 2019).

e. Pendiente mínima

Para garantizar un flujo adecuado en los colectores pluviales, el desnivel mínimo de alturas debe ser determinado en función del diámetro de la tubería. Esto asegura que el sistema cumpla con la velocidad mínima de 0.90 m/s cuando el flujo circula a tubo lleno, evitando la sedimentación y asegurando un transporte eficiente del agua pluvial (MVCS, 2021).

2.3.3.7. Buzones

Un buzón, o pozo de inspección, es una estructura de acceso dentro de un sistema de alcantarillado o drenaje subterráneo, diseñada para facilitar el mantenimiento y limpieza del sistema (Buchanan et al., 2020).

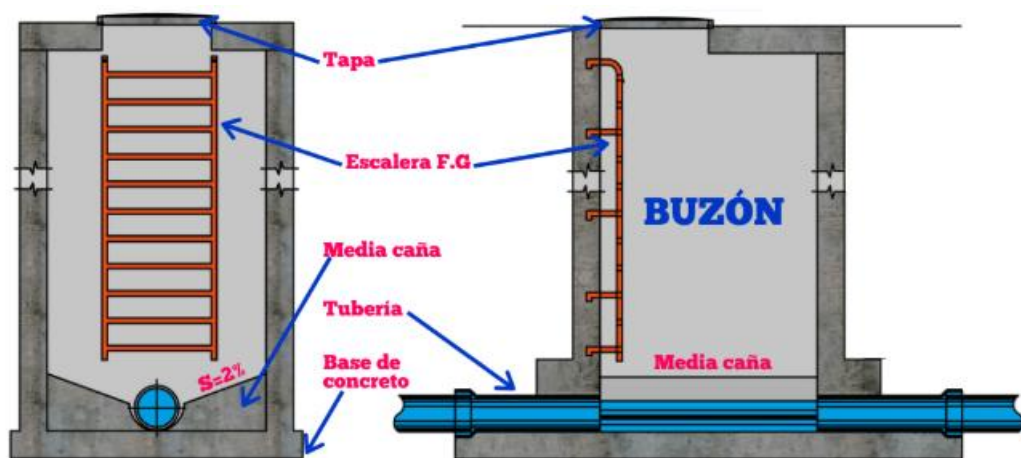
a. Elementos de un buzón

Un buzón tiene los siguientes elementos:

- **Tapa de registro:** Proporciona acceso al interior del buzón.
- **Cuerpo del buzón:** Construido en concreto u otro material resistente.
- **Base o fondo:** Diseñada para soportar la carga estructural y facilitar el flujo de agua hacia las tuberías.

Figura 14

Elementos de un Buzón de Alcantarillado Sanitario



Nota: (Ingeniería Sanitaria con BIM, 2020).

2.3.3.8. Evacuación de aguas recolectadas

Establece que las aguas pluviales recolectadas por los sistemas de drenaje urbano deben ser evacuadas de manera eficiente hacia depósitos naturales como el mar, ríos, lagos, quebradas y depresiones. Esta disposición tiene como objetivo evitar acumulaciones en zonas urbanas, prevenir inundaciones y garantizar el adecuado manejo del recurso hídrico (MVCS, 2021).

2.3.4. Modelo y métodos de evaluación de redes de drenaje

El análisis y diseño de redes de drenaje pluvial requieren la aplicación de modelos que permitan evaluar su eficiencia y desempeño bajo diferentes condiciones hidrológicas. Estos modelos facilitan la identificación de deficiencias en el sistema y la optimización de su capacidad para manejar el caudal de escorrentía generado por eventos de precipitación. Los métodos de evaluación incluyen tanto herramientas analíticas como simulaciones computacionales, permitiendo analizar el comportamiento hidráulico e hidrológico del sistema, predecir zonas de acumulación de agua y proponer estrategias de mejora (Fernández-Pato & García-Navarro, 2017).

2.3.4.1. Principios básicos

El modelamiento de redes de drenaje urbano se basa en la aplicación de principios de hidrología e hidráulica, que describen el movimiento del agua desde su punto de origen hasta su descarga en el sistema de drenaje. Entre los fundamentos más importantes se encuentran la ecuación de continuidad, la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento y la ecuación de Manning para el cálculo del flujo en conductos abiertos y cerrados. El modelado permite representar el comportamiento del agua en la red de drenaje, evaluando la capacidad de los colectores, la velocidad del flujo y los tiempos de concentración (Fernández-Pato & García-Navarro, 2017).

a. Datos para el modelo

- **Entrada de datos hidrológicos:** Información sobre la precipitación, uso del suelo y características topográficas.
- **Estructura de la red:** Detalles de la red de drenaje, incluyendo tuberías, canales, estructuras de captación y descarga.

- **Parámetros hidráulicos:** Características de flujo, capacidad de conducción y condiciones de borde.

b. Componentes del modelo

Un modelo de drenaje urbano está compuesto por varios elementos interconectados que simulan el funcionamiento del sistema de evacuación de aguas pluviales. Estos incluyen:

- Cuenca de captación, define el área de escurrimiento y el volumen de agua.
- Red de conductos, conformada por tuberías, canales y colectores diseñados para transportar el caudal de esorrentía.
- Sumideros y rejillas, encargados de interceptar y dirigir el agua hacia la red de drenaje.
- Estructuras de control y almacenamiento, como estanques de retención y cámaras de disipación de energía.

2.3.4.2. Modelos matemáticos de drenaje urbano

Herramientas computacionales que simulan el comportamiento hidráulico de las redes de drenaje en entornos urbanos, estos permiten analizar y predecir el flujo de agua a través de sistemas de alcantarillado, canales y cauces, facilitando el diseño, evaluación y optimización de infraestructuras de drenaje para mitigar inundaciones y gestionar eficientemente las aguas pluviales (García et al., 2015).

Los modelos matemáticos de drenaje urbano permiten simular el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones climáticas y escenarios de diseño. Entre los más utilizados se encuentran: (García et al., 2015)

a. Modelo HEC-RAS para flujo en cauces urbanos

Es un software desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos que permite modelar el flujo hidráulico en ríos y cauces.

Aunque originalmente diseñado para sistemas fluviales, HEC-RAS ha sido adaptado para aplicaciones urbanas, incluyendo la modelación de flujos en tuberías presurizadas, conexiones de tuberías, entradas de agua, pérdidas menores, roturas de diques, estaciones de bombeo y áreas de almacenamiento. Estas capacidades lo convierten en una herramienta versátil para el análisis de sistemas de drenaje urbano (Alcántara & Castro, 2021).

b. Modelo SewerGEMS

Es un software avanzado de modelación hidráulica y de calidad del agua para sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. Ofrece una plataforma integrada que permite a los ingenieros diseñar, analizar y operar sistemas de drenaje urbano de manera eficiente. SewerGEMS soporta múltiples plataformas, incluyendo MicroStation, AutoCAD y una interfaz autónoma llamada Stand-Alone, proporcionando flexibilidad en su uso. Además, facilita la integración con Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que mejora la precisión en la representación y análisis de las redes de drenaje (Muruges & Krishna, 2015).

2.3.4.3. Indicadores de desempeño en sistemas de drenaje

Son métricas utilizadas para evaluar la eficiencia y eficacia de las infraestructuras de drenaje urbano. Estos indicadores permiten monitorear y analizar aspectos clave como la capacidad de manejo de la escorrentía, la calidad del agua, la sostenibilidad y la resiliencia del sistema frente a eventos climáticos extremos (Matos et al., 2020).

Para evaluar la eficiencia de una red de drenaje pluvial, se utilizan indicadores clave, tales como: (Matos et al., 2020)

- Capacidad hidráulica, que mide el caudal máximo que la red puede transportar sin desbordamiento.

- Tiempo de evacuación, que determina la rapidez con la que el sistema drena el agua después de un evento de precipitación.
- Frecuencia y extensión de inundaciones, que evalúa la cantidad de eventos de inundación y el área afectada.
- Porcentaje de cobertura del sistema de drenaje, que indica la proporción del área urbana que cuenta con infraestructura de evacuación de aguas pluviales.

a. Reducción de la escorrentía

La reducción de la escorrentía se refiere a la capacidad del sistema de drenaje para disminuir el volumen y la velocidad del agua superficial que fluye tras eventos de precipitación (Chachero, 2012).

b. Control de aguas pluviales

El control efectivo de las aguas pluviales es esencial para prevenir inundaciones, proteger los ecosistemas acuáticos y garantizar un suministro adecuado de agua en entornos urbanos (Pérez & Anabel, 2019). El control de las aguas pluviales se refiere a las técnicas y prácticas utilizadas para gestionar el flujo y la calidad del agua de lluvia que escurren en las superficies terrestres, urbanas y rurales. Este control es esencial para prevenir inundaciones, reducir la contaminación del agua, recargar los acuíferos y proteger los ecosistemas acuáticos (Barbosa et al., 2012).

c. Control de inundaciones pluviales por acumulación de escorrentía

Se producen cuando la lluvia intensa genera más agua de la que puede ser absorbida por el suelo o manejada por la infraestructura de drenaje existente. Este fenómeno es común en áreas urbanas, donde la impermeabilización del suelo (debido a pavimentos y edificaciones) impide la infiltración del agua, pero se puede controlar a través de obras de drenaje pluvial (Palla et al., 2018).

2.4. Hipótesis

Las redes de evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas presentan deficiencias significativas en cuanto a su capacidad y diseño para manejar la escorrentía superficial durante la temporada de lluvias. La implementación de un sistema de drenaje pluvial mejorado, basado en un diseño hidráulico adecuado y conforme a normativas técnicas, permitirá mejorar la evacuación del agua pluvial con mayor rapidez y reducir significativamente el impacto de las inundaciones urbanas.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable única: *Redes de evacuación de aguas pluviales*

Las redes de evacuación de aguas pluviales son sistemas de infraestructura hidráulica diseñados para recolectar, transportar y descargar eficientemente el agua de lluvia, evitando su acumulación en áreas urbanas y reduciendo la acumulación de la escorrentía superficial. Estos sistemas pueden incluir cunetas, alcantarillas, colectores, sumideros, canales y otros elementos que permiten dirigir la escorrentía superficial hacia cuerpos de agua naturales. Su diseño y capacidad dependen de factores como el régimen de precipitaciones, la topografía del terreno y las normativas técnicas aplicables.

Tabla 9

Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Ítem
Variable única: Redes de evacuación de aguas pluviales	Infraestructura destinada a la recolección, conducción y evacuación del agua de lluvia en zonas urbanas, evitando acumulaciones que puedan generar inundaciones y afectaciones a la población y a la infraestructura.	Análisis hidrológico e hidráulico	Evaluación de las condiciones de precipitación, escorrentía y flujo dentro del sistema de drenaje.	Área de la cuenca urbana	m ²
				Intensidad máxima	mm/hr
				Periodo de retorno	años
				Tiempo de concentración	minutos
				Caudal de diseño	m ³ /s
				Modelamiento hidráulico	m ²
		Capacidad hidráulica de las redes existentes	Determinación del caudal máximo que los componentes del sistema pueden manejar sin provocar desbordamientos	Dimensiones	cm
				Caudal máximo de evacuación	m ³ /s
				Capacidad de conducción	m ³ /s
		Cobertura y estructuras del sistema existente	Extensión y distribución de la red de drenaje pluvial, incluyendo la cantidad y tipo de infraestructuras presentes.	Zonas sin drenaje	km
				Longitud total de la red de drenaje existente	km
				Porcentaje de calles con sistemas de drenaje funcionales	%
				Nivel de acumulación de agua en zonas críticas	cm
		Eficiencia y desempeño del sistema existente	Evaluación del funcionamiento del sistema en condiciones de lluvia intensa.	Tiempo de evacuación del agua pluvial tras eventos de lluvia	min
				Extensión del área afectada por escorrentía	m ²
Diseño de redes de evacuación de agua pluvial	Soluciones técnicas para mejorar el drenaje pluvial en función del análisis hidrológico e hidráulico y según las normativas.	Cuneta	cm		
		Rejilla	ml		
		Sumidero	Nº		

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar la capacidad del sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Lajas, a través del modelamiento hidrológico e hidráulico, se cuantificaron variables como caudales de escorrentía y, capacidad de conducción, lo que permitió realizar comparaciones técnicas entre el sistema de drenaje existente y el sistema propuesto como mejora.

En cuanto al tipo de investigación es aplicada, dado que usa conocimientos previos en hidrología e hidráulica, respaldados por normativas técnicas peruanas, con el propósito de generar soluciones concretas para la problemática del drenaje pluvial en Lajas. El estudio no solo busca comprender la situación actual, sino que también plantea mejoras prácticas y viables para la evacuación del agua pluvial.

Respecto a su nivel, la investigación es descriptiva, ya que se centra en caracterizar el sistema de drenaje pluvial de Lajas, se describe detalladamente cómo opera el sistema actual y en qué medida se puede mejorar el mismo.

Tabla 10

Tipo de Investigación

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia metodológica	Cuantitativa
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Fuente de datos	Mixta
Contexto donde sucede	Biblioteca, laboratorio, campo
Objetivos	Descriptiva
Diseño de la prueba	No experimental

Nota: (Grajales, 2000).

3.2. Diseño de investigación

La investigación se enmarca dentro de un diseño descriptivo causal simple de corte transversal, ya que busca analizar la relación de causa y efecto entre la capacidad del sistema de drenaje urbano existente y el control de la escorrentía superficial. El estudio se centra en determinar cómo la infraestructura actual de drenaje influye en la extensión de inundaciones pluviales comparándola con una propuesta de mejora del sistema de drenaje. Para ello, se emplea un análisis cuantitativo basado en modelación hidrológica e hidráulica utilizando los softwares HEC-RAS y SewerGEMS, lo que permite evaluar la variación en la acumulación de agua bajo distintos escenarios, donde, los datos se recogen en un único punto en el tiempo, proporcionando una evaluación detallada de la situación actual y su posible mejora con el nuevo diseño de drenaje pluvial.

$$M \leftarrow XY \quad (35)$$

Donde, M es la muestra, pero el enfoque causal radica en que se mide el impacto de la variable única (X: Redes de evacuación de aguas pluviales) sobre la variable interviniente (Y: Control de escorrentía superficial).

3.3. Métodos de investigación

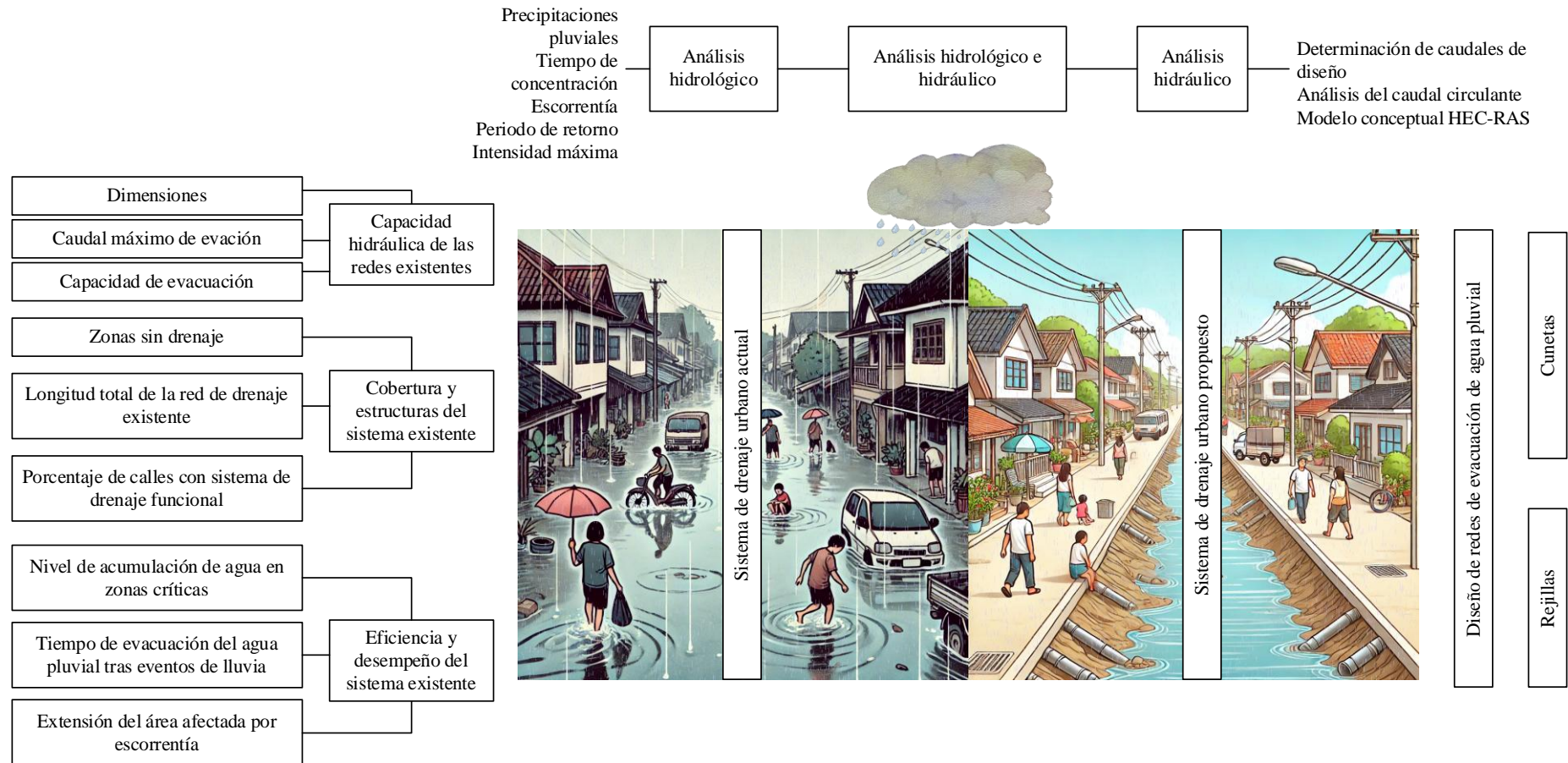
En la investigación se ha aplicado el método de investigación sintético-analítico, ya que permite analizar detalladamente el sistema de drenaje pluvial existente, descomponiéndolo en sus elementos esenciales, para luego integrar la información obtenida en una visión global que facilite la identificación de deficiencias y la formulación de mejoras. En primer lugar, el análisis se enfoca en el estudio detallado de cada componente del sistema de drenaje, como cunetas, alcantarillas, colectores y su capacidad hidráulica, así como en la evaluación de la escorrentía superficial generada por las precipitaciones, a través del uso de HEC-

RAS, se ha examinado las condiciones actuales del sistema y su capacidad para evacuar el agua pluvial; posteriormente, en la fase de síntesis, se han integrado todos estos resultados para obtener una comprensión global del desempeño del sistema de drenaje en la ciudad de Lajas, y se han comparado las condiciones del sistema actual con una propuesta de mejora.

El uso del método sintético-analítico ha permitido no solo analizar cada aspecto técnico del sistema de drenaje pluvial de forma detallada, sino también generar un diagnóstico integral que sirva de base para la formulación de soluciones eficientes. De esta manera, la investigación no solo describe la problemática existente, sino que también propone estrategias concretas para mejorar la infraestructura de drenaje en Lajas.

Figura 15

Diseño de Investigación: Descriptivo Causal Simple



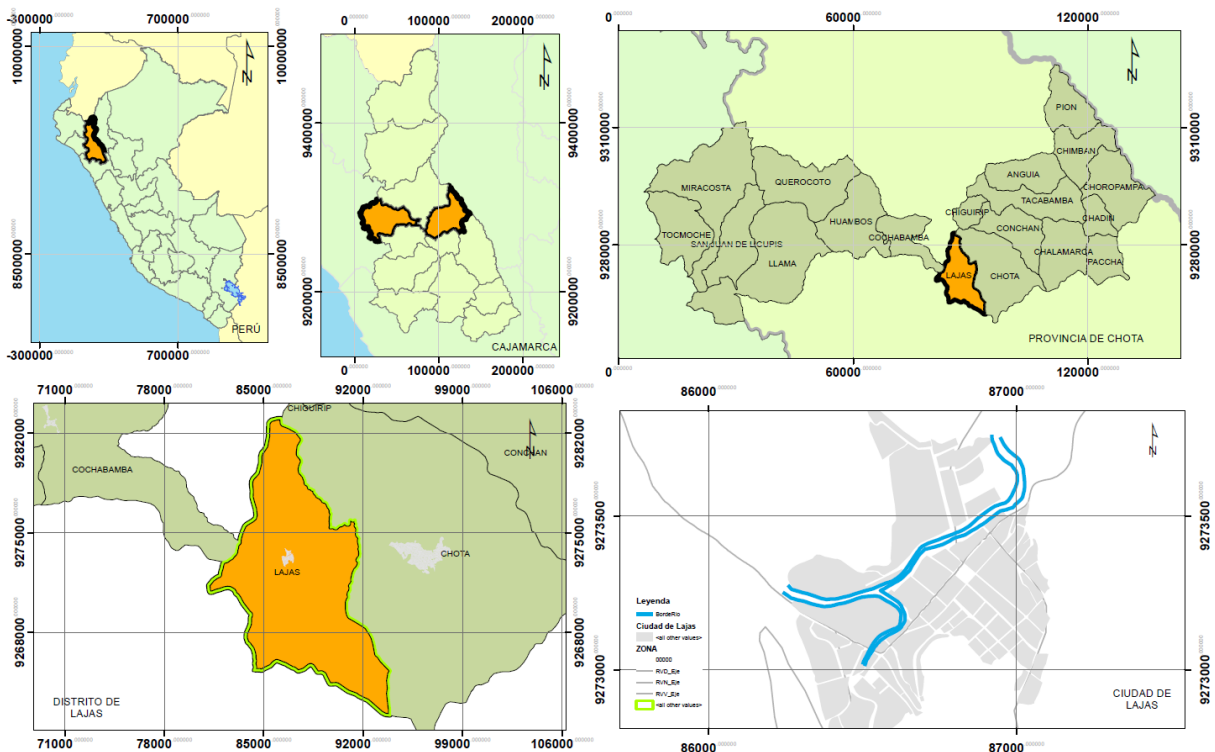
3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

El sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Lajas, distrito de Lajas, provincia de Chota, región Cajamarca. La ciudad de Lajas tiene una extensión aproximada de 60 ha, con coordenadas UTM WGS84 17S 750441.77 m E, 9274279.49 m S, es atravesada por el río Jalqueño y el río Chotano que dividen a la ciudad de Lajas en dos sectores: 1) El Molino y 2) El Cercado de Lajas, siendo este último el sector más afectado por las precipitaciones pluviales, debido a que, hidrológicamente, está rodeado por los ríos antes mencionados; geológicamente tiene suelos arcillosos mal drenados según la Municipalidad Distrital de Lajas; topográficamente, el terreno es plano, y constructivamente, tiene mayor cantidad de viviendas por ser el centro de la ciudad.

Figura 16

Ubicación de la Ciudad de Lajas



3.4.2. *Muestra*

La muestra no probabilística, por conveniencia es el sistema de drenaje pluvial del sector cercado de Lajas de la ciudad homónima, que abarca el área de 0.21 km², seleccionado debido a los problemas significativos experimentados durante las épocas de lluvia, destacándose por carecer de un sistema de drenaje pluvial adecuado.

3.4.3. *Muestreo*

La muestra no probabilista del estudio determinada a criterio del autor, debido a las condiciones hidrológicas, geológicas, topográficas y constructivas del sector, es el sistema de drenaje pluvial del sector “Cercado de Lajas” de la ciudad de Lajas, sector de 21 ha, sector más afectado por las precipitaciones pluviales, porque, hidrológicamente, está rodeado por el río Chotano y el río Jalqueño; geológicamente tiene suelos arcillosos mal drenados según la Municipalidad Distrital de Lajas; topográficamente, el terreno es plano, y constructivamente, tiene mayor cantidad de viviendas por ser el centro de la ciudad.

Tabla 11

Datos Técnicos del Sector Cercado de Lajas

Datos técnicos	Sector Cercado de Lajas
Área (km ²)	0.21
Perímetro (km)	2.54
N° de manzanas	64
Área construida (km ²)	0.156
Área vial (km ²)	0.052
Suelo de acuerdo a la MDL	Arcilloso mal drenado
Limitado hidrológicamente	Río Jalqueño y río Chotano
Topografía	Plana
Estación meteorológica cercana	Estación Chotano – Lajas

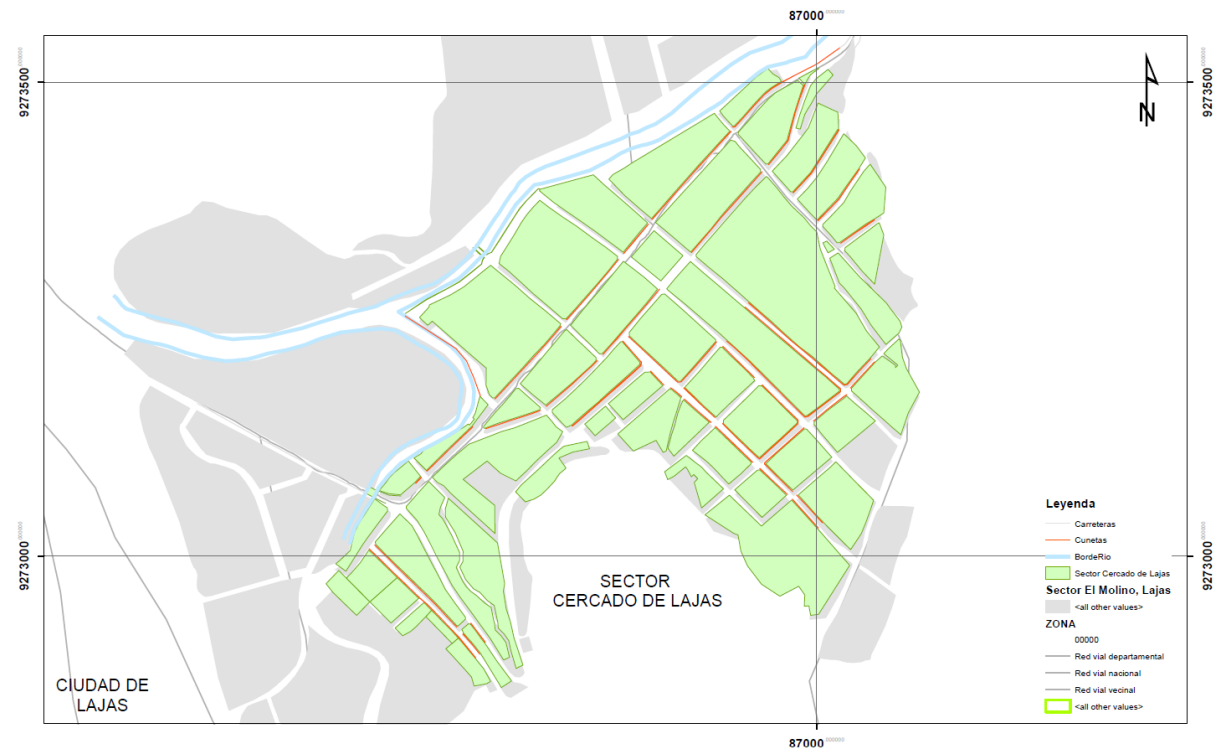
Figura 17

Sectores de la Ciudad de Lajas



Figura 18

Sector Cercado de Lajas



3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de los datos

Observación y medición. A través de la observación en campo, se identificaron las características físicas del sistema, como la presencia y distribución de cunetas, además de detectar zonas críticas donde se acumula el agua durante las lluvias; para complementar esta información, se realizaron mediciones específicas, incluyendo el levantamiento topográfico del área de estudio, lo que permitió obtener datos precisos sobre la pendiente del terreno, el trazado de las redes de drenaje existentes y su interconexión con otros elementos urbanos.

Análisis hidrológico e hidráulico. Esta técnica constituyó la base del estudio, ya que permitió evaluar la generación de escorrentía superficial. Se analizaron datos meteorológicos históricos para determinar los caudales de lluvia asociados a diferentes T_r , lo que facilitó la estimación de los volúmenes de agua que el sistema de drenaje debe manejar. Posteriormente, a través de modelos hidrológicos e hidráulicos implementados en HEC-RAS y SewerGEMS, se simularon distintos escenarios de precipitación extrema, lo que permitió identificar la capacidad del sistema actual y su respuesta ante eventos de lluvias intensas.

Comparación. Para evaluar la efectividad del sistema de drenaje actual y justificar la necesidad de mejoras, se realizó una comparación técnica entre la infraestructura existente y un sistema de drenaje urbano. A partir de los resultados obtenidos en el análisis hidrológico e hidráulico, se compararon los niveles de escorrentía, y la capacidad de evacuación de caudales en dos escenarios: con el sistema de drenaje actual, y con el sistema de drenaje mejorado, basado en los lineamientos de la norma CE.040, con la incorporación de nuevas estructuras diseñadas según los estudios básicos.

3.5.2. *Instrumentos para la recolección de los datos*

Cuaderno de campo. En este documento se consignaron datos clave, como la ubicación de puntos críticos de inundación, la descripción de la infraestructura de drenaje existente y cualquier condición relevante que afectara la escorrentía pluvial en la ciudad de Lajas. Además, se incluyó información técnica sobre puntos fijos y Benchmarks (BMS), los cuales fueron utilizados como referencia para el levantamiento topográfico del área de estudio.

Informe hidrológico e hidráulico. documento técnico en el que se sistematizaron los resultados del análisis hidrológico y la modelación hidráulica. En este informe se incluyeron:

- La delimitación de la cuenca hidrográfica urbana, identificando las áreas de aporte de escorrentía que influyen en la ciudad de Lajas.
- El análisis de precipitaciones, basado en datos históricos, para estimar la intensidad y frecuencia de lluvias en distintos periodos de retorno.
- La determinación del caudal de diseño, para establecer el volumen de agua que debe manejar la red de drenaje.
- El modelamiento hidráulico, realizado en HEC-RAS y SewerGEMS, que permitió simular el comportamiento del sistema de drenaje actual y sistema propuesto.

Matriz de comparación. La matriz de comparación fue utilizada como una herramienta clave para sintetizar los resultados del estudio. En esta tabla comparativa se resumió el volumen de inundación controlado por el sistema de drenaje actual y el volumen que podría ser manejado por el sistema de drenaje propuesto. A través de esta comparación, se evidenció la diferencia en la eficiencia de ambos sistemas.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Obtención de información

3.6.1.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se llevó a cabo utilizando estación total para complementar la información cartográfica proporcionada por la Municipalidad Distrital de Lajas en el plano de catastro urbano. Esta actividad se realizó en el sector Cercado de Lajas, que abarca un área de estudio de 21 ha y está delimitado por los ríos Chotano y Jalqueño. Se inició con la ubicación de un punto de referencia utilizando un GPS de mano, seguido de la instalación y calibración de la estación total. Posteriormente, se efectuaron los cambios de estación necesarios y se tomaron lecturas de puntos clave como cunetas, bordes y ejes de calles, además de establecer puntos fijos y BMS marcados con esmalte rojo. Finalmente, los datos recolectados fueron procesados en software especializado para la generación de planos topográficos.

Figura 19

Proceso de Levantamiento Topográfico



a) Equipos, materiales e instrumentos

- Estación total
- GPS de mano
- Prismas reflectantes y bastón porta prisma
- Pintura esmalte rojo
- Cinta métrica
- Libreta de campo
- Computadora con software de procesamiento topográfico (Civil 3D)

b) Procedimiento

- Se seleccionó el punto de referencia con GPS de mano y se procedió a instalar la estación total sobre un trípode, asegurando su nivelación y calibración.
- A partir del punto inicial, se realizaron los cambios de estación necesarios, asegurando la continuidad del levantamiento. Se tomaron lecturas de puntos clave, incluyendo veredas, cunetas, bordes de calle, eje de las calles y demás elementos de interés.
- Se establecieron puntos fijos y Benchmarks (BMS), los cuales fueron demarcados con esmalte rojo para futuras referencias y verificaciones.
- Se registraron todas las coordenadas y niveles en la libreta de campo, asegurando un adecuado control y precisión de los datos obtenidos.
- Los datos recopilados fueron descargados y procesados en Civil 3D, con lo que se generaron los planos topográficos del sector Cercado de Lajas.
- Los planos obtenidos fueron contrastados y complementados con la información del catastro de la ciudad de Lajas, proporcionado por la Municipalidad Distrital de Lajas, para definir nombres de vías y referencias urbanas.

3.6.1.2. Delimitación de la cuenca urbana

Para delimitar la cuenca urbana del sector Cercado de Lajas, se utilizó el software ArcGIS 10.8, empleando las curvas de nivel obtenidas del levantamiento topográfico para definir el área de aporte hídrico. Se generó el Modelo Digital MDT, a partir del cual se identificaron las direcciones de flujo y las pendientes naturales del terreno; luego, se aplicaron herramientas de geoprocésamiento para trazar los límites de la cuenca y se calcularon parámetros geomorfológicos clave, como superficie, perímetro, pendiente y coeficiente de escurrimiento.

a) Equipos, materiales e instrumentos

- Computadora
- GPS de mano
- Mapas topográficos georreferenciados
- Base cartográfica de la ciudad de Lajas
- Software ArcGIS 10.8
- Libreta de campo para anotaciones

b) Procedimiento

- Se cargaron en ArcGIS 10.8 las curvas de nivel obtenidas del levantamiento topográfico, las cuales permitieron definir la morfología del terreno.
- A partir de las curvas de nivel, se generó el MDT.
- Se identificaron las pendientes y direcciones de flujo, determinando así los patrones de escurrimiento superficial dentro del sector.
- Se aplicaron herramientas de geoprocésamiento en ArcGIS para delimitar el área de aporte hídrico, considerando la topografía y los límites naturales.
- Se determinaron características generales de la cuenca, como superficie, perímetro, altitud media, pendiente promedio y coeficiente de escurrimiento.

c) Resultados

La cuenca urbana abarca 0.21 km² en un perímetro de 2.54 km, presenta pendiente referencial de 2.84%, no obstante, estos parámetros se definirán por tramos para el cálculo de caudales, detallado en los acápites siguientes.

Figura 20

Cuenca Urbana del Sector Cercado de Lajas, Ciudad de Lajas

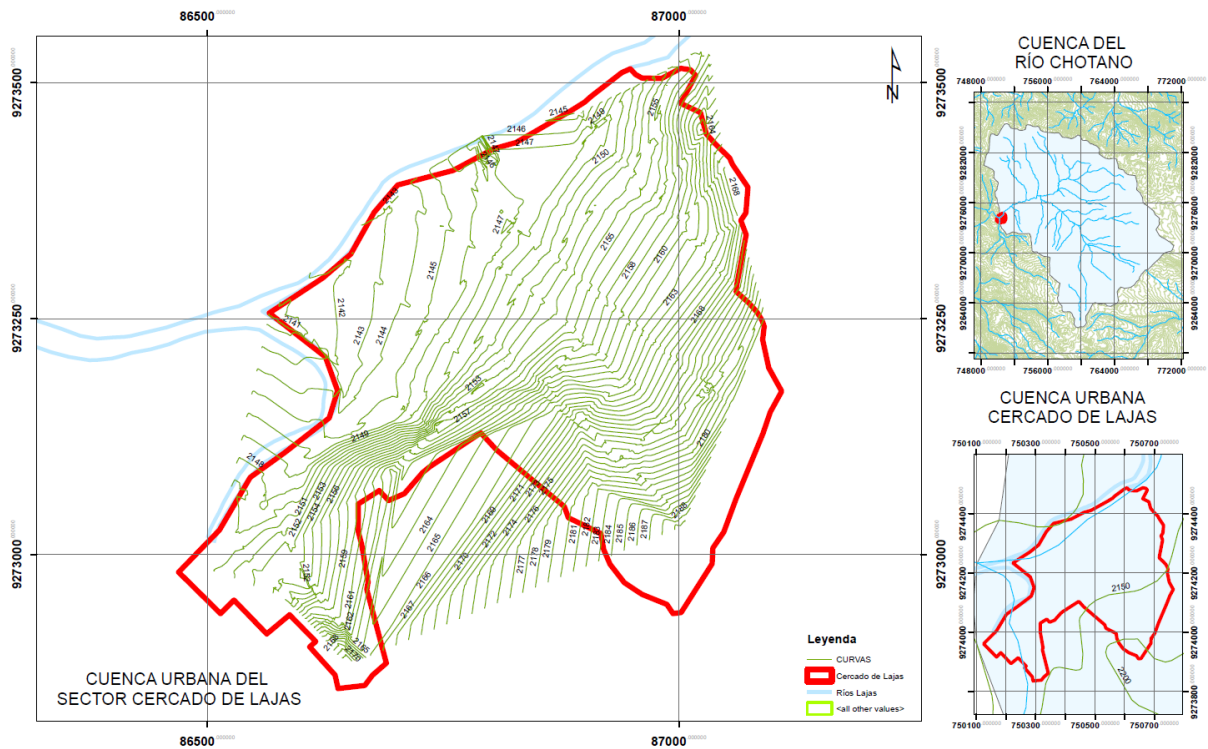


Tabla 12

Características Geomorfológicas de la Cuenca Urbana Cercado de Lajas

Parámetro hidro geomorfológico	Cuenca urbana del sector Cercado de Lajas	Cuenca del río Chotano
Área (km ²)	0.21	295.56
Perímetro (km)	2.54	81.89
Coefficiente de compacidad	1.552	1.334
Altitud media (msnm)	2,164.50	2,849.88
Pendiente de la cuenca (%)	2.84	8.50
Longitud del máximo recorrido (km)	1.50	24.24
Pendiente del máximo recorrido (%)	3.13	2.78
Tiempo de concentración (minutos)	19.26	400.46

3.6.1.3. Verificación de las cunetas existentes en campo

Para verificar el estado y funcionalidad de las cunetas existentes en el sector Cercado de Lajas, se realizaron visitas de campo con el objetivo de registrar sus dimensiones, longitud, estado de conservación y nivel de mantenimiento. Se utilizaron equipos como GPS de mano, cinta métrica y flexómetro para medir el ancho, profundidad y continuidad de las cunetas, además de evaluar su interconexión y operatividad. Se determinó el porcentaje de calles con drenaje funcional y se inspeccionó el grado de deterioro y obstrucciones, considerando la acumulación de sedimentos y residuos.

a) Equipos, materiales e instrumentos

- GPS de mano
- Cinta métrica de 50 m y flexómetro
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Fichas de registro de datos
- Marcadores y lápices
- Ropa y equipo de seguridad

b) Procedimiento

Para realizar la verificación de las cunetas existentes en el sector Cercado de Lajas, se llevaron a cabo visitas de campo en las que se inspeccionaron sus dimensiones, estado y funcionalidad. El procedimiento seguido fue el siguiente:

- Se recorrieron las calles del sector Cercado de Lajas con un GPS de mano para identificar la ubicación exacta de las cunetas y registrar sus coordenadas.
- Se midieron el ancho, profundidad y longitud de cada cuneta utilizando cintas métricas y flexómetro, registrando los datos en fichas de campo.

- Se determinó la longitud de la red de drenaje, considerando la interconexión de cunetas en calles contiguas y registrando los tramos sin drenaje.
- Se realizó un análisis para establecer el porcentaje de calles con drenaje operativo, considerando aquellas que cuentan con cunetas en condiciones adecuadas y aquellas que presentan deficiencias en su conexión.
- Se observó y registró el grado de deterioro de las cunetas, identificando fisuras, erosión, sedimentación o daños que afecten su desempeño.
- Se verificó la presencia de obstrucciones y acumulación de sedimentos o residuos sólidos, evaluando el estado de limpieza.
- Los resultados obtenidos fueron registrados complementándolos con imágenes fotográficas y observaciones descriptivas.

Figura 21

Proceso de Verificación de Dimensiones y Condiciones de las Cunetas



3.6.1.4. Análisis hidrológico

a) Información pluviométrica

En el presente estudio se empleó información meteorológica relacionada con las precipitaciones pluviales máximas en 24 horas registradas en la estación Chotano Lajas del distrito de Lajas, provincia de Chota, abarcando un periodo de datos anuales comprendido entre 1986 y 2023, lo que suma un total de 38 años de registros. Durante este intervalo, el año con mayor precipitación fue 1989, alcanzando un valor máximo de 82.1 mm.

Tabla 13

Ubicación Geográfica de la Estación Chotano Lajas

Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84 17S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
Chota	Lajas	750035.00 m E	9274088.00 m S	2463

Figura 22

Ubicación de la Estación Meteorológica Chotano Lajas

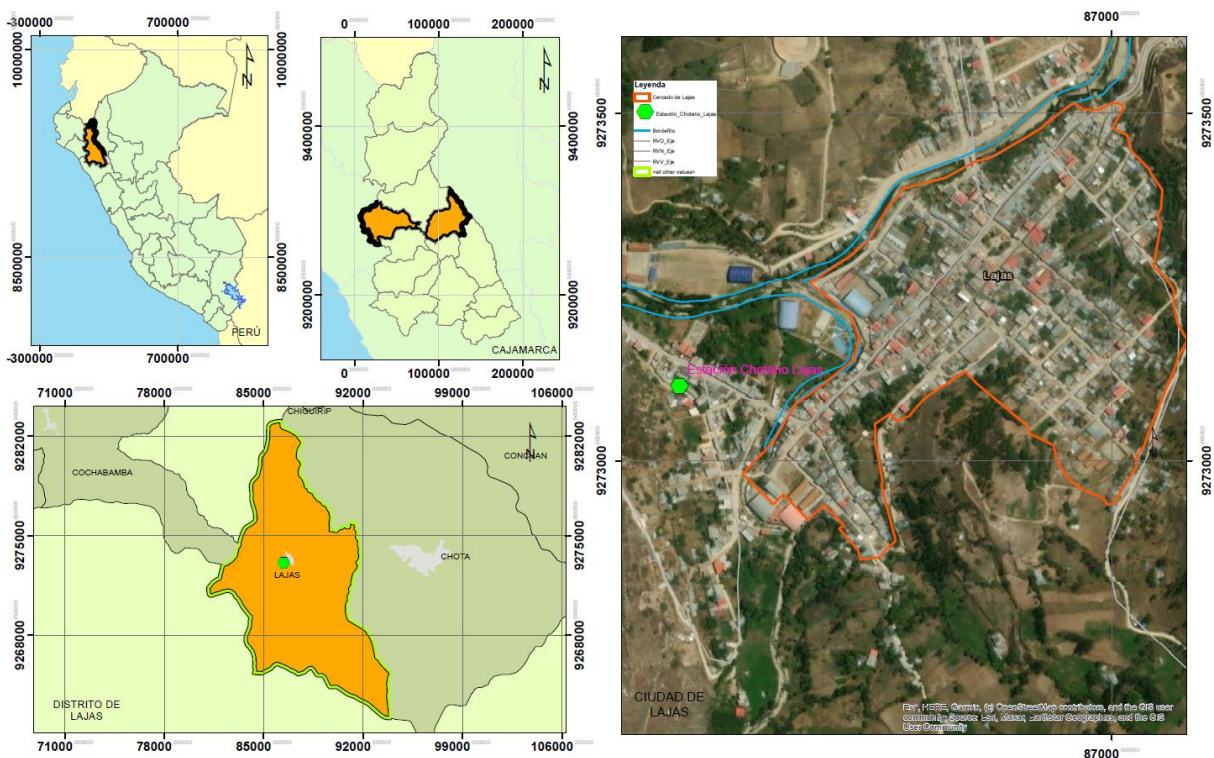
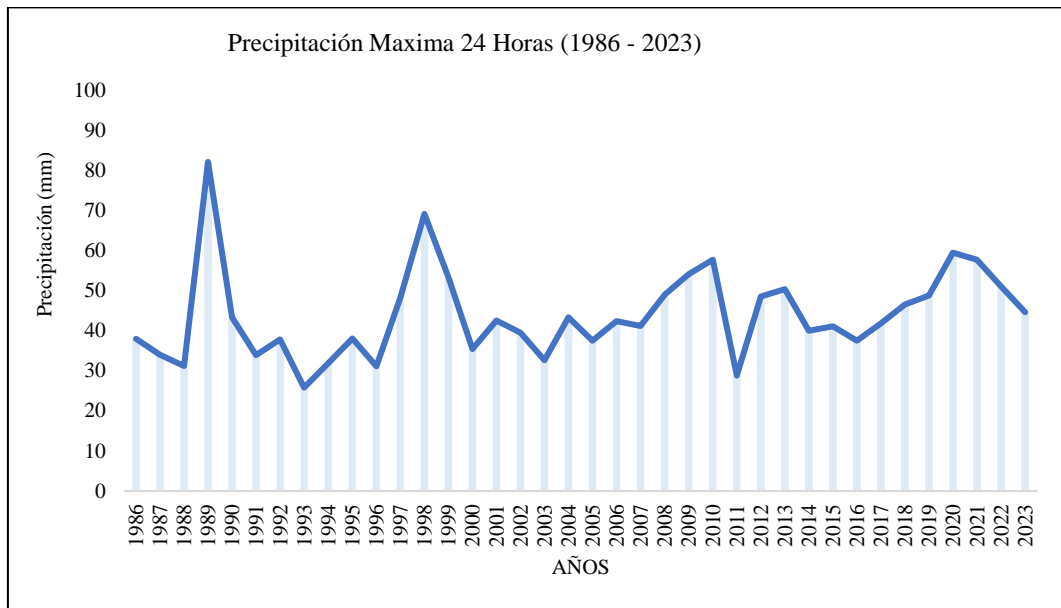


Tabla 14*Precipitación Máxima en 24 h, Estación Chotano Lajas (1986-2023)*

Año	Pmax24h
1986	38.00
1987	34.00
1988	31.20
1989	82.10
1990	43.30
1991	33.90
1992	37.80
1993	25.80
1994	31.80
1995	38.10
1996	31.10
1997	48.30
1998	69.10
1999	53.30
2000	35.40
2001	42.50
2002	39.50
2003	32.60
2004	43.30
2005	37.50
2006	42.40
2007	41.20
2008	49.00
2009	54.10
2010	57.70
2011	28.80
2012	48.50
2013	50.40
2014	40.00
2015	41.10
2016	37.50
2017	41.80
2018	46.50
2019	48.80
2020	59.50
2021	57.70
2022	51.00
2023	44.60

Figura 23

Pmáx. 24 horas (1986-2023) en la Estación Chotano Lajas



b) Análisis de datos atípicos (outliers)

El registro de precipitación máxima en 24 horas en la estación Chotano Lajas fue sometido a una evaluación de consistencia utilizando la prueba de detección de datos atípicos (Outliers), recomendada por el Water Resources Council. Como resultado de este análisis, se identificó un dato atípico correspondiente al año 1989, con una precipitación de 82.1 mm. Este valor fue eliminado del conjunto de datos para garantizar la precisión y fiabilidad en el análisis hidrológico.

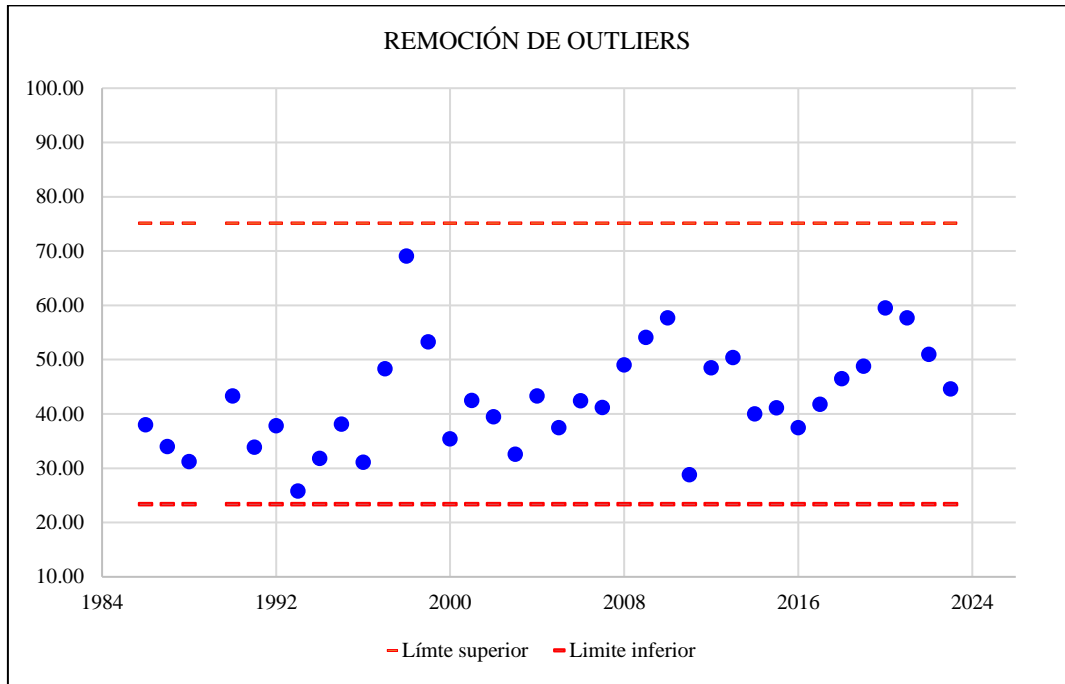
Tabla 15

Umbrales de Datos Dudosos de la Estación Chotano Lajas

Umbral (Unidad Log.) Xh	Precipitación máxima aceptada	Umbral (Unidad Log.) XL	Precipitación mínima aceptada
1.91 mm	81.46 mm	1.35 mm	22.32 mm

Figura 24

Análisis de Datos Atípicos, Estación Chotano Lajas



c) Corrección de PPmáx 24 horas

Dado que los datos meteorológicos disponibles corresponden a mediciones diarias y no a registros continuos, la OMM recomienda ajustar cada valor de precipitación máxima en 24 horas (Pmáx 24 horas) mediante un factor de amplificación de 1.13. Este ajuste permite reflejar de manera más precisa los eventos extremos de precipitación, mejorando la representatividad de los datos para el análisis hidrológico.

Tabla 16 *Precipitación Máxima Histórica y Corregida: Estación Chotano Lajas*

Año	Factor de corrección Pmáx 24 h histórico	1.13 Pmáx 24 h corregido
1986	38.00	42.94
1987	34.00	38.42
1988	31.20	35.26
1990	43.30	48.93
1991	33.90	38.31
1992	37.80	42.71
1993	25.80	29.15
1994	31.80	35.93
1995	38.10	43.05
1996	31.10	35.14
1997	48.30	54.58
1998	69.10	78.08
1999	53.30	60.23
2000	35.40	40.00
2001	42.50	48.03
2002	39.50	44.64
2003	32.60	36.84
2004	43.30	48.93
2005	37.50	42.38
2006	42.40	47.91
2007	41.20	46.56
2008	49.00	55.37
2009	54.10	61.13
2010	57.70	65.20
2011	28.80	32.54
2012	48.50	54.81
2013	50.40	56.95
2014	40.00	45.20
2015	41.10	46.44
2016	37.50	42.38
2017	41.80	47.23
2018	46.50	52.55
2019	48.80	55.14
2020	59.50	67.24
2021	57.70	65.20
2022	51.00	57.63
2023	44.60	50.40

d) Análisis de frecuencias

El análisis de frecuencia permite predecir el comportamiento de la precipitación en la zona de estudio, utilizando el Software Hidroesta, se ha determinado que, el modelo Gamma generalizada 3 parámetros se ajusta mejor a los datos meteorológicos porque presenta el menor delta teórico (0.0529).

Tabla 17

Valores Delta Teórico y Tabular, Estación Chotano Lajas

Distribución teórica de probabilidades	Estimación de parámetros		
	Δ teórico	Δ tabular	¿Se ajustan los datos?
Normal	0.0883	0.2236	Sí
Gumbel	0.078	0.2236	Sí
Log-Gumbel	0.0983	0.2236	Sí
Log-Normal de 2 parámetros	0.0566	0.2236	Sí
Log-Normal de 3 parámetros	0.0608	0.2236	Sí
Gamma (2 parámetros)	0.0592	0.2236	Sí
Gamma generalizada (3 parámetros)	0.0529	0.2236	Sí

e) Hietograma de diseño

Las precipitaciones para diferentes tiempos de retorno se obtuvieron por la Distribución teórica de probabilidades Gamma Generalizada 3 parámetros .

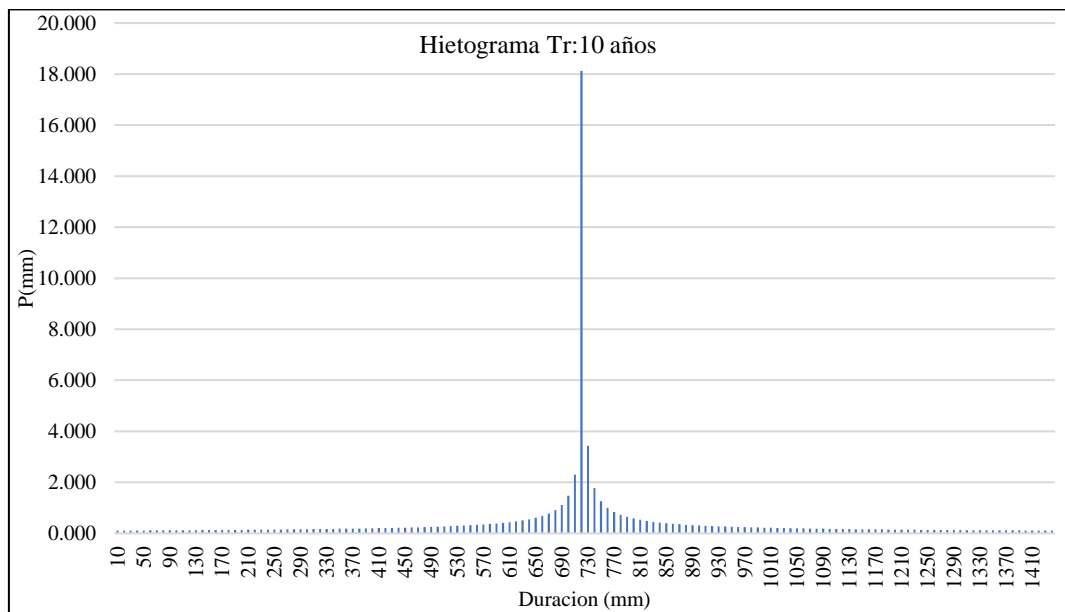
Tabla 18

Precipitaciones Máximas para Hietograma de Diseño, Estación Chotano Lajas

Periodo de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia (q)	Precipitación correspondiente XT (mm)
2	0.500	47.43
5	0.200	57.10
10	0.100	62.78
20	0.050	67.80
30	0.033	70.53
50	0.020	73.81
100	0.010	78.03

Figura 25

Hietograma (Tr 10 años), Estación Chotano Lajas



f) Cálculo de intensidades máximas por Dyck y Peschke

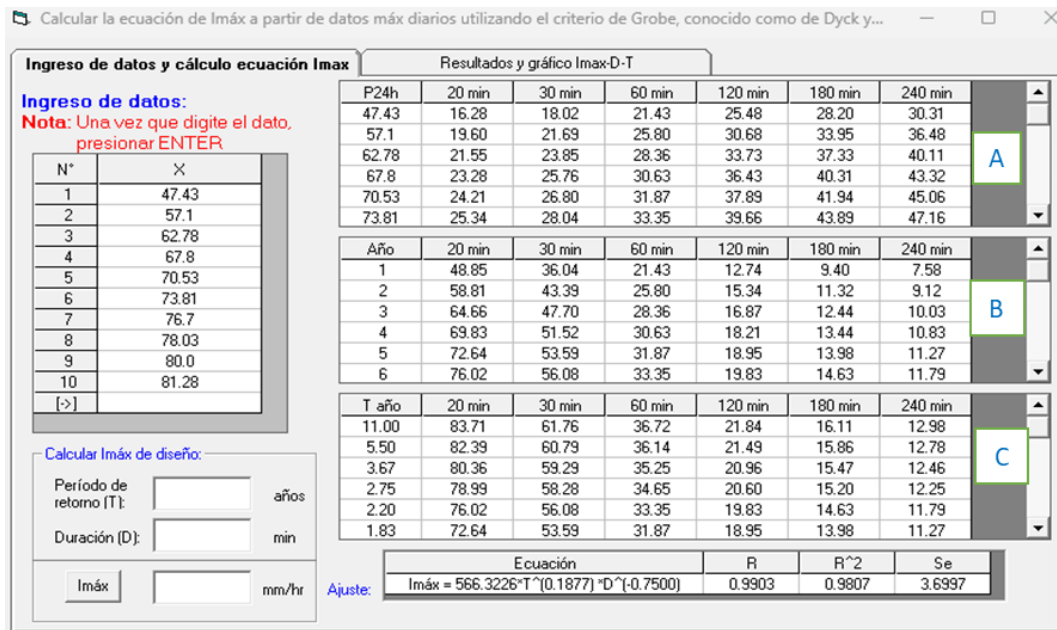
El cálculo de las intensidades máximas de precipitación para la estación Chotano Lajas se realizó aplicando el método de Dyck y Peschke dentro del software Hidroesta 2. Este procedimiento permitió obtener valores de intensidad de lluvia en función de la duración y el tiempo de retorno.

Con la serie de precipitaciones máximas registradas en la estación Chotano Lajas, se empleó el método de Dyck y Peschke, que permite descomponer la precipitación acumulada en intensidades máximas para diferentes intervalos de tiempo. En esta etapa se realizó:

- La asignación de cada precipitación máxima a una duración específica.
- La conversión de estos valores en intensidades máximas (mm/h) mediante la relación precipitación/duración.
- El ordenamiento de las intensidades en forma descendente para su análisis.

Figura 26

Cálculo de las Intensidades Máximas para la Estación Chotano Lajas

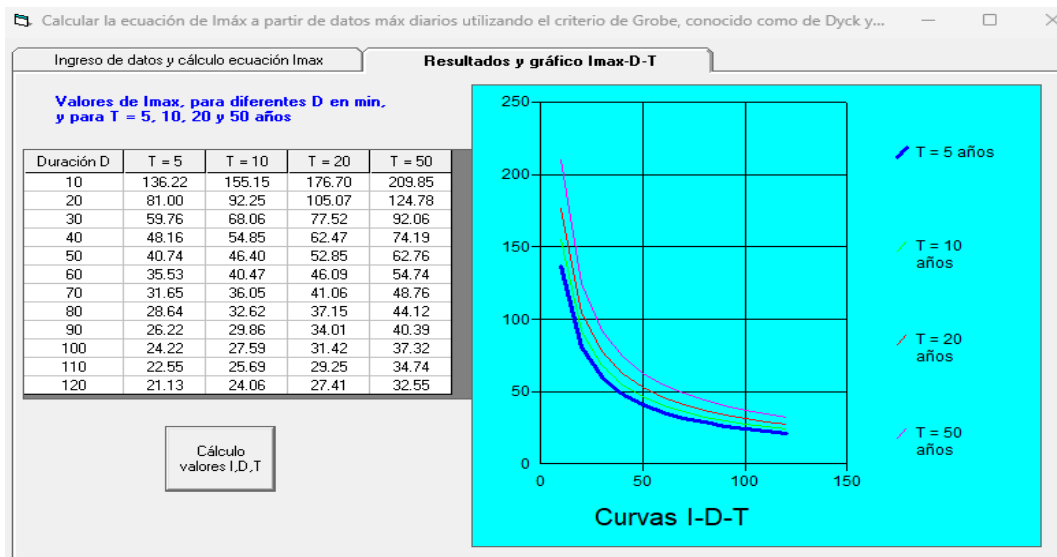


Nota: A Precipitación máxima en 24 horas su duración en minutos. B Intensidades máximas cada (20, 30, 60, 120, 180, 240) min. C Intensidades máximas ordenadas de mayor a menor.

Con los valores obtenidos, se generaron las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), que representan la variabilidad de la precipitación en función del tiempo de retorno y la duración.

Figura 27

Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia



El programa Hidroesta 2 permitió ajustar los datos obtenidos y determinar una ecuación empírica para el cálculo de la intensidad de lluvia en función del tiempo de retorno (T) y la duración de la lluvia (D, en minutos)

$$I = \frac{566.3226 \times T^{0.1877}}{D^{0.75}} \quad (36)$$

Esta ecuación permite estimar la intensidad máxima para cualquier tiempo de retorno y duración, facilitando el análisis hidrológico de la cuenca urbana.

Utilizando la ecuación obtenida, se calcularon las intensidades máximas de precipitación para distintos tiempos de concentración (10, 15 y 20 minutos) y tiempos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50, 80, 100, 140 y 175 años.

Tabla 19

Intensidades Máximas para Diferentes Tiempos de Retorno y Concentración

Tr (años)	Imáx (mm/hr)		
	10.00 min	15.00 min	20.00 min
2	114.70	180.96	158.87
5	136.23	186.89	159.83
10	155.15	191.51	160.57
20	176.71	196.25	161.31
30	190.69	199.07	161.74
50	209.87	202.69	162.29
80	229.23	206.07	162.79
100	239.04	207.70	163.03
140	254.62	210.18	163.40
175	265.51	211.83	163.64

g) Tiempo de concentración

Se ha realizado el cálculo del tiempo de concentración por el método de Kirpich de acuerdo a la red de drenaje, para ello preliminarmente se conoce el área de aporte hídrico, direcciones de flujo y pendientes naturales del terreno, los cuales se observan en la Tabla 23 (ver anexo para más detalle).

h) Coeficiente de escorrentía

Para definir el coeficiente de escorrentía se ha utilizado el manual de drenaje pluvial CE.040, en el que se establece el coeficiente para áreas urbanas con Tr de 10 años de 0.80 a 0.95 para pavimento de concreto, 0.70 a 0.95 para pavimento asfáltico, 0.70 a 0.85 para veredas y 0.75 a 0.95 para techos y azoteas, siendo así, se ha elegido un coeficiente de escorrentía promedio, siendo 0.80.

Tabla 20

Coeficiente de Escorrentía Definidos para Tr de 10 Años

Características	Coeficiente de escorrentía	Coeficiente electo
Pavimento asfáltico	0.70 a 0.95	0.80
Pavimento de concreto	0.80 a 0.95	0.80
Veredas	0.70 a 0.85	0.80
Techos y azoteas	0.75 a 0.95	0.80

Nota: definido a partir de la norma CE.040 (MVCS, 2021).

i) Caudal de escorrentía por el método racional

El caudal de escorrentía se ha determinado por el método racional para el área de aporte de 0.05 km², para tiempo de retorno de 10 años, tiempo de concentración de 11 minutos, coeficiente de escorrentía de 0.80 e intensidad máxima de 155.15 mm/hora.

$$Q = CIA/3.6 \quad (37)$$

Donde, Q caudal, C coeficiente de escorrentía, I intensidad máxima, A área de aporte pluvial.

$$Q = \frac{0.80 \times 155.15 \times 0.05}{3.6} = 1.72 \text{ m}^3/\text{s} \quad (38)$$

Tabla 21

Caudal de Escorrentía por el Método Racional

Tr (años)	Caudal (m ³ /s)
10	1.72

3.6.1.5. Análisis hidráulico: cálculo de caudales circulantes

Para el análisis hidráulico de la red de drenaje pluvial en la ciudad de Lajas, se ha aplicado el método de aplicación por vías, que permite determinar los caudales circulantes en función de las áreas de aporte (para mayor detalle revisar en anexos hoja de cálculo). A continuación, se detalla el procedimiento:

a) Determinación del área de aporte

Se identificaron y delimitaron las áreas de aporte de viviendas y vías, ya que estas superficies contribuyen directamente a la escorrentía superficial. Con esta información, se estableció la superficie efectiva de escurrimiento para cada tramo de drenaje, considerando tanto el flujo proveniente de techos y patios de viviendas como el generado por las calles y avenidas pavimentadas. Estas áreas de drenaje se han identificadas en AutoCAD a partir del plano de la cuenca urbana, tal como, se muestra en la Figura 29 (para más detalle ver en anexos planos).

$$\text{Área cubierta} + \text{Área vía} = \text{Área total} \quad (39)$$

b) Selección del coeficiente de escorrentía

Para reflejar adecuadamente las condiciones de urbanización y la impermeabilidad del terreno, se utilizó un coeficiente de escorrentía de 0.85, acorde con las características del sector de estudio, en donde predominan superficies impermeables como pavimento de concreto y edificaciones.

Tabla 22

Coeficiente de Escorrentía Definidos para Tr de 10 Años para cada Tramo

Delimitado en el Análisis de Escorrentía

Características	Coeficiente de escorrentía	Coeficiente electo
Pavimento de concreto	0.80 a 0.95	0.85
Veredas	0.70 a 0.85	0.85
Techos y azoteas	0.75 a 0.95	0.85

Nota: definido a partir de la norma CE.040 (MVCS, 2021).

c) Cálculo del tiempo de concentración

Se ha determinado el tiempo de concentración en base a dos ecuaciones la ecuación de Kirpich (1940) y la ecuación Federal Aviation Administration (1970) ambas detalladas en la norma CE.040:

$$\text{Kirpich}(1940) \rightarrow tc = 0.0195L^{0.77}S^{-0.385} \quad (40)$$

$$\text{Federal Aviation Administration (1970)} \rightarrow tc = 0.7035 \frac{(1.1-C) \times L^{0.5}}{S^{0.333}} \quad (41)$$

Donde, c coeficiente de escorrentía del método racional, L longitud del flujo superficial en m, S pendiente promedio de la superficie en m/m.

No obstante, se aplicó el criterio de la norma CE.040, que establece que el tiempo de concentración no debe ser menor a 10 minutos. En aquellos tramos donde el cálculo resultó en un valor menor, se ajustó el tiempo a 10 minutos para la estimación de la intensidad máxima de precipitación.

d) Cálculo de la intensidad máxima de precipitación

Utilizando la ecuación obtenida en el análisis hidrológico con Hidroesta, se determinaron las intensidades máximas de lluvia para cada tramo en función del tiempo de concentración corregido.

$$I = \frac{566.3226 \times T^{0.1877}}{D^{0.7500}} \quad (42)$$

Donde, t periodo de retorno, D duración de la precipitación en minutos o tiempo de concentración.

Así mismo, para convertir la intensidad máxima de precipitación de unidades mm/h a l/s·ha, se multiplicó por el factor de conversión 0.278 (dado en la norma CE.040), permitiendo expresar la intensidad en unidades compatibles con el cálculo de caudales.

e) Cálculo del caudal por el método del CIA

Se aplicó la ecuación del CIA para determinar el caudal en cada tramo de la red de drenaje:

$$Q = C \times I \times A \quad (43)$$

$$\frac{Q \text{ en l/s}}{1000} = Q \text{ en m}^3/\text{s} \quad (44)$$

Donde, Q caudal en l/s, C coeficiente de escorrentía, I intensidad de precipitación convertida l/s.ha, A área de aporte (ha).

f) Definición de la dirección del flujo y cálculo del caudal circulante

Cada tramo tiene una dirección de flujo definida, lo que permitió establecer qué vías reciben el caudal de otras secciones. En las vías inferiores, se realizó un proceso acumulativo, sumando los caudales aportantes de cada tramo superior. Este proceso se repitió hasta calcular el caudal final de cada tramo dentro del sistema de drenaje.

g) Obtención del caudal circulante

Finalmente, con la sumatoria de los caudales aportantes en cada tramo, se obtuvo el caudal circulante en cada vía, permitiendo determinar los volúmenes de agua que deben ser evacuados y facilitando el dimensionamiento de la infraestructura de drenaje, pero también el análisis del drenaje existente (para verificar la capacidad de las cunetas) y el drenaje inexistente (para verificar las vías en las que se necesita la construcción de cunetas pero que en la ciudad de Lajas actualmente no se dispone de las mismas).

Tabla 23

Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo I

Pto control	Tiempo de concentración					Intensidad de lluvia			Área				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q. diseño (m3/s)
P-1	96.53	16.23	1.31	0.052	10	10	430.97	0.85	489.76	241.325	731.085	0.07	26.78	26.78	0.0268
P-2	96.53	16.23	1.31	0.052	10	10	430.97	0.85	834.60	241.325	1075.925	0.11	39.41	39.41	0.0394
P-1 - P-2													66.20	0.0662	
P-3	34.23	3.18	0.74	0.030	10	10	430.97	0.85	1768.11	363.675	2131.785	0.21	78.09	78.09	0.0781
P-4	34.23	3.18	0.74	0.030	10	10	430.97	0.85	6264.02	753.075	7017.095	0.70	257.05	257.05	0.2571
P-3	130.76	19.41	1.73	0.069	10	10	430.97	0.85	2257.87	605	2862.87	0.29	104.87	104.87	0.1049
P-4	130.76	19.41	1.73	0.069	10	10	430.97	0.85	7098.62	994.4	8093.02	0.81	296.47	296.47	0.2965
P-3 - P-4													401.34	0.401	
P-5	38.53	3.9	0.78	0.031	10	10	430.97	0.85	2332.03	530.19	2862.22	0.29	104.85	104.85	0.1049
P-5	169.29	23.31	2.18	0.087	10	10	430.97	0.85	4589.9	1135.19	5725.09	0.57	209.73	209.73	0.2097
P5													209.73	0.210	
P-7	39.63	2.74	0.93	0.037	10	10	430.97	0.85	2267.49	617.37	2884.86	0.29	105.68	105.68	0.1057

Pto control	Tiempo de concentración					Intensidad de lluvia			Área				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q. diseño (m3/s)
P-6	78.16	6.64	1.45	0.058	10	10	430.97	0.85	2029.65	234.48	2264.13	0.23	82.94	82.94	0.0829
P-7	208.92	26.05	2.66	0.106	10	10	430.97	0.85	6857.39	1752.56	8609.95	0.86	315.41	315.41	0.3154
P-6	208.92	26.05	2.66	0.106	10	10	430.97	0.85	9128.27	1228.88	10357.15	1.04	379.41	379.41	0.3794
P-7 - P-6													694.81	0.695	
P-8	53.59	4.3	1.10	0.044	10	10	430.97	0.85	2661.4	689.19	3350.59	0.34	122.74	122.74	0.1227
P-9	53.59	4.3	1.10	0.044	10	10	430.97	0.85	499.06	160.77	659.83	0.07	24.17	24.17	0.0242
P-8	359.04	30.35	4.68	0.187	10	10	430.97	0.85	9518.79	2441.75	11960.54	1.20	438.15	438.15	0.4381
P-9	262.51	30.35	3.26	0.130	10	10	430.97	0.85	5131.42	1389.65	6521.07	0.65	238.88	238.88	0.2389
P-8 - P-9													677.03	0.677	
P-10	26.82	3.37	0.55	0.022	10	10	430.97	0.85	1869.11	707.64	2576.75	0.26	94.39	94.39	0.0944
P-11	26.82	3.37	0.55	0.022	10	10	430.97	0.85	149.46	53.64	203.1	0.02	7.44	7.44	0.0074
P-10	289.33	33.72	3.51	0.140	10	10	430.97	0.85	11387.9	3149.39	14537.29	1.45	532.54	532.54	0.5325
P-11	289.33	33.72	3.51	0.140	10	10	430.97	0.85	9776.79	1443.29	11220.08	1.12	411.02	411.02	0.4110
P-10 - P-11													943.56	0.944	

Nota: Para mayor detalle ver anexo.

Tabla 24

Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo 2

Pto Control	Tiempo de concentración				Intensidad aguas de lluvias				Área			Caudal			
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-12	45.5	5.92	0.81	0.032	10	10	430.97	0.85	1212.29	120.575	1332.865	0.13	48.83	48.83	0.0488
P-13	45.5	5.92	0.81	0.032	10	10	430.97	0.85	400.85	113.75	514.6	0.05	18.85	18.85	0.0189
P-12 - P-13													67.68	0.0677	
P-14	216.51	24.27	2.85	0.114	10	10	430.97	0.85	9080.7	813.6825	9894.3825	0.99	362.46	362.46	0.3625
P-15	216.51	24.27	2.85	0.114	10	10	430.97	0.85	4219.62	595.4025	4815.0225	0.48	176.39	176.39	0.1764
P-14	262.01	30.19	3.26	0.130	10	10	430.97	0.85	10292.99	934.2575	11227.2475	1.12	411.28	411.28	0.4113
P-15	262.01	30.19	3.26	0.130	10	10	430.97	0.85	4620.47	709.1525	5329.6225	0.53	195.24	195.24	0.1952
P-14 - P-15													606.52	0.607	
P-16	52.58	3.39	1.18	0.047	10	10	430.97	0.85	426.5645	572.34	998.9045	0.10	36.59	36.59	0.0366
P-17	52.58	3.39	1.18	0.047	10	10	430.97	0.85	367.13	178.772	545.902	0.05	20.00	20.00	0.0200
P-16	314.59	33.58	3.87	0.155	10	10	430.97	0.85	10719.55	1506.5975	12226.152	1.22	447.88	447.88	0.4479

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias				Área			Caudal		
	Long	Δh	Tc	0.4*Tc	Tc>10	Tr	I	C	A. cubierta	A. vía	A. Total	A. Total	Q. propio	Q. diseño	Q.diseño
	(m)	(m)	(min)	(min)	(min)	(años)	(l/s -ha)	-	(m2)	(m2)	(m2)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(m3/s)
P-17	314.59	33.58	3.87	0.155	10	10	430.97	0.85	4987.60	887.9245	5875.52	0.59	215.24	215.24	0.2152
P-16 - P-17													447.88	0.448	
P-18	69.56	2.12	1.96	0.078	10	10	430.97	0.85	5526.22	435.32	5961.54	0.60	218.39	218.39	0.2184
P-19	69.56	2.12	1.96	0.078	10	10	430.97	0.85	919.95	139.12	1059.07	0.11	38.80	38.80	0.0388
P-18	384.15	35.70	4.76	0.190	10	10	430.97	0.85	16245.77	1941.9175	18187.692	1.82	666.26	666.26	0.6663
P-19	384.15	35.70	4.76	0.190	10	10	430.97	0.85	5907.55	1027.04	6934.59	0.69	254.03	254.03	0.2540
P-18 - P-19													920.30	0.920	

Tabla 25

Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo 3

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias			Área				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-20	45	7.81	0.72	0.029	10	10	430.97	0.85	1886.54	422.13	2308.67	0.23	84.57	84.57	0.0846
P-21	45	7.81	0.72	0.029	10	10	430.97	0.85	2658.22	543.27	3201.49	0.32	117.28	117.28	0.1173
P-20- P-21													201.85	0.2019	
P-22	66.42	10.02	1.02	0.041	10	10	430.97	0.85	2310.1	497.745	2807.845	0.28	102.86	102.86	0.1029
P-22	111.42	17.83	1.49	0.060	10	10	430.97	0.85	4968.32	1041.015	6009.335	0.60	220.14	220.14	0.2201
P-22													220.14	0.220	
P-23	59	6.01	1.09	0.043	10	10	430.97	0.85	2252.15	443.175	2695.325	0.27	98.74	98.74	0.0987
P-23	170.42	23.84	2.17	0.087	10	10	430.97	0.85	7220.47	1484.19	8704.66	0.87	318.87	318.87	0.3189
P23													318.87	0.319	
P-24	211.2	22.03	2.87	0.115	10	10	430.97	0.85	4074.93	828.81	4903.74	0.49	179.64	179.64	0.1796
P-25	85.78	6.0	1.67	0.067	10	10	430.97	0.85	3067.59	507.65	3575.236	0.36	130.97	130.97	0.1310

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias			Área				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-24	256.2	29.84	3.19	0.128	10	10	430.97	0.85	5961.47	1250.94	7212.41	0.72	264.21	264.21	0.2642
P-25	256.20	29.84	3.19	0.128	10	10	430.97	0.85	10288.06	1991.84	12279.896	1.23	449.84	449.84	0.4498
P-24 - P-25													714.05	0.714	
P-26	50	3.59	1.09	0.044	10	10	430.97	0.85	1076.93	510.57	1587.502	0.16	58.15	58.15	0.0582
P-27	50	3.59	1.09	0.044	10	10	430.97	0.85	553.29	175	728.29	0.07	26.68	26.68	0.0267
P-26	306.2	33.43	3.75	0.150	10	10	430.97	0.85	7038.4	1761.51	8799.912	0.88	322.36	322.36	0.3224
P-27	306.2	33.43	3.75	0.150	10	10	430.97	0.85	10841.35	2166.84	13008.186	1.30	476.52	476.52	0.4765
P-26 - P-27													798.89	0.799	
P-28	107	3.32	2.71	0.108	10	10	430.97	0.85	3121.08	640.13	3761.21	0.38	137.78	137.78	0.1378
P-29	107	3.32	2.71	0.108	10	10	430.97	0.85	2612.61	278.2	2890.81	0.29	105.90	105.90	0.1059
P-28	413.2	36.75	5.12	0.205	10	10	430.97	0.85	10159.48	2401.64	12561.122	1.26	460.15	460.15	0.4601
P-29	413.20	36.75	5.12	0.205	10	10	430.97	0.85	13453.96	2445.04	15898.996	1.59	582.42	582.42	0.5824
P-28 - P-29													1042.57	1.043	

Tabla 26

Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo 4

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias			Área				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-30	81.45	7.22	1.47	0.059	10	10	430.97	0.85	1550.51	244.35	1794.86	0.18	65.75	65.75	0.0658
P-31	81.45	7.22	1.47	0.059	10	10	430.97	0.85	1841.14	244.35	2085.49	0.21	76.40	76.40	0.0764
P-30- P-31													142.15	0.1421	
P-32	43.0	5.72	0.77	0.031	10	10	430.97	0.85	402.86	129	531.86	0.05	19.48	19.48	0.0195
P-33	43.0	5.72	0.77	0.031	10	10	430.97	0.85	2223.574	314	2537.574	0.25	92.96	92.96	0.0930
P-32	124.5	12.9	1.91	0.077	10	10	430.97	0.85	1953.4	373.4	2326.72	0.23	85.23	85.23	0.0852
P-33	124.5	12.9	1.91	0.077	10	10	430.97	0.85	4064.7	558.4	4623.064	0.46	169.36	169.36	0.1694
P-32- P-33													169.36	0.169	
P-34	55.5	5.58	1.04	0.042	10	10	430.97	0.85	714.97	166.5	881.47	0.09	32.29	32.29	0.0323
P-35	55.5	5.58	1.04	0.042	10	10	430.97	0.85	1156.96	370.5	1527.46	0.15	55.95	55.95	0.0560
P-34	180.0	18.5	2.55	0.102	10	10	430.97	0.85	2668.3	539.9	3208.19	0.32	117.52	117.52	0.1175
P-35	180.0	18.5	2.55	0.102	10	10	430.97	0.85	5221.7	928.9	6150.524	0.62	225.31	225.31	0.2253
P-34- P-35													225.31	0.225	

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias			Área				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-36	48.5	10.32	0.70	0.028	10	10	430.97	0.85	528.99	145.50	674.49	0.07	24.71	24.71	0.0247
P-37	48.5	10.3	0.70	0.028	10	10	430.97	0.85	1856.47	527.97	2384.44	0.24	87.35	87.35	0.0873
P-36	228.5	28.8	2.83	0.113	10	10	430.97	0.85	3197.3	685.4	3882.68	0.39	142.23	142.23	0.1422
P-37	228.45	28.84	2.83	0.113	10	10	430.97	0.85	7078.14	1456.82	8534.964	0.85	312.66	312.66	0.3127
P-36 - P-37													454.89	0.455	
P-39	73.54	11.31	1.10	0.044	10	10	430.97	0.85	1316.63	367.70	1684.33	0.17	61.70	61.70	0.0617
P-40	73.54	11.31	1.10	0.044	10	10	430.97	0.85	1919.63	736.3	2655.93	0.27	97.29	97.29	0.0973
P-39	302.0	40.2	3.44	0.138	10	10	430.97	0.85	4514.0	1053.1	5567.01	0.56	203.93	203.93	0.2039
P-40	302.0	40.2	3.44	0.138	10	10	430.97	0.85	8997.8	2193.1	11190.894	1.12	409.95	409.95	0.4100
P-39- P-40													613.89	0.614	
P-41	22.7	0.68	0.83	0.033	10	10	430.97	0.85	2460	345.15	2805.15	0.28	102.76	102.76	0.1028
P-42	22.7	0.68	0.83	0.033	10	10	430.97	0.85	379.38	45.4	424.78	0.04	15.56	15.56	0.0156
P-41	324.7	40.8	3.72	0.149	10	10	430.97	0.85	6974.0	1398.2	8372.16	0.84	306.69	306.69	0.3067
P-42	324.69	40.83	3.72	0.149	10	10	430.97	0.85	9377.15	1849.52	11226.674	1.12	411.26	411.26	0.4113
P-41 - P-42													717.96	0.718	

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias			Área				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-43	43.45	3.27	0.96	0.039	10	10	430.97	0.85	501.17	108.63	609.795	0.06	22.34	22.34	0.0223
P-44	43.45	3.27	0.96	0.039	10	10	430.97	0.85	524.77	108.63	633.395	0.06	23.20	23.20	0.0232
P-43	368.1	44.1	4.18	0.167	10	10	430.97	0.85	7475.1	1506.8	8981.955	0.90	329.03	329.03	0.3290
P-44	368.1	44.1	4.18	0.167	10	10	430.97	0.85	9901.9	2347.1	12249.069	1.22	448.72	448.72	0.4487
P-43 - P-44													777.75	0.778	
P-45	94.88	2.95	2.47	0.099	10	10	430.97	0.85	5646.19	695.94	6342.128	0.63	232.33	232.33	0.2323
P-46	94.88	2.95	2.47	0.099	10	10	430.97	0.85	2343	246.688	2589.688	0.26	94.87	94.87	0.0949
P-45	463.0	47.1	5.31	0.212	10	10	430.97	0.85	13121.3	2202.8	15324.083	1.53	561.36	561.36	0.5614
P-46	463.0	46.06	5.35	0.214	10	10	430.97	0.85	12244.9	2385.50	14630.427	1.46	535.95	535.95	0.5360
P-45 - P-46													1097.31	1.097	

Tabla 27*Determinación de Caudales Circulantes por el Método Racional para el Sector Cercado de Lajas, Tramo 5*

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias			Área				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-47	39.85	8.78	0.60	0.024	10	10	430.97	0.85	2318.08	774.21	3092.29	0.31	113.28	113.28	0.1133
P-48	39.85	8.78	0.60	0.024	10	10	430.97	0.85	1706.39	540.19	2246.58	0.22	82.30	82.30	0.0823
P-47- P-48													195.58	0.1956	
P-49	27.2	6.46	0.43	0.017	10	10	430.97	0.85	2375.91	519.72	2895.63	0.29	106.07	106.07	0.1061
P-50	27.2	6.46	0.43	0.017	10	10	430.97	0.85	134.14	81.72	215.86	0.02	7.91	7.91	0.0079
P-49	67.1	15.2	0.88	0.035	10	10	430.97	0.85	4694.0	1293.9	5987.92	0.60	219.35	219.35	0.2194
P-50	67.1	15.2	0.88	0.035	10	10	430.97	0.85	1840.5	621.9	2462.44	0.25	90.21	90.21	0.0902
P-49- P-50													90.21	0.090	
P-51	36.37	1.76	1.00	0.040	10	10	430.97	0.85	312.14	109.11	421.25	0.04	15.43	15.43	0.0154
P-52	36.37	1.76	1.00	0.040	10	10	430.97	0.85	290.19	313.11	603.3	0.06	22.10	22.10	0.0221
P-51	103.5	17.0	1.39	0.056	10	10	430.97	0.85	5006.1	1403.0	6409.17	0.64	234.78	234.78	0.2348
P-52	103.5	17.0	1.39	0.056	10	10	430.97	0.85	2130.7	935.0	3065.74	0.31	112.31	112.31	0.1123
P-51- P-52													112.31	0.112	

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias			Área				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-53	30.0	0.3	1.58	0.063	10	10	430.97	0.85	3919.7	554.04	4473.74	0.45	163.88	163.88	0.1639
P-54	30	0.3	1.58	0.063	10	10	430.97	0.85	4612.33	818.22	5430.55	0.54	198.94	198.94	0.1989
P-53	133.5	17.3	1.85	0.074	10	10	430.97	0.85	8925.8	1957.1	10882.91	1.09	398.67	398.67	0.3987
P-54	133.46	17.30	1.85	0.074	10	10	430.97	0.85	6743.05	1753.24	8496.29	0.85	311.24	311.24	0.3112
P-53- P-54													709.91	0.710	
P-55	125.1	3.47	3.19	0.128	10	10	430.97	0.85	2335.57	375.30	2710.87	0.27	99.31	99.31	0.0993
P-56	125.1	3.47	3.19	0.128	10	10	430.97	0.85	20	375.3	395.3	0.04	14.48	14.48	0.0145
P-55	258.6	20.8	3.71	0.148	10	10	430.97	0.85	11261.4	2332.4	13593.78	1.36	497.98	497.98	0.4980
P-56	258.6	20.8	3.71	0.148	10	10	430.97	0.85	6763.1	2128.5	8891.59	0.89	325.72	325.72	0.3257
P-55- P-56													823.70	0.824	

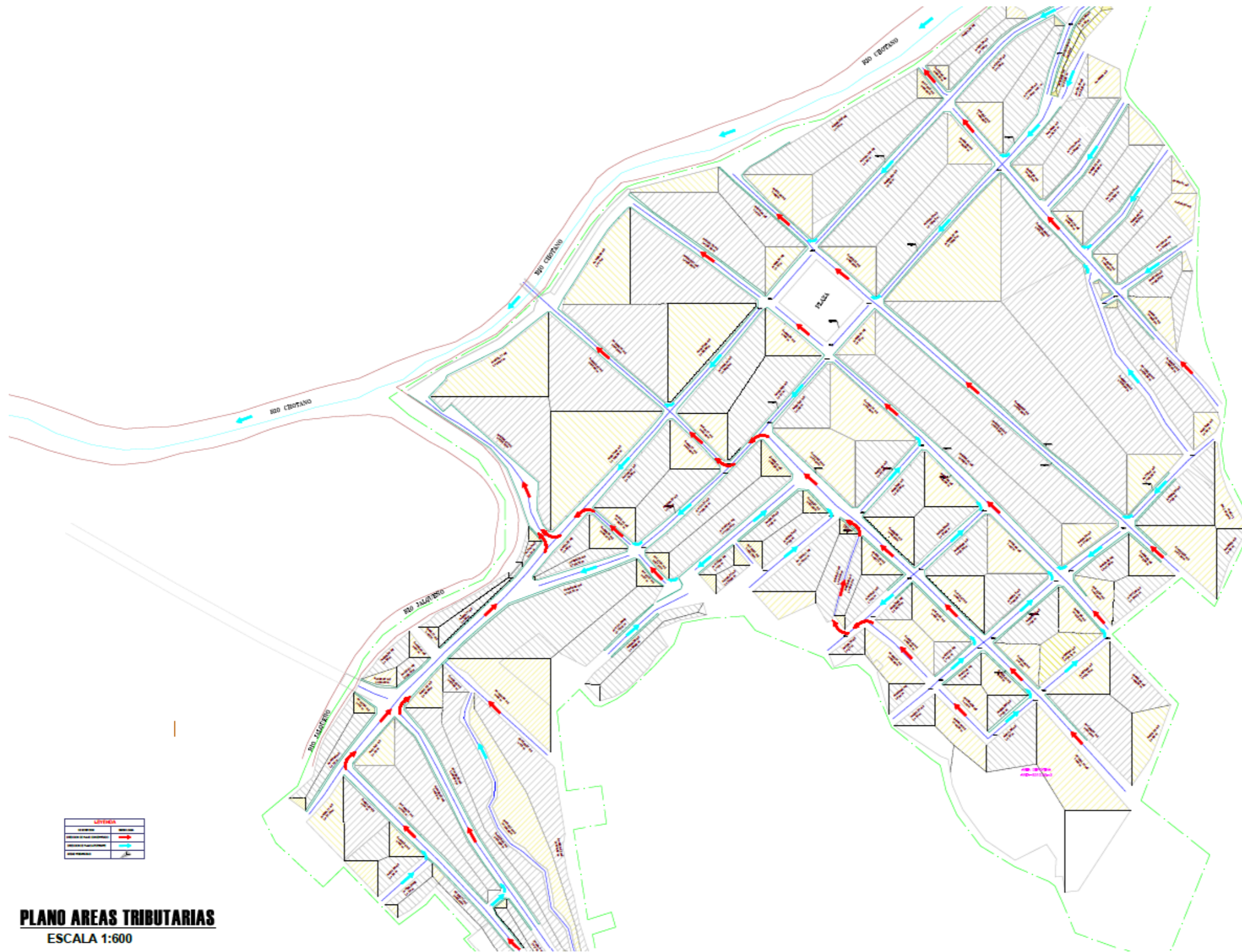
Figura 28

Plano de Dirección de Flujo del Sector Cercado de Lajas



Figura 29

Plano de Áreas Colectoras del Sector Cercado de Lajas



3.6.1.6. Análisis de la capacidad y cobertura de las cunetas existentes

Para el análisis de la capacidad hidráulica y cobertura de las cunetas existentes se ha realizado inicialmente el análisis del caudal admisible versus el caudal circulante en el área donde hay cunetas y también en el área donde no hay cunetas para verificar si la capacidad de las cunetas existentes era suficiente, y también poder definir si se requerían cunetas en aquellas calles donde no se disponían de las mismas, pero además a ello, se realizó el modelamiento hidráulico de la precipitación de lluvia en el programa HEC-RAS para verificar aquellas zonas donde el agua se acumularía frente a una lluvia de diseño (Tr de 10 años) con el sistema actual de drenaje pluvial en el sector Cercado de Lajas.

A. Análisis de la capacidad de las cunetas existentes de acuerdo al caudal admisible

Para analizar la capacidad de las cunetas existentes primero se determinó el caudal circulante en el ítem anterior (3.6.1.5.), luego teniendo las dimensiones de las cunetas (largo y altura o profundidad) se procedió a utilizar las ecuaciones dadas en la norma CE.040, para determinar el caudal de paso por dichas cunetas siendo este entendido como el caudal admisible o el caudal que puede pasar por dichas secciones. En aquellos tramos donde el caudal admisible era superior al caudal circulante, se consideró que las cunetas existentes tenían la capacidad suficiente para manejar la escorrentía pluvial, y en aquellos donde el caudal circulante era mayor se ha considerado que se requieren cunetas de mayores dimensiones para lograr cubrir las necesidades hidráulicas de la zona.

a) Determinación del caudal admisible

Para determinar el caudal admisible de las cunetas existentes se ha aplicado las siguientes ecuaciones:

a.1. Caudal cuneta triángulo rectángulo

$$Q = 315 \frac{Z}{n} S^{1/2} Y^{8/3} \left[\frac{Z}{1+\sqrt{1+Z^2}} \right]^{2/3} \quad (45)$$

Donde, Q caudal en l/s, n coeficiente de rugosidad de Manning, S pendiente longitudinal del canal, Z valor recíproco de la pendiente transversal (1:z), y tirante de agua en m, T ancho superficial en m, P perímetro mojado en m.

a.2. Caudal cuneta rectangular y trapezoidal

$$Q = \frac{1}{n} A \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (46)$$

Donde, Q caudal en m³/s, n rugosidad, A área en m², R radio hidráulico.

a.3. Cuneta rectangular

$$\text{Área hidráulica (A)} = by \quad (47)$$

$$\text{Perímetro mojado (P)} = b + 2y \quad (48)$$

$$\text{Radio hidráulico (R)} = \frac{by}{b+2y} \quad (49)$$

$$\text{Espejo de agua (T)} = b \quad (50)$$

a.4. Cuneta trapezoidal

$$\text{Área hidráulica (A)} = (b + zy)y \quad (51)$$

$$\text{Perímetro mojado (P)} = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \quad (52)$$

$$\text{Radio hidráulico (R)} = \frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}} \quad (53)$$

$$\text{Espejo de agua (T)} = b + 2zy \quad (54)$$

b) Comparación del caudal admisible y el caudal circulante

Se comparó el caudal admisible dado en cada cuneta con el caudal circulante definido en el ítem anterior para las calles de estudio, comprobando así, si las cunetas presentaban la capacidad para el transporte del flujo de escorrentía.

$$Q_{\text{admisible}} > Q_{\text{circulante}} \quad (55)$$

B. Análisis de la capacidad de evacuación de la vía en las zonas sin drenaje

Para el drenaje superficial, se realizó una evaluación utilizando la sección de la vía como estructura para canalizar las aguas de lluvia. Se verificó que el caudal admisible de la sección de los carriles fuera superior al caudal circulante, lo cual indica que no se requiere otra estructura adicional para manejar el flujo de agua, para ello, inicialmente se definió la geometría de la vía, el ancho de inundación en la vía, el ancho de inundación permisible, la profundidad del agua, y se hizo la comparación final del caudal admisible y circulante.

$$Q_{admisible} > Q_{circulante} \quad (56)$$

a) Geometría de la vía

Se tiene una vía pavimento rígido ($n= 0.014$) de dos carriles de 6 m de ancho y un ancho de andén de 1.2m, dicha vía cuenta con una pendiente longitudinal de 8% y un bombeo de 2.5%

b) Ancho de inundación de la vía

Se determina mediante la siguiente expresión:

$$T = \left(\frac{Q \times n}{K_u \times S_x^{1.67} \times S_L^{0.5}} \right)^{0.375} \quad (57)$$

Donde, K_u 0.375, n coeficiente de Manning del pavimento, Q caudal de escorrentía en m^3/s , S_x pendiente transversal de la vía, S_L pendiente longitudinal de la vía.

c) Ancho de inundación permisible

Existen anchos que se consideran permisibles para inundación de acuerdo al ancho de la vía, este corresponde a 2 m para un ancho de vía menor a 6 m, y para un ancho de vía de 6 a 7 m, se considera hasta 3 m de ancho de inundación admisible. Pero si el ancho de inundación sobrepasa el permisible se opta por un sistema de drenaje urbano.

d) Profundidad de agua

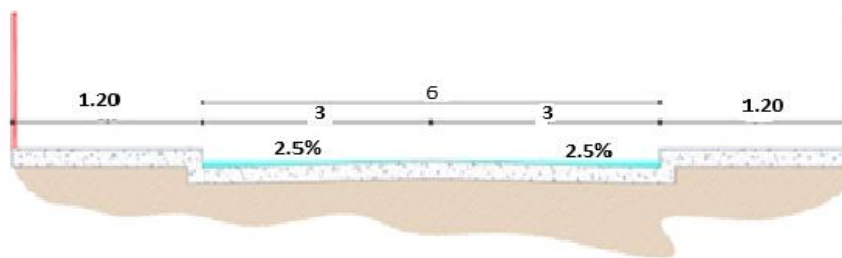
La profundidad del flujo de agua junto al andén se calcula con la siguiente ecuación:

$$Y1 = T \times Sx \quad (58)$$

Donde, Sx pendiente transversal de la vía, SL pendiente longitudinal de la vía.

Figura 30

Ejemplo de Análisis de la Profundidad de Agua



Nota: Tomado de cursos de diseño de drenaje pluvial online.

C. Análisis de la capacidad de evacuación del sistema de drenaje pluvial existente de acuerdo al modelamiento hidráulico en HEC-RAS

Para modelar el sistema de drenaje pluvial existente en la ciudad de Lajas y analizar su capacidad de evacuación frente a una lluvia de diseño con un periodo de retorno de 10 años ($Tr=10$ años), se siguió un procedimiento estructurado en el programa HEC-RAS 2D, el cual permitió evaluar el comportamiento del flujo superficial y la respuesta del sistema de drenaje.

a) Carga de la topografía

El primer paso consistió en importar la topografía del área de estudio en el programa HEC-RAS, lo que permitió definir la morfología del terreno y las condiciones del relieve.

Figura 31

Proceso en el que se Carga la Topografía a HEC-RAS

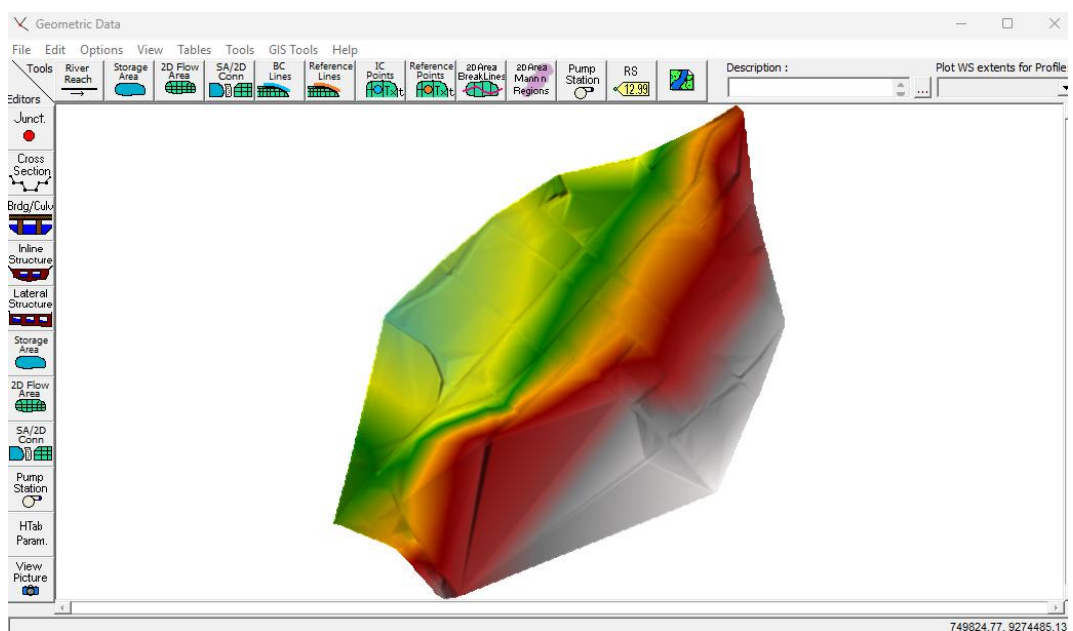


b) Creación de la geometría del modelo

Se definió la geometría del área de estudio, lo que incluyó la delimitación de los sectores urbanos y la ubicación del sistema de drenaje pluvial existente.

Figura 32

Proceso en el que se Crea la Geometría en HEC-RAS

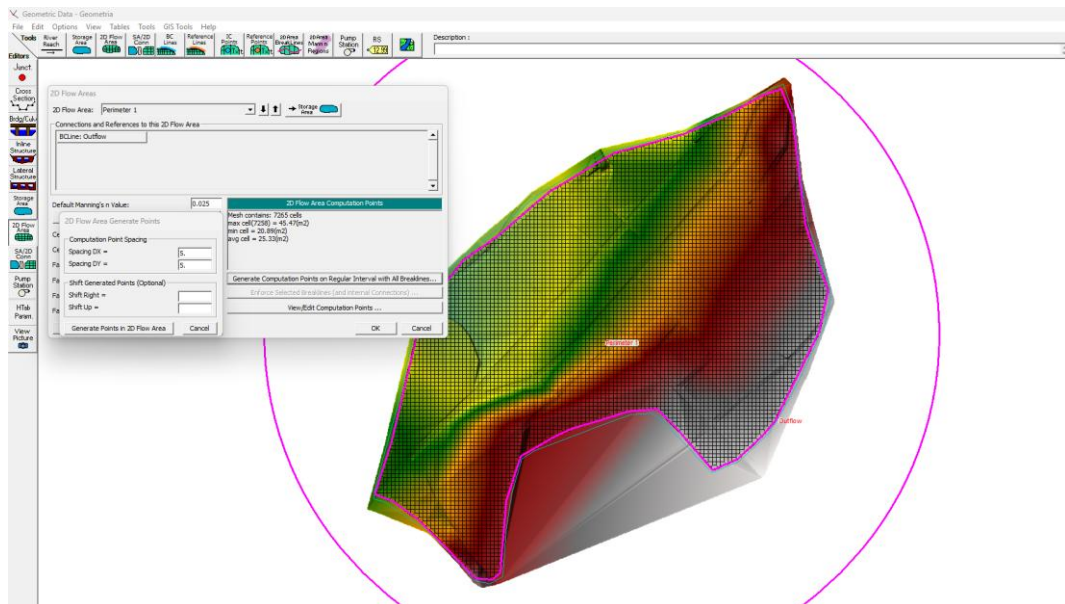


c) Generación de la malla computacional

Para el análisis en HEC-RAS 2D, se creó una malla computacional utilizando la herramienta “2D Flow Area”, la cual define el dominio donde se simulará el flujo de escorrentía. Se estableció un tamaño de celda de 5×5 metros, asegurando un balance entre precisión y tiempo de cálculo, dado que un menor tamaño de celda aumenta la resolución del modelo, pero también incrementa el tiempo de procesamiento.

Figura 33

Proceso en el que se Define el Tipo y Tamaño de Malla en HEC-RAS

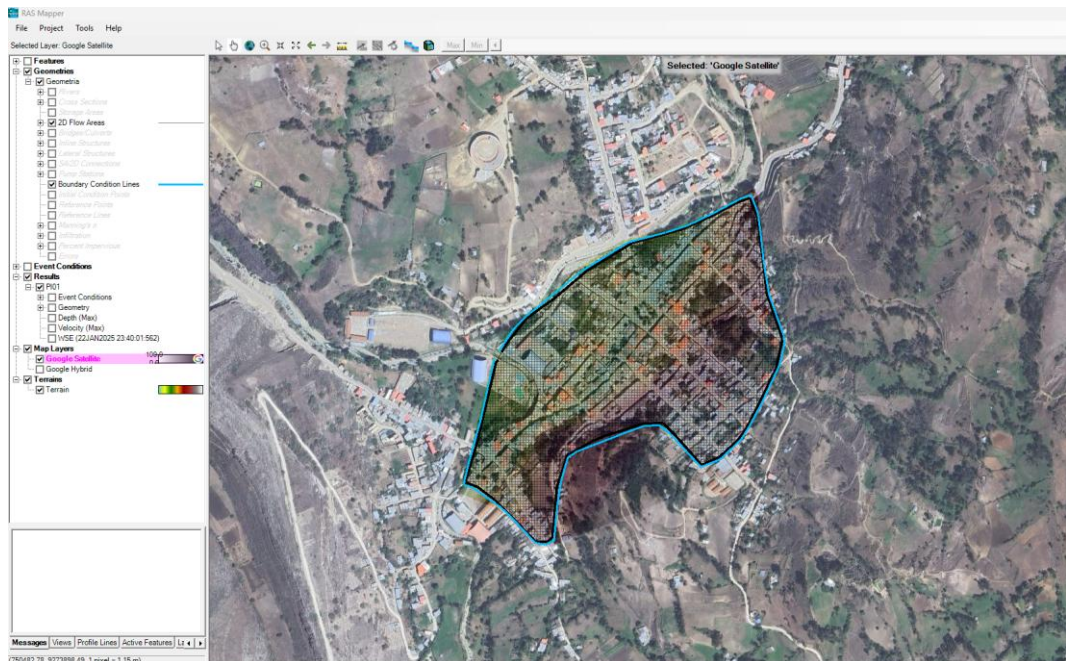


d) Definición de las condiciones fronterizas

Se dibujaron y establecieron las “Boundary Condition Lines”, las cuales definen las entradas y salidas del flujo dentro del modelo. En este caso, se trazaron las líneas de salida en el perímetro de la zona de estudio, permitiendo la evacuación del agua simulada.

Figura 34

Proceso en el que se Define las Condiciones de Frontera en HEC-RAS

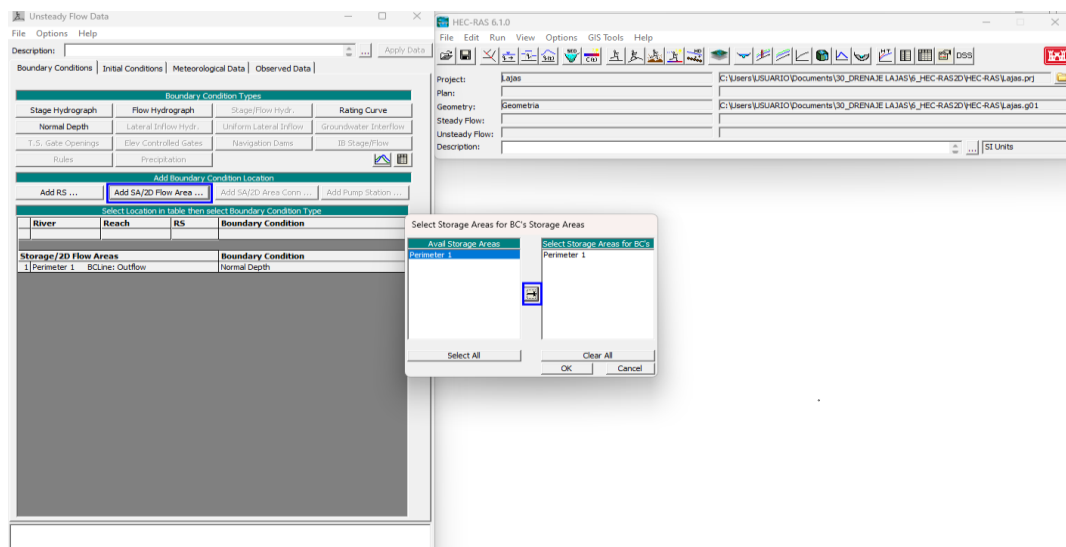


e) Asignación de la pendiente del terreno

Se ingresó la pendiente del área de estudio en el modelo, lo que facilitó la correcta representación del flujo de agua sobre la superficie del terreno y permitió evaluar las zonas con mayor escorrentía.

Figura 35

Proceso en el que se Ingresa La Pendiente en HEC-RAS

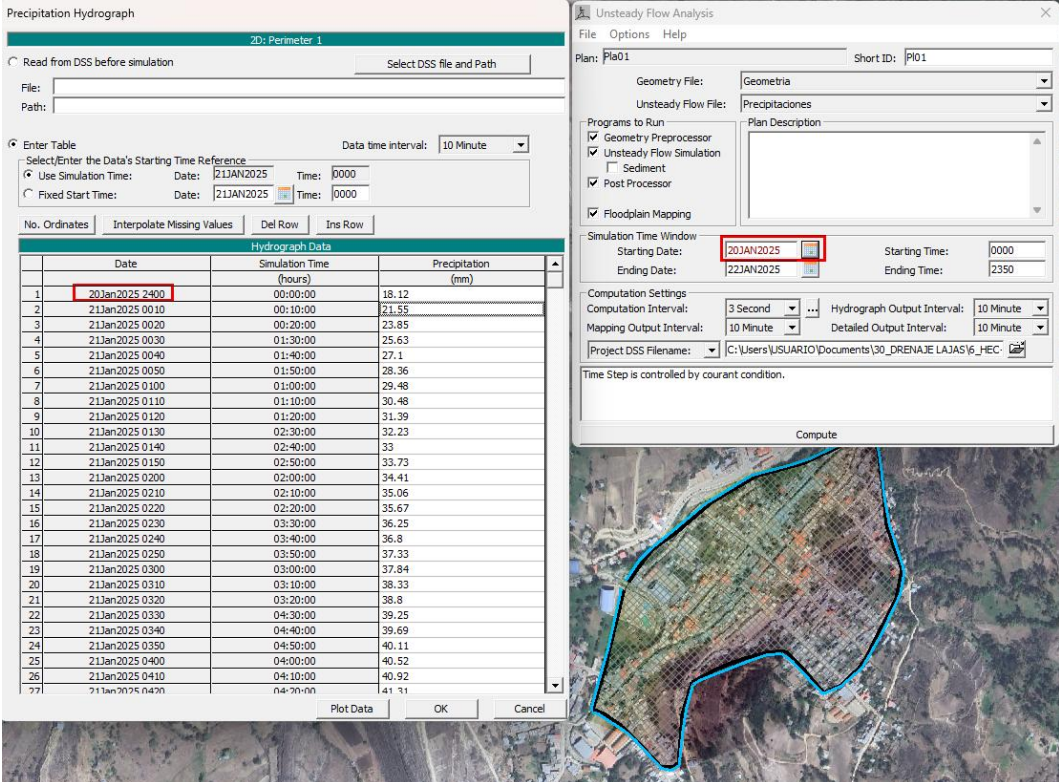


f) Incorporación de la precipitación de diseño

Para simular la lluvia extrema, se ingresó la precipitación correspondiente a un periodo de retorno de 10 años ($T_r=10$ años). Este dato se aplicó sobre la malla del modelo, permitiendo evaluar la cantidad de agua que ingresaría al sistema de drenaje y su posterior comportamiento dentro del área de estudio.

Figura 36

Proceso en el que se Ingresa La Precipitación de Diseño en HEC-RAS



The image displays two overlapping windows from the HEC-RAS software. The left window, titled 'Precipitation Hydrograph', shows a table of hydrograph data for '2D: Perimeter 1'. The table has three columns: 'Date', 'Simulation Time (hours)', and 'Precipitation (mm)'. The first row is highlighted in red, showing a date of 20Jan2025 2400 and a precipitation value of 18.12 mm. The right window, titled 'Unsteady Flow Analysis', shows the configuration for a simulation. It includes fields for 'Plan' (Pla01), 'Geometry File' (Geometria), and 'Unsteady Flow File' (Precipitaciones). The 'Simulation Time Window' section shows a starting date of 20JAN2025 and an ending date of 22JAN2025. The 'Computation Settings' section shows a computation interval of 3 seconds and a hydrograph output interval of 10 minutes. A 'Compute' button is visible at the bottom of the dialog.

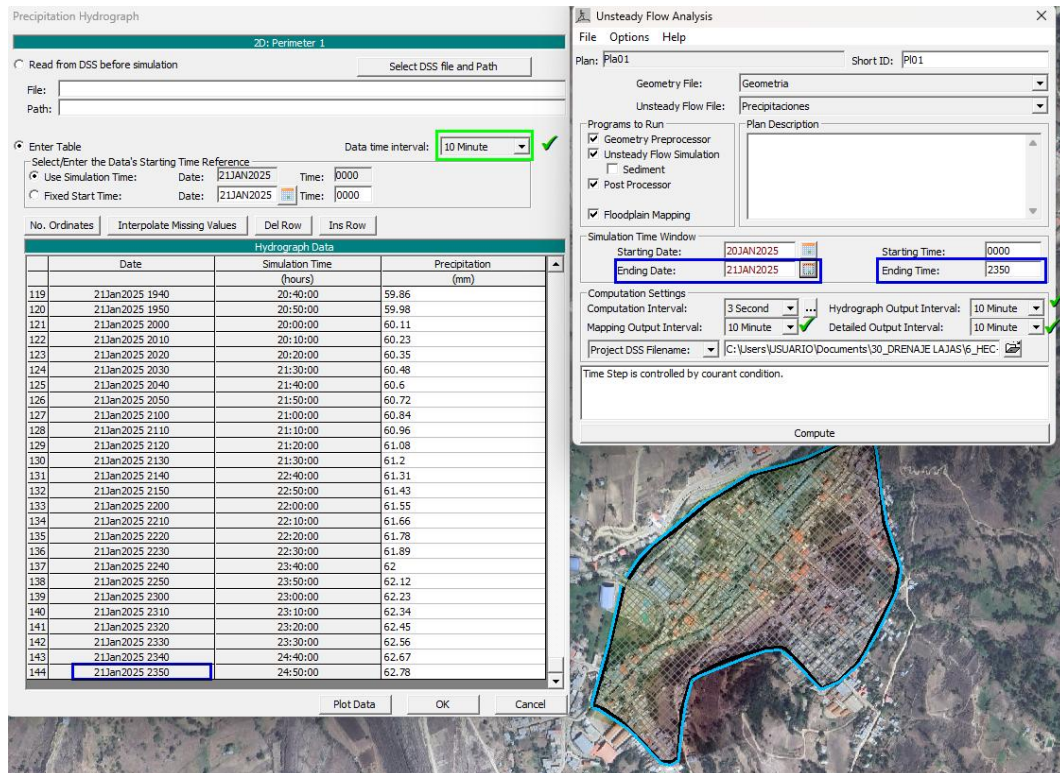
No. Ordinates	Date	Simulation Time (hours)	Precipitation (mm)
1	20Jan2025 2400	00:00:00	18.12
2	21Jan2025 0010	00:10:00	21.55
3	21Jan2025 0020	00:20:00	23.85
4	21Jan2025 0030	01:30:00	25.63
5	21Jan2025 0040	01:40:00	27.1
6	21Jan2025 0050	01:50:00	28.26
7	21Jan2025 0100	01:00:00	29.48
8	21Jan2025 0110	01:10:00	30.48
9	21Jan2025 0120	01:20:00	31.39
10	21Jan2025 0130	02:30:00	32.23
11	21Jan2025 0140	02:40:00	33
12	21Jan2025 0150	02:50:00	33.73
13	21Jan2025 0200	02:00:00	34.41
14	21Jan2025 0210	02:10:00	35.06
15	21Jan2025 0220	02:20:00	35.67
16	21Jan2025 0230	03:30:00	36.25
17	21Jan2025 0240	03:40:00	36.8
18	21Jan2025 0250	03:50:00	37.33
19	21Jan2025 0300	03:00:00	37.84
20	21Jan2025 0310	03:10:00	38.33
21	21Jan2025 0320	03:20:00	38.8
22	21Jan2025 0330	04:30:00	39.25
23	21Jan2025 0340	04:40:00	39.69
24	21Jan2025 0350	04:50:00	40.11
25	21Jan2025 0400	04:00:00	40.52
26	21Jan2025 0410	04:10:00	40.92
27	21Jan2025 0420	04:20:00	41.31

g) Creación del plan de simulación

Se estableció un plan de simulación, que incluyó la configuración del tiempo de análisis, los parámetros hidráulicos y la definición de los criterios de cálculo necesarios para obtener los resultados de inundación y flujo de escorrentía.

Figura 37

Proceso en el que se Crea el Plan de Simulación de la Precipitación Pluvial en HEC-RAS



h) Análisis de resultados

Tras ejecutar la simulación, se analizaron los resultados generados por HEC-RAS 2D, los cuales incluyeron:

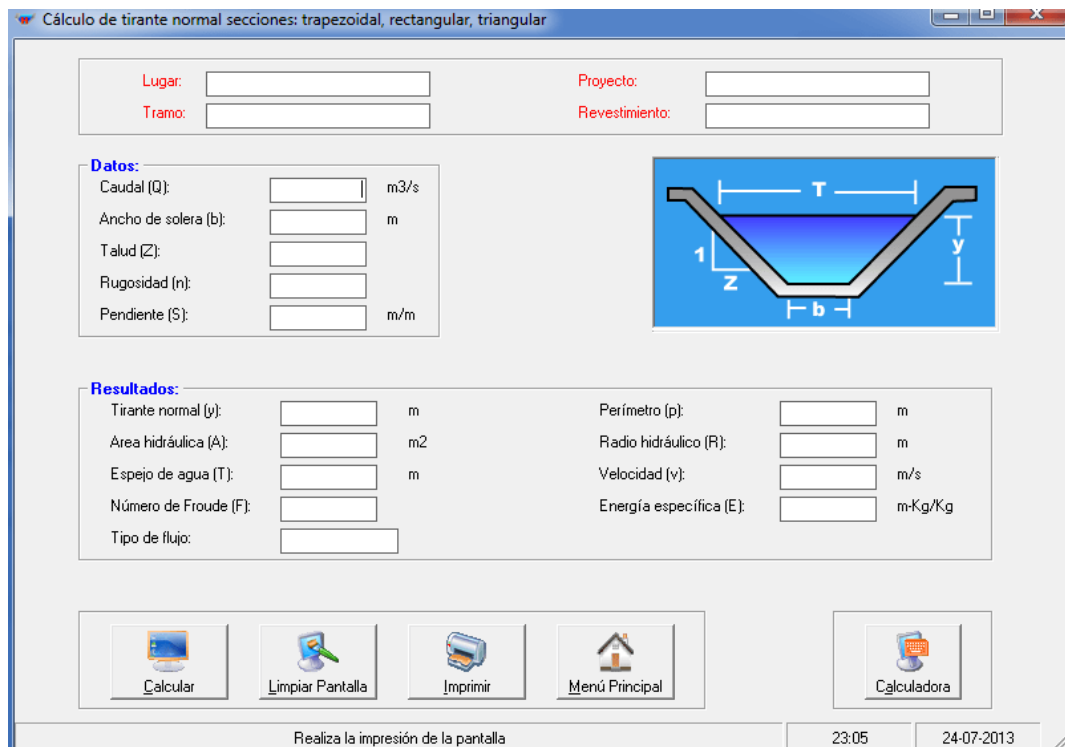
- Zonas de Inundación: Se identificaron las áreas más afectadas por la acumulación de agua, determinando puntos críticos donde el sistema de drenaje presenta deficiencias.
- Velocidades del Flujo: Se evaluaron las velocidades del agua en distintas zonas del sector, permitiendo entender el comportamiento de la escorrentía y su impacto sobre la infraestructura urbana.
- Altura del Agua: Se analizaron los niveles de agua alcanzados en diferentes puntos, lo que facilitó la identificación de áreas con mayor anegamiento.

3.6.1.7. Diseño de redes de evacuación de agua pluvial en el programa H-Canales

Para el diseño de redes de evacuación de agua pluvial en la ciudad de Lajas, específicamente el diseño de cunetas rectangulares, se utilizó el programa H-Canales, el cual permite calcular y dimensionar canales hidráulicos en función de los parámetros de escurrimiento y las condiciones del terreno. Las cunetas para el sector Cercado de Lajas se han diseñado en base a los caudales circulantes, verificando que la capacidad de evacuación fuera mayor al caudal de diseño. El procedimiento en el programa se basó en la definición de los parámetros hidráulicos y de diseño antes determinados, el ingreso de los datos en H-Canales, tales como, tipo de sección, caudal de diseño, pendiente longitudinal, coeficiente de Manning y dimensiones preliminares, definiendo así las dimensiones finales.

Figura 38

Imagen Iterativa del Programa H-Canales Utilizado en el Diseño de las Cunetas



3.6.1.8. Modelamiento de redes de evacuación de agua pluvial propuestas en SewerGEMS

Para evaluar la capacidad hidráulica de las redes de evacuación de agua pluvial propuestas, se realizó un modelamiento en el programa SewerGEMS, el cual permite simular el comportamiento de los sistemas de drenaje ante distintos escenarios de lluvia y verificar su eficiencia en la evacuación del caudal de escorrentía. A continuación, se describe el procedimiento seguido en esta modelación:

a) Definición de la red de drenaje y parámetros de diseño

Antes de ingresar los datos en SewerGEMS, se establecieron los parámetros hidráulicos del sistema de drenaje propuesto, considerando:

- Trazado de la red de drenaje, definiendo la ubicación de cunetas, colectores y estructuras de captación.
- Caudales de diseño, calculados previamente con base en el análisis hidrológico del área de estudio.
- Pendientes del terreno, obtenidas a partir del levantamiento topográfico.
- Diámetros y dimensiones preliminares de las conducciones, según las necesidades de evacuación del agua pluvial.
- Condiciones de descarga, considerando el destino final del agua evacuada.

b) Ingreso de datos en SewerGEMS

Se procedió a la digitalización y configuración de la red de drenaje en SewerGEMS, introduciendo los siguientes elementos clave:

- Nodos y conexiones: Se definieron los puntos de captación de aguas pluviales, como sumideros y bocas de tormenta, y su interconexión con la red de tuberías.

- Características de las conducciones: Se ingresaron los datos de diámetros, materiales y longitud de los conductos diseñados.
- Condiciones de entrada y salida: Se establecieron los caudales de ingreso en cada nodo y los puntos de descarga en el sistema receptor final.
- Datos de precipitación: Se incorporaron las intensidades de lluvia correspondientes a distintos periodos de retorno, en función del análisis hidrológico previo.

c) Simulación del sistema de drenaje

Una vez configurado el modelo, se ejecutaron simulaciones hidráulicas para evaluar el desempeño del sistema bajo condiciones de precipitación intensa. El software SewerGEMS permitió analizar el flujo en cada tramo de la red, identificando posibles deficiencias o sobrecargas en las conducciones.

Figura 39

Imagen Iterativa del Programa SewerGEMS Utilizado en el Modelamiento Hidráulico de las Cunetas

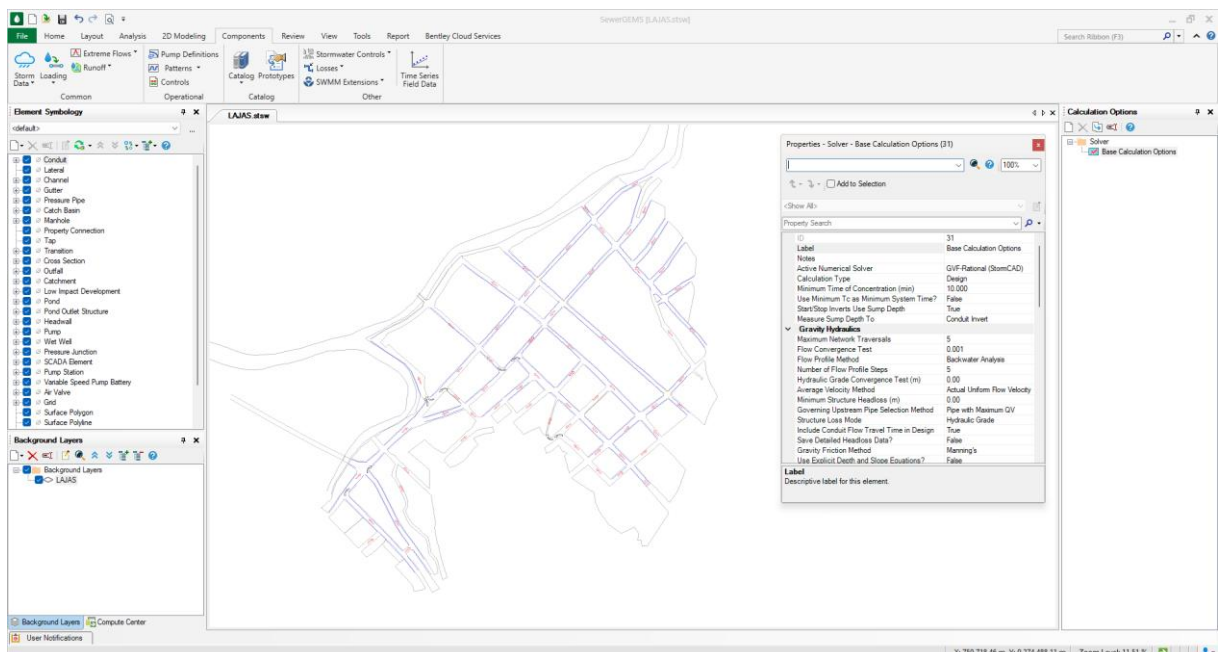


Figura 40

Prototipo de Cunetas Rectangulares en el Programa SewerGEMS

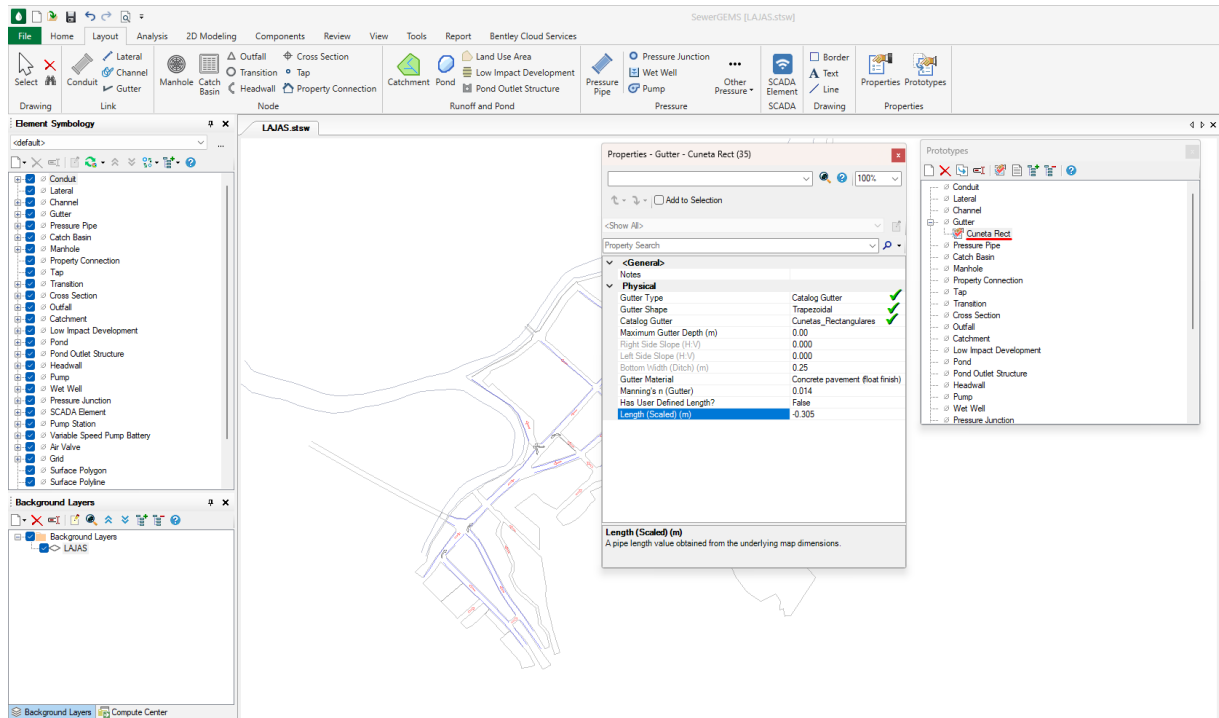
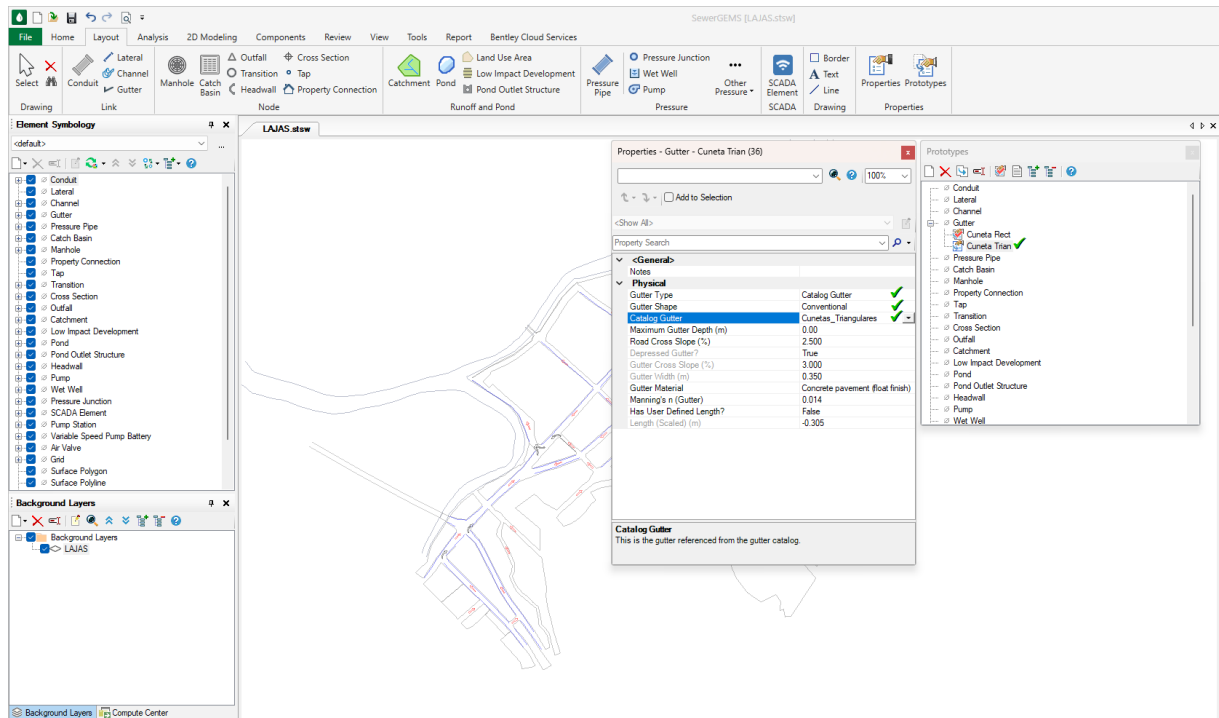


Figura 41

Prototipo de Cunetas Triangulares en el Programa SewerGEMS



3.6.2. *Procesamiento de datos*

El procesamiento de datos se llevó a cabo mediante el uso de herramientas computacionales especializadas, asegurando un análisis detallado de la capacidad hidráulica del sistema de drenaje existente y el diseño de una red adecuada. Inicialmente, se utilizó ArcGIS 10.8 para delimitar la cuenca urbana, procesando las curvas de nivel obtenidas del levantamiento topográfico y generando un Modelo Digital de Elevación (MDE) que permitió identificar las direcciones de flujo y las zonas de mayor escorrentía. Posteriormente, los datos topográficos fueron refinados en Civil 3D, a partir de esta información, en AutoCAD se realizó la delimitación de las áreas de escorrentía y la dirección de flujo. Para el análisis hidrológico, se empleó Hidroesta, donde se determinaron las intensidades máximas de precipitación para distintos períodos de retorno y se calcularon los caudales de diseño utilizando la ecuación del CIA. Luego, en HEC-RAS, se modeló la red de evacuación de aguas pluviales existente, evaluando su capacidad hidráulica y verificando su eficiencia en la evacuación de los caudales generados por una lluvia de diseño con $Tr = 10$ años. Con base en estos resultados, se diseñó una nueva red de drenaje pluvial en H-Canales, donde se dimensionaron cunetas rectangulares, ajustando sus características a las necesidades hidráulicas del área. Para validar el diseño, se utilizó SewerGEMS, donde se simuló el comportamiento de la nueva red, analizando la capacidad de conducción. Finalmente, toda la información obtenida fue organizada en Microsoft Excel, donde se sistematizaron los resultados en hojas de cálculo y se elaboraron tablas y gráficos que facilitaron la interpretación de resultados.

3.6.3. *Análisis de datos*

Para el análisis de información se utilizó el programa Minitab 22, con la finalidad de aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0) o la hipótesis alternativa (H_1). Si el valor de p (probabilidad) es menor que 0.05 (nivel de significancia) para un nivel de confianza de 95%, se rechaza H_0 .

3.7. Aspectos éticos

Los aspectos éticos y de rigor científico fueron esenciales para garantizar la calidad de la investigación desarrollada. Según Mager (2020), la ética en la investigación abarcó los siguientes aspectos:

- **Transparencia y veracidad de los datos recopilados.** Para ello, la información hidrológica, topográfica e hidráulica fue obtenida de fuentes oficiales como Senamhi (precipitaciones pluviales) y la Municipalidad Distrital de Lajas (mapa cartográfico), evitando cualquier manipulación o alteración de los valores medidos o calculados.
- **Respeto a la normativa técnica y ambiental.** Durante el desarrollo de la investigación, se siguieron los lineamientos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la norma CE.040 “Drenaje Pluvial”.
- **Integridad y responsabilidad científica.** Asegurando que todos los procedimientos fueran documentados y que las fuentes de información fueran correctamente citadas para evitar cualquier tipo de plagio.
- **Beneficio de la comunidad.** Buscando proporcionar soluciones efectivas para mitigar los problemas de escorrentía y acumulación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas, la investigación no solo identificó las deficiencias del sistema de drenaje, sino que también propuso mejoras viables.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. *Infraestructura de drenaje pluvial existente en el cercado de Lajas*

4.1.1.1. Evaluación de la capacidad hidráulica de las redes existentes

a) Dimensiones de las cunetas

La infraestructura de drenaje pluvial en el sector Cercado de Lajas presenta una distribución parcial y con variaciones significativas en cuanto a la ubicación, diseño y dimensiones de las cunetas. La mayoría de las calles cuentan con cunetas en un solo lado de la vía, lo que indica una cobertura limitada del sistema de drenaje, mientras que algunas calles, como Ca. Dionisio Pérez y Av. La Planta, poseen cunetas en ambos lados, lo que favorece una mejor evacuación del agua. Sin embargo, existen sectores donde las cunetas solo están presentes en ciertos tramos, como en Av. Chiclayo y Jr. 28 de Julio, lo que genera puntos críticos de acumulación de agua. Adicionalmente, en algunas calles, las cunetas no están completamente conectadas, como ocurre en Jr. Rosendo Mendivel, lo que limita la continuidad del flujo y reduce la eficiencia del sistema pluvial.

Las cunetas en el sector del cercado presentan variabilidad en su ancho, dependiendo de la calle donde se encuentran y de la sección hidráulica. En general, las cunetas triangulares tienen anchos entre 0.25 m y 0.5 m, mientras que las rectangulares y trapezoidales presentan ligeras variaciones. Las cunetas con mayor ancho se encuentran en calles como Jr. Rosendo Mendivel, Jr. Belisario Barsallo y Av. La Planta, donde alcanzan 0.50 m, lo que indica una mayor capacidad para captar y conducir agua de escorrentía; en contraste, las cunetas

más estrechas se hallan en calles como Jr. Haya de la Torre, con 0.25 m, y Ca. Dionisio Pérez, con 0.29 m.

En el sector Cercado de Lajas, la mayoría de las cunetas presentan profundidad estandarizada de 0.1 m, sin embargo, se observa una excepción importante en la cuneta de Ca. Cahuide, la cual posee una profundidad de 0.32 m, siendo la más profunda del sector debido a su sección rectangular y la necesidad de manejar volúmenes de agua más elevados; así mismo, otra cuneta con profundidad superior al promedio es la del Jr. José Olaya, que alcanza 0.3 m, es de sección trapezoidal y al igual que para la Calle Cahuide maneja volúmenes más elevados de esorrentía pluvial.

Siendo así, el diseño predominante en la ciudad es el de cunetas triangulares, ya que la mayoría de las calles presentan esta sección, sin embargo, existen calles como Ca. Cahuide y Jr. Ricardo Palma, que poseen cunetas rectangulares, lo que les otorga una capacidad de conducción más eficiente y estable, además, en el Jr. José Olaya, se encuentra una cuneta trapezoidal.

Figura 42

Vista de las Calles que Tienen Cunetas para el Drenaje Pluvial



Nota: Las líneas de color rojo, representan aquellas calles donde hay cunetas.

Tabla 28*Dimensiones de las Cunetas del Sector Cercado de Lajas, Verificadas en Campo*

Denominación de la Calle	Cuadra	Ubicación de Cuneta	Ancho (m)	Profundidad (m)	Sección de la Cuneta	Longitud (m)	Observación
Jr. Rosendo Mendivel	1 a 6	Un lado	0.5	0.15	Triangular	415.37	En uso, un solo lado de la vía, tienen tramos no conectados
Jr. José Gálvez	1 a 6	Un lado	0.48	0.1	Triangular	339.74	En uso, un solo lado
Ca. Río Jalqueño	-	Un lado	0.35	0.1	Triangular	122.00	A lo largo del muro de contención
Malecón Almirante Grau	-	Un lado	0.3	0.1	Triangular	190.00	En uso, a un solo lado del malecón
Ca. Dionisio Pérez	1 a 3	Ambos lados	0.29	0.1	Triangular	161.00	En uso, en ambos lados
Av. Chiclayo	-	Solo en tramo final	0.37	0.1	Triangular	24.51	Solo un tramo con cuneta
Ca. Cahuide	-	Un lado	0.35	0.32	Rectangular	95.98	Uniforme, a un solo lado
Jr. Haya de la Torre	-	Ambos lados	0.25	0.1	Triangular	285.00	Diferentes secciones según topografía
Ca. Wenceslao Arrascue	-	Un lado	0.38	0.1	Triangular	58.57	Solo en la parte inferior de la calle
Jr. 28 de Julio	1 a 2	En tramos	0.32	0.1	Triangular	115.00	En algunos tramos
Jr. Belisario Barsallo	-	Ambos lados (parcial)	0.5	0.1	Triangular	134.00	En uso, solo en parte superior
Av. La Planta	1 a 2	Ambos lados	0.5	0.1	Triangular	156.50	En ambos extremos
Jr. Tupac Amaru	-	Un lado	0.37	0.1	Triangular	83.08	En uso, a un solo lado
Jr. Ricardo Palma	-	Un lado	0.32	0.1	Rectangular	82.92	En uso, a un solo lado
Jr. José Olaya	1	Un lado	0.33 m 0.28 m	0.3	Trapezoidal	55.62	Presenta sección irregular, pero se han colocado las dimensiones promedio

b) Caudal máximo de evacuación y capacidad de conducción

El análisis del caudal máximo de evacuación y la capacidad de conducción de las redes de drenaje pluvial en el sector Cercado de Lajas evidencia diferencias significativas en la eficiencia de las estructuras existentes. Para determinar si las cunetas pueden manejar el flujo de agua generado por la escorrentía pluvial, se verificó que el caudal admisible fuera mayor que el caudal circulante en cada tramo. Aquellas cunetas donde este criterio se cumple no requieren modificaciones, mientras que en las que no lo cumplen, es necesario rediseñar la infraestructura para mejorar su capacidad de evacuación.

$$Q_{admisible} > Q_{circulante} \quad (59)$$

En la Tabla 28, se observa que algunas calles cuentan con cunetas adecuadas para evacuar el agua pluvial, mientras que en otras la infraestructura requiere ser rediseñada. En tramos como Ca. Cahuide, Jr. Ricardo Palma y Jr. José Olaya, las cunetas tienen dimensiones apropiadas y secciones eficientes, lo que les permite manejar los caudales de escorrentía sin problemas. Sin embargo, en calles como Ca. Río Jalqueño, Malecón Almirante Grau y Jr. Belisario Barsallo, las cunetas actuales no son suficientes para evacuar el agua, lo que hace necesario aumentar su capacidad hidráulica mediante el rediseño de la infraestructura.

b.1. Calles donde la infraestructura de drenaje cumple con la capacidad

En algunos tramos del sector, las cunetas existentes tienen la capacidad suficiente para manejar los caudales de escorrentía generados por eventos de lluvia. En calles como Jr. Rosendo Mendivel, Jr. José Gálvez, Ca. Cahuide, Jr. Haya de la Torre, Av. La Planta, Jr. Ricardo Palma y Jr. José Olaya, se observa que el caudal admisible es superior al caudal circulante, lo que indica que las estructuras actuales pueden evacuar el agua sin problemas.

Particularmente, en Ca. Cahuide y Jr. Ricardo Palma, donde las cunetas tienen sección rectangular y mayor profundidad (0.32 m), se ha comprobado que su capacidad hidráulica es considerablemente superior a la de otras calles con secciones triangulares. Asimismo, en Jr. José Olaya, donde la cuneta presenta una sección trapezoidal y una profundidad de 0.30 m, se ha registrado el caudal máximo de evacuación más alto del sector (509.33 l/s), lo que confirma que esta estructura es altamente eficiente en la conducción del agua pluvial.

b.2. Calles donde la infraestructura de drenaje es insuficiente

Por otro lado, en varias calles la infraestructura de drenaje no cumple con la capacidad requerida, lo que indica que las cunetas existentes no pueden evacuar eficientemente el agua de escorrentía. Esto ocurre en calles como Ca. Río Jalqueño, Malecón Almirante Grau, Ca. Dionisio Pérez, Av. Chiclayo, Ca. Wenceslao Arrascue, Jr. 28 de Julio, Jr. Belisario Barsallo y Jr. Tupac Amaru, donde el caudal circulante supera al caudal admisible, lo que hace evidente la necesidad de diseñar cunetas de mayores dimensiones o secciones más eficientes.

En particular, en Ca. Río Jalqueño y Malecón Almirante Grau, las cunetas presentan secciones triangulares con anchos de 0.35 m y 0.30 m, respectivamente, y caudales de evacuación que no alcanzan el nivel requerido; esto sugiere que, en estos sectores, la infraestructura es insuficiente para manejar los volúmenes de agua generados por lluvias intensas. Un caso similar se presenta en Jr. Belisario Barsallo, donde, a pesar de contar con una cuneta de 0.50 m de ancho, el caudal circulante ($0.152 \text{ m}^3/\text{s}$) supera el caudal admisible ($0.13 \text{ m}^3/\text{s}$), lo que indica que el sistema de drenaje necesita ser ampliado.

Tabla 29*Capacidad Hidráulica de las Redes de Drenaje Existentes en el Sector Cercado de Lajas*

Denominación de la calle	Sección de la Cuneta	Ubicación de Cuneta	Ancho (m)	Profundidad (m)	Ángulo de inclinación (°)	Pendiente de la cuneta (Z)	Área hidráulica (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico (m)	Espejo de agua (m)	Rugosidad (n)	Pendiente crítica (m/m)	Caudal (l/s)	Caudal admisible (m ³ /s)	Caudal circulante (m ³ /s)	Verificación
Jr. Rosendo Mendivel	Triangular	Un lado	0.5	0.15	74	3.49	0.08	1.09	0.05	0.52	0.014	0.16	207.55	0.21	0.090	Cumple
Jr. José Gálvez	Triangular	Un lado	0.48	0.10	78	4.70	0.05	0.96	0.05	0.47	0.014	0.16	111.86	0.11	0.090	Cumple
Ca. Río Jalqueño	Triangular	Un lado	0.35	0.10	74	3.49	0.03	0.73	0.05	0.35	0.014	0.16	70.40	0.07	0.105	No cumple
Malecón Almirante Grau	Triangular	Un lado	0.3	0.10	72	3.08	0.03	0.65	0.05	0.31	0.014	0.16	57.81	0.06	0.110	No cumple
Ca. Dionisio Pérez	Triangular	Ambos lados	0.29	0.10	72	3.08	0.03	0.65	0.15	0.31	0.014	0.16	57.81	0.12	0.123	No cumple
Av. Chiclayo	Triangular	Solo en tramo final	0.37	0.10	75	3.73	0.04	0.77	0.05	0.37	0.014	0.16	78.26	0.08	0.110	No cumple
Ca. Cahuide	Rectangular	Un lado	0.35	0.32		1.00	0.11	0.99	0.11	0.35	0.014	0.16	274.916	0.27	0.201	Cumple
Jr. Haya de la Torre	Triangular	Ambos lados	0.25	0.10	68	2.48	0.02	0.53	0.05	0.25	0.014	0.16	40.75	0.08	0.069	Cumple
Ca. Wenceslao Arrascue	Triangular	Un lado	0.38	0.10	75	3.73	0.04	0.77	0.05	0.37	0.014	0.16	78.26	0.08	0.092	No cumple
Jr. 28 de Julio	Triangular	En tramos	0.32	0.10	72	3.08	0.03	0.65	0.05	0.31	0.014	0.16	57.81	0.06	0.087	No cumple

Denominación de la calle	Sección de la Cuneta	Ubicación de Cuneta	Ancho (m)	Profundidad (m)	Ángulo de inclinación (°)	Pendiente de la cuneta (Z)	Área hidráulica (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico (m)	Espejo de agua (m)	Rugosidad (n)	Pendiente crítica (m/m)	Caudal (l/s)	Caudal admisible (m ³ /s)	Caudal circulante (m ³ /s)	Verificación
Jr. Belisario Barsallo	Triangular	Ambos lados (parcial)	0.5	0.10	79	5.14	0.05	1.05	0.05	0.51	0.014	0.16	128.17	0.13	0.152	No cumple
Av. La Planta	Triangular	Ambos lados	0.5	0.10	79	5.14	0.05	1.05	0.16	0.51	0.014	0.16	128.17	0.26	0.152	Cumple
Jr. Tupac Amaru	Triangular	Un lado	0.37	0.10	75	3.73	0.04	0.77	0.14	0.37	0.014	0.16	78.26	0.08	0.152	No cumple
Jr. Ricardo Palma	Rectangular	Un lado	0.32	0.32		1.00	0.10	0.96	0.11	0.32	0.014	0.16	223.447	0.22	0.090	Cumple
Jr. José Olaya	Trapezoidal	Un lado	0.33 0.28	0.30	30	0.58	0.14	0.97	0.14	0.35	0.014	0.16	509.33	0.51	0.069	Cumple

c) Capacidad de conducción

A partir del análisis de campo, se constató la presencia de obstrucciones, acumulación de residuos sólidos y sedimentación en varias cunetas, lo que ha reducido significativamente su capacidad de evacuación. Si bien estos problemas pueden ser controlados mediante mantenimiento y limpieza periódica, el principal inconveniente identificado no radica únicamente en la acumulación de sedimentos, sino en la falta de interconexión entre las cunetas existentes. Actualmente, muchas de ellas no tienen un punto de desfogue ni continuidad en el sistema de drenaje pluvial, lo que provoca que el agua pluvial quede retenida en las mismas cunetas en lugar de ser evacuada de manera eficiente.

En la evaluación del sistema, se identificó que solo algunas calles cuentan con un sistema de drenaje pluvial continuo y funcional, entre ellas el Jr. Haya de La Torre, la Avenida La Planta, el Jr. José Gálvez y la calle Cahuide (ver planos). Sin embargo, hay calles como el Jr. Rosendo Mendivel, el Jr. Ricardo Palma y el Jr. José Olaya, cuyas cunetas cumplen con la capacidad hidráulica requerida, pero carecen de conexión con el resto del sistema, lo que limita su efectividad. Por lo tanto, es fundamental replantear su diseño para garantizar la conectividad del drenaje pluvial, ya sea mediante la simple mejora de la interconexión existente o adaptándolas al nuevo diseño propuesto, con cunetas de dimensiones adecuadas para mejorar la evacuación del agua.

Figura 43

Estado Actual de las Cunetas con Acumulación de Residuos Sólidos y

Obstrucciones



Jr. La Planta



Jr. Ricardo Palma

Tabla 30*Análisis de Continuidad de Conducción del Sistema de Drenaje Existentes en el Sector Cercado de Lajas*

Denominación de la calle	Sección de la Cuneta	Ubicación de Cuneta	Ancho (m)	Profundidad (m)	Caudal admisible (m ³ /s)	Caudal circulante (m ³ /s)	Verificación	Conectividad	Presencia de obstrucciones
Jr. Rosendo Mendivel	Triangular	Un lado	0.5	0.15	0.21	0.090	Cumple	No conecta	Presenta
Jr. José Gálvez	Triangular	Un lado	0.48	0.10	0.11	0.090	Cumple	Si conecta	No presenta
Ca. Cahuide	Rectangular	Un lado	0.35	0.32	0.27	0.201	Cumple	Si conecta	No presenta
Jr. Haya de la Torre	Triangular	Ambos lados	0.25	0.10	0.08	0.069	Cumple	Si conecta	Presenta
Av. La Planta	Triangular	Ambos lados	0.5	0.10	0.26	0.152	Cumple	Si conecta	Presenta
Jr. Ricardo Palma	Rectangular	Un lado	0.32	0.32	0.22	0.090	Cumple	No conecta	Presenta
Jr. José Olaya	Trapezoidal	Un lado	0.33 m arriba, 0.28 m abajo	0.30	0.51	0.069	Cumple	No conecta	No presenta

4.1.1.2. Evaluación de la cobertura y estructuras del sistemas existente

a) Análisis de las zonas sin drenaje

El análisis de la capacidad de control del escurrimiento superficial en las vías de la ciudad de Lajas permitió identificar zonas críticas sin drenaje pluvial, donde la acumulación de agua durante eventos de lluvia representa un problema significativo. En particular, los puntos 4, 5, 6, 8, 10 y 11, correspondientes a calles principales como el Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Belisario Barsallo, Jr. 28 de Julio, Jr. Francisco Bolognesi y Jr. Haya de la Torre, carecen de cunetas para la evacuación del agua pluvial, a pesar de que su geometría y parámetros hidráulicos indican una clara necesidad de infraestructura de drenaje.

a.1. Evaluación de las zonas críticas

Los resultados muestran que la mayoría de estas vías tienen ancho de entre 4 y 6 m, con carriles de 2 a 3 m, lo que sugiere que son calles de tránsito moderado que, al no contar con drenaje adecuado, presentan riesgos de inundación pluvial superficial. La pendiente de la vía varía entre 8.45% y 14.84%, lo que indica que el agua de lluvia tiende a escurrir rápidamente, pero sin una infraestructura de captación eficiente, lo que favorece la acumulación de agua en puntos bajos y/o intersecciones, de acuerdo a observaciones realizadas en campo durante el periodo de lluvias y reportes dados por las agencias de noticias locales (Ltv, 2024).

En términos de materiales, todas las vías analizadas están pavimentadas con concreto, lo que, combinado con un coeficiente de rugosidad de 0.014 (n de Manning), sugiere que el escurrimiento superficial es relativamente eficiente. Sin embargo, debido a la falta de cunetas, el agua no tiene un canal definido para su conducción, generando encharcamientos en diferentes sectores de la ciudad.

Figura 44

Acumulación de Agua de Lluvia en las Calles del Cercado de Lajas



a.2. Capacidad hidráulica y necesidad de drenaje

Los valores de ancho mojado registrados oscilan entre 2.66 m y 3.47 m, lo que indica que el agua ocupa una gran parte de la superficie de la vía durante eventos de lluvia. Asimismo, la profundidad del agua varía entre 0.07 m y 0.09 m, lo que, si bien no representa un nivel crítico para el tránsito vehicular inmediato, sí genera problemas de acumulación, transitabilidad, deterioro del pavimento y posibles afectaciones a viviendas y comercios en las zonas más bajas.

El análisis confirma que en estas calles se requiere la implementación de cunetas de drenaje pluvial, ya que las condiciones geométricas e hidráulicas demuestran que el escurrimiento superficial no es suficiente para evacuar el agua de manera eficiente. Al no contar con un sistema adecuado, el agua permanece sobre la superficie de la vía, aumentando el riesgo de erosión del pavimento y generando inconvenientes en la movilidad de peatones y vehículos.

Tabla 31

Análisis de la Capacidad de Control del Esguerrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 1

Punto Control	Geometría de la vía				Parámetros hidráulicos					Observación
	Ancho vía	Ancho carril	Pendiente vía	Bombeo vía	Material	n Manning	Ancho mojado	Profundidad del agua		
	(m)	(m)	(%)	(%)	-	-	T (m)	Y1 (m)	Y total (m)	
P-4	5	2.5	9.29%	2.5%	Concreto	0.014	2.75	0.07		Con cuneta
P-4	5	2.5	14.84%	2.5%	Concreto	0.014	2.66	0.07		Con cuneta
P-6	6	3	12.47%	2.5%	Concreto	0.014	3.02	0.08		Con cuneta
P-8	6	3	8.45%	2.5%	Concreto	0.014	3.42	0.09		Con cuneta
P-10	4	2	11.65%	2.5%	Concreto	0.014	3.47	0.09		Con cuneta
P-11	4	2	11.65%	2.5%	Concreto	0.014	3.15	0.08		Con cuneta

Tabla 32

Análisis de la Capacidad de Control del Esguerrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 2

Punto Control	Geometría de la vía					Parámetros hidráulicos				Observación
	Ancho vía	Ancho carril	Pendiente vía	Bombeo vía	Material	n Manning	Ancho mojado T	Profundidad del agua		
	(m)	(m)	(%)	(%)	-	-	(m)	Y1 (m)	Y total (m)	
P-14	5.5	2.75	11.21%	2.5%	Concreto	0.014	3.03	0.08		Con cuneta
P-14	5.5	2.75	11.52%	2.5%	Concreto	0.014	3.16	0.08		Con cuneta
P-17	6.8	3.4	6.45%	2.5%	Concreto	1.016	5.65	0.14		Con cuneta
P-16	6.8	3	10.67%	2.5%	Concreto	0.016	3.47	0.09		Con cuneta
P-18	4	2	3.05%	2.5%	Concreto	0.014	3.19	0.08		Con cuneta
P-18	4	2	9.29%	2.5%	Concreto	0.014	3.94	0.10		Con cuneta
P-19	4	2	9.29%	2.5%	Concreto	0.014	2.74	0.07		Con cuneta

Tabla 33

Análisis de la Capacidad de Control del Esguerrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 3

Punto Control	Geometría de la vía					Parámetros hidráulicos				Observación
	Ancho vía (m)	Ancho carril (m)	Pendiente vía (%)	Bombeo vía (%)	Material -	n Manning -	Ancho mojado T (m)	Profundidad del agua		
								Y1 (m)	Y total (m)	
P-23	5.5	2.75	13.99%	2.5%	Concreto	0.016	2.91	0.07		Con cuneta
P-24	5	2.5	11.65%	2.5%	Concreto	0.014	2.67	0.07		Con cuneta
P-25	5	2.5	11.65%	2.5%	Concreto	0.014	3.26	0.08		Con cuneta
P-26	5.5	2.75	10.92%	2.5%	Concreto	0.014	2.91	0.07		Con cuneta
P-27	5.5	2.75	10.92%	2.5%	Concreto	0.014	3.37	0.08		Con cuneta
P-28	5	2.5	3.10%	2.5%	Concreto	0.014	2.68	0.07		Con cuneta
P-28	5	2.5	8.89%	2.5%	Concreto	0.014	3.46	0.09		Con cuneta
P-29	5	2.5	8.89%	2.5%	Concreto	0.014	3.77	0.09		Con cuneta

Tabla 34

Análisis de la Capacidad de Control del Esguerrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 4

Punto Control	Geometría de la vía					Parámetros hidráulicos			Observación	
	Ancho vía	Ancho carril	Pendiente vía	Bombeo vía	Material	n Manning	Ancho mojado T	Profundidad del agua Y1		Y total
	(m)	(m)	(%)	(%)	-	-	(m)	(m)		(m)
P-33	6	3	10.40%	2.5%	Concreto	1.014	11.49	0.29		Con cuneta
P-34	6	3	10.05%	2.5%	Concreto	3.014	9.35	0.23		Con cuneta
P-35	6	3	10.05%	2.5%	Concreto	4.014	12.79	0.32		Con cuneta
P-34	6	3	10.29%	2.5%	Concreto	6.014	19.57	0.49		Con cuneta
P-35	6	3	10.29%	2.5%	Concreto	7.014	26.47	0.66		Con cuneta
P-37	5.5	2.75	12.62%	2.5%	Concreto	0.014	2.80	0.07		Con cuneta
P-41	4	2	3.00%	2.5%	Concreto	0.014	2.42	0.06		Con cuneta
P-41	4	2	12.58%	2.5%	Concreto	0.014	2.78	0.07		Con cuneta
P-42	4	2	12.58%	2.5%	Concreto	0.014	3.10	0.08		Con cuneta
P-43	4	2	11.98%	2.5%	Concreto	0.014	2.88	0.07		Con cuneta
P-44	4	2	11.98%	2.5%	Concreto	0.014	3.24	0.08		Con cuneta

Tabla 35

Análisis de la Capacidad de Control del Esguerrimiento Superficial por Parte de la Vía para Determinar las Zonas Críticas que Requieren del Sistema de Drenaje Pluvial, Tramo 5

Punto Control	Geometría de la vía					Parámetros hidráulicos			Observación	
	Ancho vía	Ancho carril	Pendiente vía	Bombeo vía	Material	n Manning	Ancho mojado T	Profundidad del agua		
	(m)	(m)	(%)	(%)	-	-	(m)	Y1 (m)		Y total (m)
P-58	6	3	10.29%	2.5%	Concreto	6.014	19.57	0.49		Con cuneta
P-62	6	3	10.29%	2.5%	Concreto	7.014	26.47	0.66		Con cuneta
P-66	6	3	10.05%	2.5%	Concreto	4.014	12.79	0.32		Con cuneta

b) Longitud total de la red de drenaje existente

Se realizó el levantamiento topográfico y análisis hidrológico e hidráulico de la infraestructura de drenaje en el sector Cercado de Lajas, determinando la longitud total de la red de cunetas operativas, siendo así, solamente 877.22 ml de cunetas se encuentran totalmente operativas, mientras que, 1142.07 ml presentan problemas de baja capacidad hidráulica o no se encuentran conectadas entre sí.

Tabla 36

Longitud de la Red de Drenaje en el Sector Cercado de Lajas

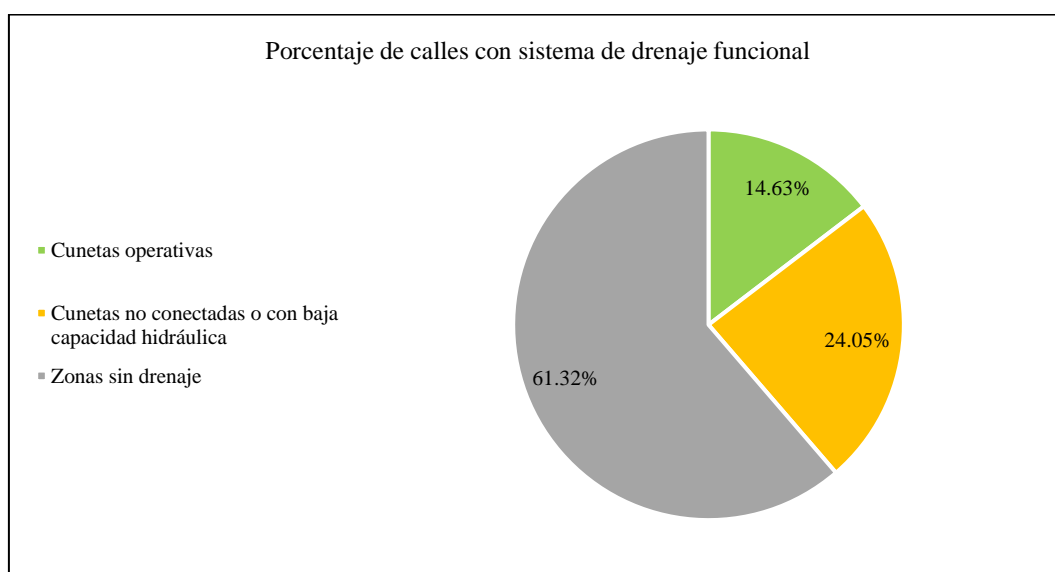
Tipo de drenaje	Longitud total (m)
Cunetas operativas	877.22
Cunetas no conectadas o con baja capacidad hidráulica	1442.07
Zonas sin drenaje	3676.39

c) Porcentaje de calles con sistemas de drenaje funcionales

El análisis determinó que el 14.63% de las calles cuentan con sistemas de drenaje funcionales, mientras que el 24.05% presentan problemas de funcionamiento y el 61.32% carecen de infraestructura de drenaje pluvial.

Figura 45

Porcentaje de Calles con Drenaje Funcional y Deficiencias en el sector



4.1.1.3. Evaluación de la eficiencia y desempeño del sistema existente

a) Nivel de acumulación de agua en zonas críticas

Se identificaron siete zonas críticas donde la acumulación de agua excede los 20 cm de altura después de eventos de lluvia moderada para Tr de 10 años, de acuerdo al análisis hidrológico e hidráulico.

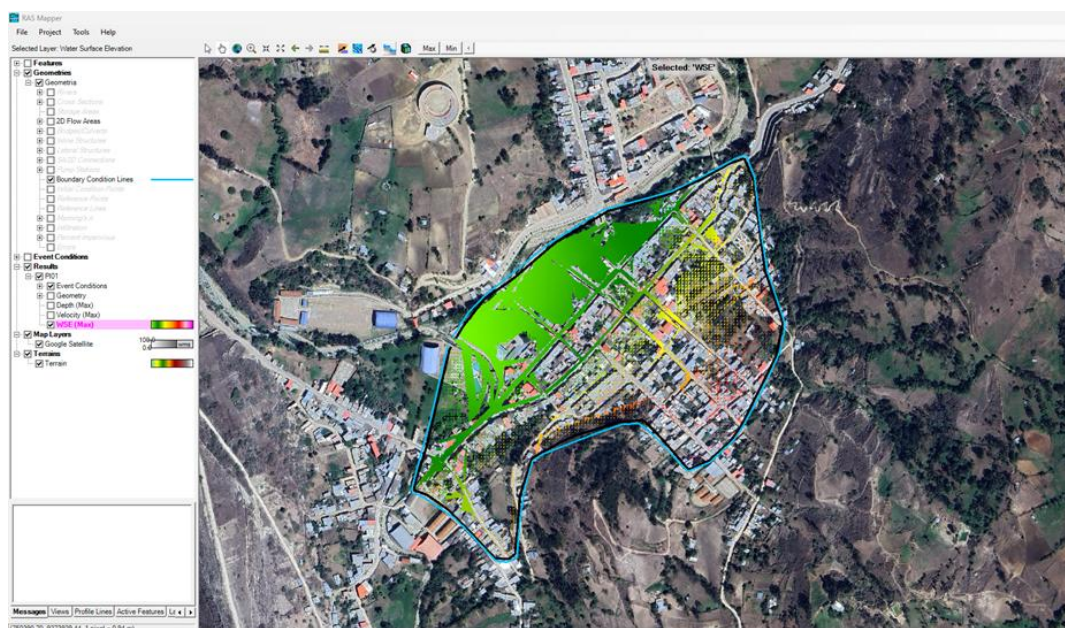
Tabla 37

Zonas Críticas de Acumulación de Agua en el Sector Cercado de Lajas de Acuerdo al Modelamiento en HEC-RAS

Calle	Altura del agua acumulada (cm)
Malecon Almirante Grau	0.30
Jr. Alfonso Ugarte	0.20
Jr. 28 de julio	0.22
Jr. Francisco Bolognesi	0.24
Ca. Río Jalqueño	0.26
Jr. Rosendo Mendivel	0.20
Jr. José Gálvez	0.15

Figura 46

Mapa de Altura de Agua de Escorrentía en el Sector Cercado de Lajas

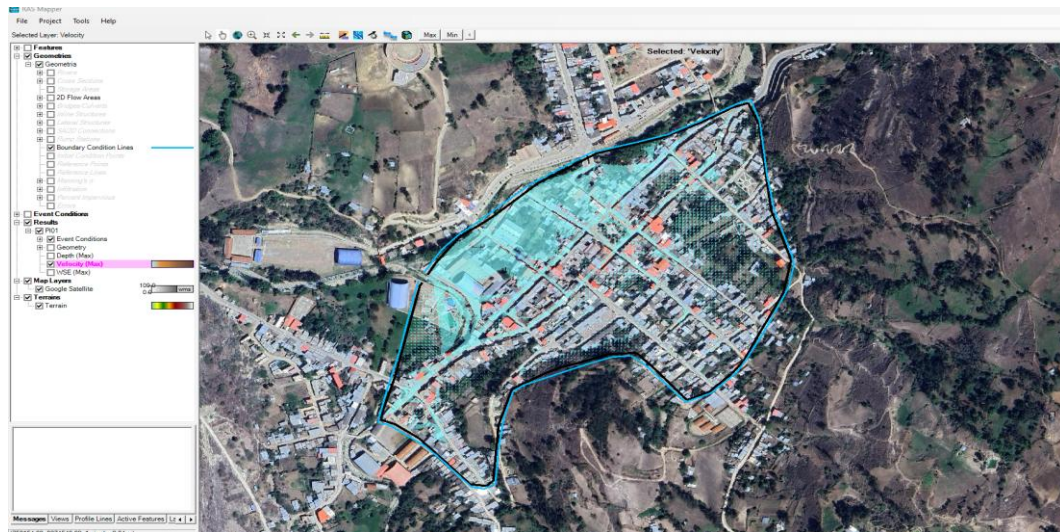


b) Tiempo de evacuación del agua pluvial

De acuerdo al modelamiento de la precipitación pluvial para Tr de 10 años realizado en el programa HEC-RAS, el drenaje en la mayoría de las calles tarda entre 30 y 45 minutos en evacuar el agua de lluvia, lo que indica una capacidad de drenaje insuficiente.

Figura 47

Mapa de Velocidades del Flujo de Agua en el Sector Cercado de Lajas



c) Extensión del área afectada por escorrentía

El análisis hidrológico e hidráulico mediante el modelamiento de la precipitación pluvial en HEC-RAS determinó que aproximadamente 8.55 ha del sector Cercado de Lajas (21 ha) experimentan problemas de escorrentía excesiva e inundaciones temporales debido a la falta de infraestructura adecuada.

Tabla 38

Extensión del Área Afectada por Escorrentía en el Sector Cercado de Lajas de

Acuerdo al Modelamiento en HEC-RAS

Tipo	Área (m2)	%
Área afectada por escorrentía	8.55	40.71%
Área no afectada por escorrentía	12.45	59.29%
Sector Cercado de Lajas	21	100.00%

Figura 48

Mapa de Áreas Críticas con Problemas de Escorrentía en el Sector Cercado de Lajas

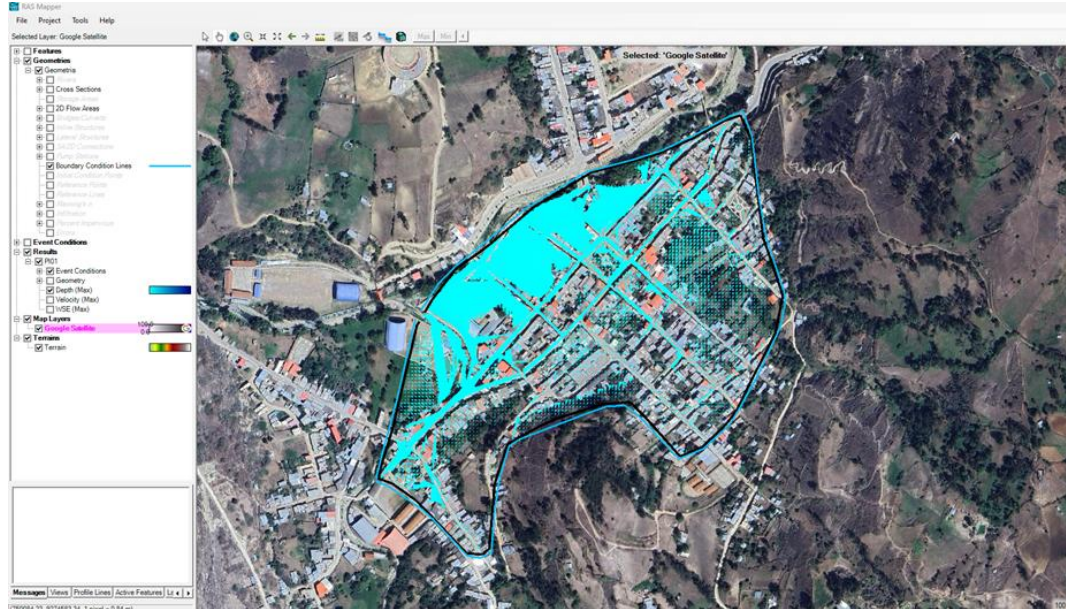
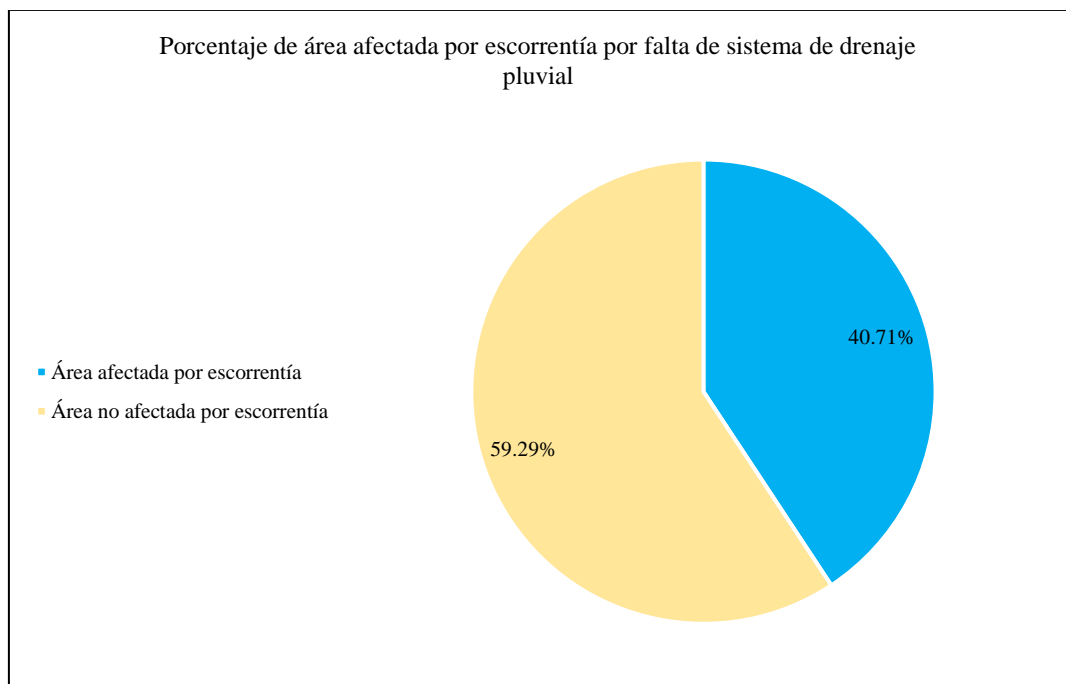


Figura 49

Porcentaje de Extensión del Área Afectada por Escorrentía en el Sector Cercado de Lajas de Acuerdo al Modelamiento en HEC-RAS



4.1.2. Propuesta de sistema de drenaje pluvial urbano en el cercado de Lajas

En el marco del objetivo de diseñar un sistema de drenaje pluvial eficiente para el Cercado de Lajas, se ha formulado una propuesta que integra todos los tramos urbanos en una red interconectada diseñada en H-Canales.

4.1.2.1. Diseño de cunetas

a) Cunetas existentes a conservar

El sistema de drenaje pluvial en el Cercado de Lajas ha sido diseñado con el propósito de conectar todos los tramos, asegurando un flujo continuo del agua pluvial. Se han conservado las dimensiones de las cunetas en tres calles, previas recomendaciones para mejorar su estado actual:

- Calle Cahuide: Cuneta rectangular de 0.35x0.32 m.
- Jr. Ricardo Palma: Cuneta rectangular de 0.32x0.32 m.
- Jr. José Olaya: Cuneta trapezoidal de 0.33 m en la base superior, 0.28 m en la base inferior y 0.30 m de profundidad.

Figura 50

Cunetas Existentes a Conservar en el Cercado de Lajas

Calle Cahuide



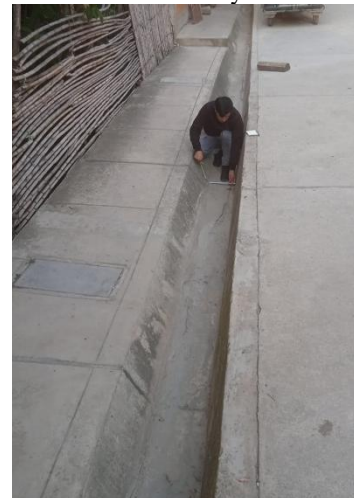
Se recomienda realizar mantenimiento para conservar el estado actual de la cuneta y renovar las rejillas.

Jr. Ricardo Palma



Se recomienda realizar mantenimiento y limpieza para eliminar la vegetación que se ha formado en la cuneta.

Jr. José Olaya



Se recomienda continuar con las acciones de limpieza periódica para conservar su buen estado.

b) División del cercado de Lajas en tramos

Para garantizar la evacuación del agua en todo el sector, se ha dividido la zona en cinco tramos principales: el tramo 1 corresponde al Jr. Alfonso Ugarte, el tramo 2 al Jr. Belisario Barsalio, el tramo 3 al Jr. 28 de Julio, el tramo 4 inicia en el Jr. Haya de la Torre y luego conduce el caudal por el Jr. Francisco Bolognesi, y el tramo 5 inicia en la calle Dionicio Perez, luego va por el Jr. Rosendo Mendivel y pasa a la calle del río Jalqueño.

Tabla 39

Tramos del Cercado de Lajas para el Diseño del Drenaje Pluvial

Tramo	Calle principal
1	Jr. Alfonso Ugarte
2	Jr. Belisario Barsalio
3	Jr. 28 de Julio
4	Jr. Haya de la Torre - Jr. Francisco Bolognesi
5	Calle Dionicio Pérez - Jr. Rosendo Mendivel - Calle del Río Jalqueño

Figura 51

Vista del Tramo 1 en el Sector Cercado de Lajas

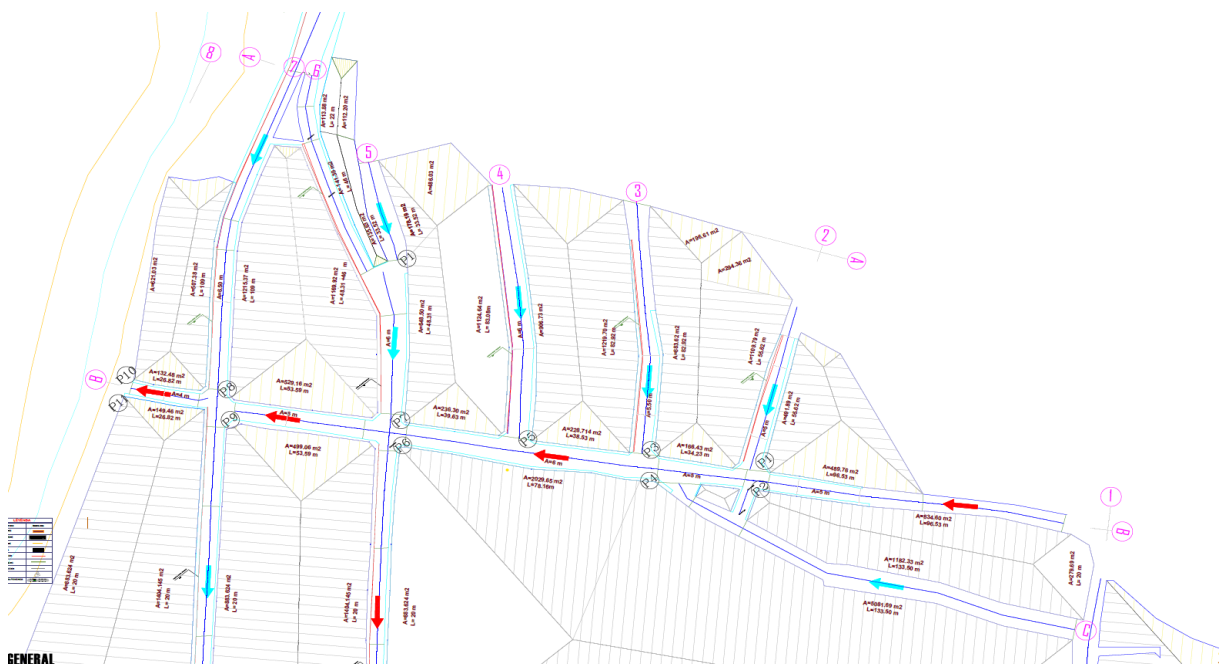
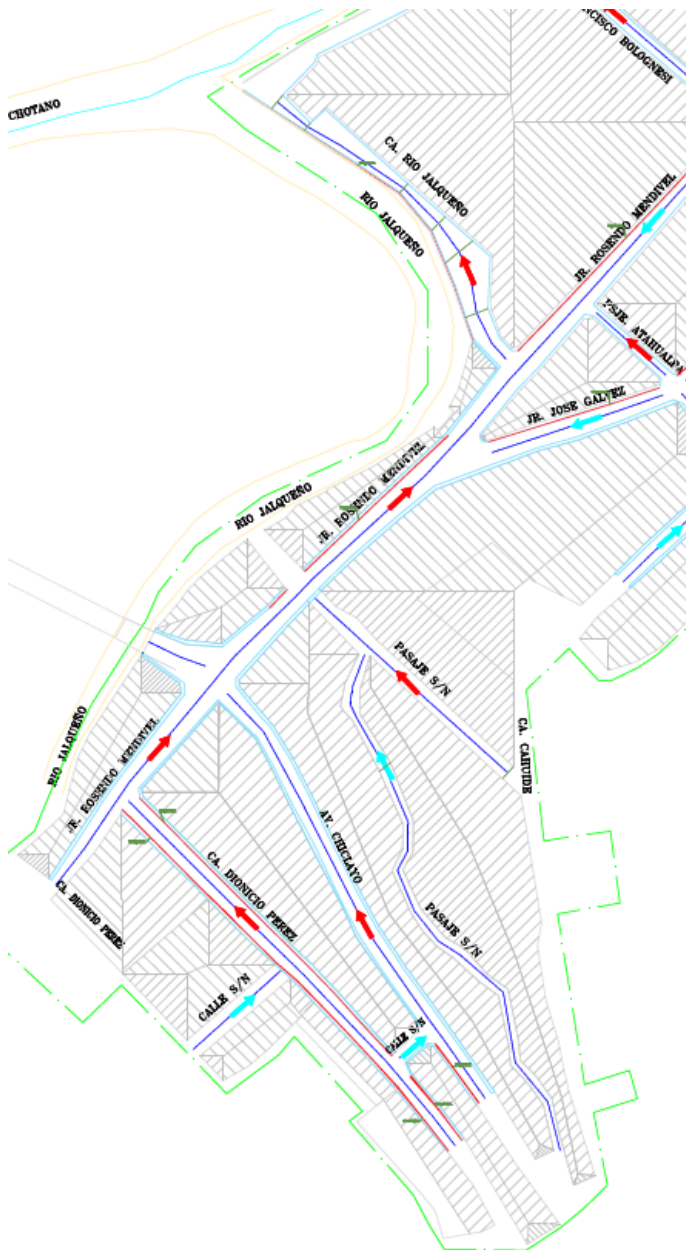


Figura 54

Vista del Tramo 5 en el Sector Cercado de Lajas



c) Diseño de cunetas en H-Canales

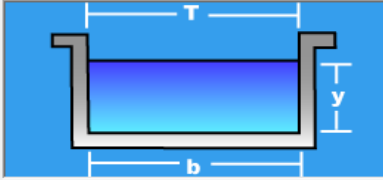
El diseño en H-Canales determinó que en las calles principales se requieren cunetas rectangulares de 0.25 m de ancho por 0.45 a 0.55 m de profundidad, mientras que en los ramales secundarios es necesario construir cunetas triangulares de 0.30 m de ancho y 0.25 m de profundidad en ambos lados de cada calle.

Figura 55

Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 1 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Alfonso Ugarte – Punto N° 10

Lugar:	Lajas	Proyecto:	Pavim.Jr. Alfonso Ugarte
Tramo:	Cuneta Tipo01_Punto C.10	Revestimiento:	Concreto

Datos:	
Caudal (Q):	0.533 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.25 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.1165 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.4167 m	Perímetro (p):	1.0833 m
Área hidráulica (A):	0.1042 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0962 m
Espejo de agua (T):	0.2500 m	Velocidad (v):	5.1169 m/s
Número de Froude (F):	2.5310	Energía específica (E):	1.7512 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		


Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.55 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 56

Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 1 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Alfonso Ugarte – Punto N° 11

Lugar:	Lajas	Proyecto:	Pavim.Jr. Alfonso Ugarte
Tramo:	Cuneta Tipo01_Punto C.11	Revestimiento:	Concreto

Datos:	
Caudal (Q):	0.411 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.25 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.12 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.3293 m	Perímetro (p):	0.9087 m
Área hidráulica (A):	0.0823 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0906 m
Espejo de agua (T):	0.2500 m	Velocidad (v):	4.9917 m/s
Número de Froude (F):	2.7771	Energía específica (E):	1.5993 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.45 m
-------------------------	-------------------------------

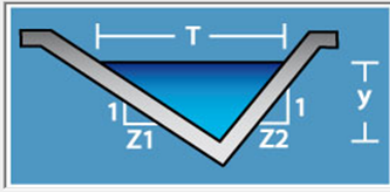
Figura 57

Diseño de Cunetas Triangulares para el Tramo 1 del Sector Cercado de Lajas:

Calles Aportantes al Jr. Alfonso Ugarte – Ramales (Opción 1)

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Pavimento Jr. Tupac Amaru"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta_Eje.4"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:	
Tirante (y):	<input type="text" value="0.25"/> m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/> m
Talud 1 (Z1):	<input type="text" value="0"/>
Talud 2 (Z2):	<input type="text" value="1.20"/>
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.11"/> m/m



Resultados:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.1339"/> m ³ /s	Velocidad (v):	<input type="text" value="3.5719"/> m/s
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0375"/> m ²	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.6405"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0585"/> m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="3.2256"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.9003"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Ancho de cuneta: 0.30 m	Profundidad de cuneta: 0.35 m
-------------------------	-------------------------------

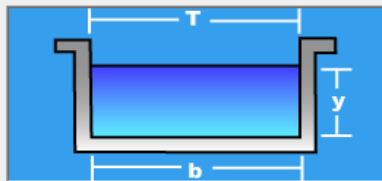
Figura 58

Diseño de Cunetas Rectangulares para el Tramo 1 del Sector Cercado de Lajas:

Calles Aportantes al Jr. Alfonso Ugarte – Ramales (Opción 2)

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Pavim. Jr. Tupac Amaru"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta_Eje.4"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.110"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.20"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.11"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1512"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.5023"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0302"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0602"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="3.6383"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.9877"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.8259"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Ancho de cuneta: 0.20 m	Profundidad de cuneta: 0.30 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 59

Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 2 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Belisario Barsallo – Punto N° 18

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	Lajas	Proyecto:	Pavim.Jr. Belisario Barsallo
Tramo:	Cuneta Tipo 02_Punto 18	Revestimiento:	Concreto

Datos:

Caudal (Q):	0.666	m ³ /s
Ancho de solera (b):	.30	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.09	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.4453	m	Perímetro (p):	1.1907	m
Área hidráulica (A):	0.1336	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1122	m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	4.9851	m/s
Número de Froude (F):	2.3850		Energía específica (E):	1.7119	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Ancho de cuneta: 0.30 m	Profundidad de cuneta: 0.55 m
-------------------------	-------------------------------

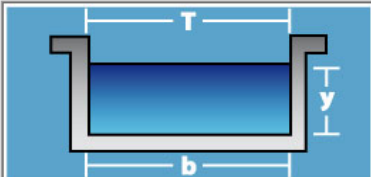
Figura 60

Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 2 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Belisario Barsallo – Punto N° 19

Lugar:	Lajas	Proyecto:	Pavim.Jr. Belisario Barsallo
Tramo:	Cuneta Tipo02_Punto 19	Revestimiento:	Concreto

Datos:

Caudal (Q):	0.254	m ³ /s
Ancho de solera (b):	.25	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.09	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2488	m	Perímetro (p):	0.7476	m
Área hidráulica (A):	0.0622	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0832	m
Espejo de agua (T):	0.2500	m	Velocidad (v):	4.0838	m/s
Número de Froude (F):	2.6141		Energía específica (E):	1.0988	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.35 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 61

Diseño de Cunetas Triangulares para el Tramo 2 del Sector Cercado de Lajas:

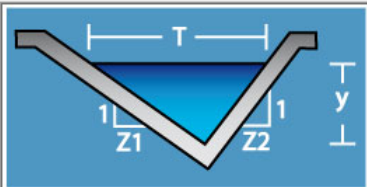
Jr. José Gálvez – Ramales (Opción 1)

Calculo del caudal, sección trapezoidal y triangular con taludes diferentes

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m
 Ancho de solera (b): m
 Talud 1 (Z1):
 Talud 2 (Z2):
 Coeficiente de rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Caudal (Q): m³/s Velocidad (v): m/s
 Area hidráulica (A): m² Perímetro (p): m
 Radio hidráulico (R): m Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo:

Ancho de cuneta: 0.35 m	Profundidad de cuneta: 0.55 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 62

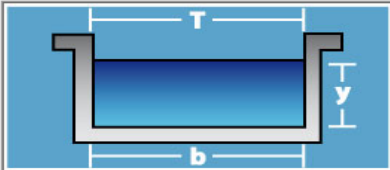
Diseño de Cunetas Rectangulares para el Tramo 2 del Sector Cercado de Lajas:

Jr. José Gálvez – Ramales (Opción 2)

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
 Area hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo:

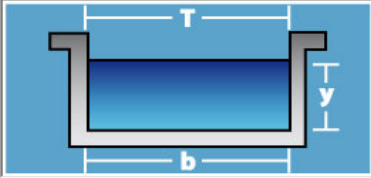
Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.40 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 63

Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 3 del Sector Cercado de Lajas: Jr. 28 de Julio – Punto Control N° 28

Lugar:	Lajas	Proyecto:	Jr. 28 de Julio
Tramo:	Cuneta Punto C.28	Revestimiento:	Concreto

Datos:	
Caudal (Q):	0.46 m ³ /s
Ancho de solera (b):	.25 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.089 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.4121 m	Perímetro (p):	1.0742 m
Área hidráulica (A):	0.1030 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0959 m
Espejo de agua (T):	0.2500 m	Velocidad (v):	4.4648 m/s
Número de Froude (F):	2.2206	Energía específica (E):	1.4282 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

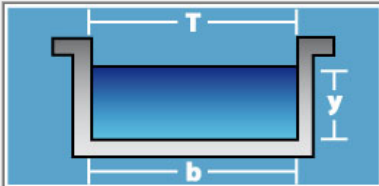
Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.55 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 64

Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 3 del Sector Cercado de Lajas: Jr. 28 de Julio – Punto Control N° 29

Lugar:	Lajas	Proyecto:	Jr. 28 de Julio
Tramo:	Cuneta Punto C.29	Revestimiento:	Concreto

Datos:	
Caudal (Q):	0.582 m ³ /s
Ancho de solera (b):	.25 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.089 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.5063 m	Perímetro (p):	1.2625 m
Área hidráulica (A):	0.1266 m ²	Radio hidráulico (R):	0.1002 m
Espejo de agua (T):	0.2500 m	Velocidad (v):	4.5985 m/s
Número de Froude (F):	2.0635	Energía específica (E):	1.5840 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.65 m
-------------------------	-------------------------------

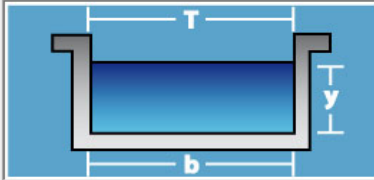
Figura 65

Diseño de Cuneta Rectangular para el Tramo 3 del Sector Cercado de Lajas:

Av. La Palma – Ramales (Opción 1)

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Pavim. AV. la Planta"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta_Eje.1"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.039"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.20"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.073"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0804"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.3608"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0161"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0446"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="2.4258"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.7317"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3803"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Ancho de cuneta: 0.20 m	Profundidad de cuneta: 0.20 m
-------------------------	-------------------------------

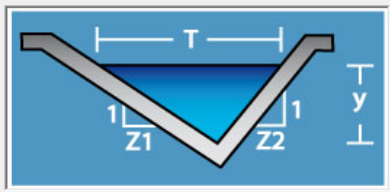
Figura 66

Diseño de Cuneta Triangular para el Tramo 3 del Sector Cercado de Lajas: Av.

La Palma – Ramales (Opción 2)

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Pavim. AV. la Planta"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta_Eje.1"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:	
Tirante (y):	<input type="text" value="0.20"/> m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/> m
Talud 1 (Z1):	<input type="text" value="0"/>
Talud 2 (Z2):	<input type="text" value="1.50"/>
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.073"/> m/m



Resultados:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0822"/> m ³ /s	Velocidad (v):	<input type="text" value="2.7407"/> m/s
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0300"/> m ²	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.5606"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0535"/> m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.7672"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.5829"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Ancho de cuneta: 0.30 m	Profundidad de cuneta: 0.30 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 67

Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 4 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Francisco Bolognesi – Punto N° 45

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Jr. Francisco Bolognesi"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta Punto C.45"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.561"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value=".25"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.102"/> m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4616"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.1733"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.1154"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0984"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2500"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.8611"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.2843"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="1.6660"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.60 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 68

Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 4 del Sector Cercado de Lajas: Jr. Francisco Bolognesi – Punto N° 46

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Jr. Francisco Bolognesi"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta Punto C.46"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.536"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value=".25"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.102"/> m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4436"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.1372"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.1109"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0975"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2500"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.8332"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.3169"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="1.6342"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.60 m
-------------------------	-------------------------------

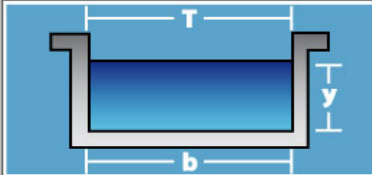
Figura 69

Diseño de Cuneta Rectangular para el Tramo 4 del Sector Cercado de Lajas:

Jr. Rosendo Mendivel – Ramales (Opción 1)

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="JR. Rosendo Mendivel"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta_Eje.7"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.039"/> m3/s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value=".20"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.016"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1427"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4855"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0295"/> m2	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0588"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.3662"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.1546"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2379"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Ancho de cuneta: 0.20 m	Profundidad de cuneta: 0.30 m
-------------------------	-------------------------------


Figura 70

Diseño de Cuneta Triangular para el Tramo 4 del Sector Cercado de Lajas: Jr.

Rosendo Mendivel – Ramales (Opción 2)

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Jr. Rosendo Mendivel"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta_Eje.7"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:	
Tirante (y):	<input type="text" value=".25"/> m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/> m
Talud 1 (Z1):	<input type="text" value="0"/>
Talud 2 (Z2):	<input type="text" value="1.167"/>
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.016"/> m/m



Resultados:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0491"/> m3/s	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.3460"/> m/s
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0365"/> m2	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.6342"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0575"/> m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2918"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.2155"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3423"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Ancho de cuneta: 0.35 m	Profundidad de cuneta: 0.40 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 71

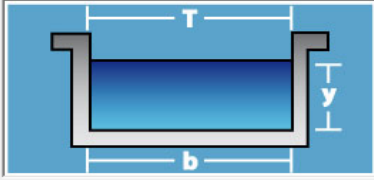
Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 5 del Sector Cercado de

Lajas: Ca. Río Jalqueño – Punto N° 55

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="CA. Río Jalqueño"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta Punto C.55"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.498"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value=".25"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.08"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4626"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.1752"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.1156"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0984"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2500"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.3063"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.0215"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.4077"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.60 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 72


Diseño de Cuneta Rectangular Principal para el Tramo 5 del Sector Cercado de

Lajas: Ca. Río Jalqueño – Punto N° 56

Lugar:	<input type="text" value="Lajas"/>	Proyecto:	<input type="text" value="CA. Río Jalqueño"/>
Tramo:	<input type="text" value="Cuneta Punto C.56"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.326"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value=".25"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.08"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.3214"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.8928"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0803"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0900"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2500"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.0573"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.2850"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.1604"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

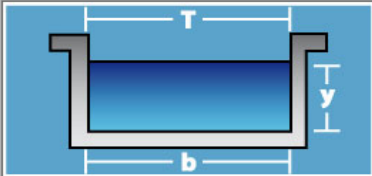
Ancho de cuneta: 0.25 m	Profundidad de cuneta: 0.50 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 73

Diseño de Cuneta Secundaria Rectangular para el Tramo 5 del Sector Cercado de Lajas: Jr. José Gálvez – Ramales (Opción 1)

Lugar:	Lajas	Proyecto:	Jr. Jose Galvez
Tramo:	Cuneta_ Eje. 6a	Revestimiento:	Concreto

Datos:	
Caudal (Q):	0.070 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.20 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.021 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.2046 m	Perímetro (p):	0.6092 m
Área hidráulica (A):	0.0409 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0672 m
Espejo de agua (T):	0.2000 m	Velocidad (v):	1.7104 m/s
Número de Froude (F):	1.2072	Energía específica (E):	0.3537 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

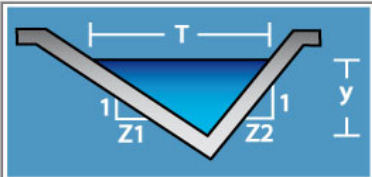
Ancho de cuneta: 0.20 m	Profundidad de cuneta: 0.35 m
-------------------------	-------------------------------

Figura 74

Diseño de Cuneta Secundaria Rectangular para el Tramo 5 del Sector Cercado de Lajas: Jr. José Gálvez – Ramales (Opción 2)

Lugar:	Lajas	Proyecto:	Jr. Jose Galvez
Tramo:	Cuneta_ Eje. 6a	Revestimiento:	Concreto

Datos:	
Caudal (Q):	0.070 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud 1 (Z1):	0
Talud 2 (Z2):	1.20
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.021 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.2674 m	Perímetro (p):	0.6850 m
Área hidráulica (A):	0.0429 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0626 m
Espejo de agua (T):	0.3208 m	Velocidad (v):	1.6321 m/s
Número de Froude (F):	1.4252	Energía específica (E):	0.4031 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Ancho de cuneta: 0.35 m	Profundidad de cuneta: 0.35 m
-------------------------	-------------------------------

d) Análisis de parámetros de diseño de cunetas por secciones

Se ha determinado los parámetros hidráulicos del diseño de cunetas más relevante, tal como perímetro mojado, radio hidráulico, y área hidráulica solo como medio de verificación de la elección de las dimensiones de las cunetas de acuerdo al programa H-Canales.

Para este propósito, se emplearon los datos de caudales obtenidos mediante el método racional y se aplicó la fórmula de Manning, utilizando un coeficiente de 0.014 correspondiente a la superficie de concreto de las paredes de las cunetas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 40*Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 1, Jr. Alfonso Ugarte*

Punto de Control	Datos			Diseño de cunetas							Sección hidráulica	
	Long (m)	Δh (m)	S m/m	Q. diseño m ³ /s	N Manning	b m	y m	A m	T m	P m	(m) b Y	
P-1	96.53	16.23	0.168	0.027	0.014	0.2	0.0462	0.00924	0.2	0.2924	0.2	0.2
P-2	96.53	16.23	0.168	0.039	0.014	0.2	0.0596	0.01192	0.2	0.3192	0.2	0.2
P-3	130.76	19.41	0.148	0.105	0.014	0.2	0.1298	0.02596	0.2	0.4596	0.2	0.2
P-4	130.76	19.41	0.148	0.296	0.014	0.2	0.3024	0.06048	0.2	0.8048	0.2	0.2
P-5	169.29	23.31	0.138	0.210	0.014	0.2	0.233	0.0466	0.2	0.666	0.2	0.25
P-7	208.92	26.05	0.125	0.315	0.014	0.25	0.2594	0.06485	0.25	0.7688	0.25	0.3
P-6	208.92	26.05	0.125	0.379	0.014	0.25	0.3024	0.0756	0.25	0.8548	0.25	0.3
P-8	359.04	30.35	0.085	0.438	0.014	0.25	0.4029	0.100725	0.25	1.0558	0.25	0.4
P-9	262.51	30.35	0.116	0.239	0.014	0.25	0.2137	0.053425	0.25	0.6774	0.25	0.4
P-10	289.33	33.72	0.117	0.533	0.014	0.25	0.4159	0.103975	0.25	1.0818	0.25	0.45
P-11	289.33	33.72	0.117	0.411	0.014	0.25	0.3329	0.083225	0.25	0.9158	0.25	0.45
Dimensiones de cuneta electa											0.25	0.55

Tabla 41*Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 2, Jr. Belisario Barsallo*

Punto de Control	Long (m)	Δh (m)	S m/m	Diseño de cunetas							Sección hidráulica (m)	
				Q. diseño m ³ /s	N Manning	b m	y m	A m	T m	P m	b	Y
P-12	45.5	5.92	0.130	0.049	0.014	0.2	0.0769	0.01538	0.2	0.3538	0.2	0.2
P-13	45.5	5.92	0.130	0.019	0.014	0.2	0.0396	0.00792	0.2	0.2792	0.2	0.2
P-14	262.01	30.19	0.115	0.411	0.014	0.25	0.3353	0.083825	0.25	0.9206	0.25	0.25
P-15	262.01	30.19	0.115	0.195	0.014	0.25	0.1824	0.0456	0.25	0.6148	0.25	0.25
P-16	314.59	33.58	0.107	0.448	0.014	0.25	0.3721	0.093025	0.25	0.9942	0.25	0.4
P-17	314.59	33.58	0.107	0.215	0.014	0.25	0.2028	0.0507	0.25	0.6556	0.25	0.25
P-18	384.15	35.7	0.093	0.666	0.014	0.3	0.4391	0.13173	0.3	1.1782	0.3	0.45
P-19	384.15	35.7	0.093	0.254	0.014	0.3	0.2000	0.06	0.3	0.7	0.3	0.25
Dimensiones de cuneta electa											0.30	0.55

Tabla 42*Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 3*

Punto de Control	Long (m)	Δh (m)	S m/m	Q. diseño m ³ /s	Diseño de cunetas						Sección hidráulica (m)	
					N Manning	b m	y m	A m	T m	P m	b	Y
P-20	45	7.81	0.174	0.085	0.014	0.2	0.1038	0.0208	0.2	0.4076	0.2	0.2
P-21	45	7.81	0.174	0.117	0.014	0.2	0.1326	0.0265	0.2	0.4652	0.2	0.2
P-22	111.42	17.83	0.160	0.220	0.014	0.2	0.2278	0.0456	0.2	0.6556	0.2	0.25
P-23	170.42	23.84	0.140	0.319	0.014	0.25	0.2502	0.0626	0.25	0.7504	0.25	0.3
P-24	256.2	29.84	0.116	0.264	0.014	0.25	0.2315	0.0579	0.25	0.713	0.25	0.3
P-25	256.2	29.84	0.116	0.450	0.014	0.25	0.3609	0.0902	0.25	0.9718	0.25	0.4
P-26	306.2	33.43	0.109	0.322	0.014	0.25	0.2795	0.0699	0.25	0.809	0.25	0.35
P-27	306.2	33.43	0.109	0.477	0.014	0.25	0.3896	0.0974	0.25	1.0292	0.25	0.45
P-28	413.2	36.75	0.089	0.460	0.014	0.25	0.4121	0.1030	0.25	1.0742	0.25	0.45
P-29	413.2	36.75	0.089	0.582	0.014	0.25	0.5063	0.1266	0.25	1.2626	0.25	0.55
Dimensiones de cuneta electa											0.25	0.65

Tabla 43*Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 4*

Punto de Control	Long (m)	Δh (m)	S m/m	Q. diseño m ³ /s	Diseño de cunetas						Sección hidráulica (m)	
					N Manning	b m	y m	A m	T m	P m	b	Y
P-30	81.45	7.22	0.089	0.066	0.014	0.2	0.1105	0.0221	0.2	0.421	0.2	0.2
P-31	81.45	7.22	0.089	0.076	0.014	0.2	0.1231	0.0246	0.2	0.4462	0.2	0.2
P-32	124.45	12.94	0.104	0.085	0.014	0.25	0.101	0.0253	0.25	0.452	0.25	0.25
P-33	124.45	12.94	0.104	0.169	0.014	0.25	0.1696	0.0424	0.25	0.5892	0.25	0.25
P-34	179.95	18.52	0.103	0.118	0.014	0.25	0.1293	0.0323	0.25	0.5086	0.25	0.25
P-35	179.95	18.52	0.103	0.225	0.014	0.25	0.2135	0.0534	0.25	0.677	0.25	0.3
P-36	228.45	28.84	0.126	0.142	0.014	0.25	0.1378	0.0345	0.25	0.5256	0.25	0.25
P-37	228.45	28.84	0.126	0.313	0.014	0.25	0.2572	0.0643	0.25	0.7644	0.25	0.35
P-39	301.99	40.15	0.133	0.204	0.014	0.25	0.1785	0.0446	0.25	0.607	0.25	0.25
P-40	301.99	40.15	0.133	0.410	0.014	0.25	0.3147	0.0787	0.25	0.8794	0.25	0.35
P-41	324.69	40.83	0.126	0.307	0.014	0.25	0.2532	0.0633	0.25	0.7564	0.25	0.35
P-42	324.69	40.83	0.126	0.411	0.014	0.25	0.3226	0.0807	0.25	0.8952	0.25	0.4
P-43	368.14	44.1	0.120	0.329	0.014	0.25	0.2734	0.0684	0.25	0.7968	0.25	0.35
P-44	368.14	44.1	0.120	0.449	0.014	0.25	0.355	0.0888	0.25	0.96	0.25	0.4
P-45	463.02	47.05	0.102	0.561	0.014	0.25	0.4616	0.1154	0.25	1.1732	0.25	0.5
P-46	463.02	46.06	0.099	0.536	0.014	0.25	0.4436	0.1109	0.25	1.1372	0.25	0.5
Dimensiones de cuneta electa											0.25	0.60

Tabla 44*Detalle de Sección de Cunetas en el Sector Cercado de Lajas, Tramo 5*

Punto de Control	Long (m)	Δh (m)	S m/m	Q. diseño m ³ /s	Diseño de cunetas						Sección hidráulica (m)	
					N Manning	b m	y m	A m	T m	P m	b	Y
P-47	39.85	8.78	0.220	0.113	0.014	0.25	0.0946	0.0237	0.25	0.4392	0.25	0.2
P-48	39.85	8.78	0.220	0.082	0.014	0.25	0.0752	0.0188	0.25	0.4004	0.25	0.2
P-49	67.09	15.24	0.227	0.219	0.014	0.25	0.1532	0.0383	0.25	0.5564	0.25	0.25
P-50	67.09	15.24	0.227	0.090	0.014	0.25	0.0795	0.0199	0.25	0.409	0.25	0.2
P-51	103.46	17	0.164	0.235	0.014	0.25	0.1837	0.0459	0.25	0.6174	0.25	0.25
P-52	103.46	17	0.164	0.112	0.014	0.25	0.1046	0.0262	0.25	0.4592	0.25	0.2
P-53	133.46	17.3	0.130	0.399	0.014	0.25	0.3106	0.0777	0.25	0.8712	0.25	0.35
P-54	133.46	17.3	0.130	0.311	0.014	0.25	0.2526	0.0632	0.25	0.7552	0.25	0.3
P-55	258.56	20.77	0.080	0.498	0.014	0.25	0.4626	0.1157	0.25	1.1752	0.25	0.5
P-56	258.56	20.77	0.080	0.326	0.014	0.25	0.3214	0.0804	0.25	0.8928	0.25	0.4
P-57	161.587	20.09	0.124	0.124	0.014	0.25	0.1252	0.0313	0.25	0.5004	0.25	0.4
P-58	161.587	20.09	0.124	0.136	0.014	0.25	0.1342	0.0336	0.25	0.5184	0.25	0.4
P-59	210.053	21.45	0.102	0.144	0.014	0.25	0.151	0.0378	0.25	0.552	0.25	0.4
P-60	210.053	21.45	0.102	0.160	0.014	0.25	0.1638	0.0410	0.25	0.5776	0.25	0.4
P-61	241.413	22.4	0.093	0.160	0.014	0.25	0.1698	0.0425	0.25	0.5896	0.25	0.4

Punto de Control	Long (m)	Δh (m)	S m/m	Q. diseño m ³ /s	Diseño de cunetas						Sección hidráulica (m)	
					N Manning	b m	y m	A m	T m	P m	b	Y
P-62	241.413	22.4	0.093	0.170	0.014	0.25	0.178	0.0445	0.25	0.606	0.25	0.4
P-57	190.94	14.87	0.078	0.073	0.014	0.25	0.1004	0.0251	0.25	0.4508	0.25	0.35
P-58	190.94	14.87	0.078	0.091	0.014	0.25	0.1181	0.0295	0.25	0.4862	0.25	0.35
Dimensiones de cuneta electa											0.25	0.60

e) Secciones y tipos de cunetas planteadas

Se determinó que en las calles principales se requieren cunetas rectangulares de 0.25 a 0.30 m de ancho por 0.45 a 0.65 m de profundidad, mientras que en los ramales secundarios es necesario construir cunetas triangulares de 0.30 a 0.35 m de ancho y 0.35 m de profundidad en ambos lados de cada calle del tramo 1, 3 y 5 o cunetas rectangulares de 0.20 a 0.25 m de ancho y 0.30 a 0.40 m de profundidad en ambos lados de las calles del tramo 2 y 4.

Tabla 45

Secciones y Tipos de Cunetas de Acuerdo al Tramo

Tramo	Calle principal	Cuneta	Forma de la sección	Dimensiones (m)	
				Ancho	Profundidad
1	Jr. Alfonso Ugarte	Principal	Rectangular	0.25	0.55
		Ramales	Triangular	0.30	0.35
2	Jr. Belisario Barsallo	Principal	Rectangular	0.30	0.55
		Ramales	Rectangular	0.25	0.40
3	Jr. 28 de Julio	Principal	Rectangular	0.25	0.55
		Ramales	Triangular	0.30	0.30
4	Jr. Haya de la Torre - Jr. Francisco Bolognesi	Principal	Rectangular	0.25	0.60
		Ramales	Rectangular	0.20	0.30
5	Calle Dionicio Pérez - Jr. Rosendo Mendivel - Calle del Río Jalqueño	Principal	Rectangular	0.25	0.60
		Ramales	Triangular	0.35	0.35

Figura 75

Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 1

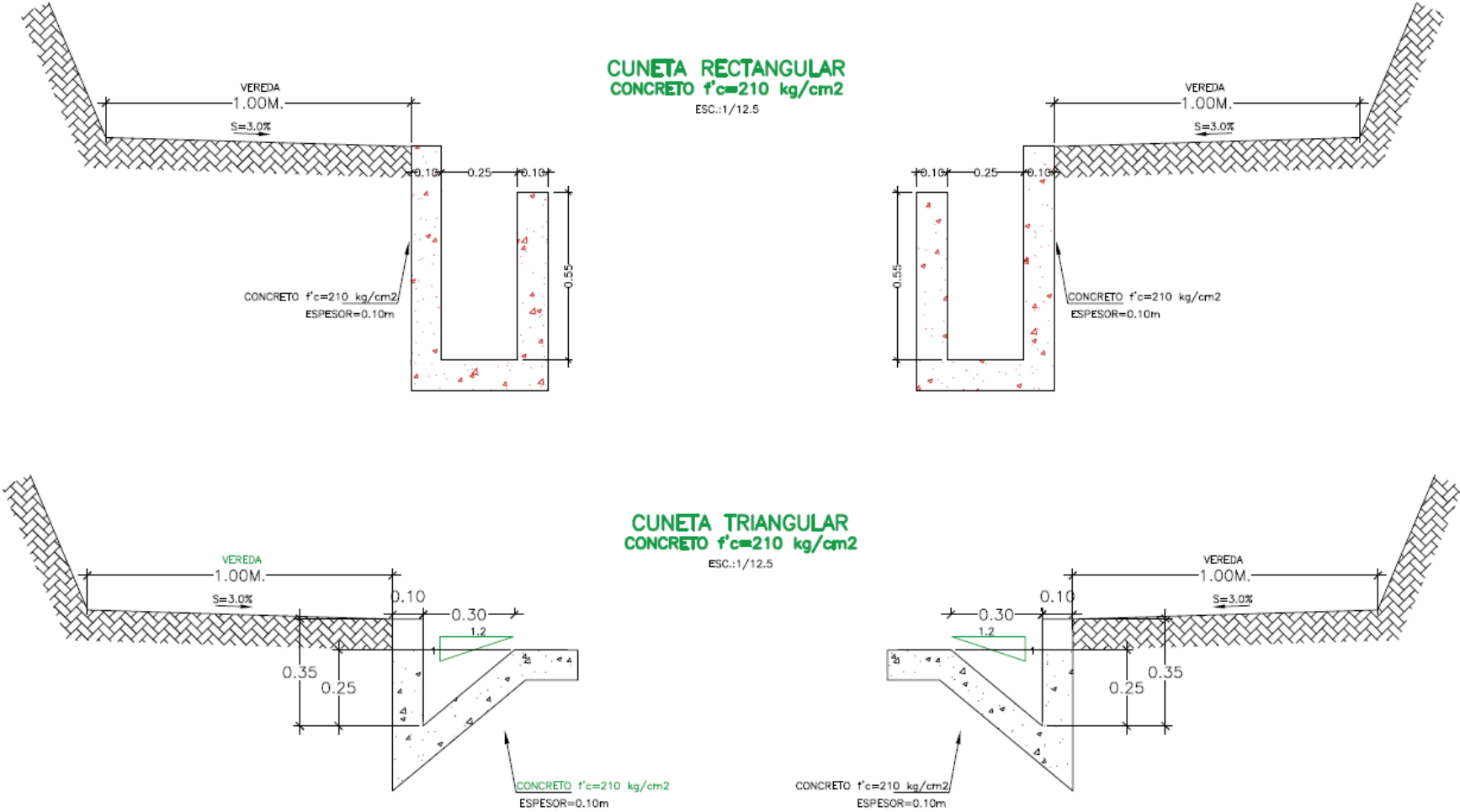


Figura 76

Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 2

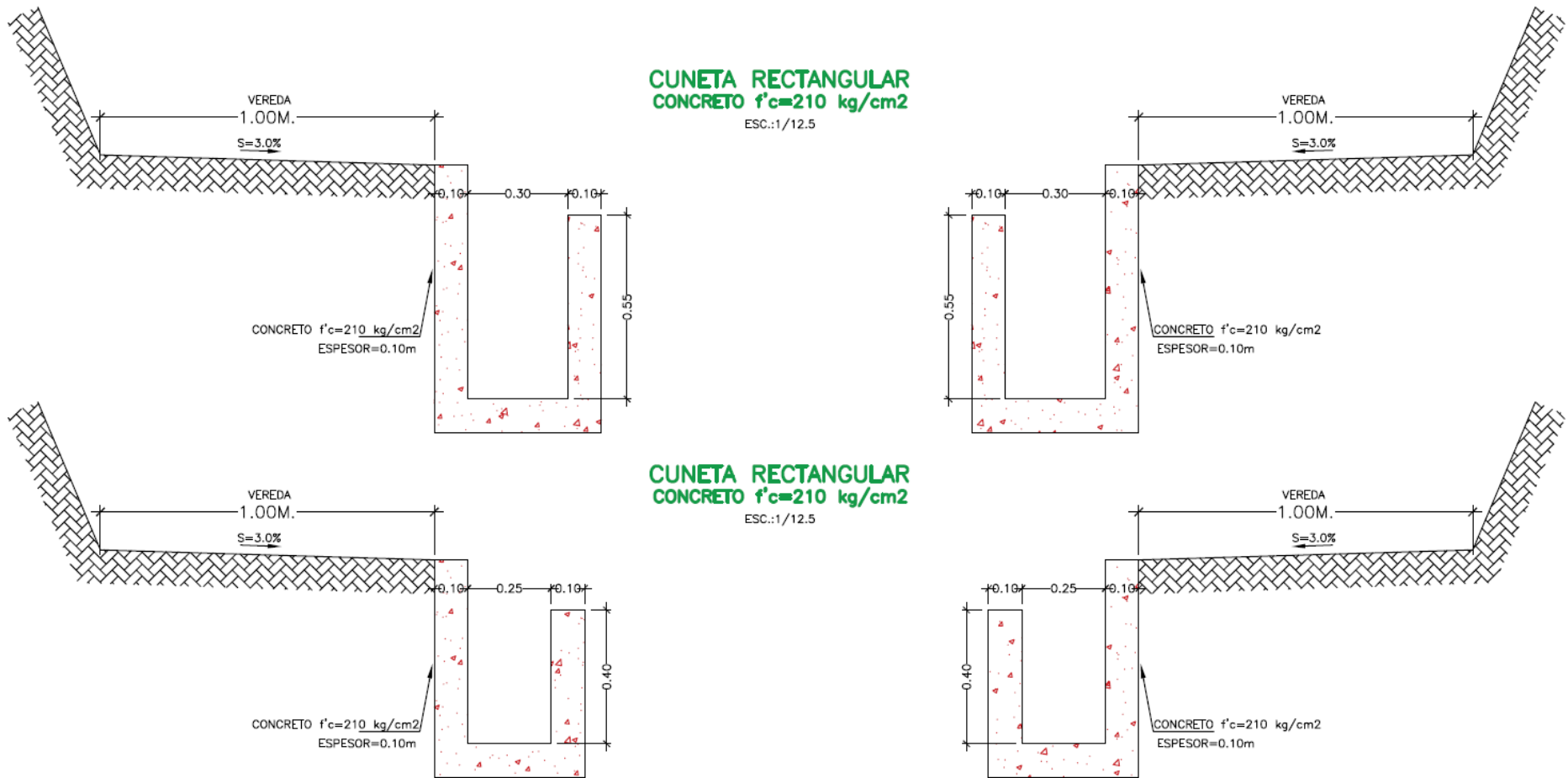


Figura 77

Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 3

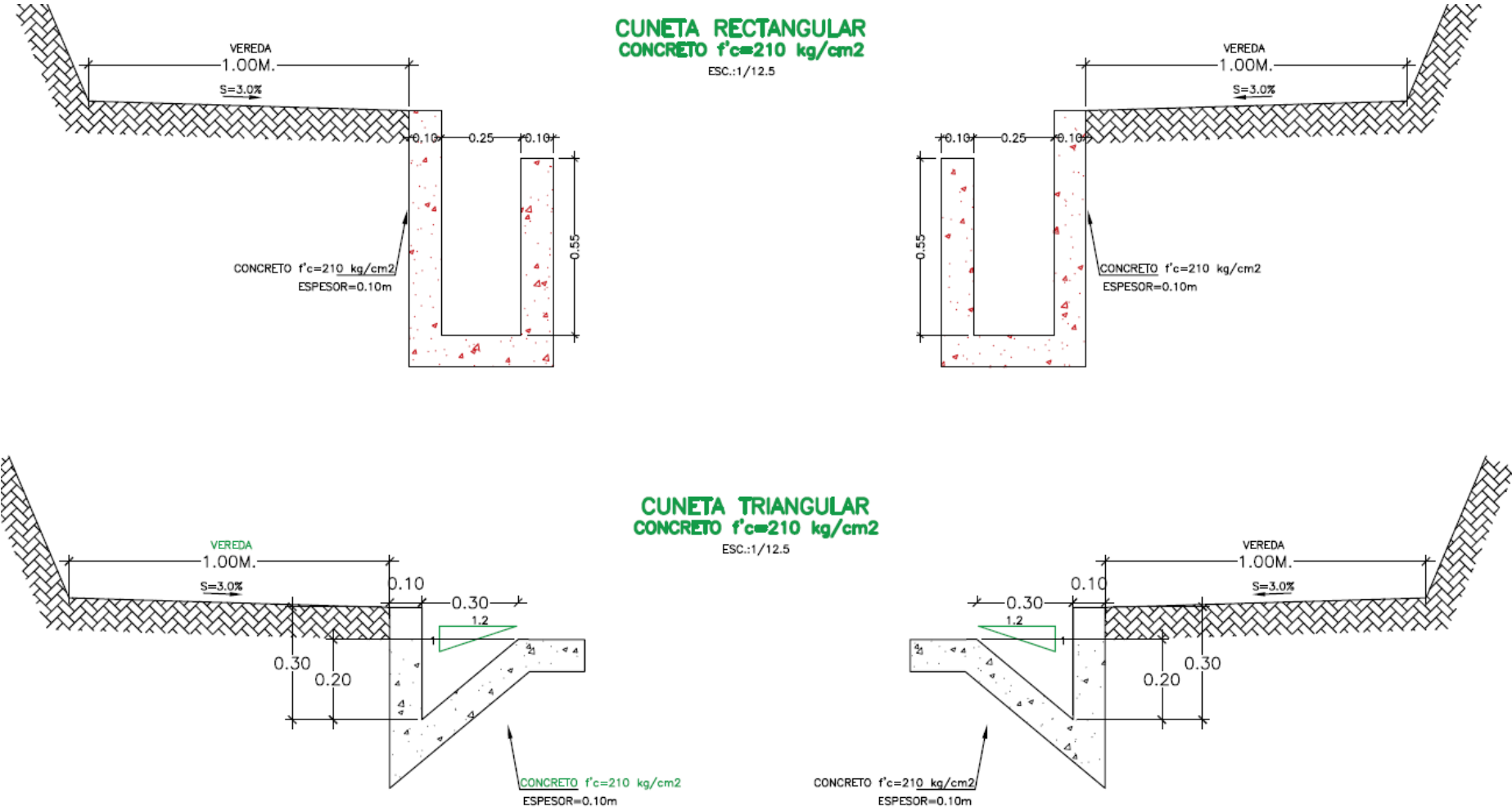


Figura 78

Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 4

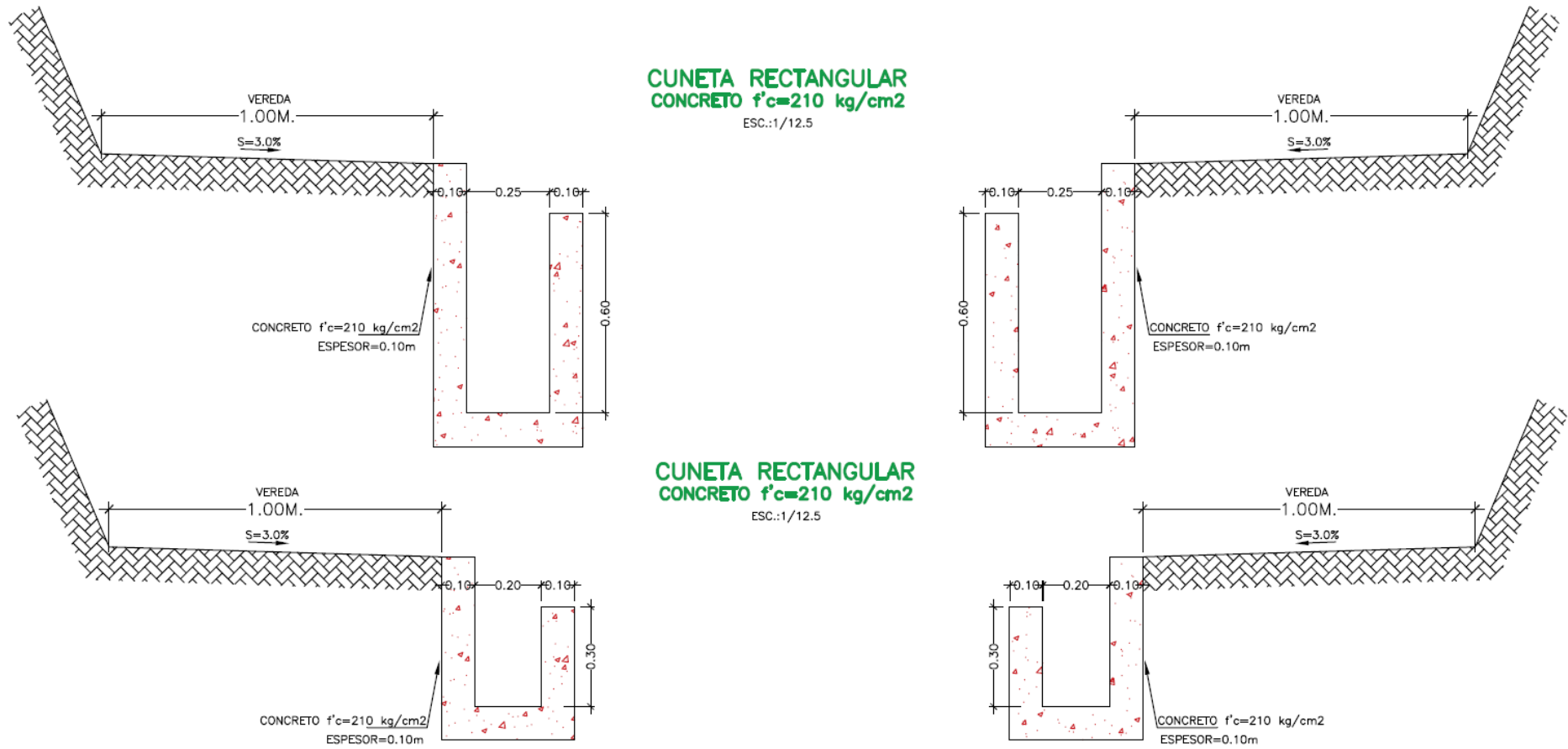
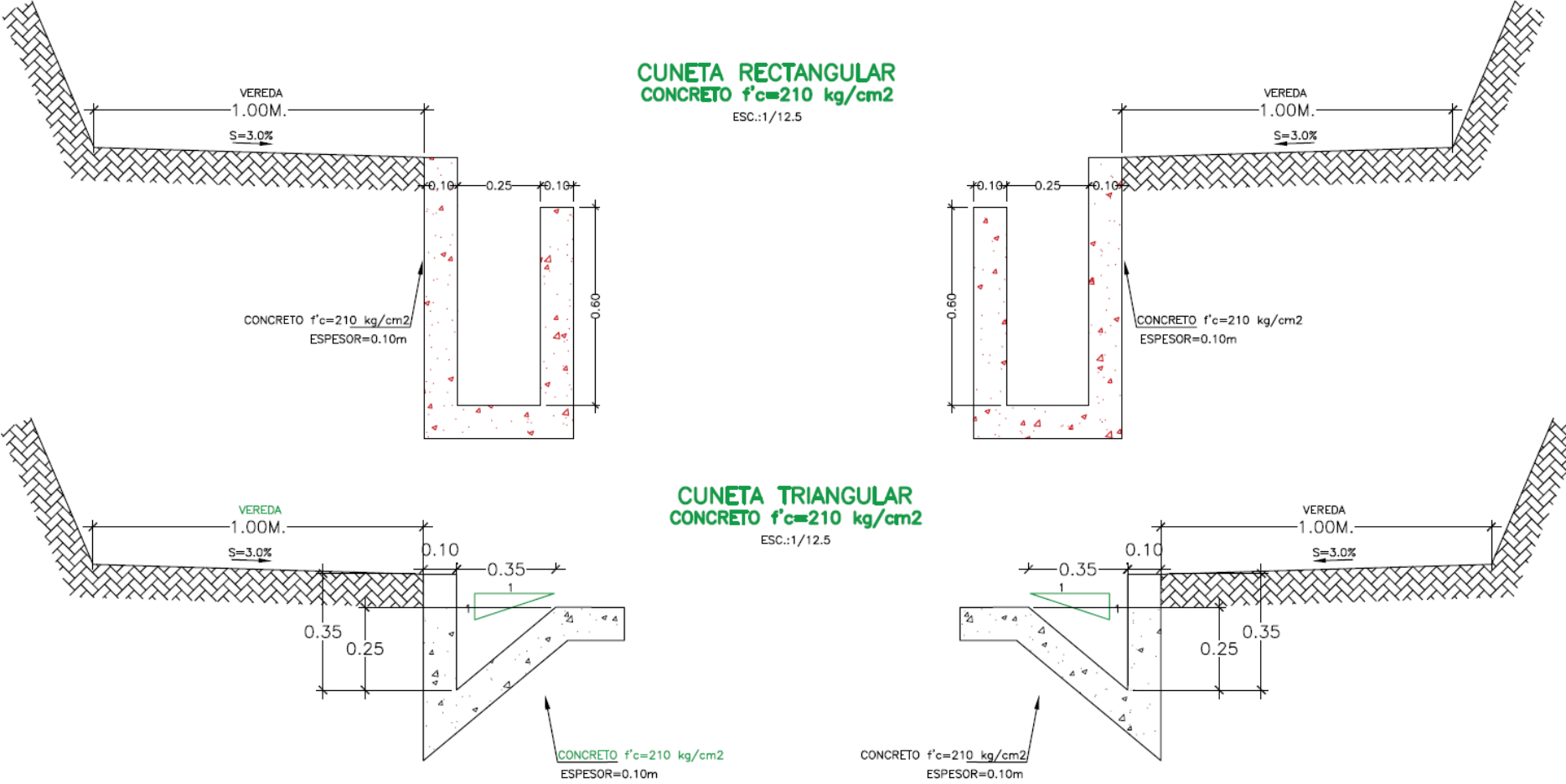


Figura 79

Sección de Cuneta a Proyectar en el Tramo 5



4.1.2.2.Puntos de entrega

Los puntos finales de cada tramo han sido estratégicamente diseñados para que las cunetas evacúen las aguas pluviales hacia el río Chotano, asegurando una conducción eficiente del caudal hacia un receptor natural. Con el fin de evaluar si este aporte adicional podría generar desbordamientos en el río, se realizó un análisis en HEC-RAS, considerando distintos escenarios de precipitación.

Tabla 46

Puntos de Entrega del Caudal Pluvial al Río Chotano en Cercado de Lajas

Tramo	Calle principal	Caudal de entrega (m ³ /s)
1	Jr. Alfonso Ugarte	0.533
2	Jr. Belisario Barsallo	0.666
3	Jr. 28 de Julio	0.368
4	Jr. Haya de la Torre - Jr. Francisco Bolognesi	0.325
5	Calle Dionicio Pérez - Jr. Rosendo Mendivel - Calle del Río Jalqueño	0.623

Para los caudales de entrega asociados a Tr de 10 años, el río Chotano mantiene su flujo hídrico sin presentar desbordamientos, lo que confirma que la evacuación pluvial propuesta no compromete su capacidad hidráulica en eventos de lluvia frecuente. Sin embargo, al simular escenarios extremos, como Tr de 500 años, se observó que el río efectivamente llega a desbordarse aguas abajo en el Colegio Anaximandro Vega, no obstante, este desbordamiento no es causado por el aporte pluvial del sistema de drenaje, sino por el propio incremento del caudal del río en eventos de precipitación extraordinaria. Ante esta situación, se recomienda la construcción de un muro de contención en dicho tramo para prevenir posibles afectaciones a la infraestructura urbana y educativa, esta medida ya ha sido propuesta por Núñez & Ruiz (2024), lo que respalda su viabilidad como una solución complementaria a la gestión de aguas pluviales en la zona.

Figura 80

Puntos de Entrega del Caudal Pluvial al Río Chotano para Tr de 10 años

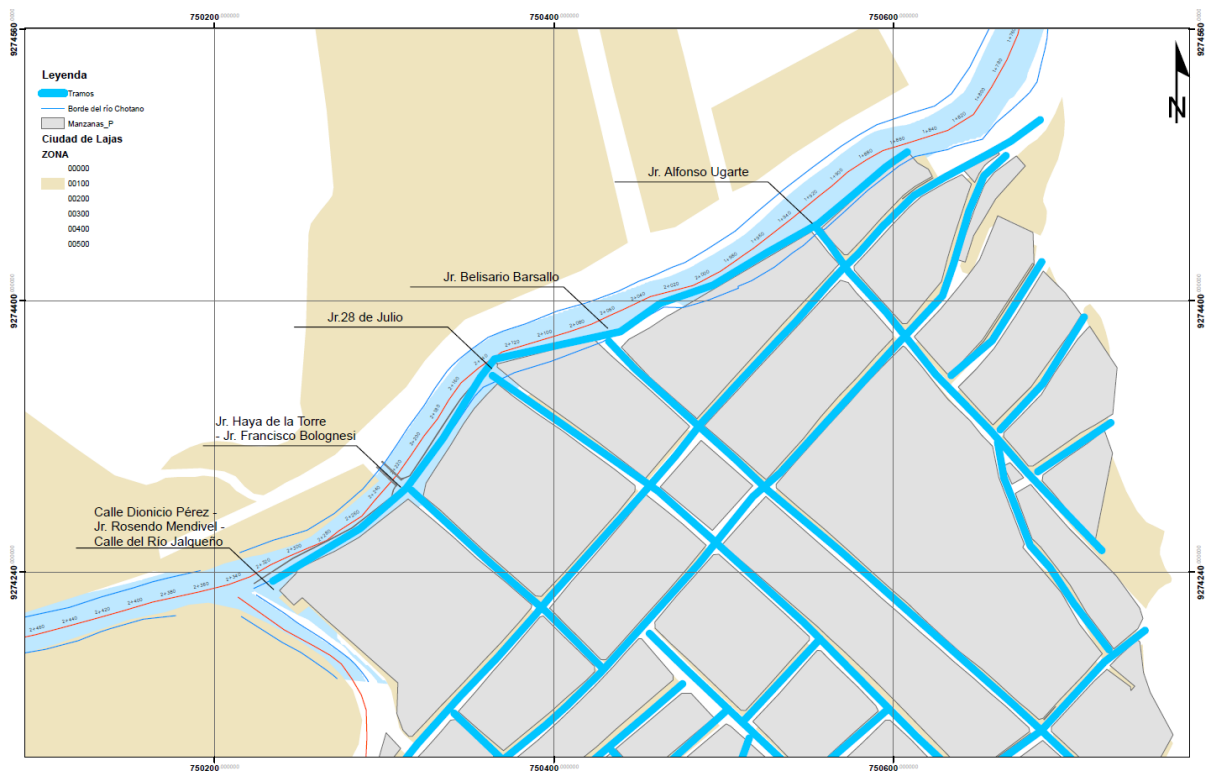
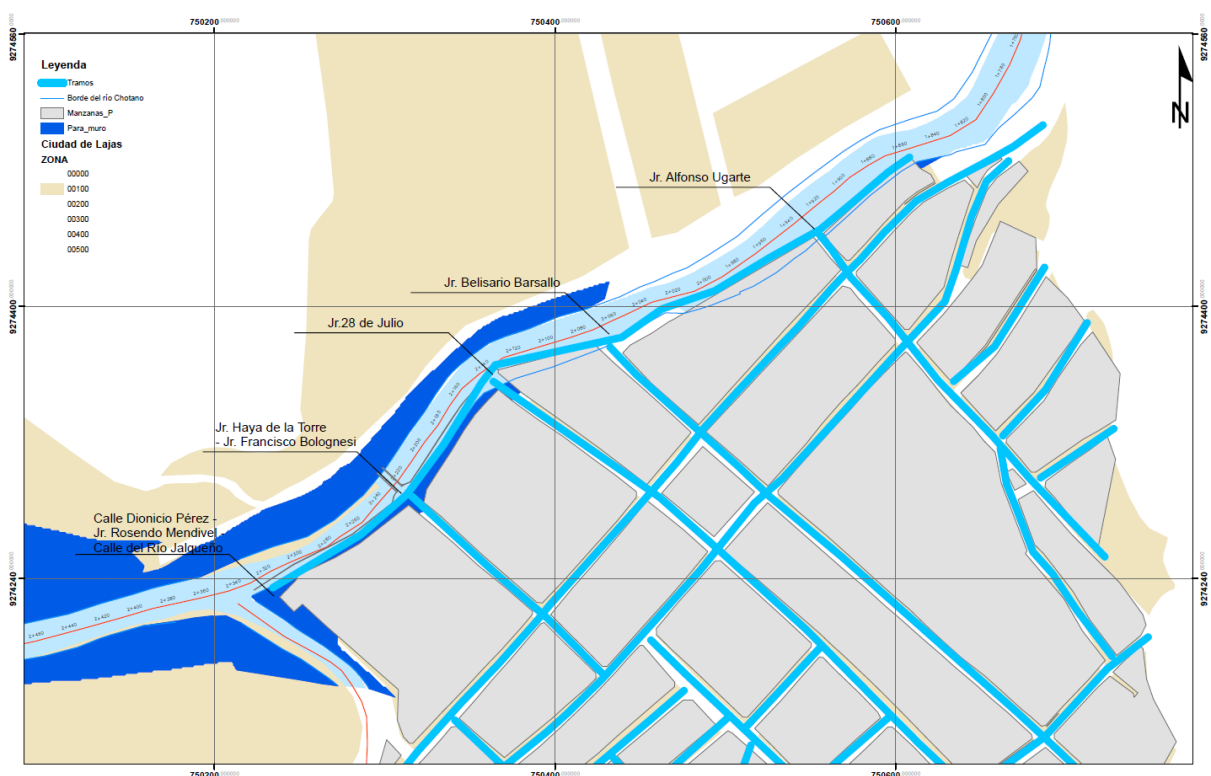


Figura 81

Puntos de Entrega del Caudal Pluvial al Río Chotano para Tr de 500 años

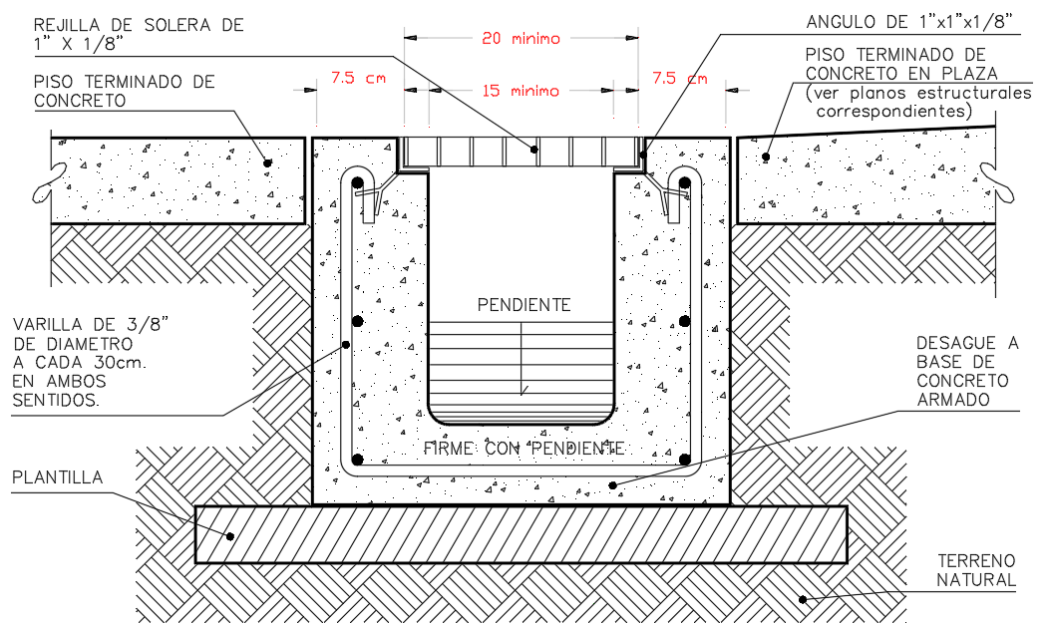


4.1.2.3.Rejillas

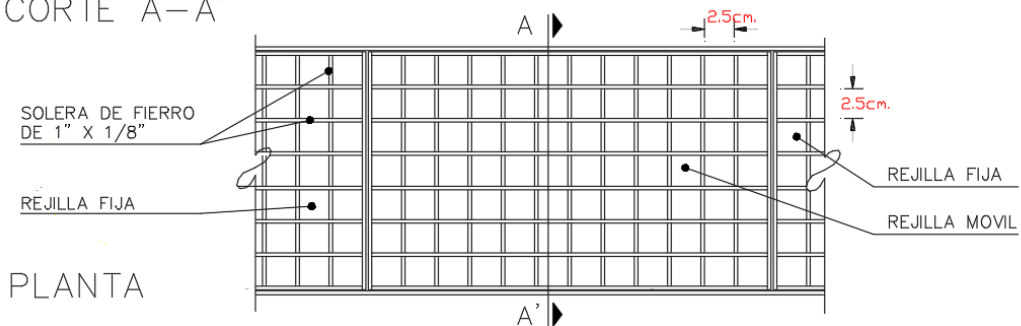
Se propone la instalación de rejillas metálicas con sumidero en los extremos de las calles principales de los cinco tramos, cumpliendo con la normativa CE.040, para mejorar la captación de agua en zonas críticas. Estas rejillas permitirán el transporte de aguas pluviales en intersecciones donde el flujo no puede continuar en la misma dirección, facilitando el cambio de trayectoria del escurrimiento cruzando calles. La ubicación exacta de estas estructuras se puede observar en los planos de anexos.

Figura 82

Detalle de Rejillas para las Cunetas del Sector Cercado de Lajas



CORTE A-A'



4.1.2.4. Modelo de verificación en SewerGEMS

Para validar la funcionalidad del diseño, se ha modelado en SewerGEMS la red de cunetas simulando escenarios de precipitaciones para Tr de 10 años. Este modelamiento permitió analizar el comportamiento del flujo en cada tramo, asegurando que las cunetas diseñadas sean capaces de manejar el caudal generado sin desbordamientos ni saturaciones.

Los resultados confirmaron que la nueva red de drenaje pluvial tiene la capacidad suficiente para evacuar el agua de manera eficiente, mitigando el riesgo de inundaciones urbanas y optimizando la infraestructura hídrica del Cercado de Lajas.

Figura 83

Colocación de Todas las Cunetas en SewerGEMS del Sistema de Evacuación Pluvial del Sector Cercado de Lajas de la Ciudad de Lajas

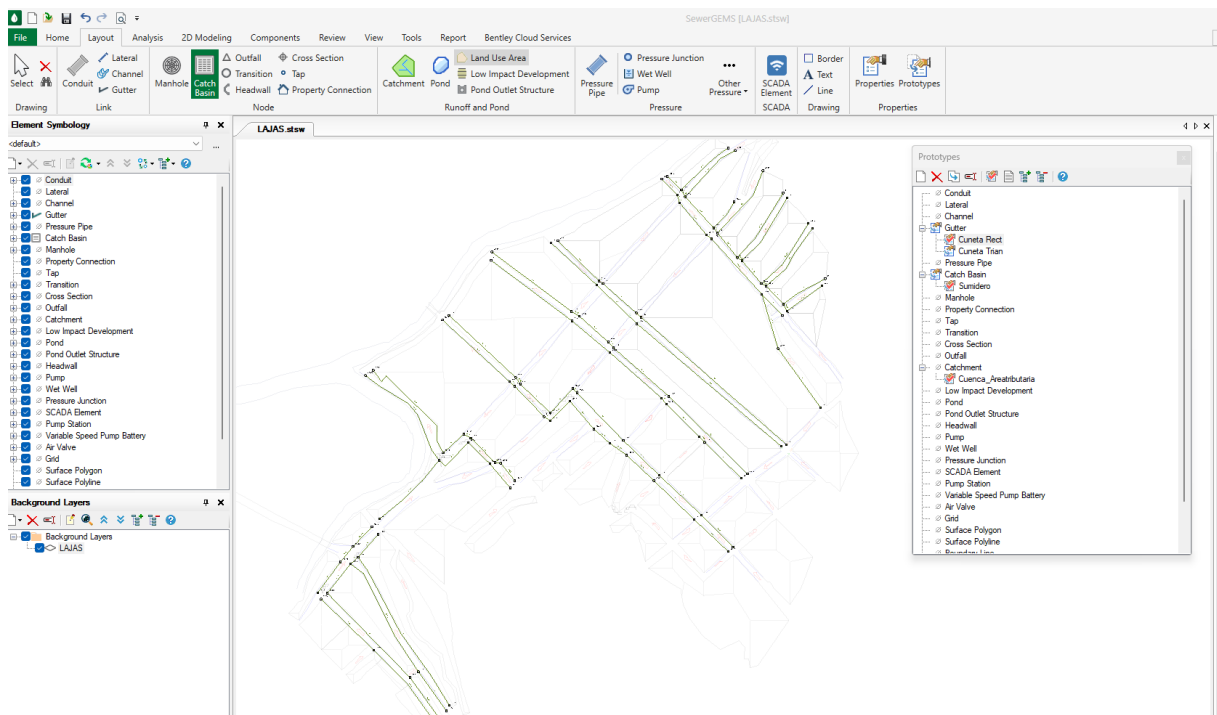
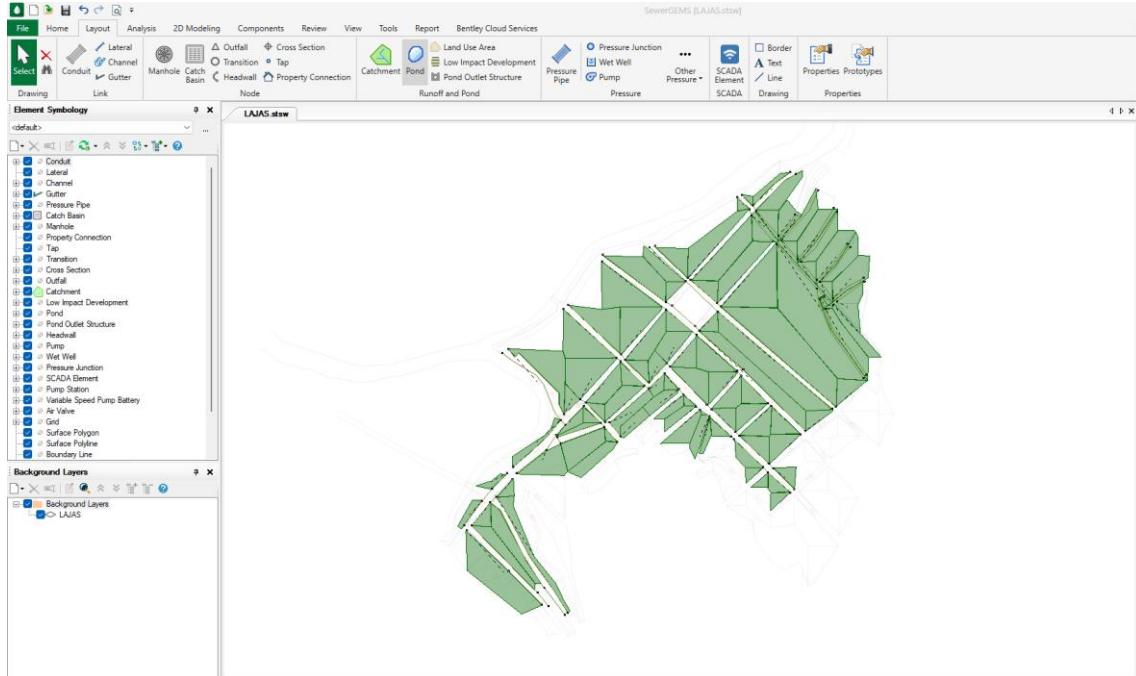
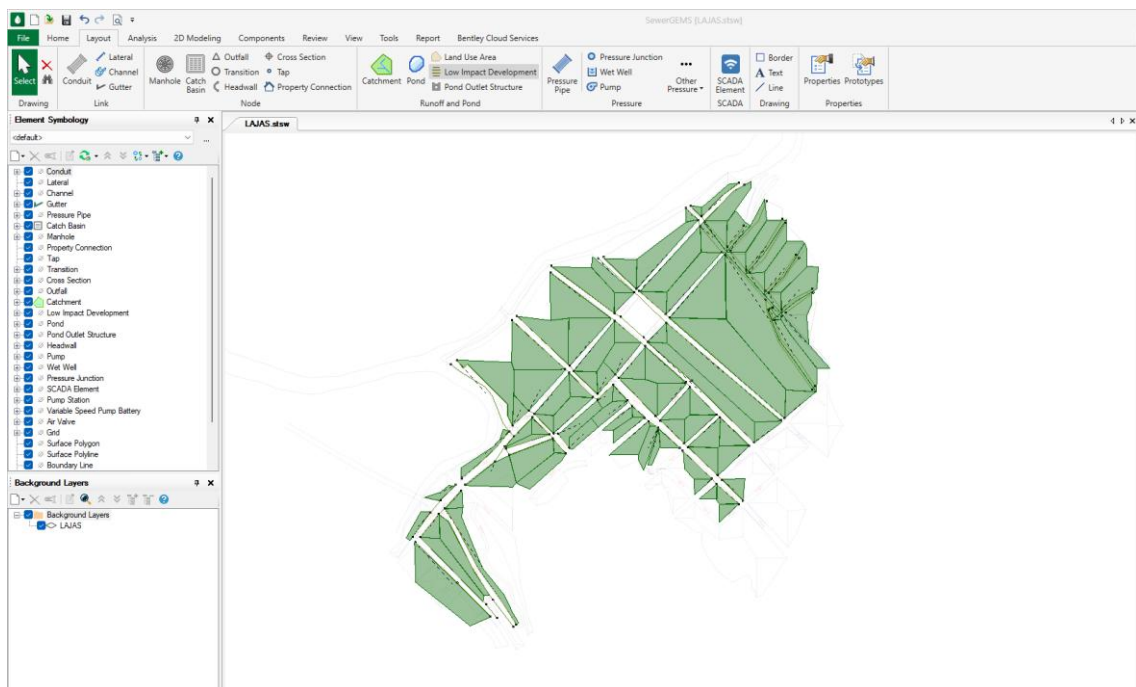


Figura 84

Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Cunetas en SewerGEMS para el Sistema de Evacuación Pluvial del Sector Cercado de Lajas de la Ciudad de Lajas



Inicio del proceso de verificación en el programa SewerGEMS



Finalización del proceso de verificación, donde se muestra que todo el sistema de alcantarillado cumple con su finalidad de evacuar la escorrentía pluvial

4.1.2.5. Extensión del área afectada por escorrentía

El análisis hidrológico e hidráulico mediante el modelamiento del sistema de drenaje pluvial en SewerGEMS y HEC-RAS determinó que solamente 1.23 ha del sector Cercado de Lajas (21 ha) experimentan problemas de escorrentía excesiva e inundaciones temporales, debido a que con el sistema de drenaje pluvial se logra controlar este problema, siendo así, la reducción del área afectada con el sistema de drenaje pluvial es de .

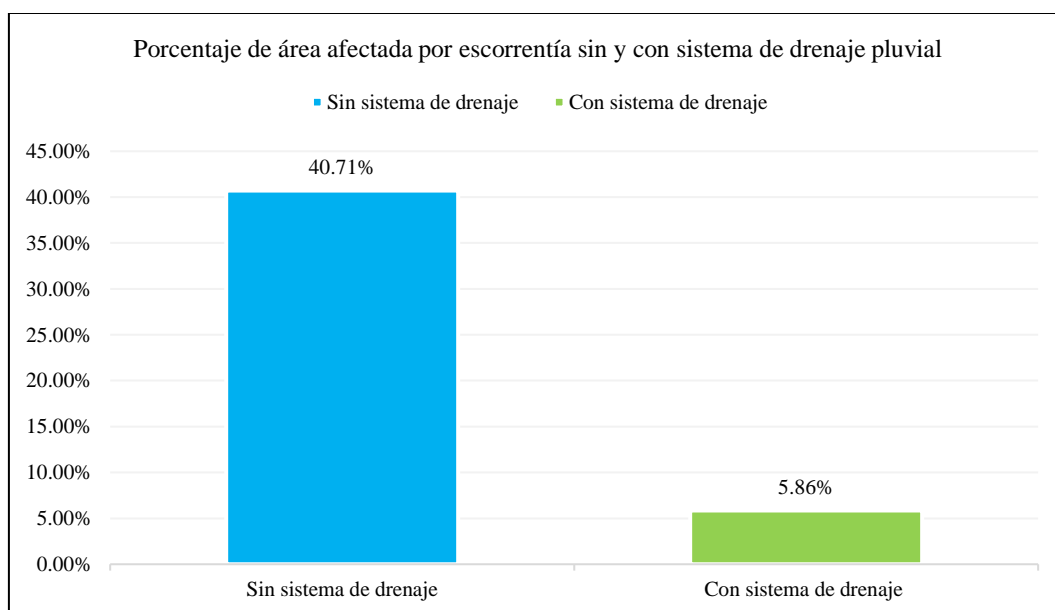
Tabla 47

Área Afectada por Escorrentía sin y con Drenaje Pluvial en Cercado de Lajas

Área afectada por escorrentía	Área (m2)	%
Sin sistema de drenaje	8.55	40.71%
Con sistema de drenaje	1.23	5.86%
Sector Cercado de Lajas	21	100.00%
% reducción de la acumulación de agua por escorrentía	85.61%	

Figura 85

Área Afectada por Escorrentía sin y con Drenaje Pluvial en Cercado de Lajas



4.2. Contrastación de hipótesis

La contrastación de hipótesis se llevó a cabo con el propósito de verificar si el sistema de drenaje pluvial actual en la ciudad de Lajas es insuficiente para manejar la escorrentía superficial y si la propuesta de un nuevo sistema mejora significativamente la evacuación del agua pluvial. Para ello, se han realizado pruebas estadísticas comparando la capacidad del drenaje existente con la capacidad del sistema propuesto, utilizando herramientas de análisis como Minitab 22 y pruebas paramétricas para garantizar la validez de los resultados.

a) Hipótesis planteada

Se ha considerado la siguiente hipótesis de estudio:

Hipótesis Nula (H₀): Las redes de evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas tienen la capacidad suficiente para manejar la escorrentía superficial durante la temporada de lluvias, por lo que no sería necesario un rediseño del sistema ($Q_{admisible} > Q_{circulante}$).

Hipótesis Alternativa (H₁): Las redes de evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas presentan deficiencias significativas en su capacidad y diseño. La implementación de un sistema de drenaje pluvial mejorado, conforme a normativas técnicas, optimizaría la evacuación del agua y reduciría el impacto de las inundaciones urbanas ($Q_{admisible} \leq Q_{circulante}$).

b) Datos utilizados en el análisis

Para la contrastación de hipótesis, se utilizaron los datos de la Tabla 25, que contiene información sobre la capacidad del drenaje pluvial actual, y la Tabla 32, que detalla la capacidad del sistema propuesto. Estas tablas permitieron evaluar si la infraestructura existente es suficiente para manejar los caudales generados o si el sistema propuesto mejora la eficiencia del drenaje.

c) Criterio de aceptación o rechazo de hipótesis

El análisis de datos se realizó mediante el programa Minitab 22, utilizando pruebas estadísticas para determinar la aceptación o rechazo de la hipótesis nula. Se estableció un nivel de significancia de 0.05 ($\alpha = 5\%$) y un nivel de confianza del 95%, aplicando la siguiente regla de decisión:

- Si el valor p es menor que 0.05, se rechaza H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 .
- Si el valor p es mayor que 0.05, no se rechaza H_0 , indicando que no hay suficiente evidencia para afirmar que el sistema actual es insuficiente.

d) Prueba de normalidad

Previo a la aplicación de pruebas estadísticas, se realizó la prueba de normalidad de Anderson-Darling, la cual determinó que los datos siguen una distribución normal.

Figura 86

Prueba de Normalidad del Caudal Admisible

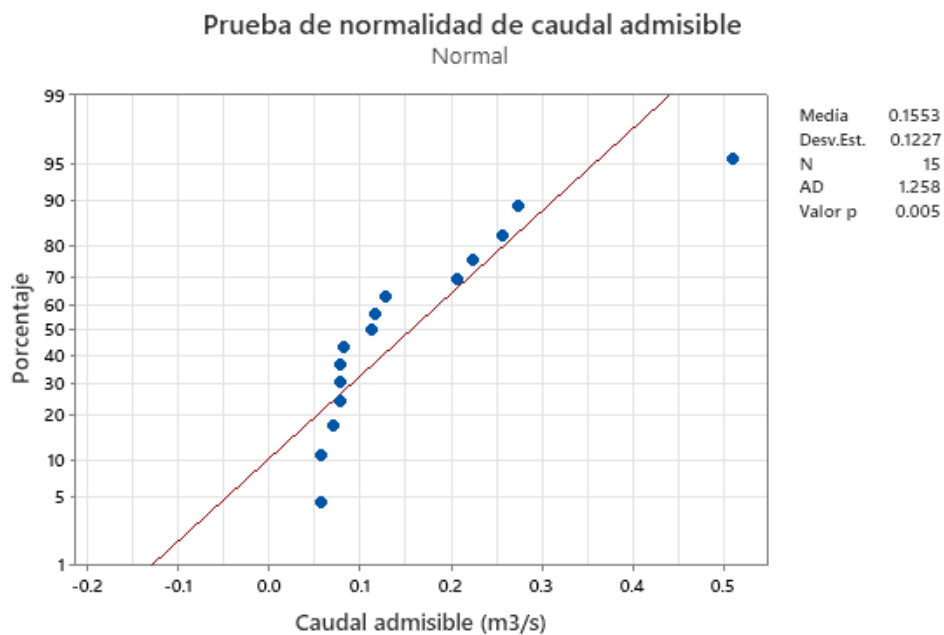
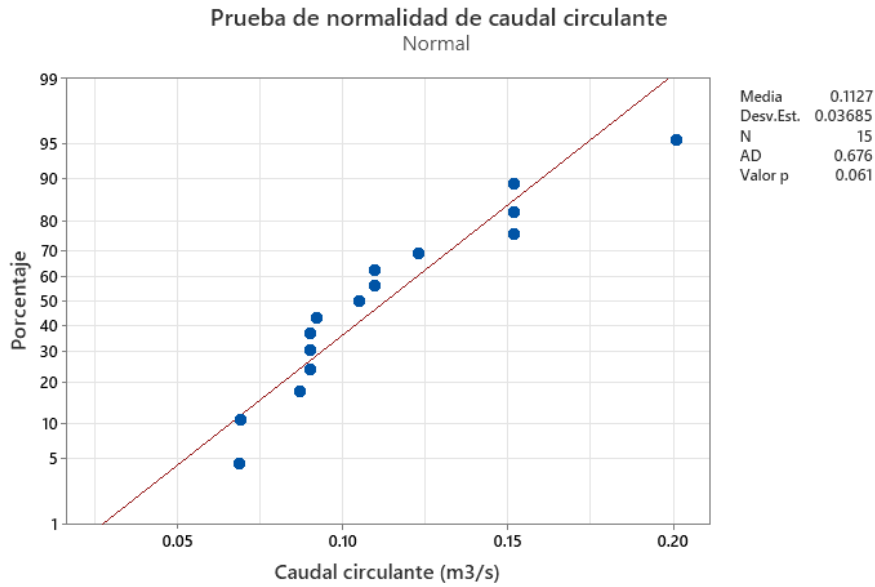


Figura 87

Prueba de Normalidad del Caudal Circulante



e) Análisis t-Student de dos muestras para sistema de drenaje pluvial actual

Para evaluar la capacidad del drenaje actual, se comparó el caudal admisible con el caudal circulante mediante una prueba t-Student de dos muestras. Los resultados indicaron que el valor p obtenido fue mayor a 0.05, lo que llevó a aceptar H_0 . Esto significa que el caudal admisible es menor al caudal circulante, evidenciando que la infraestructura actual no es suficiente para manejar la escorrentía pluvial, lo que confirma la necesidad de implementar un nuevo diseño.

$$Q_{admisible} > Q_{circulante} \tag{60}$$

Tabla 48

Prueba t-student de Dos Muestras para Caudal Admisible y Circulante del Sistema Actual

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$

Valor T	GL	Valor p
1.29	16	0.108

f) Análisis t-Student de dos muestras para sistema de drenaje pluvial propuesto

Posteriormente, se realizó el mismo análisis sobre el sistema de drenaje pluvial propuesto. En este caso, el valor p obtenido fue menor a 0.05, lo que llevó a rechazar H_0 y aceptar H_1 . Esto indica que, con el diseño propuesto, el caudal admisible es mayor al caudal circulante, lo que confirma que la nueva infraestructura cumple con la capacidad hidráulica requerida y es capaz de evacuar de manera eficiente el agua pluvial generada en la ciudad de Lajas.

Tabla 49

Prueba t-student de Dos Muestras para Caudal Admisible y Circulante del Sistema Propuesto

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	
Valor T	GL	Valor p
2.31	5	0.027

g) Inferencia general

Los resultados del análisis estadístico confirman que el sistema de drenaje pluvial actual en la ciudad de Lajas es insuficiente para manejar los caudales de escorrentía generados durante la temporada de lluvias, lo que refuerza la necesidad de implementar una infraestructura mejorada. La evaluación del nuevo diseño demuestra que la propuesta de drenaje mejora la evacuación del agua pluvial, reduciendo significativamente el riesgo de inundaciones pluviales. Con base en estos hallazgos, se recomienda la implementación del sistema de drenaje pluvial propuesto, asegurando su correcta ejecución conforme a los lineamientos técnicos establecidos en la normativa CE.040 y su verificación continua para mantener su eficiencia a lo largo del tiempo.

4.3. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos sobre la infraestructura de drenaje pluvial en el Cercado de Lajas han permitido identificar deficiencias significativas en la cobertura, capacidad hidráulica y continuidad del sistema de evacuación de aguas pluviales. Al comparar estos hallazgos con estudios previos realizados en otras ciudades de características similares, se evidencian patrones comunes de insuficiencia en el drenaje urbano. Por ejemplo, Mohammad et al. (2024), en su estudio sobre el sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Vali Asr, Baghein, determinaron que la falta de conectividad en las redes de drenaje genera acumulaciones de agua en puntos críticos, lo que coincide con lo observado en Lajas, donde muchas cunetas no cuentan con un punto de interconexión definido, limitando la continuidad del flujo pluvial. En ese estudio, la solución propuesta fue la implementación de un sistema de captación y conducción optimizado, lo que permitió reducir la escorrentía superficial en un 30% mediante la incorporación de infraestructura hidráulica eficiente.

Asimismo, Rodríguez & Suasnavas (2024) sobre el diseño de drenaje en Sicha Puma, Cantón Mera, Ecuador, reveló que la insuficiencia del sistema se debía, en gran medida, a dimensiones inadecuadas de cunetas y colectores, lo que afectaba su capacidad de evacuación. En el caso de Lajas, se ha determinado que las cunetas predominantemente triangulares presentan anchos entre 0.25 m y 0.50 m, y profundidades estandarizadas de 0.1 m, lo que limita su eficiencia en la conducción de caudales elevados. Se ha encontrado que las cunetas rectangulares y trapezoidales, como las de Ca. Cahuide y Jr. José Olaya, tienen una mayor capacidad de evacuación, lo que concuerda con los resultados de Rodríguez &

Suasnavas (2024), quienes demostraron que el uso de cunetas de mayor sección mejora significativamente el drenaje pluvial.

Por otro lado, Benavides & Chávez (2023), en su estudio sobre el sistema de drenaje en Chota, determinaron que el caudal circulante superaba al caudal admisible en varios tramos, generando inundaciones en puntos críticos. En la presente investigación, se ha verificado que calles como Ca. Río Jalqueño, Malecón Almirante Grau y Jr. Belisario Barsallo presentan esta misma problemática, donde el caudal circulante excede la capacidad hidráulica de las cunetas existentes, confirmando la necesidad de rediseñar el sistema para mejorar su desempeño.

En términos de capacidad de conducción, los resultados indican que en varias calles de Lajas las cunetas presentan obstrucciones por residuos sólidos y sedimentación, lo que reduce su capacidad de evacuación. Esta situación es similar a la reportada por Mero-Santana & Pico-Loor (2024) en Montecristi, donde el principal problema de la red de drenaje era la acumulación de sedimentos en los sumideros, lo que impedía un flujo eficiente del agua pluvial. Al igual que en el presente estudio, los autores concluyeron que la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y un rediseño del sistema de captación ayudaría a mejorar la eficiencia del drenaje.

Un hallazgo clave en la presente investigación es que solo algunas calles, como Jr. Haya de la Torre, Av. La Planta, Jr. José Gálvez y Ca. Cahuide, cuentan con un sistema de drenaje continuo y funcional, mientras que en calles como Jr. Rosendo Mendivel, Jr. Ricardo Palma y Jr. José Olaya, a pesar de que sus cunetas cumplen con la capacidad hidráulica requerida, carecen de interconexión con el resto del sistema, lo que limita su funcionalidad. Esta observación se asemeja a la

problemática reportada por Jiménez et al. (2024) en Tulancingo Hidalgo, donde la falta de continuidad en el sistema de drenaje pluvial generaba puntos de estancamiento y desbordamientos, los cuales pudieron ser mitigados con la construcción de nuevas interconexiones y mejoras en la pendiente de las cunetas.

El análisis de cobertura del drenaje en Lajas ha demostrado que solo el 14.63% de las calles cuentan con un sistema funcional, mientras que el 24.05% presenta deficiencias y el 61.32% carece por completo de infraestructura de drenaje pluvial. Estos resultados son alarmantes y están en línea con los hallazgos de Fiestas (2024) en Paita, donde se identificó que la red de drenaje solo cubría el 18% de la ciudad, lo que provocaba graves inundaciones en zonas urbanas. En el caso de Lajas, la falta de drenaje en calles principales como Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Belisario Barsallo y Jr. 28 de Julio ha sido uno de los factores determinantes en la generación de zonas críticas de acumulación de agua.

Asimismo, los resultados obtenidos en la simulación realizada en HEC-RAS muestran que aproximadamente 8.55 hectáreas del Cercado de Lajas experimentan problemas de escorrentía excesiva, lo que representa un 40.71% del área total del sector. Estos valores son comparables con los obtenidos en la investigación de Sánchez (2024) en Mórrope, Lambayeque, donde el análisis hidrológico evidenció que casi el 45% de la zona urbana presentaba problemas de escorrentía debido a la insuficiencia de drenaje pluvial.

Por tanto, se confirma que la infraestructura de drenaje pluvial en el Cercado de Lajas presenta deficiencias estructurales similares a las observadas en otras ciudades, donde la falta de interconexión, la acumulación de residuos y el diseño inadecuado de las cunetas han generado problemas recurrentes de escorrentía superficial e inundaciones. Siendo así, se reafirma la necesidad de un

rediseño integral del sistema de drenaje pluvial en el Cercado de Lajas, considerando no solo la ampliación de la red, sino también la implementación de estrategias de mantenimiento y control de residuos que aseguren la eficiencia y funcionalidad del sistema a largo plazo.

Respecto al objetivo específico 2, los resultados obtenidos en el diseño del sistema de drenaje pluvial para el Cercado de Lajas han permitido estructurar una red interconectada de cunetas, optimizando su capacidad hidráulica y asegurando una evacuación eficiente del agua de escorrentía. Al comparar estos hallazgos con estudios previos realizados en diferentes regiones, se identifican similitudes en las estrategias aplicadas para mejorar la gestión del drenaje pluvial y reducir el impacto de las lluvias en zonas urbanas.

Mohammad et al. (2024) sobre el diseño de drenaje en Vali Asr, Baghein, determinaron que la implementación de cunetas optimizadas y techos verdes permitió reducir en un 30% el escurrimiento superficial, mejorando la eficiencia del sistema. En el caso de Lajas, el rediseño de cunetas utilizando secciones rectangulares y triangulares en calles principales y secundarias ha demostrado ser una solución efectiva, disminuyendo el área afectada por escorrentía del 40.71% al 5.86%, lo que representa una reducción del 85.61% en la acumulación de agua.

Asimismo, el diseño de cunetas propuesto para Lajas mantiene la infraestructura existente en Ca. Cahuide, Jr. Ricardo Palma y Jr. José Olaya, debido a su eficiencia en la conducción del caudal pluvial, una estrategia similar a la aplicada por Rodríguez & Suasnavas (2024) en Sicha Puma, Ecuador, donde la conservación de estructuras existentes optimizó los costos y tiempos de ejecución del proyecto.

El análisis de los puntos de entrega confirmó que, para un Tr de 10 años, el río Chotano mantiene su flujo sin desbordamientos, lo que garantiza que el diseño del sistema de drenaje pluvial no compromete su capacidad hidráulica. Sin embargo, para Tr de 500 años, el río presenta desbordamientos en la zona del Colegio Anaximandro Vega, lo que sugiere la necesidad de infraestructura adicional de protección, como lo proponen Núñez & Ruiz (2024) con la construcción de un muro de contención.

En relación con el uso de rejillas metálicas para mejorar la captación de agua en intersecciones críticas, Mero-Santana & Pico-Loor (2024) en Montecristi concluyeron que la instalación de estos dispositivos evitó la acumulación de residuos y mejoró el flujo en zonas donde el agua no podía continuar en línea recta. La presente investigación también respalda la implementación de rejillas en los cinco tramos diseñados, cumpliendo con la normativa CE.040.

Finalmente, la verificación del diseño en SewerGEMS demostró que la nueva red de drenaje pluvial en Lajas tiene la capacidad suficiente para evacuar el caudal generado sin saturaciones ni desbordamientos. Esta validación computacional ha sido aplicada en estudios como el de Fiestas (2024) en Paita, donde la simulación de la red pluvial permitió ajustar las dimensiones de las cunetas y garantizar su funcionalidad. Siendo así, el diseño hidráulico propuesto en el Cercado de Lajas presenta similitudes con estudios previos en cuanto a dimensiones de cunetas, la integración de infraestructura existente y la implementación de estrategias de captación eficiente. Los resultados obtenidos confirman que la red de drenaje diseñada reduce significativamente la escorrentía superficial y garantiza una evacuación adecuada del agua pluvial.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al evaluar la capacidad de las redes de evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas, Chota, se determinó que se deben proponer soluciones, como el diseño del drenaje pluvial, para mejorar su capacidad para reducir la escorrentía superficial. Siendo las conclusiones específicas:

- 1) El Cercado de Lajas presenta un sistema de drenaje pluvial insuficiente, con solo 14.63% de calles funcionales, mientras que el 61.32% carecen de drenaje. Se identificaron 8.55 ha afectadas por escorrentía excesiva y siete zonas críticas con acumulaciones de agua superiores a 20 cm. Además, calles como Ca. Río Jalqueño y Jr. Belisario Barsallo tienen cunetas con capacidad hidráulica insuficiente, mientras que Ca. Cahuide y Jr. Ricardo Palma muestran mejor capacidad hidráulica, pero la falta de interconexión entre tramos agrava el problema, incrementando la acumulación de la escorrentía superficial.
- 2) El diseño del sistema de drenaje pluvial en el Cercado de Lajas interconecta todos los tramos urbanos, incorporando cunetas rectangulares de hasta 0.30 m de ancho y 0.65 m de profundidad en calles principales y cunetas triangulares de 0.35 m de ancho y 0.35 m de profundidad en ramales secundarios del tramo 1, 3 y 5 o cunetas rectangulares de 0.25 m de ancho y 0.40 m de profundidad en los tramos 2 y 4. Además, la simulación en SewerGEMS y HEC-RAS confirmó que el sistema reduce el área afectada por escorrentía del 40.71% al 5.86%, logrando una disminución del 85.61% en la acumulación de agua.

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

Se recomienda diseñar e implementar un sistema de drenaje pluvial en el Cercado de Lajas, priorizando la ampliación de la cobertura en el 61.32% de calles sin drenaje y la interconexión de los tramos existentes para garantizar la continuidad del flujo. Además, se sugiere rediseñar las cunetas en calles críticas como Ca. Río Jalqueño y Jr. Belisario Barsallo, donde el caudal circulante supera el caudal admisible, adoptando secciones rectangulares o trapezoidales como las de Ca. Cahuide y Jr. Ricardo Palma, que han demostrado mejor capacidad hidráulica. Finalmente, es necesario implementar un plan de mantenimiento y limpieza periódica para evitar obstrucciones y reducir el tiempo de evacuación del agua, mejorando así la eficiencia del sistema de drenaje pluvial.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

- Adeyeye, K., & Griggs, J. (2019). *Building Drainage: An Integrated Design Guide*. The Crowood Press.
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8z3BDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=These+networks+of+pipes,+channels+and+catchment+structures+\(such+as+drains+and+gutters\)+convey+the+collected+stormwater+to+discharge+points,+such+as+rivers,+lakes+or+treatment+system](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8z3BDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=These+networks+of+pipes,+channels+and+catchment+structures+(such+as+drains+and+gutters)+convey+the+collected+stormwater+to+discharge+points,+such+as+rivers,+lakes+or+treatment+system)
- Alcántara, A., & Castro, A. (2021). Determinación de zonas inundables con HEC-RAS en zonas de la Cordillera Central de los Andes. Microcuenca del río Saraus río La Llanga. Celendín . *Instituto de investigación* , 24(48), 181-187.
<https://doi.org/https://orcid.org/0000-0002-6593-6016>
- Andina. (24 de marzo de 2022). Desborde del río Jalqueño inunda 20 viviendas en distrito cajamarquino de Lajas. *Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-desborde-del-río-jalqueño-inunda-20-viviendas-distrito-cajamarquino-lajas-886168.aspx>
- Barbosa, A., Fernandes, J., & David, L. (2012). Key issues for sustainable urban stormwater management. *Water research*, 46(20), 6787-6798.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.05.029>
- Bedient, P., Huber, W., & Vieux, B. (2019). *Hydrology and floodplain analysis*. Pearson.
https://books.google.com.pe/books/about/Hydrology_and_Floodplain_Analysis.html?id=48t7tAEACAAJ&redir_esc=y
- Benavides, Y. L., & Chávez, D. (2023). *Evacuación de aguas de escurrimiento superficial mediante redes de drenaje pluvial en el sector 2 de la ciudad de Chota, 2022*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
<http://hdl.handle.net/20.500.14142/448>
- Buchanan, R. D., Lee, M., & Liu, D. (2020). Sewers and Pumping Stations. *In Wastewater Treatment* , 105-121.
- Butler, D., & Davies, J. (2004). *Also available as a printed book see title verso for ISBN details, 2 ed. Spon Press Taylor & Francis Group, London and New York*.
<https://vannpiseth.files.wordpress.com/2015/07/urban-drainage-butler.pdf>
- Butler, D., Digman, C., Makropoulos, C., & Davies, J. (2018). *Urban drainage*. Crc Press.

- Cano, A. (2022). *Las lluvias en el sur del Perú: ¿Desastres recurrentes u oportunidades*. Universidad Católica San Pablo.
- Cárdenas, M. G. (2017). *Análisis del drenaje superficial en vías urbanas a partir de un modelo hidrodinámico bidimensional*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia].
https://www.researchgate.net/publication/325905176_Analisis_del_drenaje_superficial_en_vias_urbanas_a_partir_de_un_modelo_hidrodinamico_bidimensional
- Castañeda, L. (2022). *Influencia de la estructura de conducción de drenaje pluvial en la Av. San Martín de Porras y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2022*. [Tesis de grado, Universidad Privada del norte].
- Castrejon, R. O., & Rodriguez, D. F. (2023). *Evaluación del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la ciudad de Cajamarca, sector 13 - barrio San Martín de Porras*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].
<https://hdl.handle.net/11537/35040>
- Ccopi, D., Barzola, B., Ruiz, S., Gabriel, E., Ortega, K., & Cordova, F. (2024). *River Flood Risk Assessment in Communities of the Peruvian Andes: a Semiquantitative Application for Disaster Prevention*. [Tesis de grado, Universidad Continental].
<https://www.mdpi.com/2071-1050/15/18/13768>
- CENEPRED. (2022). Temporada de lluvias 2021- 2022. Escenarios de riesgo por superávit de lluvias para enero a marzo 2022 (actualización basada en el informe técnico N° 16-2021/SENAMHI- DMA-SPC). *Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres*.
- Chachero, M. (2012). Estudio de precipitación en la ciudad Trelew, Análisis Estadístico y Educación de lluvia. *CUADERNOS del CURIHAM, 18, 23-37*.
- Chiarito, E., Zimmermann, E., & Méndez, S. (2018). Metodologías para la estimación del coeficiente de escorrentía en áreas urbanizadas mediante teledetección. *Cuadernos del Curiham, 24(1514), 25-36*.
- Chow, V. T. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2013). *Applied hydrology*. McGraw-Hill Education.
https://books.google.com.pe/books/about/Applied_Hydrology_2nd_Edition.html?id=cAKXkgEACAAJ&redir_esc=y

- Colmenares, D., & Salvador, J. (2019). *Diseño de la red de drenaje pluvial en los pueblos jóvenes San Lorenzo y Santa Ana - Distrito de José Leonardo Ortiz - provincia de Chiclayo - Región Lambayeque*. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5309/Colmenares%20V%c3%a1squez%20%26%20Salvador%20Vasquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CONAGUA. (2019). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Comisión Nacional del Agua. <https://doi.org/https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-de-mapas>
- Coronel, K. F. (2021). *Evaluación de la red de drenaje pluvial en el distrito de Yauyucan, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca 2019*. [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3629>
- Dianderas, C., & Villalta, M. (2024). *Diseño del sistema de drenaje pluvial en el distrito de Characato, Arequipa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Díaz, A., Guevara, E., & Rosales, J. (2020). Modelo de estimación del coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría en el río Santa, sector Recuay–Carhuaz, Áncash, Perú. *Ingeniería*, 27(3), 328-342. <https://doi.org/https://doi.org/10.54139/revinguc.v27i3.292>
- Díaz, E. (2023). *Delimitación de áreas inundables en los sectores 2 y 5, tramo puente Cementerio – puente Chota, microcuenca del río Chotano, Chota, 2021*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Durañona, F. (2024). *Propuesta de proyecto de redes de drenaje pluvial para el Barrio Pablo Rojas*. [Tesis de grado, Universidad Federal de Integracao Latino-America]. <https://dspace.unila.edu.br/server/api/core/bitstreams/26390f8e-1789-49dd-b7d5-ffbca0156fb0/content>
- Elliott, A. H., & Trowsdale, S. A. (2007). A review of models for low impact urban stormwater drainage. *Environmental modelling & software*, 22(3), 394-405. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.12.005>
- Fernández-Pato, J., & García-Navarro, P. (2017). *Simulación numérica de flujo superficial acoplado con redes de drenaje*. Universidad de Zaragoza.

- Fiestas, H. (2024). *Evaluación del sistema de drenaje pluvial y plan de mejora en la desembocadura de quebrada Salinas, Cangrejos, Paita 2023*. [Tesis de grado, UNiversidad César Vallejo].
- García, L., Barreiro, J., Escobar, E., Téllez, D., Quijano, N., & Ocampo, C. (2015). Modeling and real-time control of urban drainage systems: A review. *Advances in Water Resources*, 85, 120-132. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.08.007>
- Garrido, M. (2017). *Cálculo de la transformación lluvia-escorrentía mediante un modelo Saint Venant 2D. Validación mediante datos de campo y laboratorio*. [Tesis doctoral, Universidade da Coruña]. <http://hdl.handle.net/2183/19820>
- Gaspari, F. J., Senisterra, G., & Marlats, R. (2007). Relación precipitación - escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso del suelo Cuenca modal del. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 39(1), 21-28.
- Gaytan, A., & Villanueva, B. (2018). *Evaluación del diseño hidráulico del sistema de drenaje en el tramo 0+ 00kms-09+ 766 kms. de la carretera Bolognesi-Cabana. propuesta de mejora-2018*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30995>
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf
- Hornberger, G., Wiberg, P., Raffensperger, J., & D'Odorico, P. (2014). *Elements of Physical Hydrology*. Johns Hopkins University Press. <https://www.press.jhu.edu/books/title/10780/elements-physical-hydrology?srsId=AfmBOoqFiP5VeyeI515T8vRiY4Qq63RSg3xcc4Lh6cOs8qGHANBNQPUh>
- Ingeniería Sanitaria con BIM. (10 de diciembre de 2020). *Buzones - sistemas de alcantarillado sanitario. Ingeniería Sanitaria con BIM*: <https://web.facebook.com/photo/?fbid=205422174453252&set=a.113049757023828>
- Iñiguez, R., & Gabriela, M. (2023). Aplicación del algoritmo multiobjetivo NSGA-II en el diseño óptimo de redes de distribución de agua potable. Caso: Ciudad de Huancavelica, Perú. *Tecnología y ciencias del Agua*. <https://doi.org/10.24850/jtyca-16-2-5>

- Jiménez, U., Navarro, H., Cerón, J., Contreras, C., Flores, J., & Lozano, J. (2024). Gestión del agua pluvial mediante sistemas de retención–detención para la zona de Tulancingo Hidalgo. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 12(3), 181-190. <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/icbi.v12iEspecial3.13441>
- Kundzewicz, Z., & Pińskwar, I. (2022). Are pluvial and fluvial floods on the rise? *Water*, 14(17), 2612. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w14172612>
- Li, J. (2020). A data-driven improved fuzzy logic control optimization-simulation tool for reducing flooding volume at downstream urban drainage systems. *Science of the Total Environment*, 732, 138931. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138931>
- Londoño, C. (2001). *Cuencas hidrográficas*. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/cuencas_hidrograficas_bases.pdf
- Ltv. (19 de agosto de 2024). *Fuertes lluvias dejan las calles de Lajas inundadas*. Libre visión TV: <https://web.facebook.com/watch/?v=2050346955403364>
- Lyra, G., Cecílio, R. A., Zanetti, S., & Lyra, G. (2010). Coeficiente de rugosidade de Manning para o rio Paracatu. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 343-350. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000400001>
- Mager, F. (noviembre de 2020). *Ética de la Investigación: Una guía práctica*. Oxfam Digital: <https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/621092/gd-reseach-ethics-practical-guide-091120-es.pdf;jsessionid=02523958325ED06F2851B4BEA7D64410?sequence=14>
- Maglia, N., & Raimondi, A. (2025). A new approach on design and verification of integrated sustainable urban drainage systems for stormwater management in urban areas. *Journal of Environmental Management*, 373, 123882. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123882>
- Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A., & Schulz, A. (2020). *Indicadores de desempeño para servicios de saneamiento*. https://watermark.silverchair.com/wio9788490489857.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kKhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAxwwggMYBgkqhkiG9w0BBwagggMJMIIDBQIBADCCA4GCSqGSIlb3DQEHATAeBgIghkqBZ

- QMEAS4wEQQMkk11PU3mHIE0MO26AgEQgIICz4fgMjOlwJi-m-
htyF0D9cNvqbhnq2fNfZE7fg
- Mero-Santana, E. A., & Pico-Loor, C. M. (2024). Estudio de caso sobre la evaluación del sistema de drenaje pluvial en la Calle El Oro y Avenida Manta de la Ciudad de Montecristi. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 7027-7048. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10057
- Mohammad Hassannejad, Z., Ghaeini-Hessaroezeh, M., & Fadaei-Kermani, E. (2024). Design of urban stormwater drainage system using SWMM model (Case study: Vali Asr town of Baghein, Kerman). *Irrigation and Water Engineering*, 2024, 1-10. <https://doi.org/10.22125/IWE.2024.420970.1758>
- Mondragon, D. (2021). *Generación de intensidades máximas de la estación pluviométrica Pucará*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4685/TESIS%20-%20GENERACI%C3%93N%20DE%20INTENSIDAD%20M%C3%81XIMAS%20DE%20LA%20ESTACI%C3%93N%20PLUVIOM%C3%89TRICA%20D E%20PUCAR%C3%81.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morales, D. A., & Zavala, D. M. (2024). *Diseño del sistema de drenaje pluvial para la urbanización los jardines de Avifap etapa I de la ciudad de Piura*. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/6699>
- MTC. (2018). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Ministerio de transportes y comunicaciones.
- Murugesh, K., & Krishna, B. (2015). Design of Sanitary Sewer Network using Sewer GEMS V8i Software. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 2, 2349-784. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38820818/IJSTEV2I1052-libre.pdf?1442666701=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDesign_of_Sanitary_Sewer_Network_using_S.pdf&Expires=1738601622&Signature=TnSvFV0TZ9BWhjbbUzrKJnfZJRm~nOcGAi28IDHAX0VHcF~qT
- MVCS. (2021). *Modificación de la norma técnica OS.060 drenaje pluvial urbano a normal técnica CE.040 drenaje pluvial del reglamento nacional de edificaciones*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

- MVCS. (2021). Norma CE.040 Drenaje pluvial R.M. N° 126-2021-Vivienda. En M. d. Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-36). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Nery, J. T., & Carfan, A. C. (2014). Re-analysis of pluvial precipitation in southern Brazil. *Atmósfera*, 27(2), 103-115. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0187-6236\(14\)71104-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0187-6236(14)71104-X)
- Núñez, W. A., & Ruiz, C. A. (2024). *Plan de contingencia ante inundaciones por desborde del Río Chotano: Puente La Retama hasta La I.E.S. Anaximandro Vega, Lajas, 2023*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.14142/531>
- O'Flaherty, C. (2002). Surface drainage for roads. *Chapter*, 7, 185-209.
- Oblitas, F. E., Rojas, A. M., Burga, G., Lozano, D., Llanos, L. I., & Orbegoso, L. A. (2023). Análisis hidráulico del drenaje pluvial en la Av. Inca Garcilazo de la Vega, Cuadras 1-6, Chota, Cajamarca. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 6(1), 15-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.37518/2663-6360X2023v6n1p15>
- Orsolini, H., García, N., & Salazar, F. (2012). *Pruebas de bondad de ajuste en hidrología*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7307898.pdf>
- Ortiz, O. (2004). *Evaluación Hidrológica*. Hidro-Red.
- Palla, A., Coli, M., Candela, A., Aronica, G., & Lanza, G. (2018). Pluvial flooding in urban areas: The role of surface drainage efficiency. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S663-S676. <https://doi.org/https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfr3.12246>
- Pérez, M., & Anabel, Y. (2019). *Identificación y selección de tratamientos potenciales para aguas de escorrentía urbana en las cuencas de la hoya de Loja*. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/23803>
- Pérez, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Ecoe Ediciones. https://books.google.com.pe/books?id=Gtw3DgAAQBAJ&pg=PA366&dq=dise%C3%B1o+de+cunetas&hl=es&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwinkp2l2aiLxV4IrkGHRJSNmQQ6AF6BAgKEAM#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20de%20cunetas&f=false
- Pershakov, V., & Lysnytska, K. (2016). *Water supply and drain" Manual*.

- Quispe, J., & Rojas, E. (2015). *Diseño del sistema de drenaje pluvial de la comunidad 3 de mayo depucarumi del Distrito de Ascensión – Huancavelica*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica].
- Rodríguez, E. M., & Suasnavas, K. N. (2024). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para el sector de Sicha Puma, Cantón Mera, provincia de Pastaza*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/40989>
- Rojas, P., & Humpiri, V. (2016). *Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM*. Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano].
- Rosales, M., Salas, J., & Rodríguez, A. (2015). Drenaje Pluvial: Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimientos superficiales. *Cultura Científica y Tecnológica CULCYT*, 56(12), 5-14. <https://doi.org/http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/686>
- Rumiche, C. (2019). *Diseño hidráulico de la red de agua potable en el centro poblado de Terela, distrito de Castilla, provincia de Piura, departamento de Piura, abril – 2019*. [Tesis de grado, Universidad Católica los Andes Chimbote].
- Sanchez, M. P. (2024). *Diseño del sistema de drenaje pluvial y pavimentación para el área urbana del Centro Poblado Cruz del Médano, distrito de Mórrope, provincia Lambayeque, departamento de Lambayeque 2019*. [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/6993>
- Santana, D. A., & Valencia, W. D. (2024). *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el recinto Sabana Grande ubicado en el Cantón Guayaquil, provincia del Guayas*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28720/1/UPS-GT005595.pdf>
- Sardon, H., Lavado-Casimiro, W., & Felipe, O. (2022). *Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. Estudio Final. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI*. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1786>
- SIAPA. (2007). *Criterios y lineamiento técnicos para factibilidades -Alcantarillado pluvial*. Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable.
- Singh, D. (2022). *Causes, impacts, risk and mitigation of Urban Flood Management in India*. <https://cag.php-staging.com/uploads/media/Series2-066054d7c2cc784-70970873.pdf>

- Solis, L. E. (2024). *Diseño estructural de pavimento rígido y drenaje pluvial para el Sector San Luis en el Distrito de Chepén, La Libertad*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada Antenor Orrego].
- Teshome, M. (2020). A Review of Recent Studies on Urban Stormwater Drainage System for Urban Flood Management. *Preprints*(2020100295). <https://doi.org/https://doi.org/10.20944/preprints202010.0295.v2>
- Tucci, C. (2007). *Urban Flood Management*. Global Water Partnership, GWP-SAMTAC.
- TvPeru. (25 de Marzo de 2022). Desborde de río inundó 20 viviendas en Cajamarca. *TvPeru*. <https://tvperu.gob.pe/noticias/nacionales/desborde-de-rio-inundo-20-viviendas-en-cajamarca>
- Vashisht, A., & Sharma, H. (2007). Study on hydrological behaviour of a natural spring. *Current Science*, 837-840. <https://doi.org/https://www.jstor.org/stable/24099131>
- Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J., . . . Alcántara, J. (2016). *Manejo y Gestión de cuencas hidrográficas*. . Fondo Editorial-UNALM.
- Villabona, H. (2011). *Las redes de evacuación de aguas pluviales son sistemas de infraestructura diseñados para recoger, conducir y liberar las aguas de lluvia, evitando así inundaciones y daños en áreas urbanas. Estas redes están compuestas por elementos como cunetas, tubería*. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1266/digital_20429.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Editorial Taller de publicaciones del Instituto. Lima- Perú.
- Wohl, E., Lininger, K., & Scott, D. (2018). River beads as a conceptual framework for building carbon storage and resilience to extreme climate events into river management. *Biogeochemistry*, 3(365-383), 141. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10533-017-0397-7>
- Xu, H., Ma, C., Xu, K., Lian, J., & Long, Y. (2020). Staged optimization of urban drainage systems considering climate change and hydrological model uncertainty. *Journal of Hydrology*, 587, 124959. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124959>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Tesis: EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023

Tesistas: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ, EDILBERTO BURGA SILVA

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología		
¿Cuál es la capacidad actual de las redes de evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas, Chota, y en qué medida se pueden mejorar para reducir la escorrentía superficial?	Objetivo general	Las redes de evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Lajas presentan deficiencias significativas en cuanto a su capacidad y diseño para manejar la escorrentía superficial durante la temporada de lluvias. La implementación de un sistema de drenaje pluvial mejorado, basado en un diseño hidráulico adecuado y conforme a normativas técnicas, permitiría optimizar la evacuación del agua pluvial y reducir significativamente el impacto de las inundaciones urbanas.	Variable única: Redes de evacuación de aguas pluviales	Análisis hidrológico e hidráulico	Área de la cuenca urbana	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicado Nivel: Descriptivo Diseño: Descriptivo causal simple		
	<ul style="list-style-type: none"> – Evaluar la infraestructura de drenaje pluvial urbano existente en el sector cercado de la ciudad de Lajas. – Proponer el diseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial urbano (conformado por cunetas) en el cercado de Lajas. 				Intensidad máxima			
					Periodo de retorno			
					Tiempo de concentración			
					Caudal de diseño			
					Modelamiento hidráulico			
					Capacidad hidráulica de las redes existentes		Dimensiones	Muestra: La muestra no probabilística, por conveniencia es el sistema de drenaje pluvial del sector cercado de Lajas de la ciudad homónima, que abarca el área de 0.21 km ² , seleccionado debido a los problemas significativos experimentados durante las épocas de lluvia, destacándose por carecer de un sistema de drenaje pluvial adecuado.
					Cobertura y estructuras del sistema existente		Caudal máximo de evacuación	
							Capacidad de conducción	
					Eficiencia y desempeño del sistema existente		Zonas sin drenaje	
							Longitud total de la red de drenaje existente	
							Porcentaje de calles con sistemas de drenaje funcionales	
Diseño de redes de evacuación de agua pluvial	Nivel de acumulación de agua en zonas críticas							
	Tiempo de evacuación del agua pluvial tras eventos de lluvia							
	Extensión del área afectada por escorrentía							
	Cuneta							
	Rejilla							
	Sumidero							

Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1. Proceso de levantamiento topográfico



Fotografía 3. BM1



Fotografía 4. BM3



Fotografía 5. BM18



Fotografía 6. Proceso de levantamiento topográfico



Fotografía 7. Proceso de levantamiento topográfico



Fotografía 8. Proceso de levantamiento topográfico



Fotografía 9. Proceso de levantamiento topográfico: toma de puntos topográficos en el borde las cunetas existentes para tener datos referenciales de los mismos



Fotografía 10. Proceso de levantamiento topográfico: toma de puntos en los límites de las veredas en aquellas calles donde no existe drenaje pluvial



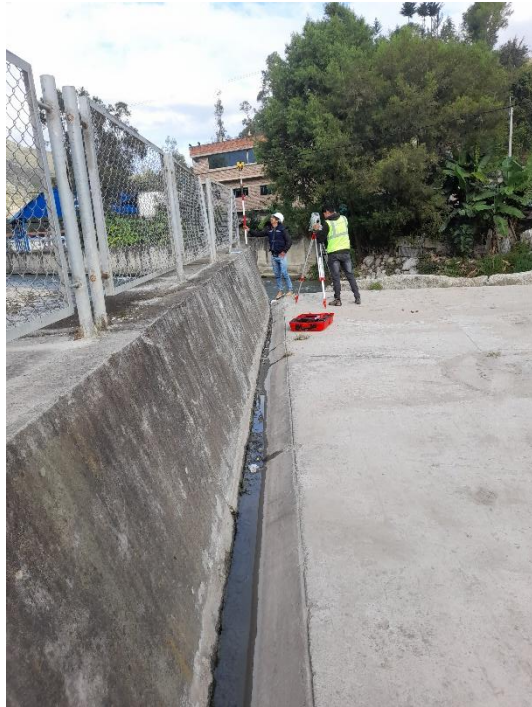
Fotografía 11. Proceso de levantamiento topográfico: toma de puntos topográficos en el Malecón Grau a orillas del río Chotano



Fotografía 12. Proceso de levantamiento topográfico: toma de puntos topográficos en la entrada a la Ciudad de Lajas



Fotografía 13. Proceso de levantamiento topográfico en el borde del muro construido recientemente en la ribera del río Jalqueño en el cual también tiene cunetas



Fotografía 14. Proceso de levantamiento topográfico: Vista de los encargados del levantamiento topográfico



Fotografía 15. Proceso de levantamiento topográfico: Vista de los encargados del levantamiento topográfico



Fotografía 16. Proceso de levantamiento topográfico: toma de puntos en BMS y puntos fijos registrados con esmalte color rojo



Fotografía 17. Vista del mal estado de las calles a causa de la ausencia de un adecuado sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Lajas



Fotografía 19. Vista del mal estado de las calles a causa de la ausencia de un adecuado sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Lajas



Fotografía 189. Vista del mal estado de las calles a causa de la ausencia de un adecuado sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Lajas



Fotografía 20. Vista del mal estado de las calles a causa de la ausencia de un adecuado sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Lajas



Anexo C. Análisis de cunetas existentes

ANÁLISIS DE CUNETAS EXISTENTES

El sistema de drenaje pluvial urbano de la ciudad de lajas, presenta cunetas de sección triangular en la mayoría de sus calles y en pocas calles se ha usado cunetas de sección rectangular.

JR. ROSENDO MENDIVEL

En la Inspección visual de este jirón una de las calles principales del área de estudio, se aprecia cuneta a un solo lado de la vía por lo general a la parte inferior de esta, la cuneta es de sección triangular. De altura $h = 0.14$ m, ancho total $t = 0.50$ m y longitud de lado $l = 0.52$ m

Recolección de medidas del sistema de drenaje pluvial urbano del Jr. Rosendo Mendivel Cuadra 1.



Recolección de medidas del sistema de drenaje pluvial urbano del Jr. Rosendo Mendivel Cuadra

2.



Recolección de medidas del sistema de drenaje pluvial urbano del Jr. Rosendo Mendivel Cuadra

3.



Recolección de medidas del sistema de drenaje pluvial urbano del Jr. Rosendo Mendivel Cuadra 4.



Recolección de medidas del sistema de drenaje pluvial urbano del Jr. Rosendo Mendivel Cuadra 5



Recolección de medidas del sistema de drenaje pluvial urbano del Jr. Rosendo Mendivel Cuadra 6



JR. JOSÉ GÁLVEZ

Esta calle presenta cuneta de sección triangular a un solo lado de esta.

Cuadra 6



Cuadra 5



Cuadra 4



Cuadra 3



Cuadra 2



Cuadra 1



CA. RIO JALQUEÑO

Apreciamos una cuneta de sección triangular a lo largo del muro de contención del río.



MALECÓN ALMIRANTE GRAU

En esta calle se aprecia una cuneta de sección triangular a lo largo de este malecón por lo general a un solo lado de este.



CA. DIONISIO PÉREZ

Esta calle presenta cunetas a ambos lados de la vía, estas cunetas tienen un diseño de sección triangular en todo su recorrido.

Cuadra 1



Cuadra 2



AV. CHICLAYO

Esta calle presenta solo un tramo de cuneta de sección triangular en la parte final de esta, luego a lo largo de esta ya no presenta ningún tipo de cuneta.



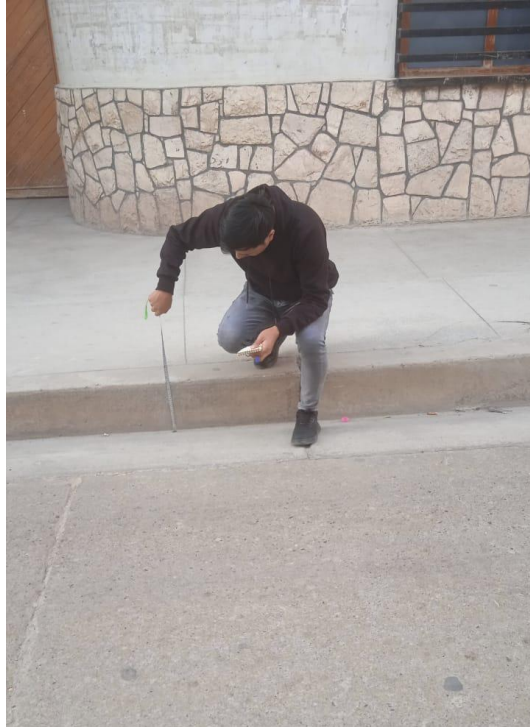
CA. CAHUIDE

Esta calle presenta una cuneta de sección rectangular a un solo lado de su recorrido y por lo general es uniforme.



JR. HAYA DE LA TORRE

Esta calle presenta cunetas a ambos extremos, por lo general de secciones triangulares diferentes según la topografía del lugar.



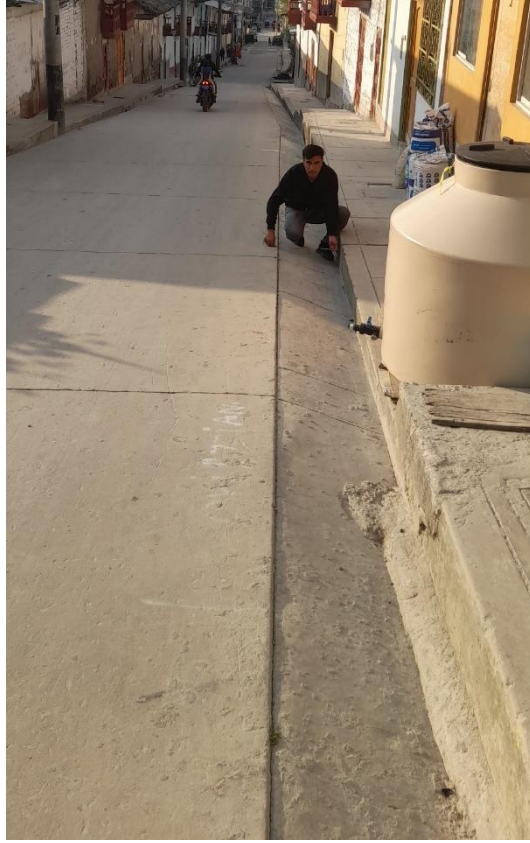
CA. WENCESLAO ARRASCUE

Es una calle de dirección horizontal, solo presenta una cuneta en la parte inferior de sección triangular.



JR. 28 DE JULIO

Esta calle presenta cunetas solo en un tramo de su recorrido en ambos extremos y es de sección triangular.



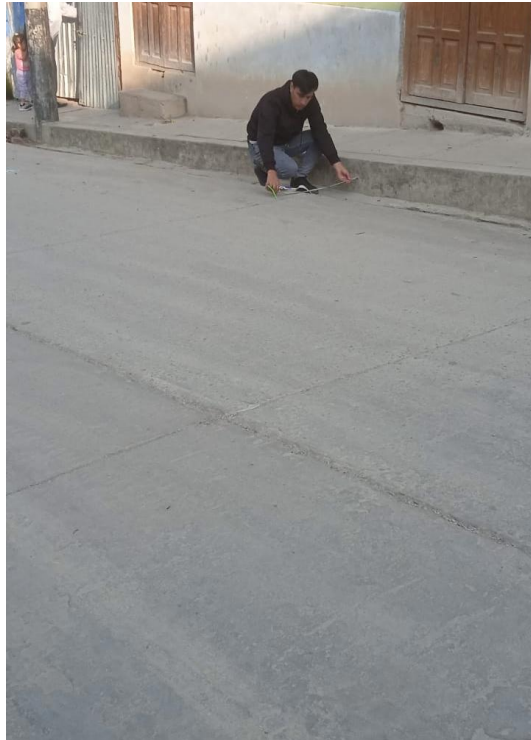
JR. BELISARIO BARSALLO

En este Jirón observamos que presenta cunetas en ambos extremos, pero solo encontramos cunetas de sección triangular en la parte superior y el resto de tramo de la calle ya no presenta cunetas.



AV. LA PLANTA

En esta avenida hallamos cunetas de sección triangular en ambos extremos de su recorrido.



JR. TUPAC AMARU

En esta calle encontramos cuneta a un solo extremo de esta, es de sección triangular



JR. RICARDO PALMA

Presenta una cuneta de sección rectangular a un solo extremo de esta por lo general solo en la parte inferior de esta.



JR. JOSÉ OLAYA

Presenta cuneta de sección Trapezoidal, por lo general lo hallamos solo a un lado en su recorrido de esta



Anexo D. Parámetros geomorfológicos de la microcuenca urbana



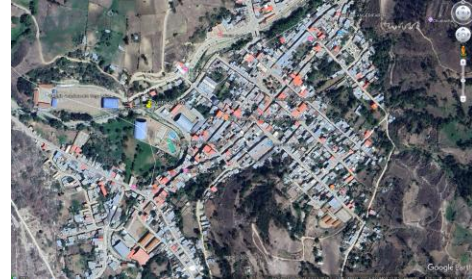
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
CUENCA URBANA DEL SECTOR CERCADO DE LAJAS

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

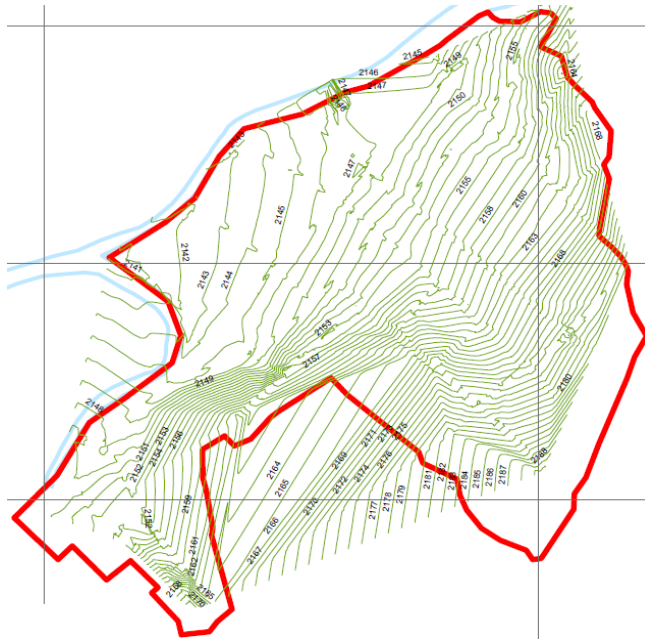
UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



1) Delimitación de la microcuenca en el programa ArcMAP 10.8

Consiste en definir la línea de divortio aquarum, que es una línea curva cerrada que parte y llega al punto de captación mediante la unión de todos los puntos altos e interceptando en forma perpendicular a todas las curvas de altitudes del plano o carta topográfica, por cuya razón a dicha línea divisoria también se le conoce con el nombre de línea neutra de flujo.



2) Parámetros geomorfológicos

2.1. Área (A)

Cuadro N° 01. Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos

Unid. Hidrológica	Área (km ²)		N° de orden
Micro cuenca	0	50	1, 2, 3
Sub cuenca	51	500	4, 5
Cuenca	más	500	6 a más

Ac=	0.21	Km ²	Microcuenca
------------	------	-----------------	-------------

2.2. Perímetro (P)

Pc=	2.54	Km
------------	------	----

2.3. Longitud al centroide (Lc)

Centroide x	Cx=	750480.56	m
Centroide y	Cy=	9274281.61	m
Centroide z	Cz=	2134.00	msnm

2.4. Coeficiente de Gravelius o índice de compacidad (Kc)

$$k = 0.28 \left(\frac{Pc}{\sqrt{Ac}} \right)$$

P= perímetro de la cuenca 2.54
A= área de la cuenca 0.21



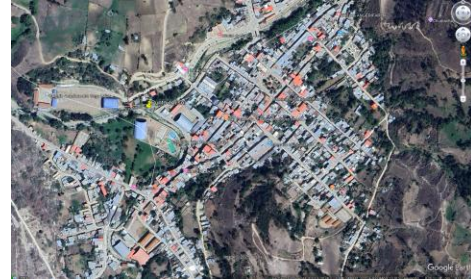
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
CUENCA URBANA DEL SECTOR CERCADO DE LAJAS

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



Cuadro N° 02. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad

Clase de forma	Índice de compacidad		Forma de la cuenca
Clase I	1	1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26	1.5	Oval redonda a oval oblonga
Clase III	1.51	1.75	Oval oblonga a rectangular-oblonga

Si K menor o igual a 1 la cuenca tiene forma circular
Si k mayor a 1 la cuenca tiene forma alargada

La tormenta se da en una parte
La tormenta se da en toda su extensión

K=	1.552
----	-------

Clase III

Forma oblonga a rectangular

2.5. Altitud media (H)

Datos:	Elevación mínima	Hmín=	2141.00	msnm
	Elevación máxima	Hmáx=	2188.00	msnm
	Altitud media	Hmed=	2164.50	msnm

2.6. Pendiente de la cuenca (Sc)

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i$$

Sc= Pendiente de la cuenca

C= Equidistancia entre curvas de nivel

A= Área de la cuenca

li= Longitud de cada curva de nivel

0.002 km

0.210 km²

Cuadro N° 03. Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente promedio

Clase de forma	índice de compacidad	Símbolo
0	3	Plano
3	7	Suave
7	12	Mediano
12	20	Accidentado
20	35	Fuerte
35	50	Muy Fuerte
50	75	Escarpado
>	75	Muy escarpado

Estimación de la pendiente de la cuenca (Sc)

CURVA DE NIVEL	LONGITUD (Km)	
Curva 1	2,141.00	0.025
Curva 2	2,143.00	0.091
Curva 3	2,145.00	0.128
Curva 4	2,147.00	0.206
Curva 5	2,149.00	0.170



PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
CUENCA URBANA DEL SECTOR CERCADO DE LAJAS

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



Curva 6	2,151.00	0.154
Curva 7	2,153.00	0.173
Curva 8	2,155.00	0.177
Curva 9	2,157.00	0.174
Curva 10	2,159.00	0.177
Curva 11	2,161.00	0.184
Curva 12	2,163.00	0.222
Curva 13	2,165.00	0.164
Curva 14	2,167.00	0.152
Curva 15	2,169.00	0.126
Curva 16	2,171.00	0.114
Curva 17	2,173.00	0.110
Curva 18	2,175.00	0.103
Curva 19	2,177.00	0.094
Curva 20	2,179.00	0.085
Curva 21	2,181.00	0.055
Curva 22	2,183.00	0.043
Curva 23	2,185.00	0.030
Curva 24	2,187.00	0.017
Curva 25	2,189.00	0.004
TOTAL		2.982

Sc = 2.84%

2.7. Longitud del máximo recorrido (L) **L (km)** 1.50 Km **L (m)** 1500

2.8. Pendiente del cauce principal o del máximo recorrido (So)

2.8.1. MÉTODO I. Pendiente uniforme

$$S_o = \frac{\Delta H}{L}$$

Hmáx= Altura máxima 2188.00
Hmín= Altura mínima 2141.00
ΔH= Diferencia de alturas 47.00
L= longitud del cauce principal 1.50

3.13 %

2.9. Tiempo de concentración (Tc)

Fórmula de KIRPICH

$$T_c = 0,020 * L^{0,75} * S^{-0,40}$$

Donde: L = Longitud del curso mayor en metros = 1,500.00 m
S = Pendiente = H/L = 3.13 %
H = Diferencia entre altitud máxima y mínima = 47 m

Tc= 19.26 minutos
Tc= 0.32 horas



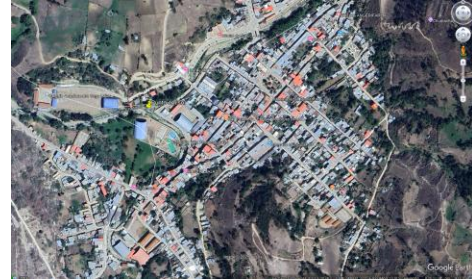
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
CUENCA URBANA DEL SECTOR CERCADO DE LAJAS

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
 EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
 Provincia: CHOTA
 Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
 Norte: 9274230.63 m S



2.10. Coeficiente orográfico (Co)

$$C_o = \frac{H^2}{A}$$

H= Altitud media del relieve
 A= área de la cuenca

2.16 km
 0.21 km²

Co= 22.31

2.11 Factor de forma (F)

$$F = \frac{A}{L^2}$$

A= Área de la cuenca
 L= Longitud de máximo recorrido

0.21 km²
 1.50 Km

F= 0.093

2.1.2. Resumen de resultados

Parámetro geomorfológico	Valor
Área (km ²)	0.21
Perímetro (km)	2.54
Coefficiente de compacidad	1.552
Altitud media (msnm)	2,164.50
Pendiente de la cuenca (%)	2.84%
Longitud del máximo recorrido (km)	1.50 Km
Pendiente del cauce principal (%)	3.13
Tiempo de concentración (minutos)	19.26



**PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
SUBCUENCA DEL RÍO CHOTANO**

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

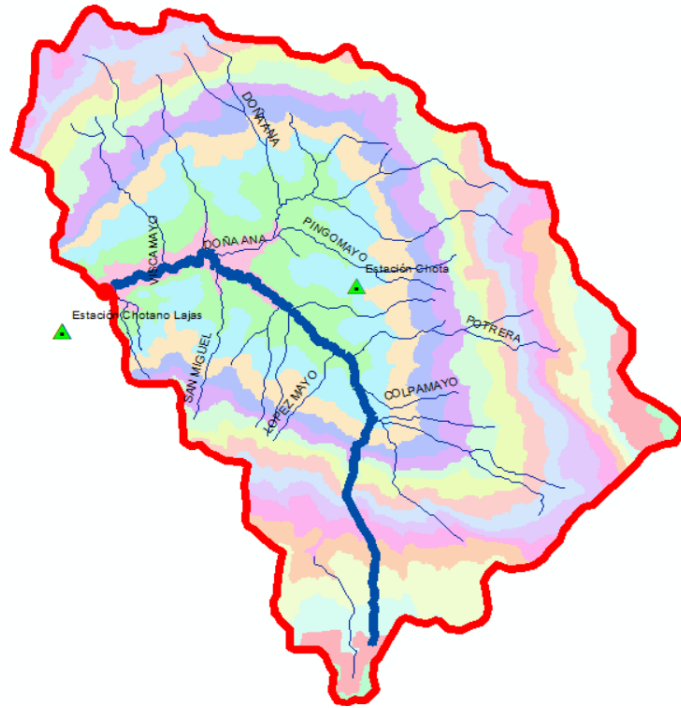
UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



1) Delimitación de la microcuenca en el programa ArcMAP 10.8

Consiste en definir la línea de divortio aquarum, que es una línea curva cerrada que parte y llega al punto de captación mediante la unión de todos los puntos altos e interceptando en forma perpendicular a todas las curvas de altitudes del plano o carta topográfica, por cuya razón a dicha línea divisoria también se le conoce con el nombre de línea neutra de flujo.



2) Parámetros geomorfológicos

2.1. Área (A)

Cuadro N° 01. Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos

Unid. Hidrológica	Área (km ²)		N° de orden
Micro cuenca	0	50	1, 2, 3
Sub cuenca	51	500	4, 5
Cuenca	más	500	6 a más

Ac=	295.56	Km ²	Microcuenca
------------	--------	-----------------	-------------

2.2. Perímetro (P)

Pc=	81.89	Km
------------	-------	----

2.3. Longitud al centroide (Lc)

Centroide x	Cx=	759424.48	m
Centroide y	Cy=	9273941.31	m
Centroide z	Cz=	3106.54	msnm



PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
SUBCUENCA DEL RÍO CHOTANO

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



ALTITUD MEDIA			
ITEM	PROMEDIO	ÁREA ENTRE COTAS	AixHi
1	2,200	7.676	16886.62
2	2,300	28.533	65626.44
3	2,400	32.543	78103.76
4	2,500	24.223	60558.09
5	2,600	19.323	50240.41
6	2,700	22.361	60373.99
7	2,800	23.586	66040.06
8	2,900	21.516	62395.63
9	3,000	19.146	57437.21
10	3,100	18.288	56693.53
11	3,200	18.003	57610.35
12	3,300	13.178	43488.18
13	3,400	12.526	42587.50
14	3,500	16.003	56011.32
15	3,600	9.648	34733.65
16	3,700	7.021	25976.72
17	3,800	1.988	7555.29
TOTAL		295.56	842,318.75
H =		2,849.88	m

2.5.2.) Estimación de la altitud media (H) por el método gráfico

Método gráfico para el cálculo de la altitud media (H)						
	ALTITUD msnm	AREA PARCIAL	AREA ACUMULADA	AREA QUE QUEDA SOBRE LA CURVA	% DE AREA PARCIAL	% QUE QUEDA SOBRE LA ALTITUD
PMB	2,150	0.000	0	295.56	0.00%	100.00%
A1	2,250	7.676	7.676	287.89	2.60%	97.40%
A2	2,350	28.533	36.209	259.35	9.65%	87.75%
A3	2,450	32.543	68.752	226.81	11.01%	76.74%
A4	2,550	24.223	92.975	202.59	8.20%	68.54%
A5	2,650	19.323	112.299	183.26	6.54%	62.01%
A6	2,750	22.361	134.659	160.90	7.57%	54.44%
A7	2,850	23.586	158.245	137.32	7.98%	46.46%
A8	2,950	21.516	179.761	115.80	7.28%	39.18%
A9	3,050	19.146	198.907	96.66	6.48%	32.70%
A10	3,150	18.288	217.195	78.37	6.19%	26.51%
A11	3,250	18.003	235.198	60.36	6.09%	20.42%
A12	3,350	13.178	248.376	47.19	4.46%	15.96%
A13	3,450	12.526	260.902	34.66	4.24%	11.73%
A14	3,550	16.003	276.905	18.66	5.41%	6.31%
A15	3,650	9.648	286.554	9.01	3.26%	3.05%
A16	3,750	7.021	293.574	1.99	2.38%	0.67%
A17	3,850	1.988	295.563	0.00	0.67%	0.00%
$\Sigma T =$		295.56			100.00%	



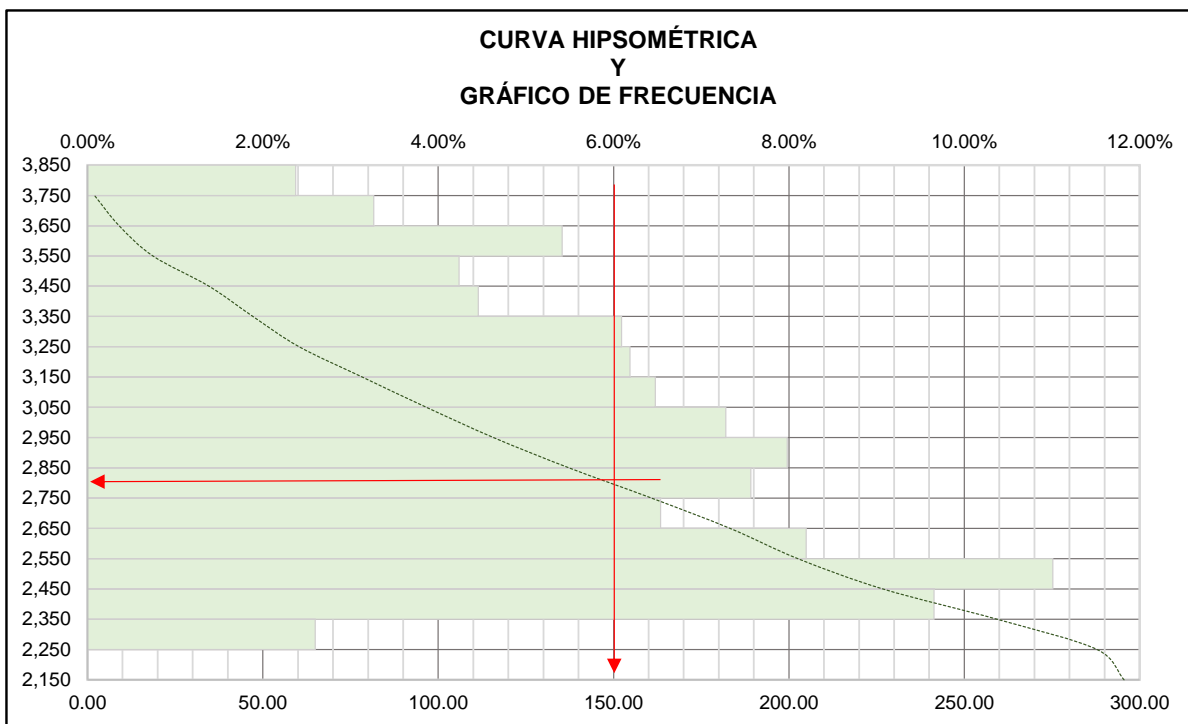
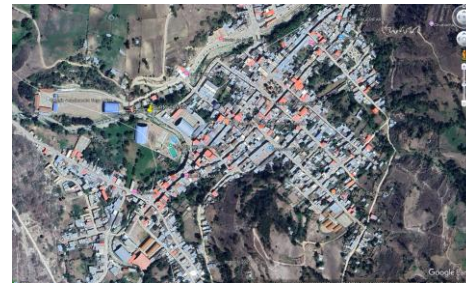
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
SUBCUENCA DEL RÍO CHOTANO

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



2.6. Pendiente de la cuenca (Sc)

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i$$

Sc= Pendiente de la cuenca
C= Equidistancia entre curvas de nivel
A= Área de la cuenca
li= Longitud de cada curva de nivel

0.05 km
295.565 km²

Cuadro N° 03. Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente promedio

Clase de forma		índice de compacidad	Símbolo
0	3	Plano	P1
3	7	Suave	P2
7	12	Mediano	P3
12	20	Accidentado	P4
20	35	Fuerte	P5
35	50	Muy Fuerte	P6
50	75	Escarpado	P7
>	75	Muy escarpado	P8



PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
SUBCUENCA DEL RÍO CHOTANO

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

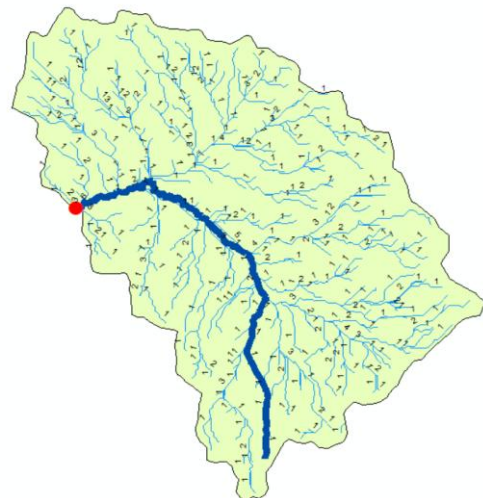
PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



Estimación de la pendiente de la cuenca (Sc)

CURVA DE NIVEL		LONGITUD (Km)
Curva 1	2,300.00	58.203
Curva 2	2,350.00	75.396
Curva 3	2,400.00	22.007
Curva 4	2,450.00	0.947
Curva 5	2,500.00	39.230
Curva 6	2,550.00	7.035
Curva 7	2,600.00	31.466
Curva 8	2,700.00	37.852
Curva 9	2,750.00	40.209
Curva 10	2,800.00	30.018
Curva 11	2,850.00	19.433
Curva 12	2,900.00	0.408
Curva 13	3,000.00	34.653
Curva 14	3,050.00	35.092
Curva 15	3,100.00	34.375
Curva 16	3,150.00	0.966
Curva 17	3,200.00	0.940
Curva 18	3,250.00	6.526
Curva 19	3,300.00	3.399
Curva 20	3,400.00	14.527
Curva 21	3,500.00	0.976
Curva 22	3,600.00	0.294
Curva 23	3,650.00	0.580
Curva 24	3,700.00	6.662
Curva 25	3,800.00	1.050
Curva 26	3,850.00	0.473
TOTAL		502.718

Sc = 8.50%





PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
SUBCUENCA DEL RÍO CHOTANO

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



2.7. Número de orden de la cuenca (N) N= 6

2.8. Longitud de la red hídrica

ORDEN	Longitud de cauces (km)	Número de cauces
1	269.60	320
2	113.97	155
3	65.29	94
4	13.09	22
5	14.58	33
6	2.95	7
Total	479.47	631.00

2.9. Longitud del máximo recorrido (L) L (km) 24.24 Km L (m) 24244

2.10. Pendiente del cauce principal o del máximo recorrido (So)

2.10.1. MÉTODO I. Pendiente uniforme $S_o = \frac{\Delta H}{L}$

Hmáx= Altura máxima 3700.00
Hmín= Altura mínima 2150.00
ΔH= Diferencia de alturas 1550.00
L= longitud del cauce principal 24.24

6.39 %

2.10.2. MÉTODO II. Ecuación de Taylor y Schawarz

$$S_o = \left[\frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{S_i} \right)^{1/2}} \right]^2$$

Li= longitud de cada tramo de pendiente Si
n= Número de tramos de similar pendiente

ALTITUDES		LONG. PARCIALES	DESNIVEL	PENDIENTE ENTRE TRAMOS	
Hi	Hf	Li (m)	hi (m)	si = hi/li	(li ² /si) ^{1/2}
2,150	2,250	8,574.30	100.00	0.0117	79,395.87
2,250	2,350	4,341.31	100.00	0.0230	28,604.26
2,350	2,450	1,386.55	100.00	0.0721	5,163.03
2,450	2,550	592.39	100.00	0.1688	1,441.82
2,550	2,650	412.57	100.00	0.2424	838.01
2,650	2,750	537.28	100.00	0.1861	1,245.37
2,750	2,850	362.20	100.00	0.2761	689.32
2,850	2,950	351.45	100.00	0.2845	658.85
2,950	3,050	328.96	100.00	0.3040	596.63
3,050	3,150	303.20	100.00	0.3298	527.94
3,150	3,250	600.83	100.00	0.1664	1,472.75
3,250	3,350	1,634.88	100.00	0.0612	6,610.39
3,350	3,450	1,057.51	100.00	0.0946	3,438.98
3,450	3,550	1,288.99	100.00	0.0776	4,627.81
3,550	3,650	1,634.90	100.00	0.0612	6,610.56
3,650	3,700	797.32	50.00	0.0627	3,183.92
TOTAL		24,205			145,106

Nota: Esta formula utiliza el HMS S = 2.78 %



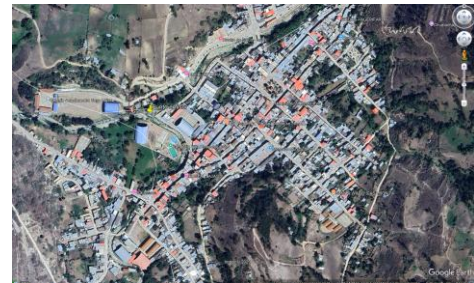
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
SUBCUENCA DEL RÍO CHOTANO

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



2.11. Tiempo de concentración (Tc)

Fórmula del método racional modificado (MTC, 2018)

$$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde: L= Longitud del cauce mayor (km) 24.24 Km
So= Pendiente promedio del cauce mayor (m/m) 0.028 m/m

Tc= 6.68 horas
Tc= 400.99 minutos

Fórmula de KIRPICH

$$Tc = 0,020 * L^{0,75} * S^{-0,40}$$

Donde: L = Longitud del curso mayor en metros = 24,244.03 m 24.244
S = Pendiente = H/L = 7.01 % 0.070
H = Diferencia entre altitud máxima y mínima = 1,700 m

Tc= 112.50 minutos
Tc= 1.87 horas 2.138

Fórmula de GIANDOTTI

$$Tc = (4 * S^{1/2} + 1,5 * L / (0,8 * H^{1/2}))$$

Donde: S = Superficie de la cuenca en Km² = 295.56 Km²
L = Longitud del Río Principal en Km = 24.24 Km
H = Altitud Media en metros, descontando la cota de origen de la cuenca sobre el punto en estudio = 699.88 m

Tc= 4.97 horas
Tc= 298.05 minutos

Fórmula de TEMEZ

$$Tc = 0,3 * (L/n^{1/4})^{0,75}$$

Donde: L = Longitud del cauce principal en Km = 24.24 Km
n = Pendiente media del curso principal = 2.78 %



PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
SUBCUENCA DEL RÍO CHOTANO

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



Tc= 6.42 horas
Tc= 384.94 minutos

2.12. Coeficiente orográfico (Co)

$$C_o = \frac{H^2}{A}$$

H= Altitud media del relieve
A= área de la cuenca

2.85 km
295.56 km²

Co= 0.0275

2.13. Relación de confluencias (Rc)

$$R_c = \frac{n_i}{n_{i+1}}$$

n_i= Número total de cauces de orden i
n_{i+1}= Número total de cauces de orden i+1

Orden	Número de cauces	Rc parciales
1	320	2.065
2	155	1.649
4	94	4.273
5	22	0.667
6	33	

Rc promedio= 2.163

2.14. Relación de longitudes (Rl)

$$R_l = \frac{L_i}{L_{i-1}}$$

L_i= Longitud promedio de todos los cauces de orden i
L_{i-1}= Longitud promedio de todos los cauces de orden i-1

Orden	Longitud de cauces (km)	Rc parciales
1	269.60	0.423
2	113.97	0.573
3	65.29	0.201
4	13.09	1.114
5	14.58	0.202
6	2.95	

Rl promedio= 0.502

2.15 Factor de forma (F)

$$F = \frac{A}{L^2}$$

A= Área de la cuenca
L= Longitud de máximo recorrido

295.564662 km²
24.24 Km

F= 0.503



PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
SUBCUENCA DEL RÍO CHOTANO

RESPONSABLE: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

SUBCUENCA: CHOTANO

UBICACIÓN: Distrito: LAJAS
Provincia: CHOTA
Región: CAJAMARCA

PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 750210.08 m E
Norte: 9274230.63 m S



2.1.7. Resumen de resultados

Parámetro geomorfológico	Valor	
Área (km ²)	295.56	
Perímetro (km)	81.89	
Coefficiente de compacidad	1.334	
Altitud media (msnm)	2,849.88	
Pendiente de la cuenca (%)	8.50%	
Número de orden	6	
Longitud de la red hídrica (km)	479.47	
Longitud del máximo recorrido (km)	24.24 Km	
Pendiente del cauce principal (%)	2.78	0.0278
Tiempo de concentración (minutos)	384.94	

Anexo E. Cálculo de intensidades máximas

PRECIPITACIONES

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA****EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023****ESTACIÓN: CHOTANO LAJAS****Ubicación Política:**

Región : Cajamarca
Distrito : Lajas
Periodo : 1986-2023
Provincia : Chota

Ubicación Geográfica:

Latitud: 6° 33' 43.77"
Longitud: 78° 44' 19.87"
Altitud : 2163 msnm

Precipitación Máxima en 24 Horas (mm).

Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1	1986	S/D	27.4	15.4	38	23.3	1.8	1.8	12.4	8.6	20.2	30	29.1	38
2	1987	29.6	26	9.9	17.5	4.5	1.2	14.4	15.7	34	17.5	29	16.1	34
3	1988	28.6	24.4	21.2	31.2	23.8	21.3	4.4	12.5	18	10.5	20.5	24	31.2
4	1989	32.8	51.5	82.1	25.3	17	25.5	10.2	31.7	35.7	44	33.3	4.5	82.1
5	1990	24.5	14	9.2	18.8	22.2	5.2	3.2	10.7	1.7	43.3	16.9	10.2	43.3
6	1991	3	31.1	22.7	33.9	4.5	3.2	17.6	S/D	13.2	10.9	12.8	23.1	33.9
7	1992	14.3	32.2	18.7	37.8	13	11.8	14.6	6.5	28.1	26.2	14.5	7.7	37.8
8	1993	17.1	S/D	20.9	13	14.2	6.8	5.2	S/D	18.1	25.2	19.2	25.8	25.8
9	1994	20.3	23.3	26.6	19.3	16	13.8	2.4	S/D	31.8	7.9	22	17.6	31.8
10	1995	6.5	21.6	38.1	21.2	15.2	3	19.3	20.7	15.2	20.2	9.1	17.5	38.1
11	1996	19.3	22.7	20.5	17.9	10	15	2.1	10.4	21.7	31.1	17.5	5.8	31.1
12	1997	10.7	28.6	23	25.5	6.1	10.7	0.4	0.3	6.6	14.5	14.2	48.3	48.3
13	1998	28.1	28.6	36.8	63.4	28.2	0.3	5.1	16.6	18.5	29.1	19.2	69.1	69.1
14	1999	32	32.4	37.2	15	7.8	41.4	9	8.1	27.7	53.3	16.7	19.2	53.3
15	2000	18.7	18.6	17	35.4	24.5	27.5	0.9	13	7.7	3.3	9	29.1	35.4
16	2001	22.7	11.8	36.5	42.5	27.1	1.7	6.9	S/D	20	21	15	16.5	42.5
17	2002	20.9	35.5	26.6	24.2	24	1.9	3	1.3	11.7	24.3	24.2	39.5	39.5
18	2003	32.5	27.9	26	32.6	9.6	29.1	4.5	4.3	17.5	18.6	21.1	27.4	32.6
19	2004	26.2	18	27	17.6	43.3	0.8	14.7	1.2	29	18.8	27.7	19.3	43.3
20	2005	7.5	22.1	37.5	25	4	13.6	1.4	5.2	28.5	22.2	29.6	15.8	37.5
21	2006	29.6	36.2	42.4	30.3	1.2	9.2	13.6	10.1	37.1	18.4	32.4	26.7	42.4
22	2007	25.3	11.2	S/D	34.4	25.2	S/D	4.7	12.2	12.3	41.2	32.7	12.9	41.2
23	2008	49	35	20.4	11.8	12.7	10.8	2.6	17.6	35.5	43.4	26.2	8.2	49
24	2009	24	20.1	43.9	29.9	23.2	15.6	1.4	4.1	36.2	26.4	54.1	27.2	54.1
25	2010	15.1	57.7	34.2	33.5	13.5	10.3	16.9	12.4	19.4	20	8.6	13.1	57.7
26	2011	12.3	20.2	19.8	14.3	19.5	0.8	8.2	3.4	17.8	11.8	11.6	28.8	28.8
27	2012	26.7	48.5	36.4	47.6	18.9	0.6	4.8	0.6	15.8	23.1	31.4	35.7	48.5
28	2013	50.4	14.6	25.7	18.4	36.1	5.9	18.8	17.6	6	17.8	5.7	10.3	50.4
29	2014	16.6	22.1	24.1	16.8	34.6	3.1	8.7	11.9	11.1	17.7	40	16.5	40
30	2015	35	18	31.4	19	30.8	16.7	3.2	2.5	3.5	41.1	37.4	19.7	41.1
31	2016	20.3	32.4	37.5	31.5	19.6	29.4	S/D	S/D	26.7	15.8	16.8	17	37.5
32	2017	29.2	18.7	41.8	22.2	23.3	25.4	S/D	33.4	14	24.4	32	18	41.8
33	2018	34.4	40	20	38	19.5	5.8	S/D	S/D	32	35.7	46.5	12.4	46.5
34	2019	16.7	41.1	18.9	48.8	41.9	5.1	6.5	S/D	16.4	21.8	16	27	48.8
35	2020	6.7	25.5	23.6	44	18.1	21.4	27.9	5.5	21.9	34.5	34.8	59.5	59.5
36	2021	25.3	41.9	40.9	25.6	24.8	26.2	5.1	16.5	7.1	57.7	52.2	23.7	57.7



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



ESTACIÓN: CHOTANO LAJAS

Ubicación Política:

Región : Cajamarca

Distrito : Lajas

Periodo : 1986-2023

Provincia : Chota

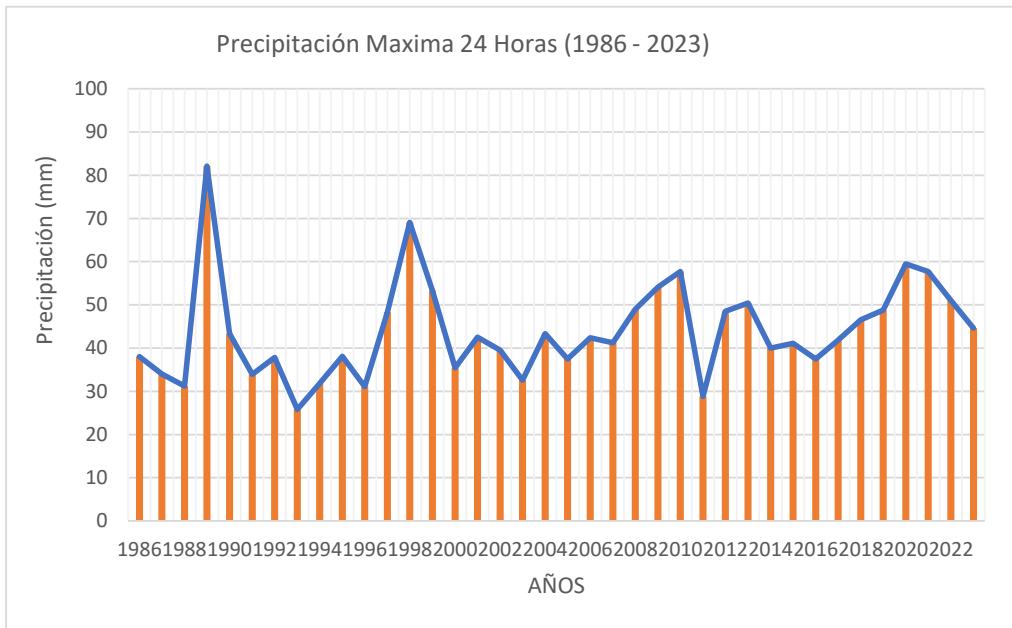
Ubicación Geográfica:

Latitud: 6° 33' 43.77"

Longitud: 78° 44' 19.87"

Altitud : 2163 msnm

37	2022	16	34.6	51	18	25.7	13.8	13.7	22.4	13.4	12.2	7.8	47.2	51
38	2023	25.3	18	23.8	41.9	14	25.4	11.3	6.9	7.9	21.4	44.6	33	44.6



Año	Precipitación Histórica máx 24h	Log
1986	38.00	1.58
1987	34.00	1.53
1988	31.20	1.49
1989	82.10	1.91
1990	43.30	1.64
1991	33.90	1.53
1992	37.80	1.58
1993	25.80	1.41
1994	31.80	1.50
1995	38.10	1.58
1996	31.10	1.49
1997	48.30	1.68
1998	69.10	1.84
1999	53.30	1.73
2000	35.40	1.55
2001	42.50	1.63
2002	39.50	1.60
2003	32.60	1.51
2004	43.30	1.64
2005	37.50	1.57
2006	42.40	1.63
2007	41.20	1.61
2008	49.00	1.69
2009	54.10	1.73
2010	57.70	1.76
2011	28.80	1.46
2012	48.50	1.69
2013	50.40	1.70
2014	40.00	1.60
2015	41.10	1.61
2016	37.50	1.57
2017	41.80	1.62
2018	46.50	1.67
2019	48.80	1.69
2020	59.50	1.77
2021	57.70	1.76
2022	51.00	1.71
2023	44.60	1.65

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	38	38
Sumatoria	1669.20	61.93
Valor Máximo	82.10	1.91
Valor Mínimo	25.80	1.41
Media:	43.93	1.63
Varianza:	125.61	0.01
Desviación Estándar:	11.36	0.11
Coefficiente Variación:	0.259	0.065
Coefficiente de Curtosis:	2.41	0.41

PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)

$$n = 38.00$$

$$K_n = -3.62201 + 6.28446n^{1/4} - 2.49835n^{1/2} + 0.491436n^{3/4} - 0.037911n$$

$$K_n = 2.661$$

K_n: Valor recomendado, varía según el valor de n
(significancia:5%)

Umbral de datos dudosos **altos (x_H: unidad. Logarítmicas)**

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot S \quad \text{xH= 1.91}$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{x_H} \quad \text{PH= 81.46 mm}$$

EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos **bajos (x_L: unidad. Logarítmicas)**

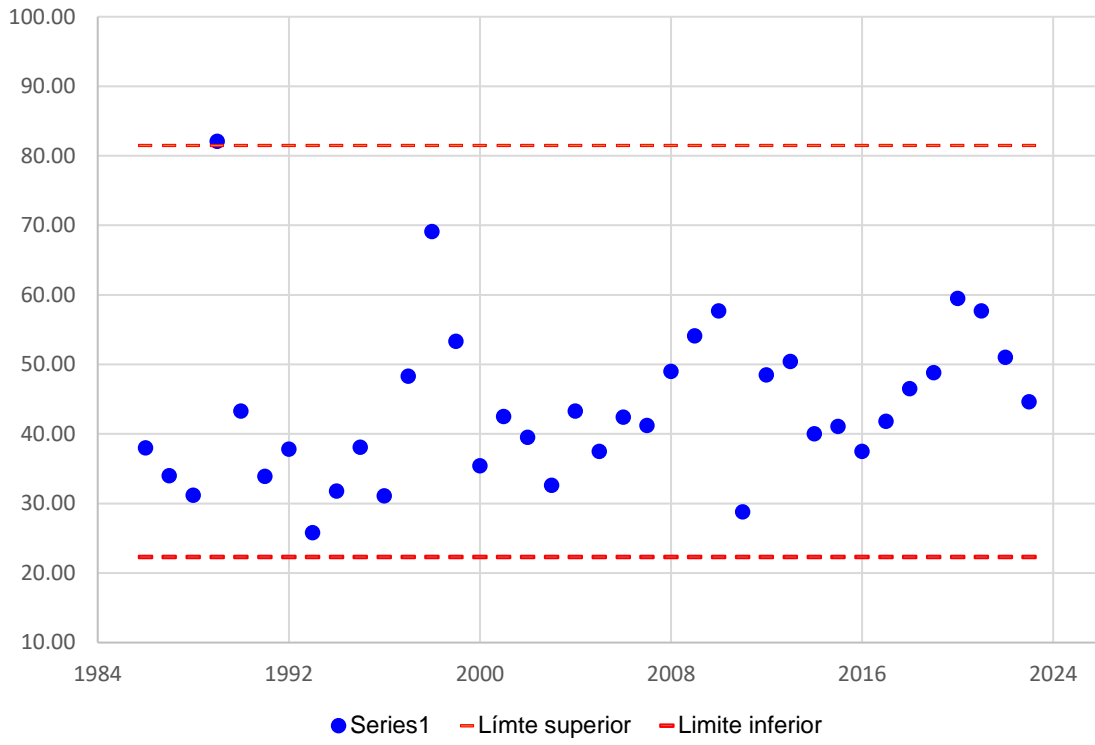
$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot S \quad \text{xL= 1.35}$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{x_L} \quad \text{PL= 22.32 mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

REMOCIÓN DE OUTLIERS



Dato atípico

1989

82.1

ESTA FORMULA ES DE UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 5%

Número de registros	38
Precipitación media	43.93
Precipitación máx	82.10
Precipitación mínima	25.80
Desviación estándar de la muestra	11.36
Media de logaritmos de registros	1.63
Desviación estándar de logaritmos de registros	0.11
Coficiente al nivel de significación de 5% (Kn)	2.6612
Logaritmo del límite superior	1.911
Logaritmo de límite inferior	1.35
Limite superior	81.46
Límite inferior	22.321

Verificar
Ok

2.1.4 PRUEBA DE OUTLIERS O DATOS DUDOSOS

Los datos dudosos (Outliers) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante². Estos pueden darse debido a errores en la toma del registro o en la recolección de datos causan dificultad al momento de ajustar una distribución a los datos.

Las siguientes ecuaciones de frecuencia pueden utilizarse para detectar datos dudosos altos y bajos:

$$y_H = \bar{y} + K_n * s_y \quad (2.1.4.1)$$

$$y_L = \bar{y} - K_n * s_y \quad (2.1.4.2)$$

Donde y_H es el umbral de dato dudoso alto, y_L es el umbral de dato dudoso bajo y K_n es tal como se muestra en la tabla 1 para un tamaño de muestra n .

$$y_H = \bar{y} + K_n * \sigma \quad y_L = \bar{y} - K_n * \sigma$$

Año	Precipitación Histórica máx 24h	Log
1986	38.00	1.58
1987	34.00	1.53
1988	31.20	1.49
1990	43.30	1.64
1991	33.90	1.53
1992	37.80	1.58
1993	25.80	1.41
1994	31.80	1.50
1995	38.10	1.58
1996	31.10	1.49
1997	48.30	1.68
1998	69.10	1.84
1999	53.30	1.73
2000	35.40	1.55
2001	42.50	1.63
2002	39.50	1.60
2003	32.60	1.51
2004	43.30	1.64
2005	37.50	1.57
2006	42.40	1.63
2007	41.20	1.61
2008	49.00	1.69
2009	54.10	1.73
2010	57.70	1.76
2011	28.80	1.46
2012	48.50	1.69
2013	50.40	1.70
2014	40.00	1.60
2015	41.10	1.61
2016	37.50	1.57
2017	41.80	1.62
2018	46.50	1.67
2019	48.80	1.69
2020	59.50	1.77
2021	57.70	1.76
2022	51.00	1.71
2023	44.60	1.65

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	37	37
Sumatoria	1587.10	60.02
Valor Máximo	69.10	1.84
Valor Mínimo	25.80	1.41
Media:	42.89	1.62
Varianza:	88.55	0.01
Desviación Estándar:	9.54	0.10
Coefficiente Variación:	0.222	0.059
Coefficiente de Curtosis:	0.27	-0.25

PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)

$$n = 37.00$$

$$K_n = -3.62201 + 6.28446n^{1/4} - 2.49835n^{1/2} + 0.491436n^{3/4} - 0.037911n$$

$$K_n = 2.650$$

K_n: Valor recomendado, varía según el valor de n
(significancia:5%)

Umbral de datos dudosos **altos (x_H: unidad. Logaritmicas)**

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot S \quad x_H = 1.88$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{x_H} \quad PH = 75.13 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos **bajos (x_L: unidad. Logaritmicas)**

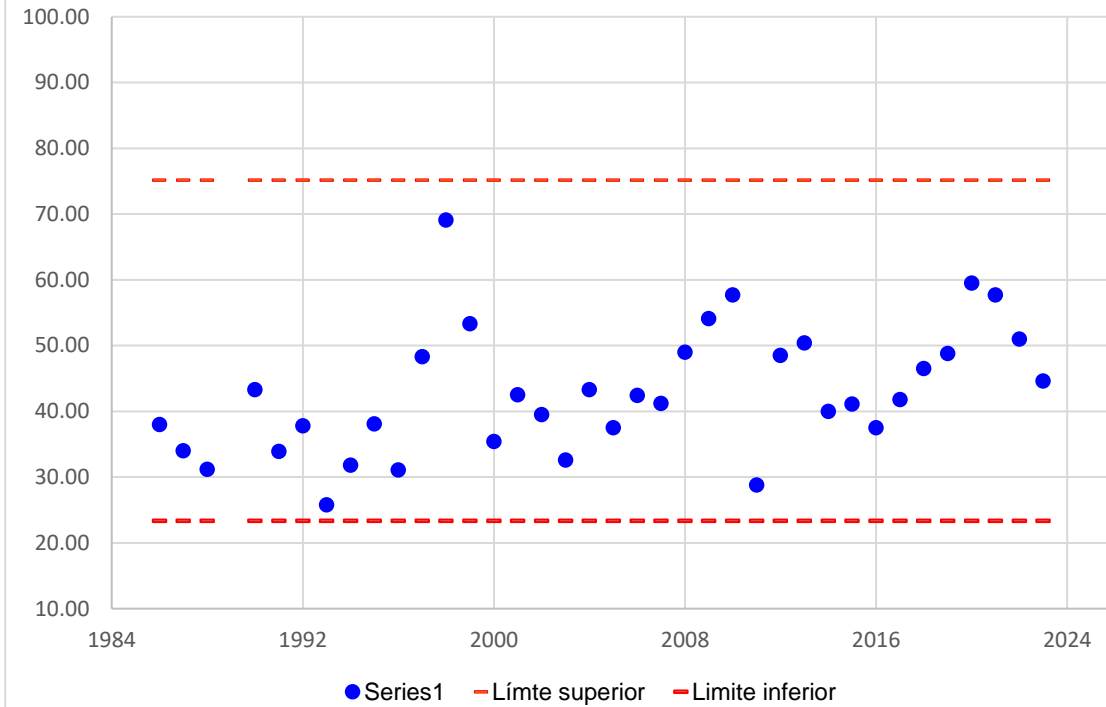
$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot S \quad x_L = 1.37$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{x_L} \quad PL = 23.36 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

REMOCIÓN DE OUTLIERS



ESTA FORMULA ES DE UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 5%

Número de registros	37
Precipitación media	42.89
Precipitación máx	69.10
Precipitación mínima	25.80
Desviación estándar de la muestra	9.54
Media de logaritmos de registros	1.62
Desviación estándar de logaritmos de registros	0.10
Coficiente al nivel de significación de 5% (Kn)	2.6505
Logaritmo del límite superior	1.876
Logaritmo de límite inferior	1.37

Límite superior	75.13	Ok
Límite inferior	23.360	Ok

CORRECCIÓN DE PRECIPITACIÓN
Precipitación máxima de 24 horas (mm)

Factor corrección : 1.13

	Año	Precipitación Histórica máx 24h	Pmáx 24 horas corregido
1	1986	38.00	42.94
2	1987	34.00	38.42
3	1988	31.20	35.26
4	1990	43.30	48.93
5	1991	33.90	38.31
6	1992	37.80	42.71
7	1993	25.80	29.15
8	1994	31.80	35.93
9	1995	38.10	43.05
10	1996	31.10	35.14
11	1997	48.30	54.58
12	1998	69.10	78.08
13	1999	53.30	60.23
14	2000	35.40	40.00
15	2001	42.50	48.03
16	2002	39.50	44.64
17	2003	32.60	36.84
18	2004	43.30	48.93
19	2005	37.50	42.38
20	2006	42.40	47.91
21	2007	41.20	46.56
22	2008	49.00	55.37
23	2009	54.10	61.13
24	2010	57.70	65.20
25	2011	28.80	32.54
26	2012	48.50	54.81
27	2013	50.40	56.95
28	2014	40.00	45.20
29	2015	41.10	46.44
30	2016	37.50	42.38
31	2017	41.80	47.23
32	2018	46.50	52.55
33	2019	48.80	55.14
34	2020	59.50	67.24
35	2021	57.70	65.20
36	2022	51.00	57.63
37	2023	44.60	50.40

GUMBEL

Analisis de frecuencia a un nivel de confianza de 5%

Estación: Chota		
Periodo de retorno T (años)	Propabilidad de excedencia q	Precipitación correspondiente XT (mm)
2	0.500	47.43
5	0.200	57.10
10	0.100	62.78
20	0.050	67.80
30	0.033	70.53
50	0.020	73.81
80	0.013	76.70
100	0.010	78.03
140	0.007	80.00
175	0.006	81.28
200	0.005	82.03
500	0.005	87.04



Conversión de Precipitación Máximas En 24h a Intensidades

Método de Dyck y Peschke

a) Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno.

RESUMEN P. (mm)/24h		
N°	T(años)	Gamma G. 3Parametros
1	2	47.43
2	5	57.10
3	10	62.78
4	20	67.80
5	30	70.53
6	50	73.81
7	80	76.70
8	100	78.03
9	140	80.00
10	175	81.28

B) Utilizando la formula de Dyck y Peschke

Cálculo de las intensidades máximas

Calcular la ecuación de Imáx a partir de datos máx diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y...

Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N*	X
1	47.43
2	57.1
3	62.78
4	67.8
5	70.53
6	73.81
7	76.7
8	78.03
9	80.0
10	81.28
[>]	

Calcular Imáx de diseño:

Período de retorno (T): años

Duración (D): min

Imáx: mm/hr

Resultados y gráfico Imax-D-T

P24h	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min	
47.43	16.28	18.02	21.43	25.48	28.20	30.31	A
57.1	19.60	21.69	25.80	30.68	33.95	36.48	
62.78	21.55	23.85	28.36	33.73	37.33	40.11	
67.8	23.28	25.76	30.63	36.43	40.31	43.32	
70.53	24.21	26.80	31.87	37.89	41.94	45.06	
73.81	25.34	28.04	33.35	39.66	43.89	47.16	

Año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min	
1	48.85	36.04	21.43	12.74	9.40	7.58	B
2	58.81	43.39	25.80	15.34	11.32	9.12	
3	64.66	47.70	28.36	16.87	12.44	10.03	
4	69.83	51.52	30.63	18.21	13.44	10.83	
5	72.64	53.59	31.87	18.95	13.98	11.27	
6	76.02	56.08	33.35	19.83	14.63	11.79	

T año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min	
11.00	83.71	61.76	36.72	21.84	16.11	12.98	C
5.50	82.39	60.79	36.14	21.49	15.86	12.78	
3.67	80.36	59.29	35.25	20.96	15.47	12.46	
2.75	78.99	58.28	34.65	20.60	15.20	12.25	
2.20	76.02	56.08	33.35	19.83	14.63	11.79	
1.83	72.64	53.59	31.87	18.95	13.98	11.27	

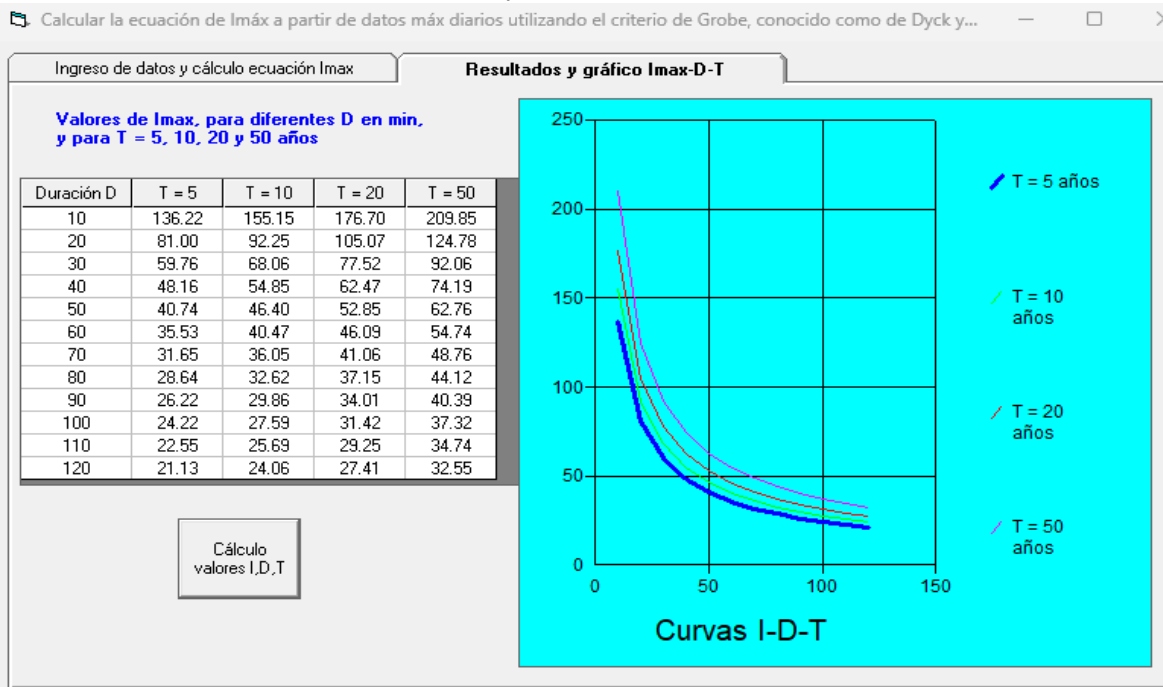
Ecuación				R	R^2	Se
Imáx = 566.3226 * T^(0.1877) * D^(-0.7500)				0.9903	0.9807	3.6997

Ajuste:

- A.- Cada precipitación máxima en 24 horas su duración en minutos (20, 30, 60, 120, 180, 240) min.
- B.- Representa las intensidades máximas obtenidas cada (20, 30, 60, 120, 180, 240) min.
- C.- Intensidades máximas ordenadas de mayor a menor.

D) Graficando las IDF

Las curvas de Intensidad – Duración -Tiempo



Intensidades máximas en función de la duración en minuto y también en función del periodo de retorno.

C) Intensidades Máximas para Diferentes Tiempos de Retorno.

Se trabajara con la ecuacion calculada en el Programa Hidroesta 2.

$$I = \frac{566.3226 \times T^{0.1877}}{D^{0.7500}}$$

Donde:

T = Periodo de retorno.

D = Duracion en "min"

Tiempo de concentracion (Tc), es igual a duracion (D):

D = 10.00 min 15.00 min 20.00 min

TR (AÑOS)	Imax (mm/hr)		
TR(años)	10.00 min	15.00 min	20.00 min
2	114.70	180.96	158.87
5	136.23	186.89	159.83
10	155.15	191.51	160.57
20	176.71	196.25	161.31
30	190.69	199.07	161.74
50	209.87	202.69	162.29
80	229.23	206.07	162.79
100	239.04	207.70	163.03
140	254.62	210.18	163.40
175	265.51	211.83	163.64

D) Coeficiente de escorrentía.

Tabla 1.b
Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas.
Para 5 y 10 años de periodo de retorno

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Calles	
Pavimento asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimento de adoquines	0,70 a 0,85
Veredas	0,70 a 0,85
Techos y azoteas	0,75 a 0,95

Fuente: (CE.040, 2021).

C_{pro} = **C** **0.80**

CAUDAL MÁXIMO PARA DIFERENTES PERIODO DE RETORNO.

Utilizaremos la fórmula:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

donde:

Tr = 10 años

Tc = 11 minutos

Q = caudal en m³/seg.

C = coeficiente de escorrentía **0.80**

A = Área de la cuenca (Km²) **0.05** Km²

I = Intensidad Máxima (mm/hora) **155.15** mm/hora

Q = 1.72 m³/seg

Caudales para diferentes tiempos de retorno..

Tr	Q (m3/s)
10	1.72

Anexo F. Cálculo de caudales máximos

TRAMO 1



Análisis de escorrentía superficial existente

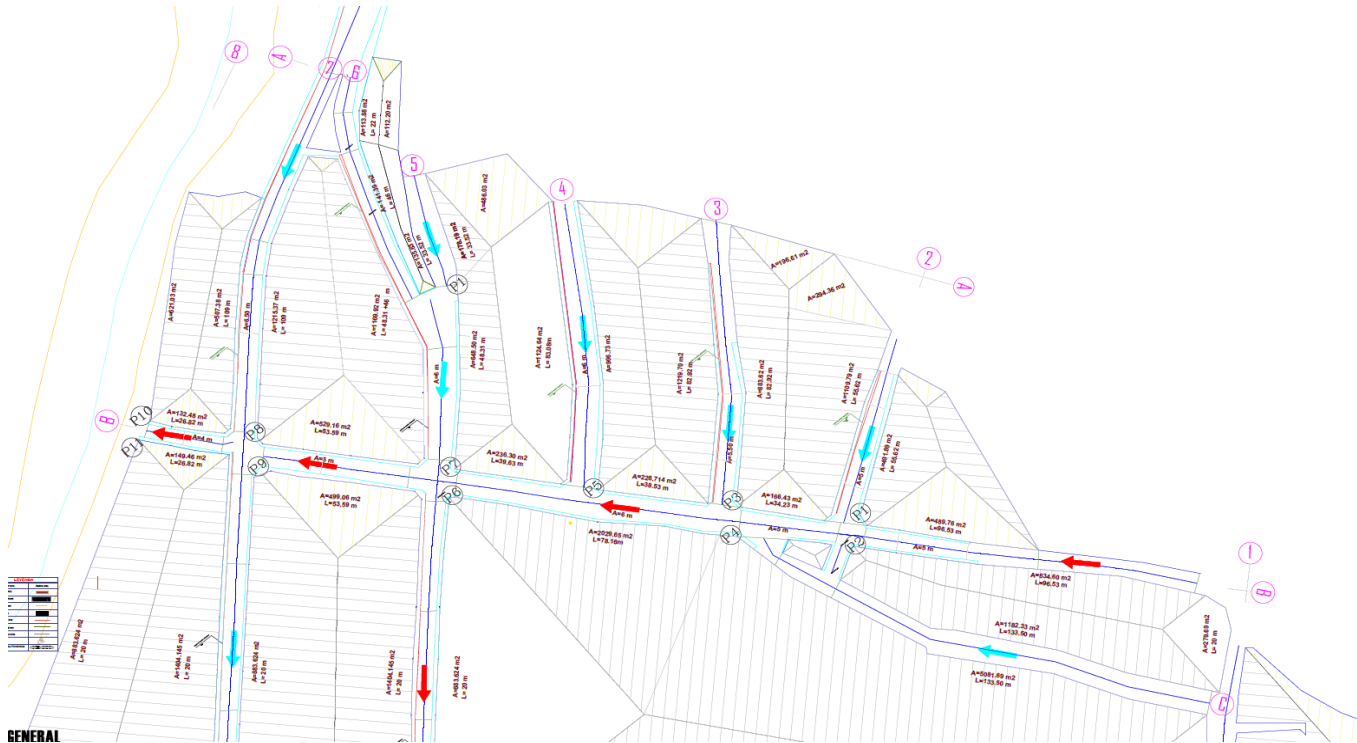


Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
B-1	2178.62
C-1	2177.2
A-2	2167.94
B-2	2162.39
A-3	2168.08
B-3	2159.21
C-3	2160.43
A-4	2164.36
B-4	2155.31
A-5	2157.99
B-5	2152.57
A-7	2155.05
B-7	2148.27
B-8	2144.9

Tabla 2: Ubicación de puntos de control

Punto	1 y 2	3 y 4	5	7 y 6	8 y 9	10 y 11
Eje	B-2	B-3	B-4	B-5	B-7	B-8

Tabla 2:: Diferencia de alturas

Punto	1 y 2	3 y 4	5	7 y 6	8 y 9	10 y 11
Longitud	16.23	3.18	3.9	2.74	4.3	3.37

Tabla 3: Longitud puntos de control

Punto	Longitud
1 y 2	96.53
3 y 4	34.23
5	38.53
7 y 6	39.63
8 y 9	53.59
10 y 11	26.82



Análisis de escorrentía superficial existente

A) Intensidades Máximas Diferentes Tiempos de Retorno.

La ecuacion calculada en el Programa Hidroesta 2.

I = 566.3226 * T^0.1877 / D^0.7500

Donde: D = Duracion en "min"

T = Periodo de retorno.

D = Duracion en "min"

Tiempo de concentracion (Tc), es igual a duracion (D):

D = 10.0 min 15.00 min 20.0 min

Table with 4 columns: TR (AÑOS), Imax (mm/hr), 10.0 min, 15.00 min, 20.0 min. Rows for TR values 2, 5, 10, 20.

Observacion.

Para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto, Multiplicar Tc por 0.4.

B) Coeficiente de escorrentía.

Tabla 1.b Coeficientes de escorrentia promedio para áreas urbanas. Para 5 y 10 años de periodo de retorno

Table with 2 columns: CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE, COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA. Rows for Calles (Pavimento asfáltico, Pavimento de concreto, Pavimento de adoquines), Veredas, and Techos y azoteas.

Fuente: (CE.040, 2021). C = 0.80

C.- Cálculo del Tiempo de Concentración (Tc), Según Kirpich

Tiempo de Concentración (Tc)

Tc = 0.01947 * L^0.77 * S^-0.385

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida. m

S = Pendiente promedio de la cuenca m/m

tc = Tiempo de concentracion en minutos min



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Análisis de escorrentía superficial existente

Áreas contribuyentes

Método Racional

$$Q = C * I * A$$

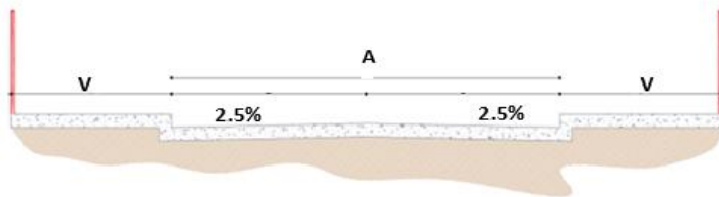
Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvia			Coeficient	Area				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C		A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q. diseño (m3/s)
P-1	96.53	16.23	1.31	0.052	10	10	430.97	0.85	489.76	241.325	731.085	0.07	26.78	26.78	0.0268	
P-2	96.53	16.23	1.31	0.052	10	10	430.97	0.85	834.60	241.325	1075.925	0.11	39.41	39.41	0.0394	
P-1 - P-2														66.20	0.0662	
P-3	34.23	3.18	0.74	0.030	10	10	430.97	0.85	1768.11	363.675	2131.785	0.21	78.09	78.09	0.0781	
P-4	34.23	3.18	0.74	0.030	10	10	430.97	0.85	6264.02	753.075	7017.095	0.70	257.05	257.05	0.2571	
P-3	130.76	19.41	1.73	0.069	10	10	430.97	0.85	2257.87	605	2862.87	0.29	104.87	104.87	0.1049	
P-4	130.76	19.41	1.73	0.069	10	10	430.97	0.85	7098.62	994.4	8093.02	0.81	296.47	296.47	0.2965	
P-3 - P-4														401.34	0.401	
P-5	38.53	3.9	0.78	0.031	10	10	430.97	0.85	2332.03	530.19	2862.22	0.29	104.85	104.85	0.1049	
P-5	169.29	23.31	2.18	0.087	10	10	430.97	0.85	4589.9	1135.19	5725.09	0.57	209.73	209.73	0.2097	
P5														209.73	0.210	
P-7	39.63	2.74	0.93	0.037	10	10	430.97	0.85	2267.49	617.37	2884.86	0.29	105.68	105.68	0.1057	
P-6	78.16	6.64	1.45	0.058	10	10	430.97	0.85	2029.65	234.48	2264.13	0.23	82.94	82.94	0.0829	
P-7	208.92	26.05	2.66	0.106	10	10	430.97	0.85	6857.39	1752.56	8609.95	0.86	315.41	315.41	0.3154	
P-6	208.92	26.05	2.66	0.106	10	10	430.97	0.85	9128.27	1228.88	10357.15	1.04	379.41	379.41	0.3794	
P-7 - P-6														694.81	0.695	
P-8	53.59	4.3	1.10	0.044	10	10	430.97	0.85	2661.4	689.19	3350.59	0.34	122.74	122.74	0.1227	
P-9	53.59	4.3	1.10	0.044	10	10	430.97	0.85	499.06	160.77	659.83	0.07	24.17	24.17	0.0242	
P-8	359.04	30.35	4.68	0.187	10	10	430.97	0.85	9518.79	2441.75	11960.54	1.20	438.15	438.15	0.4381	
P-9	262.51	30.35	3.26	0.130	10	10	430.97	0.85	5131.42	1389.65	6521.07	0.65	238.88	238.88	0.2389	
P-8 - P-9														677.03	0.677	
P-10	26.82	3.37	0.55	0.022	10	10	430.97	0.85	1869.11	707.64	2576.75	0.26	94.39	94.39	0.0944	
P-11	26.82	3.37	0.55	0.022	10	10	430.97	0.85	149.46	53.64	203.1	0.02	7.44	7.44	0.0074	
P-10	289.33	33.72	3.51	0.140	10	10	430.97	0.85	11387.9	3149.39	14537.29	1.45	532.54	532.54	0.5325	
P-11	289.33	33.72	3.51	0.140	10	10	430.97	0.85	9776.79	1443.29	11220.08	1.12	411.02	411.02	0.4110	
P-10 - P-11														943.56	0.944	



Análisis de escorrentía superficial existente

A) Geometría de la vía

se tiene una vía Pavimeto rígido (n= 0.014) de dos carriles de 6 m de ancho y un ancho de andén de 1.2m, dicha vía cuenta con una pendiente longitudinal de 8% y un bombeo de 2.5%



Ancho mojado

C) Ancho de inundación permisible

Ancho de la vía (m)	Ancho inundación admisible (m)
<6	2
≥ 6 y <7	3
≥ 7 y <9	3,5
≥ 9	4

Si el ancho de inundación sobrepasa el permisible se opta por un sistema de drenaje urbano, en este caso se implementarán sumideros que garanticen el correcto funcionamiento del sistema.

D) Profundidad del agua

La profundidad del flujo del agua junto al andén de calcula con la siguiente expresión:

B) El ancho de inundación de la vía se determina mediante la siguiente expresión:

Donde:

Ku: 0.375

n: Coeficiente Manning pavimento: 0,016

Q: Caudal total de escorrentía (m3/s)

Sx: Pendiente transversal de la vía.

SL: Pendiente longitudinal de la vía.

$$T = \left(\frac{Q * n}{K_u * S_x^{1.67} * S_L^{0.5}} \right)^{0.375}$$



Análisis de escorrentía superficial existente

Geometría de la vía y parámetros hidráulicos

Punto Control	Geometría de la vía						Parámetros hidráulicos			Observ
	Ancho vía	Ancho carril	Pendiente vía	Bombeo vía	Material	n Manning	Ancho mojado	Profundidad del agua		
	(m)	(m)	(%)	(%)	-	-	T	Y1	Y total	
	(m)	(m)	(%)	(%)	-	-	(m)	(m)	(m)	
P-1	5	2.5	0.17	2.5%	Concreto	0.014	1.06	0.03		Sin cuneta
P-2	5	2.5	16.81%	2.5%	Concreto	0.014	1.22	0.03		Sin cuneta
P-1 - P-2										
P-3	5	2.5	9.29%	2.5%	Concreto	0.014	1.76	0.04		Sin cuneta
P-4	5	2.5	9.29%	2.5%	Concreto	0.014	2.75	0.07		Con cuneta
P-3	5	2.5	14.84%	2.5%	Concreto	0.014	1.80	0.05		Sin cuneta
P-4	5	2.5	14.84%	2.5%	Concreto	0.014	2.66	0.07		Con cuneta
P-3 - P-4										
P-5	6	3	10.12%	2.5%	Concreto	0.016	2.04	0.05		Sin cuneta
P-5	6	3	13.77%	2.5%	Concreto	0.016	2.49	0.06		Sin cuneta
P-5										
P-7	6	3	6.91%	2.5%	Concreto	0.014	2.09	0.05		Sin cuneta
P-6	6	3	8.50%	2.5%	Concreto	0.014	1.83	0.05		Sin cuneta
P-7	6	3	12.47%	2.5%	Concreto	0.014	2.81	0.07		Sin cuneta



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Análisis de escorrentía superficial aportanes

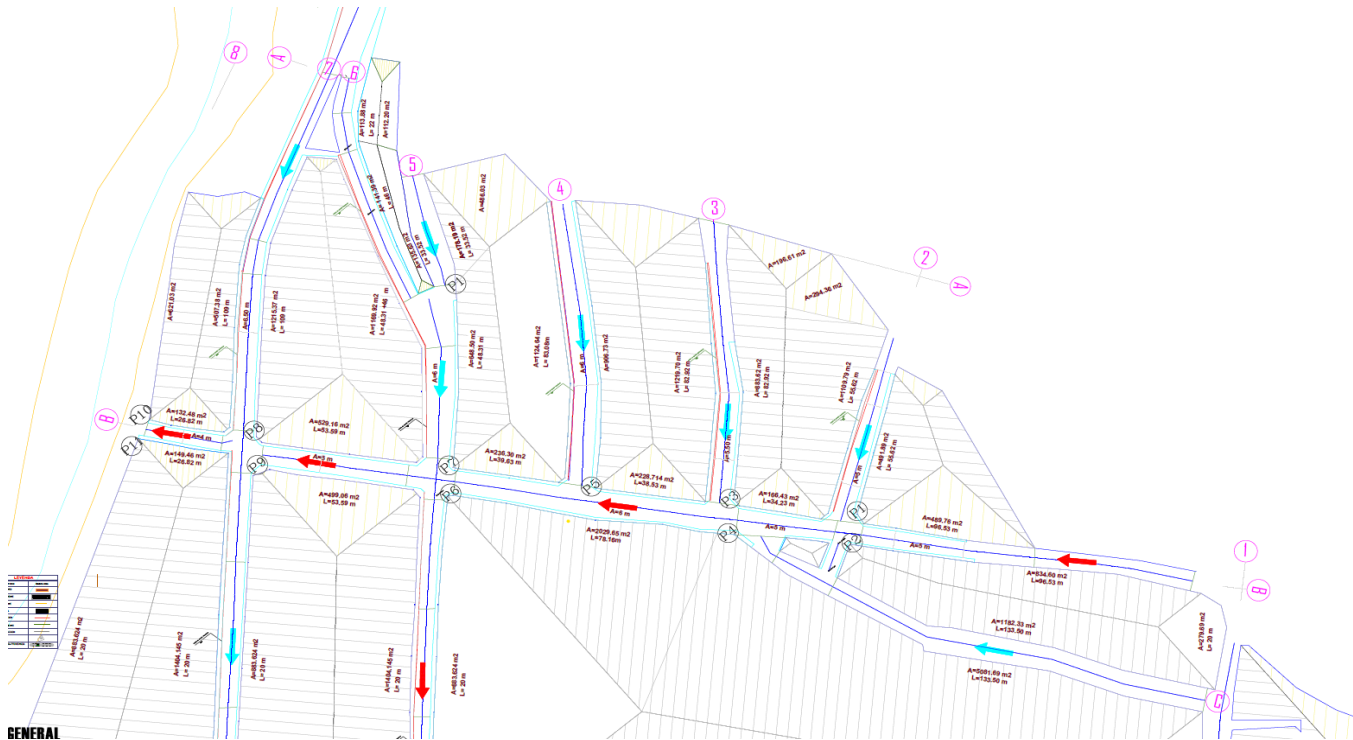


Tabla 2:: Diferencia de alturas

Ejes	2	3	4	5	7	C
Δh	5.55	8.87	9.05	5.42	6.78	16.77

Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
B-1	2178.62
C-1	2177.2
A-2	2167.94
B-2	2162.39
A-3	2168.08
B-3	2159.21
C-3	2160.43
A-4	2164.36
B-4	2155.31
A-5	2157.99
B-5	2152.57
A-7	2155.05
B-7	2148.27
B-8	2144.9

Tabla 3: Longitud puntos de control

Ejes	Longitud m
2	55.62
3	82.92
4	83.08
5	81.83
7	109
C	133.5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Método Racional

Calles en dirección del flujo	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias		Coeficiente	Area				Caudal		
	Long	Δh	Tc	0.4*Tc	Tc>10	Tr	I		A. cubierta	A. vía	A. Total	A. Total	Q. propio	Q. diseño	Q.diseño
	(m)	(m)	(min)	(min)	(min)	(años)	(l/s -ha)	-	(m2)	(m2)	(m2)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(m3/s)
JR. Jose Olaya	55.62	5.55	1	0.042	10	10	430.97	0.85	489.89	139	628.94	0.06	23.04	23.04	0.0230
JR. Jose Olaya	55.62	5.55	1.05	0.042	10	10	430.97	0.85	1109.79	139	1248.8	0.12	45.75	45.75	0.0457
L-IZ ; L-D _Eje -2														68.79	0.0688
JR. Ricardo Palma	82.92	8.87	1.38	0.055	10	10	430.97	0.85	883.62	207	1090.9	0.11	39.96	39.96	0.0400
JR. Ricardo Palma	82.92	8.87	1.38	0.055	10	10	430.97	0.85	1219.70	207	1427	0.14	52.27	52.27	0.0523
L-IZ ; L-D _Eje -3														92.24	0.0922
JR. Tupac Amaru	83.08	9.05	1.38	0.055	10	10	430.97	0.85	906.73	249	1156	0.12	42.35	42.35	0.0423
JR. Tupac Amaru	83.08	9.05	1.38	0.055	10	10	430.97	0.85	1124.64	249	1373.9	0.14	50.33	50.33	0.0503
L-IZ ; L-D _Eje -4														92.68	0.0927
JR. Jose Galvez	81.83	5.42	1.65	0.066	10	10	430.97	0.85	826.69	245	1072.2	0.11	39.28	39.28	0.0393
JR. Jose Galvez	81.83	5.42	1.65	0.066	10	10	430.97	0.85	1169.92	245	1415.4	0.14	51.85	51.85	0.0519
L-IZ ; L-D _Eje -5														91.13	0.0911
JR. Rosendo Mend.	109	6.78	2.10	0.084	10	10	430.97	0.85	1215.37	327	1542.4	0.15	56.50	56.50	0.0565
JR. Rosendo Mend.	109	6.78	2.10	0.084	10	10	430.97	0.85	507.38	327	834.38	0.08	30.57	30.57	0.0306
L-IZ ; L-D _Eje -7														87.07	0.0871
Calle S/N.	133.5	16.8	1.88	0.075	10	10	430.97	0.85	1182.33	401	1582.8	0.16	57.98	57.98	0.0580
Calle S/N.	133.5	16.8	1.88	0.075	10	10	430.97	0.85	5081.69	401	5482.2	0.55	200.83	200.83	0.2008
L-IZ ; L-D _Eje -C														258.81	0.2588

TRAMO 2



Análisis de escorrentía superficial existente

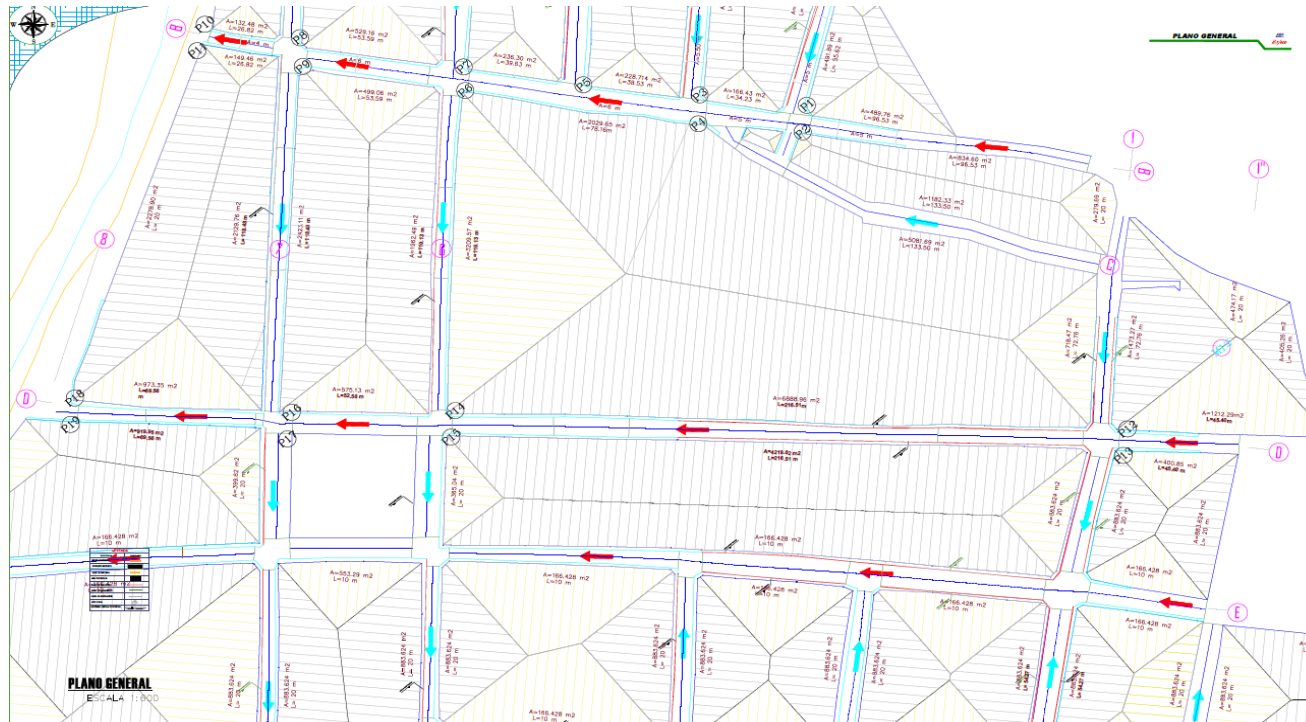


Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
D-1"	2180.6
B-1	2179.4
D-1	2174.68
B-6	2152.39
D-6	2150.41
B-7	2148.27
D-7	2147.02
D-8	2144.9

Tabla 2: Ubicación de puntos de control

Punto	12 y 13	14 y 15	16 y 17	18 y 19
Eje	D-1	D-6	D-7	D-8

Tabla 2:: Diferencia de alturas

Punto	12 y 13	14 y 15	16 y 17	18 y 19
Longitud	5.92	24.27	3.39	2.12

Tabla 3: Longitud puntos de control

Punto	Longitud
12 y 13	45.5
14 y 15	216.51
16 y 17	52.58
18 y 19	69.56



Análisis de escorrentía superficial existente

Retorno.

La ecuacion calculada en el Programa Hidroesta 2.

I = 566.3226 x T^0.1877

Donde: D^0.7500

T = Periodo de retorno.

D= Duracion en "min"

Tiempo de concentracion (Tc), es igual a duracion (D):

D= 10.0 min 15.00 min 20.0 min

Table with 4 columns: TR (AÑOS), Imax (mm/hr), 10.0 min, 15.00 min, 20.0 min. Rows for TR values 2, 5, 10, 20.

Observacion.

Para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto, Multiplicar Tc por 0.4.

B) Coeficiente de escorrentía.

Tabla 1.b Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas. Para 5 y 10 años de periodo de retorno

Table with 2 columns: CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE, COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA. Rows for Calles, Pavimento asfáltico, Pavimento de concreto, Pavimento de adoquines, Veredas, Techos y azoteas.

Fuente: (CE.040, 2021).

C = 0.80

C.- Cálculo del Tiempo de Concentración (Tc), Según Kirpich

Tiempo de Concentración (Tc)

Tc = 0.01947 * L^0.77 * S^-0.385

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida. m

S = Pendiente promedio de la cuenca m/m

tc= Tiempo de concentracion en minutos min

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

LUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA,
2023

**Análisis de escorrentía superficial existente****Método Racional: Areas contribuyentes**

$$Q = C * I * A$$

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad		Coefici	Area				Caudal		
	Long	Δh	Tc	0.4*Tc	Tc>10	Tr	I	C	A. cubierta	A. vía	A. Total	A. Total	Q. propio	Q. diseño	Q.diseño
	(m)	(m)	(min)	(min)	(min)	(años)	(l/s -ha)	-	(m2)	(m2)	(m2)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(m3/s)
P-12	45.5	5.92	0.81	0.032	10	10	430.97	0.85	1212.29	120.575	1332.865	0.13	48.83	48.83	0.0488
P-13	45.5	5.92	0.81	0.032	10	10	430.97	0.85	400.85	113.75	514.6	0.05	18.85	18.85	0.0189
P-12 - P-13													67.68	0.0677	
P-14	216.51	24.27	2.85	0.114	10	10	430.97	0.85	9080.7	813.6825	9894.383	0.99	362.46	362.46	0.3625
P-15	216.51	24.27	2.85	0.114	10	10	430.97	0.85	4219.62	595.4025	4815.023	0.48	176.39	176.39	0.1764
P-14	262.01	30.19	3.26	0.130	10	10	430.97	0.85	10292.99	934.2575	11227.25	1.12	411.28	411.28	0.4113
P-15	262.01	30.19	3.26	0.130	10	10	430.97	0.85	4620.47	709.1525	5329.623	0.53	195.24	195.24	0.1952
P-14 - P-15													606.52	0.607	
P-16	52.58	3.39	1.18	0.047	10	10	430.97	0.85	426.5645	572.34	998.9045	0.10	36.59	36.59	0.0366
P-17	52.58	3.39	1.18	0.047	10	10	430.97	0.85	367.13	178.772	545.902	0.05	20.00	20.00	0.0200
P-16	314.59	33.58	3.87	0.155	10	10	430.97	0.85	10719.55	1506.598	12226.15	1.22	447.88	447.88	0.4479
P-17	314.59	33.58	3.87	0.155	10	10	430.97	0.85	4987.60	887.9245	5875.52	0.59	215.24	215.24	0.2152
P-16 - P-17													447.88	0.448	
P-18	69.56	2.12	1.96	0.078	10	10	430.97	0.85	5526.22	435.32	5961.54	0.60	218.39	218.39	0.2184
P-19	69.56	2.12	1.96	0.078	10	10	430.97	0.85	919.95	139.12	1059.07	0.11	38.80	38.80	0.0388
P-18	384.15	35.70	4.76	0.190	10	10	430.97	0.85	16245.77	1941.918	18187.69	1.82	666.26	666.26	0.6663
P-19	384.15	35.70	4.76	0.190	10	10	430.97	0.85	5907.55	1027.04	6934.59	0.69	254.03	254.03	0.2540
P-18 - P-19													920.30	0.920	

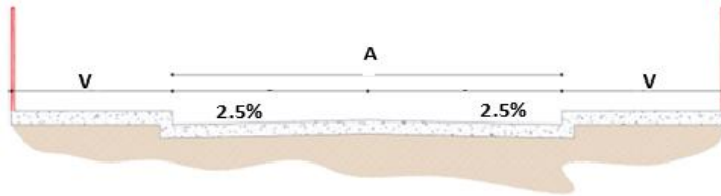


Análisis de escorrentía superficial existente

A) Geometría de la vía

se tiene una vía Pavimeto rígido (n= 0.014) de dos carriles de 6 m de ancho y un ancho de andén de 1.2m, dicha vía cuenta con una pendiente longitudinal de 8% y un bombeo de 2.5%

B) El ancho de inundación de la vía se determina mediante la siguiente expresión:



Y1 = ((Q * n) / (Ku * Sx^1.67 * SL^0.5))^0.375

Donde:

Ku: 0.375

n: Coeficiente Manning pavimento: 0,016

Q: Caudal total de escorrentía (m3/s)

Sx: Pendiente transversal de la vía.

SL: Pendiente longitudinal de la vía.

Ancho mojado

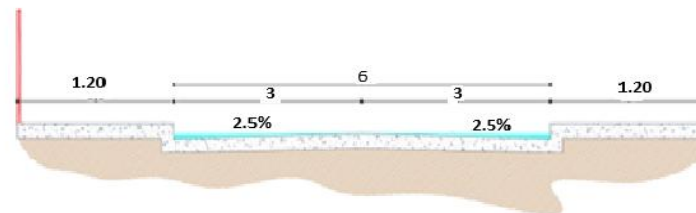
C) Ancho de inundación permisible

Table with 2 columns: Ancho de la vía (m) and Ancho inundación admisible (m). Rows show ranges for road width and corresponding allowable flood width.

Si el ancho de inundación sobrepasa el permisible se opta por un sistema de drenaje urbano, en este caso se implementarán sumideros que garanticen el correcto funcionamiento del sistema.

D) Profundidad del agua

La profundidad del flujo del agua junto al andén de calcula con la siguiente expresión:



Y1 = TSx



Análisis de escorrentía superficial existente aportanes

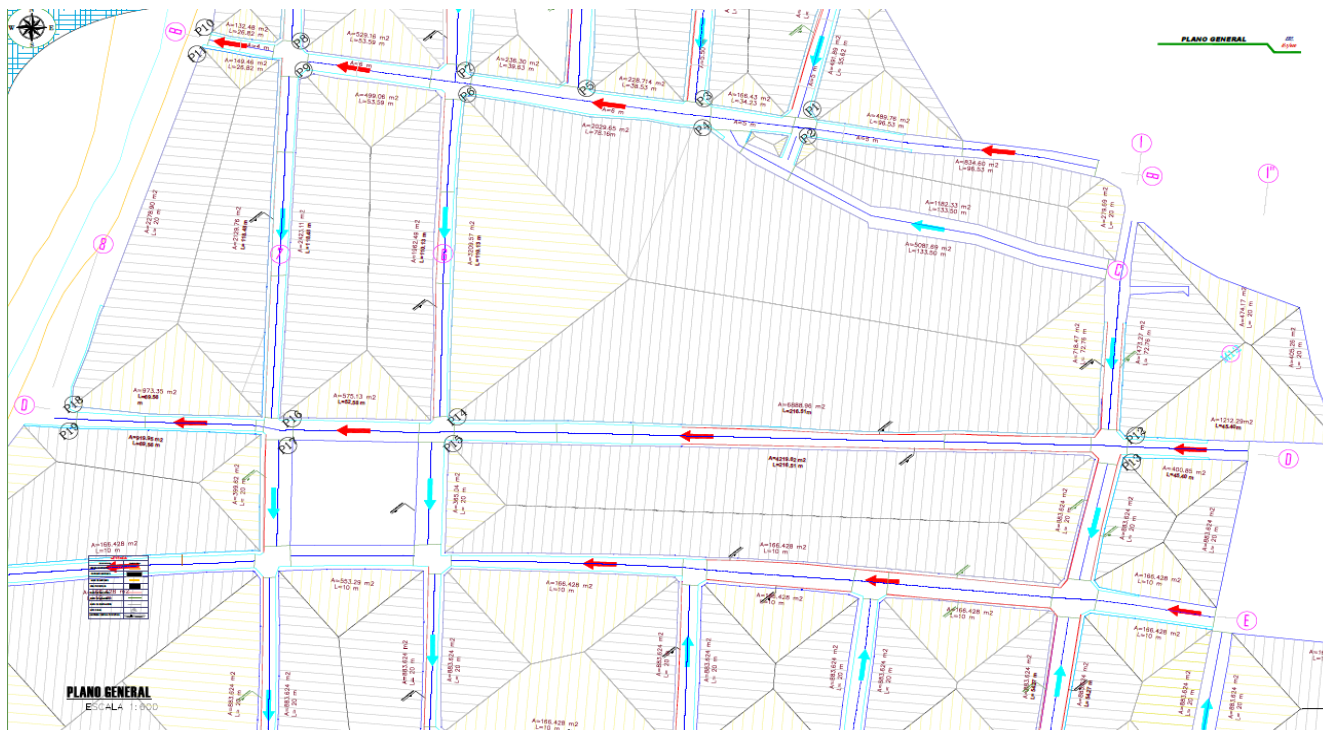


Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
D-1"	2180.6
B-1	2179.4
D-1	2174.68
B-6	2152.39
D-6	2150.41
B-7	2148.27
D-7	2147.02
D-8	2144.9

Tabla 2:: Diferencia de alturas

Ejes	1	6	7
Δh	4.72	1.98	1.25

Tabla 3: Longitud puntos de control

Ejes	Longitud m
1	72.76
6	110.13
7	118.48



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023

Método Racional

Calles en direccion del flujo	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias		Coeficiente e C	Area				Caudal		
	Long	Δh	Tc	0.4*Tc	Tc>10	Tr	I		A. cubierta	A. vía	A. Total	A. Total	Q. propio	Q. diseño	Q.diseño
	(m)	(m)	(min)	(min)	(min)	(años)	(l/s -ha)	-	(m2)	(m2)	(m2)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(m3/s)
Av. La Planta	72.76	4.72	2	0.061	10	10	430.97	0.85	1473.27	218	1691.6	0.17	61.97	61.97	0.062
Av. La Planta	72.76	4.72	1.52	0.061	10	10	430.97	0.85	718.47	218	936.75	0.09	34.32	34.32	0.034
L-IZ ; L-D _Eje -1														96.28	0.096
Jr. Jose Galvez	110.13	1.98	3.42	0.137	10	10	430.97	0.85	3209.57	248	3457.4	0.35	126.65	126.65	0.127
Jr. Jose Galvez	110.13	1.98	3.42	0.137	10	10	430.97	0.85	1962.49	248	2210.3	0.22	80.97	80.97	0.081
L-IZ ; L-D _Eje -6														207.62	0.208
JR. Tupac Amaru	118.48	1.25	4.44	0.178	10	10	430.97	0.85	2423.11	296	2719.3	0.27	99.62	99.62	0.100
JR. Tupac Amaru	118.48	1.25	4.44	0.178	10	10	430.97	0.85	2129.76	296	2426	0.24	88.87	88.87	0.089
L-IZ ; L-D _Eje -7														188.48	0.188

TRAMO 3



Análisis de escorrentía superficial existente

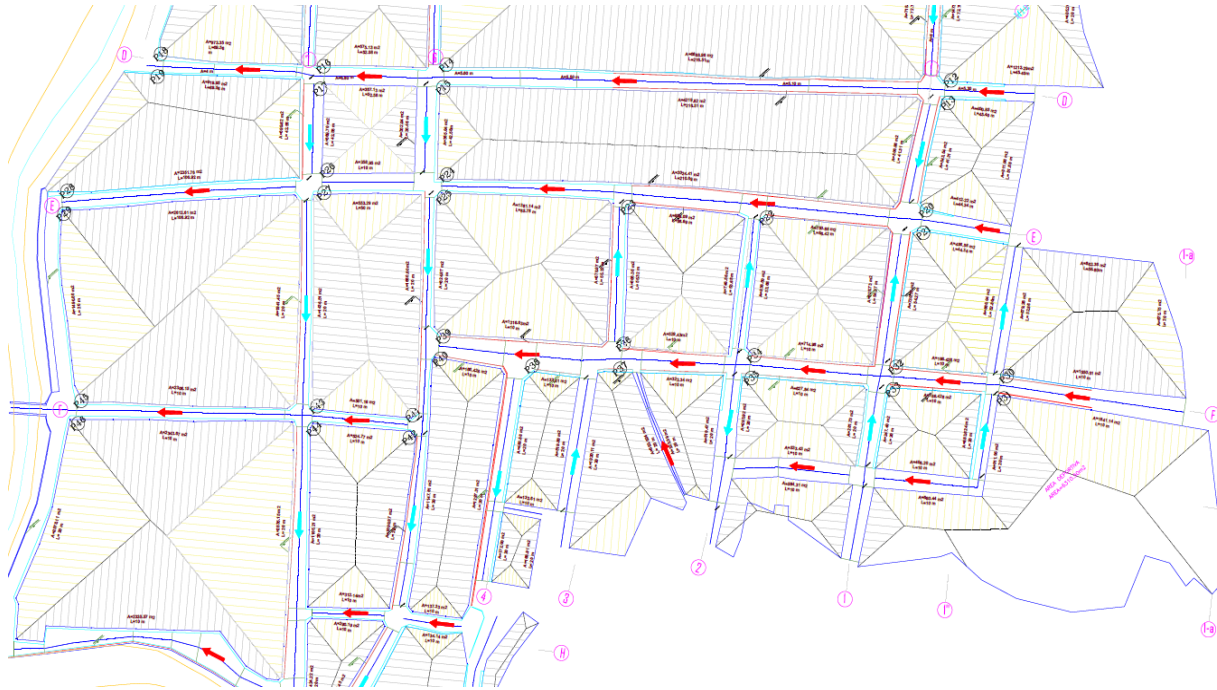


Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
E-1"	2180.03
F-1"	2182.05
E-1	2172.22
D-1	2174.68
F-1	2176.33
E-2	2162.2
F-2	2170.75
E-3	2156.19
F-3	2160.43
E-6	2150.19
D-6	2150.41
E-7	2146.6
D-7	2147.07
E-8	2143.28

Tabla 2: Ubicación de puntos de control

Punto	20 y 21	22	23	24 y 25	26 y 27	28 y 29
Eje	E-1	E-2	E-3	E-6	E-7	E-8

Tabla 2:: Diferencia de alturas

Punto	20 y 21	22	23	24 y 25	26 y 27	28 y 29
Δh	7.81	10.02	6.01	6	3.59	3.32

Tabla 3: Longitud puntos de control

Punto	Longitud
20 y 21	45
22	66.42
23	59
24 y 25	85.78
26 y 27	50
28 y 29	107



Análisis de escorrentía superficial existente

A) Intensidades Máximas Diferentes Tiempos de Retorno.

La ecuacion calculada en el Programa Hidroesta 2.

I = 566.3226 * T^0.1877 / D^0.7500

Donde: D = Duracion en "min"

T = Periodo de retorno.

D = Duracion en "min"

Tiempo de concentracion (Tc), es igual a duracion (D):

D = 10.0 min 15.0 min 20 min

Table with 4 columns: TR (AÑOS), Imax (mm/hr), and sub-columns for 10.0 min, 15.00 min, 20.0 min. Values range from 114.70 to 191.51.

Observacion.

Para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto, Multiplicar Tc por 0.4.

B) Coeficiente de escorrentía.

Tabla 1.b Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas. Para 5 y 10 años de periodo de retorno

Table with 2 columns: CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE, COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA. Rows include Calles (Pavimento asfáltico, concreto, adoquines), Veredas, and Techos y azoteas.

Fuente: (CE.040, 2021). C = 0.80

C.- Cálculo del Tiempo de Concentración (Tc), Según Kirpich

Tiempo de Concentración (Tc)

Tc = 0.01947 * L^0.77 * S^-0.385

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida. m

S = Pendiente promedio de la cuenca m/m

tc = Tiempo de concentracion en minutos min



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Análisis de escorrentía superficial existente

Areas contribuyentes

$$Q = C * I * A$$

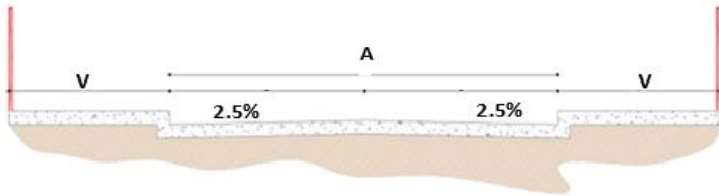
Pto Control	Método Racional				Intensidad aguas de lluvias				Area				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)	C -	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-20	45	7.81	0.72	0.029	10	10	430.97	0.85	1886.54	422.13	2308.67	0.23	84.57	84.57	0.0846
P-21	45	7.81	0.72	0.029	10	10	430.97	0.85	2658.22	543.27	3201.49	0.32	117.28	117.28	0.1173
P-20- P-21														201.85	0.2019
P-22	66.42	10.02	1.02	0.041	10	10	430.97	0.85	2310.1	497.745	2807.845	0.28	102.86	102.86	0.1029
P-22	111.42	17.83	1.49	0.060	10	10	430.97	0.85	4968.32	1041.015	6009.335	0.60	220.14	220.14	0.2201
P-22														220.14	0.220
P-23	59	6.01	1.09	0.043	10	10	430.97	0.85	2252.15	443.175	2695.325	0.27	98.74	98.74	0.0987
P-23	170.42	23.84	2.17	0.087	10	10	430.97	0.85	7220.47	1484.19	8704.66	0.87	318.87	318.87	0.3189
P23														318.87	0.319
P-24	211.2	22.03	2.87	0.115	10	10	430.97	0.85	4074.93	828.81	4903.74	0.49	179.64	179.64	0.1796
P-25	85.78	6.0	1.67	0.067	10	10	430.97	0.85	3067.59	507.65	3575.236	0.36	130.97	130.97	0.1310
P-24	256.2	29.84	3.19	0.128	10	10	430.97	0.85	5961.47	1250.94	7212.41	0.72	264.21	264.21	0.2642
P-25	256.20	29.84	3.19	0.128	10	10	430.97	0.85	10288.06	1991.84	12279.896	1.23	449.84	449.84	0.4498
P-24 - P-25														714.05	0.714
P-26	50	3.59	1.09	0.044	10	10	430.97	0.85	1076.93	510.57	1587.502	0.16	58.15	58.15	0.0582
P-27	50	3.59	1.09	0.044	10	10	430.97	0.85	553.29	175	728.29	0.07	26.68	26.68	0.0267
P-26	306.2	33.43	3.75	0.150	10	10	430.97	0.85	7038.4	1761.51	8799.912	0.88	322.36	322.36	0.3224
P-27	306.2	33.43	3.75	0.150	10	10	430.97	0.85	10841.35	2166.84	13008.186	1.30	476.52	476.52	0.4765
P-26 - P-27														798.89	0.799
P-28	107	3.32	2.71	0.108	10	10	430.97	0.85	3121.08	640.13	3761.21	0.38	137.78	137.78	0.1378
P-29	107	3.32	2.71	0.108	10	10	430.97	0.85	2612.61	278.2	2890.81	0.29	105.90	105.90	0.1059
P-28	413.2	36.75	5.12	0.205	10	10	430.97	0.85	10159.48	2401.64	12561.122	1.26	460.15	460.15	0.4601
P-29	413.20	36.75	5.12	0.205	10	10	430.97	0.85	13453.96	2445.04	15898.996	1.59	582.42	582.42	0.5824
P-28 - P-29														1042.57	1.043



Análisis de escorrentía superficial existente

A) Geometría de la vía

se tiene una vía Pavimeto rígido (n= 0.014) de dos carriles de 6 m de ancho y un ancho de andén de 1.2m, dicha vía cuenta con una pendiente longitudinal de 8% y un bombeo de 2.5%



Ancho mojado

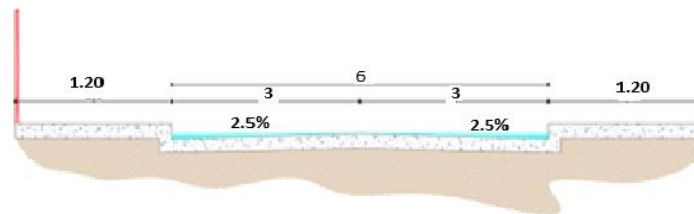
C) Ancho de inundación permisible

Ancho de la vía (m)	Ancho inundación admisible (m)
<6	2
≥ 6 y <7	3
≥ 7 y <9	3,5
≥ 9	4

Si el ancho de inundación sobrepasa el permisible se opta por un sistema de drenaje urbano, en este caso se implementarán sumideros que garanticen el correcto funcionamiento del sistema.

D) Profundidad del agua

La profundidad del flujo del agua junto al andén de calcula con la siguiente expresión:



Y1 = TSx

B) El ancho de inundación de la vía se determina mediante la siguiente expresión:

Donde:

Ku: 0.375

n: Coeficiente Manning pavimento: 0,016

Q: Caudal total de escorrentía (m3/s)

Sx: Pendiente transversal de la vía.

SL: Pendiente longitudinal de la vía.

T = ((Q * n) / (Ku * Sx^1.67 * SL^0.5))^0.375



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Análisis de escorrentía superficial existente

Geometría de la vía y parámetros hidráulicos

Punto Control	Geometría de la vía						Parámetros hidráulicos			Observ
	Ancho vía	Ancho carril	Pendiente vía	Bombeo vía	Material	n Manning	Ancho mojado	Profundidad del agua		
	(m)	(m)	(%)	(%)	-	-	T (m)	Y1 (m)	Y total (m)	
P-20	6	3	17.36%	2.5%	Concreto	0.014	1.61	0.04		Sin cuneta
P-21	6	3	17.36%	2.5%	Concreto	0.014	1.83	0.05		Sin cuneta
P-20- P-21										
P-22	5.5	2.75	15.09%	2.5%	Concreto	0.014	1.78	0.04		Sin cuneta
P-22	5.5	2.75	16.00%	2.5%	Concreto	0.014	2.35	0.06		Sin cuneta
P-22										
P-23	5.5	2.75	10.19%	2.5%	Concreto	0.016	1.99	0.05		Sin cuneta
P-23	5.5	2.75	13.99%	2.5%	Concreto	0.016	2.91	0.07		Con cuneta
P-5										
P-24	5	2.5	10.43%	2.5%	Concreto	0.014	2.36	0.06		Sin cuneta
P-25	5	2.5	6.99%	2.5%	Concreto	0.014	2.26	0.06		Sin cuneta
P-24	5	2.5	11.65%	2.5%	Concreto	0.014	2.67	0.07		Con cuneta
P-25	5	2.5	11.65%	2.5%	Concreto	0.014	3.26	0.08		Con cuneta



Análisis de escorrentía superficial existente aportanes- tramo n04

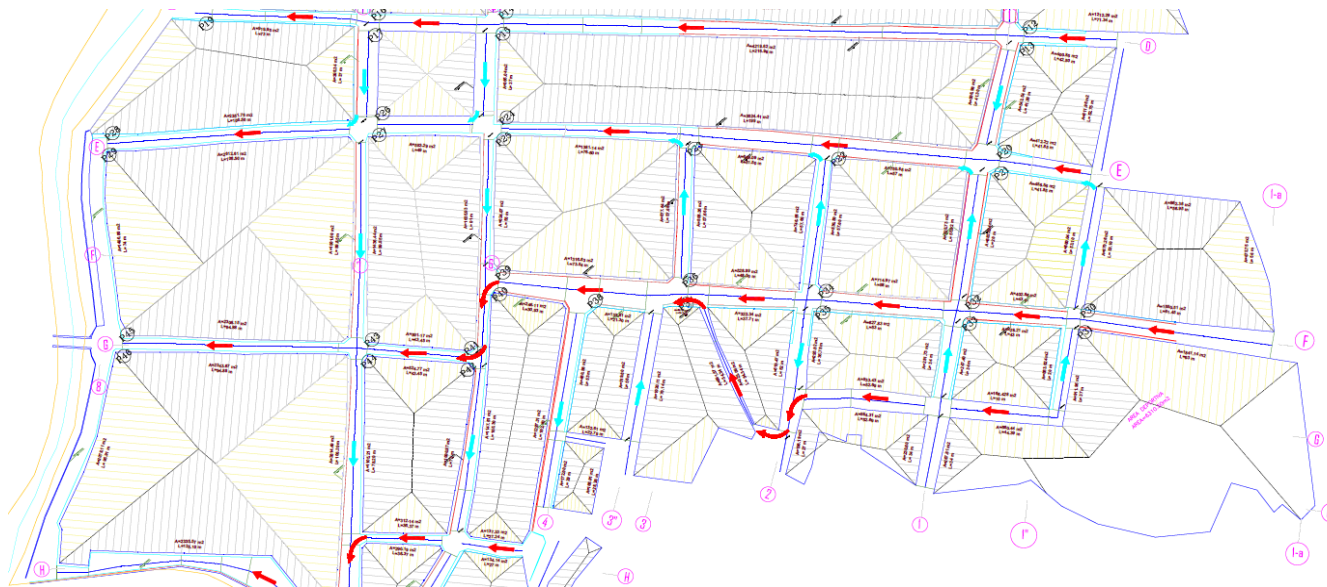


Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
F-1-a	2189.27
F-1"	2182.05
G-1"	2184.73
F-1	2176.33
G-1	2181.26
F-2	2170.75
G-2	2169.88
F-3	2160.43
F-3"	2157.80
G"-3"	2160.15
F-4	2152.86
E-6	2150.19
F-6	2149.12
G-6	2148.44
E-7	2146.6
G-7	2145.17
G-8	2142.22

Tabla 2: Diferencia de alturas

Ejes	1"	1	2	3"	6	7
Δh	2.68	4.93	0.87	2.35	1.07	1.43

Tabla 3: Longitud puntos de control

Ejes	1"	1	2	3"	6	7
Longitud	37	34	52	56	91	89.85



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Método Racional

Calles en dirección del flujo	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias		Coeficiente	Area				Caudal		
	Long	Δh	Tc	0.4*Tc	Tc>10	Tr	I		A. cubierta	A. vía	A. Total	A. Total	Q. propio	Q. diseño	Q.diseño
	(m)	(m)	(min)	(min)	(min)	(años)	(l/s -ha)	-	(m2)	(m2)	(m2)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(m3/s)
CA. Sara Arrascue	37	2.68	0.9	0.035	10	10	430.97	0.85	883.624	92.5	976.12	0.10	35.76	35.76	0.036
CA. Sara Arrascue	37	2.68	0.86	0.035	10	10	430.97	0.85	911.95	92.5	1004.5	0.10	36.80	36.80	0.037
L-IZ ; L-D _Eje -1"													72.55	0.073	
AV. La Planta	34	4.93	0.62	0.025	10	10	430.97	0.85	281.73	102	383.73	0.04	14.06	14.06	0.014
AV. La Planta	34	4.93	0.62	0.025	10	10	430.97	0.85	274.40	102	376.4	0.04	13.79	13.79	0.014
L-IZ ; L-D _Eje -1													27.85	0.028	
CA. Benjamin Arr.	52	0.87	1.97	0.079	10	10	430.97	0.85	293.92	156	449.92	0.04	16.48	16.48	0.016
CA. Benjamin Arr.	52	0.87	1.97	0.079	10	10	430.97	0.85	519.52	156	675.52	0.07	24.75	24.75	0.025
L-IZ ; L-D _Eje -2													41.23	0.041	
CA. Wenceslau Arr.	56	2.35	1.47	0.059	10	10	430.97	0.85	519.8	154	673.8	0.07	24.68	24.68	0.025
CA. Wenceslau Arr.	56	2.35	1.47	0.059	10	10	430.97	0.85	1020.11	154	1174.1	0.12	43.01	43.01	0.043
L-IZ ; L-D _Eje -3"													67.69	0.068	
JR. Jose Galvez	91	1.07	3.48	0.139	10	10	430.97	0.85	1635.93	182	1817.9	0.18	66.60	66.60	0.067
JR. Jose Galvez	55	1.07	1.94	0.078	10	10	430.97	0.85	824.07	110	934.07	0.09	34.22	34.22	0.034
L-IZ ; L-D _Eje -6													100.81	0.101	
JR. Rosendo Men.	89.85	1.43	3.07	0.123	10	10	430.97	0.85	1901.6	225	2126.2	0.21	77.89	77.89	0.078
JR. Rosendo Men.	89.85	1.43	3.07	0.123	10	10	430.97	0.85	1436.44	225	1661.1	0.17	60.85	60.85	0.061
L-IZ ; L-D _Eje -7													138.74	0.139	

TRAMO 4



Análisis de escorrentía superficial existente



Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
F-1-a	2189.27
F-1"	2182.05
G-1"	2184.73
F-1	2176.33
G-1	2181.26
F-2	2170.75
G-2	2169.88
F-3	2160.43
F-3"	2157.80
G"-3"	2160.15
F-4	2152.86
E-6	2150.19
F-6	2149.12
G-6	2148.44
E-7	2146.6
G-7	2145.17
G-8	2142.22

Tabla 2: Ubicación de puntos de control

Punto	30 y 31	32 y 33	34 y 35	36 y 37	39 y 40	41 y 42	43 y 44	45 y 46
Eje	F-1"	F-1	F-2	F-3	F-6	G-6	G-7	G-8

Tabla 2:: Diferencia de alturas

Punto	30 y 31	32 y 33	34 y 35	36 y 37	39 y 40	41 y 42	43 y 44	45 y 46
Δh	7.22	5.72	5.58	10.32	11.31	0.68	3.27	2.95

Tabla 3: Longitud puntos de control

Punto	30 y 31	32 y 33	34 y 35	36 y 37	39 y 40	41 y 42	43 y 44	45 y 46
Longitud	81.45	43	55.5	48.5	73.54	22.7	43.45	94.88



Análisis de escorrentía superficial existente

A) Intensidades Máximas Diferentes Tiempos de Retorno.

La ecuación calculada en el Programa Hidroesta 2.

$$I = \frac{566.3226 \times T^{0.1877}}{D^{0.7500}}$$

Donde: D =

T = Periodo de retorno.

D = Duración en "min"

Tiempo de concentración (Tc), es igual a duración (D):

D = 10.0 min 15.0 min 20 min

TR (AÑOS)	Imáx (mm/hr)		
TR(años)	10.0 min	15.00 min	20.0 min
2	114.70	180.96	158.87
5	136.23	186.89	159.83
10	155.15	191.51	160.57
20	176.71	196.25	161.31

Observacion.

Para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto, Multiplicar Tc por 0.4.

B) Coeficiente de escorrentía.

Tabla 1.b Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas. Para 5 y 10 años de periodo de retorno

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Calles	
Pavimento asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimento de adoquines	0,70 a 0,85
Veredas	0,70 a 0,85
Techos y azoteas	0,75 a 0,95

Fuente: (CE.040, 2021). C = 0.80

C.- Cálculo del Tiempo de Concentración (Tc), Según Kirpich

Tiempo de Concentración (Tc)

$$Tc = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida. m

S = Pendiente promedio de la cuenca m/m

tc = Tiempo de concentracion en minutos min



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Análisis de escorrentía superficial existente

Áreas Contribuyentes

$Q = C * I * A$

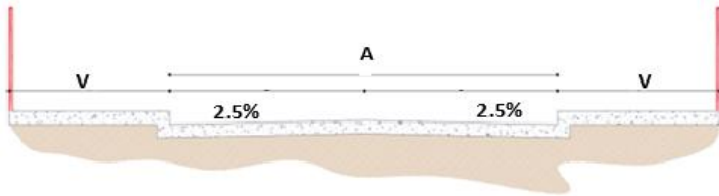
Pto Control	Método Racional				Intensidad aguas de lluvias		Coeficiente C	Área			Q = C * I * A					
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)		I (l/s -ha)	A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)	
P-30	81.45	7.22	1.47	0.059	10	10	430.97	0.85	1550.51	244.35	1794.86	0.18	65.75	65.75	0.0658	
P-31	81.45	7.22	1.47	0.059	10	10	430.97	0.85	1841.14	244.35	2085.49	0.21	76.40	76.40	0.0764	
P-30- P-31														142.15	142.15	0.1421
P-32	43.0	5.72	0.77	0.031	10	10	430.97	0.85	402.86	129	531.86	0.05	19.48	19.48	0.0195	
P-33	43.0	5.72	0.77	0.031	10	10	430.97	0.85	2223.574	314	2537.574	0.25	92.96	92.96	0.0930	
P-32	124.5	12.9	1.91	0.077	10	10	430.97	0.85	1953.4	373.4	2326.72	0.23	85.23	85.23	0.0852	
P-33	124.5	12.9	1.91	0.077	10	10	430.97	0.85	4064.7	558.4	4623.064	0.46	169.36	169.36	0.1694	
P-32- P-33														169.36	169.36	0.169
P-34	55.5	5.58	1.04	0.042	10	10	430.97	0.85	714.97	166.5	881.47	0.09	32.29	32.29	0.0323	
P-35	55.5	5.58	1.04	0.042	10	10	430.97	0.85	1156.96	370.5	1527.46	0.15	55.95	55.95	0.0560	
P-34	180.0	18.5	2.55	0.102	10	10	430.97	0.85	2668.3	539.9	3208.19	0.32	117.52	117.52	0.1175	
P-35	180.0	18.5	2.55	0.102	10	10	430.97	0.85	5221.7	928.9	6150.524	0.62	225.31	225.31	0.2253	
P-34- P-35														225.31	225.31	0.225
P-36	48.5	10.32	0.70	0.028	10	10	430.97	0.85	528.99	145.50	674.49	0.07	24.71	24.71	0.0247	
P-37	48.5	10.3	0.70	0.028	10	10	430.97	0.85	1856.47	527.97	2384.44	0.24	87.35	87.35	0.0873	
P-36	228.5	28.8	2.83	0.113	10	10	430.97	0.85	3197.3	685.4	3882.68	0.39	142.23	142.23	0.1422	
P-37	228.45	28.84	2.83	0.113	10	10	430.97	0.85	7078.14	1456.82	8534.964	0.85	312.66	312.66	0.3127	
P-36 - P-37														454.89	454.89	0.455
P-39	73.54	11.31	1.10	0.044	10	10	430.97	0.85	1316.63	367.70	1684.33	0.17	61.70	61.70	0.0617	
P-40	73.54	11.31	1.10	0.044	10	10	430.97	0.85	1919.63	736.3	2655.93	0.27	97.29	97.29	0.0973	
P-39	302.0	40.2	3.44	0.138	10	10	430.97	0.85	4514.0	1053.1	5567.01	0.56	203.93	203.93	0.2039	
P-40	302.0	40.2	3.44	0.138	10	10	430.97	0.85	8997.8	2193.1	11190.894	1.12	409.95	409.95	0.4100	
P-39- P-40														613.89	613.89	0.614
P-41	22.7	0.68	0.83	0.033	10	10	430.97	0.85	2460	345.15	2805.15	0.28	102.76	102.76	0.1028	
P-42	22.7	0.68	0.83	0.033	10	10	430.97	0.85	379.38	45.4	424.78	0.04	15.56	15.56	0.0156	
P-41	324.7	40.8	3.72	0.149	10	10	430.97	0.85	6974.0	1398.2	8372.16	0.84	306.69	306.69	0.3067	
P-42	324.69	40.83	3.72	0.149	10	10	430.97	0.85	9377.15	1849.52	11226.674	1.12	411.26	411.26	0.4113	
P-41 - P-42														717.96	717.96	0.718
P-43	43.45	3.27	0.96	0.039	10	10	430.97	0.85	501.17	108.63	609.795	0.06	22.34	22.34	0.0223	
P-44	43.45	3.27	0.96	0.039	10	10	430.97	0.85	524.77	108.63	633.395	0.06	23.20	23.20	0.0232	
P-43	368.1	44.1	4.18	0.167	10	10	430.97	0.85	7475.1	1506.8	8981.955	0.90	329.03	329.03	0.3290	
P-44	368.1	44.1	4.18	0.167	10	10	430.97	0.85	9901.9	2347.1	12249.069	1.22	448.72	448.72	0.4487	
P-43 - P-44														777.75	777.75	0.778
P-45	94.88	2.95	2.47	0.099	10	10	430.97	0.85	5646.19	695.94	6342.128	0.63	232.33	232.33	0.2323	
P-46	94.88	2.95	2.47	0.099	10	10	430.97	0.85	2343	246.688	2589.688	0.26	94.87	94.87	0.0949	
P-45	463.0	47.1	5.31	0.212	10	10	430.97	0.85	13121.3	2202.8	15324.083	1.53	561.36	561.36	0.5614	
P-46	463.0	46.06	5.35	0.214	10	10	430.97	0.85	12244.9	2385.50	14630.427	1.46	535.95	535.95	0.5360	
P-45 - P-46														1097.31	1097.31	1.097



Análisis de escorrentía superficial existente

A) Geometría de la vía

se tiene una vía Pavimeto rígido (n= 0.014) de dos carriles de 6 m de ancho y un ancho de andén de 1.2m, dicha vía cuenta con una pendiente longitudinal de 8% y un bombeo de 2.5%



Ancho mojado

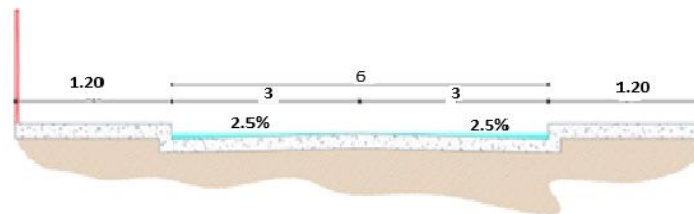
C) Ancho de inundación permisible

Ancho de la vía (m)	Ancho inundación admisible (m)
<6	2
≥ 6 y <7	3
≥ 7 y <9	3,5
≥ 9	4

Si el ancho de inundación sobrepasa el permisible se opta por un sistema de drenaje urbano, en este caso se implementarán sumideros que garanticen el correcto funcionamiento del sistema.

D) Profundidad del agua

La profundidad del flujo del agua junto al andén de calcula con la siguiente expresión:



Y1 = TSx

B) El ancho de inundación de la vía se determina mediante la siguiente expresión:

Donde:

Ku: 0.375

n: Coeficiente Manning pavimento: 0,016

Q: Caudal total de escorrentía (m3/s)

Sx: Pendiente transversal de la vía.

SL: Pendiente longitudinal de la vía.

T = ((Q * n) / (Ku * Sx^1.67 * SL^0.5))^0.375



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Análisis de escorrentía superficial existente

Geometría de la vía y parámetros hidráulicos

Punto Control	Geometría de la vía						Parámetros hidráulicos			Observ
	Ancho vía	Ancho carril	Pendiente vía	Bombeo vía	Material	n Manning	Ancho mojado	Profundidad del agua		
	(m)	(m)	(%)	(%)	-	-	T (m)	Y1 (m)	Y total (m)	
P-30	6	3	8.86%	2.5%	Concreto	0.014	1.67	0.04		Sin cuneta
P-31	6	3	8.86%	2.5%	Concreto	0.014	1.76	0.04		Sin cuneta
P-30- P-31										
P-32	6	3	13.30%	2.5%	Concreto	0.014	0.98	0.02		Sin cuneta
P-33	6	3	13.30%	2.5%	Concreto	0.014	2.20	0.06		Sin cuneta
P-32	6	3	10.40%	2.5%	Concreto	0.014	1.78	0.04		Sin cuneta
P-33	6	3	10.40%	2.5%	Concreto	1.014	11.49	0.29		Con cuneta
P-32- P-33										
P-34	6	3	10.05%	2.5%	Concreto	3.014	9.35	0.23		Con cuneta
P-35	6	3	10.05%	2.5%	Concreto	4.014	12.79	0.32		Con cuneta
P-34	6	3	10.29%	2.5%	Concreto	6.014	19.57	0.49		Con cuneta
P-35	6	3	10.29%	2.5%	Concreto	7.014	26.47	0.66		Con cuneta
P-34- P-35										
P-36	6	3	21.28%	2.5%	Concreto	0.014	0.98	0.02		Sin cuneta



Análisis de escorrentía superficial existente aportanes- tramo n04

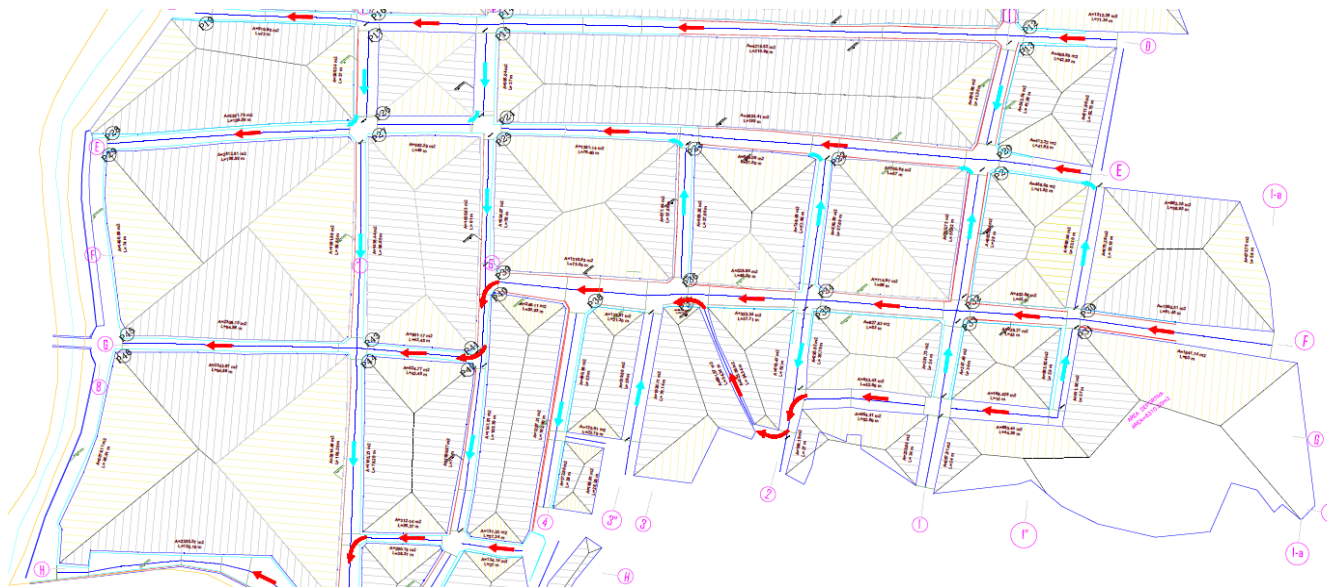


Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
F-1-a	2189.27
F-1"	2182.05
G-1"	2184.73
F-1	2176.33
G-1	2181.26
F-2	2170.75
G-2	2169.88
F-3	2160.43
F-3"	2157.80
G"-3"	2160.15
F-4	2152.86
E-6	2150.19
F-6	2149.12
G-6	2148.44
E-7	2146.6
G-7	2145.17
G-8	2142.22

Tabla 2: Diferencia de alturas

Ejes	1"	1	2	3"	6	7
Δh	2.68	4.93	0.87	2.35	1.07	1.43

Tabla 3: Longitud puntos de control

Ejes	1"	1	2	3"	6	7
Longitud	37	34	52	56	91	89.85



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Método Racional

Calles en dirección del flujo	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias		Coeficiente	Area				Caudal		
	Long	Δh	Tc	0.4*Tc	Tc>10	Tr	I		A. cubierta	A. vía	A. Total	A. Total	Q. propio	Q. diseño	Q.diseño
	(m)	(m)	(min)	(min)	(min)	(años)	(l/s -ha)	-	(m2)	(m2)	(m2)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(m3/s)
CA. Sara Arrascue	37	2.68	0.9	0.035	10	10	430.97	0.85	883.624	92.5	976.12	0.10	35.76	35.76	0.036
CA. Sara Arrascue	37	2.68	0.86	0.035	10	10	430.97	0.85	911.95	92.5	1004.5	0.10	36.80	36.80	0.037
L-IZ ; L-D _Eje -1"														72.55	0.073
AV. La Planta	34	4.93	0.62	0.025	10	10	430.97	0.85	281.73	102	383.73	0.04	14.06	14.06	0.014
AV. La Planta	34	4.93	0.62	0.025	10	10	430.97	0.85	274.40	102	376.4	0.04	13.79	13.79	0.014
L-IZ ; L-D _Eje -1														27.85	0.028
CA. Benjamin Arr.	52	0.87	1.97	0.079	10	10	430.97	0.85	293.92	156	449.92	0.04	16.48	16.48	0.016
CA. Benjamin Arr.	52	0.87	1.97	0.079	10	10	430.97	0.85	519.52	156	675.52	0.07	24.75	24.75	0.025
L-IZ ; L-D _Eje -2														41.23	0.041
CA. Wenceslau Arr.	56	2.35	1.47	0.059	10	10	430.97	0.85	519.8	154	673.8	0.07	24.68	24.68	0.025
CA. Wenceslau Arr.	56	2.35	1.47	0.059	10	10	430.97	0.85	1020.11	154	1174.1	0.12	43.01	43.01	0.043
L-IZ ; L-D _Eje -3"														67.69	0.068
JR. Jose Galvez	91	1.07	3.48	0.139	10	10	430.97	0.85	1635.93	182	1817.9	0.18	66.60	66.60	0.067
JR. Jose Galvez	55	1.07	1.94	0.078	10	10	430.97	0.85	824.07	110	934.07	0.09	34.22	34.22	0.034
L-IZ ; L-D _Eje -6														100.81	0.101
JR. Rosendo Men.	89.85	1.43	3.07	0.123	10	10	430.97	0.85	1901.6	225	2126.2	0.21	77.89	77.89	0.078
JR. Rosendo Men.	89.85	1.43	3.07	0.123	10	10	430.97	0.85	1436.44	225	1661.1	0.17	60.85	60.85	0.061
L-IZ ; L-D _Eje -7														138.74	0.139

TRAMO 5



Análisis de escorrentía superficial existente

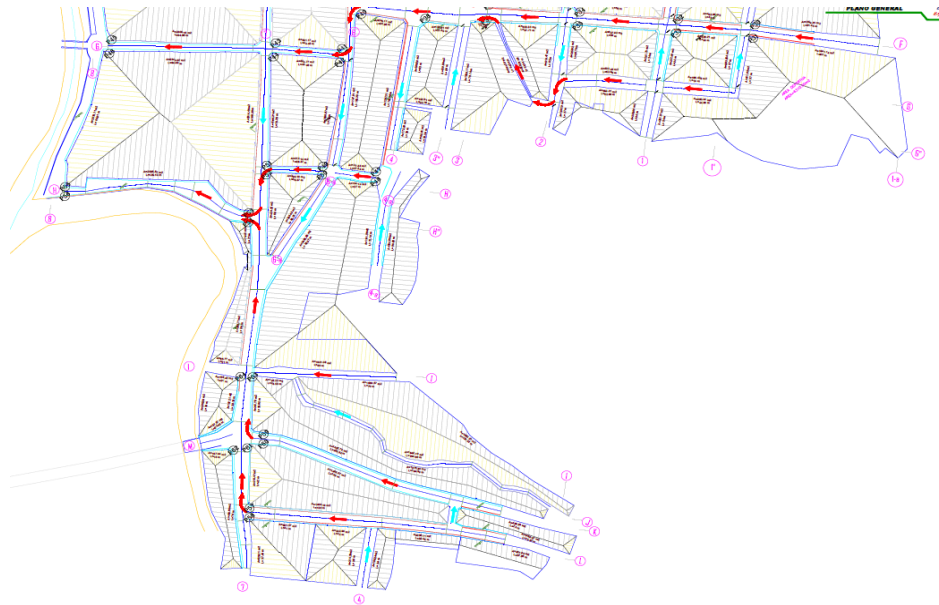


Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
G-4	2153.7
G-6	2148.44
G-7	2145.17
H-3"	2161.44
H-4	2152.66
H-6	2146.2
H-7	2144.44
H"-7	2144.14
H-8	2140.67
K-1	2162.87
L-1	2169.45
K-7	2148
L-7	2149.36
I-7	2147.05

Tabla 2: Ubicación de puntos de control

Punto	47 y 48	49 y 50	51 y 52	53 y 54	55 y 56
Eje	H-4	H-6	H-7	H"-7	H-8

57 y 58	59 y 60	61 y 62
L-7	K-7	I-7

63 y 64
K-7

Tabla 2:: Diferencia de alturas

Punto	47 y 48	49 y 50	51 y 52	53 y 54	55 y 56
Δh	8.78	6.46	1.76	0.3	3.47

57 y 58	59 y 60	61 y 62
20.09	1.36	0.95

63 y 64
14.87

Tabla 3: Longitud puntos de control

Punto	47 y 48	49 y 50	51 y 52	53 y 54	55 y 56
Longitud	39.85	27.24	36.37	30	125.10

57 y 58	59 y 60	61 y 62
161.59	48.47	31.36

63 y 64
190.94



Análisis de escorrentía superficial existente

A) Intensidades Máximas Diferentes Tiempos de Retorno.

La ecuación calculada en el Programa Hidroesta 2.

I = 566.3226 * T^0.1877 / D^0.7500

Donde: D = Duración en "min"

T = Periodo de retorno.

D = Duración en "min"

Tiempo de concentración (Tc), es igual a duración (D):

D = 10.0 min 15.0 min 20 min

Table with 4 columns: TR (AÑOS), Imáx (mm/hr), 10.0 min, 15.00 min, 20.0 min. Rows for TR values 2, 5, 10, 20.

Observacion.

Para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto, Multiplicar Tc por 0.4.

B) Coeficiente de escorrentía.

Tabla 1.b Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas. Para 5 y 10 años de periodo de retorno

Table with 2 columns: CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE, COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA. Rows for Calles (Pavimento asfáltico, Pavimento de concreto, Pavimento de adoquines), Veredas, and Techos y azoteas.

Fuente: (CE.040, 2021). C = 0.80

C.- Cálculo del Tiempo de Concentración (Tc), Según Kirpich

Tiempo de Concentración (Tc)

Tc = 0.01947 * L^0.77 * S^-0.385

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida. m

S = Pendiente promedio de la cuenca m/m

tc = Tiempo de concentracion en minutos min



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Análisis de escorrentía superficial existente

Areas Contribuyentes

Método Racional

$Q = C * I * A$

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias		Coeficiente C	Area				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)		A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-47	39.85	8.78	0.60	0.024	10	10	430.97	0.85	2318.08	774.21	3092.29	0.31	113.28	113.28	0.1133
P-48	39.85	8.78	0.60	0.024	10	10	430.97	0.85	1706.39	540.19	2246.58	0.22	82.30	82.30	0.0823
P-47- P-48														195.58	0.1956
P-49	27.2	6.46	0.43	0.017	10	10	430.97	0.85	2375.91	519.72	2895.63	0.29	106.07	106.07	0.1061
P-50	27.2	6.46	0.43	0.017	10	10	430.97	0.85	134.14	81.72	215.86	0.02	7.91	7.91	0.0079
P-49	67.1	15.2	0.88	0.035	10	10	430.97	0.85	4694.0	1293.9	5987.92	0.60	219.35	219.35	0.2194
P-50	67.1	15.2	0.88	0.035	10	10	430.97	0.85	1840.5	621.9	2462.44	0.25	90.21	90.21	0.0902
P-49- P-50														90.21	0.090
P-51	36.37	1.76	1.00	0.040	10	10	430.97	0.85	312.14	109.11	421.25	0.04	15.43	15.43	0.0154
P-52	36.37	1.76	1.00	0.040	10	10	430.97	0.85	290.19	313.11	603.3	0.06	22.10	22.10	0.0221
P-51	103.5	17.0	1.39	0.056	10	10	430.97	0.85	5006.1	1403.0	6409.17	0.64	234.78	234.78	0.2348
P-52	103.5	17.0	1.39	0.056	10	10	430.97	0.85	2130.7	935.0	3065.74	0.31	112.31	112.31	0.1123
P-51- P-52														112.31	0.112
P-53	30.0	0.3	1.58	0.063	10	10	430.97	0.85	3919.7	554.04	4473.74	0.45	163.88	163.88	0.1639
P-54	30	0.3	1.58	0.063	10	10	430.97	0.85	4612.33	818.22	5430.55	0.54	198.94	198.94	0.1989
P-53	133.5	17.3	1.85	0.074	10	10	430.97	0.85	8925.8	1957.1	10882.91	1.09	398.67	398.67	0.3987
P-54	133.46	17.30	1.85	0.074	10	10	430.97	0.85	6743.05	1753.24	8496.29	0.85	311.24	311.24	0.3112
P-53- P-54														709.91	0.710
P-55	125.1	3.47	3.19	0.128	10	10	430.97	0.85	2335.57	375.30	2710.87	0.27	99.31	99.31	0.0993
P-56	125.1	3.47	3.19	0.128	10	10	430.97	0.85	20	375.3	395.3	0.04	14.48	14.48	0.0145
P-55	258.6	20.8	3.71	0.148	10	10	430.97	0.85	11261.4	2332.4	13593.78	1.36	497.98	497.98	0.4980
P-56	258.6	20.8	3.71	0.148	10	10	430.97	0.85	6763.1	2128.5	8891.59	0.89	325.72	325.72	0.3257
P-55- P-56														823.70	0.824



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023



Análisis de escorrentía superficial existente

Áreas Contribuyentes

Método Racional

$$Q = C * I * A$$

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvia		Coeficient C	Area				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)		A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-57	161.59	20.09	2.18	0.087	10	10	430.97	0.85	2889.97	484.761	3374.731	0.34	123.63	123.63	0.1236
P-58	161.59	20.09	2.18	0.087	10	10	430.97	0.85	2936.91	787.051	3723.961	0.37	136.42	136.42	0.1364
P-57- P-58														260.04	0.2600
P-59	48.5	1.36	1.53	0.061	10	10	430.97	0.85	416.47	145.398	561.868	0.06	20.58	20.58	0.0206
P-60	48.5	1.36	1.53	0.061	10	10	430.97	0.85	494.96	145.398	640.358	0.06	23.46	23.46	0.0235
P-59	210.1	21.4	2.88	0.115	10	10	430.97	0.85	3306.4	630.2	3936.599	0.39	144.21	144.21	0.1442
P-60	210.1	21.4	2.88	0.115	10	10	430.97	0.85	3431.9	932.4	4364.319	0.44	159.88	159.88	0.1599
P-59- P-60														159.88	0.160
P-61	31.36	0.95	1.06	0.043	10	10	430.97	0.85	341.75	94.08	435.83	0.04	15.97	15.97	0.0160
P-62	31.36	0.95	1.06	0.043	10	10	430.97	0.85	187.21	94.08	281.29	0.03	10.30	10.30	0.0103
P-61	241.4	22.4	3.33	0.133	10	10	430.97	0.85	3648.2	724.2	4372.429	0.44	160.17	160.17	0.1602
P-62	241.4	22.4	3.33	0.133	10	10	430.97	0.85	3619.1	1026.5	4645.609	0.46	170.18	170.18	0.1702
P-61- P-62														170.18	0.170

Áreas Contribuyentes

Método Racional

$$Q = C * I * A$$

Pto Control	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvia		Coeficient C	Area				Caudal		
	Long (m)	Δh (m)	Tc (min)	0.4*Tc (min)	Tc>10 (min)	Tr (años)	I (l/s -ha)		A. cubierta (m2)	A. vía (m2)	A. Total (m2)	A. Total (ha)	Q. propio (l/s)	Q. diseño (l/s)	Q.diseño (m3/s)
P-63	190.94	14.87	2.97	0.119	10	10	430.97	0.85	1425.75	572.82	1998.57	0.20	73.21	73.21	0.0732
P-64	190.94	14.87	2.97	0.119	10	10	430.97	0.85	1920.41	572.82	2493.23	0.25	91.33	91.33	0.0913
P-63- P-64														164.55	0.1645



Análisis de escorrentía superficial existente aportanes- tramo n04

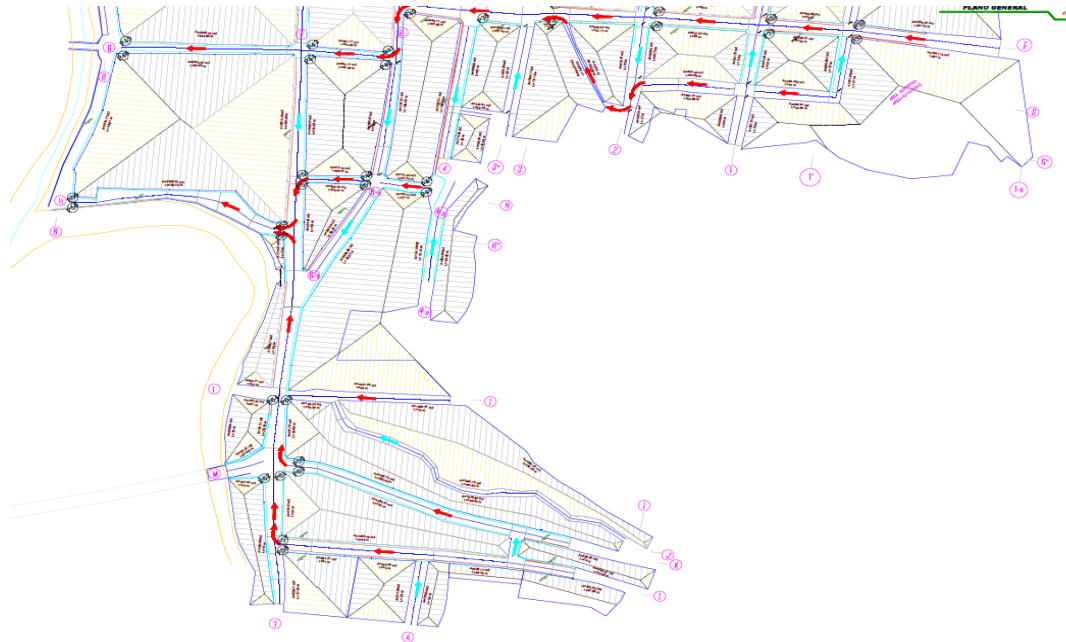


Tabla 1: Cotas de terreno

Punto	Cota
G-4	2153.7
G-6	2148.44
G-7	2145.17
H-3"	2161.44
H-4	2152.66
H-6	2146.2
H-7	2144.44
H"-7	2144.14
H-8	2140.67
Ha-4	2163.03
Ha-6	2144.87

Tabla 2: Diferencia de alturas

Ejes	4	4a	6	6a	7
Δh	1.04	10.37	2.24	1.33	1.03

Tabla 3: Longitud puntos de control

Ejes	4	4a	6	6a	7
Longitud	51.2	80.86	73	62.75	78.29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023

Método Racional

Calles en direccion del flujo	Tiempo de concentración					Intensidad aguas de lluvias		Coeficiente	Area				Caudal		
	Long	Δh	Tc	0.4*Tc	Tc>10	Tr	I		A. cubierta	A. vía	A. Total	A. Total	Q. propio	Q. diseño	Q.diseño
	(m)	(m)	(min)	(min)	(min)	(años)	(l/s -ha)	C	(m2)	(m2)	(m2)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(m3/s)
CA. Cahuide	51.2	1.04	1.8	0.072	10	10	430.97	0.85	407.28	128	535.28	0.05	19.61	19.61	0.020
CA. Cahuide	51.2	1.04	1.81	0.072	10	10	430.97	0.85	648.66	128	776.66	0.08	28.45	28.45	0.028
L-IZ ; L-D _Eje -4														48.06	0.048
CA. Cahuide	80.86	10.4	1.27	0.051	10	10	430.97	0.85	281.73	243	524.31	0.05	19.21	19.21	0.019
CA. Cahuide	80.86	10.4	1.27	0.051	10	10	430.97	0.85	274.40	243	516.98	0.05	18.94	18.94	0.019
L-IZ ; L-D _Eje -4a														38.15	0.038
Jr. Jose Galvez	73	2.24	2.03	0.081	10	10	430.97	0.85	1147.61	219	1366.6	0.14	50.06	50.06	0.050
Jr. Jose Galvez	73	2.24	2.03	0.081	10	10	430.97	0.85	1090.97	219	1310	0.13	47.99	47.99	0.048
L-IZ ; L-D _Eje -6														98.05	0.098
Jr. Jose Galvez	62.75	1.33	2.08	0.083	10	10	430.97	0.85	1727.75	173	1900.3	0.19	69.61	69.61	0.070
Jr. Jose Galvez	62.75	1.33	2.08	0.083	10	10	430.97	0.85	298.45	173	471.01	0.05	17.25	17.25	0.017
L-IZ ; L-D _Eje -6a														86.87	0.087
JR. Rosendo Men.	78.29	1.03	2.97	0.119	10	10	430.97	0.85	1105.21	235	1340.1	0.13	49.09	49.09	0.049
JR. Rosendo Men.	55	1.03	1.97	0.079	10	10	430.97	0.85	1105.21	165	1270.2	0.13	46.53	46.53	0.047
L-IZ ; L-D _Eje -7														95.62	0.096

Anexo G. Diseño de cunetas

TRAMO 1



DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

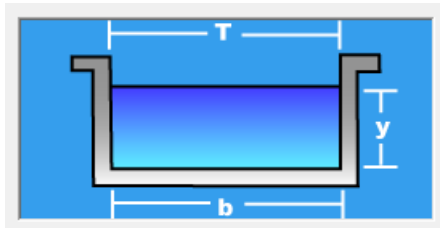
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.533 m3/s

Punto control N° 10

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.533 m3/s, S = 0.12 m/m, b = 0.250 ancho solera

Q = (A x R^2/3 x S^1/2) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

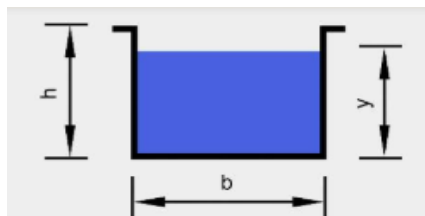
V = (R^2/3 x S^1/2) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS table: Qc = 0.533 m3/s, S = 0.12 m/m, b = 0.25 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Software interface for 'H canales' showing input data (Lugar: Lajas, Proyecto: Pavim.Jr. Alfonso Ugarte, etc.) and results (Tirante normal: 0.4167 m, Area hidráulica: 0.1042 m2, etc.)



Calculo Y = 0.416 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.54

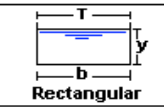
B cuneta = B = 0.25

Summary table: Ancho Cuneta: 0.25 m, Prof. De cuneta: 0.45 m, Ancho 'B', Profundidad 'Y', USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.45M X B=0.25M

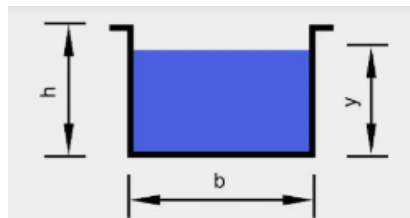


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.416	m	tirante de agua
A	0.104	m ²	área hidráulica
Pm	1.083	m	perimetro mojado
R	0.096	m	radio hidraulico
V	5.116	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.55 m
Y cuneta = 0.45 m
B cuneta = 0.25 m



DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

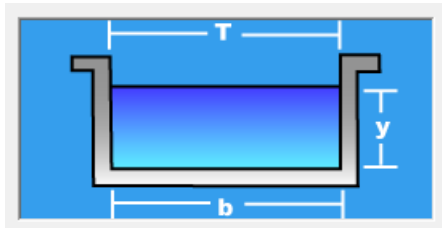
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.411 m3/s

Punto control N° 11

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETA



Profundidad :P

Datos:

Qc	=	0.411	m3/s
S	=	0.12	m/m
b	=	0.250	ancho solera

Q = (A * R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

V = (R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS

Qc	=	0.411	m3/s
S	=	0.12	m/m
b	=	0.25	m
n	=	0.014	rugosidad de concreto

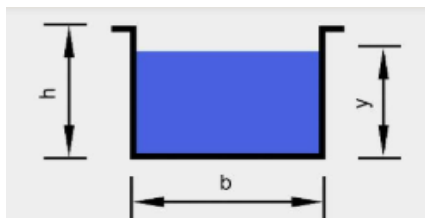
Lugar: Lajas Proyecto: Pavim.Jr. Alfonso Ugarte
Tramo: Cuneta Tipo01_Punto C.11 Revestimiento: Concreto

Datos:

Caudal (Q):	0.411	m3/s
Ancho de solera (b):	0.25	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.12	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.3293	m
Área hidráulica (A):	0.0823	m2
Espejo de agua (T):	0.2500	m
Número de Froude (F):	2.7771	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	0.9087	m
Radio hidráulico (R):	0.0906	m
Velocidad (v):	4.9917	m/s
Energía específica (E):	1.5993	m-Kg/Kg



Calculo Y = 0.333 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.43

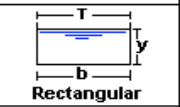
B cuneta = B = 0.25

Ancho Cuneta:	0.25	m	Ancho "B"	USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.35M X B=0.25M
Prof. De cuneta:	0.35	m	Profundidad "Y"	

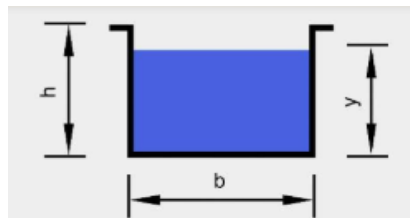


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.329	m	tirante de agua
A	0.082	m ²	área hidráulica
P _m	0.909	m	perimetro mojado
R	0.091	m	radio hidraulico
V	4.992	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.45 m
Y cuneta = 0.35 m
B cuneta = 0.25 m



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

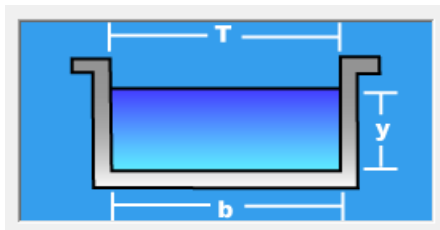
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.110 m3/s

Punto control N° 4

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.110 m3/s, S = 0.11 m/m, b = 0.200 ancho solera

Q = (A * R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

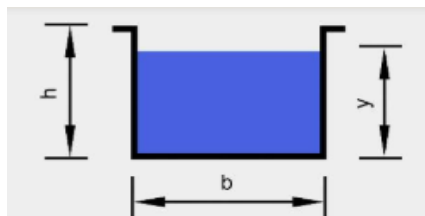
V = (R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS table: Qc = 0.110 m3/s, S = 0.11 m/m, b = 0.20 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Software interface showing input fields for location, project, and material, and a results table with hydraulic parameters like velocity, area, and Froude number.



Calculo Y = 0.151 m
Adapatdo Y = 0.200 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.26

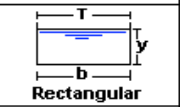
B cuneta = B = 0.20

Summary table: Ancho Cuneta: 0.20 m, Ancho 'B': 0.20 m, Prof. De cuneta: 0.20 m, USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.20M X B=0.20M

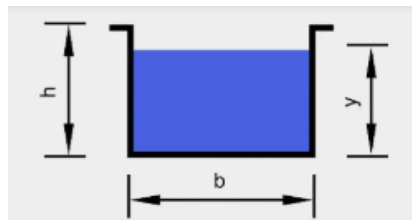


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.151	m	tirante de agua
A	0.032	m ²	área hidráulica
Pm	0.502	m	perimetro mojado
R	0.060	m	radio hidraulico
V	3.638	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

- H cuneta = 0.3 m
- Y cuneta = 0.2 m
- B cuneta = 0.2 m



DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

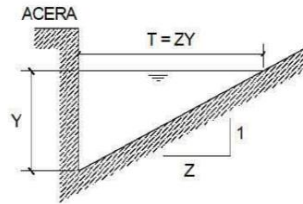
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETA TRIANGULARES

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.110 m3/s

Punto control N° 4

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETA



Profundidad : Y

Datos:

Table with 2 columns: Parameter and Value. Rows include Qc (0.110 m3/s), SL (0.11 m/m), T (0.300 m), Z (1.200 m/m), and Y (0.250 m).

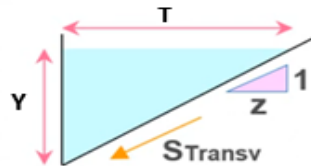
Aplicando la formula

Q=315 * (Z/n)^(1/2) * Y^1.49 * (1 + sqrt(1+Z^2))^(-0.04) = 0.0005 l/s, 0.54695 m3/s

-Para canales revestidos de concreto

n= 0.014

Donde se deduce que:



- Y = 0.250 m
T = 0.300 m
Z = 1.200 m/m

Software interface showing input fields for location (Lajas), project (Pavimento Jr. Tupac Amaru), and material (Concreto). It includes a 'Datos' section with values for Tirante (0.25), Ancho de solera (0), Talud 1 (0), Talud 2 (1.20), Coeficiente de rugosidad (0.014), and Pendiente (0.11). The 'Resultados' section shows Caudal (0.1339), Area hidráulica (0.0375), Radio hidráulico (0.0585), Número de Froude (3.2256), Tipo de flujo (Subcrítico), Velocidad (3.5719), Perímetro (0.6405), Espejo de agua (0.3000), and Energía específica (0.9003). A diagram of the gutter cross-section is also shown.

Summary table with 4 columns: Parameter, Value, Unit, and Recommendation. Row 1: Ancho Cuneta: 0.30 m, Ancho 'T': USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.25M X T=0.30M. Row 2: Prof. De cuneta: 0.25 m, Profundidad 'Y': USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.25M X T=0.30M.

TRAMO 2



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

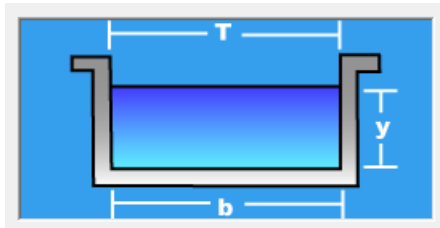
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.666 m3/s

Punto control N° 18

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.666 m3/s, S = 0.09 m/m, b = 0.300 ancho solera

Q = (A * R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Aplicando la formula de MANNING

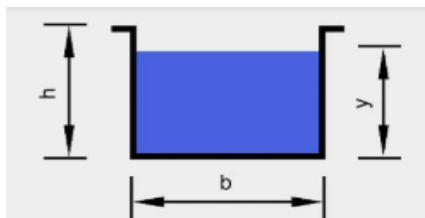
-Para canales revestidos de concreto n=0.014

V = (R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

Software interface for gutter calculation showing input fields for location, project, and data, and a results table with values like Tirante normal (y) = 0.4453 m and Tipo de flujo = Supercritico.



Calculo Y = 0.45 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.58

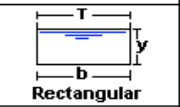
B cuneta = B = 0.30

Summary table with 4 columns: Ancho Cuneta (0.30 m), Ancho 'B', Prof. De cuneta (0.45 m), Profundidad 'Y', and final recommendation: USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.45M X B=0.30M

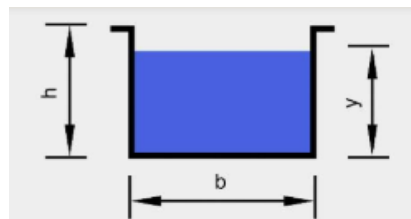


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.445	m	tirante de agua
A	0.134	m ²	área hidráulica
Pm	1.191	m	perimetro mojado
R	0.112	m	radio hidraulico
V	4.985	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.55 m
Y cuneta = 0.45 m
B cuneta = 0.3 m



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

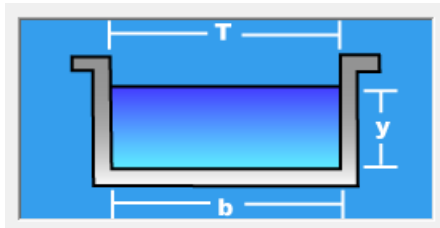
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.254 m3/s

Punto control N° 19

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad :P

Datos:

Qc	=	0.254	m3/s
S	=	0.09	m/m
b	=	0.250	ancho solera

Q = (A x R^(2/3) x S^(1/2)) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

V = (R^(2/3) x S^(1/2)) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS

Qc	=	0.254	m3/s
S	=	0.09	m/m
b	=	0.25	m
n	=	0.014	rugosidad de concreto

Lugar: Lajas Proyecto: Pavim.Jr.Belisario Barsalio

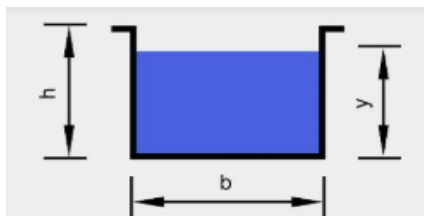
Tramo: Cuneta Tipo02_Punto 19 Revestimiento: Concreto

Datos:

Caudal (Q):	0.254	m3/s
Ancho de solera (b):	.25	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.09	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.2488	m
Area hidráulica (A):	0.0622	m2
Espejo de agua (T):	0.2500	m
Número de Froude (F):	2.6141	
Tipo de flujo:	Supercrítico	
Perímetro (p):	0.7476	m
Radio hidráulico (R):	0.0832	m
Velocidad (v):	4.0838	m/s
Energía específica (E):	1.0988	m-Kg/Kg



Calculo Y = 0.250 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.33

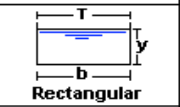
B cuneta = B = 0.25

Ancho Cuneta:	0.25	m	Ancho "B"	USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.25M X B=0.25M
Prof. De cuneta:	0.25	m	Profundidad "Y"	

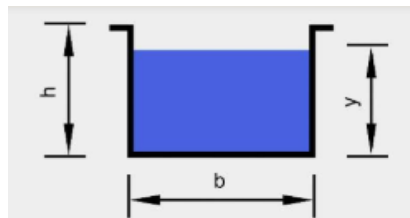


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.203	m	tirante de agua
A	0.061	m ²	área hidráulica
Pm	0.300	m	perimetro mojado
R	0.086	m	radio hidraulico
V	4.181	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.35 m
Y cuneta = 0.25 m
B cuneta = 0.25 m



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

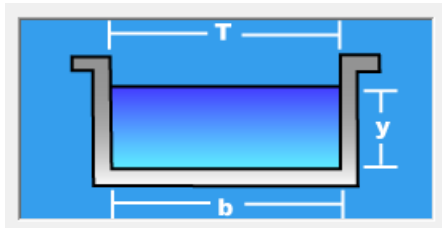
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.127 m3/s

Punto control N° 4

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.127 m3/s, S = 0.018 m/m, b = 0.250 ancho solera

Q = (A x R^2/3 x S^1/2) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

V = (R^2/3 x S^1/2) / eta

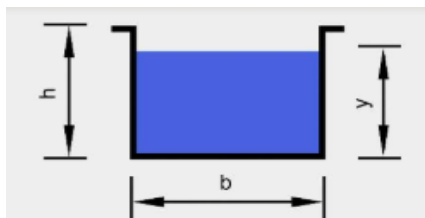
DATOS

Table with 2 columns: Variable and Value. Includes Qc, S, b, n.

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

Software interface for gutter design with input fields for location, project, and hydraulic data, and a results table.



Calculo Y = 0.27 m
Adaptado Y = 0.300 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.39

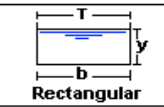
B cuneta = B = 0.25

Summary table with 4 columns: Parameter, Value, Unit, and Recommendation.

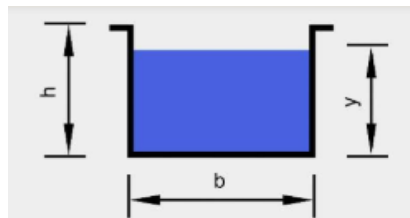


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.273	m	tirante de agua
A	0.068	m ²	área hidráulica
Pm	0.795	m	perimetro mojado
R	0.086	m	radio hidraulico
V	1.863	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.40 m
Y cuneta = 0.3 m
B cuneta = 0.25 m



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

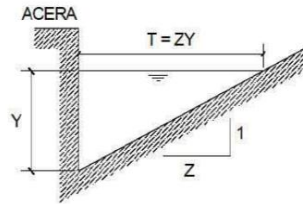
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA TRIANGULARES

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.127 m3/s

Punto control N° 14

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad : Y

Datos:

Table with 2 columns: Variable and Value. Qc = 0.127 m3/s, SL = 0.018 m/m, T = 0.350 m, Z = 0.778 m/m, Y = 0.450 m.

1.2857143

Aplicando la formula

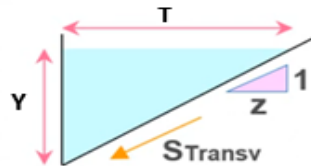
Q=315 * (Z/n)^(1/2) * Y * (Z / (1 + sqrt(1+Z^2)))^0.583 * S^0.047

-Para canales revestidos de concreto

n= 0.014

Sx= 1.2857143

Donde se deduce que:



- Y = 0.450 m
T = 0.350 m
Z = 0.778 m/m

Software interface for gutter calculation showing input data (Lugar: Lajas, Proyecto: Jr. Jose Galvez, etc.) and results (Caudal: 0.1369 m3/s, Velocidad: 1.7377 m/s, etc.).

Summary table with 4 columns: Dimension, Value, Unit, and Recommendation. Ancho Cuneta: 0.35 m, Ancho 'T': 0.35 m, Prof. De cuneta: 0.45 m, Profundidad 'Y': 0.45 m. Recommendation: USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.45M X T=0.35M.

TRAMO 3



DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

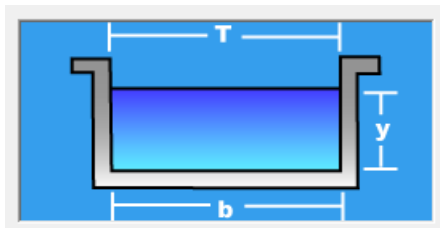
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.460 m3/s

Punto control N° 28

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.460 m3/s, S = 0.12 m/m, b = 0.250 ancho solera

Q = (A * R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

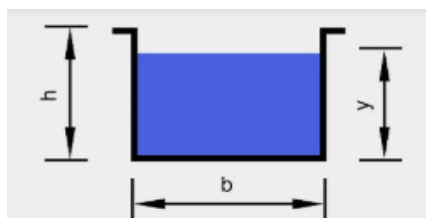
V = (R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS table: Qc = 0.460 m3/s, S = 0.12 m/m, b = 0.25 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Software interface for channel design showing input fields for location, project, and data, and output fields for results like normal depth, area, and velocity.



Calculo Y = 0.412 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.54

B cuneta = B = 0.25

Summary table: Ancho Cuneta: 0.25 m, Ancho "B": 0.25 m, Prof. De cuneta: 0.45 m, Profundidad "Y": 0.45 m. Includes note: USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.45M X B=0.25M



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

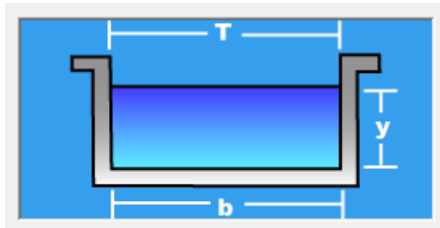
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.582 m3/s

Punto control N° 29

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.582 m3/s, S = 0.12 m/m, b = 0.250 ancho solera

Q = (A x R^2/3 x S^1/2) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

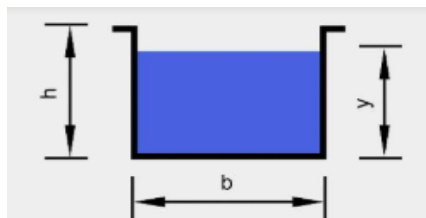
V = (R^2/3 x S^1/2) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS table: Qc = 0.582 m3/s, S = 0.12 m/m, b = 0.25 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Software interface for gutter calculation showing input fields for location, project, and material, and a results table with hydraulic parameters like normal depth, area, velocity, and Froude number.



Calculo Y = 0.500 m
H cuneta = y + (0.30*y) = 0.65
B cuneta = B = 0.25

Summary table: Ancho Cuneta: 0.25 m, Ancho 'B': USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.55M X B=0.25M, Prof. De cuneta: 0.55 m, Profundidad 'Y': USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.55M X B=0.25M



DISEÑO DE CUNETA LATERAL CÁLCULO HIDRÁULICO

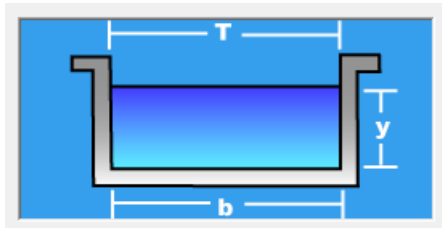
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.039 m3/s

Punto control N° 21

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.039 m3/s, S = 0.073 m/m, b = 0.200 ancho solera

Q = (A x R^2/3 x S^1/2) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

V = (R^2/3 x S^1/2) / eta

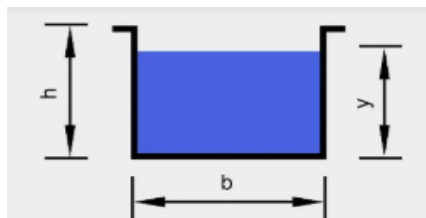
DATOS

Table with 2 columns: Variable and Value. Qc = 0.039 m3/s, S = 0.073 m/m, b = 0.20 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

Software interface for gutter calculation showing input fields (Lugar: Lajas, Proyecto: Pavim. AV. la Planta) and output results (Tirante normal: 0.0804 m, Area hidraulica: 0.0161 m2, etc.)



Calculo Y = 0.100 m
Adapatdo Y = 0.150 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.20

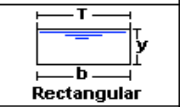
B cuneta = B = 0.20

Summary table: Ancho Cuneta: 0.20 m, Ancho 'B': 0.20 m, Prof. De cuneta: 0.20 m, Profundidad 'Y': 0.20 m. Note: USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.20M X B=0.20M

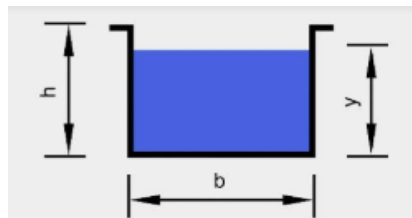


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CÁLCULO HIDRÁULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.151	m	tirante de agua
A	0.032	m ²	área hidráulica
Pm	0.502	m	perimetro mojado
R	0.060	m	radio hidraulico
V	3.638	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.2 m
Y cuneta = 0.1 m
B cuneta = 0.2 m



DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

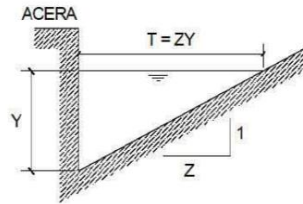
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETA TRIANGULARES

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.039 m3/s

Punto control N° 21

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETA



Profundidad : Y

Datos:

Table with 2 columns: Variable and Value. Qc = 0.039 m3/s, SL = 0.073 m/m, T = 0.300 m, Z = 1.500 m/m, Y = 0.200 m

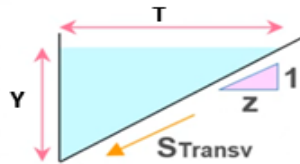
Aplicando la formula

Q=315 * (Z/n)^(1/2) * Y^3 / (1 + sqrt(1+Z^2))^2 = 0.0001 l/s, 0.10036 m3/s

-Para canales revestidos de concreto

n = 0.014

Donde se deduce que:



Y = 0.200 m, T = 0.300 m, Z = 1.500 m/m

Software interface showing input fields for location (Lajas), project (Pavim. AV. la Planta), and gutter details (Cuneta_Eje.1, concrete). It includes a data table with values for depth (0.20m), top width (0m), slopes (0 and 1.50), roughness (0.014), and slope (0.073). Results show discharge (0.0822 m3/s), velocity (2.7407 m/s), area (0.0300 m2), radius (0.0535 m), Froude number (2.7672), and flow type (Subcrítico).

Summary table with 4 columns: Dimension, Value, Unit, and Recommendation. Ancho Cuneta: 0.30 m, Ancho 'T': 0.30M, Prof. De cuneta: 0.20 m, Profundidad 'Y': 0.20M. Recommendation: USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.20M X T=0.30M

Y = 0.200 m, T = 0.300 m, H = 0.300 m/m

TRAMO 4



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

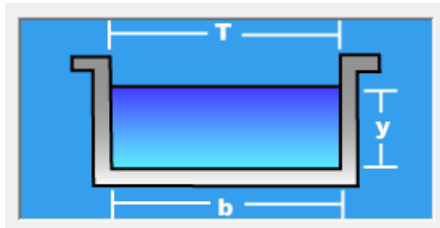
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.561 m3/s

Punto control N° 45

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.561 m3/s, S = 0.102 m/m, b = 0.250 ancho solera

Q = (A * R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

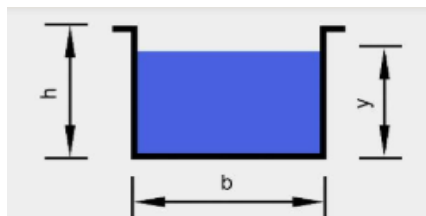
V = (R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS table: Qc = 0.561 m3/s, S = 0.102 m/m, b = 0.25 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Software interface for 'H canales' showing input fields for location, project, and data, and a results table with hydraulic parameters.



Calculo Y = 0.461 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.60

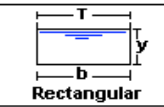
B cuneta = B = 0.25

Summary table: Ancho Cuneta: 0.25 m, Ancho "B": 0.25 m, Prof. De cuneta: 0.50 m, Profundidad "Y": 0.50 m. Includes note: USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.50M X B=0.25M

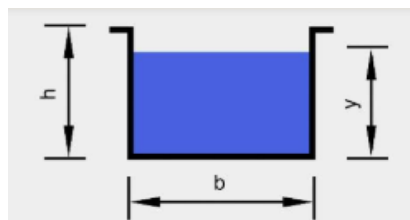


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.462	m	tirante de agua
A	0.115	m ²	área hidráulica
Pm	1.173	m	perimetro mojado
R	0.098	m	radio hidraulico
V	4.861	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.6 m
Y cuneta = 0.5 m
B cuneta = 0.25 m



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

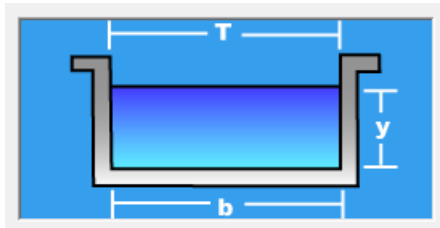
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.536 m3/s

Punto control N° 46

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.536 m3/s, S = 0.102 m/m, b = 0.250 ancho solera

Q = (A x R^2/3 x S^1/2) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

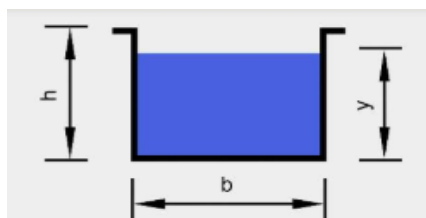
V = (R^2/3 x S^1/2) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS table: Qc = 0.536 m3/s, S = 0.10 m/m, b = 0.25 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Software interface for 'H canales' showing input data (Lajas, Cuneta Punto C.46, Jr. Francisco Bolognesi, Concreto) and results (Tirante normal y: 0.4436 m, Area hidráulica A: 0.1109 m2, etc.)



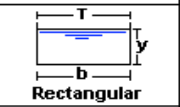
Calculo Y = 0.44 m
H cuneta = y + (0.30*y) = 0.58
B cuneta = B = 0.25

Summary table: Ancho Cuneta: 0.25 m, Ancho "B": USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.50M X B=0.25M, Prof. De cuneta: 0.50 m, Profundidad "Y": USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.50M X B=0.25M

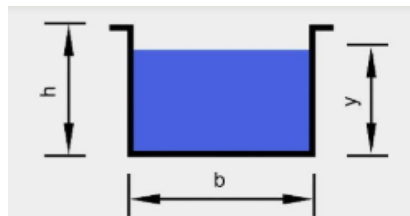


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.506	m	tirante de agua
A	0.127	m ²	área hidráulica
Pm	1.263	m	perimetro mojado
R	0.100	m	radio hidraulico
V	4.599	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.6 m

Y cuneta = 0.5 m

B cuneta = 0.25 m



DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

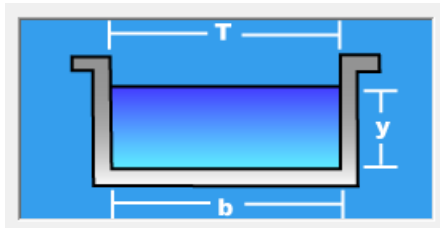
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.039 m3/s

Punto control N° 43

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.039 m3/s, S = 0.016 m/m, b = 0.200 ancho solera

Q = (A x R^2/3 x S^1/2) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

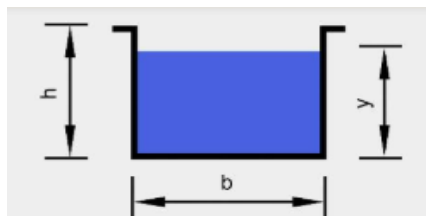
V = (R^2/3 x S^1/2) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS table: Qc = 0.039 m3/s, S = 0.016 m/m, b = 0.20 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Software interface for 'H canales' showing input data (Lugar: Lajas, Proyecto: JR. Rosendo Mendivel, etc.) and results (Tirante normal y: 0.1427 m, Area hidraulica A: 0.0285 m2, etc.)



Calculo Y = 0.143 m
Adapatdo Y = 0.200 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.26

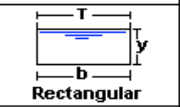
B cuneta = B = 0.20

Summary table: Ancho Cuneta: 0.20 m, Prof. De cuneta: 0.20 m, Ancho 'B', Profundidad 'Y', USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.20M X B=0.20M

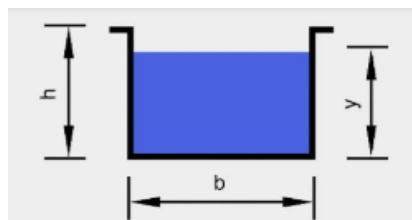


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.151	m	tirante de agua
A	0.032	m ²	área hidráulica
Pm	0.502	m	perimetro mojado
R	0.060	m	radio hidraulico
V	3.638	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.3 m
Y cuneta = 0.2 m
B cuneta = 0.2 m

TRAMO 5



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

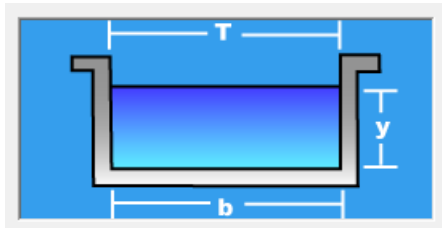
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.498 m3/s

Punto control N° 55

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.498 m3/s, S = 0.080 m/m, b = 0.250 ancho solera

Q = (A x R^2/3 x S^1/2) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

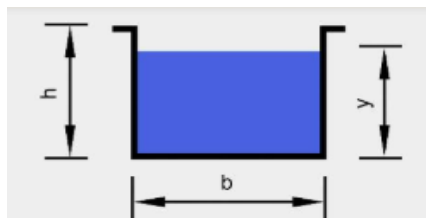
V = (R^2/3 x S^1/2) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS table: Qc = 0.498 m3/s, S = 0.080 m/m, b = 0.25 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Software interface for channel design with input fields for location, project, and data, and output fields for results like water depth and velocity.



Calculo Y = 0.463 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.60

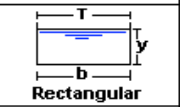
B cuneta = B = 0.25

Summary table with 4 columns: Ancho Cuneta (0.25 m), Ancho "B", Prof. De cuneta (0.50 m), Profundidad "Y", and final recommendation: USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.50M X B=0.25M

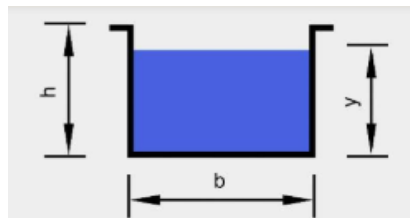


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.463	m	tirante de agua
A	0.116	m ²	área hidráulica
Pm	1.175	m	perimetro mojado
R	0.098	m	radio hidraulico
V	4.306	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.6 m
Y cuneta = 0.5 m
B cuneta = 0.25 m



DISEÑO DE CUNETETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

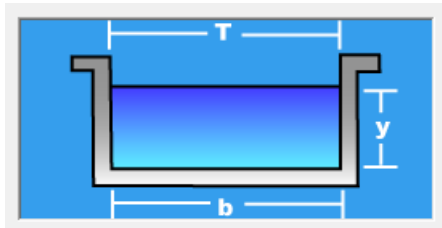
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.326 m3/s

Punto control N° 56

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETETA



Profundidad :P

Datos:

Qc	=	0.326	m3/s
S	=	0.080	m/m
b	=	0.250	ancho solera

Q = (A * R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

V = (R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

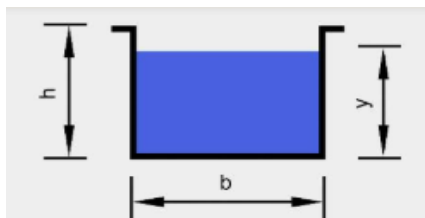
DATOS

Qc = 0.326 m3/s
S = 0.08 m/m
b = 0.25 m
n = 0.014 rugosidad de concreto

Lugar: Lajas Proyecto: CA. Rio Jalqueño
Tramo: Cuneta Punto C.56 Revestimiento: Concreto

Datos:
Caudal (Q): 0.326 m3/s
Ancho de solera (b): .25 m
Talud (Z): 0
Rugosidad (n): 0.014
Pendiente (S): 0.08 m/m

Resultados:
Tirante normal (y): 0.3214 m Perímetro (p): 0.8928 m
Area hidráulica (A): 0.0803 m2 Radio hidráulico (R): 0.0900 m
Espejo de agua (T): 0.2500 m Velocidad (v): 4.0573 m/s
Número de Froude (F): 2.2850 Energía específica (E): 1.1604 m-Kg/Kg
Tipo de flujo: Supercrítico



Calculo Y = 0.40 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.52

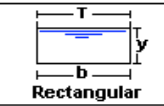
B cuneta = B = 0.25

Ancho Cuneta:	0.25	m	Ancho "B"	USAR CUNETETA DE DIMENSIONES Y=0.35M X B=0.25M
Prof. De cuneta:	0.40	m	Profundidad "Y"	

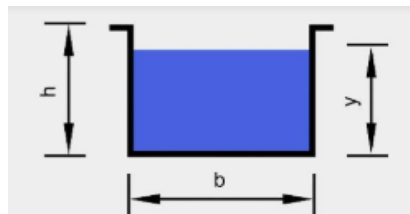


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.506	m	tirante de agua
A	0.127	m ²	área hidráulica
Pm	1.263	m	perimetro mojado
R	0.100	m	radio hidraulico
V	4.599	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.5 m
Y cuneta = 0.4 m
B cuneta = 0.25 m



DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

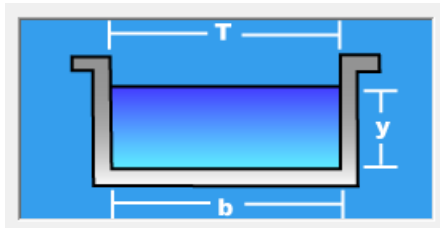
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETA RECTANGULAR

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.070 m3/s

Eje - 6a

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETA



Profundidad :P

Datos:

Table with 3 rows: Qc = 0.070 m3/s, S = 0.021 m/m, b = 0.200 ancho solera

Q = (A * R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Aplicando la formula de MANNING

-Para canales revestidos de concreto n=0.014

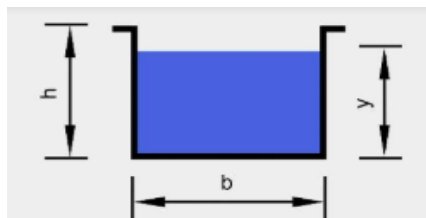
V = (R^(2/3) * S^(1/2)) / eta

Donde se deduce que:

Empleando el programa H canales

DATOS table: Qc = 0.070 m3/s, S = 0.021 m/m, b = 0.20 m, n = 0.014 rugosidad de concreto

Software interface for 'H canales' showing input data (Lugar: Lajas, Proyecto: Jr. Jose Galvez, etc.) and calculated results (Tirante normal: 0.2046 m, Area hidraulica: 0.0409 m2, etc.)



Calculo Y = 0.205 m
Adapatdo Y = 0.250 m

H cuneta = y + (0.30*y) = 0.33

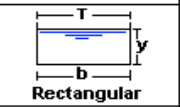
B cuneta = B = 0.20

Summary table: Ancho Cuneta: 0.20 m, Ancho 'B': 0.20 m, Prof. De cuneta: 0.25 m, Profundidad 'Y': 0.25 m. Includes note: USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.25M X B=0.20M

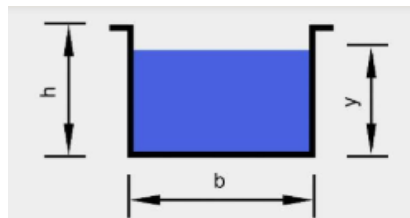


DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

PARAMETROS HIDRAULICOS			
y	0.205	m	tirante de agua
A	0.041	m ²	área hidráulica
Pm	0.609	m	perimetro mojado
R	0.067	m	radio hidraulico
V	1.710	m/s	velocidad

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Cuneta final



Adaptado

H cuneta = 0.35 m
Y cuneta = 0.25 m
B cuneta = 0.2 m



DISEÑO DE CUNETA LATERAL CALCULO HIDRAULICO

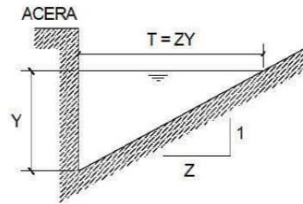
A: CAUDAL DE DISEÑO DE LA CUNETA TRIANGULARES

Los caudales obtenido para el diseño de la sección de la cuneta es:

Qc = 0.070 m3/s

Eje - 6a

B: CALCULO DE LAS DIMENSIONES EN LA CUNETA



Profundidad : Y

Datos:

Table with 2 columns: Parameter and Value. Rows include Qc (0.070 m3/s), SL (0.021 m/m), T (0.300 m), Z (1.200 m/m), and Y (0.250 m).

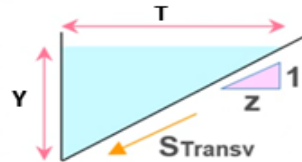
Aplicando la formula

Q=315 * (Z/n)^(1/2) * Y^3 / (1 + sqrt(1+Z^2))^2 = 0.0001 l/s = 0.10544 m3/s

-Para canales revestidos de concreto

n = 0.014

Donde se deduce que:



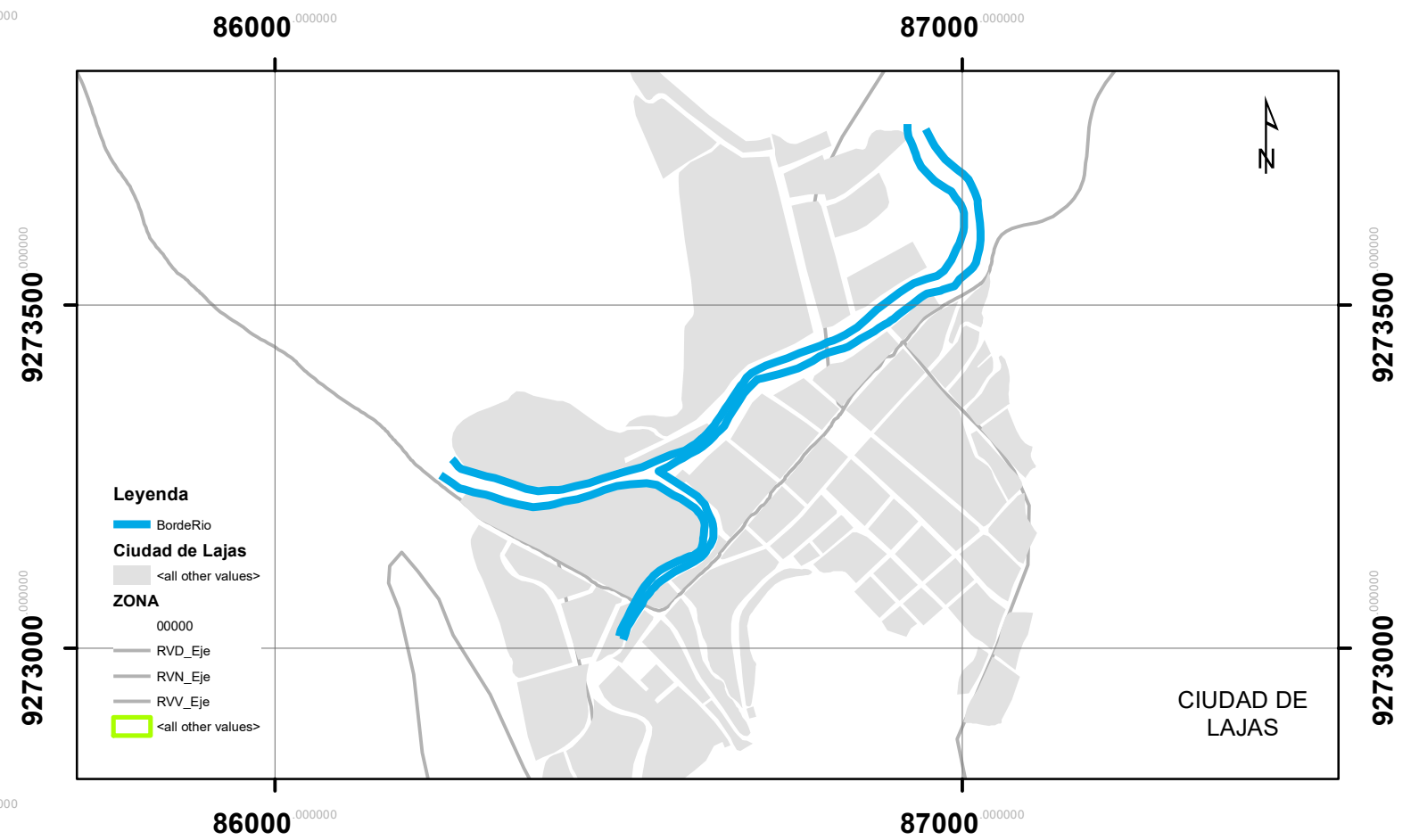
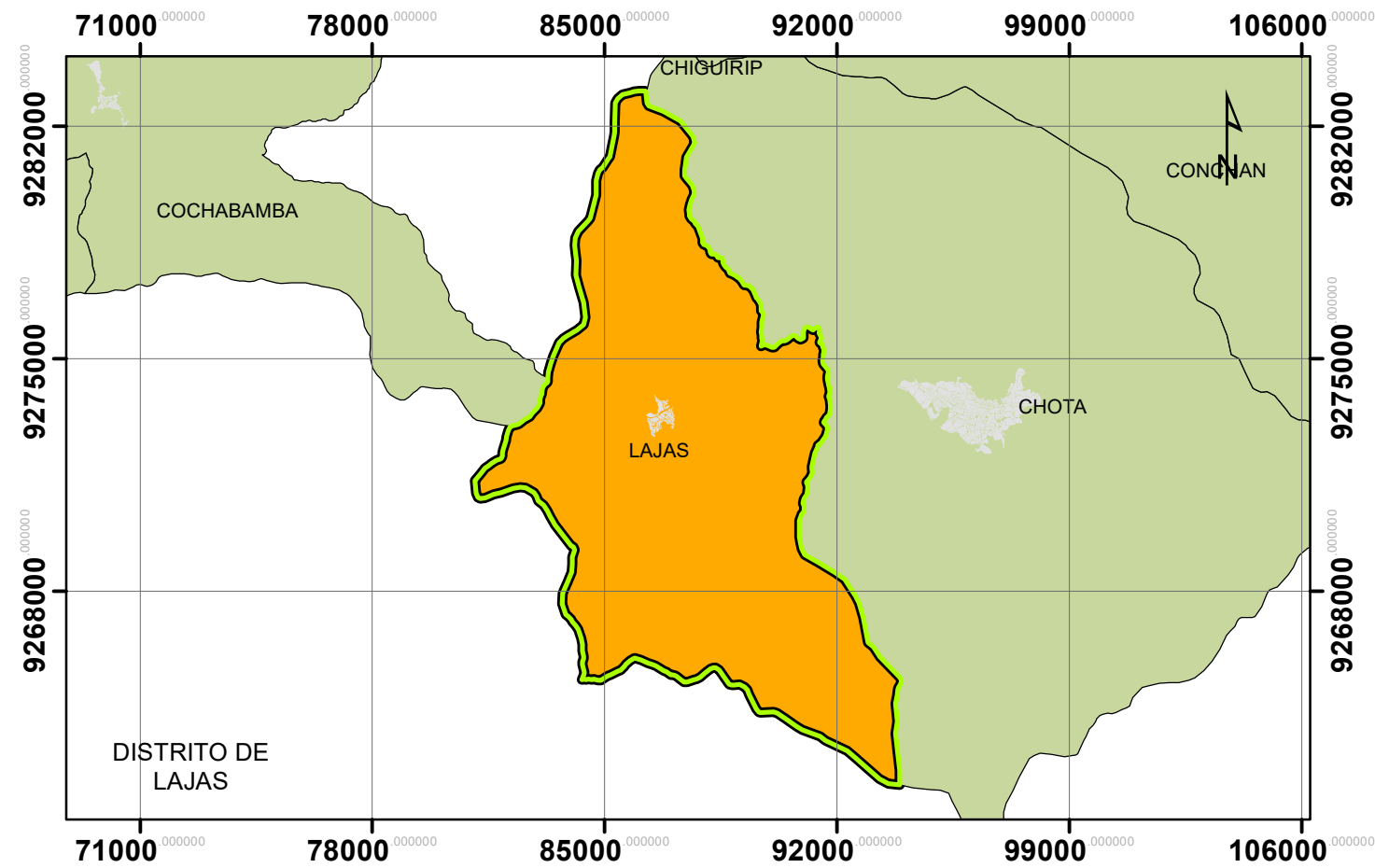
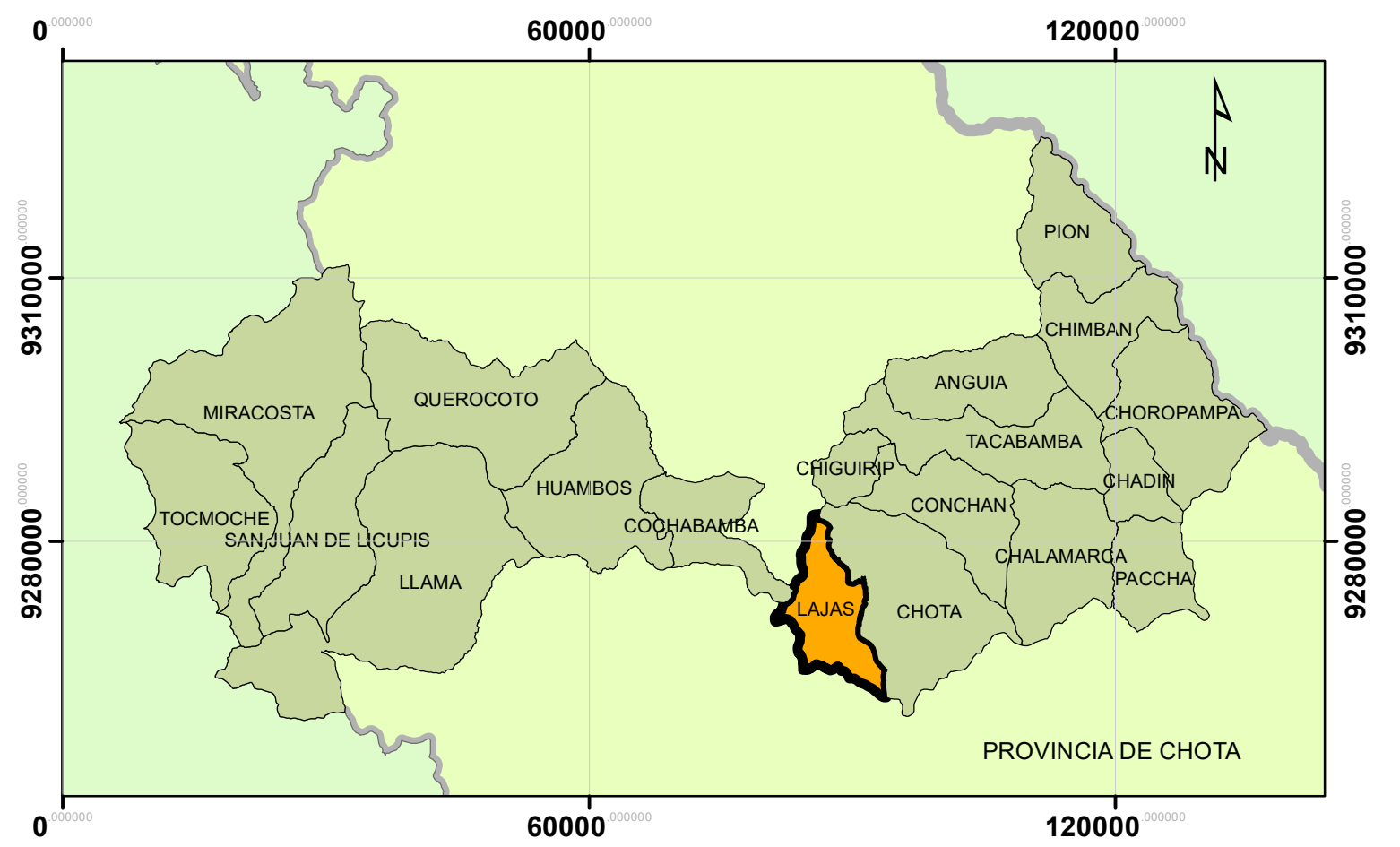
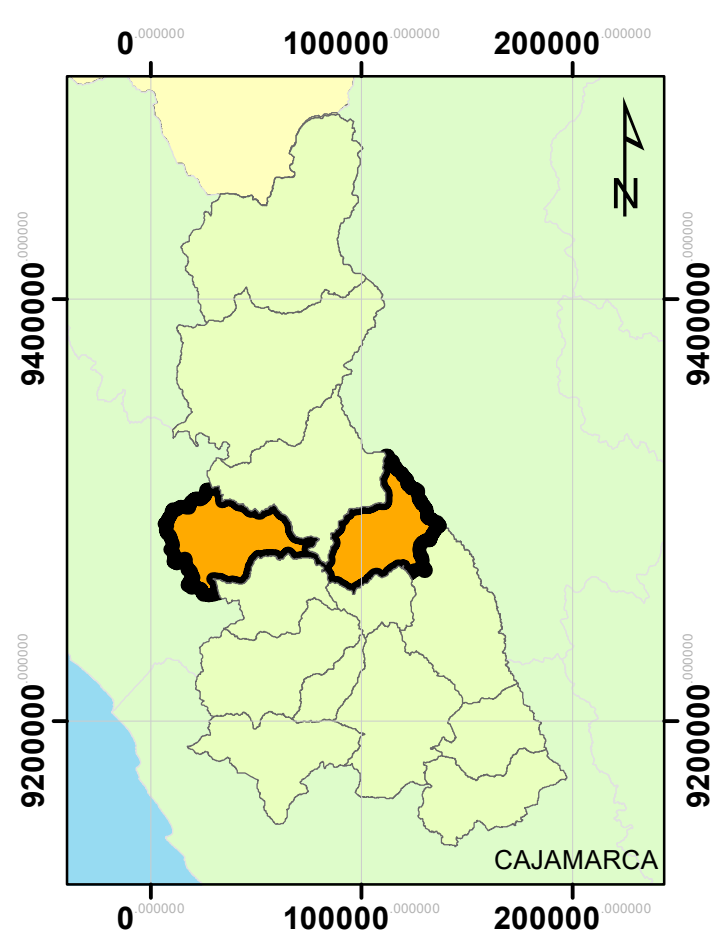
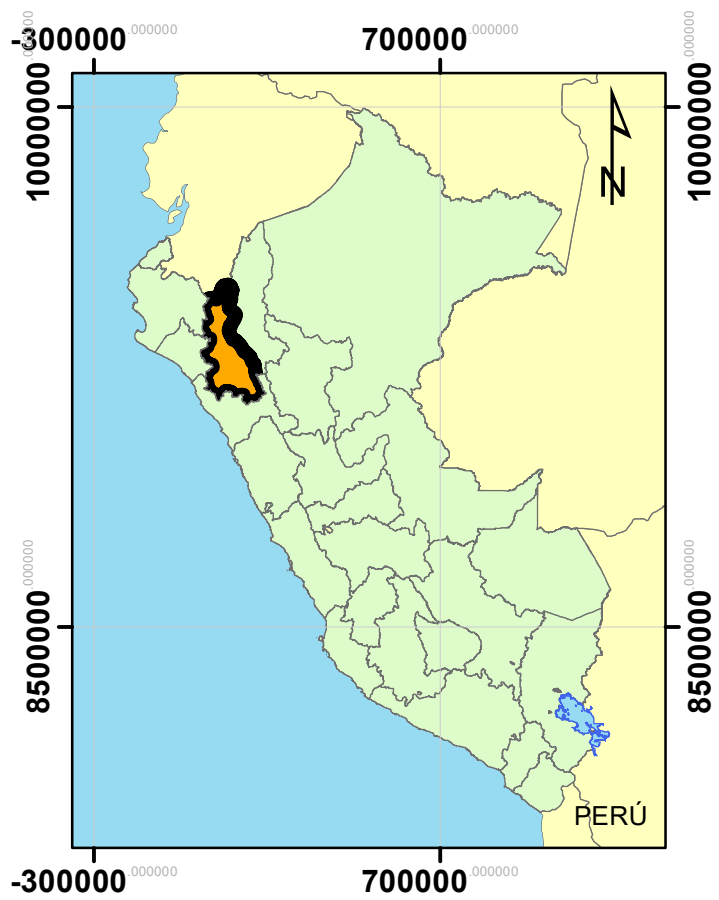
Y = 0.250 m, T = 0.300 m, Z = 1.200 m/m

Software interface showing input data (Lugar: Lajas, Proyecto: Jr. Jose Galvez, etc.) and hydraulic results (Tirante normal: 0.2674 m, Area hidraulica: 0.0429 m2, etc.).

Summary table with 4 columns: Parameter, Value, Unit, and Recommendation. Row 1: Ancho Cuneta: 0.35 m, Ancho "T": USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.30M X T=0.35M. Row 2: Prof. De cuneta: 0.30 m, Profundidad "Y": USAR CUNETA DE DIMENSIONES Y=0.30M X T=0.35M.

H = 0.350 m/m, Y = 0.250 m, T = 0.300 m

Anexo H. Planos



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

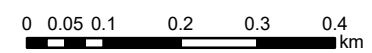
**EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES
DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023**

Presentado por: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

Asesor: Dr. Ing. LUIS ALBERTO
ORBEGOSO NAVARRO

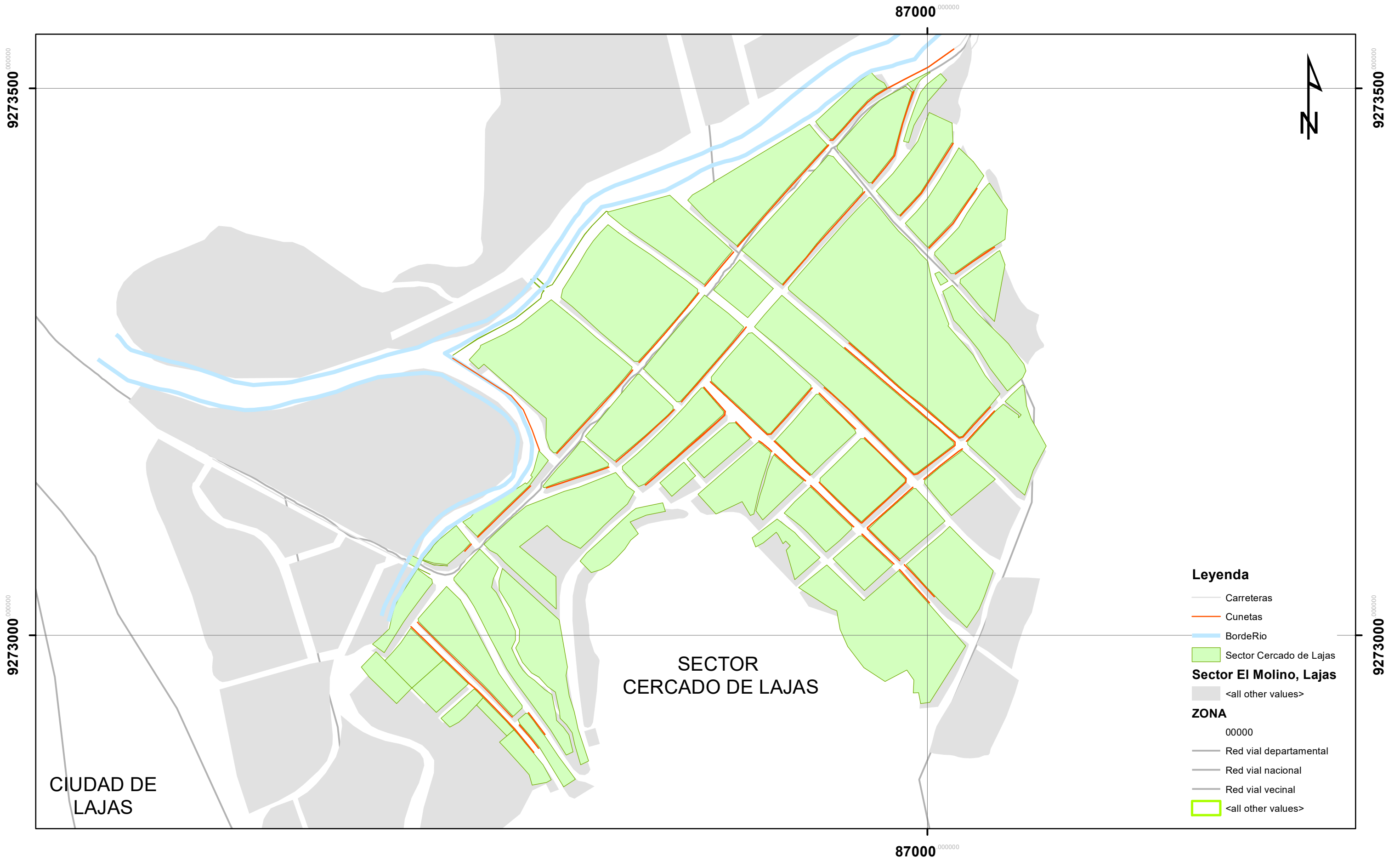
Plano: **UBICACIÓN DE LA CIUDAD DE LAJAS
DISTRITO DE LAJAS PROVINCIA DE CHOTA**

Fecha: Octubre, 2024
Escala: 1:9,824



Mapa:

U-1



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

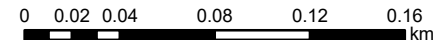
**EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES
DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023**

Presentado por: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

Asesor: Dr. Ing. LUIS ALBERTO
ORBEGOSO NAVARRO

Plano: **SECTORES CERCADO DE LAJAS
DISTRITO DE LAJAS PROVINCIA DE CHOTA**

Fecha: Octubre, 2024
Escala: 1:3,179



Mapa:

U-2

86000 000000

87000 000000

Leyenda

- Cercado de Lajas
- BordeRío

Sector El Molino, Lajas

- <all other values>

ZONA

- 00000
- Red vial departamental
- Red vial nacional
- Red vial vecinal
- <all other values>

SECTOR EL MOLINO

Lajas

SECTOR CERCADO DE LAJAS

CIUDAD DE LAJAS



86000 000000

87000 000000



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

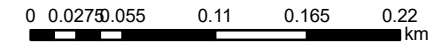
**EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES
DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023**

Presentado por: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

Asesor: Dr. Ing. LUIS ALBERTO
ORBEGOSO NAVARRO

Plano: **SECTORES DE LA CIUDAD DE LAJAS
DISTRITO DE LAJAS PROVINCIA DE CHOTA**

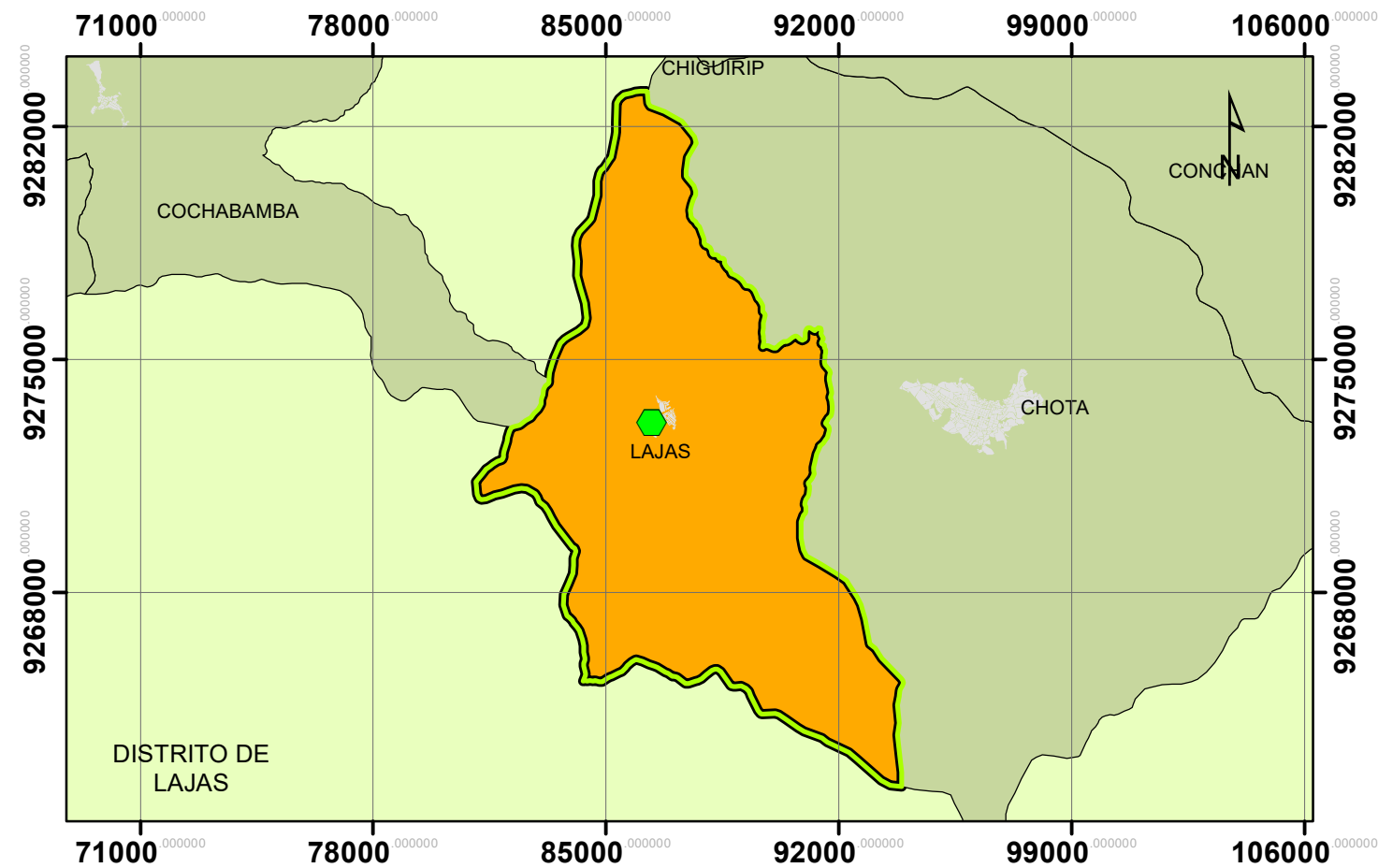
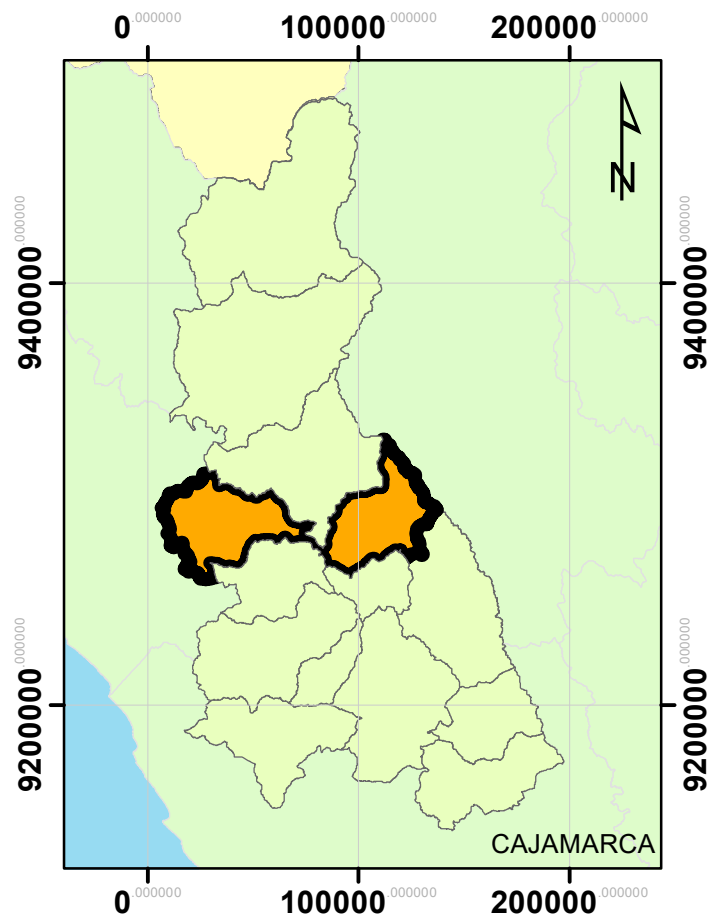
Fecha: Octubre, 2024
Escala: 1:4,508



Mapa:

U-2

Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; Source: Esri, Community



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES
DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023**

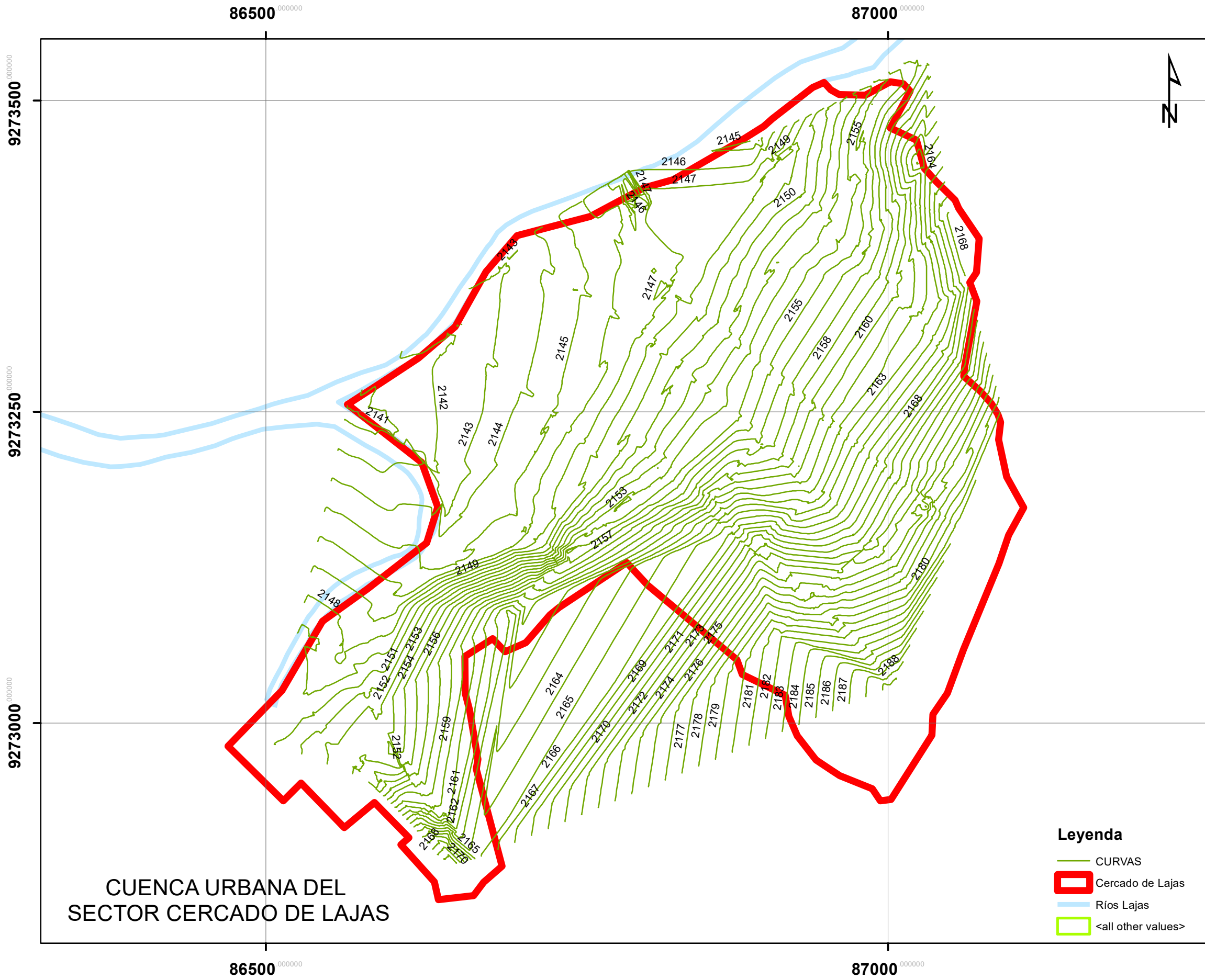
Presentado por: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ Asesor: Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO
EDILBERTO BURGA SILVA

Plano: **ESTACIÓN CHOTANO LAJAS
DISTRITO DE LAJAS PROVINCIA DE CHOTA**

Fecha: Octubre, 2024 Escala: 1:4,344

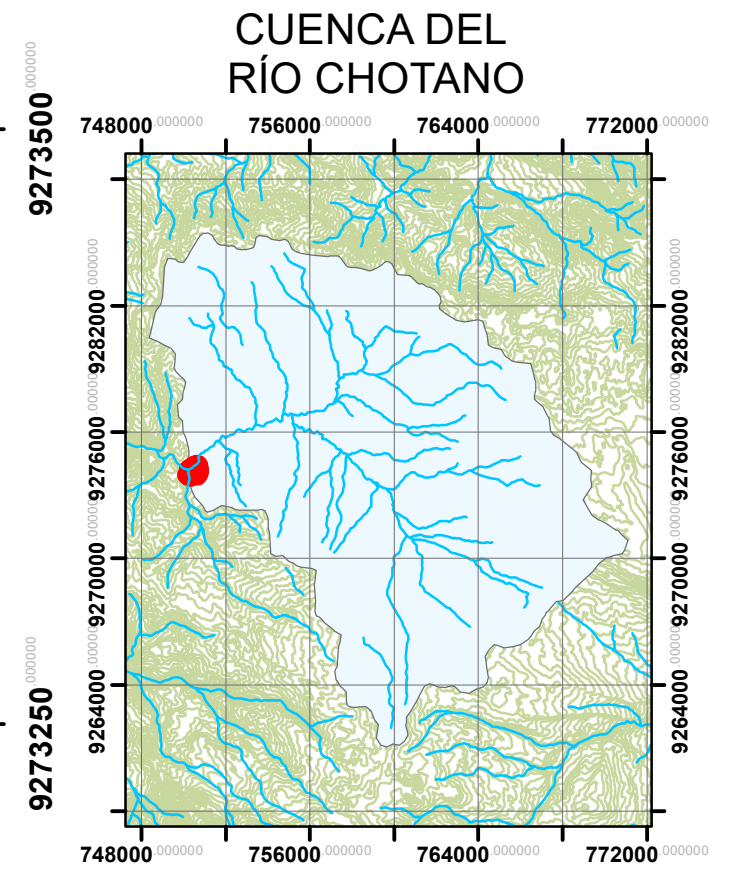
Mapa:
U-1

Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

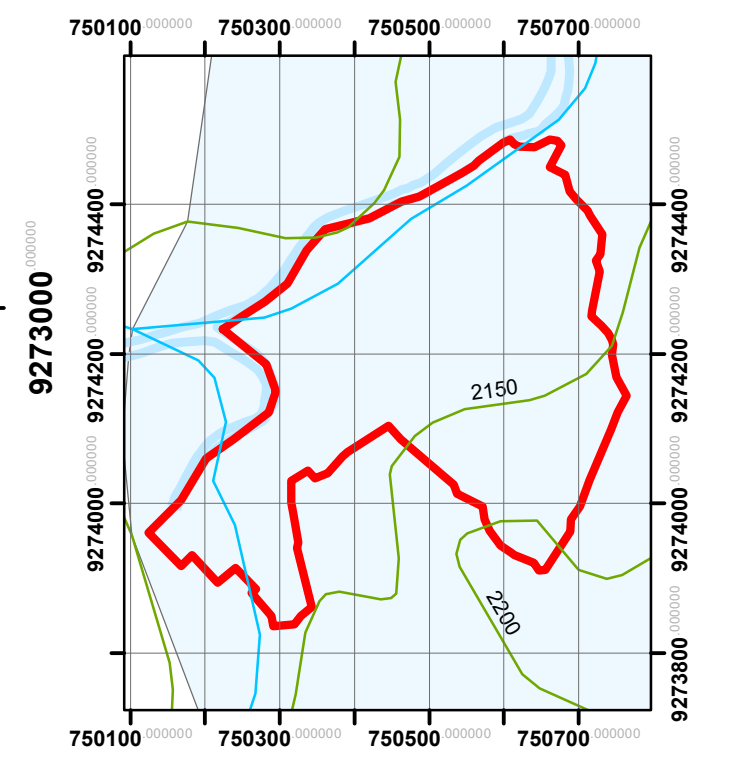


CUENCA URBANA DEL SECTOR CERCADO DE LAJAS

- Legenda**
-  CURVAS
 -  Cercado de Lajas
 -  Ríos Lajas
 -  <all other values>



CUENCA URBANA CERCADO DE LAJAS



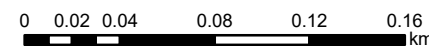
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023

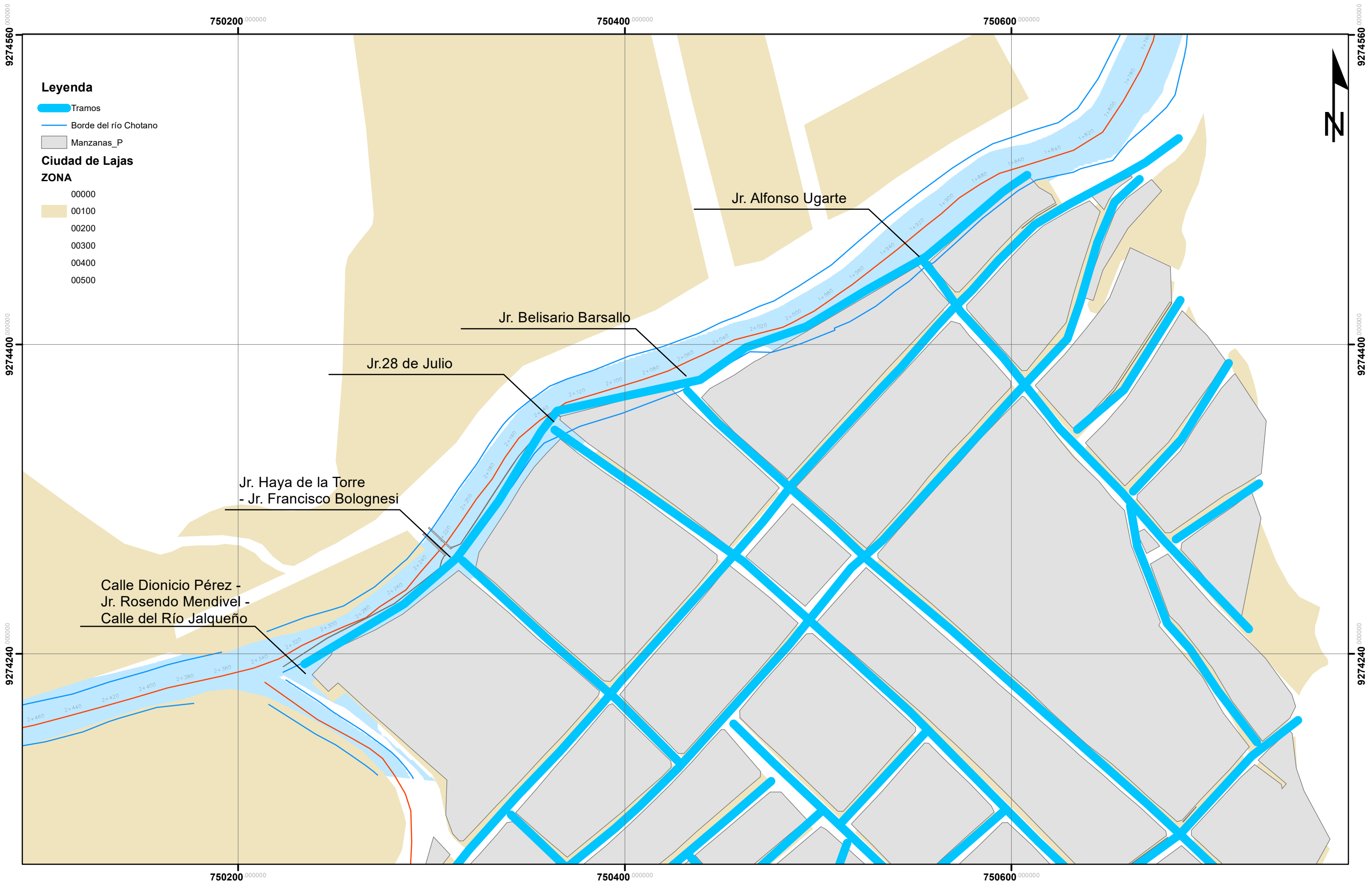
Presentado por: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ Asesor: Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO
 EDILBERTO BURGA SILVA

Plano: **CUENCA URBANA DEL SECTOR CERCADO DE LAJAS**

Fecha: Octubre, 2024 Escala: 1:3,182



Mapa: **U-3**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

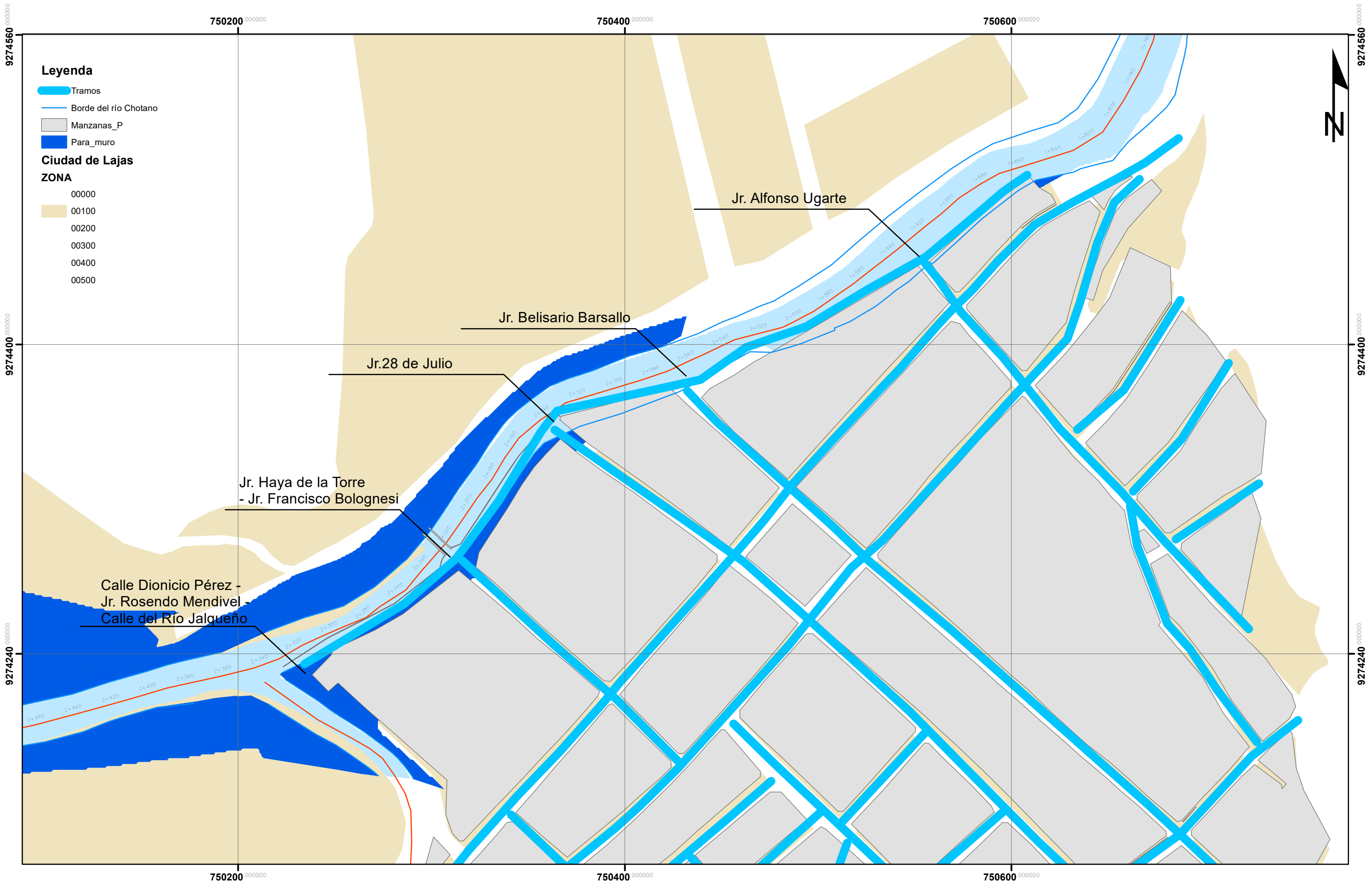
**EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES
DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023**

Presentado por: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ Asesor: Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO
EDILBERTO BURGA SILVA

Plano: **PUNTOS DE ENTREGA DEL CAUDAL
PLUVIAL AL RÍO CHOTANO**

Fecha: Octubre, 2024 Escala: 1:1,779

Mapa:
P-1




**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

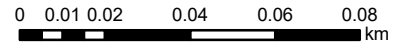
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES
DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023**

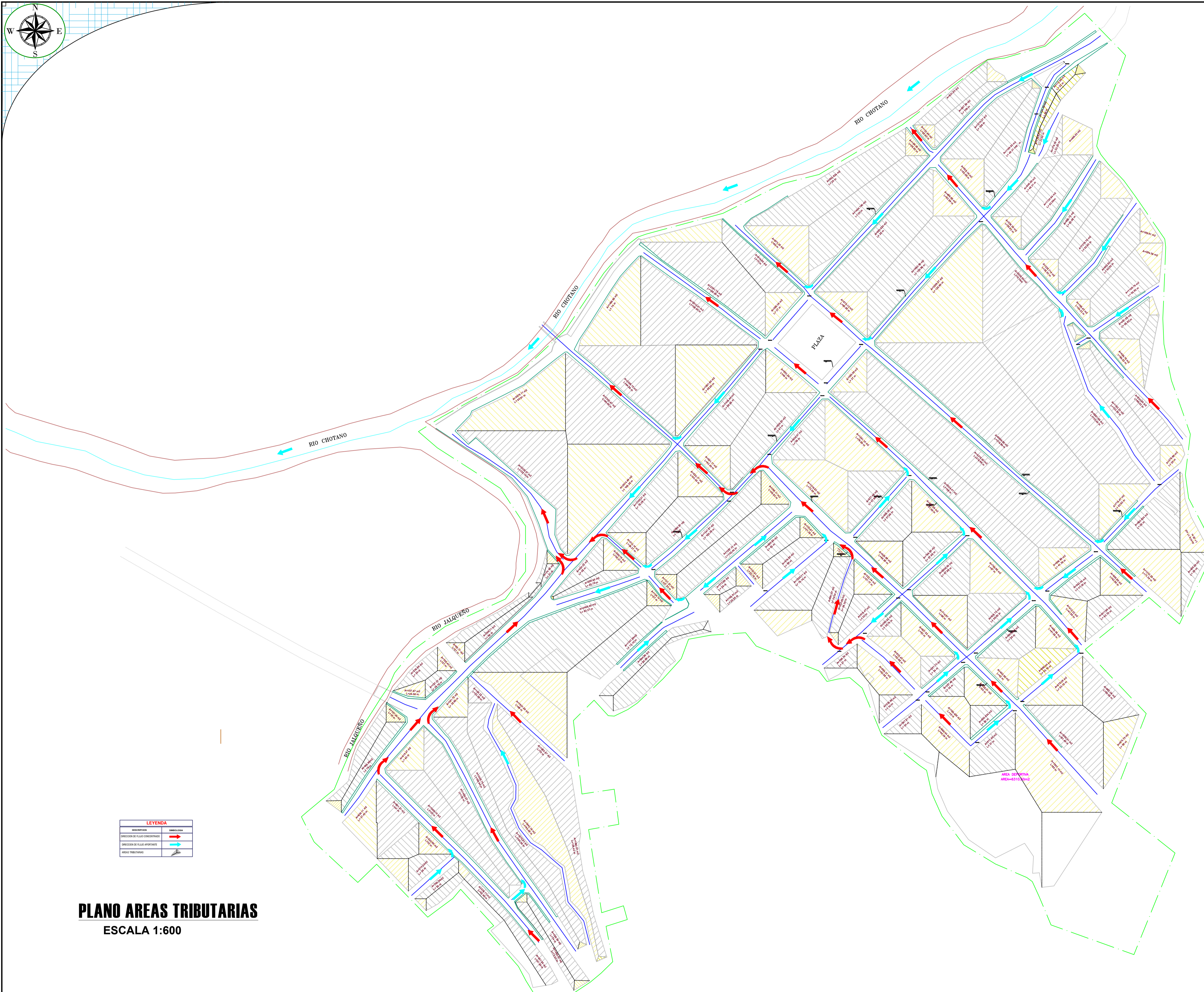
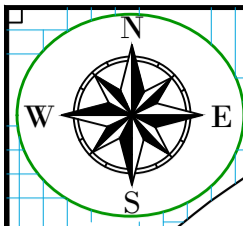
Presentado por: LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ Asesor: Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO
 EDILBERTO BURGA SILVA

Plano: **PUNTOS DE ENTREGA DEL CAUDAL PLUVIAL AL RÍO CHOTANO**

 Fecha: Octubre, 2024 Escala: 1:1,779



Mapa:
P-1



LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMBOLOGIA
DIRECCION DE FLUJO CONVENCIONAL	
DIRECCION DE FLUJO ALTERNATIVO	
AREAS TRIBUTARIAS	

PLANO AREAS TRIBUTARIAS
ESCALA 1:600



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

EVALUACIÓN DE LAS REDES DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE LAJAS, CHOTA, 2023

ASESOR:

Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

DIBUJO Y DISEÑO:

LUIS FERNANDO SAAVEDRA DÍAZ
EDILBERTO BURGA SILVA

REVISÓ:

APRUEBA:

PLANO:

AREAS TRIBUTARIAS
APLICACION POR VIAS

LAMINA:

AT-02

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/600
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

