



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA
PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN

TUTOR:

ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, Mg

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA
PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

**LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN**

TUTOR:

ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, Mg

1998
LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

UPSE

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primeramente a Dios por brindarme motivación a guiarme hasta este punto, a mis padres que me apoyaron a lo largo de este trayecto de mi carrera, con su paciencia, dedicación y enseñándome a luchar por lo que quiero, a mis hermanos por estar motivándome cada día con sus palabras y a mis amigos que conocí en la vida, y por último a mi compañero de tesis Jonathan Zambrano que con esfuerzo y dedicación apoyo en terminar este proceso de titulación

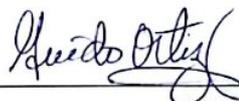
KENNETH LIRIANO RICARDO

Dedico este trabajo a Dios, a mis padres y hermanos por siempre estar a mi lado apoyándome y motivándome para poder alcanzar mis metas y por último a mi compañero de tesis Kenneth Liriano por su esfuerzo y compromiso para sacar adelante este proyecto.

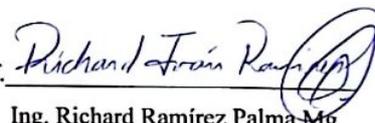
JONATHAN STEVEN ZAMBRANO PILLIGUA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
ING. Guido Ortiz Safadi Mg.
DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Néstor Orrala.Mg.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Richard Ramírez Palma.Mg
DOCENTE UIC

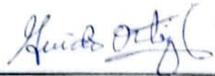
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

La libertad, 10 de junio 2025

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema "ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA" elaborado por los estudiantes LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL y ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigido de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 5 % de la valoración permitida.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg.

C.I.: 0904149481



TESIS ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTON SANTA ELENA (1)



Nombre del documento: TESIS ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTON SANTA ELENA (1).pdf	Depositante: GUIDO MOISES ORTIZ SAFADI	Número de palabras: 25.462
ID del documento: 62cc04e39b6f73b9c80c0117c3fa2f2c7462bb	Fecha de depósito: 10/6/2025	Número de caracteres: 172.730
Tamaño del documento original: 10,28 MB	Tipo de carga: Interface	
	Fecha de fin de análisis: 10/6/2025	

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripción	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #65118 ❌ El documento proviene de otro grupo 6 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (36 palabras)
2	repositorio.unesum.edu.ec http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5465/1/P_Incay_Guaranda_Samuel_Antoni... 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (37 palabras)
3	dispace.upse.edu.ec http://dispace.upse.edu.ec/bitstream/123456789/30285/1_AJPS-GT00286.pdf 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (36 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/handle/16000/12682/AJPS-TIC-2025-0015.pdf... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (51 palabras)
5	Documento de otro usuario #61410 ❌ El documento proviene de otro grupo 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (58 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripción	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.aspe.edu.ec Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la par... http://repositorio.aspe.edu.ec/bitstream/21000/23361/5/T-ESP-044108.pdf/last	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (39 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec Caracterización geotécnica de la vía alterna Punta Ca m... http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/4600/0/5035/1/AJPS-TIC-2019-0014.pdf	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (21 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec Modelación y caracterización de los deslizamientos de l... http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/4600/0/6951/1/AJPS-TIC-2022-0017.pdf	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (30 palabras)
4	dispace.upse.edu.ec http://dispace.upse.edu.ec/bitstream/123456789/2730/1/AJPS-GT005995.pdf	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (34 palabras)
5	Documento de otro usuario #61849 ❌ El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: 4 1% (34 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripción	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRÍCULOAL.docx TRABAJO DE INTEGRAC... #63606 ❌ El documento proviene de mi grupo	21%		Palabras idénticas: 21% (5 000 palabras)
2	TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRÍCULOAL.docx TRABAJO DE INTEGRACI... #64492 ❌ El documento proviene de mi grupo	21%		Palabras idénticas: 21% (5 000 palabras)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La libertad, 10 de junio 2025

Nosotros LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL y ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado "ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA", no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, por lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.

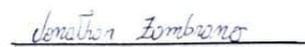
Atentamente,



KENNETH LIRIANO RICARDO

Autor de Tesis

C.I. 2400028607



JONATHA ZAMBRANO PILLUGUA

Autor de Tesis

C.I. 2450395443

CERTIFICADO DEL TUTOR

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

La libertad, 10 de junio 2025

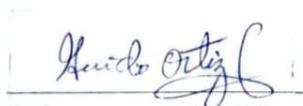
Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA** previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por los Señores, Liriano Ricardo Kenneth Raúl y Zambrano Pilligua Jonathan Steven egresados de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado este trabajo, lo apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg

TUTOR

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado **"ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA"**, de los estudiantes: **LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL** y **ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estimen conveniente.

Santa Elena, 03 de Junio del 2025



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
C.I. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
N° DE REGISTRO DE SENEYCYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, darle gracias a Dios por brindarnos salud, fortaleza y la paciencia necesaria para alcanzar este logro, también a mi madre y padre que me brindaron su amor incondicional, por su apoyo constante y por ser mi mayor fuente de inspiración. A mis hermanos, por su compañía, sus palabras de aliento y por estar siempre dispuestos a apoyarme en mis estudios, A mi primo que nos brindó el apoyo de ayudar con la topografía. También a la compañera Nicole Noboa Ángel que nos brindó su conocimiento en lo largo de la tesis

Expreso nuestra sincera gratitud a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por facilitar los medios necesarios para el desarrollo de nuestra tesis y así mismo por el conocimiento ofrecido por los docentes para nuestro aprendizaje durante el proceso formativo

Queremos agradecer al Ing. Guido Ortiz Safadi Mg, por su destacada labor como tutor de nuestra tesis. Su experiencia como guía, acompañada de una admirable paciencia y dedicación, fue clave para alcanzar los objetivos propuestos.

KENNETH LIRIANO RICARDO

En primer lugar, agradezco a Dios, por brindarme la salud, la fortaleza y la perseverancia necesarias para alcanzar este importante logro. Agradezco profundamente a mis padres y hermanos, por estar siempre a mi lado, apoyándome incondicionalmente en cada uno de mis proyectos.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor, el Ing. Guido Ortiz Safadi, Mg., por su valiosa orientación, paciencia y compromiso. Su guía ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo, así como para mi crecimiento académico y personal.

De igual manera, extendiendo mi gratitud a mi compañera Noboa Ángel Nicole, cuya colaboración fue de gran importancia para culminar con éxito este proyecto.

También agradezco al Ing. Richard Ramírez Palma, Mg., quien, gracias a su experiencia y dedicación, contribuyó significativamente al mejoramiento de la redacción y la composición técnica de este trabajo.

Finalmente, expreso mi reconocimiento a todos los amigos y personas que, de una u otra forma, aportaron con su apoyo a la realización de este proyecto. Aunque no los mencione individualmente, cada uno fue parte importante en la consecución de este objetivo.

JONATHAN STEVEN ZAMBRANO PILLIGUA

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	iv
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	v
DECLARACION DE AUTORÍA.....	vii
CERTIFICADO DEL TUTOR.....	viii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	x
TABLA DE CONTENIDO.....	xii
RESUMEN.....	xxvii
ABSTRACT.....	xxviii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2 ANTEDECENTES.....	2
1.3 HIPÓTESIS.....	5
1.3.1 Hipótesis General.....	5
1.3.2 Hipótesis específicas.....	5
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
1.5 ALCANCE.....	6
1.6 VARIABLES.....	7
1.6.1 Variable Independiente.....	7
1.6.2 Variables dependientes.....	7

Capítulo II.	MARCO TEÓRICO	8
2.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMUNA PROSPERIDAD	8
2.2	GEOLOGÍA REGIONAL	9
2.3	HIDROGEOLOGÍA.....	10
2.4	RELIEVE	10
2.5	DIVISIÓN FÍSICA.....	10
2.6	CARACTERÍSTICA GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	11
2.6.1	Coordenadas.....	11
2.6.2	Vialidad.....	12
2.6.3	Población actual	12
2.6.4	Clima.....	13
2.6.5	Área del proyecto	13
2.6.6	Amenazas de inundaciones	13
2.7	SISTEMA DE ALCANTARILLADO	14
2.7.1	Alcantarillado pluvial.....	14
2.7.2	Tipos de sistema de alcantarillado pluvial	15
2.8	COMPONENTES DE UNA RED DEL SISTEMA PLUVIAL.....	15
2.8.1	Estructura de captación	15
2.8.2	Estructura de conducción	16
2.8.3	Estructura de descarga.....	17
2.8.4	Estructuras de conexión y mantenimiento	17
2.8.5	Estructuras complementarias	18

2.8.6	Disposición final	19
2.9	PARÁMETRO DE DISEÑOS.	19
2.9.1	Topografía.....	19
2.9.2	Periodo de diseño	20
2.9.3	Periodo de retorno.....	20
2.9.4	Hidrología	21
2.9.5	Área de aportación	21
2.9.6	Caudales de diseño.....	22
2.9.7	Duración de lluvia.....	22
2.9.8	Pendiente.....	23
2.9.9	Tiempo de concentración.....	23
2.9.10	Tiempo de recorrido	25
2.9.11	Tiempo de concentración inicial	25
2.9.12	Velocidad.....	25
2.9.13	Diámetro.....	26
2.9.14	Profundidad hidráulica máxima	27
2.9.15	Coefficiente de rugosidad.....	27
2.10	CRITERIOS DE DISEÑO.....	27
2.10.1	Ancho de zanja	27
2.10.2	Niveles de alcantarillado	28
2.10.3	Localización de tubería.....	29
2.10.4	Abrasión en tubería.....	29

2.10.5	Profundidad	29
2.11	MÉTODOS DE DISEÑO	30
2.11.1	Método racional:.....	30
2.11.2	Método de hidrograma unitario:.....	30
2.11.3	Análisis estadísticos:	30
2.12	MÉTODO RACIONAL.....	30
2.12.1	Área de drenaje (A)	31
2.12.2	Intensidad de lluvia (I).....	31
2.12.3	Coefficiente de escorrentía	33
2.13	CÁLCULOS HIDRÁULICOS	34
2.13.1	Flujo a tubo lleno.....	34
2.13.2	Flujo en tubería parcialmente llena	35
2.14	TRAZADO DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	36
2.14.1	Modelos de configuración del sistema de alcantarillado pluvial.	36
2.15	UBICACIÓN DE RECEPTORES O COLECTORAS PLUVIALES	39
2.16	MODELAMIENTO HIDROLOGICO	41
2.17	MODELAMIENTO HIDRAULICO	41
2.18	CUENCA HIDROGRAFICA.....	41
2.18.1	Division de una cuenca hidrografica	42
2.19	INUNDACIÓN	43
2.19.1	Causas de las inundaciones	43
2.20	SOCAVACIÓN DE RIO	43

2.21	DEFENSA RIBEREÑA	44
2.21.1	Zona ribereña.....	44
2.21.2	Diques.....	45
2.22	TIPOS DE DEFENSA RIBEREÑA.....	45
2.22.1	Muro de contención.....	45
2.22.2	Diques enrocados.....	46
2.22.3	Gaviones	47
2.22.4	Diques de tierra.....	47
2.23	ESTABILIDAD DE TALUDES	48
2.24	RESTAURACIÓN FLUVIAL	48
2.25	HERRAMIENTAS Y SOFTWARE.....	49
2.25.1	Software Google Earth	49
2.25.2	Software AutoCAD Civil 3D	49
2.25.3	Software ArcGIS	49
2.25.4	Software HEC-HMS.....	50
2.25.5	Software HEC-RAS.....	50
Capitulo III.	METODOLOGÍA.....	51
3.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.1.1	Tipo	52
3.1.2	Nivel.....	52
3.2	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	52
3.2.1	Método	52

3.2.2	Enfoque	53
3.2.3	Diseño	53
3.3	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	53
3.3.1	Población.....	53
3.3.2	Muestra.....	53
3.3.3	Muestreo.....	54
3.4	UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO	54
3.5	METODOLOGÍA DEL OE. 1: REALIZAR UN ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y UN LEVANTAMIENTO CON EL EQUIPO GNSS EN LOS BARRIOS 15 DE ENERO, 10 DE AGOSTO Y 24 DE MAYO.....	54
3.5.1	Levantamiento topográfico	55
3.6	METODOLOGÍA DEL OE.2: DISEÑAR EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LOS BARRIOS 15 DE ENERO, 24 DE MAYO Y 10 DE AGOSTO Y MODELAR EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO TAMBO.....	58
3.6.1	Delimitación del área de aportación.....	59
3.6.2	Prediseño del sistema pluvial.....	60
3.6.3	Topografía del rio Tambo	60
3.6.4	Delimitación de la cuenca.....	62
3.6.5	Parámetros de la cuenca.....	63
3.6.6	Curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF)	64
3.6.7	Curva Número (CN).....	65
3.6.8	Hidrograma Unitario SCS.....	68
3.6.9	Parámetros de Escorrentía.....	68

3.6.10	Parámetro de tránsito de flujo.....	69
3.6.11	Modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS.....	69
3.6.12	Modelamiento hidrológico con el software HEC-RAS.....	70
3.6.13	Diseño del dique.....	70
3.7	METODOLOGÍA DEL OE.3: DETERMINAR EL PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL QUE COMPRENDE LOS BARRIOS 15 DE ENERO, 24 DE MAYO Y 10 DE AGOSTO.....	70
3.7.1	Recolección de información.....	70
3.7.2	Identificación y clasificación de componente del sistema pluvial..	71
3.7.3	Metrado de cantidades de obra.....	71
3.7.4	Obtención de precios unitarios referenciales	71
3.7.5	Elaboración del presupuesto referencial	72
Capitulo IV.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO.....	73
4.1	CÁLCULO DE LA BASE DE PREDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	73
4.1.1	Área de aportación	73
4.1.2	Periodo de diseño	75
4.1.3	Periodo de retorno.....	75
4.1.4	Coefficiente de escurrimiento.....	76
4.1.5	Coefficiente de rugosidad.....	76
4.2	CÁLCULOS PARA EL CAUDAL DE DISEÑO A TUBO LLENO DEL COLECTOR 1 QUE ABARCA ENTRE EL PZ1- PZ2.	76
4.2.1	Tiempo de recorrido o flujo	77

4.2.2	Tiempo de concentración.....	77
4.2.3	Intensidad de lluvia	78
4.2.4	Caudal de diseño	78
4.2.5	Diámetro de tubería.....	78
4.2.6	Caudal de tubo parcialmente lleno.....	79
4.2.7	Radio hidráulico.....	79
4.2.8	Área hidráulica.....	79
4.2.9	Perímetro hidráulico.....	79
4.2.10	Tirante (d).....	79
4.3	CÁLCULO DE RELACIONES HIDRÁULICA	80
4.3.1	Q/q.....	80
4.3.2	d/D.....	80
4.3.3	V/v.....	80
4.3.4	Pozos de inspección y tuberías.....	80
4.4	MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RIO TAMBO	82
4.4.1	Delimitación de la cuenca.....	82
4.4.1	Cálculo de la curva número (CN)	84
4.4.2	Análisis de la curva de Intensidad -Duración. -Frecuencia.....	86
4.4.3	Hietograma.....	86
4.4.4	Método racional	88
4.4.5	Método de Muskingum K	90
4.4.6	Hidrograma del rio 2.....	90

4.4.7	Geometría del cauce.....	92
4.4.8	Secciones transversales del rio Tambo	93
4.4.9	Simulación hidráulica con un TR= 10 AÑOS	94
4.4.10	Secciones trasversales con un TR= 10 AÑOS	95
4.4.11	Mejoramamiento con dique de tierra.....	96
4.5	ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL SISTEMA PLUVIAL .	99
Capitulo V.	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	101
5.1	CONCLUSIONES.....	101
5.1.1	Del estudio topográfico.....	101
5.1.2	Del Diseño del alcantarillado pluvial y Modelamiento del rio	102
5.1.3	Del presupuesto.....	103
5.2	RECOMENDACIONES	104
Capitulo VI.	Bibliografía.....	106
ANEXOS.....		111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de la Comuna Prosperidad del Cantón Santa Elena</i> ..	8
Figura 2 <i>Geología del Cantón Santa Elena</i>	9
Figura 3 <i>Río Tambo, ubicación</i>	10
Figura 4 <i>Ubicación de los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto y el río Tambo</i>	12
Figura 5 <i>Distancia y área de los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto</i>	13
Figura 6 <i>Cultivos y calles inundada de la Comuna Prosperidad</i>	14
Figura 7 <i>Estructura de captación de un sistema pluvial</i>	15
Figura 8 <i>Estructura de conducción de un sistema pluvial</i>	16
Figura 9 <i>Estructuras de cruce pluvial</i>	19
Figura 10 <i>Anchos de mínimos de zanja</i>	28
Figura 11 <i>Estaciones pluviográficas del Ecuador</i>	32
Figura 12 <i>Sección circular parcialmente llena</i>	36
Figura 13 <i>Modelo perpendicular</i>	37
Figura 14 <i>Modelo radial</i>	37
Figura 15 <i>Modelo de interceptores</i>	38
Figura 16 <i>Modelo de abanico</i>	38
Figura 17 <i>Ubicación de coladeras de banquetta</i>	39
Figura 18 <i>Ubicación de coladeras de piso y banquetta</i>	39
Figura 19 <i>Ubicación de coladeras de piso</i>	40

Figura 20 <i>Ubicación de coladeras longitudinales de banqueteta</i>	40
Figura 21 <i>Ubicación de coladeras trasversales de piso</i>	40
Figura 22 <i>Esquema de una cuenca hidrográfica</i>	41
Figura 23 <i>Socavación de río</i>	43
Figura 24 <i>Defensa ribereña</i>	44
Figura 25 <i>Diques</i>	45
Figura 26 <i>Muro de contención</i>	46
Figura 27 <i>Diques enrocados</i>	46
Figura 28 <i>Tipos de gaviones y sus características</i>	47
Figura 29 <i>Diques de tierra</i>	47
Figura 30 <i>Clasificación del movimiento del terreno</i>	48
Figura 31 <i>Ubicación del sitio de estudio, Prosperidad</i>	54
Figura 32 <i>Delimitación de la zona de estudio</i>	56
Figura 33 <i>Elevaciones del terreno de proyecto</i>	57
Figura 34 <i>Delimitación de área de aportación en los barrios</i>	59
Figura 35 <i>Diseño de sistema de alcantarillado</i>	60
Figura 36 <i>Puntos elaborados por el equipo GNSS</i>	61
Figura 37 <i>Delimitación del río Tambo</i>	61
Figura 38 <i>DEM de la cuenca del Río Tambo</i>	62
Figura 39 <i>Delimitación de la cuenca del río Tambo</i>	62
Figura 40 <i>Subcuenca de la cuenca del río tambo</i>	83
Figura 41 <i>cuenca de análisis- subcuenca 7 (Tr = 10 años)</i>	84

Figura 42 <i>Textura de suelo</i> <i>Textura de suelo</i>	84
Figura 43 <i>Mapa de cobertura de suelo</i>	85
Figura 44 <i>Hietograma de situación futura (Tr= 10 años)</i>	87
Figura 45 <i>Curva IDF de la estación Ancón (M0174) con un Tr= 10 años</i>	88
Figura 46 <i>Hidrograma de la subcuenca 7 (TR= 10 años)</i>	91
Figura 47 <i>Superficie TIM del tramo del río</i>	93
Figura 48 <i>Secciones transversales del cauce del río Tambo</i>	93
Figura 49 <i>Plano de inundación con un periodo de 10 años</i>	94
Figura 50 <i>Mapa de inundaciones del río Tambo TR=10 años</i>	94
Figura 51 <i>Inundación del río Tambo con un tr= 10 años en la sección 0+020</i>	95
Figura 52 <i>Inundación del río Tambo con un tr= 10 años en la sección 0+100</i>	95
Figura 53 <i>Inundación del río Tambo con un tr= 10 años en la sección 0+260</i>	96
Figura 54 <i>Inundación del río Tambo con un tr= 10 años en la sección 0+360</i>	96
figura 55 <i>Diseño final del dique de tierra</i>	97
Figura 56 <i>Implementación de dique de tierra en el software HEC-RAS</i> ..	98
Figura 57 <i>Terreno con dique implementado</i>	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Límites de la comuna Prosperidad	9
Tabla 2 Coordenada UTM de los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo, 10 de Agosto y el río Tambo.....	11
Tabla 3 Diámetros recomendados de pozos de revisión.....	18
Tabla 4 Máxima distancia entre pozos de revisión.....	18
Tabla 5 Vida útil de los elementos que constituyen un sistema de agua pluvial	20
Tabla 6 Periodo de retorno para diferentes ocupaciones del área	21
Tabla 7 Ecuaciones para la determinación del tiempo del flujo superficial	24
Tabla 8 Velocidades máximas permisibles	26
Tabla 9 Coeficiente rugosidad	27
Tabla 10 Profundidades según la zona de estudio	29
Tabla 11 Estaciones pluviográficas utilizadas para el estudio con su respectiva serie de datos de intensidades máximas	32
Tabla 12 Intensidad Duración Frecuencia de la estación Anón.....	32
Tabla 13 Valores del coeficiente de escorrentía mediante el tipo de zona	33
Tabla 14 Valores del coeficiente de escurrimiento por el tipo de superficie	33
Tabla 15 Relaciones hidráulicas en función del Angulo α	35
Tabla 16 Clasificación de tamaños de cuenca	42

Tabla 17 <i>Coordenadas de la placa INOCAR</i>	55
Tabla 18 <i>Coordenadas de la placa INOCAR a 100 m de distancia</i>	56
Tabla 19 <i>Coordenadas UTM , obtenidos con el equipo GNSS</i>	56
Tabla 20 <i>Longitud y pendientes de las calles dentro del área de estudio de la Comuna Prosperidad.</i>	57
Tabla 21 <i>Coordenadas UTM del río Tambo</i>	61
Tabla 22 <i>Parámetros de la Cuenca</i>	63
Tabla 23 <i>Parámetros K, m y n</i>	64
Tabla 24 <i>Valores de los números de curva</i>	65
Tabla 25 <i>Grupos Hidrológicos según la Textura de suelo</i>	68
Tabla 26 <i>Cantidades de elementos para el presupuesto</i>	71
Tabla 27 <i>Áreas de aportaciones del barrio 15 de enero</i>	73
Tabla 28 <i>Área de aportación del barrio 10 de agosto</i>	74
Tabla 29 <i>Área de aportación del barrio 24 de mayo</i>	74
Tabla 30 <i>Medidas del elemento de la red pluvial</i>	80
Tabla 31 <i>Tiempo de retorno de 5 años para modelación futura del río</i> ...	82
Tabla 32 <i>Área, longitudes y pendiente de la subcuenca</i>	83
Tabla 33 <i>Números de curva</i>	85
Tabla 34 <i>Parámetros de k, m y n de la estación de estudio</i>	86
Tabla 35 <i>Hietograma de precipitación (tr=5 años) de la estación Ancón M0174</i>	86
Tabla 36 <i>Método de kirpich</i>	88
Tabla 37 <i>Intensidad de lluvia en mm/ h</i>	89

Tabla 38 <i>Caudal de diseño de las subcuencas para un tiempo de retorno de 5 años</i>	89
Tabla 39 <i>Valores de k método de Muskingum</i>	90
Tabla 40 <i>Escorrentía de la cuenca (tr=5 años)</i>	90
Tabla 41 <i>Datos del flujo de la subcuenca 7 con un Tr= 5 años</i>	92
Tabla 42 <i>Datos obtenidos del programa HEC-HMS Y HEC-RAS</i>	97
Tabla 43 <i>Resultado final del diseño del dique de tierra</i>	98

“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA”

Autores: Liriano Ricardo Kenneth Raúl

Zambrano Pilligua Jonathan Steven

Tutor: Magister, Ortiz Safadi Guido

RESUMEN

El proyecto de titulación tiene como objetivo prediseñar el sistema de drenaje pluvial de los barrios: 15 de Enero, 24 de Mayo, 10 de Agosto de la Comuna Prosperidad, parroquia San José de Ancón, Cantón Santa Elena, Ecuador así como modelar el comportamiento hidráulico, en flujo no permanente, de un tramo del río Tambo con un periodo de retorno de 5 años, para dar una solución al estancamiento e inundación provocada en la temporada de lluvias intensas en los barrios antes mencionados. La metodología utilizada en este proyecto combina métodos cualitativos y cuantitativos. Se realizó el levantamiento topográfico de la zona de estudio que abarco un área de 29.14 Ha y se prediseño el sistema de la red pluvial aplicando los criterios y cálculos hidráulicos siguiendo las normas vigentes del País. La modelación hidrológica del río se realizó mediante el método de curva (SCS) con el software HEC-HMS para la obtención del hidrograma, posteriormente se realizó la modelación hidráulica mediante el software HEC-RAS con la condición de borde (hidrograma) de un tiempo de retorno de 5 años. El presupuesto referencial para el alcantarillado es de \$ 394.008,37 y se propuso como solución para evitar desbordamientos del canal un dique de tierra de corona 4 m y de base 12 m, con taludes 2H/1V en el margen izquierdo del río Tambo zona urbana de la comuna que es vulnerable a este fenómeno.

Palabras clave: Alcantarillado, pluvial, Modelamiento, Inundación.

“PRE-FEASIBILITY STUDY OF THE PLUVIAL SYSTEM FOR THE PROSPERITY COMMUNE OF SANTA ELENA CANTON”

Author: Liriano Ricardo Kenneth Raúl

Zambrano Pilligua Jonathan Steven

Tutor: Magister, Ortiz Safadi Guido

ABSTRACT

The objective of this project is to design the storm drainage system of the neighborhoods of 15 de Enero, 24 de Mayo, 10 de Agosto and also to model the hydraulic behavior in non-permanent flow of a section of the Tambo River with a return period of 5 years, belonging to the Prosperidad Commune of Santa Elena Canton, in order to provide a solution to the stagnation and flooding caused during the heavy rainy season in the aforementioned neighborhoods. The methodology used in this project combines qualitative and quantitative methods. The topographic survey of the study area was carried out, covering an area of 29.14 hectares, and the pluvial network system was designed applying hydraulic criteria and calculations in accordance with the country's current standards. The hydrological modeling of the river was carried out using the curve method (SCS) with the HEC-HMS model to obtain the hydrograph, then the hydraulic modeling was carried out using the HEC-RAS software with the boundary condition (hydrograph) for a return time of 5 years. The reference budget for the sewer system is \$ 394.008,37 and a 4 m crown and 12 m base earth dam with 2H/1V slopes was proposed as a solution to prevent the channel from overflowing, which corresponds to the left bank of the Tambo River, since that side is the rural area of the commune and is vulnerable to this phenomenon.

KEYWORDS: Flooding, Modeling, Sewerage, Storm drainage.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Cuando las aguas lluvias caen en áreas o suelos impermeables y no tienen un lugar para evacuar se producen encharcamientos lo que trae como consecuencia el daño de propiedad privada y la aparición enfermedades por la proliferación de mosquitos, por lo que es de gran importancia contar con un buen sistema de drenaje que mejore la calidad de vida de una población (ZAMBRANO CABEZA, 2023).

Para realizar un buen sistema de drenaje o modelado es importante realizar un buen estudio hidráulico ya que este tiene como objetivo evaluar posibles escenarios del comportamiento del agua, tanto en condiciones normales como extremas lo que es fundamental para el diseño hidráulico.

En la comuna Prosperidad de la parroquia Ancón han enfrentado situaciones de fuertes lluvia en los meses de marzo y abril, que han ocasionado que las zonas más bajas de la comunidad se inunden afectando tanto los bienes materiales y las viviendas. A esto se suma el riesgo de contraer enfermedades que es provocado por las aguas estancadas por las lluvias, esta situación requiere de un plan de acción que ayude a mitigar las inundaciones, previniendo los daños a un futuro.

La presente investigación pretende dar una solución a los problemas de acumulación de agua por las temporadas de lluvia y al riesgo de desbordamiento del río Tambo hacia la zona urbana, por lo que tiene como objetivo prediseñar un sistema de alcantarillado pluvial y proponer el prediseño de un dique una vez determinadas las zonas con riesgo de desbordamiento del río para evitar dicho problema. Se espera que esta investigación sirva para futuros proyectos en la comuna Prosperidad y así mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Este estudio se estructurará en cinco capítulos, que abarcan las etapas necesarias para el planteamiento y solución del problema. El capítulo I presenta los antecedentes, hipótesis, objetivos, alcances, variables tanto independientes y dependientes, así como la problemática del estudio. En el capítulo II abordará el marco teórico, presentando conceptos y fórmulas que respalden a la tesis. En el capítulo III se detalla la metodología que se utilizó en esta investigación, en el

capítulo IV se presentan los cálculos y resultados detallados del problema. Finalmente, en el capítulo V se exponen las respectivas conclusiones y recomendaciones del estudio. (NEIRA ORRALA & MORALES VERA, 2024)

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El calentamiento global y los cambios de clima abruptos han incrementado los riesgos de inundaciones debido a las precipitaciones más intensas a nivel mundial, por lo que se prevé un aumento de las inundaciones provocadas en eventos climáticos extraordinarios ya sean las inundaciones fluviales o inundaciones costeras debidas a las lluvias extremas y crecidas de ríos. (ZAMBRANO CABEZA, 2023)

Las aguas pluviales son un fenómeno natural que ocurre en todo el mundo las cuales son fundamentales para la vida en la tierra, sin embargo, si el agua de lluvia es demasiada y si se sobrecargan o se carece de un sistema de drenaje pluvial se enfrentan problemas de inundaciones que pueden ser mínimas o graves afectando a la población y a la infraestructura de la región además que la acumulación de estas aguas genera contaminación. (GONZÁLEZ RÍOS, 2024)

La provincia de Santa Elena es el escenario más reciente del impacto de la estación lluviosa. Las intensas lluvias han dejado a miles de personas afectadas. En particular, el prolongado aguacero en la Península superó rápidamente la capacidad de varios ríos, los cuales, durante años, habían permanecido secos, lo que ha provocado desbordamientos e inundaciones por lo que es necesario realizar gestiones efectivas para el exceso de agua y proteges a zonas y poblaciones vulnerables.

En el cantón Santa Elena, dentro de la parroquia Ancón, se encuentra la comuna Prosperidad, ubicada a pocos kilómetros de Tambo y siendo la segunda comuna al salir de Santa Elena hacia Ancón. Debido a la expansión urbana de la comuna, sin una debida planificación, varias zonas no cuentan con servicios básicos como lo es un sistema de alcantarillado, por lo que uno de los principales problemas que presenta la comuna son las inundaciones que ocurren en temporadas de lluvias intensas y fenómenos naturales como el Niño, especialmente en los barrios 15 de enero, 24 de mayo y 10 de agosto los cuales están ubicados en zonas bajas. La acumulación de esta agua causa daños materiales y aumenta el riesgo de

enfermedades como el dengue, sarpullido, fiebre amarilla, paludismo, entre otras. Además, el punto de descarga será el río Tambo el cual presenta el problema de que en la temporada de lluvias intensas se desborda y agrava las inundaciones en los barrios antes mencionados.

La presente investigación se enfoca en desarrollar una solución integral para el problema persistente de la acumulación de agua que afectan a la comuna Prosperidad durante las temporadas de lluvias intensas. Esta investigación presenta la siguiente interrogante general:

¿Realizar un estudio de prefactibilidad del sistema pluvial para la Comuna Prosperidad, del cantón Santa Elena disminuirá los riesgos de inundación?

Además, presenta las siguientes preguntas específicas:

PE1: ¿Cuáles son las características topográficas de la zona de estudio?

PE2 ¿El análisis de prefactibilidad del sistema drenaje pluvial y el mejoramiento del canal ayudará a mejorar la gestión pluvial del sector?

PE3 ¿Cuál es el presupuesto estimado para este proyecto?

1.2 ANTEDECENTES

En el ámbito internacional, se han seleccionado las siguientes investigaciones:

Podemos citar el trabajo de investigación realizado por (VELÁSQUEZ ABANTO, 2023), titulado “Identificación y reducción de áreas inundables mediante un sistema urbano de drenaje sostenible para la ciudad de San Marcos”, este trabajo de investigación tuvo como objetivo mediante un modelamiento en el software SWMM evaluar la influencia de las técnicas de cunetas vegetadas y tanques de almacenamiento para la reducción de las inundaciones en la zona de estudio mediante la implementación de un sistema de drenaje pluvial sostenible.

La investigación fue de tipo no experimental y descriptiva puesto que no se manipulo ninguna variable y se especificaron las características de la zona de estudio, para ello se realizó un levantamiento topográfico, encuestas a la población y estudio hidrológico con los datos obtenidos se hizo el modelamiento en el

software SWMM identificando un área propensa a inundarse de 71007,15 m², este estudio ayudaría a reducir el problema de las inundaciones de la zona en un 79,89%.

También citamos el estudio realizado por (LARA PALOMINO & VELIZ LEON, 2022), titulado “Obras Longitudinales para prevenir inundaciones en el Rio Perene en el centro poblado Marankiari, Chanchamayo, Junin,2022”, con el objetivo de caracterizar el diseño de obras longitudinales y prevenir la acumulación de agua en temporadas de precipitaciones intensas.

La investigación fue de tipo no experimental de nivel descriptivo y tubo como muestra un tramo de 650 m de la margen derecha del rio Perene, tuvo un periodo de retorno de 140 años, una vez calculado el caudal de diseño, con el software Hidro. Esta se generó gráficos, tablas y matrices de tabulación que facilitaron la comprensión de la información obtenida, además se utilizó MS Excel para el procesamiento de los datos y se calculó la profundidad de socavación de 1.80 m al nivel de cimentación de las obras longitudinales en lo que se concluyó que las obras como enrocados, diques de tierra, gaviones deben tener una altura de 2.00 m que conserva el cauce del rio evitando el desbordamiento del agua en las temporadas de lluvias intensas.

Se proporcionó estudios hidrológicos y se realizó un levantamiento topográfico, perforaciones de 10 calicatas para el estudio del suelo y un análisis del sistema de evacuación, los resultados que determino el software Google Earth para determinar el área inundable y su altitud de la zona de estudio que consta de 26 y 27 m.s.n.m, los ensayos que realizaron tanto límite de Atterberg, contenido de humedad, contenido de sales, ensayo de granulometría y el ensayo de Proctor modificado. Se determinó mediante la clasificación SUCS, que son suelos arcillosos inorgánicos (CH) altamente plásticos. Concluyendo que la evacuación de aguas será por sistema de gravedad hacia 7 calles colectoras las cuales se evacuaran en un colector principal.

En el ámbito nacional, se han seleccionado las siguientes investigaciones:

Se destaca el trabajo de titulación desarrollado por (ZAMBRANO CABEZA, 2023) titulado “Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial de la Ciudadela Los Jardines, Parroquia Leónidas, Plaza Gutiérrez, cantón Sucre – Manabí”, este trabajo de investigación tuvo como objetivo es diseñar un sistema de alcantarillado

pluvial para evitar el estancamiento e inundaciones en la parte central del Barrio Ciudadela Los Jardines.

La investigación fue de tipo cuantitativo, para el diseño se consideró una población de 1500 hab, el modelamiento se realizó en el software SewerCAD y además se hizo comparación para corroborar resultados y elegir el más óptimo con el modelado en Excel. Finalmente, el diseño se basó en lo obtenido por el software SewerCAD y tablas de cálculo para 40 pozos y un punto de descarga.

En el ámbito local, se seleccionó la siguiente investigación:

Podemos citar el trabajo de investigación realizado por (MALAVÉ VIÑAN, 2015), titulado “Diseño del sistema de alcantarillado pluvial y red domiciliar de agua potable para una lotización de ciento cincuenta viviendas en la comuna El Tambo-Santa Elena, provincia de Santa Elena”, se planteó como objetivo el diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario, incorporando también la red domiciliar de agua potable para la comuna El Tambo, donde se pudo obtener información necesaria, involucrando un diseño redes de agua potable y, de aguas lluvias y de aguas servidas, con el presupuesto de la infraestructura sanitaria y se analizó el impacto ambiental del drenaje sanitario a implementar.

La metodología que se implementó fue un estudio del suelo realizando diferentes ensayos y mediante la clasificación de suelo SUCS ASTM D248, realizando adicionalmente la topografía, (planimetría, altimetría), la infraestructura del diseño de las redes, aplicando un estudio hidrológico con la característica climáticas, precipitación, periodo de diseño del sector El Tambo, diseñando su sistema de alcantarillado obteniéndose sus caudales mediante las fórmulas empleadas. Los resultados nos indican que el agua potable será suministrada por el sistema de abastecimiento de agua potable de la empresa AGUAPEN S.A. La presión al nodo (1) es de 40 mca (60ksi), mientras que la presión de agua es de 25 mca (35,7 psi), está conformado por tuberías de 75 mm (interconexión red existente y red secundaria) y 63 mm, 50 mm, 25 mm para la red terciaria. Para el diseño del sistema de aguas servidas que trabaja a gravedad se determinó que está compuesto por un colector principal y tres colectores secundario de PVC de diámetro 225 mm y 136 cajas domiciliarias, y la red de aguas lluvias está diseñado para 154 viviendas y el

sistema está conformado por 41 sumideros ,17 cámaras de revisión y 3451,44 metros lineales de cunetas, con un presupuesto de \$ 1059731,50

1.3HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis General

- La implementación de un sistema de drenaje pluvial en la comuna Prosperidad permitirá complementar al sistema de alcantarillado existente, evitando futuras inundaciones y reduciendo el riesgo asociado a eventos pluviales extremos en la zona. Asimismo, contribuirá a contrarrestar las enfermedades provocadas por la acumulación de agua y a eliminar los daños materiales causados por el ingreso de agua a las viviendas.

1.3.2 Hipótesis específicas

H.E.1. El estudio topográfico de los barrios 15 de Enero, 10 de Agosto y 24 de Mayo se basará en la recolección de datos que permitirán delimitar las zonas de peligro y conocer la topografía del lugar.

H.E.2 La implementación de un sistema de drenaje pluvial en los barrios 15 de Enero, 10 de Agosto y 24 de Mayo, en la comuna Prosperidad, mediante un estudio hidrológico permitirá mejorar la gestión pluvial del sector, evitando los riesgos de desbordamiento del río hacia los barrios mencionados, así como la acumulación de agua durante las temporadas de lluvia.

H.E.3 La elaboración del presupuesto referencial permite determinar el costo aproximado que se va a necesitar en el diseño de drenaje pluvial.

1.4OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Realizar un estudio de prefactibilidad de un sistema de drenaje pluvial para la recolección y transporte de aguas lluvias hacia un sitio de menor impacto y reducir las inundaciones en la comuna Prosperidad del Cantón Santa Elena

1.4.2 Objetivos Específicos

- O.E.1.** Realizar un estudio topográfico y un levantamiento con el equipo GNSS en los barrios 15 de enero, 10 de agosto y 24 mayo para obtener una información detallada y actualizada del terreno, bordillos, aceras, válvulas y tuberías de agua potable, alcantarillas e instalaciones eléctricas o telefónicas que permitan la factibilidad del servicio.
- O.E.2.** Prediseñar el sistema de alcantarillado pluvial para los barrios 15 de enero, 24 de mayo y 10 de agosto y modelar el comportamiento hidráulico del río Tambo.
- O.E.3.** Determinar el presupuesto referencial del proyecto para el diseño del sistema de drenaje pluvial que comprende los barrios 15 de enero, 24 de mayo y 10 de agosto.

1.5 ALCANCE

El estudio se enfocará en la comuna Prosperidad del cantón Santa Elena, específicamente en los barrios 10 de Agosto, 15 de Enero y 24 de Mayo, y en la capacidad hidráulica del río Tambo, que actúa como cauce de descarga. La investigación abordará el prediseño de drenaje pluvial. La evaluación técnica se enfocará en el análisis hidrológico e hidráulico para determinar el volumen de aguas pluviales que se acumulan en los barrios antes mencionados, así como el prediseño de componentes como tuberías y cámaras que permitan el drenaje de las aguas pluviales.

Además, se modelará un tramo del cauce del río Tambo para evaluar su comportamiento durante eventos de precipitación, con el objetivo de identificar las posibles zonas de desbordamiento y con base en los resultados obtenidos se propondrá el prediseño de un dique de tierra. La evaluación considerará distintos caudales generados por precipitaciones, utilizando un período de retorno de 10 años. Para ello, se realizará un estudio topográfico para obtener las curvas de nivel, y se utilizarán softwares como AutoCAD, Civil3D, HEC-HMS, HEC-RAS y Excel para los cálculos, aplicando las normativas del CPE-INEN-1992.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variable Independiente

- ✓ Características topográficas de la zona
- ✓ Características hidrológicas y pluviométricas
- ✓ Trazado
- ✓ Velocidad real
- ✓ Relaciones hidráulicas

1.6.2 Variables dependientes

- ✓ Sistema de drenaje pluvial
- ✓ Presupuesto referencial

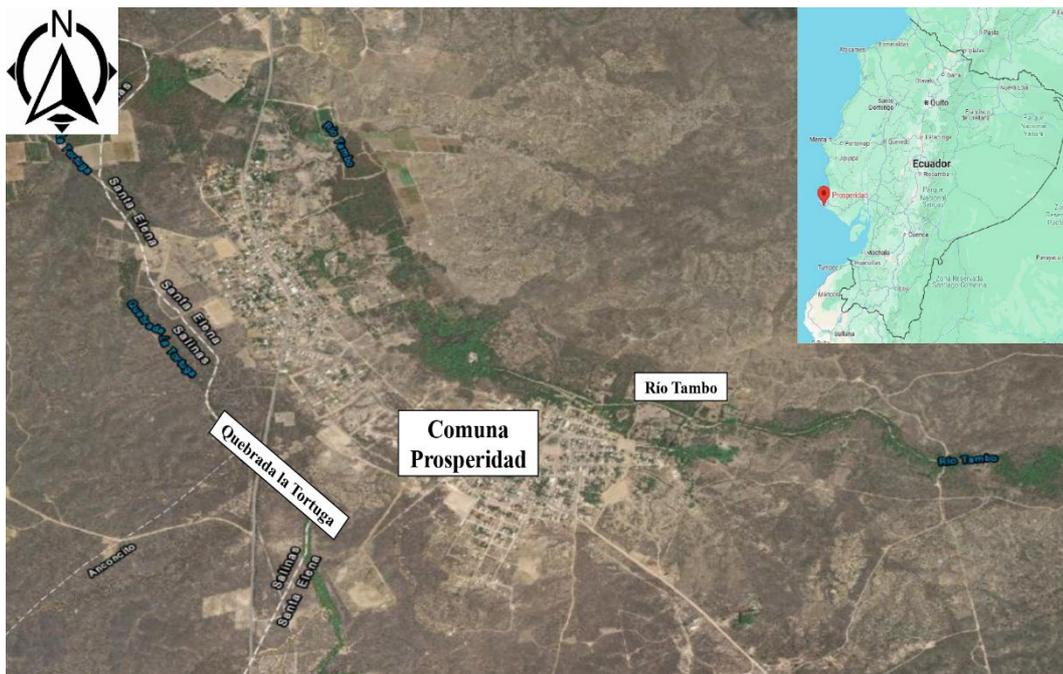
Capítulo II. MARCO TEÓRICO

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMUNA PROSPERIDAD

La comuna Prosperidad del cantón Santa Elena es una de las comunas anexadas a la parroquia de San José de Ancón a 8 km de Santa Elena. Cuenta con una extensión de 1978 hectáreas, de las cuales 300 hectáreas son de socios del cabildo, el cual tiene aproximadamente 2600 habitantes los cuales se dedican a la mecánica, ebanistería, agricultura, entre otros (SÁNCHEZ ASENCIO, 2014).

Figura 1

Ubicación de la Comuna Prosperidad del Cantón Santa Elena



Nota: Extraído de Google Earth, (2024)

Tabla 1

Límites de la comuna Prosperidad

Orientación Cardinal	Referencia geografía
Norte	Cauce del río Tambo
Sur	Margen derecho del río La Tortuga
Este	Sub-estación Nª 2 del campamento petrolero Tigre
Oeste	Doscientos metros de la parte posterior del cementerio de Prosperidad.

Nota. Tomado de (SÁNCHEZ ASENCIO, 2014)

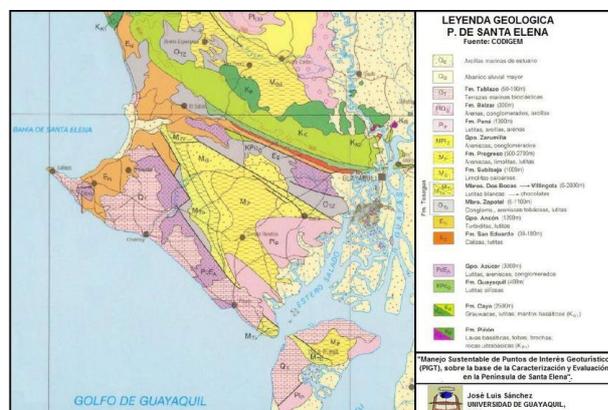
2.2 GEOLOGÍA REGIONAL

La geología de la zona de estudios, se determinó utilizando como base la geología correspondiente del Grupo Ancón, la cual el tipo que se destaca es sedimentario de la época del Eoceno, donde litológicamente esta compuestas de arcillas.

El Grupo Ancón; El tipo de caliza presenta propiedades de flexibilidad y se comporta como un material plástico. En la categoría se incluyen las lutitas, limolitas y arenisca con alto contenido de arcillas, se caracteriza por su alta expansión y flexibilidad. En lo general, estos afloramientos se localizan hacia el este de la ruta Punta Carnero – Santa Elena (SÁNCHEZ CORTEZ, 2010)

Figura 2

Geología del Cantón Santa Elena



Nota: Tomado de (SÁNCHEZ CORTEZ, 2010)

2.3 HIDROGEOLOGÍA

La comuna Prosperidad, ubicada en la provincia de Santa Elena, se encuentra dentro de una zona caracterizada por la presencia de formaciones geológicas sedimentarias compuestas principalmente por arcillas, limolitas y areniscas, las cuales influyen directamente en la dinámica hidrogeológica del área. Además, por la zona atraviesa el río Tambo, un cauce intermitente que actúa como eje natural de descarga superficial durante la temporada de lluvias, y cuya dinámica hidráulica se ve afectada por las condiciones geológicas del entorno.

El suelo predominante es de baja permeabilidad, debido a la presencia de arcillas que dificultan la infiltración del agua, lo que provoca su acumulación durante los periodos de lluvia.

Figura 3

Río Tambo, ubicación



Nota: Ilustración de autoría propia

2.4 RELIEVE

La comuna es de bajo relieve, ya que solamente presenta pequeñas elevaciones de poca altura. Es importante mencionar que Prosperidad cuenta con una albarrada, y el río Tambo.

2.5 DIVISIÓN FÍSICA

La comuna Prosperidad está dividida en los siguientes barrios;

1. Barrio 10 de agosto
2. Barrio 9 de octubre
3. Barrio 15 de Enero
4. Barrio 25 de Diciembre
5. Barrio 24 de Mayo
6. Barrio La Crucitas
7. Barrio Francisco de Orellana
8. Barrio San Francisco
9. Barrio Santa Elena
10. Barrio Leónidas plaza

2.6 CARACTERÍSTICA GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.6.1 Coordenadas

La comuna es de bajo relieve, ya que solamente presenta pequeñas elevaciones de poca altura. Es importante mencionar que Prosperidad cuenta con una albarrada, así como con el río Tambo, el cual constituye el principal cauce natural de drenaje de la zona.

Tabla 2

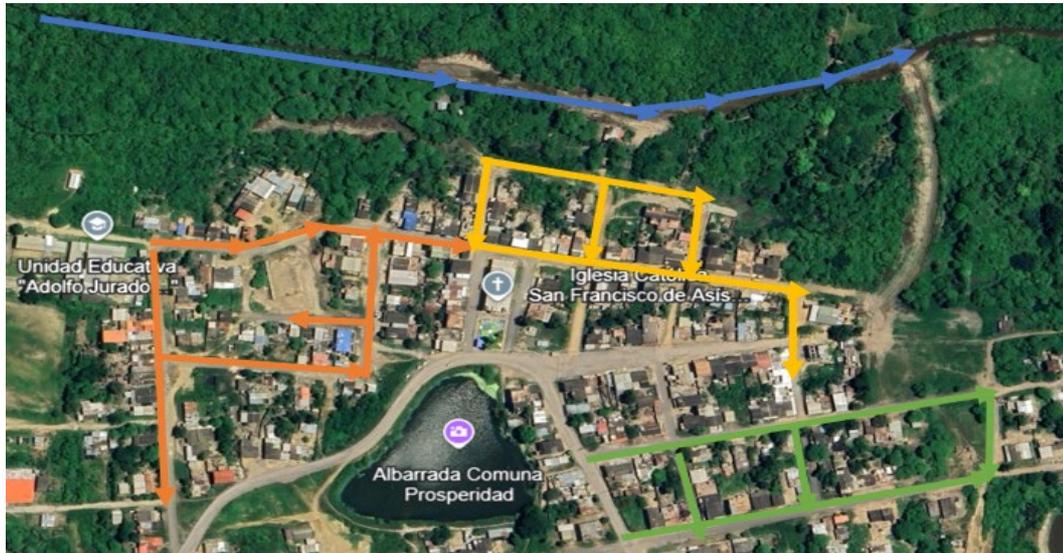
Coordenada UTM de los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo, 10 de Agosto y el río Tambo

COORDENADAS UTM DE LA COMUNA PROSPERIDAD			
	COTA	ESTE	NORTE
Barrio 15 de enero	18.375 m	517014.512 m	9746730.924 m
Barrio 24 de mayo	18.161 m	517266.7030 m	9746529.2860 m
Barrio 10 de agosto	20.526 m	517116.382 m	9746690.7880 m
Río Tambo	18.969 m	517265.0470 m	9746777.1970 m

Nota: elaborado por los autores

Figura 4

Ubicación de los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto y el rio Tambo



Nota: Extraído de Google Earth, (2025)

2.6.2 Vialidad

La vía principal de la comuna que conecta con la cabecera cantonal, presenta un buen estado para facilitar el acceso a los lugares ubicados en Santa Elena. Además, la avenida principal por donde transita la línea 12 de la cooperativa TRUNSA se encuentra asfaltada; en cambio, las demás vías son de lastre o tierra (SÁNCHEZ ASENCIO, 2014)

2.6.3 Población actual

El proyecto del diseño de alcantarillado pluvial para los Barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto, pertenecientes a la comuna Prosperidad del Cantón Santa Elena, está complementado para brindar y servir a 5 habitantes por hogar, teniendo en cuenta un total de 650 habitantes en los tres barrios (SÁNCHEZ ASENCIO, 2014).

2.6.4 Clima

En la Península, la temporada de lluvia presenta un ambiente cálido y soleado; en la época seca, es parcialmente nublada y ventoso. La temperatura anual varía entre 17 °C a 28°C, en raras ocasiones desciende hasta aproximadamente 15 °C.

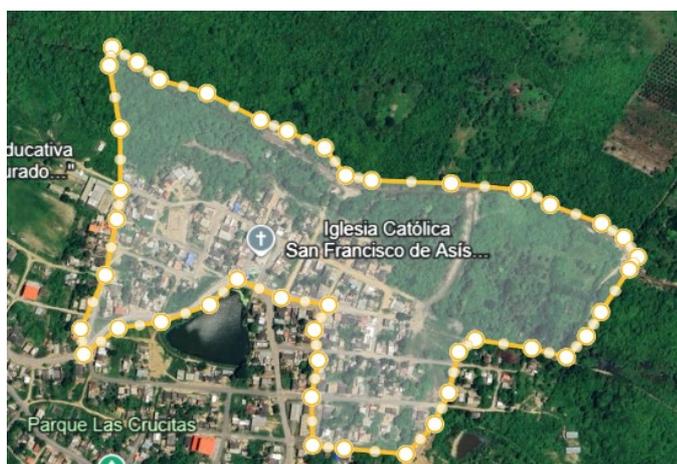
Se considera día lluvioso cuando se registra al menos 1 mm de precipitación. La temporada más lluviosa se extiende desde el 15 de enero hasta el 24 de abril, con una probabilidad de precipitación del 25 % y la temporada más seca abarca desde el mes 24 de abril y dura un promedio de 7.8 meses con 1 % de lluvia (RAMOS TOMALA , 2022).

2.6.5 Área del proyecto

El área de proyecto está compuesta por los barrios 15 de enero, 24 de mayo y 10 de agosto, que aportan un área a drenar de 29.14 hectáreas. Dentro de esta zona se encuentra un tramo del río Tambo, que actúa como cauce natural de descarga para las aguas pluviales.

Figura 5

Distancia y área de los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto



Nota: Elaborado y extraído de Google Earth, (2025)

2.6.6 Amenazas de inundaciones

Se determinó que la comuna Prosperidad, al estar localizada en la zona costera, es propensa a riesgos como tormentas, agujas, terremotos. Además, en temporadas

de intensas lluvias, durante los periodos de enero hasta marzo, los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto son propensos a inundaciones.

El problema en la zona se debe a la falta de alcantarillado, a la sobreexplotación del sistema de drenaje, y a los desbordamientos del río Tambo que provocan inundaciones.

Figura 6

Cultivos y calles inundada de la Comuna Prosperidad



Nota: Ilustración de autoría propia

2.7 SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El sistema de alcantarillado se describe como el conjunto de canales, tuberías y estructuras diseñadas para recolectar, almacenar y transportar las aguas residuales generadas por la actividad humana, así como las aguas provenientes de lluvias o precipitaciones intensas, que provocan enfermedades y pérdidas patrimoniales. Estos sistemas son proyectos de construcción que transportan aguas contaminadas, aguas domésticas, comerciales, industriales y pluviales, tanto de zonas rurales como urbanas. Su clasificación depende del tipo de agua que transportan (CUELLO FERNÁNDEZ, 2020).

2.7.1 Alcantarillado pluvial

El sistema de alcantarillado pluvial es aquel que capta y transporta las aguas provenientes de la precipitación (BERMEO CUSCO & VEGA HERNÁNDEZ, 2024).

2.8.1.1 Sumideros: Son elementos que permiten la entrada del agua evitando la acumulación en la superficie (CEP-INEN, 1992).

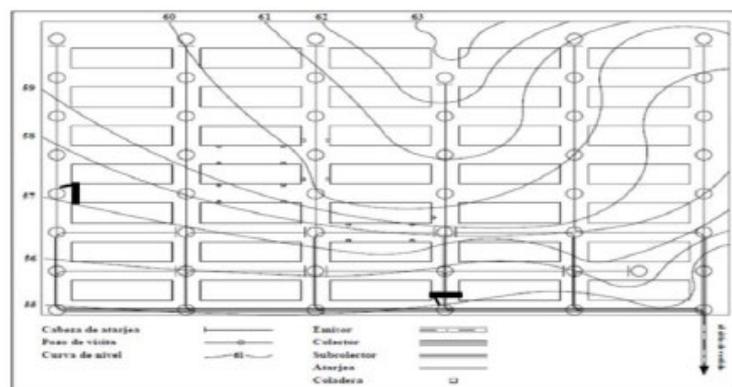
2.8.1.2 Pozo de tormenta: Son estructuras que se utilizan en situaciones en las que el agua de lluvia requiere ser laminada para controlar las inundaciones, que suelen ser provocadas por tormentas muy frecuentes (GONZÁLEZ RÍOS, 2024).

2.8.2 Estructura de conducción

Las estructuras de conducción son parte de un sistema pluvial con elementos diseñados para transportar el agua de lluvia desde su punto de captación hasta su destino final, que puede ser una planta de tratamiento, un cuerpo de agua natural o un área de infiltración. Permiten un flujo eficiente del agua pluvial, evitando inundaciones y reduciendo el riesgo de erosión y daños (CEME ACOSTA, 2022).

Figura 8

Estructura de conducción de un sistema pluvial



Nota: tomado de (Sabando Delgado, 2024)

2.8.2.1 Tuberías: Una tubería es un conducto que cumple con la función de transportar líquidos o fluidos a un punto determinado (Steel industrial, 2020).

2.8.2.2 Cunetas: Son canales ubicados a lo largo de ambos lados de la vía o, en algunos casos, solo en uno. Pueden estar revestidos o sin revestimiento y tienen la finalidad de captar y dirigir el agua de la lluvia, permitiendo así

un manejo eficiente de los flujos superficiales, reduciendo su impacto y previniendo problemas de drenaje (ZAMBRANO CABEZA, 2023).

2.8.2.3 Pozo de inspección: Son pozos subterráneos que permiten el acceso a los colectores para poder realizarles un mantenimiento adecuado (GONZÁLEZ RÍOS, 2024).

2.8.2.4 Colectores principales: Son tuberías de gran diámetro o canales abiertos, localizados generalmente en las partes más bajas de una ciudadela. Son los que transportan las aguas servidas hasta un destino disponible (GONZÁLEZ RÍOS, 2024).

2.8.2.5 Colectores secundarios: Tuberías que recogen las aguas de lluvias desde la boca de tormenta, conduciéndolas hacia los colectores principales (GONZÁLEZ RÍOS, 2024).

2.8.3 Estructura de descarga

Son estructuras finales que resguardan y mantienen despejada la salida del sistema, evitando obstrucciones. Su función principal es prevenir daños en el tramo final de la tubería, los cuales pueden ser causados por la fuerza del flujo que transporta el sistema o por el impacto generado en el punto de descarga. Se consideran dos tipos de estructura de descarga (CEME ACOSTA, 2022).

2.8.3.1 Estructura de descargar para conductos cerrados:

Este tipo de estructura se utiliza cuando la red de drenaje es entubada y dirigida a una corriente receptora para verter las aguas captadas (CONAGUA, 2015).

2.8.3.2 Estructura de descarga en canal a cielo abierto

Es una estructura recubierta con piedra u otro material, instalada a cielo abierto, que se conecta con el cauce que recibe el flujo del agua (CEME ACOSTA, 2022).

2.8.4 Estructuras de conexión y mantenimiento

Son elementos subterráneos que facilitan el mantenimiento y la conexión de tuberías de diferentes diámetros, pendientes y materiales.

También se les denomina pozos de registro o pozos de revisión y son elementos estructurales que deberán ubicarse de manera que eviten el ingreso del flujo de escorrentía pluvial. Permiten el acceso al sistema de tuberías y alcantarillado. La altura del pozo será de 0,6 m como máximo de descarga libre. El diámetro y la separación entre pozos se definen en las tablas 4 y 5 respectivamente (CEP-INEN, 1992).

Tabla 3

Diámetros recomendados de pozos de revisión

Diámetro de la tubería (mm)	Diámetro del pozo (m)
Menor o igual a 550	0,9
Mayor a 550	Diseño Especial

Nota. Tomado de (CEP-INEN, 1992)

Tabla 4

Máxima distancia entre pozos de revisión

Diámetro de la tubería (mm)	Distancia (m)
< 350	100
400 a 800	150
>800	200

Nota. Tomado de (CEP-INEN, 1992)

2.8.5 Estructuras complementarias

Son estructuras que no siempre están integradas en el sistema de drenaje, pero que se utilizan en casos específicos para resolver un problema determinado y así permitir el correcto funcionamiento del sistema. Entre ellas tenemos:

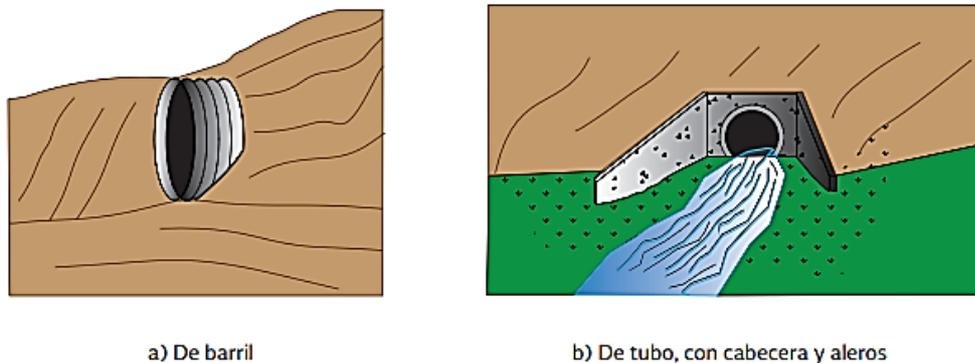
2.8.5.1 Estación de bombeo: Estas estructuras son necesarias cuando hay que elevar el agua o transportarla a un punto determinado, cuando el sistema de flujo a gravedad no puede hacerlo (William Ricardo, 2021).

2.8.5.3 Sifones invertidos: Es una estructura de cruce empleada para transportar agua a presión por debajo de obstáculos mediante dos pozos: uno de caída y otro de ascenso. (CONAGUA, 2015).

2.8.5.4 Estructuras de cruce pluvial: Son segmentos de tuberías o conductos integrados en el cuerpo del terraplén de un camino con la función de permitir el paso del agua proveniente de corrientes naturales o de canales y cunetas a través de la estructura (CONAGUA, 2015).

Figura 9

Estructuras de cruce pluvial



Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

2.8.6 Disposición final

El destino final que tendrá el agua captada por los colectores para ser evacuada a una corriente natural capaz de transportar el volumen drenado por el colector pluvial (CONAGUA, 2015).

2.9 PARÁMETRO DE DISEÑOS.

2.9.1 Topografía

la topografía determina parámetros que miden la elevación del terreno y así mismo, su pendiente; además de delimitar elementos como cunetas, pozos, zanjas y determina si el flujo del agua para nuestro sistema de alcantarillado pluvial puede operar a gravedad o a presión (GONZÁLEZ RÍOS, 2024).

2.9.2 Periodo de diseño

Esta etapa se define su alcance en función de la población que requiere el servicio. Si el periodo considerado es breve, la inversión inicial será menor, pero es necesario realizar nuevas inversiones futuras para adaptarse al crecimiento poblacional. La duración del periodo de diseño está directamente relacionada con la capacidad económica tanto nacional como local, así como con la característica específica de cada sistema. (EMAAP-Q, 2009)

Tabla 5

Vida útil de los elementos que constituyen un sistema de agua pluvial

Componente	Vida útil (Años)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanque de almacenamiento	30 a 40
Tubería principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbestos cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	VARIABLES DE ACUERDO ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Nota: tomado de (CEP-INEN, 1992)

2.9.3 Periodo de retorno

Número promedio de años en el cual un evento dado será igualado o excedido. Es un evento hidrológico donde se calcula la inversa de la probabilidad excedencia anual y representa el intervalo de tiempo promedio. Los periodos de retorno recomendados para fijar el nivel de diseño de la obra de micro drenaje o macro drenaje se muestran en la tabla 6 (EMAAP-Q, 2009).

Tabla 6

Periodo de retorno para diferentes ocupaciones del área

Tipo de obra	Tipo de ocupación del área de influencia de la obra	Tr (años)
Micro drenaje	Residencial	5
Micro drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área de servicio de edificio	5
Micro drenaje	Aeropuerto	10
Micro drenaje	Área comerciales y vías de tránsito intenso	10- 25
Micro drenaje	Área comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Área de importancia específica	50-100

Nota: tomado de (EMAAP-Q, 2009)

2.9.4 Hidrología

Para obtener el caudal del drenaje del alcantarillado pluvial, es fundamental realizar un estudio hidrológico para saber la intensidad de lluvia del área donde se realizará el proyecto. Para este estudio se utilizarán los datos de la estación M0174 (ANCON) ya que es la más cercana a nuestra zona de estudio y es la que proporcionará los datos para generar los caudales que fluirán en el sistema de drenaje (CEME ACOSTA, 2022).

2.9.5 Área de aportación

El área de aportación son las zonas que generan y dirigen el flujo de aguas residuales o pluviales. Según lo indicado en la norma, estas áreas tributarias se definirán considerando la característica topográfica del área de análisis (MALAVÉ VIÑAN, 2015) .

2.9.6 Caudales de diseño

Una cuenca representa un análisis hidrológico, que se describe como una zona del terreno donde el agua de lluvia al caer y filtrarse se concentra y fluye hacia un punto determinado, que puede ser de evacuación (cuenca abierta) o de almacenamiento (cuenca cerrada). Es crucial señalar que la extensión de la cuenca está determinada por la localización de su punto de salida. (Moreno Vásquez, 2016)

2.9.7 Duración de lluvia

El caudal alcanza su punto máximo cuando el tiempo de lluvia coincide con el tiempo de concentración de la cuenca. Este último se define como el tiempo necesario desde el inicio de la precipitación para que toda el área contribuya al flujo hacia un depósito específico (GÓMEZ TOMALÁ & CHÓZ FRANCO, 2023).

El tiempo de concentración está determinado por las condiciones físicas del terreno, tales como la pendiente y el tipo de cobertura superficial. Este parámetro suele oscilar entre 10 y 20 minutos. Por otro lado, el tiempo que tarda el agua en desplazarse a través del colector depende de la longitud del tramo y de la velocidad del flujo. Para calcular el tiempo de concentración existen múltiples ecuaciones empíricas desarrolladas a partir de estudios hidrológicos.

Ecuación 1

Tiempo de concentración mínimo

$$T_{cmin} = 0.1637 * A + 0.868$$

Donde:

T_{cmin}= tiempo de concentración mínimo del cauce. (min)

A= Área del drenaje de la cuenca. (Ha)

2.9.8 Pendiente

2.6.8.1. Pendiente mínima

La pendiente mínima será aquella que permita que la tubería se pueda auto limpiar con la velocidad mínima de 0.9 m/s. La norma establece que la pendiente para terrenos planos será de 0,05 % en tuberías de 400 mm. (CEP-INEN, 1992)

2.6.8.2. Pendiente máxima

La pendiente máxima será aquella que permita que no se superen las condiciones de diseño de la velocidad máxima permisible indicada en la tabla 8, la cual está en función del tipo de material de la tubería. Cuando la pendiente del terreno no permita disponer de conducciones pluviales que generen velocidades admisibles, se dispone a realizar estructuras especiales para reducir la escorrentía del lugar (EMAAP-Q, 2009).

2.9.9 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración de una cuenca se describe como el periodo que tarda el agua lluvia para desplazarse desde el punto más distante de la cuenca hasta la sección de drenaje correspondiente. Por lo general, el tiempo total de recorrido se calcula como la suma del tiempo de flujo inicial, más el tiempo de tránsito a través del canal secundario, y el tiempo de tránsito a través del canal principal hasta llegar al punto de control (GONZÁLEZ RÍOS, 2024).

Ecuación 2

Tiempo de concentración

$$t_c = t_i + t_f$$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración

t_i : Tiempo inicial o de entrada al sistema de alcantarillado

t_f : Tiempo de flujo a lo largo de los conductos del sistema de alcantarillado

El tiempo de concentración mínimo en zonas urbanas, para tramos iniciales de alcantarillado sin sistemas afluentes, se adoptará igual a 10 minutos (EMAAP-Q, 2009).

Ecuación 3

Tiempo de viaje

$$t = \frac{l}{60 * V}$$

Donde:

t = tiempo de viaje en el conducto (min).

L = longitud (m).

V = velocidad media en la sección de escurrimiento (m/seg) = Q/A.

En la siguiente tabla se muestra las fórmulas más utilizadas para calcular el tiempo de flujo superficial.

Tabla 7

Ecuaciones para la determinación del tiempo del flujo superficial

Nombre	Ecuación t_c	Notas
Kerby (1959)	$t_c = 1,440 * \left(\frac{N * L}{\sqrt{S}}\right)^{0,467}$	L<366m Valores de N son dados en la tabla 5.3.8.2
Agencia general de aviación	$t_c = \frac{5,91 * (1,1 * C) * L}{\sqrt[3]{100 * S}}$	Área de aeropuerto C=coef. de escorrentía
Izzard (1946)	$t_c = \frac{2 * 0,51}{60} * \frac{0,00071 + c}{S^{\frac{1}{2}}} * L * \left(\frac{1 * L}{43200}\right)^{-\frac{2}{3}}$	I*L<500 Valores dados en tabla 5.3.8.3.
Kirpich (1940)	$t_c = 0,0194 * \left(\frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}\right)$	Válida para canales bien definidos y pendiente altas de 5% al 10 %

Nota: tomado de (EMAAP-Q, 2009)

Donde:

tc = tiempo de flujo superficial. (min)

L = longitud de la cuenca (m)

S = pendiente de la cuenca (m/m)

i = intensidad de lluvia (mm/hs)

2.9.10 Tiempo de recorrido

El tiempo de viaje se refiere al período que demora la cuenca en liquidar todos los gastos hasta su vencimiento. Este factor es crucial para un enfoque lógico en el diseño óptimo, donde la duración del diseño coincidirá con el tiempo de concentración. Para alcanzar el máximo escurrimiento, el tiempo de concentración de la descarga en toda la cuenca tiene un impacto significativo y, por ello se determina utilizando la fórmula siguiente (ZAMBRANO CABEZA, 2023).

Ecuación 4

Tiempo de recorrido

$$t = t_c + t_r$$

Donde:

t_c = tiempo de concentración

2.9.11 Tiempo de concentración inicial

Este término se refiere al tiempo requerido para que el flujo de agua alcance el punto más distante de la primera estructura del sistema de drenaje. Sus parámetros se establecen considerando factores como la extensión de los afluentes de la naturaleza. (GÓMEZ TOMALÁ & CHÓZ FRANCO, 2023)

2.9.12 Velocidad

2.9.12.1 velocidad mínima

La velocidad mínima en un sistema de alcantarillado tiene como objetivo evitar que en la tubería se produzcan depósitos de sedimentos que puedan provocar taponamientos. Para un sistema de alcantarillado pluvial la velocidad mínima es de 0.9 m/s a tubo lleno y para una tubería parcialmente llena la velocidad mínima es de 0.6 m/s. (EMAAP-Q, 2009)

2.9.12.2 velocidad máxima

La velocidad máxima en un sistema de alcantarillado está en función del material de la tubería y la cantidad de partículas arrastradas o suspendidas en el

escurrimiento, con el objetivo de evitar la erosión que puedan provocar estos sedimentos. (EMAAP-Q, 2009)

En la tabla 9 se presentan los valores de las velocidades máximas permisibles de las tuberías según su tipo de material y considerando los posibles efectos de abrasión que puedan provocar los sedimentos por el escurrimiento.

Tabla 8

Velocidades máximas permisibles

Material de tubería	Velocidades máximas ($\frac{m}{s}$)
Tubería de hormigón simple hasta 60 cm de diámetro.	4,5
Tubería de hormigón armado de 60 cm de diámetro o mayores.	6,0
Hormigón armado en obra para grandes conducciones $210/240 \frac{kg}{cm^2}$.	6,0-6,5
Hormigón armado en obra de $280/350 \frac{kg}{cm^2}$.Grandes condiciones.	7,0-7,5
PEAD, PVC, PRFV.	7,5
Acero.	9,0 o mayor
Hierro dúctil o fundido.	9,0 o mayor

Nota. Tomado de (EMAAP-Q, 2009)

2.9.13 Diámetro

Para sistemas de alcantarillado pluvial, el diámetro mínimo es de 250 mm, al igual que los tirantes, en el caso de conexiones domiciliarias será de 160 mm. (CEP-INEN, 1992).

2.9.14 Profundidad hidráulica máxima

Para tener una aireación adecuada del flujo de aguas pluviales en conductos cerrados, la profundidad máxima permisible del caudal de diseño es del 85% de la capacidad total de la tubería. (EMAAP-Q, 2009)

2.9.15 Coeficiente de rugosidad

Los valores del coeficiente de rugosidad deben ser consultados en la norma, y se debe evaluar el comportamiento de la conducción tanto con revestimiento recién instalado como con uno ya envejecido. Se puede considerar los valores que proporciona la Tabla 10, la cual muestra los coeficientes recomendados para aplicar en la fórmula de Manning (CEP-INEN, 1992).

Tabla 9

Coeficiente rugosidad

Material	Velocidad máxima m/s	Coeficiente de rugosidad
Hormigón simple:		
Con uniones de mortero	4	0,013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5 - 4	0,013
Asbesto cemento	4,5 - 5	0,011
Plástico	4,5	0,011

Nota: tomado de (CEP-INEN, 1992)

2.10 CRITERIOS DE DISEÑO

2.10.1 Ancho de zanja

Para poder realizar el trabajo de instalación de las tuberías, se recomienda un ancho mínimo de 0.5 m, más el diámetro de la tubería.

Figura 10

Anchos de mínimos de zanja

Diámetro (mm)	Ancho Zanja (m)	Profundidad Mínima Zanja (m)	
		Alto Tránsito	Tránsito Normal
63	0.50	0.90	0.70
75	0.50	0.90	0.70
90	0.50	0.90	0.70
110	0.60	0.90	0.70
140	0.60	1.00	0.80
160	0.60	1.00	0.80
200	0.60	1.00	0.80
250	0.70	1.10	0.90
315	0.80	1.20	0.90
355	0.80	1.20	1.00
400	0.90	1.20	1.00
450	0.90	1.20	1.10
500	1.00	1.20	1.10
630	1.00	1.30	1.20

Nota. Tomado de (TUBOS, 2020)

2.10.2 Niveles de alcantarillado

2.10.2.1. Nivel 1

Este nivel corresponde a comunidades rurales con casas dispersas y calles sin acabados. Las respectivas carreteras se diseñan para con cunetas de capacidad adecuadas para gestionar la escorrentía superficial, sin necesidad de instalar tuberías especiales (CEP-INEN, 1992).

2.10.2.2 Nivel 2

Corresponde a zonas con calles trazados, con mayor tránsito vehicular y alta concentración de viviendas, lo cual justifica la instalación de tuberías de alcantarillado con conexión domiciliaria. Se utilizarán canales laterales en ambos lados de la calzada, que contengan rejilla de acero que impidan el paso de sólidos y soporten el peso de los vehículos (CEP-INEN, 1992).

2.10.2.3. Nivel 3

Este nivel se emplea en ciudades o comunidades más desarrolladas, donde el diámetro calculado corresponde a un sistema de alcantarillado convencional. Se utilizarán redes de tuberías con colectores. Este nivel podrá modificarse al nivel 2 en determinadas zonas de la ciudad (CEP-INEN, 1992).

2.10.3 Localización de tubería

Las tuberías de la red pluvial se ubican en el centro de la calzada o al costado de las tuberías de alcantarillado sanitario. Estas serán diseñadas a profundidades adecuadas para recolectar las aguas pluviales provenientes de las viviendas ubicadas en los lados más bajos de la calzada. En los casos en que las tuberías deban resistir el paso de vehículos, se debe considerar un relleno mínimo de 1,2 metros sobre la parte superior del tubo para asegurar su estabilidad (CEP-INEN, 1992).

2.10.4 Abrasión en tubería

2.10.4.1 Por arado: El arrastre de partículas genera un surco, lo que hace que el material se deposite en el frente y en los laterales de la tubería.

2.10.4.2 Por penetración: La partícula impacta contra el tubo durante un tiempo determinado, después se suelta y deja en su lugar una cavidad.

2.10.4.3 Por corte: Las partículas remueven pequeñas porciones de la conducción.

2.10.4.4 Por fractura: Es la forma más grave, ya que las partículas pueden llegar a romper la tubería.

2.10.5 Profundidad

2.10.5.1. Profundidad mínima

Los sistemas de drenaje pluvial deben contar con una profundidad adecuada que permita evacuar las aguas lluvias por gravedad desde las áreas tributarias. La profundidad de la alcantarilla varía entre 1,5 a 2,5 m, según la norma (CEP-INEN, 1992).

Tabla 10

Profundidades según la zona de estudio

Zona	Profundidad(m)
Peatonal o verde	1,50
Vehicular	1,50

Nota: tomado de (CEP-INEN, 1992)

2.10.5.2. Profundidad máxima

En general, la profundidad máxima de las tuberías es de 5 m, aunque puede ser mayor siempre que se cumplan los requisitos geotécnicos relacionados con los cimientos y los materiales estructurales, tanto durante la instalación como después de ella (EMAAP-Q, 2009).

2.11 MÉTODOS DE DISEÑO

2.11.1 Método racional:

Este método se aplica en áreas con una superficie inferior a 5 km². Se basa en parámetros como la intensidad de lluvia de diseño, el tiempo de concentración y el caudal de escorrentía (CEP-INEN, 1992).

2.11.2 Método de hidrograma unitario:

Para cuencas de extensiones superiores a 100 hectáreas, este método también se empleará para el análisis de vasos artificiales de regulación. A partir de los hidrogramas unitarios y las tormentas, se obtendrán los hidrogramas del escurrimiento superficial para las cuencas de drenaje (CEP-INEN, 1992).

2.11.3 Análisis estadísticos:

Para la descarga de cursos de aguas, se aplicará el análisis estadístico cuando las áreas de contribución sean superiores a 25 km² y se ubiquen en áreas urbanas. Se recomienda el análisis estadístico de los datos de escurrimiento. Los métodos recomendados para el análisis estadístico son GUMBEL y LOG-PERSON TIPO III (CEP-INEN, 1992).

Se puede emplear cualquier modelo lluvia-escorrentía. Para superficie menores a 1300 hectáreas, se recomienda utilizar este método.

2.12 MÉTODO RACIONAL

Este método es ampliamente utilizado para calcular caudales máximos asociados a una lluvia de diseño. Según (EMAAP-Q, 2009), el caudal superficial

generado por la precipitación se determina en función de la intensidad de la lluvia, las características del área de drenaje y el coeficiente de escorrentía.

Ecuación 5

Fórmula del caudal de diseño

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

En donde:

Q = Caudal pico (m³/seg)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = Intensidad de precipitación (mm/h). Determinada de curvas IDF, para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca para la recurrencia de cálculo adoptada.

A = Área de la cuenca de aportación (ha).

2.12.1 Área de drenaje (A)

Para calcular el área de drenaje en una ciudad, se sigue un procedimiento similar al utilizado para diseñar sistemas de alcantarillado sanitario. Este proceso consiste en identificar las manzanas y delinear las áreas que contribuye al flujo hacia cada colector, mediante un análisis planimétrico de la zona correspondiente. (CEP-INEN, 1992)

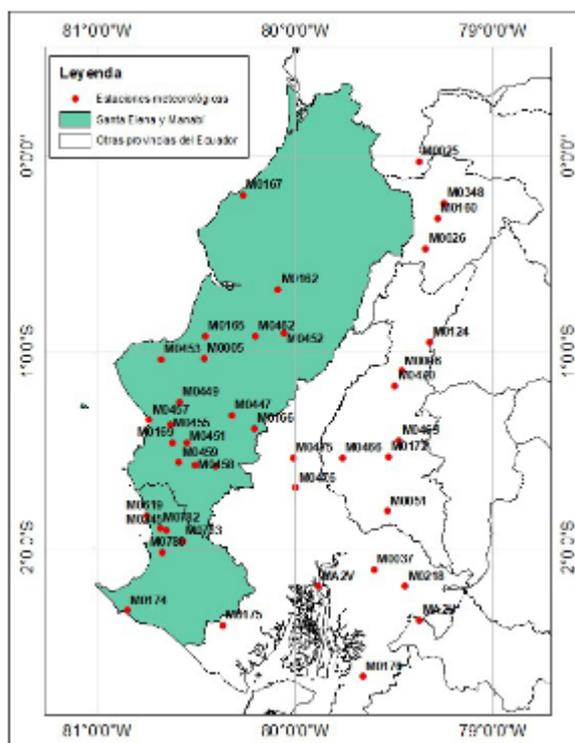
2.12.2 Intensidad de lluvia (I)

La intensidad de lluvia es la cantidad de precipitación que cae en un área determinada durante un periodo de tiempo específico. Este valor se determina mediante un análisis hidrológico de la zona, utilizando datos de pluviógrafos recopilados a nivel local y regional. A partir de esta información, se generan las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (CORAPI & NUÑEZ NEIRA, 2022).

- a) Estaciones pluviométricas del Ecuador
- b) Estación ANCÓN con sus intensidades máxima
- c) Ecuaciones de la zona requerida

Figura 11

Estaciones pluviográficas del Ecuador



Nota: tomado de (CORAPI & NUÑEZ NEIRA, 2022)

Tabla 11

Estaciones pluviográficas utilizadas para el estudio con su respectiva serie de datos de intensidades máximas

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Zona	N ^a años
MO174	ANCÓN	2°19'28" S	80°50'54" W	17S	10

Nota: tomado de (CORAPI & NUÑEZ NEIRA, 2022)

Tabla 12

Intensidad Duración Frecuencia de la estación Anón

Estación			
Código	Nombre	Ecuación	R ²
MO169	JULCUY	$i = 323.46180 * T^{0.30109} * t^{-0.61639}$	0.9656

Nota: tomado de (CORAPI & NUÑEZ NEIRA, 2022)

2.12.3 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía desempeña un rol equivalente al del coeficiente de retorno en el diseño de alcantarillado sanitario. No toda el agua de lluvia alcanza el sistema de alcantarillado, ya que una parte se pierde debido a procesos como la evaporación, la retención por la vegetación, el almacenamiento temporal en cunetas, zanjas, o depresiones y la infiltración en el suelo. Entre todos estos factores, el más relevante es la infiltración, que está directamente relacionada con el grado de impermeabilidad del terreno. Por esta razón, a este coeficiente también se le conoce como el coeficiente de impermeabilidad (CEP-INEN, 1992).

Tabla 13

Valores del coeficiente de escorrentía mediante el tipo de zona

Tipo de zona	Valores de c
Zonas centrales densamente construida, con vías y calzadas pavimentadas.	0,7 – 0,9
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas.	0,7
Zonas residenciales mediantemente pobladas.	0,55 – 0,65
Zonas residenciales con baja densidad.	0,35 -0,55
Parques, campos de deportes.	0,1 – 0,2

Nota: tomado de (CEP-INEN, 1992)

Tabla 14

Valores del coeficiente de escurrimiento por el tipo de superficie

Tipo de superficie	c
Cubierta metálica o teja vidriada.	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada.	0,90
Pavimento asfáltico en buenas condiciones	0,85 - 0,90
Pavimento de hormigón	0,80 -0,85
Empedrados (junta principal)	0,75 - 0,80
Empedrados (juntas ordinarias)	0,40 - 0,50
Pavimento de macadam	0,25- 0,60
Superficie no pavimentada	0,10- 0,30
Parque y jardines	0,05 - 0,25

Nota. Tomado de (CEP-INEN, 1992)

2.13 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

2.13.1 Flujo a tubo lleno

Los valores de una tubería a sección llena coinciden con los valores de una figura geométrica circular, en donde tenemos que el perímetro a sección llena (P) es:

$$P = 2\pi r$$

Y el área a sección llena (A) queda:

$$A = \pi r^2$$

Para el cálculo y dimensionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado pluvial, se utiliza la fórmula de Manning:

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

$$Rh = \frac{D}{4}$$

A partir de la expresión del caudal y la ecuación de Manning, se establece la siguiente ecuación para el caudal:

$$Q = V \times A$$

$$Q = \frac{A}{n} \times Rh^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

V= velocidad de flujo totalmente lleno (m/s).

n= coeficiente de rugosidad.

Rh= Radio hidráulico (m).

D= Diámetro de la tubería (m).

S= Gradiente de energía.

Q= Caudal de flujo totalmente lleno (m³/s).

A= Área de la sección transversal de la tubería (m²).

2.13.2 Flujo en tubería parcialmente llena

Las alcantarillas circulares se diseñan para trabajar a sección parcialmente llena, con el cual podemos comparar al comportamiento a una sección llena. El objetivo es obtener las relaciones hidráulicas que permitan caracterizar el flujo y diseñar el sistema de alcantarillado (Francisco Simón, 2017)

Las relaciones hidráulicas a obtener son:

Tabla 15

Relaciones hidráulicas en función del Angulo α

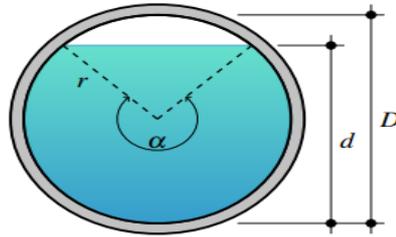
Relación Hidráulica	Expresión
Razón de profundidad (d/D)	$\frac{d}{D} = \frac{1 - \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{2}$
Perímetro Mojado (p/P)	$\frac{p}{P} = \frac{\alpha}{2\pi}$
Área hidráulica (a/A)	$\frac{a}{A} = \frac{\alpha - \text{sen}(\alpha)}{2\pi}$
Radio hidráulico (rh/Rh)	$\frac{rh}{Rh} = \frac{\alpha - \text{sen}(\alpha)}{\alpha}$
Velocidad (v/V)	$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{\text{sen}\phi}{\phi}\right)^{\frac{2}{3}}$
Caudal (q/Q)	$\frac{q}{Q} = \frac{\phi}{2\pi} \times \left(\frac{1 - \text{sen}\phi}{\phi}\right)^{\frac{5}{3}}$

Nota. Tomado de (Francisco Simón, 2017)

Las expresiones en la tabla 15 se utilizan para el diseño de alcantarillados y puede emplearse para la creación de gráficos o tablas de cálculos.

Figura 12

Sección circular parcialmente llena



Nota. Tomado de (Francisco Simón, 2017)

2.14 TRAZADO DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

El diseño de una red de alcantarillado, por motivos económicos, es recomendable que sea una réplica subterránea del drenaje natural de la superficie, donde la escorrentía fluya a gravedad.

El diseño de la red iniciará con la identificación de los puntos de descarga, lo que permitirá definir las rutas de los colectores y emisores. Estos trazos son el punto de partida para el diseño del sistema de alcantarillado (Sabando Delgado, 2024).

2.14.1 Modelos de configuración del sistema de alcantarillado pluvial

La configuración del sistema de alcantarillado pluvial es el trazado definido de los colectores y emisores de la red, los cuales dependen de la topografía del lugar, el trazado de las calles, la ubicación de las zonas de vertido y de su disposición final.

Los modelos más comunes de colectores y emisores se agrupan en los siguientes tipos (CONAGUA, 2015):

2.14.1.1 Modelo perpendicular

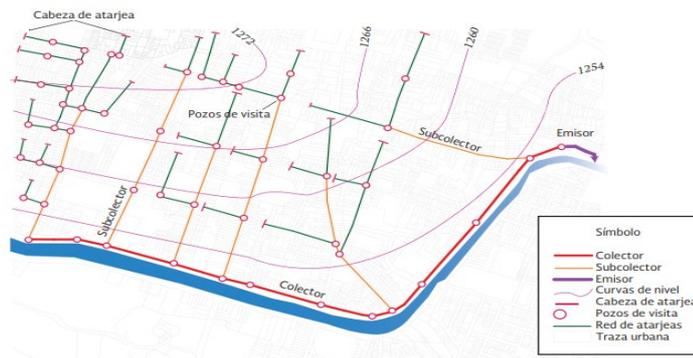
Es utilizado en lugares donde las comunidades están ubicadas en arroyos y donde el terreno se inclina hacia ellos, por lo que las tuberías están ubicadas

perpendicularmente al arroyo, descargando en colectores o en el arroyo (CONAGUA, 2015).

El objetivo de este modelo es determinar la trayectoria más corta hacia los canales o los colectores.

Figura 13

Modelo perpendicular



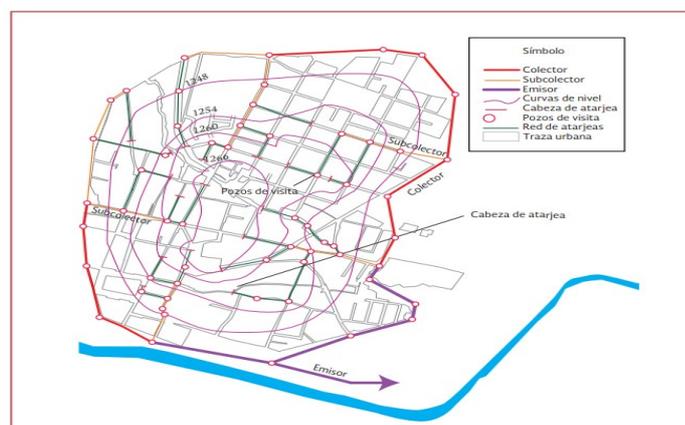
Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

2.14.1.2 Modelo radial

En el modelo radial, el terreno tiene una pendiente que va desde el centro hacia los extremos del área a drenar, lo que hace que la red de aguas pluviales desembogue en los colectores ubicados en los alrededores, los cuales llevarán el agua hacia la zona de descarga (CONAGUA, 2015).

Figura 14

Modelo radial



Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

2.14.1.3 Modelo de interceptores

El modelo de interceptores es empleado para la recolección de las aguas de lluvia en zonas donde las curvas de nivel son prácticamente paralelas. Se utilizan colectores cuyos trazos son de forma transversal a las curvas de nivel, los cuales descargan a un interceptor o emisor hacia la zona de vertido (CEME ACOSTA, 2022).

Figura 15

Modelo de interceptores



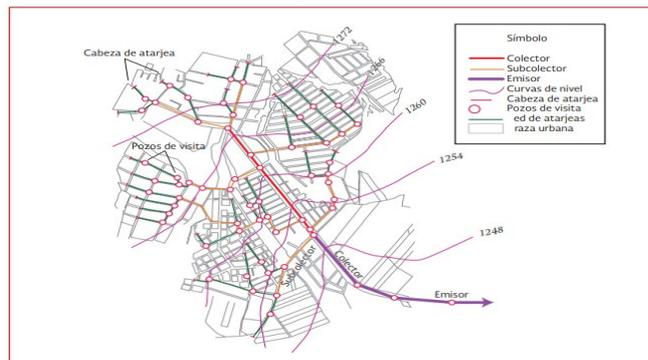
Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

2.14.1.4 Modelo en abanico

Este modelo es utilizado cuando un poblado está ubicado en un valle, la red de drenaje se traza reconociendo el centro del valle y por medio de un colector, las aguas pluviales se trasladan al sitio de descarga (Sabando Delgado, 2024).

Figura 16

Modelo de abanico



Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

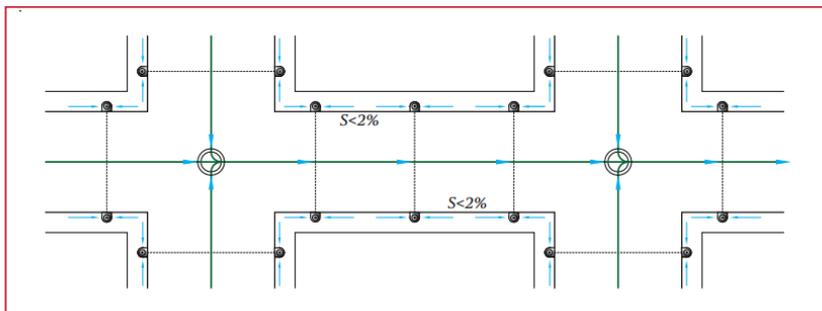
2.15 UBICACIÓN DE RECEPTORES O COLECTORAS PLUVIALES

Según su diseño y ubicación en las calles, se los puede clasificar en desagües de piso, banqueta o combinada, longitudinales de banqueta y transversales de piso.

La pendiente longitudinal de las calles y el caudal a captar son los que determinan el tipo de desagüe a instalar; cuando la pendiente de la acera es menor al 2% se instalan desagües de banqueta, como se muestra en la Figura 17; Se instalan desagües de piso y banqueta cuando las pendientes están entre 2% y 5%, ver Figura 18; y si las pendientes son mayores al 5%, se instalan desagües de piso como se muestra en la Figura 19 (Sabando Delgado, 2024).

Figura 17

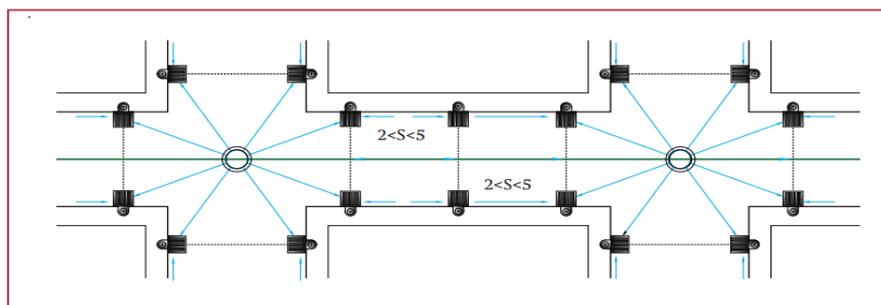
Ubicación de coladeras de banqueta



Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

Figura 18

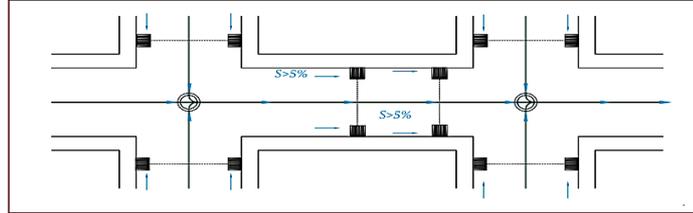
Ubicación de coladeras de piso y banqueta



Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

Figura 19

Ubicación de coladeras de piso

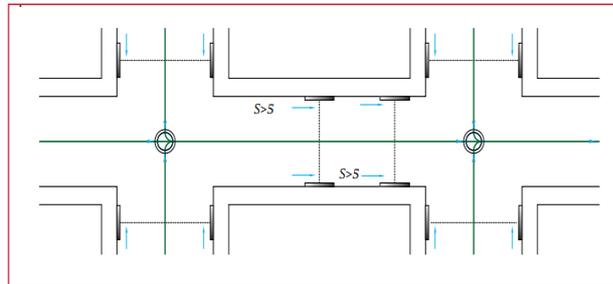


Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

Las coladeras de tipo longitudinal de banqueta son colocadas cuando el caudal a captar es grande y las pendientes son mayores al 5%; si el ancho de las calles es igual o menor a 6 m, se instalan coladeras transversales de piso, tal como se muestra en las figuras 20 y 21 (CONAGUA, 2015).

Figura 20

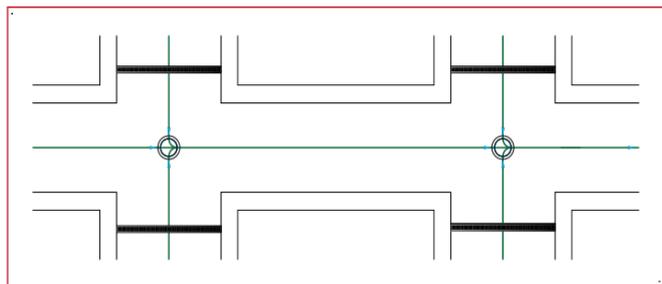
Ubicación de coladeras longitudinales de banqueta



Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

Figura 21

Ubicación de coladeras trasversales de piso



Nota. Tomado de (CONAGUA, 2015)

La distancia entre los desagües no debe exceder los 100 m; se recomienda ponerlos cerca de las esquinas o en los cruces de las calles. En zonas comerciales o en pavimentos de concreto, la separación no debe superar los 25m; cuando son pavimentos de adoquines o empedrados con velocidades bajas, donde las pendientes de las cunetas se logran con mayor facilidad, la separación no debe exceder los 50 m (CONAGUA, 2015).

2.16 MODELAMIENTO HIDROLOGICO

Consiste en simular los procesos de las precipitaciones y crecidas de cuencas en un tramo de tiempo determinado (FERNADEZ LOYOLA & VEGA RAMIREZ, 2021)

2.17 MODELAMIENTO HIDRAULICO

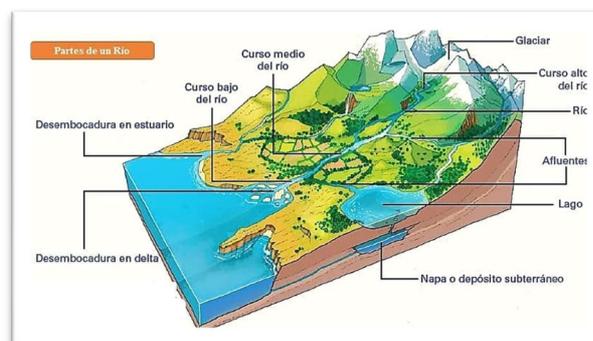
Permite el análisis hidráulico considerando la geometría del cauce con el objetivo de estimar la altura del caudal bajo las condiciones de flujo dadas (FERNADEZ LOYOLA & VEGA RAMIREZ, 2021)

2.18 CUENCA HIDROGRAFICA

Una cuenca hidrográfica es donde se almacenan las aguas que provienen de las lluvias, el deshielo o otros tipos de precipitaciones. Estas aguas tienen un punto de descarga, que pueden ser ríos, lagos, lagunas o en el mar. El límite de una cuenca está marcado por la zona más elevada del terreno, se la conoce como divisoria de agua, que se separan de una cuenca de otra. (AMBULUDI PACHECO, 2016)

Figura 22

Esquema de una cuenca hidrográfica



Nota: Tomado de (AMBULUDI PACHECO, 2016)

2.18.1 División de una cuenca hidrográfica

2.18.1.1 Cuenca alta: Esta ubicada en las partes más elevadas del terreno, generalmente en zonas montañosas. Estas áreas están delimitadas por zonas llamadas cumbres, que son fronteras naturales que nos permiten separar el flujo del agua hacia diferentes partes. Así, producen el nacimiento de los ríos y se recogen las primeras aguas producidas por las lluvias. (AMBULUDI PACHECO, 2016)

2.18.1.2 Cuenca media: Se extiende desde el pie de monte hasta los valles más bajos. En estas zonas del recorrido, el río ya tiene un cauce bien definido y su corriente es más estable. Es una zona donde suelen desarrollarse actividades agrícolas (AMBULUDI PACHECO, 2016).

2.18.1.3 Cuenca baja: Es la parte final de una cuenca hidrográfica, es decir, el área geográfica donde las aguas de lluvias u de ríos confluyen y se dirigen hacia un punto común, como lago, un mar o un océano. (AMBULUDI PACHECO, 2016)

Tabla 16

Clasificación de tamaños de cuenca

Rangos de áreas (Km ²)	Clasificación
< 25	Microcuenca
25– 250	Pequeña
250– 500	Intermedia-pequeña
500– 2500	Intermedia-grande
2500– 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Nota. Tomado de (Echegaray García & Quiroz Castillo, 2022)

2.19 INUNDACIÓN

Cuando el agua ocupa zonas que en condiciones normales están secas, se le conoce inundación, y se produce por desbordamiento de ríos, lluvias prolongadas o fuertes (Cordova Diaz, 2017).

2.19.1 Causas de las inundaciones

2.19.1.1 Causas naturales:

- a) **Meteorológicas:** Lluvias intensas.
- b) **Desbordamiento de Ríos:** Ocurre cuando hay un aumento del caudal debido a las precipitaciones.
- c) **No meteorológicas:** Deshielo.

2.19.1.2 Causas no naturales:

- a) **Rotura de una obra hidráulica:** Rotura de presas.
- b) **Actividades humanas.**

2.20 SOCAVACIÓN DE RIO

La socavación fluvial es un proceso geomorfológico que define a la erosión progresiva del lecho y las orillas de un río, causada por las fuertes y continuas acciones del flujo de agua. Aunque son fenómenos naturales, pueden provocar consecuencias importantes en áreas de construcciones, viviendas habitadas y también afectar el medio ambiente, la sociedad y la economía. Además, la socavación tiene el potencial de modificar el curso o el flujo de los ríos, lo que aumenta el riesgo de inundaciones. (NEIRA ORRALA & MORALES VERA, 2024)

Figura 23

Socavación de rio



Nota: tomado de (NEIRA ORRALA & MORALES VERA, 2024)

2.21 DEFENSA RIBEREÑA

La defensa ribereña consiste en estructuras ubicadas en los ríos, canales, embalses o represas, tiene como fin prevenir o proteger las zonas cercanas frente a inundaciones. Esto abarca tanto muros de contención como diques, cuyo propósito es mejorar los canales o un sistema de drenaje para facilitar el flujo del agua. Estas estructuras cumplen la función de proteger el entorno y el bienestar de la ciudad que es afectada por las inundaciones (YAMO HERRERA, 2023).

Figura 24

Defensa ribereña



Nota: tomado de (YAMO HERRERA, 2023)

2.21.1 Zona ribereña

Las zonas ribereñas son los bordes entre el suelo y un cuerpo de agua, las cuales sirven como un filtro natural que protege a los cauces de una excesiva acumulación de sedimentos, además de regular la velocidad del agua (YAMO HERRERA, 2023).

2.21.2 Diques

Un dique es una construcción que permite controlar el paso del agua y evitar que inunde las áreas más vulnerables. Tiene un Angulo respecto al cauce del río, canal o embalse y su diseño dependerá del tipo terreno y del volumen de agua que se manejará. Estas estructuras son diseñadas de diferentes materiales, como tierra, hormigón o piedra compactada y son capaces de resistir la presión del agua durante períodos de lluvias intensas o corrientes fuertes (YAMO HERRERA, 2023).

Figura 25

Diques



Nota: tomado de (YAMO HERRERA, 2023)

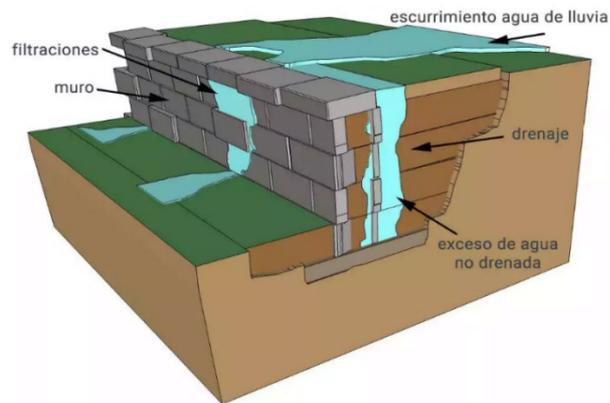
2.22 TIPOS DE DEFENSA RIBEREÑA

2.22.1 Muro de contención

Estas estructuras de contención son obras de ingeniería civil que están diseñadas para proporcionar estabilidad y evitar colapso de rocas. Su principal función es prevenir el deslizamiento provocado por el peso del terreno o por cargas externas. Estas estructuras tienen como objetivo actuar como soporte, evitando que las rocas o tierras se desplacen bajo la presión lateral que ejerce el terreno (LOAYZA ECHEGARAY, 2017).

Figura 26

Muro de contención



Nota: tomado de (LOAYZA ECHEGARAY, 2017)

2.22.2 Diques enrocados

Los diques enrocados se utilizan para la protección en zonas en que el agua, debido a la velocidad y fuerza, provoca erosión de un río, en canales u otras infraestructuras hidráulicas. Consiste en colocar rocas de gran tamaño sobre el talud o área expuesta al flujo, lo que permite evitar el desgaste del terreno. Una de las ventajas del enrocado es su bajo costo, así como su facilidad de mantenimiento y adaptación a diferentes terrenos (YAMO HERRERA, 2023).

Figura 27

Diques enrocados



Nota: tomado de (YAMO HERRERA, 2023)

2.22.3 Gaviones

Los gaviones están contruidos con mallas metálicas y rocas. Tienen diferentes formas, como cajones rectangulares rellenos con piedras de tamaños adecuados y ofrecen soporte y protección en zonas con erosión, tanto en taludes, ríos como en otras áreas con riesgo de desgaste por el agua. Los gaviones ayudan a reducir la velocidad del flujo o corriente de un río y tiene como función la canalización. (YAMO HERRERA, 2023)

Figura 28

Tipos de gaviones y sus características



Nota. Tomado de (YAMO HERRERA, 2023)

2.22.4 Diques de tierra

Los diques de tierra sirven para controlar el cauce del río y para proteger sus orillas. Además, permiten redirigir el flujo del agua. Se construyen en zonas que presentan irregularidades (LARA PALOMINO & VELIZ LEON, 2022).

Figura 29

Diques de tierra



Nota: tomado de (YAMO HERRERA, 2023)

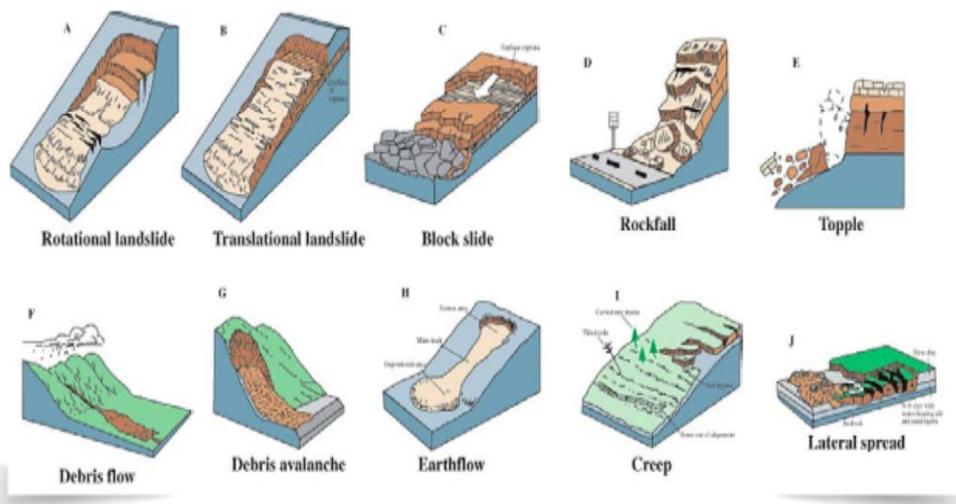
2.23 ESTABILIDAD DE TALUDES

Un talud es una superficie inclinada con respecto al eje horizontal. Estos pueden ser naturales, como laderas, o hechas por el hombre en obras de ingeniería, como terraplenes o desmontes.

En el estudio de la estabilidad de taludes, se debe estudiar fenómenos como la rotura del suelo e identificar su comportamiento, lo que permite optimizar las medidas de contención y estabilización. Según su mecanismo de rotura, los taludes pueden clasificarse según sus tipos de movimientos como se muestra en la figura 30 (Ricardo Valiente et al., 2015).

Figura 30

Clasificación del movimiento del terreno



Nota. Tomado de (Ricardo Valiente et al., 2015)

2.24 RESTAURACIÓN FLUVIAL

Consiste en un conjunto de intervenciones que permiten mejorar o devolver a los ríos sus características propias, restaurando su forma y su funcionamiento natural. Su objetivo principal es recuperar el equilibrio natural del ecosistema, el cual se ha degradado con el tiempo y debido a la actividad humana. Entre otros factores que afectan a los ríos se encuentran la modificación del cauce, las construcciones, la contaminación del agua y la pérdida de vegetación (MAGALHAES, 2019).

2.25 HERRAMIENTAS Y SOFTWARE

El proceso de diseño de sistemas de alcantarillado pluvial e infraestructura hidráulica requiere el empleo de herramientas computacionales especializadas. Estas aplicaciones permiten modelar con precisión el comportamiento hidrológico e hidráulico de las corrientes superficiales, facilitando el dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema.

Estos softwares son considerados de gran ayuda, ya que cuentan con normas de diseño, así como con herramientas de cálculo, tablas, gráficos e hidrogramas. A través de este elemento se obtendrá variables importantes para el diseño.

2.25.1 Software Google Earth

Google Earth es un programa eficaz que permita explorar el planeta Tierra en tres dimensiones, facilitando así la obtención de mediciones exactas de distancias. Ofrece información geográfica del terreno donde se realizará el proyecto, mostrando diferentes capas e incluso puede vincularse con el programa SIG (**Sistema de información Geográfica**), lo que mejora la precisión y el diseño de infraestructuras (BERNABÉ SORIANO & MUÑOZ DE LA A, 2024).

2.25.2 Software AutoCAD Civil 3D

Este programa es importante en la industria de la ingeniería civil, ya que emplea diversas herramientas para el desarrollo de infraestructuras, como carreteras, puentes, redes de drenaje y sistemas de agua potable. Su importancia radica en la capacidad de crear múltiples configuraciones para el diseño de evacuación de aguas, tales como pluviales o residuales. Es posible modelar con precisión el flujo del agua, calcular el diámetro de las tuberías de desagüe y garantiza un funcionamiento eficaz y seguro a la hora del diseño (BERNABÉ SORIANO & MUÑOZ DE LA A, 2024).

2.25.3 Software ArcGIS

Es un programa avanzado para el manejo de información geográfica, que permite recopilar, visualizar, analizar y comparar datos con mayor eficiencia. Facilita la creación de mapas detallados y la realización de análisis espaciales

tridimensionales. Esta herramienta está conformada por ArcMap y ArcGIS PRO, con funciones únicas que se adaptan a sus necesidades (Aportesingecivil, 2017).

2.25.4 Software HEC-HMS

El programa HEC- HMS (Sistema de Modelado Hidrológico) facilita el análisis de los procesos hidrológicos que se presentan en cuencas con drenaje. Incorpora múltiples métodos para un mejor análisis hidrológicos, como cálculos de infiltración durante épocas de lluvias. También permite realizar simulaciones de evapotranspiración, derretimiento de nieve y manejo de humedad en el suelo. Este software mejora la calibración y la validación del modelo, incluyendo parámetros para optimizar y predecir caudales. (Hydrologic Engineering Center (CEIWR-HEC), 2024).

2.25.5 Software HEC-RAS

El software HEC-RAS sirve para la simulación hidráulica del comportamiento del agua que fluye a través de un río o cauces naturales. Permite determinar con claridad la velocidad del flujo, la variación de nivel del agua y la simulación de inundaciones bajo diferentes condiciones hidrológicas (Hydrologic Engineering Center (CEIWR-HEC), 2024)

Capítulo III. METODOLOGÍA

La metodología se desarrollará en tres diferentes fases:

Fase 1: Se realizará la recopilación y análisis de información acerca del estudio de prefactibilidad del sistema pluvial, incluyendo las condiciones climáticas e hidrológicas, así como la revisión de las normativas técnicas aplicables. Luego, se llevará a cabo un diagnóstico técnico del estado actual de la zona de estudio mediante el levantamiento de la infraestructura existente y la identificación de las zonas críticas de escurrimiento e inundación.

Se formularán diversas alternativas técnicas de solución, considerando tipos de estructuras, tales como sumideros, cunetas, colectores y cámaras de inspección. Finalmente, se seleccionará la alternativa más adecuada para el prediseño del sistema pluvial.

Durante la Fase 2, se realizó el levantamiento topográfico de los barrios 15 de Enero, 10 de Agosto, 24 de Mayo y del cauce del río Tambo, ubicado en la Comuna Prosperidad.

Con base en estos datos, se procederá al cálculo de caudales de diseño utilizando el método racional, el cual toma en cuenta factores como intensidad de precipitación, el coeficiente de escorrentía y el área de aporte, para dimensionar adecuadamente la infraestructura hidráulica.

Se elaborará el diseño preliminar de las redes de captación, conducción y disposición final de aguas pluviales. Finalmente se desarrollará el modelamiento hidráulico del río Tambo mediante los softwares HEC-HMS 4.12 Y HEC-RAS 6.6, que permiten simular escenarios del comportamiento del cauce. Esta simulación facilitó la identificación de puntos crítico para determinar medidas de solución que mejoren el control de desbordamientos de río y protejan la zona de estudio.

En la fase 3, una vez diseñado el sistema de drenaje pluvial, se procederá a realizar el cálculo de un presupuesto referencial y al ya tener identificadas las zonas con

peligro de desbordamiento en el río que afectan a la zona urbana, se realizará la propuesta de prediseño de un dique de tierra que mitigue dicho problema.

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo

Este proyecto de investigación es de naturaleza descriptiva, ya que busca generar conocimiento científico que permita solucionar problemas que involucran al campo de ingeniería, proporcionando elementos útiles para la toma de decisiones (ZAMBRANO CABEZA, 2023).

En este estudio, se utilizarán conocimientos técnicos, criterios normativos, tablas y diversas fórmulas disponibles para el desarrollo del sistema pluvial y la mejora de la conducción del río en la Comuna Prosperidad, del cantón Santa Elena.

3.1.2 Nivel

Según (GÓMEZ TOMALÁ & CHÓZ FRANCO, 2023), el nivel del proyecto es explicativo, lo que permitirá realizar un análisis sobre donde se evacuarán las aguas lluvias que se vinculan con los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto. Así mismo brindará una mejora para la conducción de las aguas del río.

3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Método

El método utilizado en este estudio es de tipo descriptivo, orientado a la información detallada sobre las características del terreno y las condiciones hidrológicas e hidráulicas de la comuna Prosperidad, a través de técnicas de mediciones exactas y del uso de datos de intensidad de lluvia para el cálculo de caudales en diferentes puntos, que permitirá el desalojo del agua de lluvia en las zonas más baja del sector. El método brinda una base empírica para el prediseño y evaluación de soluciones técnicas, tales como el sistema de alcantarillado pluvial y el mejoramiento mediante diques en el río Tambo (BERNABÉ SORIANO & MUÑOZ DE LA A, 2024).

3.2.2 Enfoque

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, ya que se basa en la recolección de datos hidrológicos y topográficos, los cuales serán analizados mediante métodos estadísticos que fundamenten tanto el diseño del sistema de alcantarillado como el modelamiento hidráulico del río (BERNABÉ SORIANO & MUÑOZ DE LA A, 2024).

3.2.3 Diseño

La presente investigación se enmarca dentro de un enfoque metodológico no experimental de carácter proyectivo, orientado a plantear una alternativa técnica frente a una problemática existente, sin intervenir directamente en las variables del entorno. En este tipo de estudio, el papel del investigador es esencial, ya que se encarga de realizar el análisis técnico, supervisar las fases del diseño y verificar los resultados obtenidos (GÓMEZ TOMALÁ & CHÓZ FRANCO, 2023). El desarrollo contempla el dimensionamiento hidráulico y la planificación del sistema de drenaje pluvial, acompañado de un presupuesto referencial. Asimismo, se considera el mejoramiento de la capacidad de conducción del río Tambo, conforme a las normativas técnicas actualmente vigentes

3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1 Población

La población es el conjunto o grupo total de elementos que comparten características similares que son objeto de estudio (BERNABÉ SORIANO & MUÑOZ DE LA A, 2024). En esta investigación, la población está conformada por las áreas de los barrios 24 de Mayo, 15 de Enero, 10 de Agosto y un tramo de río Tambo, pertenecientes a la comuna Prosperidad, los cuales, en temporadas de lluvias intensas, presentan zonas que sufren inundaciones.

3.3.2 Muestra

La muestra son eventos de grupos de individuos de una población con el fin de realizar estudios (BERNABÉ SORIANO & MUÑOZ DE LA A, 2024). Para este proyecto, la muestra corresponde a las zonas más bajas y cercanas al río tambo, ya

que son las más vulnerables al estancamiento de agua durante la temporada de lluvia.

3.3.3 Muestreo

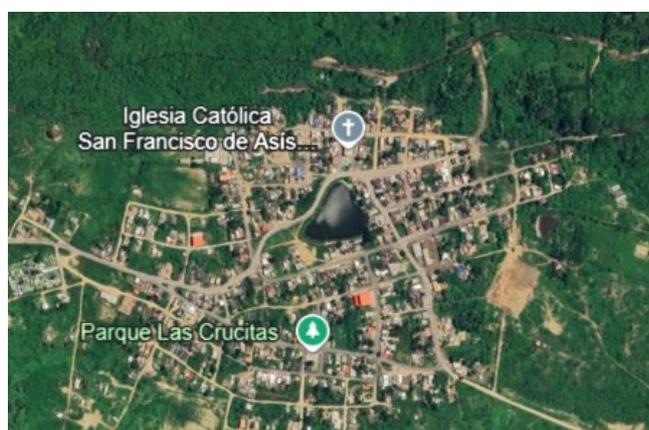
El muestreo son elementos específicos seleccionados dentro de la población que forman parte de la muestra (BERNABÉ SORIANO & MUÑOZ DE LA A, 2024). Debido a que la zona de estudio no abarca una extensión territorial amplia, no se aplican técnicas de muestreo probabilístico o no probabilístico, ya que se trabajará directamente sobre las zonas críticas identificadas.

3.4 UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO

El sitio de estudio está ubicado en la comuna Prosperidad, del Cantón Santa Elena, conformado por tres barrios: 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto, con un área de 29.14 hectáreas. La zona cuenta con un río denominado Tambo, el cual posee una longitud aproximada de 20 Km.

Figura 31

Ubicación del sitio de estudio, Prosperidad



Nota: tomado de Google EART

3.5 METODOLOGÍA DEL OE. 1: REALIZAR UN ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y UN LEVANTAMIENTO CON EL EQUIPO GNSS EN LOS BARRIOS 15 DE ENERO, 10 DE AGOSTO Y 24 DE MAYO.

3.5.1 Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico de los barrios 15 de Enero, 10 de Agostos y 24 de Mayo, de la comuna de Prosperidad, cantón Santa Elena, así como parte del cauce del río Tambo. El área a drenar es de aproximadamente 29.14 hectáreas. Para este trabajo se utilizó equipo GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), aplicando la técnica del RTK (Cinemática en Tiempo Real), la cual permite obtener datos topográficos precisos, con el fin de identificar la zona más baja donde se acumulan las aguas lluvias, y así realizar el prediseño de alcantarillado pluvial.

En el barrio La Crucita se estableció el punto de referencia para colocar el equipo GNSS obteniendo las coordenadas X, Y, Z. A continuación, se procedió con el levantamiento topográfico de los barrios antes mencionados, tomando como referencia puntos claves tales como las calles, redes de alcantarillado sanitario, postes y el terreno natural. Se consideró una placa IGM, la cual proporcionó las correcciones necesarias para las coordenadas del sector de estudio. Las coordenadas de la placa IGM se muestra en la tabla 18.

La ventaja de utilizar el método del RTK es que genera un sistema de coordenadas exacto, lo cual es muy útil para su aplicación en softwares como Civil 3D, AutoCAD. Además, proporciona datos relevantes como alturas, áreas, longitudes y pendientes, que facilitan el análisis y el prediseño del sistema de alcantarillado, así como el modelamiento del río para el presente proyecto.

Tabla 17

Coordenadas de la placa INOCAR

UBICACIÓN DEL HITO 1	COORDENADAS UTM-WGS84-ZONA 17		
	Este	Norte	Cota
Anconcito	511704.608	9742507.939	55.1670

Nota: Datos proporcionado en la tesis

Tabla 18

Coordenadas de la placa INOCAR a 100 m de distancia

UBICACIÓN DEL HITO 2	COORDENADAS UTM-WGS84-ZONA 17		
	Este	Norte	Cota
Anconcito	9743977.357	515921.610	45.535

Nota: datos proporcionados en la tesis

Los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto, presentan terrenos con pendientes que oscilan entre 0 % - 9 %.

A continuación, se presenta una imagen que ilustra la delimitación de los tres barrios y el rio de descarga, con el propósito de definir los límites de la red y así proceder al prediseño del sistema de alcantarillado pluvial.

Figura 32

Delimitación de la zona de estudio



Nota; Elaboración en civil 3D

Tabla 19

Coordenadas UTM , obtenidos con el equipo GNSS

Puntos	Norte	Este
1	516868.4570	9746770.5100
2	516956.2720	9746749.1040

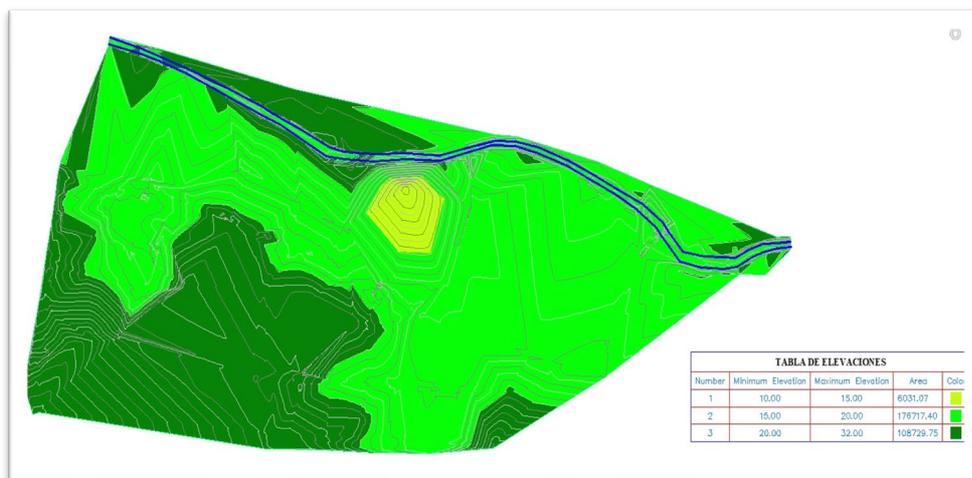
3	517097.6760	9746770.3930
4	517357.3570	9746634.1900
5	517396.6860	9746561.9820

Nota: datos proporcionados de la tesis

Con las coordenadas obtenidas, se procedió a realizar, en el software Civil 3D, las respectivas triangulaciones del levantamiento, lo que permitió obtener las distancias y establecer puntos fijos en la zona de estudio. Este proceso, junto con las elevaciones obtenidas, permitió verificar que el prediseño de la red pluvial pueda operar gravedad.

Figura 33

Elevaciones del terreno de proyecto



Nota: Elaborado por los autores

A continuación, se muestra en la tabla 20, las longitudes y pendientes de las calles de los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto.

Tabla 20

Longitud y pendientes de las calles dentro del área de estudio de la Comuna Prosperidad.

Descripción	Longitud (m)	Pendiente (%)
Calle 15 de enero	248.36	4

Calle B	122.03	1.6
Calle 4	105.97	1.6
Calle 9	149.14	2.7
Calle Av.9 Octubre	250.47	2.8
Calle 3	138.01	4
Calle 10 Agosto	213.85	1.2
Calle 5	132.34	3.8
Calle AV. Olmedo	59.74	2.5
Calle Quito	102.54	1
Calle 24 de Mayo	272.80	1.5
Calle 7	69.66	0.3
Calle 13	70.38	0.4
Calle D	64.94	4
Calle Rosendo	248.12	1.3
Avilés		

Nota: realizado en el programa civil 3D

3.6 METODOLOGÍA DEL OE.2: DISEÑAR EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LOS BARRIOS 15 DE ENERO, 24 DE MAYO Y 10 DE AGOSTO Y MODELAR EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO TAMBO.

Este objetivo tiene como fin la elaboración del diseño del sistema de alcantarillado en los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto, ajustado a los criterios de diseño establecidos en las normas del EMAAP-Q y la Secretaría Nacional del Agua,

abordando con detalle los parámetros hidrológicos y cálculos hidráulicos necesarios para realizar el prediseño (GONZÁLEZ RÍOS, 2024).

Para modelar el comportamiento del río, se utilizó el método de transformación SCS en el software HEC-HMS para obtener el caudal de diseño con un periodo de retorno de 10 años. Con los resultados obtenidos en el programa anterior, se simuló el comportamiento hidráulico en el río con el software HEC-RAS, con el fin de determinar zonas en peligro de desbordamiento.

Para el diseño del alcantarillado pluvial, se comenzó por las delimitaciones del área de aportación de los barrios mencionados, y luego se continuó con el diseño de la red pluvial.

3.6.1 Delimitación del área de aportación

Mediante el programa civil 3d se delimitaron microcuencas que permiten trazar los límites de pequeñas áreas en las que el agua fluye naturalmente hacia un punto de recolección, como pozos o sumideros, que están conectados a un punto de destino como un río o lago.

Figura 34

Delimitación de área de aportación en los barrios



Nota: realizado del programa Civil 3D

3.6.2 Prediseño del sistema pluvial

Determinadas las áreas de aportación, se comenzó a realizar mediante el programa civil 3d, la elaboración del alcantarillado pluvial de los barrios 15 de Enero, 10 de Agostos y 24 de Mayo, con sus respectivas tuberías y pozos. El agua a recolectar se dirige hacia un punto de descarga, en este caso, en el río Tambo.

Figura 35

Diseño de sistema de alcantarillado



Nota: elaborado del programa Civil 3d

También se incluye una mejora del río, específicamente en los sectores donde se desborda el agua ocasionada por las fuertes lluvias. Para el modelamiento del río, se partió de la delimitación de la cuenca con el software ARC-GIS. Una vez delimitada la cuenca y con ayuda del software HEC-HMS, se obtuvo el hidrograma de diseño del río para un periodo de retorno de 5 años, con el fin de realizar su posterior modelamiento en HEC-RAS.

3.6.3 Topografía del río Tambo

Mediante el uso del equipo GNSS, se realizó el levantamiento topográfico de río Tambo, el cual proporcionó información sobre la geometría del cauce. Para este levantamiento, se estableció un espaciado regular de 20 metros entre secciones transversales, para tener una representación más precisa del cauce, lo que permitió identificar los puntos más críticos donde hay mayor riesgo de desbordamiento durante las lluvias intensas.

Tabla 21

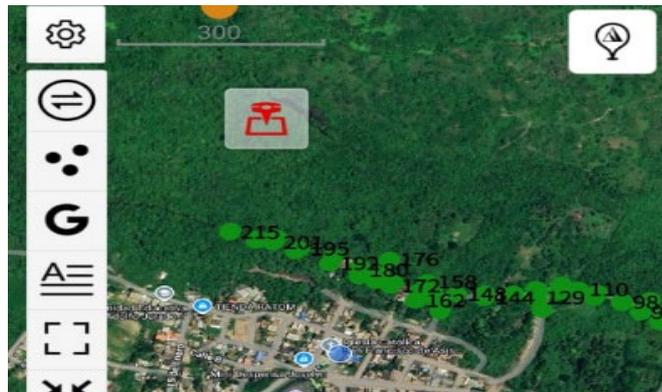
Coordenadas UTM del río Tambo

Punto de referencia	Altura (m)	Norte (m)	Este (m)
Inicio	17.408	9746681.31	517790.567
Punto medio	19.323	9746786.94	517442.178
Final	18.412	9746908.37	516930.12

Nota. Elaborado por los autores

Figura 36

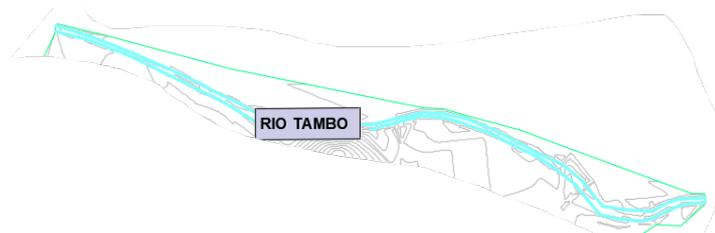
Puntos elaborados por el equipo GNSS



Nota: Elaborado por el autor

Figura 37

Delimitación del río Tambo



Nota: Elaborado en Civil3D

3.6.4 Delimitación de la cuenca

Para la delimitación de la cuenca del río Tambo, se utilizó información en formato digital (DEM-Modelo Digital de Elevación), obtenido de la página web ASF Data Search, con una resolución espacial de 12.5 m/píxel.

Figura 38

DEM de la cuenca del Rio Tambo

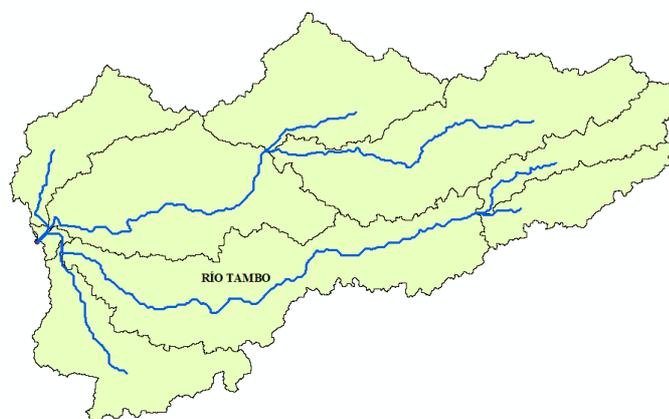


Nota. Realizado en el software ArcGIS

Una vez obtenido el DEM, se procedió en el software ArcGIS delimitar la cuenca del río Tambo y sus ríos afluentes.

Figura 39

Delimitación de la cuenca del río Tambo



Nota. Realizado en el software ArcGIS

3.6.5 Parámetros de la cuenca

Una vez delimitada la cuenca y con ayuda del software ArcGIS, se pueden determinar las características físicas y morfológicas principales de la cuenca, las cuales se presentan a continuación:

Tabla 22

Parámetros de la Cuenca

Parámetros de la Cuenca	
Clasificación	Pequeña
Orden	2
Área (Km ²)	183.09
Perímetro (Km)	119
Ancho medio (Km)	12.02
Long. Cause principal (Km)	18.86
Pendiente promedio (%)	5.71
Pendiente cause principal (%)	1.8
Densidad de drenaje (Km/Km ²)	0.34
Índice de compacidad	2.48
Índice de forma	0.51
Forma	Ovalada y alargada

Nota. Elaborado por el autor.

3.6.6 Curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF)

Las curvas de IDF nos permiten estimar las precipitaciones en diferentes tiempos de duración y periodos de retorno. En el presente trabajo, debido a la irregularidad en los registros de las estaciones pluviométricas en la provincia de Santa Elena, y con el objetivo de evitar obtención de caudales exagerados debido a la poca exactitud de los datos, se utilizará los parámetros de la ecuación de intensidad propuestos por el artículo ‘*Regionalización de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en las Provincias de Santa Elena y Manabí*’ para determinar la curva Intensidad-Duración-Frecuencia. La fórmula general para determinar la intensidad máxima se presenta a continuación.

Ecuación 7

$$i = \frac{k \times T^m}{t^n}$$

Donde:

i= Intensidad de lluvia (mm/h)

T= Periodo de retorno (años)

t= tiempo de duración (minutos)

k-m-n= constantes de ajuste según la estación.

Una vez elaboradas las curvas IDF se procede a construir el hietograma de diseño, el cual, para este proyecto se generará considerando un periodo de retorno de 10 años y un tiempo de precipitación de 24 horas. A continuación, se muestra la estación más cercana al proyecto y sus constantes de ajuste.

Tabla 23

Parámetros K, m y n

Código	Estación	K	m	n
M0174	Ancón	323,4618	0,30109	0,61639

Nota. El artículo reporta que los parámetros presentan un margen menor al 10 %, lo que valida su uso en estudios hidrológicos regionales. Tomado de (Corapi & Neira, 2022)

3.6.7 Curva Número (CN)

Es un parámetro adimensional que estima el volumen de escorrentía directa generada por la precipitación, con valores que oscilan entre 0 y 100, donde la superficie es impermeable cuando el valor se acerca al 100 y para valores bajos presenta alta infiltración.

Los valores de número de curva (CN) fueron seleccionados bajo condiciones de humedad promedio (AMC II), según las tablas estándar del (USDA, 1986), en concordancia con el enfoque del método SCS para estudios de prefactibilidad

3.6.7.1 Calculo del Número de Curva (CN) por el método Soil Conservation Service (SCS)

Se determina en función de las características físicas del suelo, tales como el tipo, uso y cobertura del suelo. Los números de curva ha sido tabulados por SCS en cuatro grupos hidrológicos, con base en el tipo y uso del suelo.

En la tabla 24 se detallan los valores de los números de curva para los diferentes grupos hidrológicos y su uso.

Tabla 24

Valores de los números de curva

Números de curva de escorrentía para tierras agrícolas cultivadas						
Tipo de cubierta	Tratamiento	Estado hidrológico	Grupo hidrológico del suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Suelo desnudo	-	77	86	91	94
		Pobre	76	85	90	93
	Suelo cubierto de residuos	Buena	74	83	88	90
		Pobre	72	81	88	91
	Fila recta (según máxima pendiente)	Buena	67	78	85	89
		Máxima pendiente + cubierto de residuos	Pobre	71	80	87
Cultivos en hielera	Máxima pendiente + cubierto de residuos	Buena	64	75	82	85
		Pobre	70	79	84	88
	Cultivos en dirección según curva de nivel	Buena	65	75	82	86
		Pobre	69	78	83	87
	En dirección curva de nivel + cubierto de residuos	Buena	64	74	81	85
		Pobre	66	74	80	82

	En dirección según curva de nivel y aterrazado	Buena	62	71	78	81
	En dirección según curva de nivel y aterrazado + cubierto de residuos	Pobre	65	73	79	81
		Buena	61	70	77	80
Grano pequeño	Fila recta (según máxima pendiente)	Pobre	65	76	84	88
		Buena	63	75	83	87
	Fila recta + cubierto de residuos	Pobre	64	75	83	86
		Buena	60	72	80	84
	Cultivos en dirección según curva de nivel	Pobre	63	72	80	84
		Buena	61	74	82	85
	En dirección curva de nivel + cubierto de residuos	Pobre	62	73	81	84
		Buena	60	72	80	83
	Dirección según curva de nivel y aterrazado	Pobre	61	72	79	82
		Buena	59	70	78	81
	Dirección según curva de nivel y aterrazado + cubierto de residuos	Pobre	60	71	78	81
		Buena	58	69	77	80
Cultivos densos de legumbres o leguminosas o prados en alternancia	Fila recta (según máxima pendiente)	Pobre	66	77	85	89
		Buena	58	72	81	85
	Cultivos en dirección según curva de nivel	Pobre	64	75	83	85
		Buena	55	69	78	83
	En dirección según curva de nivel y aterrazado	Pobre	63	73	80	83
		Buena	51	67	76	80

Números de curva para otras tierras agrícolas

Tipo de cubierta y estado hidrológico	Estado Hidrológico	Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Pastizales, praderas o pastizales – continuos	Pobre	68	79	89	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Praderas – hierba continua, protegida del pastoreo y generalmente segada para obtener heno	-	30	58	71	78
Pincel: Mezcla de maleza y hierba	Pobre	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30	48	65	73
Mezcla de bosque y pasto (huerto o granja de árboles)	Pobre	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques	Pobre	45	66	77	83
	Media	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Granjas, edificación, carriles, entradas de vehículos y lotes circundantes	-	59	74	82	86

Número de curva para pastizales áridos y semiáridos

Tipo de cubierta y estado hidrológico	Estado hidrológico	Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Herbácea: mezcla de hierba, malezas y matorral de crecimiento bajo, con cepillo el elemento menor.	Pobre	80	87	93	
	Media	71	81	89	
	Buena	62	74	85	
Roble-álamo temblón – mezcla de matorral de roble, álamo, caoba de montaña, pincel amargo, arce, y otros matorrales	Pobre	66	74	79	
	Media	48	57	63	
	Buena	30	41	48	
Piñón-enebro: piñón, enebro o ambos; sotobosque de hierba.	Pobre	75	85	89	
	Media	58	73	80	
	Buena	41	61	71	
Artemisa con sotobosque de hierba.	Pobre	67	80	85	
	Media	51	63	70	
	Buena	35	47	55	
Arbusto del desierto: las plantas principales incluyen arbusto de sal, madera grasa, creosota, pincel negro, bursage, palo verde, mezquite y cactus.	Pobre	63	77	85	88
	Media	55	72	81	86
	Buena	49	68	79	84

Número de curva para zonas urbanas

Tipo de cubierta	Estado Hidrológica	Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Áreas urbanas desarrolladas	Pobre	68	79	86	89
	Media	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Áreas urbanas en desarrollo					
Explanaciones		77	86	91	94

Nota. Tomado de (CN tables, s.f.)

En este trabajo, para obtener la información y mapas de cobertura y uso del suelo de la cuenca del Tambo, se utilizó la plataforma del Geoportal del Agro Ecuatoriano. Para la obtención del mapa de textura de suelo, se empleó la página SoilGridsTM la cual es un sistema global de mapeo digital que distribuye las propiedades del suelo a nivel mundial. La información obtenida de SoilGridsTM se pasó a formato tif. con la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) con ayuda del software SAGA, dicha clasificación permite determinar el grupo hidrológico correspondiente.

Una vez con los mapas de textura, cobertura y uso de suelo los delimitamos según la cuenca y se determinó los números de curva de cada subcuenca según la tabla

25. A continuación, se muestra la tabla de los grupos hidrológicos según la clasificación USDA:

Tabla 25

Grupos Hidrológicos según la Textura de suelo

HSG	Texturas del suelo
A	Arena, arena franca, franco arenoso
B	Franco limoso
C	Franco arcillo arenoso
D	Franco arcilloso, franco arcilloso limoso, arcillo arenoso, arcilla limosa o arcilla

Nota. Tomado de (USDA, 1986)

3.6.8 Hidrograma Unitario SCS

Un hidrograma unitario es una gráfica que indica el pico más alto de la escorrentía superficial o el caudal máximo en un tiempo específico. En este trabajo, se utiliza el método adimensional del SCS, el cual utiliza parámetros de la cuenca como el número de curva, tiempo de concentración y tiempo de retardo (Ascate Valverde & Plasencia Amaya, 2024).

3.6.9 Parámetros de Escorrentía

3.6.9.1 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo en que una gota se demora desde el punto más lejano hasta la salida de la cuenca, para este trabajo se utilizó el método de Kirpich, este método es usado para cuencas pequeñas cuya ecuación es la siguiente, (Ascate Valverde & Plasencia Amaya, 2024)

Ecuación 8

$$T_c = 0.01947 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración (minutos)

L= Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m)

S= Pendiente promedio de la cuenca (m/m)

3.6.9.2 Tiempo de retardo

Es el tiempo que transcurre entre el inicio de la precipitación y el momento en que ocurre el caudal máximo en la salida de la cuenca. Según el método SCS, se estima como el 60 % del tiempo de concentración (Ascate Valverde & Plasencia Amaya, 2024).

Ecuación 9

$$T_r = 0.6 \times T_c$$

3.6.10 Parámetro de tránsito de flujo

3.6.10.1 Método de Muskingum

El método de Muskingum se basa en la atenuación del pico de inundación y el aplanamiento en la forma del hidrograma de una onda en movimiento (ENRÍQUEZ MUGUERZA & ENRÍQUEZ MUGUERZA, 2011).

Ecuación 10:

$$K = 0,18 \left(\frac{\Delta x}{i^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Donde:

K= Tiempo (horas)

i= Pendiente del cause

Δx = Distancia max. (Km)

3.6.11 Modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS

El software HEC-HMS permite calcular el hidrograma de diseño producido por la cuenca, utilizando los datos calculados de las precipitaciones de la estación meteorológica. En este trabajo, se calculó el caudal máximo para un periodo de retorno de 10 años.

3.6.12 Modelamiento hidrológico con el software HEC-RAS

Las zonas de inundación del río fueron estimadas mediante simulación hidráulica con el software HEC-RAS. El modelamiento empezó teniendo la superficie del río generada en civil 3d.

3.6.13 Diseño del dique

Para prevenir desbordamientos, se prediseño un dique con ayuda del software RIVER, el cual permite modelar el comportamiento de flujos de agua en ríos con el objetivo de determinar los niveles de agua. A partir de los datos obtenidos en HEC-RAS, que proporcionó los niveles máximos de caudal se determinaron las dimensiones del dique.

3.7 METODOLOGÍA DEL OE.3: DETERMINAR EL PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL QUE COMPRENDE LOS BARRIOS 15 DE ENERO, 24 DE MAYO Y 10 DE AGOSTO

Con los costos unitarios establecidos por el GAD Municipal de Santa Elena, los planos elaborados del diseño de tuberías y los respectivos análisis de sus cálculos hidráulicos, se realizará el respectivo presupuesto referencial, el cual incluye los materiales y la mano de obra.

3.7.1 Recolección de información

Esta fase consiste en reunir y analizar toda la información necesaria para sustentar el presupuesto referencial del diseño del sistema pluvial, identificando las zonas afectadas por inundaciones y describiendo sus características geográficas para definir las pendientes, áreas de captación y condiciones del terreno que inciden en el tipo de obra que se va ejecutar.

3.7.2 Identificación y clasificación de componente del sistema pluvial

Se determinan los elementos necesarios para el diseño del sistema de drenaje pluvial, agrupándolos según sus funciones, como en este caso: captación, conducción, mantenimiento y evacuación. Esto se realiza con el fin de facilitar una estimación precisa de materiales, cantidades y costos en el presupuesto de la tesis, en la siguiente tabla se muestra los elementos que se utilizarán en el análisis de precios.

Tabla 26

Cantidades de elementos para el presupuesto

Elementos	Cantidad
Sumideros	74
Tuberías	33
Pozos de inspección	27
Muro de ala	3

Nota: Elaborado por los autores

3.7.3 Metrado de cantidades de obra

En este paso se realizó el cálculo de las cantidades de material para cada rubro, considerando las longitudes, áreas y volúmenes obtenidos en los planos.

3.7.4 Obtención de precios unitarios referenciales

En esta etapa se realizó el cálculo de los costos por unidad de medida de la mano de obra, equipos, materiales y transporte para la obtención de los precios unitarios (APUS) correspondientes a cada rubro.

3.7.5 Elaboración del presupuesto referencial

En esta fase, se calcula el costo total del proyecto, multiplicando las cantidades de obra por los precios unitarios. El presupuesto se consolida en un formato estructurado y técnico para su posterior validación.

Capítulo IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO

Este capítulo abarca los resultados obtenidos mediante la metodología previamente establecida. El estudio se estructura en dos fases principales, por un lado, el diseño del sistema de alcantarillado pluvial para los barrios 15 de Enero, 24 de Mayo y 10 de Agosto, y por otro lado, el análisis del comportamiento hidráulico del río Tambo mediante modelación, tomando como referencia un evento de precipitación a un periodo de retorno de 5 años.

4.1 CÁLCULO DE LA BASE DE PREDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

4.1.1 Área de aportación

Las áreas estimadas de los tres barrios son de 29,14 Ha, En el prediseño se consideraron las áreas de aportación, las cuales se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 27

Áreas de aportaciones del barrio 15 de enero

Colector 1	Tramos	Ha propia	Ha acumulada
	PZ1-PZ2	0.84	0.84
	PZ2-PZ12	0.92	1.76
	PZ12-PZ13	0.20	1.96
	PZ14-PZ13	0.38	2.34
Primario A	PZ13-PZ6	0.67	3.01
	PZ6-PZ5	0.25	3.26
	PZ2-PZ3	0.44	3-70

	PZ3-PZ4	0.30	4.01
	PZ4-PZ5	0.70	4.70
TOTAL			25.60

NOTA: datos proporcionados del programa civil 3d

Tabla 28

Área de aportación del barrio 10 de agosto

Colector 2	Tramo	Ha propia	Ha acumulada
	PZ7-PZ8	0.28	0.28
	PZ8-PZ9	0.27	0.54
	PZ9-PZ10	0.67	1.21
	PZ10-PZ11	0.38	1.59
Primario B	PZ11-PZ18	0.75	2.34
	PZ18-PZ17	0.34	2.69
	PZ17-PZ16	0.37	3.06
	PZ16-PZ15	0.47	3-53
TOTAL			15.23

Nota: Datos proporcionados del programa civil 3d

Tabla 29

Área de aportación del barrio 24 de mayo

Colector 3	Tramos	Ha propia	Ha acumulada
	PZ24- PZ23	0.58	0.58

	PZ23- PZ22	0.59	1.17
	PZ22- PZ21	1.28	2.45
	PZ24- PZ25	0.39	2.85
Primario C	PZ25- PZ20	0.81	3.65
	PZ23- PZ20	0.29	3.95
	PZ19- PZ20	0.52	4.47
	PZ20- PZ21	0.41	4.88
	PZ21- PZ26	0.59	5.47
	PZ26- PZ27	0.76	6.23
	PZ27- PZ28	0.33	6.56
Total			42.27

NOTA: datos proporcionados del programa civil 3D

4.1.2 Periodo de diseño

Según la Tabla 5, el periodo de diseño se trabaja mediante un componente, en este caso se trabajó con conducciones de PVC, que corresponde de un rango que va desde 20 a 30 años de vida útil, por ende, se recomienda utilizar 25 años de vida útil para el diseño.

4.1.3 Periodo de retorno

El periodo de retorno se obtuvo mediante la tabla 6, en función del tipo de obra y su área de aportación. Dado que se trata de una zona de ocupación residencial, entonces se recomienda un periodo de 10 años para este diseño.

4.1.4 Coeficiente de escurrimiento

En este proyecto, se utilizó un coeficiente de escurrimiento de $c= 0.40$, obtenido de la tabla 13, correspondiente a zonas de baja densidad, con un rango de 0.35 y 0.55.

4.1.5 Coeficiente de rugosidad

Para este proyecto, se utilizó un coeficiente de rugosidad de $n= 0.011$, de acuerdo con los valores establecidos en la tabla 9 conforme a la norma vigente.

4.2 CÁLCULOS PARA EL CAUDAL DE DISEÑO A TUBO LLENO DEL COLECTOR 1 QUE ABARCA ENTRE EL PZ1- PZ2.

a) Radio Hidráulico

$$Rh = \frac{D}{4}$$
$$Rh = \frac{300}{4} / (1000)$$
$$Rh = 0.0750 \text{ m}$$

b) Área hidráulica

$$A = \pi r^2$$
$$A = \pi * \left(\frac{\frac{300}{1000}}{4}\right)^2$$
$$A = 0.0707 \text{ m}^2$$

c) Perímetro Hidráulico

$$P = 2\pi r$$
$$P = 2\pi(0.0750)$$
$$P = 0.94 \text{ m}$$

d) Velocidad

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

$$V = \frac{1}{0.011} \times 0.0750^{2/3} \times 1.89\%^{1/2}$$

$$V = 2.22^{m/s}$$

e) Caudal

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.0707 \times 2.22$$

$$Q = 157.01^{L/s}$$

4.2.1 Tiempo de recorrido o flujo

Considerando que para el **tramo PZ1-PZ2** con una velocidad de **2.31** y su longitud es de **27.07** tenemos que su tiempo de flujo es de:

$$t_f = \frac{L}{60 * V}$$

$$t_f = \frac{72.07}{60 * 2.22}$$

$$t_f = 0.54 \text{ min}$$

4.2.2 Tiempo de concentración

El tiempo concentración es la suma de tiempo de escurrimiento más el tiempo de llegada, para este proyecto en el **tramo del PZ1-PZ2 con un** tiempo de concentración es:

$$T_c = t_i + t_f$$

$$T_c = 10 + 0.54$$

$$T_c = 10.54 \text{ min}$$

4.2.3 Intensidad de lluvia

- a) Tiempo de concentración (t):
- b) Periodo de retorno (T): por lo indicado en el literal 4.5 se a tomado un valor de 10 años.

Para esta investigación la intensidad de lluvia está dada por la estación meteorológica ANCÓN, debido a que es la más cercana a la zona de estudio y se la calcula utilizando las ecuaciones de la Tabla12

$$i = 323.4618 * T^{0.30109} * t^{-0.61639}$$
$$i = 323.4618 * 10.54^{0.30109} * 10^{-0.61639}$$
$$i = i = 421.18 \frac{L}{s.Ha}$$

4.2.4 Caudal de diseño

Para el cálculo de caudal de diseño se toma los valores ya mencionados anteriormente.

$$Q = C \times I \times A$$
$$Q = 40\% \times 421.18 \times 0.84$$
$$Q = 142.19^{L/s}$$

4.2.5 Diámetro de tubería

Para obtener el diámetro del PZ1-PZ2 se aplica la formula, utilizando el caudal y la pendiente

$$D = 1,548 \times \left(\frac{n \times Q}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8}$$
$$D = 1,548 \times \left(\frac{0.011 \times 142.19}{1.89\%^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8}$$
$$D = 0.29 m - -290 mm$$

El diámetro interior comercial del PZ1-PZ2 es de 300 mm

4.2.6 Caudal de tubo parcialmente lleno

4.2.7 Radio hidráulico

$$RH = \left(1 - \frac{180 * \sin \theta}{\pi * \theta}\right) * \frac{Di}{4}$$

$$RH = \left(1 - \frac{180^\circ * \sin(190.92^\circ)}{\pi * 190.92}\right) * \frac{0.30}{4}$$

$$RH = 0.07926 \text{ m}$$

4.2.8 Área hidráulica

$$AH = \frac{\theta}{260} * \left(\frac{180 * \sin \theta}{\pi * \theta}\right) * (Ah)_{\text{tubo lleno}}$$

$$AH = \frac{190.92}{260} * \left(\frac{180^\circ * \sin(190.92^\circ)}{\pi * 190.92}\right) * (0.0707)_{\text{tubo lleno}}$$

$$AH = 0.03963 \text{ m}$$

4.2.9 Perímetro hidráulico

$$PH = \frac{\pi * \theta}{360} * Di$$

$$PH = \frac{\pi * 190.92}{360} * 0.30$$

$$PH = 0.49983 \text{ m}$$

4.2.10 Tirante (d)

$$d = \left(\frac{\left(1 - \frac{\cos \theta}{2}\right)}{2}\right) * D$$

$$d = \left(\frac{\left(1 - \frac{\cos 190.92}{2}\right)}{2}\right) * 0.30$$

$$d = 0.16427 \text{ m}$$

4.3 CÁLCULO DE RELACIONES HIDRÁULICA

4.3.1 Q/q

$$\frac{q}{Q} = \frac{142.19 \text{ l/s}}{157.01 \text{ l/s}}$$

$$\frac{q}{Q} = 0.91$$

4.3.2 d/D

$$\frac{d}{D} = \frac{0.16427\text{m}}{0.3\text{m}} * 100$$

$$\frac{d}{D} = 54.76$$

4.3.3 V/v

$$\frac{V}{v} = \frac{2.22\text{m/S}}{2.31\text{m/S}}$$

$$\frac{V}{v} = 0.96$$

4.3.4 Pozos de inspección y tuberías

Con base en los cálculos realizados para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, se determinaron las dimensiones de los pozos de inspección y los tramos de tubería, los cuales se detallan en la Tabla 30.

Tabla 30

Medidas del elemento de la red pluvial

Elemento	Altura (m)	Elementos	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)
PZ 1	1.60	TUB 1	335	300
PZ 2	1.60	TUB 2	315	286

PZ 3	1.60	TUB 3	280	250
PZ 4	1.70	TUB 4	280	250
PZ 5	2.20	TUB 5	400	364
PZ 6	2.20	TUB 6	280	250
PZ 7	1.60	TUB 7	280	250
PZ 8	1.60	TUB 8	280	250
PZ 9	1.60	TUB 9	400	364
PZ 10	2.80	TUB 10	875	800
PZ 11	1.60	TUB 11	280	250
PZ 12	1.80	TUB 12	315	286
PZ 13	1.60	TUB 13	235	300
PZ 14	1.60	TUB 14	280	250
PZ 15	2.40	TUB 15	315	286
PZ 16	2.80	TUB 16	280	250
PZ 17	1.70	TUB 17	280	250
PZ 18	1.60	TUB 18	280	250
PZ 19	1.60	TUB 19	280	250
PZ 20	1.70	TUB 20	280	250
PZ 21	1.70	TUB 21	760	700
PZ 22	1.60	TUB 22	280	250
PZ 23	1.60	TUB 23	280	250
PZ 24	1.60	TUB 24	440	400
PZ 25	1.70	TUB 25	280	250
PZ 26	1.70	TUB 26	315	286
PZ 27	1.70	TUB 27	280	250
		TUB 28	280	250

TUB 29	315	286
TUB 30	400	364
TUB 31	315	286
TUB 32	440	400
TUB 33	875	800

Nota: Elaborado por los autores

4.4 MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RIO TAMBO

En este presente estudio se obtuvieron resultados de la modelación del cauce para prevenir y evaluar el comportamiento del flujo del río Tambo, se definió un escenario hidrológico e hidráulico en función de los objetivos específicos del estudio. Una adecuada representación del mismo nos permite identificar zonas que podrían verse afectadas por inundaciones recurrentes, así mismo proyectando una situación a futura proyecciones, con ayuda del software HEC-HMS Y HEC-RAS que permiten el análisis y modelación hidráulica de la cuenca.

Tabla 31

Tiempo de retorno de 5 años para modelación futura del río

ESCENARIO	TR
1	10 años

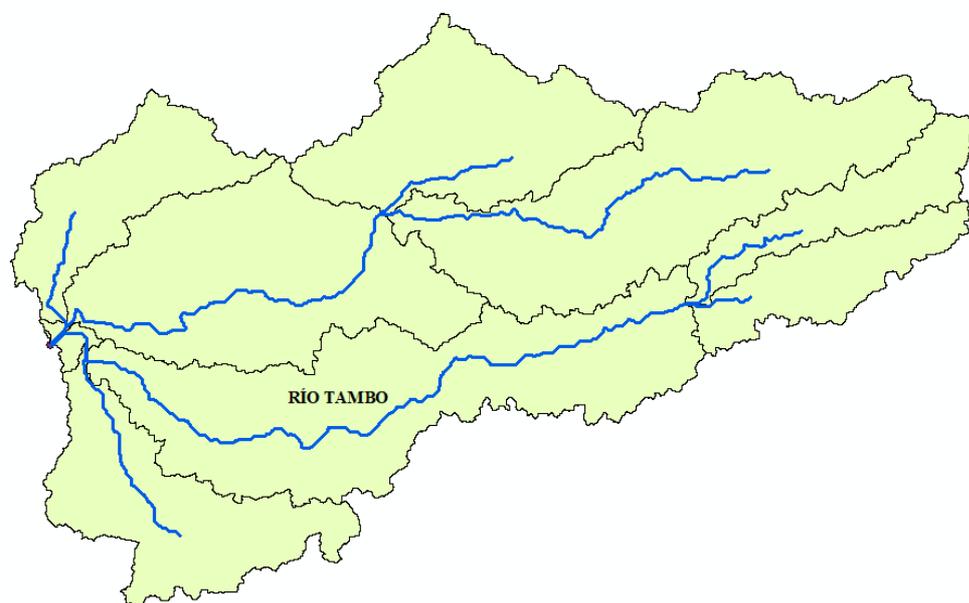
Nota: Elaborado por el autor

4.4.1 Delimitación de la cuenca

Mediante el programa ArcGIS se realizó la delimitación de la cuenca y la identificación de subcuencas principales que se integraron al modelo hidrológico, facilitando la obtención de parámetros esenciales que se muestran en la tabla 32.

Figura 40

Subcuenca de la cuenca del rio tambo



Nota: Elaborado en ArcGIS

Tabla 32

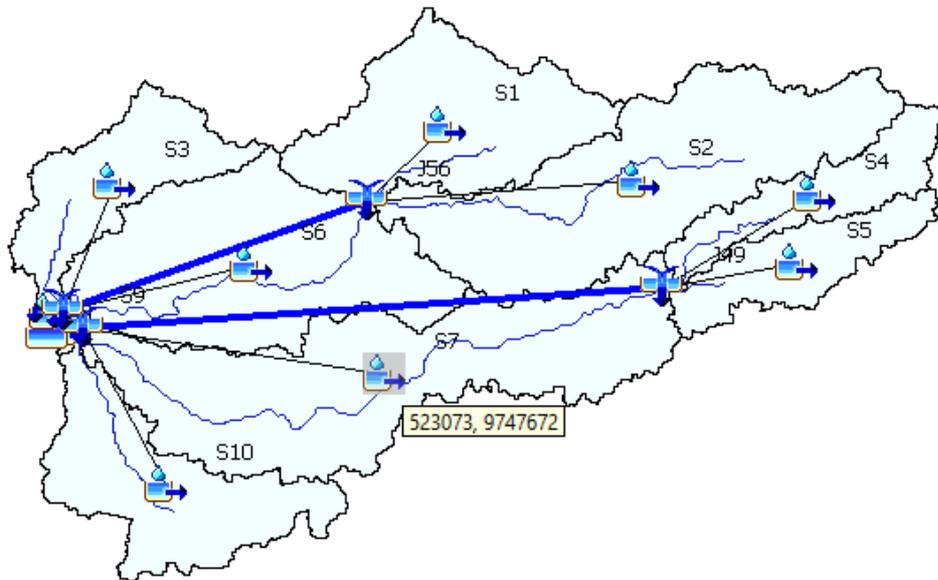
Área, longitudes y pendiente de la subcuenca

Subcuencas	Área (km ²)	L (Km)	Pendiente "S" (m/m)
S1	22.35	35.63	0.055
S2	35.75	57.17	0.057
S3	13.25	31.32	0.056
S4	9.98	32.00	0.051
S5	9.91	28.90	0.051
S6	31.93	42.00	0.067
S7	40.28	68.22	0.055
S8	0.21	3.62	0.036
S9	0.73	7.17	0.040
S10	18.70	41.50	0.054

Nota: Elaborado por el autor

La cuenca de análisis se encuentra ubicada en la subcuenca 7, abarcando un área de 40.28 km² y una longitud de 68.22 km y una pendiente de 0.055 m/m.

Figura 41
cuenca de análisis- subcuenca 7 (Tr = 10 años)

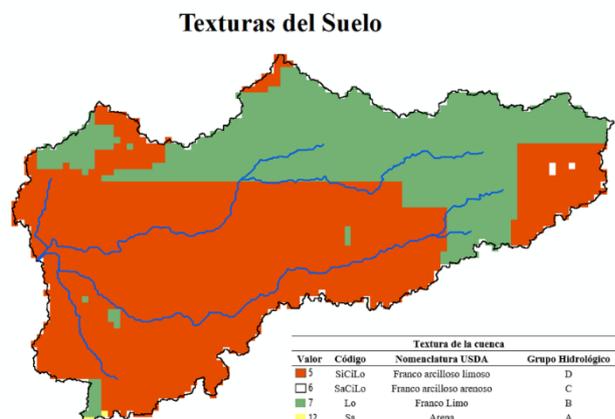


Nota: elaborado en HEC-HMS

4.4.1 Cálculo de la curva número (CN)

En base a los mapas de textura de suelo y cobertura de suelo de determina el número de curva con la tabla 33.

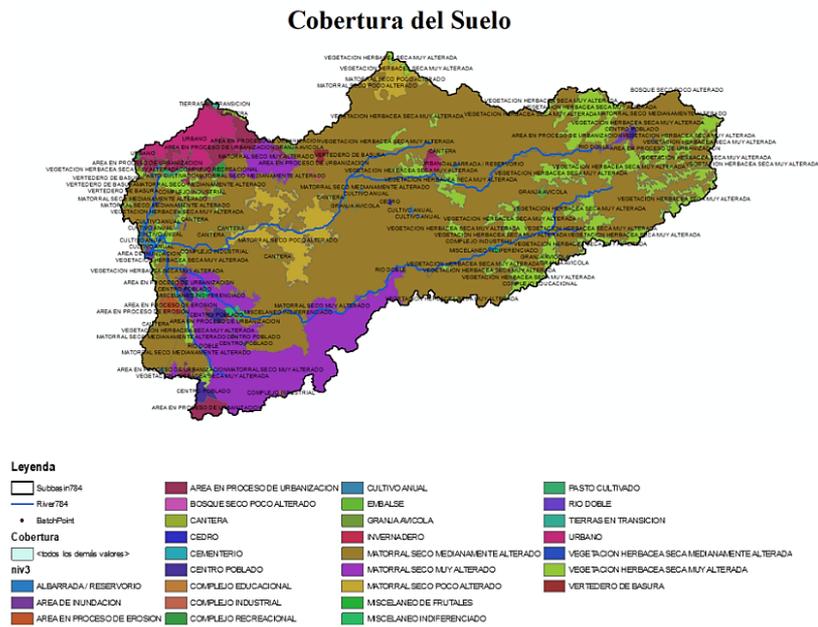
Figura 42
Textura de suelo Textura de suelo



Nota. Realizado en el software ArcGIS

Figura 43

Mapa de cobertura de suelo



Nota. Realizado en el software ArcGIS

Tabla 33

Números de curva

# cuenca	Áreas Km ²	Cobertura y Uso	G.H.	CN
1	22.35	Matorral seco medianamente y poco alterado + vegetación herbácea seca muy alterada	B	71
2	35.75	Matorral seco medianamente alterado + vegetación herbácea seca muy alterada	B-D	80
3	13.25	Matorral seco medianamente alterado + Urbano	B-D	86
4	9.98	Matorral seco medianamente alterado + vegetación herbácea seca muy alterada	B-C-D	81
5	9.91	Matorral seco medianamente alterado + vegetación herbácea seca muy alterada	B-D	82
6	31.93	Matorral seco medianamente y poco alterado + Albarrada	B-D	85
7	40.28	Matorral seco medianamente y muy alterado	D	88
8	0.21	Área de inundación + cultivo anual + Matorral seco medianamente alterado	D	91
10	0.73	Matorral seco medianamente alterado + Vegetación herbácea seca muy alterada + Área de inundación	D	88
11	18.70	Matorral seco medianamente y muy alterado + Área en proceso de erosión	D	88

Nota. Elaborado por el autor

4.4.2 Análisis de la curva de Intensidad -Duración. - Frecuencia

Para la elaboración de la curva de IDF se consideró un tiempo de precipitación de 24 horas. Para así obtener los valores de k , m , n , se determinó que la estación más cercana a la cuenca de estudio es la estación Ancón (M0174). Los parámetros de k , m y n se muestran en la tabla 34

Tabla 34

Parámetros de k , m y n de la estación de estudio

Código	Estación	k	m	n
M0174	Ancón	323.46180	0.30109	0.61639

Nota. Tomado de (CORAPI & NUÑEZ NEIRA, 2022)

4.4.3 Hietograma

Se muestra el hietograma elaborado en Excel correspondiente a un periodo de retorno de 10 años, con intervalos de tiempo de 24 horas para completar el día.

Tabla 35

Hietograma de precipitación ($tr=10$ años) de la estación Ancón M0174

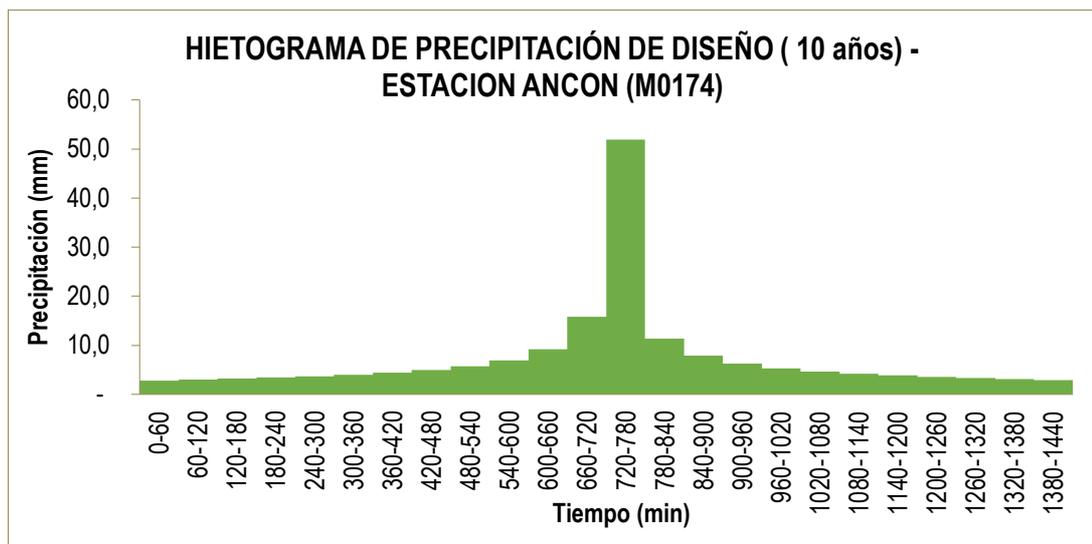
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	51.865	51.865	51.865	0-60	2.842
120	33.832	67.664	15.798	60-120	3.003
180	26.350	79.051	11.387	120-180	3.189
240	22.069	88.274	9.223	180-240	3.409
300	19.233	96.163	7.889	240-300	3.674
360	17.188	103.130	6.966	300-360	4.001
420	15.630	109.412	6.282	360-420	4.417
480	14.395	115.163	5.751	420-480	4.969
540	13.387	120.486	5.323	480-540	5.751
600	12.546	125.455	4.969	540-600	6.966

660	11.830	130.127	4.672	600-660	9.223
720	11.212	134.544	4.417	660-720	15.798
780	10.672	138.739	4.195	720-780	51.865
840	10.196	142.740	4.001	780-840	11.387
900	9.771	146.568	3.828	840-900	7.889
960	9.390	150.242	3.674	900-960	6.282
1020	9.046	153.777	3.535	960-1020	5.323
1080	8.733	157.186	3.409	1020-1080	4.672
1140	8.446	160.480	3.294	1080-1140	4.195
1200	8.183	163.669	3.189	1140-1200	3.828
1260	7.941	166.761	3.092	1200-1260	3.535
1320	7.717	169.764	3.003	1260-1320	3.294
1380	7.508	172.683	2.920	1320-1380	3.092
1440	7.314	175.526	2.842	1380-1440	2.920

Nota: elaborado en Excel

Figura 44

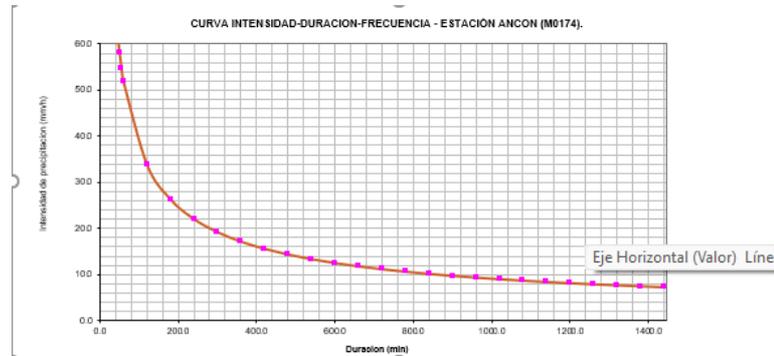
Hietograma de situación futura (Tr= 10 años)



Nota: elaborado en Excel

Figura 45

Curva IDF de la estación Ancón (M0174) con un $Tr= 10$ años



Nota: elaborado en Excel

4.4.4 Método racional

Para la obtención del caudal de diseño en cada subcuenca que aporta al río Tambo, se aplicó el método racional, el cual relaciona la intensidad de precipitación, el área de aportación y el coeficiente de escorrentía. La intensidad fue obtenida mediante curvas IDF regionalizadas (CORAPI & NUÑEZ NEIRA, 2022), el área fue delimitada en SIG y el coeficiente C fue asignado en función del uso de suelo. Adicionalmente, el tiempo de concentración se estimó con la fórmula de Kirpich. Los caudales obtenidos fueron utilizados como condiciones de entrada para la modelación hidráulica en HEC-RAS..

Tabla 36

Método de kirpich

Subcuencas	L (m)	Pendiente "S" (m/m)	Kirpich tc (hrs)	Kirpich tc (min)	Tiempo de retardo
S1	35625.00	0.055	3.17	190.34	114.20
S2	57175.00	0.057	4.52	271.05	162.63
S3	31325.00	0.056	2.85	170.84	102.51
S4	32000.00	0.051	3.02	181.19	108.71
S5	28900.00	0.051	2.79	167.34	100.40
S6	42000.00	0.067	3.33	200.07	120.04
S7	68225.00	0.055	5.23	313.76	188.25
S8	3625.00	0.036	0.64	38.56	23.14
S9	7175.00	0.040	1.04	62.67	37.60
S10	41500.00	0.054	3.59	215.44	129.26

Nota: Elaborado en Excel

Para la determinación de la intensidad de lluvia se utilizaron los valores k, m y n de la estación Ancón (M0174). La siguiente ecuación muestra su aplicación, y los resultados para cada subcuenca se representan en la tabla 37.

Ecuación 1

$$I = 323.46180 * T^{0.30109} * t^{-0.61639}$$

Donde:

i: Intensidad de lluvia, en (mm/h)

T: periodo de retorno, en (años)

t: Tiempo de concentración en, (min)

Tabla 37

Intensidad de lluvia en mm/ h

Subcuencas	intensidad de lluvia	
	Kirpich tc (min)	periodo de retorno 10
S1	190.34	25.46
S2	271.05	20.47
S3	170.84	27.21
S4	181.19	26.24
S5	167.34	27.56
S6	200.07	24.69
S7	313.76	18.71
S8	38.56	68.11
S9	62.67	50.49
S10	215.44	23.59

Nota: Elaborado en Excel

Mediante el programa HEC-HMS se obtuvieron los caudales correspondientes a cada subcuenca

Tabla 38

Caudal de diseño de las subcuencas para un tiempo de retorno de 10 años

subcuenca	Area (km2)	caudal (m3/s)
S10	18.7	103.6
S9	0.7	7.1

S8	0.2	2.4
S7	40.3	184.0
S6	31.9	171.2
S5	9.9	56.3
S4	10.0	52.4
S3	13.3	80.4
S2	35.8	149.3
S1	22.3	88.0

Nota: Elaborado en HEC-HMS

4.4.5 Método de Muskingum K

Tabla 39

Valores de k método de Muskingum

Metodo Muskingum					
Rios	Longitud (m)	Longitud (Km)	Pendiente promedio (m/m)	Muskingum K	n
R2	20135.70706	20.14	0.003278	5.23	2.0911
R1	12936.40376	12.94	0.004638	3.50	1.3986
R4	1643.350468	1.64	0.007302	0.67	0.2674
R3	937.02426	0.94	0.017075	0.37	0.1485

Nota: elaborado en Excel

4.4.6 Hidrograma del rio 2

A partir de los ríos generadas en HEC- HMS para la cuenca del rio Tambo, se elaboró el hidrograma correspondiente al rio 2, el cual fue utilizado para el modelamiento en el software HEC- RAS.

Tabla 40

Escorrentía de la cuenca (tr=10 años)

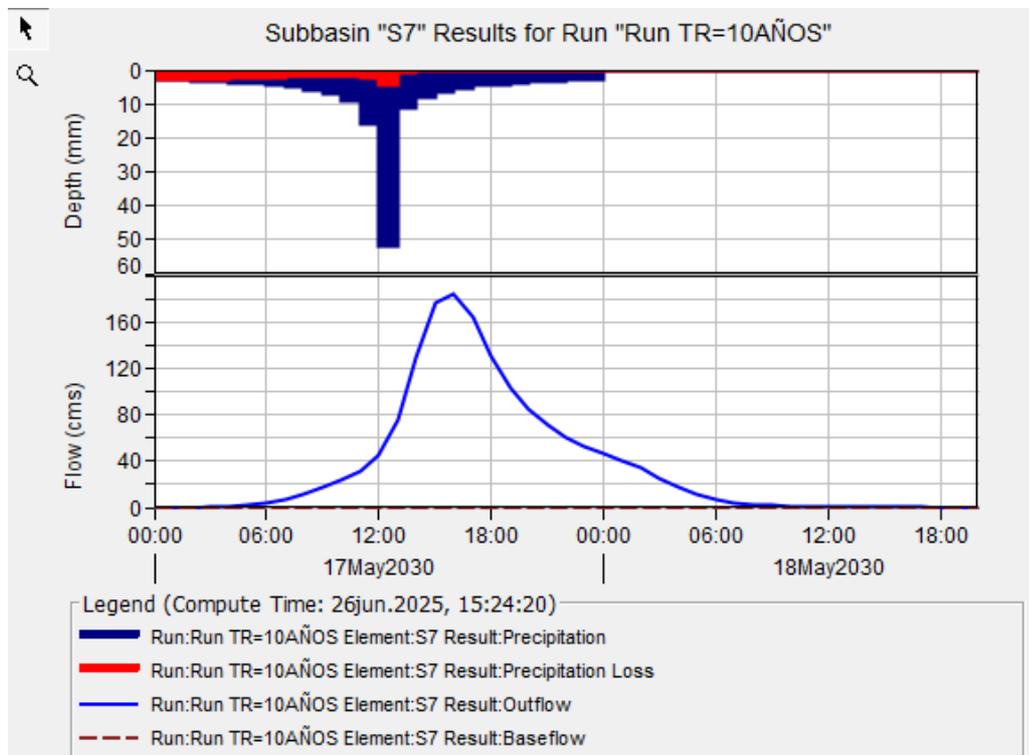
Date	Time	Total Precip (mm)	Total Loss (mm)
17may.2030	00:00	0.0	0.0
17may.2030	01:00	0.0	0.0
17may.2030	02:00	0.0	0.0
17may.2030	03:00	0.0	0.0
17may.2030	04:00	0.0	0.0
17may.2030	05:00	0.3	-0.0

17may.2030	06:00	1.2	0.0
17may.2030	07:00	2.8	0.0
17may.2030	08:00	5.1	0.2
17may.2030	09:00	8.0	0.6
17may.2030	10:00	11.7	1.5
17may.2030	11:00	17.0	2.7
17may.2030	12:00	26.9	4.5
17may.2030	13:00	63.4	6.9
17may.2030	14:00	108.7	10.6
17may.2030	15:00	100.5	19.5
17may.2030	16:00	69.8	36.2
17may.2030	17:00	50.5	52.3
17may.2030	18:00	38.4	61.1
17may.2030	19:00	30.8	62.9
17may.2030	20:00	26.0	60.0
17may.2030	21:00	22.7	54.6
17may.2030	22:00	20.3	48.3
17may.2030	23:00	18.4	42.2
18may.2030	00:00	17.1	36.6
17may.2030	00:00	0.0	0.0
17may.2030	01:00	0.0	0.0
17may.2030	02:00	0.0	0.0
17may.2030	03:00	0.0	0.0

Nota: realizado en HEC-HMS

Figura 46

Hidrograma de la subcuenca 7 (TR= 10 años)



Nota: elaborado por HEC.HMS

Así mismo, obteniendo los respectivos flujos de la subcuenca analizada para un periodo de 24 horas

Tabla 41

Datos del flujo de la subcuenca 7 con un $Tr= 10$ años

date	time	precip (mm)	loss(mm)	excess(mm)	direct flow (m ³ /s)	baseflow(m ³ /s)	total flow (mm)
17may.2030	00:00				0.0	0.0	0.0
17may.2030	01:00	2.84	2.84	0.00	0.0	0.0	0.0
17may.2030	02:00	3.00	3.00	0.00	0.0	0.0	0.0
17may.2030	03:00	3.19	3.07	0.12	0.0	0.0	0.0
17may.2030	04:00	3.41	2.77	0.64	0.4	0.0	0.4
17may.2030	05:00	3.67	2.50	1.17	1.5	0.0	1.5
17may.2030	06:00	4.00	2.29	1.71	3.8	0.0	3.8
17may.2030	07:00	4.42	2.12	2.30	7.3	0.0	7.3
17may.2030	08:00	4.97	1.99	2.97	11.8	0.0	11.8
17may.2030	09:00	5.75	1.92	3.84	17.2	0.0	17.2
17may.2030	10:00	6.97	1.90	5.07	23.7	0.0	23.7
17may.2030	11:00	9.22	2.00	7.22	31.9	0.0	31.9
17may.2030	12:00	15.80	2.52	13.28	44.5	0.0	44.5
17may.2030	13:00	51.87	4.46	47.40	76.2	0.0	76.2
17may.2030	14:00	11.39	0.59	10.80	129.2	0.0	129.2
17may.2030	15:00	7.89	0.36	7.53	175.6	0.0	175.6
17may.2030	16:00	6.28	0.26	6.02	184.0	0.0	184.0
17may.2030	17:00	5.32	0.21	5.11	163.8	0.0	163.8
17may.2030	18:00	4.67	0.17	4.50	130.0	0.0	130.0
17may.2030	19:00	4.20	0.15	4.05	103.8	0.0	103.8
17may.2030	20:00	3.83	0.13	3.70	85.2	0.0	85.2
17may.2030	21:00	3.54	0.11	3.42	70.8	0.0	70.8
17may.2030	22:00	3.29	0.10	3.19	60.3	0.0	60.3
17may.2030	23:00	3.09	0.09	3.00	52.4	0.0	52.4
18may.2030	00:00	2.92	0.09	2.83	46.4	0.0	46.4
18may.2030	01:00	0.00	0.00	0.00	40.8	0.0	40.8
18may.2030	02:00	0.00	0.00	0.00	33.7	0.0	33.7
18may.2030	03:00	0.00	0.00	0.00	25.1	0.0	25.1

Nota: Elaborado en HEC-HMS

4.4.7 Geometría del cauce

El cauce del rio se encuentra en la subcuenca 7, mediante el equipo GNSS se tomaron puntos topográficos lo largo de un tramo de 1 km del rio Tambo, que se encuentra ubicado en la comuna prosperidad del Cantón Santa Elena

Figura 47

Superficie TIM del tramo del rio



Nota: elaborado en ARGIS

4.4.8 Secciones transversales del rio Tambo

Se incorporaron las secciones transversales del tramo de estudio del rio Tambo en el programa HEC-RAS, con el fin de representar adecuadamente la geometría del cauce para el análisis hidráulico. A continuación, se detallan los datos principales.

- Longitud:1 km
- Numero de secciones transversales: 32
- Longitud de secciones transversales:200 m

Figura 48

Secciones trasversales del cauce del rio Tambo



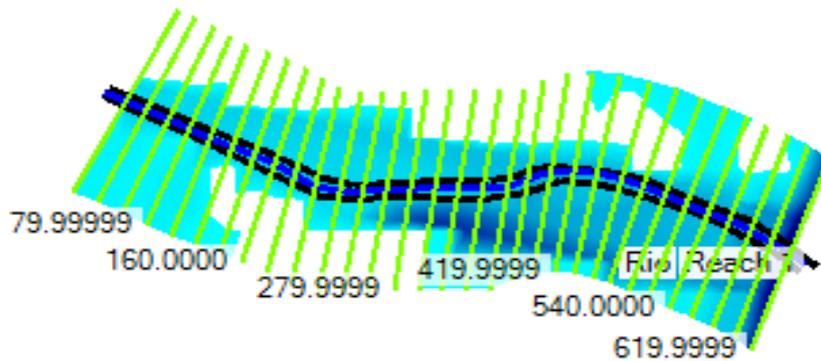
Nota: elaborado en *RAS Mapper* de *HEC-RAS*

4.4.9 Simulación hidráulica con un TR= 10 AÑOS

La simulación en HEC- RAS permitió analizar la capacidad de conducción del cauce del río Tambo, considerando un periodo de retorno de 10 años. Esta simulación proyectada a futuro permitió identificar las zonas vulnerables a desbordamientos, facilitando así la toma de decisiones para medidas de mitigación. Los resultados obtenidos se visualizan en las Figuras 50 y 51 , donde se destacan las áreas con mayor riesgo de inundación.

Figura 49

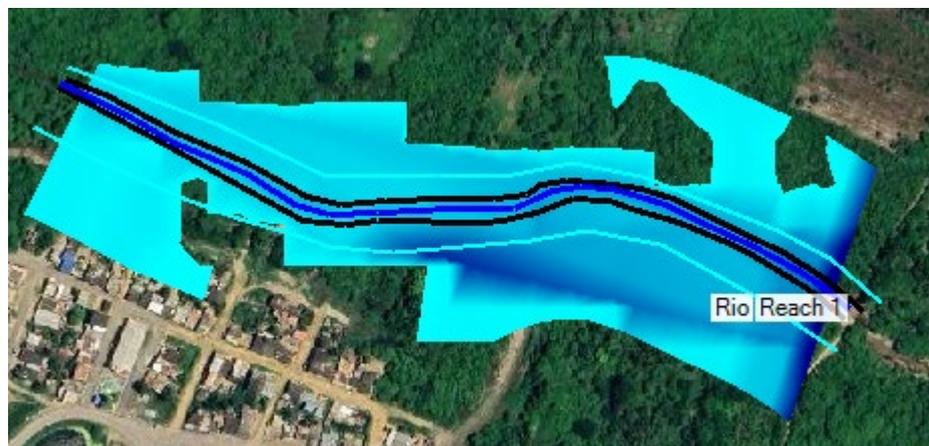
Plano de inundación con un periodo de 10 años



Nota: tomado de HEC-RAS

Figura 50

Mapa de inundaciones del río Tambo TR=10 años



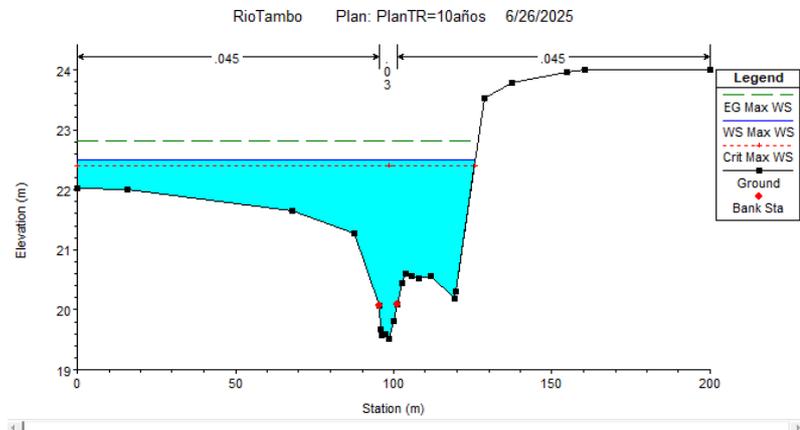
Nota: Elaborado de HEC-RAS

4.4.10 Secciones transversales con un TR= 10 AÑOS

Como se muestra en las siguientes figuras, los resultados de la simulación hidráulica indican que el desbordamiento del río Tambo afecta directamente a los barrios 15 de Enero, 10 de Agosto y 24 de Mayo, generando zonas con alto riesgo de inundación. A continuación, se presentan distintas secciones transversales representativas del tramo de estudio, en las cuales se evidencia claramente el desbordamiento del agua fuera del cauce.

Figura 51

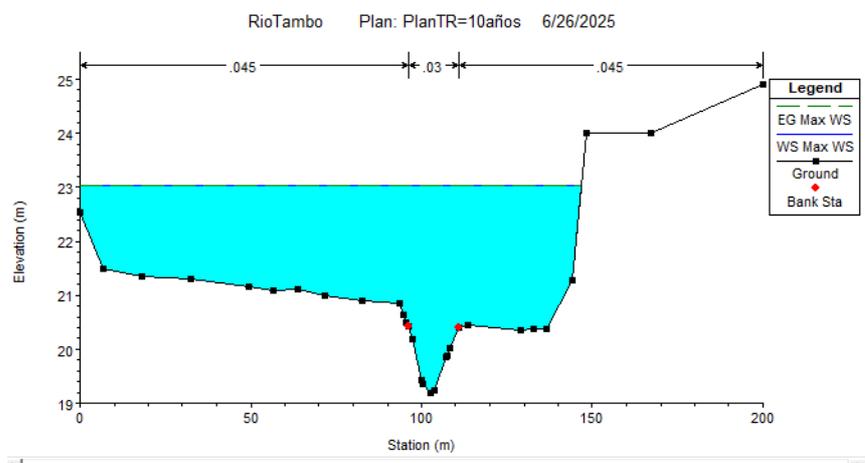
Inundación del río Tambo con un $tr= 10$ años en la sección 0+020



Nota: Tomado de HEC-RAS

Figura 52

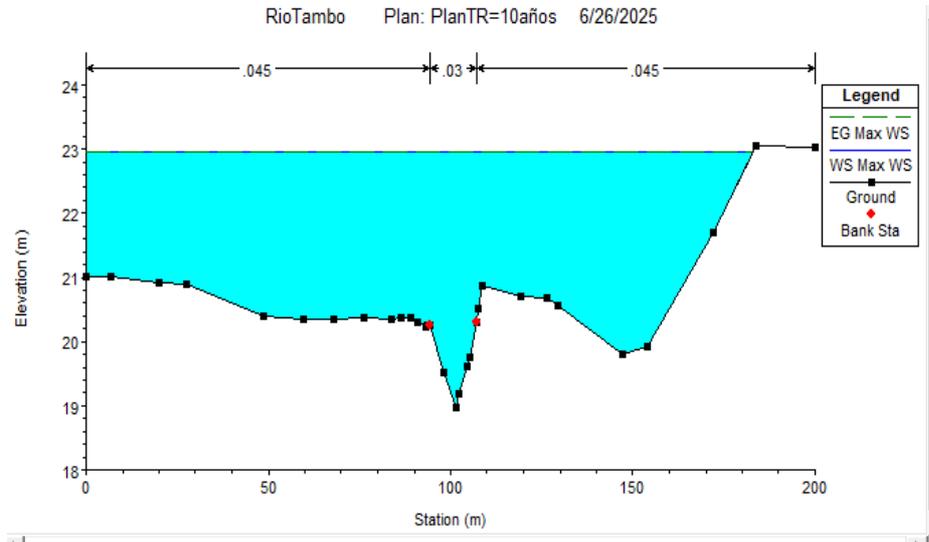
Inundación del río Tambo con un $tr= 10$ años en la sección 0+100



NOTA: Tomado de HEC-RAS

Figura 53

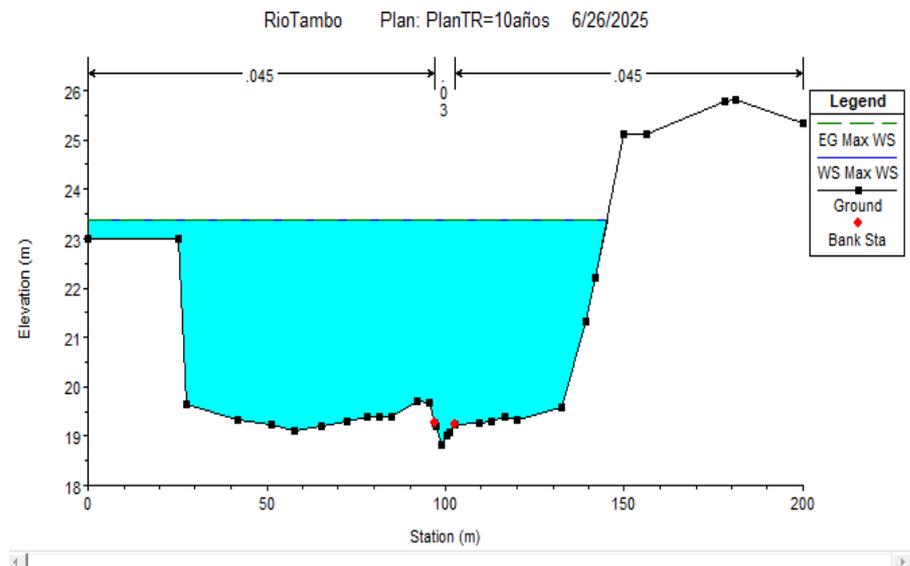
Inundación del río Tambo con un $tr= 10$ años en la sección 0+260



NOTA: Tomado de HEC-RAS

Figura 54

Inundación del río Tambo con un $tr= 10$ años en la sección 0+360



NOTA: Tomado de HEC-RAS

4.4.11 Mejoramiento con dique de tierra

Como medida de mitigación frente al riesgo de inundaciones en el río Tambo, se propuso la construcción de un dique de tierra, cuyo objetivo es proteger los sectores

vulnerables frente a eventos hidrometeorológicos extremos. El dimensionamiento del dique fue realizado mediante el software RIVER, el cual permite simular el comportamiento del cauce ante un determinado periodo de retorno.

Los datos utilizados en el programa RIVER para el diseño del dique se detallan en la Tabla 42.

Tabla 42

Datos obtenidos del programa HEC-HMS Y HEC-RAS

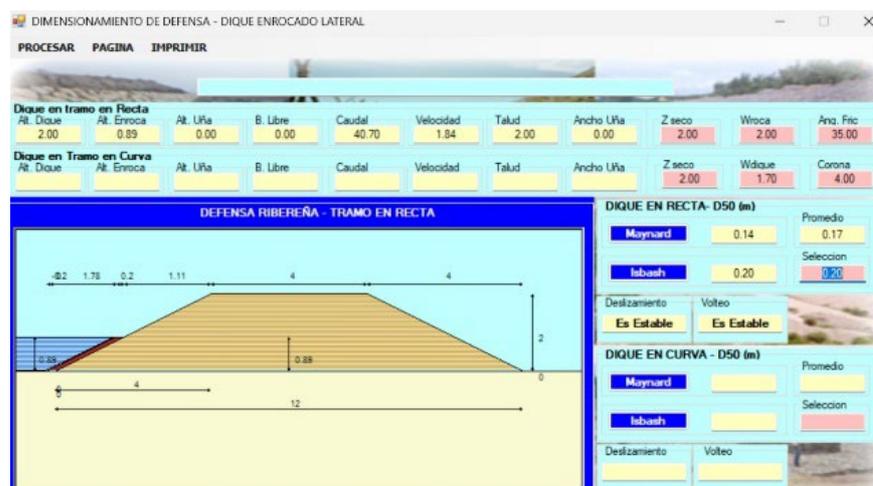
Datos	
Caudal	40.70 m ³ /s
Velocidad	1.84 m/s
Pendiente	0.05 m/m
Periodo R	10 años

Nota: elabora por los autores

Diseño final del dique de tierra en el software RIVER.

figura 55

Diseño final del dique de tierra



Nota: Elaborado en el software RIVER

Tabla 43

Resultado final del diseño del dique de tierra

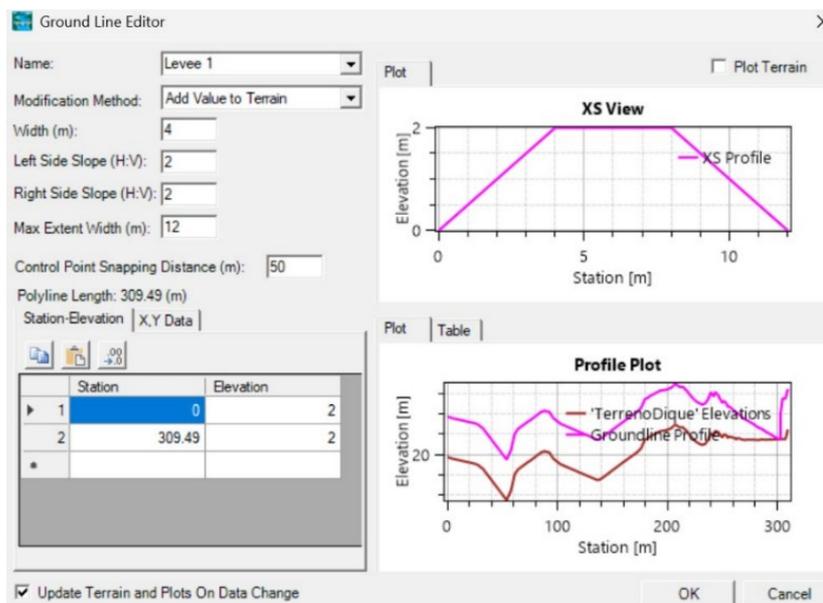
Datos	
Corona	4 m
Talud izquierdo	2H/1V
Talud derecho	2H /1V
Base	12 m

Nota: Elaborado por los autores

Previamente al diseño del dique, los resultados obtenidos del programa RIVER fueron integrados en el entorno de HEC RAS, con el fin de realizar la modelación hidráulica del cauce del río incorporando el dique. Esto permitió comprobar que no se presenten desbordamientos en las zonas de riesgo. Esta etapa fue fundamental para evaluar el comportamiento del flujo con la estructura instalada, simulando su efectividad frente a eventos de crecidas.

Figura 56

Implementación de dique de tierra en el software HEC-RAS



Nota: Elaborado en HEC-RAS

Se realizó la modelación hidráulica mediante el software HEC-RAS, considerando la implementación del dique de tierra. Los resultados obtenidos indican que, con la infraestructura en funcionamiento, no se registran desbordamiento en las zonas de los barrios 15 de Enero, 10 de Agosto y 24 de Mayo previamente identificados como críticos. En la figura 61 se observa notables reducciones en el riesgo de inundación a comparación con el escenario sin dique.

Figura 57

Terreno con dique implementado



Nota: Elaborado en HEC-RAS

4.5 ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL SISTEMA PLUVIAL

En este apartado se presentan los resultados del análisis económico del sistema de drenaje pluvial planteado, con un presupuesto referencial de \$ 394.008,37. Este presupuesto contempla los costos asociados a los principales elementos constructivos, como son mano obra, materiales, el uso de maquinaria pesada y ligera y medidas de seguridad necesaria en la obra.

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS					
RUBRO	DESCRIPCION	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO USD	PRECIO TOTAL USD
	colectores principales				
1	LIMPIEZA Y DESBROCE	m2	3.888,00	1,21	4.704,48
2	TRAZADO Y REPLANTEO	ml	1.944,00	1,11	2.157,84
3	EXCAVACION DE ZANJA PARA TUBERIA	m3	27.989,73	5,86	164.019,84
4	INSTALACIONES DE TUBERIA PC ALLSS 280 MM	ml	1.136,97	19,50	22.170,92
5	INSTALACIONES DE TUBERIAS PVC ALLSS 315MM	ml	234,36	27,37	6.414,43
6	INSTALACIONES DE TUBERIAS PVC ALLSS 335MM	ml	140,82	29,80	4.196,44
7	INSTALACIONES DE TUBERIAS PVC ALLSS 400MM	ml	169,55	44,41	7.529,72
8	INSTALACIONES DE TUBERIAS H.A ALLSS 800MM	ml	221,45	200,00	44.290,00
9	INSTALACIONES DE TUBERIAS H.A ALLSS 700MM	ml	103,49	187,74	19.429,21
10	DESALOJO	m3	27,00	2,97	80,19
11	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE EXCAVACION	m3	13,50	7,76	104,76
12	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	m3	13,50	5,77	77,90
13	TRASPORTE DE MATERIAL IMPORTADO DE CASCAJO	m3-km	27,00	0,55	14,85
14	CAMARA DE ARENA	m3	1,80	24,03	43,25
15	REPARACION DE GUIAS DOMICILIARIAS	m2	7,20	37,01	266,47
16	CAMARA Y SUMIDEOS DE AALL				
17	EXCAVACION DE MAQUINAS	m3	336,00	4,95	1.663,20
18	DESALOJO DEL MATERIAL	m3	336,00	3,74	1.256,64
19	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	m3	168,00	8,32	1.397,76
20	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE EXCAVACION	m3	168,00	5,70	957,60
21	TRASPORTE DE MATERIAL IMPORTADO DE CASCAJO	m3-km	840,00	0,74	621,60
22	TAPA DE HIERRO FUNDIDO	UN	89,60	177,07	15.865,47
23	ACERO ESTRUCTURAL FY=4200 KG/CM2	kg	10.752,00	2,36	25.374,72
24	HORMIGON SIMPLE FC= 280 KG/CM2	m3	112,00	183,56	20.558,72
25	REPLANTILLO H SIMPLE FC= 180/CM2 E= 5 CM	m3	56,00	169,61	9.498,16
26	SUMIDERO DE AGUAS LLUVIAS (incluye rejillas)	un	81,00	389,32	31.534,92
	CONSTRUCCION DE MURO DE ALA				
27	EXCAVACION DE MAQUINA	m3	81,00	4,95	400,95
28	DESALOJO DEL MATERIAL	m3	81,00	3,74	302,94
29	RELLENO CON MATERIAL IMPORTADO	m3	3,00	8,32	24,96
30	TRASPORTE DE MATERIAL IMPORTADO DE CASCAJO	m3-km	24,00	0,74	17,76
31	ACERO ESTRUCTURAL FY=4200 KG/CM2	kg	810,00	2,36	1.911,60
32	HORMIGON SIMPLE FC= 280 KG/CM2	m3	6,75	183,56	1.239,03
33	REPLANTILLO H SIMPLE FC= 180/CM2 E= 5 CM	m3	6,75	169,61	1.144,87
34	ENGANCHADO DE PIEDRA BASE	m3	22,50	118,80	2.673,00
	MEDIACION AMBIENTAL				
35	AGUA PARA CONTROLAR EL POLVO	m3	0,60	3,79	2,27
36	CINTA PLASTICA PARA SEGURIDAD	m	6,00	0,39	2,34
37	PARANTE CON BASE DE HORMIGON	UN	5,00	7,91	39,55
38	PASO PEATONAL	UN	3,00	267,26	801,78
39	LETRERO PREVENTIVO DE OBRA	UN	3,00	124,41	373,23
40	IMPLEMENTO DE PROTECCION PERSONAL	glb	20,00	42,25	845,00
TOTAL					394.008,37

Capítulo V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

A lo largo de los capítulos anteriores se ha desarrollado un diseño de alcantarillado pluvial que busca mejorar las condiciones de vida de los habitantes de los barrios 15 de Enero, 10 de Agostos y 24 de Mayo, pertenecientes al Cantón Santa Elena de la Comuna Prosperidad, conforme a la norma CPE-INEN-1992. Esta propuesta brinda soluciones para el manejo adecuado de las aguas lluvias y responde a las problemáticas existentes, como las inundaciones recurrentes y al estancamiento de agua. Además, incluye el mejoramiento del cauce del río que atraviesa con la zona de estudio, contribuyendo a optimizar el flujo de aguas pluviales y reducir el riesgo de desbordamientos.

5.1.1 Del estudio topográfico

- El levantamiento topográfico se realizó con la técnica de posicionamiento satelital RTK, cubriendo en total un área de 29,14 ha. Como referencia se utilizó la placa INOCAR (HITO 1) con coordenados 511704.608E, 9742507.939N y cota de 55.1670 m, localizada en Anconcito Provincia de Santa Elena. Los puntos clave que se tomaron fueron postes, límites de las viviendas, las calles, el terreno natural, sistema de agua potable y alcantarillados sanitarios. Se observó que el área de estudio presenta un terreno irregular y que las riberas del río presentan bastante vegetación.
- La pendiente promedio del río es de 1.8%, mientras que la zona rural presenta un terreno un poco irregular con pendientes que fluctúan entre 0.4% y 9%.

5.1.2 Del Diseño del alcantarillado pluvial y Modelamiento del río

- El sistema de alcantarillado pluvial se prediseño para los barrios 15 de enero, 10 de agosto y 24 de mayo, incluyendo 27 pozos de inspección, 30 tuberías de PVC y 3 tuberías de hormigón con diámetro que oscilan de 250 mm hasta 800mm, 74 sumideros y 3 muros de ala. Debido a la topografía, cada barrio cuenta su punto de descarga hacia el río Tambo.
- Se calculo un área de aportación acumulada de $A= 14.60$ Ha dentro del prediseño pluvial, las velocidades son mayores de 0.9 m/seg y menores a 3.11 m/seg, cumpliendo con la normativa. El caudal de diseño acumulado entre los tres barrios de 2,26 m³/seg con un tiempo de retorno de 10 años, coeficiente de escurrimiento del 40 %.
- Las dimensiones de las rejillas de los sumideros tienen un ancho de 45 cm y 55 cm de largo. En la mayoría de los cálculos se consideran 2 sumideros por colector, con un máximo de 4 sumideros.
- Para el modelamiento del río y la verificación de su capacidad de conducción, se adoptó un periodo de retorno de 10 años, ya que es un valor para eventos de lluvia con frecuencia moderada y un valor representativo de condiciones habituales para un sistema de drenaje pluvial.
- Para los cálculos de la intensidad de lluvia se utilizaron los parámetros propuestos por el artículo *“Regionalización de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en las Provincias de Santa Elena y Manabí”*, para la estación Ancón M0174.

- El modelamiento hidrológico realizado en el software HEC-HMS permitió calcular el caudal máximo y obtener el hidrograma de diseño para el periodo de retorno de 10 año, resultando en un caudal de diseño de 40.7 m³/s.
- Los resultados del modelamiento hidráulico en el software HEC-RAS, permitió identificar las zonas vulnerables a inundaciones, estableciendo que en el margen izquierdo del rio Tambo en la zona rural de la comuna Prosperidad es susceptible de desbordamiento, afectando a los barrios 10 de Agosto, 15 de Enero y 24 de Mayo.
- Se concluyo que para evitar los probables desbordamientos se implemente un dique de tierra, al ser una opción económica. El dique se lo implementaría en el margen izquierdo del rio desde la abscisa 0+000 a la 0+460 ya que en ese lado se ubica la zona urbana. Con los cálculos hidráulicos y el post modelamiento se plantearon los siguientes parámetros para el dique: Taludes; 2H:1V, Corona; 4m, Base; 12m, Altura; 2m.

5.1.3 Del presupuesto

- De la elaboración del presupuesto referencial del alcantarillado se concluye que la obra tendría un costo de \$ 394.008,37, considerando mano de obra, maquinaria y materiales.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar un diagnóstico exhaustivo de las estructuras de drenaje existentes en la comuna Prosperidad, tales como canales, cunetas y alcantarillado, evaluando el estado actual de cada componente, su capacidad para evacuar aguas lluvias y su nivel de funcionamiento. Esto permitirá determinar si dichas estructuras pueden ser restauradas o adaptadas al nuevo sistema, lo cual contribuirá a reducir costos y optimizar recursos.
- Se recomienda evitar que el sistema pluvial arrastre contaminantes hacia el río Tambo. Para ello deben implementarse mecanismos como filtros en las rejillas de captación, separadores de sedimentos, también incorporando canales con vegetación que contribuyan a retener contaminantes. Es importante impulsar campañas de concienciación en la comunidad sobre la correcta disposición del residuo.
- Es fundamental dar mantenimiento periódico a las estructuras pluviales para garantizar su vida útil y funcionamiento adecuado.
- Debido a que en nuestra zona de estudio el canal del río solo se llena cuando las temporadas de lluvias son intensas, se propuso la construcción de un talud de tierra para evitar desbordamientos, por su facilidad constructiva y bajo costo. Sin embargo, se recomienda revestirlo con empedrado para evitar posibles problemas de erosión.
- Se recomienda que, para futuras investigaciones que utilicen las ecuaciones propuestas por un artículo regional, se considere el análisis del margen de incertidumbre, a fin de mejorar la precisión de los resultados.
- Para futuras investigaciones se recomienda que validen la curva IDF actualizando con datos más recientes en función de la incorporación de nuevos datos o cambios en el patrón de precipitaciones debido al cambio climático.

- También se sugiere emplear modelos de elevación digital con una resolución igual o superior a 12.5 metros como la utilizada en este proyecto con el objetivo de mejorar la precisión del modelado hidrológico e hidráulico.
- Es recomendable analizar el impacto del suelo en estado seco o húmedo en el cálculo de la curva número (CN), ya que este factor puede influir significativamente en la estimación del caudal de diseño, especialmente en eventos extremos o épocas lluviosas.
- En este estudio se utilizó un periodo de retorno de 10 años tanto para el sistema de alcantarillado pluvial como para el análisis del cauce del río Tambo, con el fin de mantener coherencia entre ambas componentes y por tratarse de una evaluación en etapa de prefactibilidad, sin embargo se recomienda que, para estudios de diseño definitivos o en zonas con mayor vulnerabilidad, se analicen escenarios con periodos de retorno mayores, como 25 o 50 años, con el objetivo de evaluar la respuesta del sistema ante eventos más extremos.
- Se recomienda que el presupuesto referencial generado en la fase de diseño del sistema de drenaje pluvial sea utilizado como una herramienta base para el control de costos durante la ejecución del proyecto.

Capítulo VI. Bibliografía

- MAGALHAES, A. P. (2019). RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN FLUVIAL COMO ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE SISTEMAS ACUÁTICOS EN ESPAÑA. 37(2).
doi:<https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i2.38365>
- SÁNCHEZ, K. A. (Enero de 2014). DISEÑO DE SEÑALÉTICA PARA EL SENDERO RUTA DEL . *Previa a la obtención del Título de. La Libertad, Ecuador* .
- AMBULUDI PACHECO, F. A. (2016). “DETERMINACIÓN DEL NIVEL DEL CAUDAL DE AGUA Y ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN DE LA MICRO CUENCA “QUEBRADA LOS MONOS” AFLUENTE DEL RÍO SANTA ROSA” [título pregrado, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA]. repositorio institucional UTMACH.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/4905>
- Aportesingecivil. (1 de 4 de 2017). *Descargar ArcGIS Desktop v10.5 + Complementos* . <https://aportesingecivil.com/descargar-arcgis-desktop-v105/>
- Ascate Valverde, W. G., & Plasencia Amaya, E. J. (2024). *DIMENSIONAMIENTO DE DIQUES CONSIDERANDO SIMULACIÓN HIDRÁULICA BIDIMENSIONAL PARA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD FÍSICA POR INUNDACIÓN EN RÍO HUAMANZAÑA LA LIBERTAD 2023, [TÍTULO PREGRADO, UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO]*. Repositorio universidad de trujillo.
<https://hdl.handle.net/20.500.14414/21723>
- BERMEO CUSCO, V. A., & VEGA HERNÁNDEZ, E. E. (2024). *Evaluación y ampliación del sistema de alcantarillado sanitario del centro parroquial de Jadán, provincia del Azuay [Tesis pregrado] título pregrado, Universidad Politécnica Salesiana*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27038>
- BERNABÉ SORIANO, J. S., & MUÑOZ DE LA A, F. S. (2024). *ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA, [TÍTULO DE PREGRADO, UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SNTA ELENA]*. REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/12679>
- CEME ACOSTA, R. E. (2022). “*Diseño del sistema de alcantarillado pluvial en la cabecera parroquial de Noboa, Cantón 24 de Mayo – Provincia de Manabí*”, [título de pregrado, UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ]. repositorio institucional UNESUM.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3606>
- CEP-INEN. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA*

POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES,
[https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/normas_disec3b1o_cpe_inen_5_parte_9-1_1992-mas-de-1000-hab.pdf]

- CN tables. (s.f.). HEC-HMS Technical Reference Manual:
<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm/cn-tables>
- CONAGUA. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Drenaje Pluvial Urbano*. Obtenido de
<https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro19.pdf>
- Corapi, P., & Neira, N. N. (2022). Regionalización de las Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en la s Provincias de Santa Elena y Manabí. *Revista Tecnológica ESPOL*, 34(4). <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.974>
- CORAPI, P., & NUÑEZ NEIRA, N. (2022). Regio nalización de la s Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en la s Provincias de Sant a Elena y Manabí. 25. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/974>
- Cordova Diaz, C. J. (2017). *Modelación hidráulica del río "La Leche" con el programa HEC-RAS en un tramo de 4km. En el distrito de Íllimo, y departamento de Lambayeque. [Título de pregrado, UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES]*. repositorio institucional USMP.
<https://hdl.handle.net/20.500.12727/3319>
- CUELLO FERNÁNDEZ, P. B. (2020). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL BARRIO LA JOYA I, PARROQUIA DE CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA*[título de pregrado, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO]. repositorio instucional UPS.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19356>
- Echegaray García, C. R., & Quiroz Castillo, P. B. (2022). *Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del Rio Reque en el sector Eten - Monsefú [TESIS DE PREGRADO, UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO]*. Repositorio institucional handle.
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/10279>
- EMAAP-Q. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*.
https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/PROYECTO%20LA%20MERCED/ANEXO%20%20NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf
- ENRÍQUEZ MUGUERZA, M. M., & ENRÍQUEZ MUGUERZA, M. L. (2011). *“APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MUSKINGUM (MODELO HIDROLÓGICO) EN EL PRONÓSTICO DE CRECIENTES EINUNDACIONES EN LA ZONA QUEVEDO – MOCACHE”*, {Título Pregrado, UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO}. Repositorio UTO. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2089>

- FERNADEZ LOYOLA, C. T., & VEGA RAMIREZ, N. Y. (2021). *Modelamiento hidrológico e hidráulico para el prediseño de la defensa ribereña en el tramo km 55+471 al tramo km 58+081 del río Mosna ubicado en el distrito San Marcos – Provincia de Huari – Departamento de Áncash. [TESIS DE PREGRADO, USM]*. repositorio USMP.
<https://hdl.handle.net/20.500.12727/9051>
- Francisco Simón, A. (2017). *COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA [Archivo PDF]*.
<https://comunidadingenieria.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/06/razones-hidraulicas.pdf>
- GÓMEZ TOMALÁ, D. A., & CHÓZ FRANCO, J. J. (2023). “*DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL INCLUIDO EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON LAGUNAS ESTABILIZADORAS EN LA COMUNA TUGADUAJA, PARROQUIA CHANDUY, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA*”. [titulo de pregrado, UPSE]. repositorio institucional UPSE.
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9202>
- GONZÁLEZ RÍOS, R. D. (2024). “*DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LOS BARRIOS: TIPAN NIZZA, ENTRE RÍOS Y 25 DE DICIEMBRE, PERTENECIENTES AL CANTÓN SANTA ELENA, DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA.*” [titulo pregrado, UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELEN].
 repositorio isntitucional UPSE.
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11597>
- Hydrologic Engineering Center (CEIWR-HEC). (2024).
 iagua. (2025).
- INAMHI. (2019). *INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA R HIDRAULICA*
- Interagua. (2013). *NORMAS Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL*.
<https://pdfcoffee.com/normasdediseo-interaguapdf-6-pdf-free.html>
- LARA PALOMINO, J. M., & VELIZ LEON, A. M. (2022). “*OBRAS LONGITUDINALES PARA PREVENIR INUNDACIONES EN EL RIO PERENE EN EL CENTRO POBLADO MARANKIARI, CENTRO POBLADO MARANKIARI, CENTRO POBLADO MARANKIARI, CHANCHAMAYO, JUNIN, 2022*” [Titulo de Pregrado, UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES. Repositorio Web.
<https://es.scribd.com/document/722717459/TESIS>
- LOAYZA ECHEGARAY, W. F. (2017). “*DISEÑO DE MURO A GRAVEDAD CON GAVIONES TIPO CAJA PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL SECTOR DEL PUEBLO JOVEN INDEPENDENCIA EN EL DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO Periodo 2016*”, [TITULO PREGRADO, UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS].

REPOSITORIO INSTITUCIONAL UAP.
<https://hdl.handle.net/20.500.12990/8283>

MALAVÉ VIÑAN, A. W. (2015). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PLUVIAL Y RED DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE PARA UNA LOTIZACION DE CIENTOCINCUENTA VIVIENDAS, EN LA COMUNA EL TAMBO - SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA* [Titulo Pregrado, UPSE]. Repositorio intitucional UPSE. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2728>

Moreno Vásquez, G. P. (2016). “*DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA EL BARRIO MÉXICO, CIUDAD PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA*”, [titulo de pregrado, UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO]. repositorio institucional UTA. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24441>

NEIRA ORRALA, R. B., & MORALES VERA, X. L. (2024). *PLUVIAL EN LA COMUNA BARCELONA, PROVINCIA DE “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE SISTEMA DE DRENAJE SANTA ELENA” [TITULO DE PREGRADO, UPSE]*. REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12682>

Paucar Ipiates, A. E. (2019). *Diseño hidráulico del alcantarillado pluvial del barrio San Francisco de la parroquia Cutuglagua* [Tesis de titulación, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA]. Repositorio Institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17737>

RAMOS TOMALA , J. C. (2022). *PROPUESTA ARQUITECTÓNICA DE UN CENTRO ESTUDIANTIL PARA BACHILLERATO EN LA COMUNA PROSPERIDAD DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA BAJO PARAMETROS DE LA ARQUITECTURA ZEN* [titulo pregrado, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL]. Repositorio institucional ULVR. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5818>

Sabando Delgado, M. S. (2024). *Diseño del alcantarillado pluvial para superar el estancamiento de aguas en el barrio 28 de mayo en Puerto Cayo.* [Titulo de posgrado, UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ]. Repositorio Digital UNESUM. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6131>

SÁNCHEZ ASECIO, K. E. (2014). “*DISEÑO DE SEÑALÉTICA PARA EL SENDERO RUTA DEL TÍN COMUNA PROSPERIDAD, PARROQUIASAN JOSÉ DE ANCÓN, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA SANTA ELENA AÑO 2014*” [Titulo Pregrado, UPSE]. Repositorio institucional UPSE. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1777>

SÁNCHEZ CORTEZ, J. L. (2010). *Manejo sustentable de puntos de interés geoturísticos (pigt), sobre la base de la caracterización y evaluación, en la Península de Santa Elena.* [Titulo Pregrado, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL]. Repositorio institucional UG.

<https://repositorio.ug.edu.ec/items/740934c7-b1d8-4959-97e8-0bd1b347469c>

Steel industrial. (2020). *¿ Qué es una tubería ?* <https://steelindustrial.com.mx/acero-inoxidable/que-es-una-tuberia/>

TUBOS, T. (2020). *FICHA TÉCNICA JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA TIGRE (DRENAJE Y ALCANTARILLADO)*. <https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/tigre.pe/files/catalogos-tecnicos/2020-07/Ficha%20t%C3%A9cnica%20NTP%20ISO%204435%20JEI.pdf>

USDA. (6 de 1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds*. <https://www.hydrocad.net/pdf/TR-55%20Manual.pdf>

VELÁSQUEZ ABANTO, E. A. (2023). “IDENTIFICACIÓN Y REDUCCIÓN DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE PARA LA CIUDAD DE SAN MARCOS [Titulo de Pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA]”. Repositorio institucional UNC. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6029>

Weather Spark. (2024). <https://es.weatherspark.com/y/18289/Clima-promedio-en-Santa-Elena-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

William Ricardo, M. M. (2021). *GUÍA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADOS* (Vol. 1). UNIVERSIDAD SANTO TOMAS. <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/763d109e-ab7e-44f8-9aff-964b9c67fdd2/content>

YAMO HERRERA, J. (2023). *DISEÑO DEL DIQUE ENROCADO PARA PREVENIR INUNDACIONES DEL RÍO TUMBES, EN EL MARGEN IZQUIERO KM 1+260 A 1+917, EN EL SECTOR TAMARINDO, DISTRITO DE SAN JACINTO, REGIÓN TUMBES - 2023 [TITULO DE PREGRADO, UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE]*. REPOSITORIO INSTITUCIONAL ULAD. <https://hdl.handle.net/20.500.13032/35161>

ZAMBRANO CABEZA, I. R. (2023). “*Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial de la Ciudadela Los Jardines, Parroquia Leonidas Plaza Gutiérrez, cantón Sucre – Manabí*” [Titulo de Pregrado, UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ]. Repositorio institucional Unesum. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5167>

ANEXOS

Evidencias fotográficas de visita al sitio para toma de mediciones y evaluación de la topografía del sector

Anexo 1

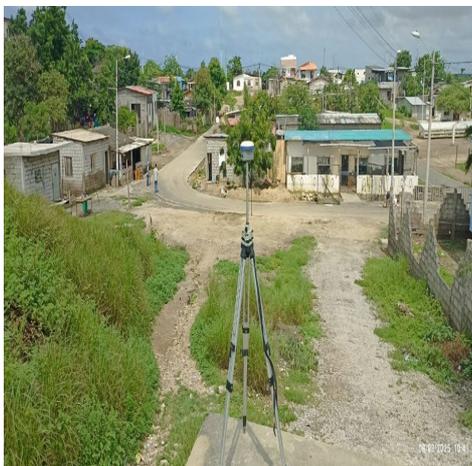
Equipo topográfico



Nota: elaboracion propia

Anexo 2

Área de estudio de los barrios y el río Tambo



Nota: elaboracion propia

Anexo 3

Levantamiento topográfico



Nota: Elaboracion propia

Anexo 4

Levantamiento topográfico del rio Tambo



Nota: elaboracion propia

Anexo 6: Tablas del Cálculo Hidráulico del sistema de Alcantarillado Pluvia

COLECTOR B																																		
T-11	7																											21,06						
	PZ	72,96	0,68	0,00	0,68	0,68	40%	10,54	0,54	10,00	421,18	0,011	115,03	115,03	0,25	280	250	2,47%	2,47%	0,0625	0,0491	0,79	2,25	110,38	1,04	59,85	0,15	0,93	2,41	1,71	1,80	19,48	17,68	1,60
	8	72,96																											19,26					
T-12	8																												19,26					
	PZ	66,19	0,49	0,00	0,49	1,18	40%	11,31	0,76	10,00	403,38	0,011	79,51	194,55	0,27	315	286	0,85%	0,85%	0,0715	0,0642	0,9	1,44	92,61	0,86	67,50	0,19	0,90	1,60	0,71	0,56	17,65	17,08	1,60
	9	139,15																											18,70					
T-13	9																												18,70					
	PZ	68,75	0,48	0,00	0,48	1,66	40%	12,43	1,12	10,00	380,56	0,011	73,51	268,06	0,30	335	300	0,40%	-1,24%	0,075	0,0707	0,94	1,02	72,29	1,02	65,46	0,20	0,91	1,13	0,35	-0,85	17,07	16,79	1,60
	10	207,90																											19,55					
T-14	10																												19,55					
	PZ	51,72	0,38	0,00	0,38	2,04	40%	12,66	0,24	10,00	376,13	0,011	57,07	325,12	0,16	280	250	6,40%	8,53%	0,0625	0,0491	0,79	3,62	177,84	0,32	31,34	0,08	1,26	2,88	2,84	4,41	16,75	13,44	2,80
	17	259,62																											15,14					
T-15	14																												16,83					
	PZ	78,28	0,34	0,00	0,34	2,38	40%	11,46	1,18	10,00	399,97	0,011	54,83	379,95	0,26	315	286	0,50%	-0,47%	0,0715	0,0642	0,9	1,11	71,09	0,77	62,71	0,18	0,92	1,21	0,41	-0,37	15,22	14,82	1,60
	15	337,90																											17,20					
T-16	15																												17,20					
	PZ	66,71	0,30	0,00	0,30	2,68	40%	12,99	1,16	10,00	370,26	0,011	43,77	423,71	0,24	280	250	0,5%	-0,18%	0,0625	0,0491	0,79	0,96	47,16	0,93	54,92	0,14	0,96	1,00	0,30	-0,12	14,82	14,52	2,40
	16	404,61																											17,32					
T-17	16																												17,32					
	PZ	65,42	0,34	0,00	0,34	3,02	40%	13,38	0,39	10,00	363,56	0,011	49,84	473,55	0,17	280	250	3,80%	4,86%	0,0625	0,0491	0,79	2,79	137,04	0,36	33,66	0,08	1,21	2,31	1,78	3,18	14,92	12,43	2,40
	17	470,03																											14,14					
T-18	7																												21,06					
	PZ	63,22	0,12	0,00	0,12	3,14	40%	10,28	0,28	10,00	427,62	0,011	20,35	493,91	0,11	280	250	6,69%	6,69%	0,0625	0,0491	0,79	3,70	181,83	0,11	18,12	0,05	1,72	2,15	1,85	4,23	19,48	15,25	1,60
	14	533,25																											16,83					
T-19	8																												19,26					
	PZ	61,08	0,09	0,00	0,09	3,23	40%	10,37	0,37	10,00	425,41	0,011	14,97	508,88	0,11	280	250	3,67%	3,67%	0,0625	0,0491	0,79	2,74	134,67	0,11	18,06	0,05	1,73	1,59	1,01	2,24	17,68	15,44	1,60
	15	594,33																											17,02					
T-20	9																												18,70					
	PZ	50,69	0,07	0,00	0,07	3,29	40%	10,36	0,36	10,00	425,75	0,011	11,58	520,46	0,11	280	250	2,72%	2,72%	0,0625	0,0491	0,79	2,36	115,94	0,10	17,15	0,04	1,78	1,32	0,71	1,38	17,12	15,74	1,60
	16	645,02																											17,32					
T-21	17																												15,14					
	PZ	103,49		0,00	0,00	3,29	40%	11,01	1,01	10,00	409,94	0,013	520,46		0,64	760	700	0,50%	-4,97%	0,175	0,3848	2,2	1,70	654,84	0,79	66,68	0,47	0,90	1,88	1,02	-5,14	13,08	12,56	2,10
	D	748,51																											20,28					

Anexo 7: Tablas del Cálculo Hidráulico del sistema de Alcantarillado Pluvia

COLECTOR C																																						
T-22	23																											23,18										
	PZ	82,27		0,22	0,00	0,22	0,22	40%	10,48	0,48	10,00	422,66	0,011	37,72	37,72	0,15	280	250	3,97%	3,97%	0,0625	0,0491	0,79	2,85	139,94	0,27	28,14	0,07	1,33	2,14	1,61	3,27	21,60	18,33	1,60	1,60		
	22		82,27																																			
T-23	22																																					19,91
	PZ	113,59		0,42	0,00	0,42	0,64	40%	11,50	1,02	10,00	399,18	0,011	66,76	104,48	0,22	280	250	1,69%	1,69%	0,0625	0,0491	0,79	1,86	91,30	0,73	48,68	0,12	1,01	1,84	1,04	1,92	18,33	16,41	1,60	1,60		
	21		195,86																																			17,99
T-24	21																																					17,99
	PZ	60,15		1,07	0,00	1,07	1,71	40%	12,13	0,64	10,00	386,17	0,011	165,20	269,68	0,37	440	400	0,65%	0,65%	0,1	0,1257	1,26	1,58	198,33	0,83	62,02	0,25	0,92	1,71	0,73	0,39	16,25	15,86	1,70	1,70		
	20		256,01																																			17,60
T-25	23																																					23,18
	PZ	69,76		0,49	0,00	0,49	2,21	40%	10,51	0,51	10,00	421,98	0,011	83,43	353,11	0,22	280	250	2,55%	2,55%	0,0625	0,0491	0,79	2,29	112,26	0,74	48,66	0,12	1,01	2,26	1,57	1,78	21,60	19,82	1,60	1,60		
	24		325,77																																			21,40
T-26	24																																					21,40
	PZ	87,33		0,87	0,00	0,87	3,08	40%	11,02	0,51	10,00	409,83	0,011	143,34	496,45	0,26	315	286	3,32%	3,32%	0,0715	0,0642	0,9	2,85	183,20	0,78	63,08	0,18	0,92	3,11	2,70	2,90	19,79	16,89	1,60	1,60		
	19		413,10																																			18,50
T-27	19																																					19,91
	PZ	66,86		0,32	0,00	0,32	3,40	40%	10,54	0,54	10,00	421,30	0,011	53,76	550,21	0,20	280	250	2,11%	2,11%	0,0625	0,0491	0,79	2,08	102,11	0,53	40,09	0,10	1,11	1,88	1,13	1,41	18,33	16,92	1,60	1,60		
	20		479,96																																			18,50
T-28	18																																					20,60
	PZ	62,82		0,55	0,00	0,55	3,94	40%	10,40	0,40	10,00	424,68	0,011	92,63	642,85	0,22	280	250	3,34%	3,34%	0,0625	0,0491	0,79	2,62	128,47	0,72	47,76	0,12	1,02	2,57	2,03	2,10	19,02	16,92	1,60	1,60		
	19		542,78																																			18,50
T-29	19																																					18,50
	PZ	124,79		0,46	0,00	0,46	4,41	40%	13,52	1,57	10,00	361,28	0,011	66,76	709,61	0,26	315	286	0,72%	0,72%	0,0715	0,0642	0,9	1,33	85,31	0,78	64,68	0,18	0,91	1,46	0,59	0,90	16,89	15,99	1,60	1,60		
	20		667,57																																			17,60
T-30	20																																					17,60
	PZ	69,52		0,57	0,00	0,57	4,98	40%	14,58	1,06	10,00	344,78	0,011	78,82	788,43	0,32	400	364	0,35%	0,35%	0,091	0,1041	1,14	1,09	113,27	0,70	73,99	0,27	0,88	1,23	0,38	0,24	15,90	15,66	1,70	1,70		
	25		737,09																																			17,36
T-31	25																																					17,36
	PZ	39,12		0,47	0,00	0,47	5,44	40%	15,12	0,53	10,00	337,24	0,011	62,83	851,26	0,26	315	286	0,61%	0,61%	0,0715	0,0642	0,9	1,22	78,53	0,80	66,47	0,19	0,90	1,35	0,51	0,24	15,66	15,42	1,70	1,70		
	26		776,21																																			17,12
T-32	26																																					17,12
	PZ	109,40		1,17	0,00	1,17	6,61	40%	16,55	1,44	10,00	318,89	0,011	149,25	1000,51	0,39	440	400	0,42%	-0,31%	0,1	0,1257	1,26	1,27	159,55	0,94	69,81	0,28	0,89	1,42	0,50	-0,34	15,42	14,96	1,70	2,50		
	27		885,61																																			17,46
T-33	27																																					17,46
	PZ	89,45		0,00	0,00	6,61	40%	17,36	0,80	10,00	309,73	0,013	1000,51		0,82	875	800	0,50%	-0,92%	0,2	0,5027	2,51	1,86	935,13	1,07	82,92	0,66	0,88	2,12	1,22	-0,82	14,96	14,51	2,50	3,80			
	D		975,06																																			18,28

Anexo 8: *calculo a tubería parcialmente llena*

Tubería parcialmente llena							
	q	Q	Qd	d= Tirante (m)	AH (m)	PH (m)	RH (m)
1	0,14219	190,92	0,09137	0,16427	0,03963	0,49983	0,07926
2	0,14854	175,21	0,0852	0,13702	0,03039	0,43729	0,06955
3	0,03159	168,83	0,02081	0,11283	0,02151	0,36833	0,05839
4	0,0625	188,55	0,04041	0,13432	0,02688	0,41135	0,06532
5	0,09241	258,96	0,10463	0,29772	0,09114	0,82259	0,11076
6	0,03489	147,93	0,02369	0,09047	0,01603	0,32273	0,04965
7	0,07057	188,37	0,04610	0,13412	0,02683	0,41096	0,06527
8	0,04755	136,52	0,03128	0,0787	0,01324	0,29784	0,04445
9	0,10617	232,6	0,11778	0,26264	0,08042	0,73885	0,10881
10	0,73642	212,258	0,68995	0,51112	0,3391	1,48184	0,22881

Anexo 9: cálculos a tubería parcialmente llena

	q	g	Qd	d= Tirante (m)	AH (m)	PH (m)	RH (m)
11	0,11503	202,72	0,07392	0,14962	0,03067	0,44227	0,06932
12	0,07951	220,97	0,07396	0,19304	0,04611	0,5515	0,08366
13	0,07351	216,03	0,05523	0,19639	0,04904	0,56557	0,0867
14	0,05707	136,18	0,03789	0,07836	0,01316	0,2971	0,04429
15	0,05483	209,44	0,05107	0,17934	0,04237	0,52272	0,08111
16	0,04377	191,29	0,02755	0,1373	0,02762	0,41733	0,06616
17	0,04984	141,84	0,03345	0,08414	0,01452	0,30945	0,0469
18	0,02035	100,76	0,01302	0,04529	0,00607	0,21982	0,02759
19	0,01497	100,61	0,00959	0,04516	0,00604	0,2195	0,02752
20	0,01158	97,86	0,00742	0,04288	0,00561	0,2135	0,02625
21	0,52046	218,98	0,51354	0,46677	0,27259	1,33767	0,2038

Anexo 10 : cálculos a tubería parcialmente llena

	q	g	Qd	d= Tirante (m)	AH (m)	PH (m)	RH (m)
22	0,03772	128,14	0,02421	0,07034	0,01133	0,27956	0,04052
23	0,06676	176,97	0,04364	0,1217	0,02372	0,38609	0,06143
24	0,1652	207,82	0,14015	0,24808	0,0819	0,72543	0,11287
25	0,08343	176,94	0,05358	0,12166	0,02372	0,38602	0,06142
26	0,14334	210,34	0,13278	0,18042	0,04267	0,52497	0,08134
27	0,05376	157,13	0,03454	0,10022	0,01839	0,3428	0,05364
28	0,09263	174,87	0,05937	0,11941	0,02315	0,38151	0,06067
29	0,06676	214,14	0,06411	0,18498	0,04392	0,53446	0,08224
30	0,07882	237,35	0,10162	0,26933	0,08258	0,75394	0,1095
31	0,06283	218,45	0,06133	0,19009	0,04531	0,54521	0,08316
32	0,14925	226,68	0,13307	0,27924	0,0937	0,79126	0,11839
33	1,00051	262,363	0,94461	0,66338	0,44566	1,83164	0,24329

Planos en planta y perfil del diseño del sistema de alcantarillado pluvial.

AREA DE APORTACIÓN DE LOS COLECTORES



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA**

Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
**LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN**

Ubicación



Nota

LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL
DIBUJO

Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN
PROYECTO
DESCRIPCIÓN

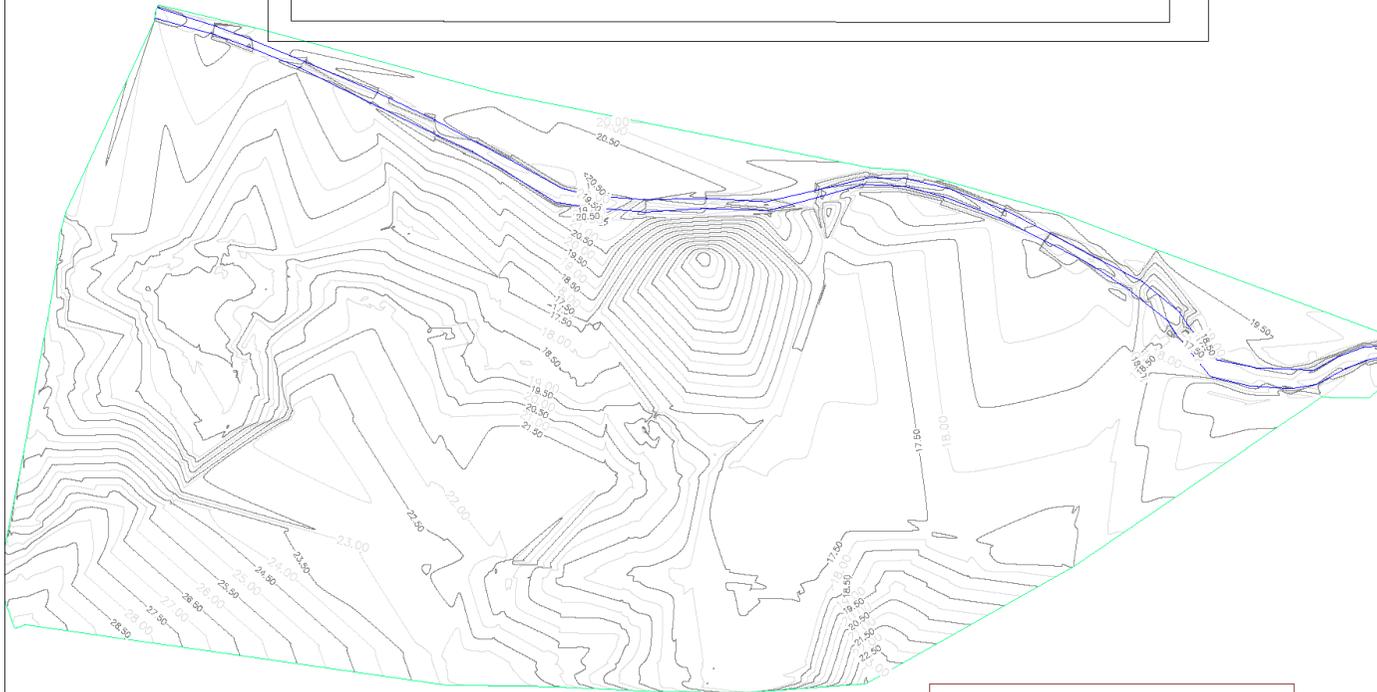
PROVINCIA: **SANTA ELENA**
CANTÓN: **SANTA ELENA**
SECTOR: **COMUNA PROSPERIDAD**

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA
PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD
DEL CANTÓN SANTA ELENA

SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS

DISEÑADO POR:	HOJA	LAMINA:
CIC-UPSE	1 DE 1	1.200

PLANO DE PERFIL DE LAS CURVAS DE NIVEL



Contours Table		
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation
1	10.000	12.000
2	12.000	14.000
3	14.000	16.000
4	16.000	18.000
5	18.000	20.000
6	20.000	22.000
7	22.000	24.000
8	24.000	26.000
9	26.000	28.000
10	28.000	30.313



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA
Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN

Ubicación



Nota

LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL
DIBUJO

Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

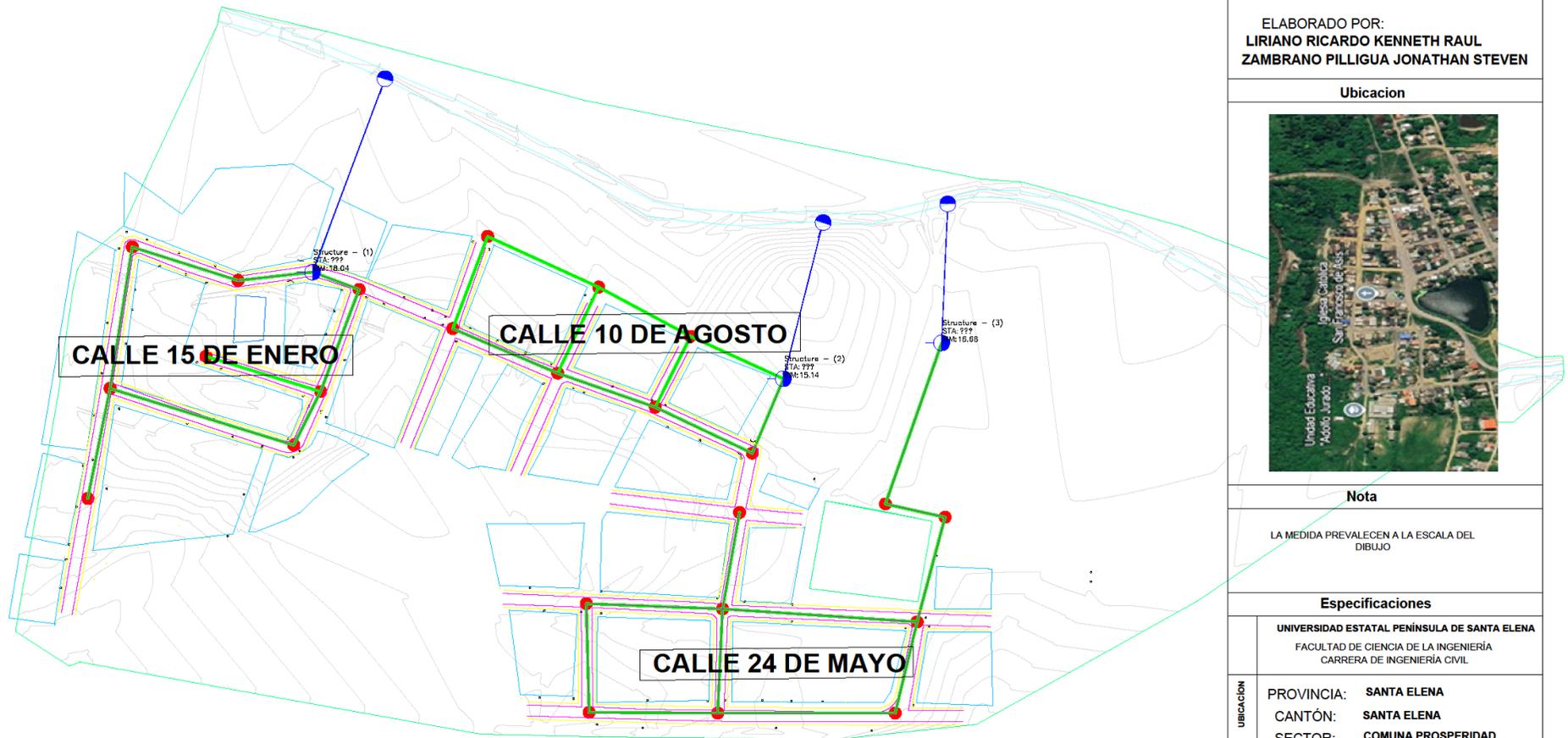
UBICACIÓN
PROVINCIA: SANTA ELENA
CANTÓN: SANTA ELENA
SECTOR: COMUNA PROSPERIDAD

DESCRIPCIÓN PROYECTO
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA
PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD
DEL CANTÓN SANTA ELENA

SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS

DISEÑADO POR:	HOJA	LAMINA:
CIC-UPSE	1 DE 1	1.200

PLANO EN PLANTA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA

Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN

Ubicación



Nota

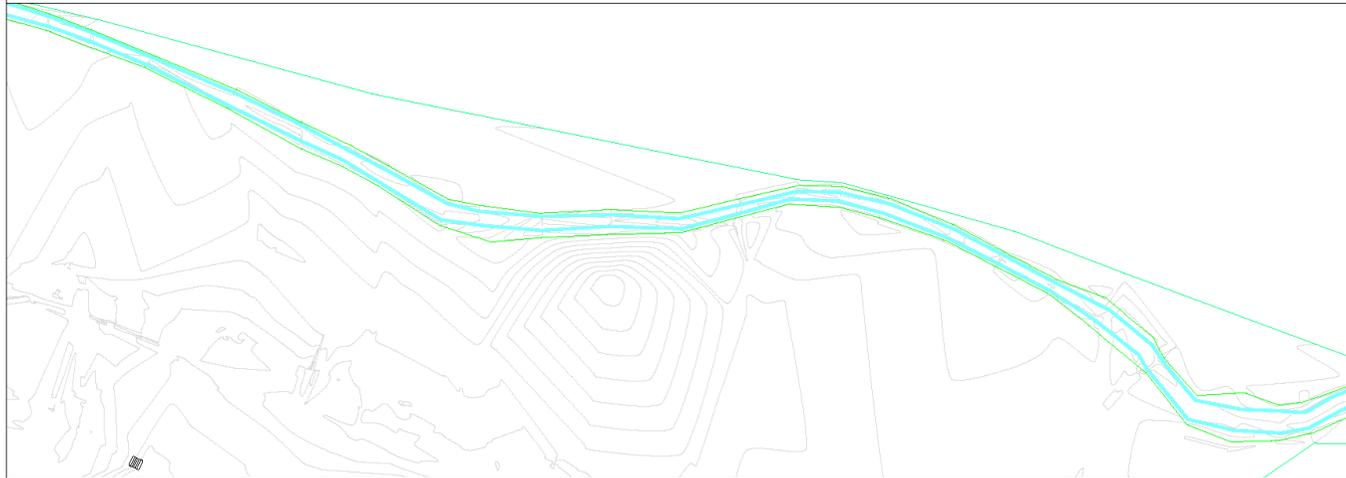
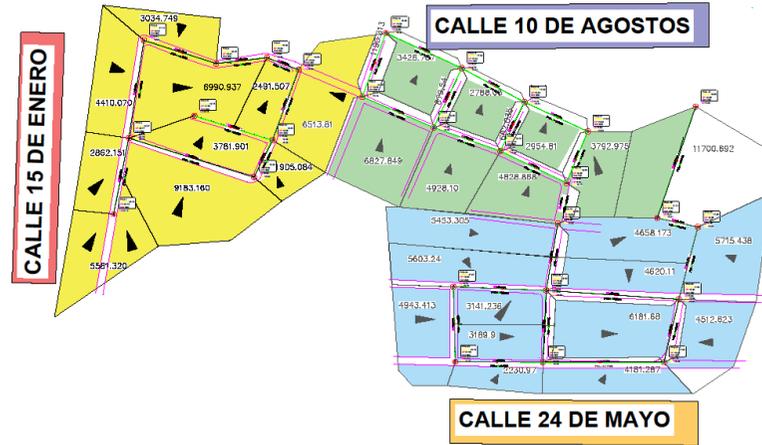
LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL
DIBUJO

Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	PROVINCIA: SANTA ELENA CANTÓN: SANTA ELENA SECTOR: COMUNA PROSPERIDAD
	PROYECTO	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA
SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS		
DISEÑADO POR:	HOJA	LAMINA:
CIC-UPSE	1 DE 1	1.200

PLANOS DE BARRIOS Y DEL RIO TAMBO



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA
Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN

Ubicación



Nota

LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL DIBUJO

Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

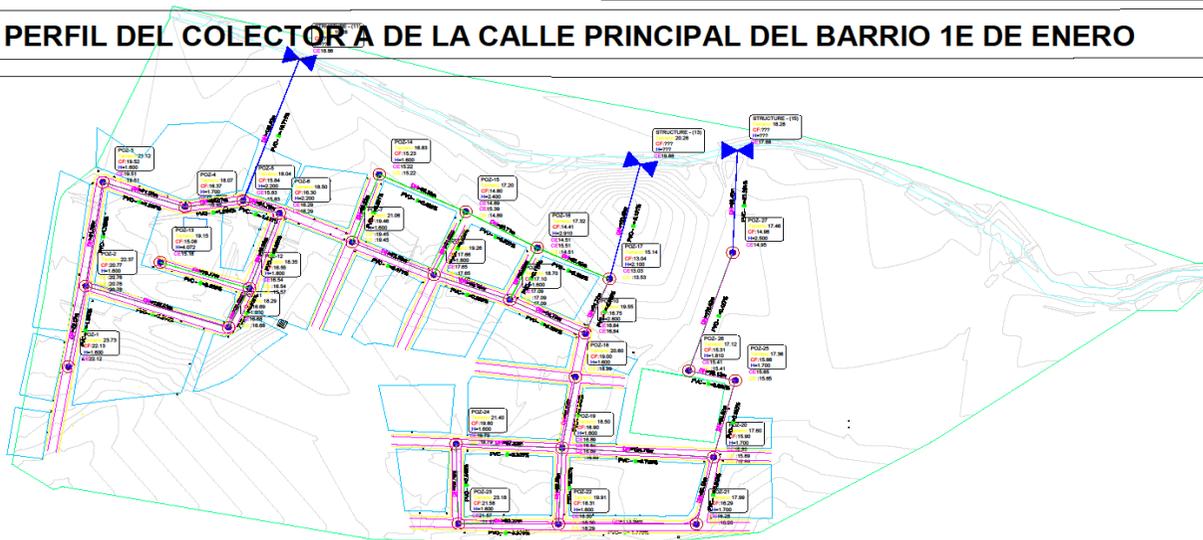
UBICACIÓN
PROVINCIA: SANTA ELENA
CANTÓN: SANTA ELENA
SECTOR: COMUNA PROSPERIDAD

PROYECTO
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA

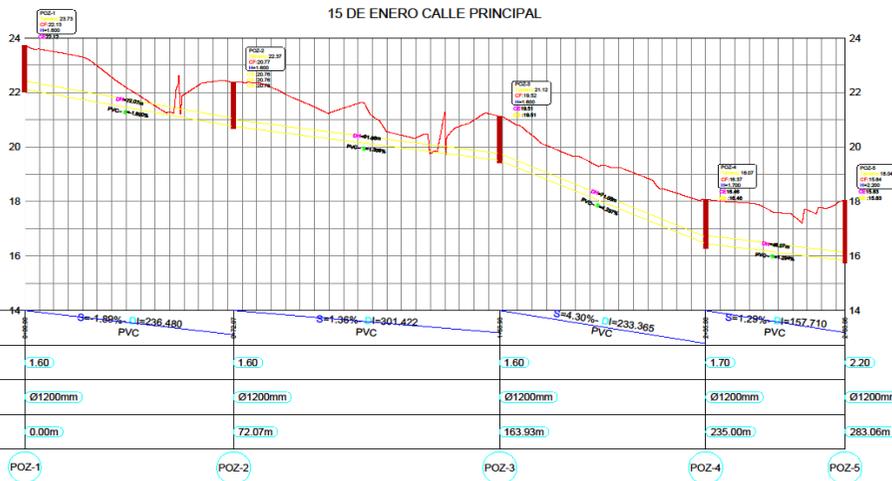
DESCRIPCIÓN
SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS

DISEÑADO POR:	HOJA	LAMINA:
CIC-UPSE	1 DE 1	1.200

PLANO DE PERFIL DEL COLECTOR A DE LA CALLE PRINCIPAL DEL BARRIO 1E DE ENERO



15 DE ENERO CALLE PRINCIPAL



TUBERIA	S= -1.86% L=236.480 PVC		S= -1.36% L=301.422 PVC		S= -4.30% L=233.365 PVC		S= -1.29% L=157.710 PVC	
H BUZON	1.60	1.60	1.60	1.60	1.70	2.20		
DIAMETRO	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm		
D.ACOMULADA	0.00m	72.07m	163.93m	235.00m	283.06m			
	POZ-1	POZ-2	POZ-3	POZ-4	POZ-5			



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA

Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN

Ubicacion



Nota

LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL DIBUJO

Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

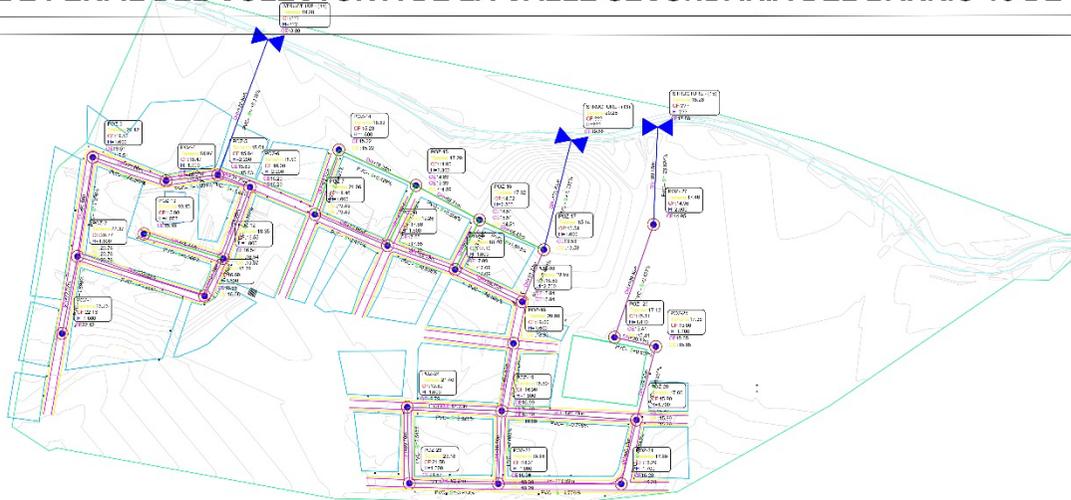
UBICACIÓN
PROVINCIA: SANTA ELENA
CANTÓN: SANTA ELENA
SECTOR: COMUNA PROSPERIDAD

PROYECTO
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA

DESCRIPCIÓN
SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS

DISEÑADO POR:	HOJA	LAMINA:
CIC-UPSE	1 DE 1	1.200

PLANO DE PERFIL DEL COLECTOR A DE LA CALLE SECUNDARIA DEL BARRIO 15 DE ENERO



15 DE ENERO CALLE SECUNDARIA



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA
Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN

Ubicación



Nota

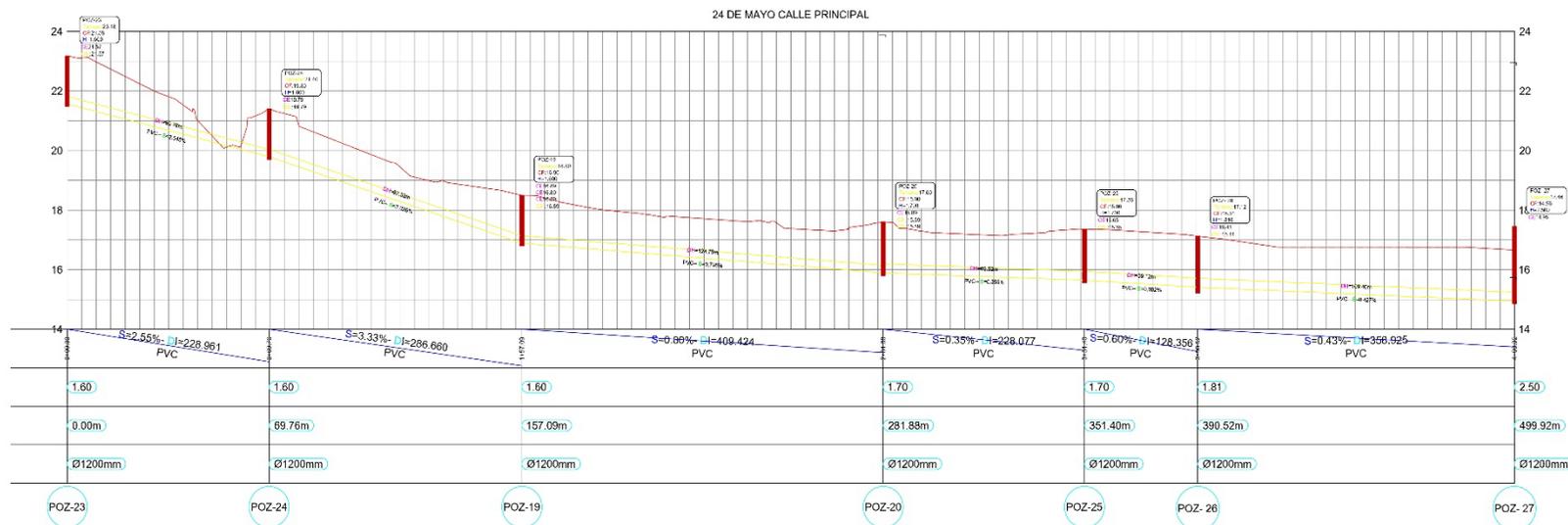
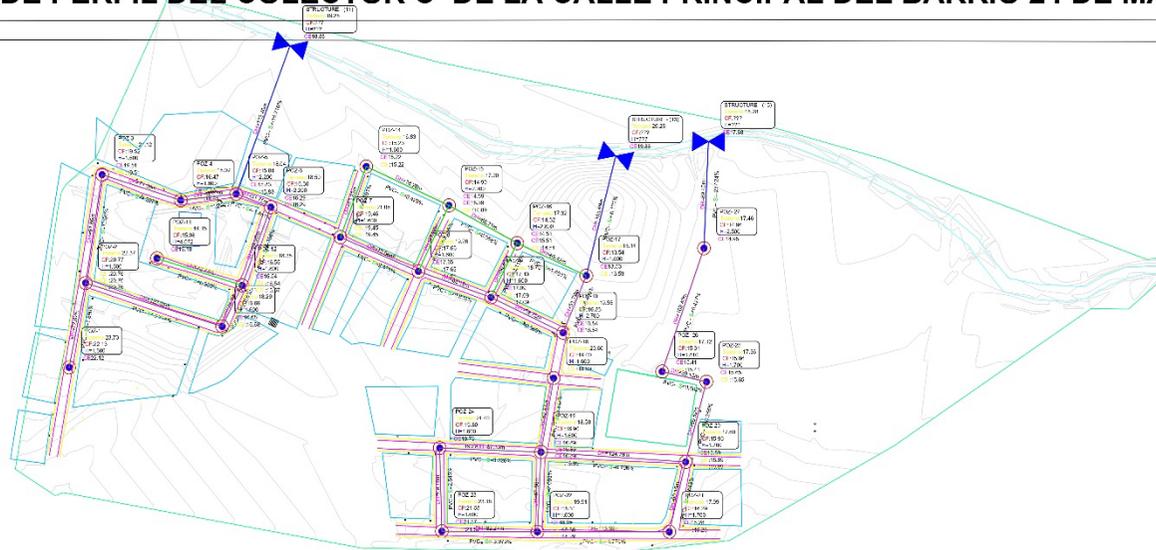
LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL DIBUJO

Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DESCRIPCIÓN	SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS		
	DISEÑADO POR:	HOJA	LAMINA:
PROYECTO	CIC-UPSE	1 DE 1	1.200
UBICACIÓN	PROVINCIA:	SANTA ELENA	
	CANTÓN:	SANTA ELENA	
	SECTOR:	COMUNA PROSPERIDAD	
	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA		

PLANO DE PERFIL DEL COLECTOR C DE LA CALLE PRINCIPAL DEL BARRIO 24 DE MAYO



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA
Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
**LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN**

Ubicacion



Nota

LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL DIBUJO

Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

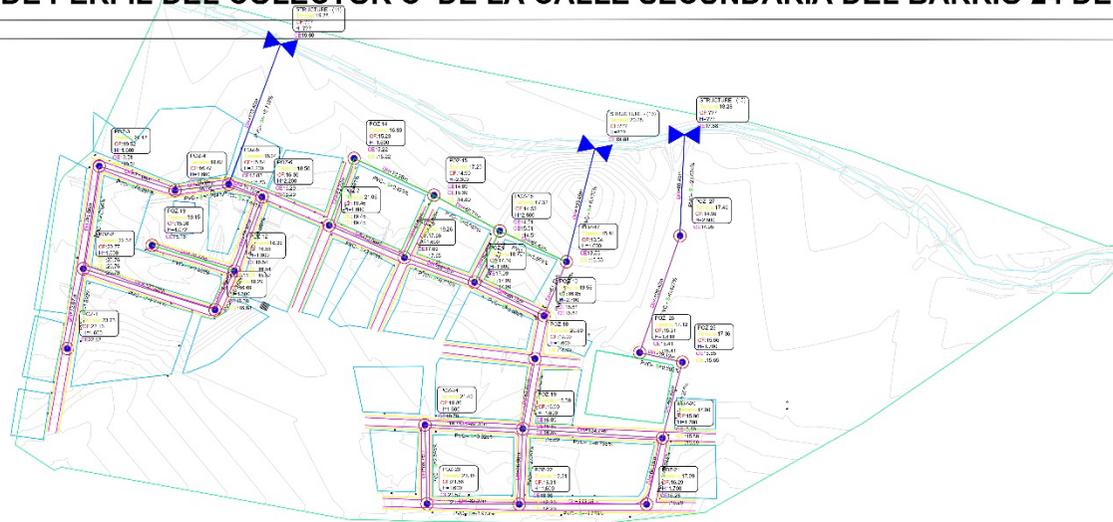
UBICACION
PROVINCIA: SANTA ELENA
CANTÓN: SANTA ELENA
SECTOR: COMUNA PROSPERIDAD

PROYECTO
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA

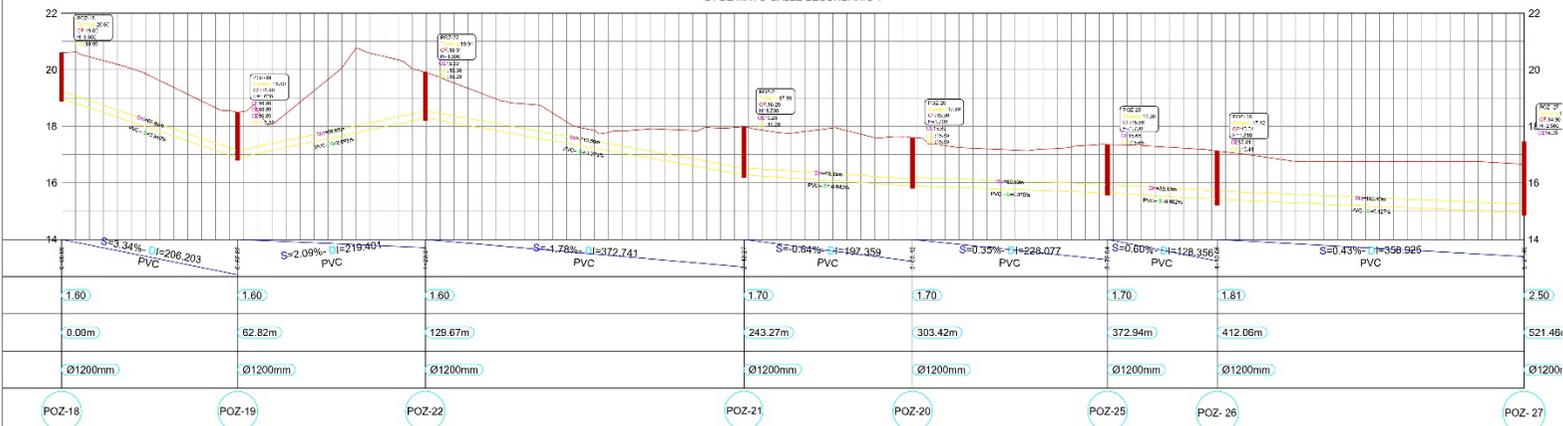
SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS

DESCRIPCION
DISEÑADO POR: HOJA LAMINA:
CIC-UPSE 1 DE 1 1.200

PLANO DE PERFIL DEL COLECTOR C DE LA CALLE SECUNDARIA DEL BARRIO 24 DE MAYO



24 DE MAYO CALLE SECUNDARIO 1



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA
Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
**LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN**

Ubicación



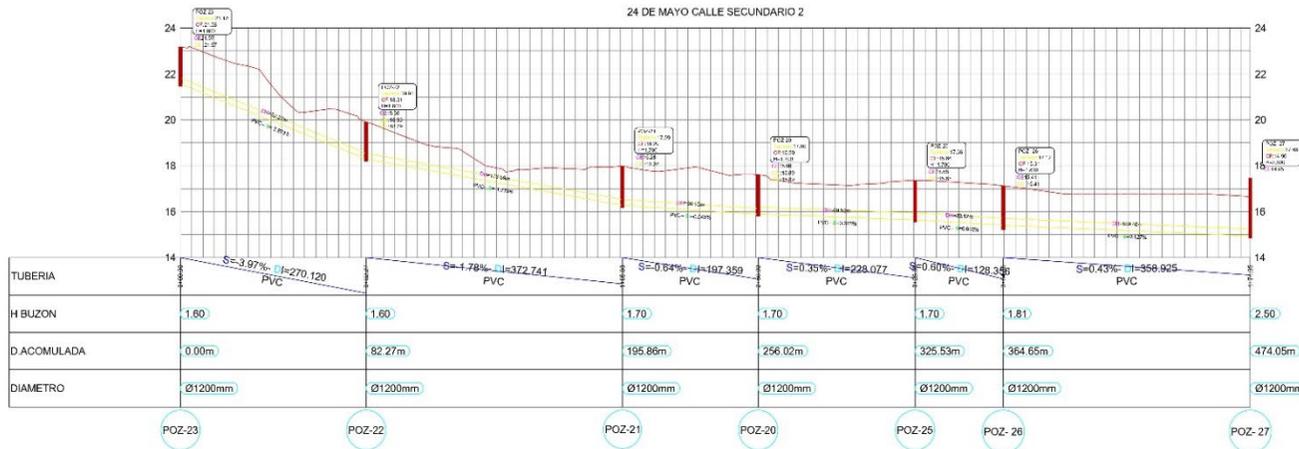
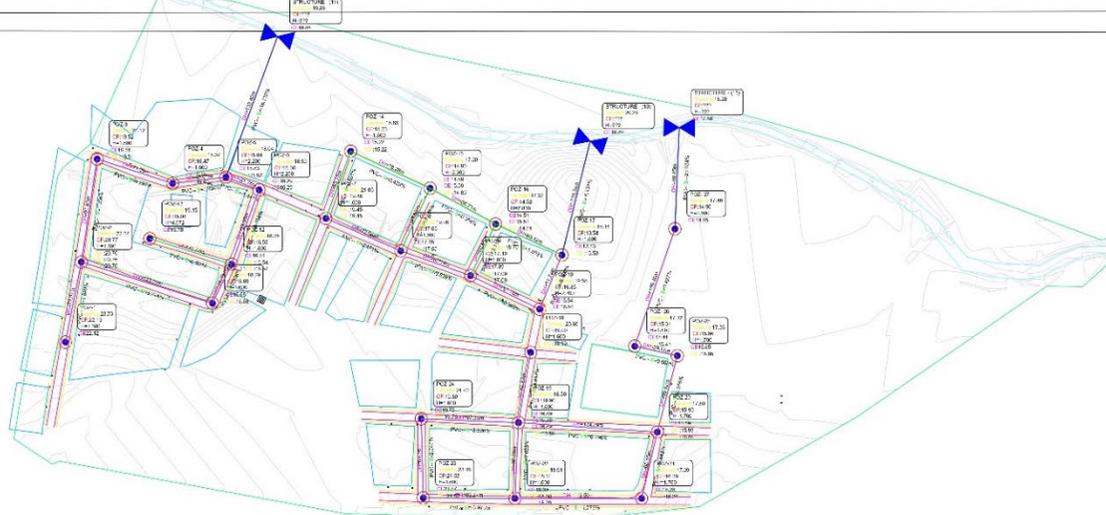
Nota

LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL DIBUJO

Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
UBICACION	PROVINCIA:	SANTA ELENA
	CANTÓN:	SANTA ELENA
PROYECTO	SECTOR:	COMUNA PROSPERIDAD
	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA	
DESCRIPCION	SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS	
	DISEÑADO POR:	HOJA LAMINA:
	CIC-UPSE	1 DE 1 1.200

PLANO DE PERFIL DEL COLECTOR C DE LA CALLE SECUNDARIA DEL BARRIO 24 DE MAYO



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA

Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN

Ubicación



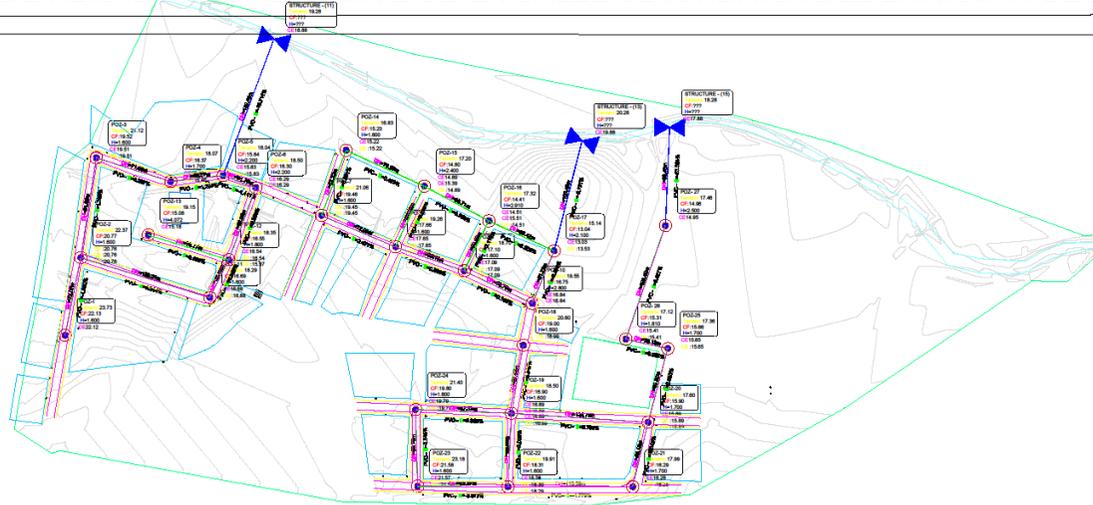
Nota

LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL DIBUJO

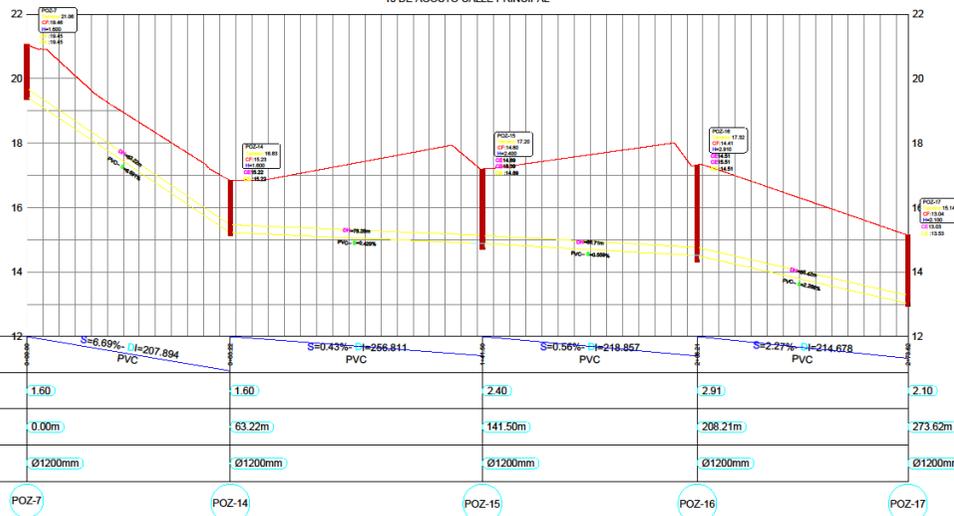
Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
UBICACIÓN	PROVINCIA:	SANTA ELENA
	CANTÓN:	SANTA ELENA
SECTOR:	COMUNA PROSPERIDAD	
	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA	
DESCRIPCIÓN	SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS	
	DISEÑADO POR:	HOJA LAMINA:
	CIC-UPSE	1 DE 1 1.200

PLANO DE PERFIL DEL COLECTOR B DE LA CALLE SECUNDARIA DEL BARRIO 10 DE AGOSTO



10 DE AGOSTO CALLE PRINCIPAL



TUBERIA	S=6.69% - l=207.894 PVC		S=0.43% - l=256.811 PVC		S=0.56% - l=218.857 PVC		S=2.27% - l=214.678 PVC	
H BUZON	1.60	1.60	2.40	2.91	2.10			
D.ACOMULADA	0.00m	63.22m	141.50m	208.21m	273.62m			
DIAMETRO	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm			

POZ-22
POZ-10
POZ-8
POZ-13
POZ-9
POZ-6
POZ-19
POZ-12
POZ-11
POZ-4
POZ-5
POZ-21
POZ-20
POZ-27
POZ-25
POZ-16
POZ-15
POZ-26
POZ-14
POZ-17



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA
Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN

Ubicación



Nota

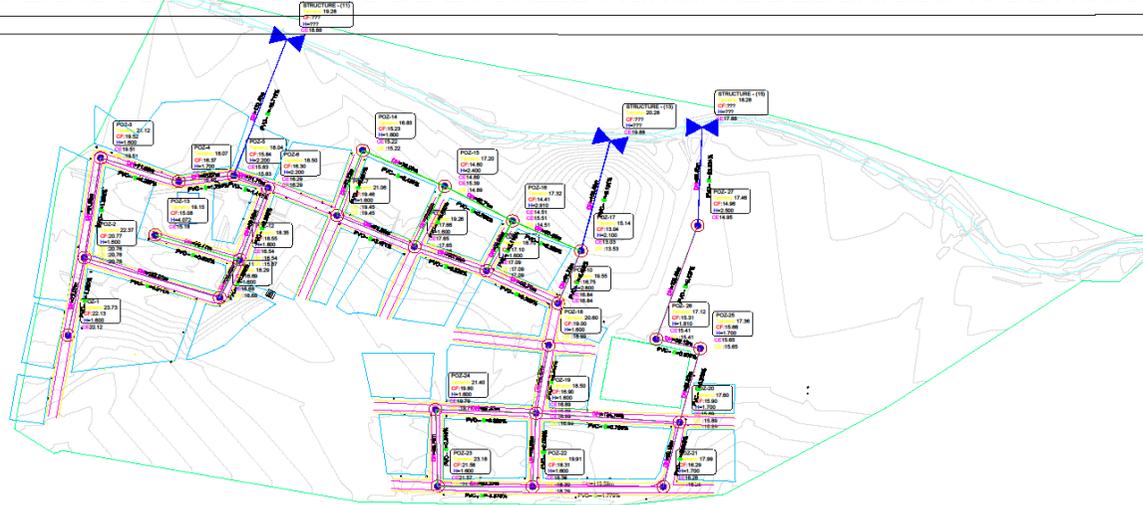
LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL DIBUJO

Especificaciones

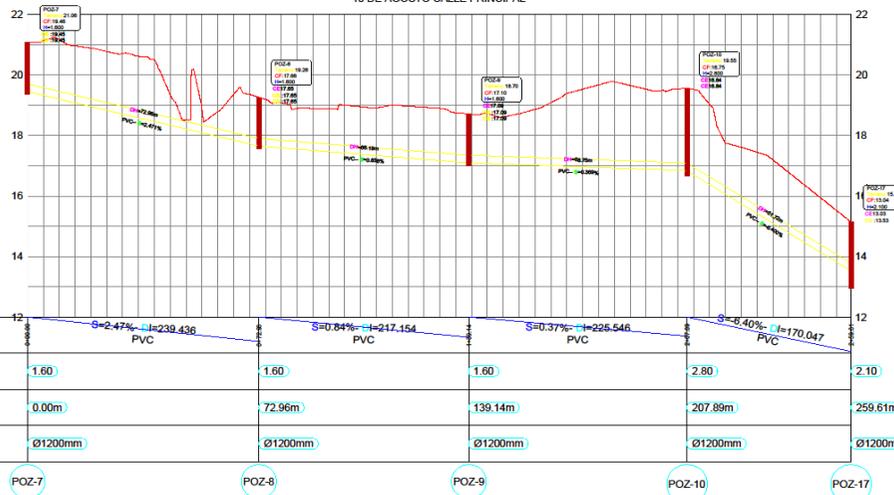
UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN	PROVINCIA:	SANTA ELENA
	CANTÓN:	SANTA ELENA
PROYECTO	SECTOR:	COMUNA PROSPERIDAD
	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA	
DESCRIPCIÓN	SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS	
	DISEÑADO POR:	HOJA LAMINA:
	CIC-UPSE	1 DE 1 1.200

PLANO DE PERFIL DEL COLECTOR B DE LA CALLE PRINCIPAL DEL BARRIO 10 DE AGOSTO



10 DE AGOSTO CALLE PRINCIPAL



TUBERIA	S=2.47% L=239.436 PVC		S=0.84% L=217.154 PVC		S=0.37% L=225.546 PVC		S=-6.40% L=170.047 PVC	
H BUZON	1.60	1.60	1.60	2.80	2.10			
D.ACOMULADA	0.00m	72.96m	139.14m	207.89m	259.61m			
DIAMETRO	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm	Ø1200mm			
	POZ-7	POZ-8	POZ-9	POZ-10	POZ-17			



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA
ELENA
Facultad de Ciencia de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
LIRIANO RICARDO KENNETH RAUL
ZAMBRANO PILLIGUA JONATHAN STEVEN

Ubicación



Nota

LA MEDIDA PREVALECE A LA ESCALA DEL DIBUJO

Especificaciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN
PROVINCIA: SANTA ELENA
CANTÓN: SANTA ELENA
SECTOR: COMUNA PROSPERIDAD

PROYECTO
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA PLUVIAL PARA LA COMUNA PROSPERIDAD DEL CANTÓN SANTA ELENA

DESCRIPCIÓN
SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS
DISEÑADO POR: HOJA LAMINA:
CIC-UPSE 1 DE 1 1.200