



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

TEMA:

**“ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE PLUVIAL
EXISTENTE EN LA COMUNA SAN MARCOS, PROVINCIA DE
SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORAS:

**RODRÍGUEZ SUÁREZ ANNIE JULIETTE
TOMALÁ MARÍN MICHELLE ESTEFANIA**

TUTOR:

Ing. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI Mg.

La Libertad - Ecuador

2025



UPSE

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

TEMA:

“ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE PLUVIAL
EXISTENTE EN LA COMUNA SAN MARCOS, PROVINCIA DE
SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

RODRIGUEZ SUAREZ ANNIE JULIETTE
TOMALA MARIN MICHELLE ESTEFANIA

TUTOR:

Ing. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI Mg..

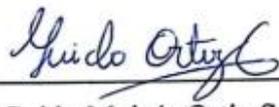
La Libertad - Ecuador

2025

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar
PhD.
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg.
DOCENTE TUTOR



Ing. Jonny Villao Borber, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Richard Ramírez Palma Mg.
DOCENTE UIC

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación a mi familia, por ser un pilar fundamental en la culminación de esta etapa académica, brindándome siempre su apoyo incondicional y su paciencia. Y también a Dios, por concederme salud, fortaleza y vida hasta el día en que escribo estas palabras.

RODRÍGUEZ SUÁREZ ANNIE JULIETTE

Quiero dedicar a Dios, gracias por brindarme salud y sabiduría en cada fase académica, mi padre José que siempre me ha brindado su apoyo, mi madre Yadira quien ha sido mi refugio y ha estado conmigo en los momentos más memorables de mi vida, mis hermanas por estar conmigo en cada proceso y mi sobrino que son las personas que amo y me demuestran su apoyo día a día.

TOMALÁ MARÍN MICHELLE ESTEFANIA

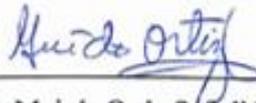
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

La Libertad, 03 de junio 2025

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE EN LA COMUNA SAN MARCOS PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, elaborado por **TOMALÁ MARÍN MICHELLE ESTEFANIA** y **RODRÍGUEZ SUÁREZ ANNIE JULIETTE**, con **C.I 2450106774** y **C.I 0928078690** estudiantes egresadas 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 exigidos de valoración, la presente Tesis, se encuentra con un **3%** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto, reporte de similitud.

Atentamente:



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg.

C.I. 0904149481

DOCENTE TUTOR

REPORTE DE SIMILITUD



CERTIFICADO de ANÁLISIS
magnet

REVISIÓN FINAL TOMALÁ-RODRIGUEZ

3% Textos sospechosos

3% Similitudes
De similitudes entre confiles
De entre las fuentes más demandadas

< 1% Idiomas no reconocidos

< 1% Textos posiblemente generados por IA

Nombre del documento: REVISIÓN FINAL TOMALÁ-RODRIGUEZ.pdf
ID del documento: 27a5b5559f2558512122e4e8b6e9f190
Tamaño del documento original: 265,03 kb

Depositante: GUIDO MOSES ORTIZARANI
Fecha de depósito: 26/2/2025
Tipo de carga: Inicial
Fecha de fin de análisis: 26/2/2025

Número de palabras: 12.798
Número de caracteres: 78.241

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripción	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.dfo.org.mx Mapa integrado de cuencas hidrográficas de río Guila... 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 palabras)
2	ru.net.upr.es 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 palabras)
3	editions.unu.edu 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 palabras)
4	Informe_finura.pdf Informe_finura.pdf - Word 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 palabras)
5	ingenieria94.tutorialesia.com Determinación de Caudal Máximo con e... 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripción	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	es.slideshare.net Cálculo del caudal de una cuenca PPT 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 palabras)
2	dialnet.unirioja.es Metodología para la evaluación de un sistema urbano de dr... 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 palabras)
3	repositorio.upv.es 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 palabras)
4	dipare.upv.edu 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 palabras)
5	Documento de otro usuario - Word 1 fuente similar	< 1%		19 palabras idénticas < 1% (0,7 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	CAPÍTULO 1Y 2- TERMINADO.docx CAPÍTULO 1 Y2 - TERMINADO.docx - Word 1 fuente similar	30%		19 palabras idénticas 30% (10,7 palabras)
2	CAPÍTULO 1Y 2- TERMINADO (2).docx CAPÍTULO 1 Y2 - TERMINADO (2)... - Word 1 fuente similar	30%		19 palabras idénticas 30% (10,7 palabras)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, **RODRÍGUEZ SUÁREZ ANNIE JULIETTE** y **TOMALÁ MARÍN MICHELLE ESTEFANIA** declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE EN LA COMUNA SAN MARCOS PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**, Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente a 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,



RODRÍGUEZ SUÁREZ ANNIE

C.I. 0928078690

AUTORA DE TESIS



TOMALÁ MARÍN MICHELLE

C.I. 2450106774

AUTORA DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

La Libertad, 03 de junio del 202

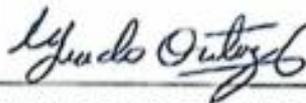
Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo "ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE EN LA COMUNA SAN MARCOS PROVINCIA DE SANTA ELENA", previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, elaborado por las Srtas. TOMALÁ MARÍN MICHELLE ESTEFANIA y RODRÍGUEZ SUÁREZ ANNIE JULIETTE, 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 la presente Tesis de Grado, la apruebo en todas sus partes.

TUTOR



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg.

DOCENTE 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 **"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE EN LA COMUNA SAN MARCOS PROVINCIA DE SANTA ELENA"**, de las estudiantes: **RODRÍGUEZ SUÁREZ ANNIE JULIETTE** y **TOMALÁ MARÍN MICHELLE ESTEFANIA**.

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 las interesadas hacer uso del presente como estimen conveniente.

Santa Elena, 03 de Junio del 2025



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.

CI. 0915036529

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

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que confiaron en mí desde el inicio de esta travesía académica. En primer lugar, a mis padres, Claudio y Rosa, por su constante apoyo, comprensión y paciencia.

A mis hermanas y hermano por estar siempre presentes. A mi hijo, motivo principal de superación personal y profesional, cuya existencia me impulsa a ser mejor cada día. A mis familiares cercanos y amistades, quienes han sido testigos del esfuerzo y dedicación que esta meta ha requerido. A mi amiga y compañera de tesis Michelle, por su compromiso, apoyo y trabajo en equipo, que fueron primordiales para culminar esta investigación.

De igual manera, extiendo mi reconocimiento a los docentes y profesionales que formaron parte del desarrollo de este trabajo de titulación, en especial a mi tutor, Ing. Guido Ortiz, así como al Ing. Richard Ramírez, Ing. Jorge L. Reyes y al Ing. Néstor Orrala, por su valiosa orientación y acompañamiento durante esta etapa.

Finalmente, expreso mi gratitud a todas las personas que, de una u otra manera, formaron parte de este proceso desde el primer día: tanto a quienes aún permanecen a mi lado como a quienes, aunque ya no estén presentes, contribuyeron significativamente a la obtención de este logro.

RODRÍGUEZ SUÁREZ ANNIE JULIETTE

AGRADECIMIENTOS

Mi primer agradecimiento es para Dios quien me ha guiado a lo largo de la carrera y me permite estar siempre acompañada de mi Familia en cada trayecto de mi vida. A mi padre José Tomalá que siempre ha estado conmigo en cada decisión que he tomado, apoyándome desde el inicio de mi carrera universitaria, quien ha sido mi ejemplo de superación y perseverancia.

A mi madre Yadira Marín, siempre predispuesta a levantarme, sin su apoyo moral no estaría en donde estoy, gracias por cada consejo para seguir en la lucha de mis sueños por siempre estar para mí y brindarme su apoyo incondicional.

Mis hermanas, gracias por creer en mí, por ayudarme cada vez que las he necesitado y motivarme a ser cada día mejor, mi sobrino por ser siempre mi motivación. Sin ellos no habría sido posible culminar este proceso, ya que han sido mi mayor motivación siendo parte importante y fundamental para alcanzar este sueño, sin duda este logro también es de ustedes.

Por último, quiero extender mi agradecimiento al Ing. Jorge Reyes que desde un inicio siempre estuvo predispuesto en ayudarnos ante cualquier duda o inquietud, a mi tutor de tesis el Ing. Guido Ortiz Safadi Mg. por la paciencia y sus conocimientos brindados para llevar a cabo la tesis, el Ing. Nestor Orrala, Ing. Richard Ramírez, Ing. Claudio por la ayuda brindada, a mi amiga/compañera de tesis Annie por el apoyo y nunca rendirnos que pesar de las adversidades se logró finalizar la tesis, a los docentes por sus conocimientos impartidos en el aula de clases, también mencionar a mis amigos y compañeros que llegue a conocer en la Universidad por cada risa y momentos compartidos.

TOMALÁ MARÍN MICELLE ESTEFANIA

CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	viii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	ix
AGRADECIMIENTOS	xi
LISTA DE FIGURA	xix
LISTA DE TABLA	xxi
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2. ANTECEDENTES	5
1.3. HIPÓTESIS	7
1.3.1. Hipótesis General.....	7
1.3.2. Hipótesis específicas.....	8
1.4. OBJETIVOS.....	8
1.4.1. Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
1.5. ALCANCE	9
1.6. VARIABLES.....	9
1.6.1. Variables independientes.....	9
1.6.2. Variables Dependientes.....	10

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. HIDRÁULICA	11
2.1.1. Drenaje pluvial.....	11
2.1.2. Análisis Hidráulico.....	11
2.1.3. Canal hidráulico	11
2.1.4. Canales revestidos y no revestidos.....	12
2.1.5. Flujo en canales abiertos	12
2.1.6. Elementos de un canal.....	12
2.1.7. Tipos de canales	13
2.1.8. Consideraciones para el diseño de canales.....	15
2.1.9. Caudal de diseño	15
2.1.10. Velocidades máximas y mínimas en canales.....	16
2.1.11. Pendiente admisible en canales (S)	16
2.1.12. Taludes	16
2.1.13. Coeficiente de rugosidad (n)	16
2.1.14. Ancho de solera (b)	17
2.1.15. Tirante (y).....	17
2.1.16. Área hidráulica (A).....	17
2.1.17. Borde libre (B.L)	17
2.1.18. Profundidad total (H).....	17
2.1.19. Ancho de corona (C)	17
2.1.20. Transiciones en canales	18
2.1.21. Tipos de transiciones en canales.....	18
2.1.22. Alcantarillas.....	19
2.1.23. Sistema de alcantarillado pluvial.....	21

2.1.24.	Elementos de una alcantarilla.....	21
2.1.25.	Consideraciones para el diseño de alcantarillas.....	22
2.1.26.	Coefficiente de Manning (n).....	22
2.1.27.	Tiempo de concentración.....	24
2.1.28.	Caudal de diseño.....	24
2.1.29.	Diseño de entradas y salidas de alcantarillas.....	24
2.1.30.	Aliviadero.....	26
2.1.31.	Tipos de aliviaderos.....	27
2.1.32.	Partes de un aliviadero.....	28
2.1.33.	Elementos para el diseño de un aliviadero.....	32
2.1.34.	Caudal evacuado sobre un aliviadero.....	33
2.2.	Hidrología.....	34
2.2.1.	Cuenca hidrográfica.....	34
2.2.2.	Albarrada.....	35
2.2.3.	Coronación en presas de tierra.....	36
2.2.4.	Precipitaciones.....	36
2.2.5.	Inundaciones.....	37
2.2.6.	Escorrentía Superficial.....	37
2.2.7.	Coefficiente de escorrentía.....	38
2.2.8.	Cobertura vegetal.....	39
2.2.9.	Permeabilidad del suelo.....	39
2.2.10.	Periodo de retorno.....	39
2.2.11.	Intensidad de lluvia.....	40
2.2.12.	Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia.....	40
2.2.13.	Método racional.....	41

2.3.	Consideraciones para el prediseño	42
2.3.1.	Herramientas de simulación.....	42
2.3.2.	Modelos hidráulicos.....	42
2.3.3.	Sistemas de información geográfica.....	42
2.3.4.	Software Google Earth.....	43
2.3.5.	Software AutoCAD civil 3D.....	43
2.3.6.	Software Arc-Gis.....	43
2.3.7.	Software AutoCAD.....	44
2.3.8.	HCanales	44
CAPITULO III: METODOLOGÍA		45
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.1.1.	Tipo.....	45
3.1.2.	Nivel.....	45
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.2.1.	Método.....	46
3.2.2.	Enfoque.....	46
3.2.3.	Diseño.....	46
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	47
3.3.1.	Población.....	47
3.3.2.	Muestra.....	47
3.3.3.	Muestreo.....	47
3.4.	UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO	47
3.4.1.	ALIVIADERO EXISTENTE.....	49
3.5.	METODOLOGÍA DEL O.E.1.: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE SISTEMA GNSS RTK (100 ha)	52
3.5.1.	Levantamiento topográfico.....	52

3.5.2.	Topografía de la albarrada y aliviadero de la comuna San Marcos	53
3.6.	METODOLOGÍA DEL O.E.2.: DELIMITACIÓN DE LAS SUBCUENCAS APORTANTES A LA ALBARRADA SAN MARCOS MEDIANTE EL SOFTWARE ARCGIS.	53
3.6.1.	Cuencas hidrográficas.	53
3.7.	METODOLOGÍA DE O.E.3.: CÁLCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA PARA DETERMINAR LOS CAUDALES TRIBUTADOS POR LAS SUBCUENCAS APORTANTES.....	56
3.7.1.	Precipitaciones Medias Mensuales.	56
3.7.2.	Precipitaciones diarias máximas.	57
3.7.3.	Precipitaciones máximas horarias.	60
3.7.4.	Formula de intensidad de lluvia.	62
3.7.5.	Coefficiente de escorrentia (C).....	63
3.7.6.	Cobertura vegetal.	63
3.7.7.	Permeabilidad.....	65
3.7.8.	Pendiente media (s).	66
3.7.9.	Coefficiente C.....	66
3.7.10.	Caudal máximo de escorrentía	67
3.7.11.	Tiempo de concentración (<i>tc</i>).....	67
3.7.12.	Caudal tributado por subcuencas.....	68
3.8.	METODOLOGIA DEL O.E.4: PREDISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE HIDRÁULICO PARA EL ALIVIADERO.	68
3.8.1.	Caudal vertido por el aliviadero.....	68
3.8.2.	Sistema de drenaje.....	69
3.8.3.	Diseño de canales.....	69
3.8.4.	Caudal conducido por canales.....	69

3.8.5.	Transición de canal trapezoidal-trapezoidal con entrada alabeada.	70
3.8.6.	Diseño de alcantarilla.....	71
3.8.7.	Caudal de diseño para alcantarilla ducto cajón.....	71
3.9.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	75
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		77
4.1.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.1 INFORMACIÓN TOPOGRAFICA DE 100 Ha QUE INCLUYE ALBARRADA Y ALIVIADERO DE LA COMUNA SAN MARCOS	77
4.1.1.	Datos del levantamiento topográfico	77
4.1.2.	Cotas máximas de la albarrada y el aliviadero.....	77
4.2.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.2.: DATOS HIDROLOGICOS DE LAS SUBCUENCAS APORTANTES A LA ALBARRADA DE LA COMUNA SAN MARCOS.....	78
4.2.1.	Datos de las subcuencas hidrológicas.	78
4.2.2.	Datos de los cauces principales de las subcuencas hidrológicas.....	79
4.3.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.3 DETERMINACIÓN DE ECUACIÓN DE INTENSIDAD Y CAUDALES TRIBUTADOS POR LAS SUBCUENCAS APORTANTES A LA ALBARRADA DE LA COMUNA SAN MARCOS.....	80
4.3.1.	Intensidad de lluvia de dos estaciones hidrometeorológicas.....	80
4.3.2.	Caudales tributados por las subcuencas hidrográficas.	81
4.4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.4. PREDISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA EL ALIVIADERO	82
4.4.1.	Caudal evacuado por el aliviadero.	83
4.4.2.	Diseño de canales.....	84
4.4.3.	Transición de canal trapezoidal-trapezoidal de forma alabeada.	87

4.4.4. Diseño de alcantarilla tipo ducto cajón.....	87
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
5.1. CONCLUSIONES.....	89
5.2. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFIA.....	92
ANEXOS.....	103
Apartado A	103
Apartado B.....	106
Apartado C.....	108

LISTA DE FIGURA

Figura 1 Elementos de un canal	13
Figura 2 Secciones transversales abiertas	14
Figura 3 Secciones transversales cerradas	15
Figura 4 Transición bi.....	18
Figura 5 Transiciones regladas	19
Figura 6 Longitud en transición alabeada de sección trapezoidal a rectangular..	19
Figura 7 Tipos comunes de alcantarillas y materiales	20
Figura 8 Elementos de una alcantarilla	21
Figura 9 Tipos de control de entrada	25
Figura 10 Tipos de control de la salida	25
Figura 11 Cabezal y muros de ala para alcantarilla circular	26
Figura 12 Aliviadero de tipo frontal	27
Figura 13 Aliviadero de tipo lateral.	27
Figura 14 Aliviadero curvo en planta	28
Figura 15 Vista en planta de las partes generales de un aliviadero.....	28
Figura 16 Forma de Vertederos	29
Figura 17 Aliviadero en rampa con dientes	31
Figura 18 Disipación de energía hidráulica	31
Figura 19 Altura de carga H y altura de paramento P en vertederos.	32
Figura 20 Partes de una cuenca hidrográfica.	34
Figura 21 Partes de una Albarrada “Las coronas” de la provincia de Manabí	36
Figura 22 Ciclo hidrológico del agua.....	38
Figura 23 Curva de intensidad-duración-frecuencia.	41
Figura 24 Ubicación de la albarrada San Marcos. Latitud:541344.76 m E y Longitud: 9778162.45 m S.....	48
Figura 25 Ubicación de la Comuna San Marcos. Latitud: 540453.15m E y Longitud: 9777503.82m S.....	49
Figura 26 Aliviadero de la albarrada “San Marcos”	50
Figura 27 Vista en planta del aliviadero “San Marcos”	50

Figura 28 Vista lateral del aliviadero “San Marcos”	51
Figura 29 Levantamiento topográfico de la comuna San Marcos.	52
Figura 30 Modelo de Elevación Digital de la provincia de Santa Elena.	53
Figura 31 Modelo de elevación digital comuna San Marcos.....	54
Figura 32 Cuencas hidrográficas aportantes a la albarra7a San Marcos.....	55
Figura 33 Curva IDF estación COLONCHE (M780).....	58
Figura 34 Formaciones vegetales con relación a la cobertura vegetal del cantón Santa Elena.....	65
Figura 35 Permeabilidad de rocas y sedimentos de la provincia de Santa Elena.	66
Figura 36 Ventana para el cálculo para una transición de entrada alabeada.....	72
Figura 37 Fórmulas para las secciones mojadas de diferentes tipos de canales. .	72
Figura 38 Sección de alcantarilla rectangular	73
Figura 39 Modelo de entrada y salida de alcantarillas circulares y/o rectangulares	73
Figura 40 Puntos alrededor de la corono de la albarrada.....	78
Figura 41 Diseño de canal trapezoidal del primer tramo (abscisa 0+17.58).....	85
Figura 42 Diseño de canal trapezoidal del primer tramo (Abscisa 0+33.58)	86
Figura 43 Diseño de canal trapezoidal del tercer tramo (Abscisa 0+240)	86
Figura 44 Cálculos para la transición de entrada alabeada en el primer tramo ..	87

LISTA DE TABLA

Tabla 1 Velocidades máximas y mínimas para canales revestidos y canales no revestidos.....	16
Tabla 2 Coeficiente de rugosidad de Manning “n”	23
Tabla 3 Clasificación de las cuencas hidrográficas según su tamaño	35
Tabla 4 Datos de precipitaciones medias mensuales	56
Tabla 5 Datos de precipitación máxima en 24hr (mm).....	57
Tabla 6 Coeficientes de Gumbel	59
Tabla 7 Precipitaciones diarias máxima probables	60
Tabla 8 Coeficientes para la conversión de lluvias diarias a lluvias horarias	60
Tabla 9 Precipitaciones máximas horarias.	61
Tabla 10 Intensidad de la lluvia en horas para cada periodo de retorno.	61
Tabla 11 Ecuaciones de intensidad de lluvia	63
Tabla 12 Coeficientes de escorrentía C.....	64
Tabla 13 Coeficientes de escorrentía de las áreas de drenaje según la cobertura vegetal, permeabilidad del suelo y pendiente media de los cauces.....	67
Tabla 14 Dimensiones del cabezal de la alcantarilla según el diámetro de la tubería seleccionada.	74
Tabla 15 Operacionalización de variables independientes	75
Tabla 16 Operacionalización de variables dependientes.....	76
Tabla 17 Datos del levantamiento topográfico de la zona de estudio	78
Tabla 18 Áreas de drenaje de la zona de estudio	79
Tabla 19 Datos de los cauces principales de las áreas de drenaje.....	79
Tabla 20 Intensidades de lluvia para estación Barcelona (M782)	80
Tabla 21 Intensidades de lluvia para estación Julcuy (M169)	81
Tabla 22 Datos de los cauces tributados por las cuencas hidrográficas calculadas para un = 50 años	82
Tabla 23 Caudal de diseño para el que fue construido el aliviadero existente.....	83
Tabla 24 Diseño de los canales trapezoidales del primer y tercer tramo	84
Tabla 25 Caudal de diseño para alcantarillas tipo ducto cajón	88

“ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE EN LA COMUNA SAN MARCOS PROVINCIA DE SANTA ELENA”

Autores: Rodríguez Suárez Annie

Tomalá Marín Michelle

Tutor: Magister, Ortiz Safadi Guido

RESUMEN

En la presente investigación con enfoque cuantitativo se realizó el análisis y diagnóstico del sistema de drenaje pluvial de la comuna San Marcos de la parroquia Colonche ubicada en la provincia de Santa Elena. El objetivo principal fue optimizar la conducción del agua pluvial expulsada por el aliviadero existente proveniente de la albarrada San Marcos, para evitar inundaciones en áreas adyacentes. Se inició con el levantamiento topográfico del área de estudio con el sistema GNSS RTK y para la delimitación de subcuencas hidrológicas se aplicó el uso del software ArcGis. El caudal máximo esperado para la albarrada se calculó empleando intensidades de lluvia de la estación Julcuy por su cercanía a la subcuenca de interés.

De acuerdo con los resultados, para retomar el correcto funcionamiento del aliviadero y evacuar el agua excedente de la albarrada se necesita un diseño de drenaje hidráulico conformado por canales trapezoidales y un ducto cajón que soporten caudales máximos y mantenga velocidades permitidas, para dar una solución eficiente para el bienestar de los habitantes de la comunidad. Se recomienda realizar una evaluación e inspección al aliviadero existente para un rediseño que incluya la colocación de estructuras disipadores de energía. Toda la información expuesta está enlazada directamente con la hidráulica por lo que proporciona un aporte significativo a la ingeniería civil.

Palabras clave: Sistema de drenaje, aliviadero, albarrada, precipitación, caudal.

“ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE EN LA COMUNA SAN MARCOS PROVINCIA DE SANTA ELENA”

Autoras: Rodríguez Suárez Annie

Tomalá Marín Michelle

Tutor: Magister, Ortiz Safadi Guido

ABSTRACT

In this research with a quantitative approach, the analysis and diagnosis of the storm drainage system of the San Marcos commune of the Colonche parish located in the province of Santa Elena was carried out. The main objective was to optimize the conduction of the rainwater expelled by the existing spillway coming from the San Marcos flood barrier, in order to avoid flooding in adjacent areas. A topographic survey of the study area was started with the GNSS RTK system and ArcGis software was used to delimit the hydrological sub-basins. The maximum expected flow for the albarrada was calculated using rainfall intensities from the Julcuy station due to its proximity to the sub-basin of interest.

According to the results, in order to resume the correct functioning of the spillway and evacuate the excess water from the albarrada, a hydraulic drainage design is needed, consisting of two trapezoidal channels and a box duct that supports maximum flows and maintains permitted velocities, in order to provide an efficient solution for the well-being of the community's inhabitants. An evaluation and inspection of the existing spillway is recommended for a redesign that includes the placement of energy dissipating structures. All the information presented is directly linked to hydraulics, thus providing a significant contribution to civil engineering.

Keywords: Drainage system, spillway, albarrada, precipitation, flow rate

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El drenaje pluvial es un conjunto de redes hidráulicas de suma importancia, debido a que mantienen el correcto encauzamiento y distribución de aguas lluvias que fluyen por espacios ocupados por centros poblados e infraestructuras. La función principal de este sistema es prevenir los problemas de inundaciones que alteran la calidad de vida de los habitantes de un ecosistema urbano.

La urbanización, un fenómeno creciente en países de desarrollo, puede señalar el crecimiento económico, pero también exacerba problemas como servicios urbanos inadecuados y deterioro ambiental (Chakrabarty, 2001). Este rápido desarrollo urbano afecta a las ciudades al aumentar las superficies impermeables, alterando la filtración natural del suelo y elevando la escorrentía superficial, lo que desafía las redes de drenaje existentes (Silva Rodríguez de San Miguel, 2019)

Actualmente la importancia del diseño y construcción de sistemas de drenaje radica en que se consideren los cambios económicos, sociales, climáticos y ambientales a los que estamos expuestos en la actualidad. Con relación a lo antes mencionado, el cambio climático afecta a la meteorología y el clima, modificando el balance de radiación de la Tierra y en consecuencia, afectando a variables meteorológicas como la temperatura y la precipitación, a patrones climáticos como El Niño (Solé, 2016). Se entiende por zonas vulnerables a aquellas que pueden experimentar algún daño como consecuencia directa o indirecta del cambio climático por estar sujetas a algún riesgo, entendiendo por riesgo a las pérdidas totales esperadas. (Cendrero Uceda et al., 2005).

El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena (2020) declaró en emergencia por los daños sufridos en la etapa invernal a San Marcos, una comunidad ubicada en el norte de la provincia de Santa Elena, en la parroquia Colonche, la cual quedó anegada por las fuertes lluvias presentadas en ese año. El periódico “LA NACIÓN” en su página web contiene un artículo del mismo año denominado “Desborde de represa causa inundaciones en zona de península” donde

indica que el motivo de inundación en este sector fue el desborde de la represa de esa localidad después de una lluvia de 4 horas. De la misma forma, la Secretaría de Gestión de Riesgos (2023) en su infografía nacional de afectaciones por eventos peligrosos por lluvias, expuso a Santa Elena como uno de los cantones más afectados, refiriéndose a la comuna San Marcos por el colapso de su represa (albarrada), donde fue afectada la infraestructura de 12 viviendas y 2 unidades educativas, lo que provocó la evacuación de 15 personas, además el COE Provincial de Santa Elena (Comité de Operaciones de Emergencias) declaró en emergencia a la parroquia Colonche y a otras parroquias cercanas.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación muestra como zona vulnerable a la comuna San Marcos, por efecto de inundaciones pluviales. Como se mencionó, el sitio cuenta con un historial de inundaciones en las épocas lluviosas, y al mismo tiempo se ve afectado por el deterioro del sistema de drenaje pluvial conformado por el aliviadero existente en la albarrada. Durante el proceso, se incluirá el uso de Sistemas de Información Geográfica como instrumento informático, se recalca que uno de los aspectos más importantes de los SIG es la capacidad de transformar espacios reales en capas de información, que permite el análisis de las diferentes características que conforman el territorio (Boix & Olivella, 2007)

Según (Godoy Uribe, 2023) los entornos urbanos son complejos y requieren enfoques multidisciplinario para que se puedan comprender de manera más fácil y eficaz. Un buen sistema de drenaje aporta con los requerimientos que definen a la resiliencia urbana o también conocida como una respuesta a la necesidad de mejorar la preparación ante desastres naturales (ONU-HABITAT, 2016)

Según lo señalado previamente, el objetivo de esta investigación es buscar una solución al problema de inundación pluvial en la comuna San Marcos, la cual se desarrollará mediante la redacción de cinco capítulos descritos a continuación. En el capítulo I se delimita el área de estudio, se analizan los antecedentes encontrados en investigaciones similares, y se formularán distintas hipótesis. Adicionalmente, se determina el objetivo general y los objetivos específicos; y a la vez se incluyen

las variables de investigación. En el capítulo II, se exploran y detallan las bases teóricas que están directamente relacionadas con las líneas de investigación: Sanitaria e Hidráulica. En los capítulos III y IV, se muestra la metodología aplicada y los resultados, dando paso a la discusión, y finalmente el capítulo V denota las conclusiones y recomendaciones para que el sistema de drenaje pluvial diseñado y el aliviadero existente en la Comuna San Marcos funcionen de forma conjunta.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El incremento de la frecuencia de fenómenos meteorológicos de forma extrema es a lo que se le conoce como cambio climático (Zhong et al., 2014) y la urbanización expandida por el aumento demográfico agrava los problemas de drenaje (Martínez Gomariz et al., 2017). Por esta razón todas las ciudades tienen que adaptarse y enfrentar cambios o perturbaciones de grandes magnitudes (Prasad et al., 2008). Ecuador es un país que puede sufrir distintos desastres naturales como inundaciones recurrentes que afectan a las regiones que lo conforman (Bucherie et al., 2022; Gómez, 2007). Una de las zonas más vulnerables son las comunidades rurales, en particular, sufren por los riesgos geológicos y ecológicos (Sarmiento Ortiz, 2023).

En todos los países del mundo el problema que no pierde vigencia es el de inventario de los recursos hídricos. Los periodos de escasez son los que plantean los inconvenientes en el abastecimiento, añadiendo otros tipos de problemas como la salinización de los suelos, pérdidas de producciones, etcétera. En épocas más húmedas el incremento de los caudales y los excesos en la disponibilidad hídrica, se traducen en desbordes del cauce con la consiguiente generación de inundaciones anegamientos y procesos de erosión hídrica entre otros (Ferrer Alessi & Torrero, 2015).

Los métodos convencionales para la gestión del agua urbana, aunque ampliamente aplicados, no siempre son sostenibles y presentan desafíos ambientales (Mao et al., 2024; Mena-Benavides et al., 2021). Las soluciones basadas en ecosistemas emergen como enfoques económicos y multifuncionales para adaptarse al cambio climático (R. Zhang et al., 2022). La gestión sostenible de aguas pluviales se

posiciona como una tendencia necesaria para el urbanismo, convirtiendo las descargas de agua pluvial en recursos adicionales (Chuang et al., 2023; H. Zhang et al., 2024)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) impulsan la construcción de infraestructura resilientes en las ciudades (ONU, 2018), y las evaluaciones de la resiliencia urbana ante inundaciones son cruciales para proteger vidas y bienes, mejorando la capacidad de recuperación (Cendrero Uceda et al., 2021). Esta investigación se alinea con el ODS 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, promoviendo acceso a viviendas, servicios básicos y transporte adecuado y seguro, especialmente para las personas vulnerables. Fomenta la reducción del impacto ambiental, la creación de zonas verdes, y el urbanismo sostenible. Según (Naciones Unidas, 2018) el crecimiento de barrios marginales refleja la crisis de vivienda, subrayando la necesidad de ofrecer diversas opciones habitacionales, transporte público equitativo y servicios básicos para las necesidades de los residentes urbanos.

La comuna San Marcos perteneciente a la parroquia Colonche ubicada en la provincia de Santa Elena enfrenta inundaciones recurrentes por la falta de un sistema de drenaje eficiente, el aliviadero existente de la albarrada no evacúa correctamente el agua excedente lo que genera afectaciones a las viviendas e infraestructuras. Esta investigación contribuye a la resiliencia comunitaria frente a inundaciones, promoviendo un desarrollo sostenible en la región, y fomentando un crecimiento urbano más ordenado y resiliente, adaptando la infraestructura urbana para cumplir con los servicios básicos, enfrentar el cambio climático y mejorar la gestión de riesgos en el Cantón Santa Elena.

A continuación, se formula la pregunta general al problema de investigación y a la vez cuatro preguntas específicas:

PG. ¿Qué factores topográficos e hidrológicos deben considerarse para proponer un diseño de drenaje de aguas pluviales que incluya al aliviadero existente y mejore la conducción de agua excedente de la albarrada San Marcos?

PE.1. ¿Cuáles son las características topográficas de la zona de estudio a la que pertenece la albarrada San Marcos y el aliviadero?

P.E.2: ¿Cuántas subcuencas aportan caudal a la albarrada San Marcos y cuáles son sus características hidrológicas?

PE.3. ¿Con que ecuación de intensidad de lluvia se deben calcular los caudales generados en las subcuencas hidrológicas dentro del área de estudio?

PE.4. ¿Qué diseño hidráulico de drenaje trabajará en conjunto con el aliviadero existente para permitir la conducción y descarga óptima de las aguas provenientes de la albarrada San Marcos?

1.2. ANTECEDENTES

En el ámbito internacional, los autores (Cabrera Delgadillo et al., 2019), llevaron a cabo un estudio titulado “Evaluación de Deterioro de los Sistemas de Drenaje Sanitario y Pluvial”, en este artículo se muestra la evaluación del deterioro de tuberías de drenaje dentro de un programa de acciones de mantenimiento que se encuentra dividido en cuatro etapas: inspección, limpieza, diagnóstico y renovación, con el objetivo de mitigar o poner en retardo ciertas anomalías que influyan física y operacionalmente a los sistemas de drenaje pluvial. Se describen las anomalías y su orden de atención recomendado: inmediato (destrucción de tubería), alto (infiltración y exfiltración del flujo, como dislocaciones o desacoplamientos), medio (que no posee infiltración ni exfiltración del flujo) y bajo (sin anomalías con flujo a superficie libre), que se agravan por el bajo o nulo mantenimiento potenciado por el paso del tiempo. El diagnóstico incluye labores de inspección dentro del ducto con técnicas de video, levantamiento topográfico y estudio de aforos. Además, se realiza una valoración del estado general actual, evaluando el estado físico, estado operacional y edad del colector, complementando con estudios sobre desarrollo urbano, hundimiento diferencial del suelo y

encharcamientos. Se consideran valoraciones de apoyo que permitan la selección de materiales que contemplen la zonificación tanto sísmicas como geotécnicas para los colectores. El mantenimiento de un sistema de drenaje pluvial se vuelve de interés público por su incidencia en la naturaleza física y los costos que abarca, la cual debe ser comprendida por su contribución a la salud y bienestar de los habitantes.

En el ámbito internacional los autores (Dolz & Gómez, 1994) realizaron un trabajo de investigación titulado “Problemática del Drenaje de Aguas Pluviales en Zonas Urbanas y del Estudio Hidráulico de las Redes de Colectores”, cuyo análisis abarca la problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas caracterizadas por el rápido y creciente desarrollo urbano, tal como el litoral mediterráneo español. Se explora un proceso urbanizador que no respeta la hidrología de las cuencas naturales preexistentes en el área de drenaje. Se aborda conceptualmente la problemática que presenta una modelación numérica para diferentes procesos en el drenaje urbano, tomando en cuenta el comportamiento hidráulico de colectores.

En el ámbito local, los autores (Montaño Cañola & Espinoza Correa, 2022) realizaron un trabajo de investigación titulado “Metodología para la Evaluación de un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible en Vías de Esmeraldas”. Esta investigación se enmarca en la problemática ocasionada por la urbanización inadecuada y el diseño ineficiente de sistemas de drenaje, que enfrentan grandes zonas urbanizadas, especialmente durante las estaciones invernales. El objetivo del estudio es determinar la viabilidad de implementar un sistema urbano de drenaje sostenible como alternativa para el control y regulación de desbordamiento en vías de la provincia de Esmeraldas, Ecuador. El primer paso fue la evaluación de un sistema urbano de drenaje sostenible por medio de la revisión del marco teórico y referencias de estudios relacionados, seguida de la modelación y respectivo análisis del comportamiento hidráulico de dicho sistema en la zona de estudio. Por último, se propuso una alternativa del manejo de aguas lluvias proyectada en un sistema de drenaje sostenible. Los resultados indican que el sistema de drenaje sostenible

planteado es una alternativa que le da solución al problema y a la vez es factible para la gestión de escorrentías de aguas lluvias en las vías.

En el ámbito local, los autores (Mero Santana & Pico Loor, 2024) realizaron un trabajo de investigación titulado “Evaluación del Sistema de Drenaje Pluvial en la Calle El Oro y Avenida Manta de la Ciudad de Montecristi”, cuyo objetivo fue evaluar la red de alcantarillado pluvial en dicha área, permitiendo analizar el sistema y sus componentes hidráulicos e hidrológicos, obteniendo datos proporcionados por los departamentos correspondientes del GAD Municipal de Cantón Montecristi, y verificar el cumplimiento del sistema pluvial conforme a las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Agua Residuales para Poblaciones Mayores a 1.000 habitantes. El estudio aplicó una metodología descriptiva, tomó como muestra a 450 personas que fueron evaluadas de forma no probabilística, y las técnicas de recolección de datos fueron: observación en campo directo, encuestas y análisis de documentos. Los resultados mostraron que la mayor parte de los habitantes considera que el sistema pluvial se obstruye durante las precipitaciones por sedimentos y basura, lo cual concluye que deben realizarse mantenimientos preventivos antes de las épocas de lluvia para evitar inundaciones, además esto ayudaría a detener en mayor medida la proliferación de bacterias que causan enfermedades.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General.

El análisis de los factores topográficos e hidrológicos de la zona permite proponer un prediseño del sistema de drenaje hidráulico que trabaje en conjunto con el aliviadero existente y que facilite la conducción óptima de las aguas excedentes de la albarrada San Marcos.

1.3.2. Hipótesis específicas.

H.E.1.: Mediante el levantamiento topográfico con el sistema GNSS RTK se obtendrá información de las características del terreno de la zona de la albarrada y del aliviadero existente en la comuna San Marcos.

H.E.2: El procesamiento de un Modelo de Elevación Digital (DEM) en el software Arc-Gis, facilitará la delimitación y cuantificará las subcuencas hidrológicas aportantes a la albarrada San Marcos.

H.E.3: El análisis de los datos pluviales e información hidrológica, permite definir la ecuación de intensidad de lluvia para obtener los caudales de las subcuencas aportantes a la albarrada San Marcos.

H.E.4: La implementación del prediseño de un sistema de drenaje que trabaje en conjunto con el aliviadero existente, permite una conducción óptima de aguas pluviales de la albarrada San Marcos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Prediseñar un sistema de drenaje hidráulico que trabaje en conjunto con el aliviadero existente, mediante el estudio topográfico e hidrológico de la zona con el propósito de mejorar la conducción del agua pluvial expulsada de la albarrada San Marcos y reducir el riesgo de inundaciones.

1.4.2. Objetivos específicos.

O.E.1.: Obtener información de las características del terreno de la comuna San Marcos, la albarrada y el aliviadero existente mediante el levantamiento topográfico de 100 hectáreas con el sistema GNSS RTK.

O.E.2: Procesar un Modelo de Elevación Digital (DEM) mediante el software ArcGis para delimitar las subcuencas aportantes en la comuna San Marcos incluida la albarrada San Marcos.

O.E.3: Analizar los datos y ecuaciones de las estaciones hidrometeorológicas cercanas a la zona de estudio para determinar la intensidad de lluvia y obtener los caudales tributados por las subcuencas aportantes.

O.E.4: Prediseñar un sistema de drenaje hidráulico que opere en conjunto con el aliviadero existente, para mejorar la conducción de agua pluvial excedente de la albarrada San Marcos.

1.5. ALCANCE

La investigación se lleva a cabo en la Comuna San Marcos, que pertenece a la parroquia Colonche en la Provincia de Santa Elena, limita al norte con Bambil Collao, al sur con el Río Javita, al oeste con Colonche y al este con Barbascal. El campo temático estará centrado exclusivamente en inundaciones pluviales debido al desbordamiento de agua excedente de la albarrada y el aliviadero que existe en esta comuna, por lo tanto, no se considerarán otros tipos de desastres naturales. Se ejecutará un levantamiento topográfico durante dos semanas (14 días) con el equipo GNSS RTK (Real Time Kinematic). El análisis se realizará con datos de las estaciones hidrometeorológicas más cercanas a la zona de estudio, y con un periodo de retorno de 50 años. Se presentará una solución que mejore el sistema de drenaje de la albarrada San Marcos conformada por el aliviadero existente. El tiempo de duración del proyecto será de 6 meses y por la limitada disponibilidad de datos históricos y actuales, se tendrán posibles restricciones. Se tomarán en cuenta las opiniones de expertos en el área de hidráulica e hidrología.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables independientes.

- Datos hidrológicos.

- Factores y características geográficas.
- Material del sistema de drenaje.

1.6.2. Variables Dependientes.

- Caudales probables de la zona para diferentes periodos de retorno.
- Prediseño del sistema de drenaje pluvial para la albarrada San Marcos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. HIDRÁULICA

La hidráulica es la ciencia que estudia las leyes que son aprovechadas por la ingeniería para entender y manipular el comportamiento de los fluidos en diversas condiciones. El estudio de la hidráulica para el ingeniero civil se vuelve importante por la información que le proporciona, pues permitirá que solucione problemas sujetos a la proyección de obras de drenaje pluvial (puentes y alcantarillas) y de abastecimiento (Álvarez Álvarez, y otros, 2018)

2.1.1. Drenaje pluvial

El drenaje pluvial es el conjunto de estructuras que se encargan de la recolección, conducción y evacuación de aguas superficiales procedentes de precipitaciones altas que se presenta en áreas urbanas y rurales.

Un sistema de drenaje pluvial debe proteger las estructuras públicas y privadas de la zona, para impedir la proliferación de enfermedades que trasgredan la salud de los seres humanos (Escudero Cueva & Perez Taype, 2019).

2.1.2. Análisis Hidráulico

Existen investigaciones en las que se utiliza el análisis o estudio hidráulico para poder identificar áreas de riesgo de inundación en distintas zonas, los resultados reflejan que para una caracterización precisa de estos fenómenos se requiere integrar el mayor número de datos posibles (Orosco Tacuri et al., 2024).

2.1.3. Canal hidráulico

Según (Villón Bejar, 2007) los canales son conductos en los que el agua circula por gravedad y sin presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera. Cuando se excede la capacidad del canal para conducir el agua, se produce el desbordamiento de los mismos, que dependiendo de su

magnitud puede ocasionar daños como pérdidas materiales y humanas. Sin embargo, la mayoría de las veces, estos perjuicios ocurren porque no se respetan sus llanuras de inundación, o porque se construyen sobre puentes mal proyectados que, desde el punto de vista hidráulico, no permiten que las aguas fluyan libremente (Rincón et al., 2017)

2.1.4. Canales revestidos y no revestidos

Los canales revestidos poseen una cubierta, los materiales con los que se encuentra construido son impermeables (hormigón, arcilla, mampostería o asfalto), por el contrario, los canales no revestidos no disponen de una cubierta en su interior solo de su terreno natural.

El espesor del revestimiento de hormigón varía en un rango de 10 cm a 30 cm y en algunos casos menos desfavorables solo se reviste con mortero de espesor de 8 cm a 10 cm (Barbosa Mackers & Gonzalo Beuzenberg, 2016).

Según (Vargas Zacarias, 2024) la definición de ambos canales es diferente pero su funcionalidad importante, los canales revestidos en condiciones desfavorables o en deterioro pueden experimentar pérdidas de agua por infiltración como lo es con los canales no revestidos.

2.1.5. Flujo en canales abiertos

Son aquellos flujos naturales o no naturales que transportan agua. El flujo en canales abiertos hace referencia al movimiento del agua a través de ellos y se caracterizan porque el flujo está directamente en contacto con el aire.

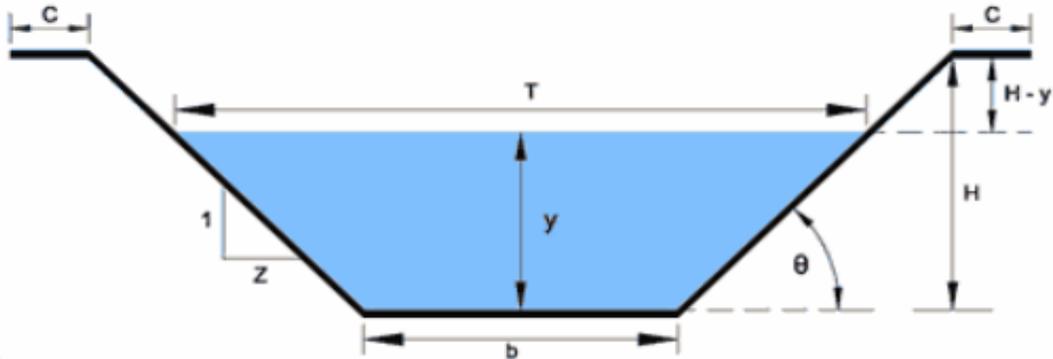
Según (P. Basile, 2019), considerando los cambios que experimenta la profundidad (o la velocidad) de la corriente hídrica en un canal abierto con respecto al tiempo y al espacio, el flujo generalmente en estos canales es descrito como impermanente y no uniforme.

2.1.6. Elementos de un canal

Un canal posee elementos importantes como se detalla en la siguiente ilustración.

Figura 1

Elementos de un canal



Nota. Tomado de Carrasco y Chupillón (2024)

Donde:

Y: Tirante de agua.

b: Ancho de solera.

T: Espejo de agua.

C: Ancho de corona.

H: Profundidad total de un canal.

H-y: Borde libre.

θ : Ángulo de inclinación.

Todos estos elementos son considerados para el diseño del canal, como se considerará más adelante.

2.1.7. Tipos de canales

Entre los tipos de canales según (Tinco Aspilcueta & Vidal Laguna, 2024) existen las secciones abiertas y las secciones cerradas.

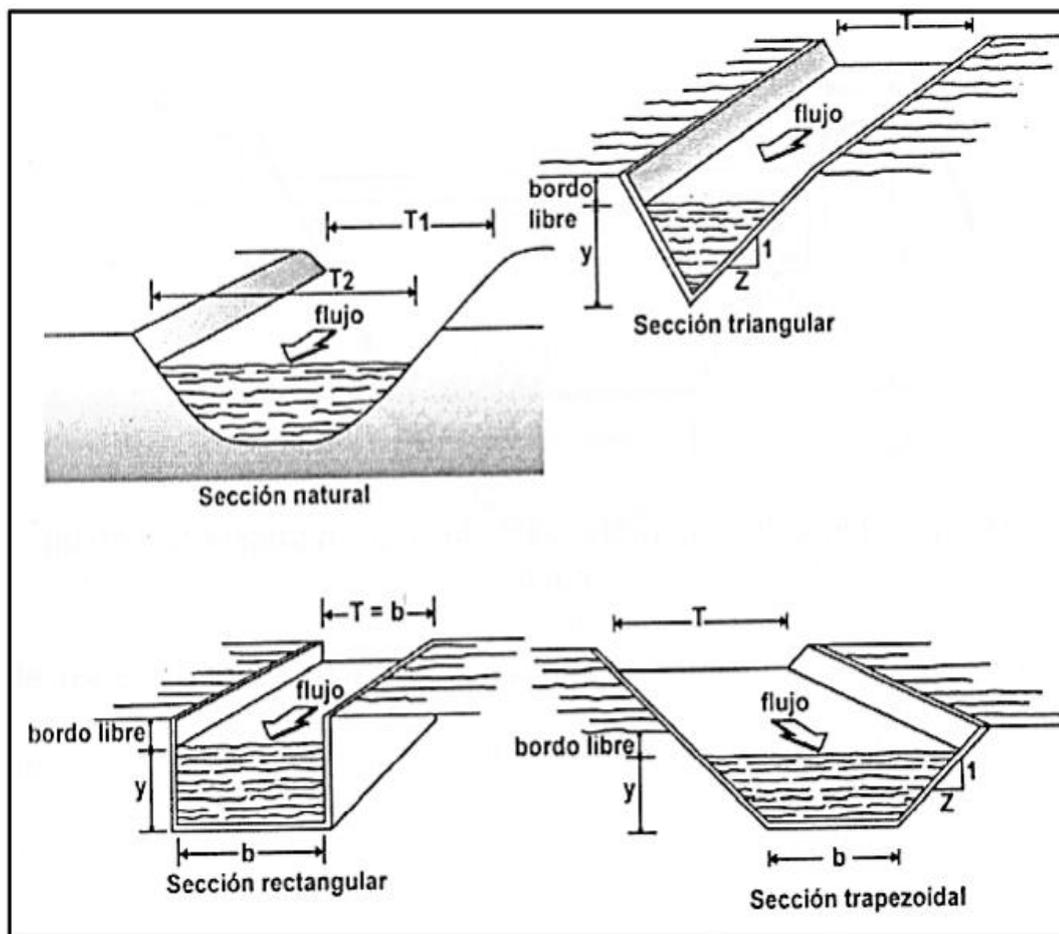
2.1.7.1. Secciones abiertas

- **Sección triangular:** Se utiliza en canales pequeños con sustrato de tierra al igual que en cunetas revestidas por su facilidad de trazo.
- **Sección trapezoidal:** Utilizada en canales revestidos y canales de tierra.

- **Sección rectangular:** Al tener el rectángulo lados verticales, los materiales que se utiliza son estables para acueductos de madera, canales revestidos y canales excavados en roca.
- **Sección parabólica:** Usualmente se emplea en canales revestidos, los canales antiguos de tierra y canales naturales toman esta forma.

Figura 2

Secciones transversales abiertas



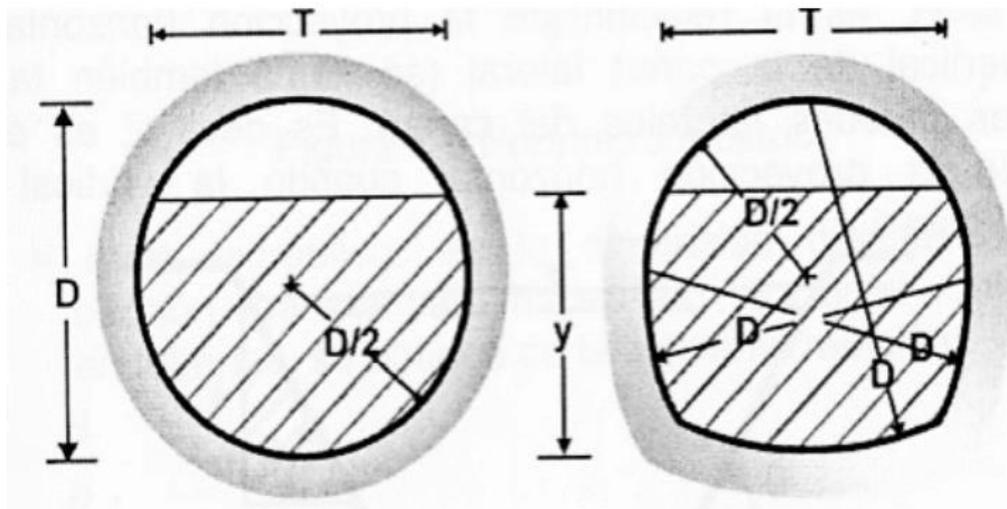
Nota. Tomado de Hidráulica de Canales por Máximo Villón (2007)

2.1.7.2. Secciones cerradas

- **Sección circular y sección de herradura:** Se utiliza en estructuras hidráulicas de mayores dimensiones y alcantarillas.

Figura 3

Secciones transversales cerradas



Nota. Tomado de *Hidráulica de Canales* por Máximo Villón (2007)

2.1.8. Consideraciones para el diseño de canales

En términos generales para el diseño se muestran consideraciones importantes orientadas para diferentes tipos de canales.

2.1.9. Caudal de diseño

En termino de nivel parcelario, el caudal de diseño tiene que ser un dato inicial o de partida, en base a esto se determina el módulo de riego que se encuentra expresado en (l/s/ha), la superficie total que se va a regar y se encuentra expresada en (ha) y pérdidas por infiltración que ocurren por la conducción de agua. Se considera que, cuando un canal evacúe excedentes de aguas pluviales el cálculo respectivo se considerará bajo un análisis hidrológico, su finalidad es obtener las dimensiones del canal, y con él, conducir el canal a su lugar de destino (Villón Bejar, 2007).

2.1.10. Velocidades máximas y mínimas en canales

Se presentan rangos de velocidades máximas y mínimas de acuerdo a, si el canal es revestido o no, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1

Velocidades máximas y mínimas para canales revestidos y canales no revestidos

Tipos de canales	Velocidad mínima	Velocidad máxima
Canales revestidos	0.60-0.90 m/s	6 m/s
Canales de tierra	0.70-0.75 m/s	1.68 m/s

Nota. Tomado de *González Jefferson* (2024)

2.1.11. Pendiente admisible en canales (S)

La pendiente permite controlar la superficie disponible de tierra, también dar valores en velocidad que no causen degradación del material en el que se encuentra ubicado el canal ni favorezca el depósito de azolve, lo que afectaría su funcionalidad (Villón Bejar, 2007).

2.1.12. Taludes

Es una superficie que se encuentra inclinada, descrita como la relación de proyección horizontal a la vertical debido a las paredes laterales, esto varía en cada caso y depende de diferentes factores como la clase de terreno en el que se encuentre (Villón Bejar, 2007). Indica el autor (Chiclote Aquino, 2017) que en canales revestidos de hormigón se emplean comúnmente en la práctica taludes de 1.5:1(h:v) y en canales más pequeños taludes de 1:1 (h:v).

2.1.13. Coeficiente de rugosidad (n)

Para canales de tierra los valores de coeficiente de rugosidad (n) están comprendidos entre 0,025 y 0,030, mientras que para canales revestidos de concreto se utilizan valores entre 0,013 y 0,015 (Villón Bejar, 2007).

2.1.14. Ancho de solera (b)

Es el ancho de base de un canal de dimensión horizontal (Villón Bejar, 2007).

2.1.15. Tirante (y)

Establece la profundidad máxima de agua en el canal. Es la distancia vertical que se encuentra desde la superficie libre del agua hasta llegar al final del canal (Villón Bejar, 2007).

2.1.16. Área hidráulica (A)

Según (González Ramírez, 2024), es el área de sección transversal de un canal siguiendo el trayecto en sentido normal del flujo.

2.1.17. Borde libre (B.L)

Es de suma importancia disponer de cierto espacio entre el tirante de agua normal y la corona de los bordes, de esa forma se garantiza la estabilidad en desbordamientos causados por lluvias (Villón Bejar, 2007). De forma práctica en canales revestidos el borde libre puede ser igual a la quinta parte del tirante (y).

2.1.18. Profundidad total (H)

Se define como la suma del tirante de agua y el borde libre, de manera práctica es esencial para la construcción y diseño de canales (Villón Bejar, 2007).

2.1.19. Ancho de corona (C)

En la parte superior del canal se encuentra el ancho de corona (C), su función dependerá del uso y tiene el objetivo de garantizar estabilidad estructural (Villón Bejar, 2007).

2.1.20. Transiciones en canales

Cuando existen canales con distintas secciones hidráulicas y estos deban unirse, se emplean las llamadas transiciones que son estructuras que unen dos tramos con el fin de reducir las pérdidas de carga y obtener mayor eficiencia hidráulica (Rodríguez Ruiz, 2008).

2.1.21. Tipos de transiciones en canales

Como indica el autor (Rodríguez Ruiz, 2008) se diferencian tres tipos de transiciones de acuerdo a su geometría:

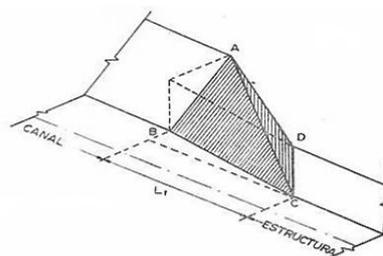
- Transiciones biplanares o a base de planos
- Transiciones regladas
- Transiciones alabeadas

2.1.21.1. Transiciones biplanares o a base de planos

Están formadas por dos planos. El primer plano conformado por ABC y el segundo plano por ADC (Rodríguez Ruiz, 2008).

Figura 4

Transición biplanar



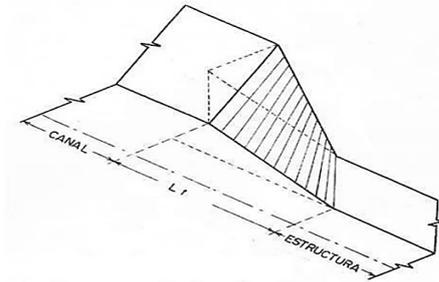
Nota. Tomado de Rodríguez Ruiz (2008)

2.1.21.2. Transiciones regladas

Aquellas que se forman por líneas rectas con una distancia igual desde el inicio de la transición hasta su fin. Cuando la sección disminuye, las líneas tienden a tomar verticalidad (Rodríguez Ruiz, 2008).

Figura 5

Transiciones regladas



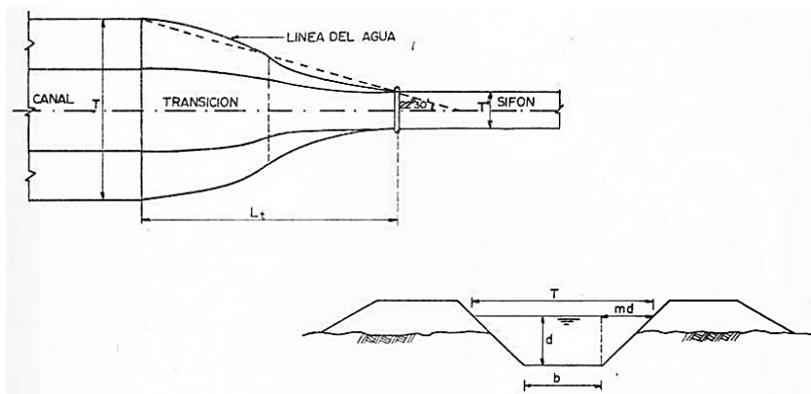
Nota. Tomado de Rodríguez Ruiz (2008)

2.1.21.3. Transición alabeada

Formada por curvas suaves o parábolas, por lo tanto, se necesita un diseño más minucioso que las dos transiciones antes descritas. Este tipo de transiciones son las que presentan pérdidas de cargas menores (Rodríguez Ruiz, 2008)

Figura 6

Longitud en transición alabeada de sección trapezoidal a rectangular



Nota. Tomado de Rodríguez Ruiz (2008)

2.1.22. Alcantarillas.

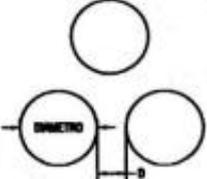
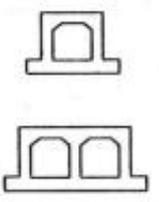
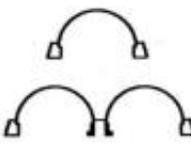
La captación, recolección y transporte de aguas residuales y pluviales en las poblaciones se lleva a cabo mediante una red de sistemas de tuberías subterráneas

o ductos de diferentes dimensiones, esta a su vez se encuentra compuesta por diferentes materiales, lo antes descrito se conoce como sistemas de alcantarillados (Morales Nava & Parra Meza, 2013).

La importancia de las infraestructuras de alcantarillado radica en que son sistemas que permiten la correcta evacuación del agua y previene problemas como inundaciones, de esta forma mantienen el bienestar de la población. Para el diseño de alcantarillado, ya sea sanitario o pluvial, se deben hacer cálculos hidráulicos a detalle.

Figura 7

Tipos comunes de alcantarillas y materiales

TIPO DE ALCANTARILLA	SECCION TIPICA	MATERIALES COMUNES
TUBO CIRCULAR SIMPLE O MULTIPLE		HORMIGON ARMADO METAL ⁽¹⁾ CORRUGADO
TUBO EN ARCO, DE TRAMO SIMPLE O MULTIPLE		METAL ⁽¹⁾ CORRUGADO
ALCANTARILLA DE CAJON SIMPLE O MULTIPLE		HORMIGON ARMADO
BOVEDA SIMPLE O MULTIPLE		METAL ⁽¹⁾ CORRUGADO SOBRE BASE DE HORMIGON ARMADO

NOTA: (1) EL METAL INCLUYE HIERRO GALVANIZADO, ACERO Y ALEACION DE ALUMINIO

Nota. Tomado de MTOP (2003).

2.1.23. Sistema de alcantarillado pluvial.

El sistema de drenaje engloba un conjunto de obras cuya función es interceptar y conducir aguas de origen pluvial hacia un sitio determinado, de modo que ellas no causen problemas de inundación.

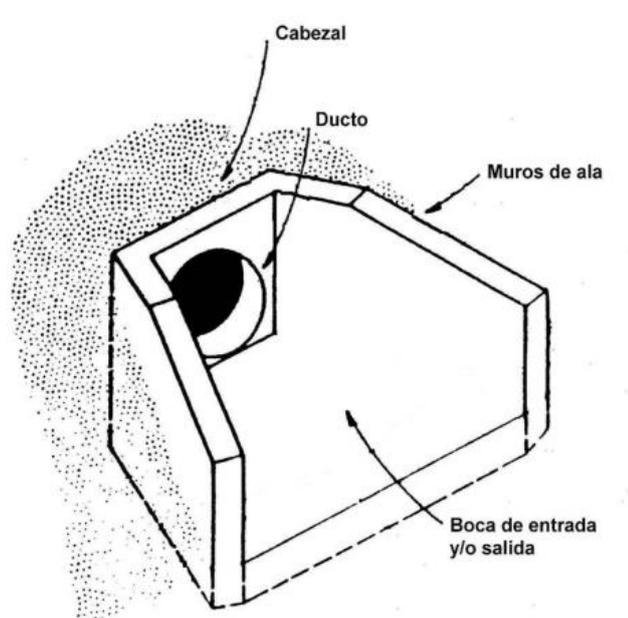
Según (Ozoriaga & Sanabria, 2017) toda zona dispuesta a ser habitada y que presenten precipitaciones frecuentes, sobre todo en las que en un día (24 horas) se alcance más de 10 mm de lluvia, de forma obligada debe contar con un sistema de alcantarillado pluvial.

2.1.24. Elementos de una alcantarilla.

Generalmente una alcantarilla está formada por el ducto, cabezales, muros de ala en la entrada y salida, y otros elementos complementarios que son diseñados para optimizar las condiciones de escurrimiento y reducir la erosión regresiva debajo de la estructura (MTOPI, 2003).

Figura 8

Elementos de una alcantarilla



Nota. Tomado de MTOPI (2003).

2.1.25. Consideraciones para el diseño de alcantarillas.

Para el diseño del sistema de alcantarillas se estima dos aspectos importantes a considerar como el análisis hidrológico de la zona de estudio y el diseño hidráulico de las estructuras.

El análisis hidrológico da paso a los valores máximos de intensidades de lluvia o picos de escurrimiento, mientras que el diseño hidráulico de las estructuras establece dimensiones requeridas para el desalojo de caudales suministrados por las lluvias. (MTOP, 2003).

2.1.26. Coeficiente de Manning (n).

Algunos coeficientes de rugosidad de Manning se presentan en la *Tabla 2*, se muestran diferentes tipos de materiales y depende de ello se elige el valor del coeficiente (n). El “Método de Manning” es el procedimiento más adecuado para estimar el caudal máximo, se basa en la pendiente del canal como también en la sección transversal del flujo (MTOP, 2003).

La fórmula de Manning para el cálculo del caudal máximo es:

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

Donde:

Q = Caudal máximo probable, en (m³/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

R = Radio hidráulico, en (m)

S = Pendiente de la planicie, en (m/m)

Tabla 2*Coefficiente de rugosidad de Manning “n”*

DESCRIPCION	"n"
Tubos de hormigón	0.012
Tubos de metal corrugado o tubos en arco:	
a) Simple o revestido	0.024
b) Solera pavimentada	0.019
Tubo de arcilla vitrificada	0.012
Tubo de hierro fundido	0.013
Alcantarilla de ladrillo	0.015
Pavimento asfáltico	0.015
Pavimento de hormigón	0.014
Parterre de césped	0.05
Tierra	0.02
Grava	0.02
Roca	0.035
Áreas cultivadas	0.03-0.05
Matorrales espesos	0.07-0.14
Bosques espesos-poca maleza	0.10-0.15
Cursos de agua	
a) Algo de hierba y maleza- poco o nada de matorrales	0.03-0.035
b) Maleza densa	0.035-0.05
c) Algo de maleza-matorrales espesos a los costados	0.05-0.07

Nota. Tomado de *MTOP* (2003)

2.1.27. Tiempo de concentración.

Es usado como parte indispensable en el diseño de sistemas de drenaje y gestión de aguas pluviales, pues determina diversos factores como los caudales y el escurrimiento del agua.

Para la obtención del valor de la intensidad de lluvia se adopta un tiempo de duración igual al de concentración de la cuenca y definir la recurrencia de diseño o tiempo de retorno (P. A. Basile & Riccardi, 2017).

2.1.28. Caudal de diseño.

El caudal (expresado como Q en diversos textos) es el volumen de fluido que circula a través de una sección (Villón Béjar, 2008), de un conducto o sistema en una unidad de tiempo específico. Sus unidades pueden ser en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o litros por segundo (L/s). y está dado por:

$$Q = v * A$$

Donde:

v = Velocidad media de la sección normal al flujo,

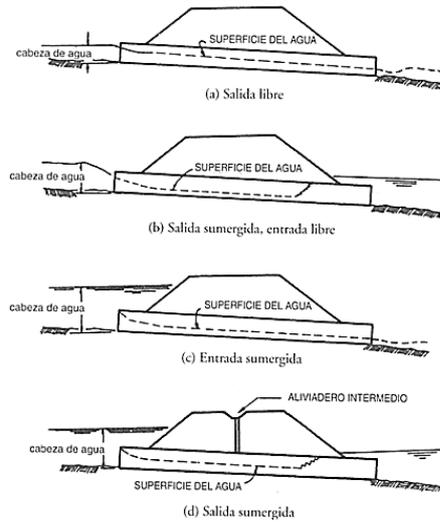
A = Área o sección transversal.

2.1.29. Diseño de entradas y salidas de alcantarillas.

Las alcantarillas con control en la entrada son aquellas en las que el flujo del agua se desplaza a través de la estructura (alcantarilla) con mayor rapidez de la que puede ingresar. Se distinguen por estar parcialmente llenas, con flujo a elevadas velocidades y en régimen supercrítico, por otro lado, se encuentran las alcantarillas con control de salida donde el agua ingresa a la alcantarilla más rápido a la que puede ser transportada a través de ella (Hernández Castro, 2019)

Figura 9

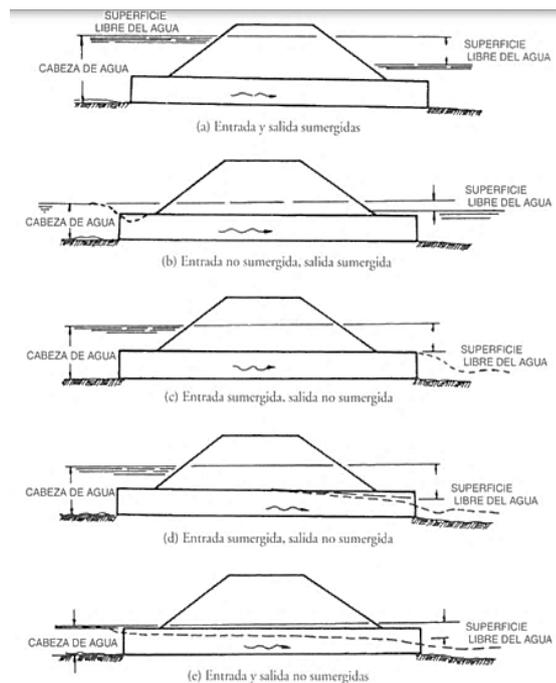
Tipos de control de entrada



Nota. Tomado de *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica* (2016)

Figura 10

Tipos de control de la salida



Nota. Tomado de *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica* (2016)

Figura 11

Cabezal y muros de ala para alcantarilla circular



Nota. Tomado de *MTOP* (2003)

2.1.30. Aliviadero.

Son estructuras hidráulicas diseñadas para la evacuación de aguas excedentes acumuladas en embalses, represas y/o presas más pequeñas como albarradas (Martínez Marín et al., 2007). Permiten de forma eficiente la liberación de volúmenes de agua que superan la capacidad de almacenamiento de los sistemas de retención, con el objetivo de prevenir desbordamientos que podrían causar inundaciones en áreas aledañas.

Estos son de diversos tipos y obedecen principalmente a una clasificación por su forma, tipo de cresta, niveles de agua abajo, condiciones laterales de descarga (Quispe Riveros & Villagra Ambrancio, 2020).

2.1.31. Tipos de aliviaderos.

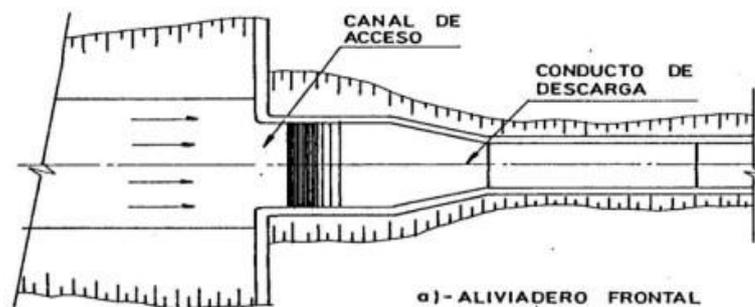
Estas obras generalmente se clasifican de acuerdo a su disposición en planta.

2.1.31.1. Aliviaderos frontales.

Rectos en planta y su vertimiento va en el mismo eje que el conducto de descarga (Alegret & Pardo, 2005).

Figura 12

Aliviadero de tipo frontal



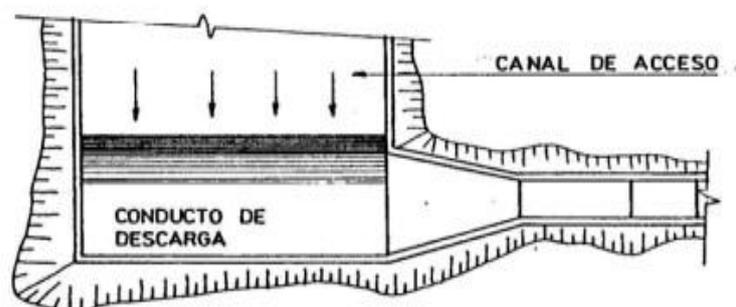
Nota. Tomado de Alegret y Pardo (2005).

2.1.31.2. Aliviaderos laterales.

Poseen un vertimiento con presencia de cierto ángulo con respecto al conducto de descarga (Alegret & Pardo, 2005).

Figura 13

Aliviadero de tipo lateral.



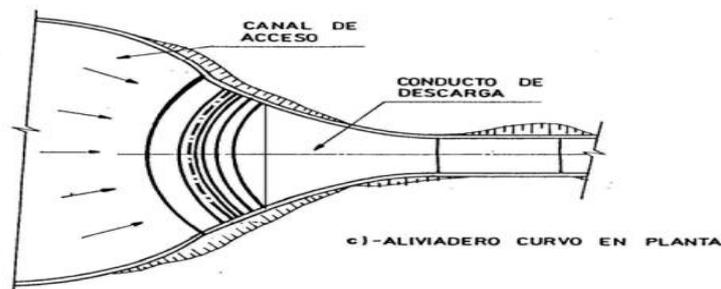
Nota. Tomado de Alegret y Pardo (2005).

2.1.31.3. *Aliviadero curvo en planta.*

Estructuras curvas en planta y cuyo vertimiento se da radialmente, dando paso a la existencia de la concentración central del flujo en el conducto de descarga. (Alegret & Pardo, 2005).

Figura 14

Aliviadero curvo en planta



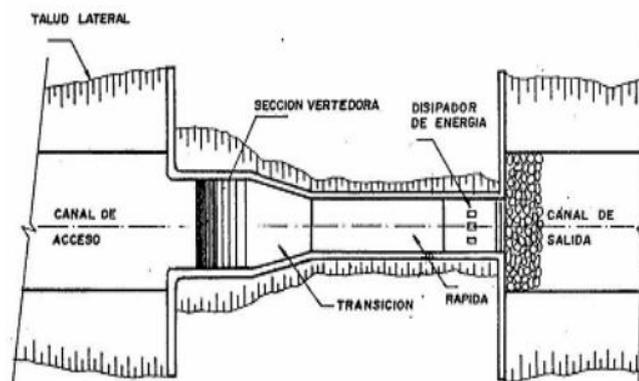
Nota. Tomado de Alegret y Pardo (2005).

2.1.32. **Partes de un aliviadero.**

Una estructura de descarga de agua como un aliviadero, particularmente debe contar con las siguientes partes, sin embargo, pueden variar de acuerdo al tipo de proyecto para el que se construyen.

Figura 15

Vista en planta de las partes generales de un aliviadero.



Nota. Tomado de Alegret y Pardo (2005)

2.1.32.1. Canal de aproximación o de acceso.

Su función principal es captar el agua del embalse y conducirla hasta la siguiente zona (Alegret & Pardo, 2005).

2.1.32.2. Sección de control o vertedor.

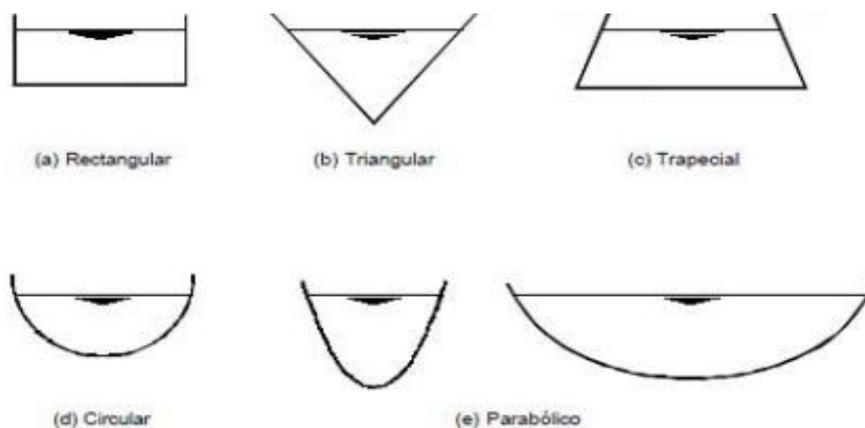
En esta zona se regula la descarga que llega directa del embalse. Puede poseer distintas formas: rectangular, triangular y trapezoidal; y de ella depende la evacuación o caudal que pase por el aliviadero (Alegret & Pardo, 2005).

Existen dos maneras para diferenciar a los vertederos, están los de pared delgada y pared gruesa. (Cáceres Mendoza, 2024) menciona, para que un vertedero se considere de pared delgada no solo es necesario que la cresta sea una línea, esta tendría que contar con cierto espesor, por lo que se considerara pared delgada cuando este sea menor que $2H/3$. Por lo contrario, cuando sea un vertedero de pared gruesa el contacto es un plano, es decir el flujo se adhiere a la cresta.

Según su geometría los vertederos se clasifican en triangulares, rectangulares, trapezoidales, circulares y parabólicos (Mejía Ramirez, 2023)

Figura 16

Forma de vertederos



Nota. Tomado de Mejía Ramirez (2023).

2.1.32.3. *Rápida o conducto de descarga.*

Esta zona es la encargada de salvar la diferencia de nivel entre la sección de control y el canal de salida. Puede poseer pendientes muy altas para asegurar un régimen de circulación supercrítico (Alegret & Pardo, 2005).

2.1.32.4. *Disipadores de energía.*

En sistemas hidráulicos los disipadores de energía se han convertido en elementos importantes, ya que incrementan la eficiencia del sistema disipando la energía residual, además asegura la estabilidad del flujo protegiendo las estructuras de socavación o acumulación de sedimentos. Cabe mencionar que existen diferentes tipos de disipadores de energía por lo que el diseño dependerá de las condiciones hidrológicas y geológicas del lugar, su objetivo fundamental es evitar daños a la superficie dada por la fuerza en la que sale el agua. (Chow, 2024).

2.1.32.5. *Disipadores más usuales en aliviaderos.*

Existen diferentes elementos disipadores, entre los más usuales usados y recomendados en aliviaderos se encuentran los dientes deflectores y bloques amortiguadores.

2.1.32.6. *Dientes deflectores.*

Son colocados en la entrada del cuenco amortiguador para dispersar el flujo (Martínez Marín et al., 2007), la construcción de este disipador puede estar dada con la cara normal al piso de la rampa como se muestra en la *figura 17* o de manera vertical. Los dientes deberán estar bien anclados estructuralmente a la solera.

2.1.32.7. *Bloques amortiguadores.*

Son instalados en la base del cuenco amortiguador para nivelar el resalto hidráulico, proporcionando una fuerza en sentido contrario al flujo del agua.

Los elementos ayudan a la disipación de energía al romper el chorro, por tal motivo obliga a que una parte del caudal fluya entre ellos y la otra parte se haga en la parte superior. (García Hernández, 2015)

Figura 17

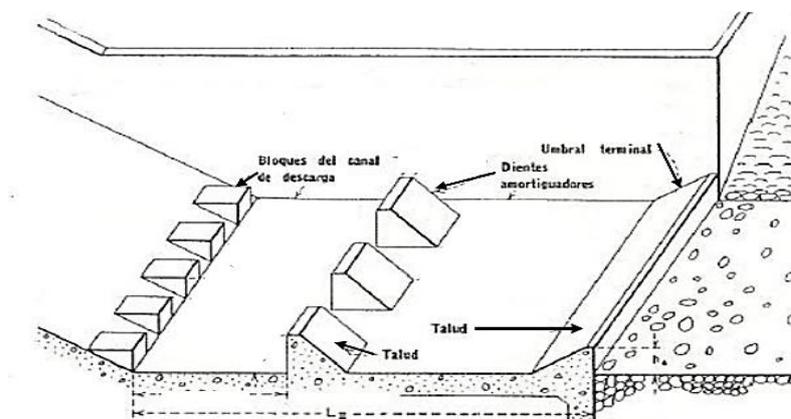
Aliviadero en rampa con dientes deflectores



Nota. Tomado del *Libro de Pequeñas Presas* (2007)

Figura 18

Disipación de energía hidráulica



Nota. Tomado de *Alegret y Pardo* (2005),

2.1.32.8. Estructura terminal o canal de salida.

Se encarga de transportar el agua hasta el cauce del río más cercano. Esta zona debe poseer otra estructura que sirva como disipadora de energía para

minimizar el riesgo de la erosión del terreno natural o degradación del aliviadero debido a la caída de la masa de agua proveniente del conducto de descarga (Alegret & Pardo, 2005).

2.1.33. Elementos para el diseño de un aliviadero.

Existen diversos elementos que influyen directamente en el diseño de un aliviadero.

2.1.33.1. Altura del paramento superior del cimacio vertedor (P).

Comprende la distancia vertical desde el fondo del canal hasta la cresta del aliviadero (Cáceres, 2021).

2.1.33.2. Nivel de Aguas Máxima (NAM).

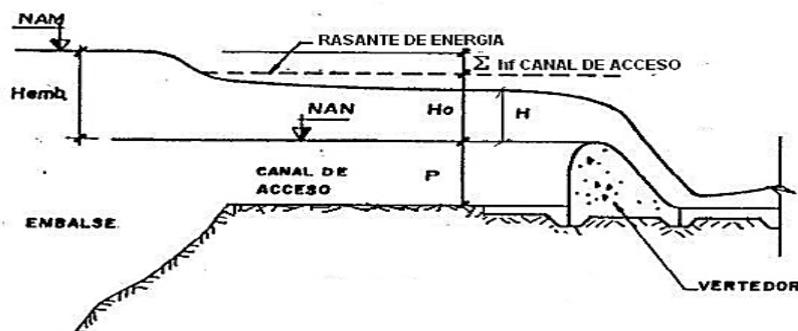
Nivel hasta el cual se puede embalsar el agua antes de que rebose por el aliviadero (Alegret & Pardo, 2005).

2.1.33.3. Nivel de Aguas Normales (NAN).

Nivel o cota habitual de almacenamiento en el embalse (Alegret & Pardo, 2005).

Figura 19

Altura de carga H y altura de paramento P en vertederos



Nota. Tomado de Alegret y Pardo (2005)

2.1.34. Caudal evacuado sobre un aliviadero.

(Martínez Marín et al., 2007) resalta que para el cálculo del caudal vertido sobre un vertedero se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q = CLH^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q= caudal

C= coeficiente de desagüe variable

L= longitud efectiva de la coronación

H= altura de la lámina vertiente sobre la coronación.

2.1.34.1. Coeficiente de descarga (C).

De acuerdo con el DISEÑO DE PRESAS PEQUEÑAS DE BOREAU RECLAMATION (U.S.B.R, 2015), también es llamado coeficiente de gasto, el cual depende del tipo de la sección del vertedor. Para vertederos ajustados a lámina vertiente sin controlarlo se usan comúnmente dos valores.

C es igual a 1.82 cuando se cumple que la altura P sea menor que 1/5 del ancho de la lámina vertiente del caudal, en caso de que la altura sea mayor, se utilizan ábacos que relacionan P/H. En el caso de que la altura de la presa sea cero, la contracción desaparece y el vertedero pasa a comportarse como un canal o un vertedero en pared gruesa y el valor del coeficiente de gasto será de 1.704 (Martínez Marín et al., 2007).

2.1.34.2. Longitud efectiva del aliviadero (L).

Es la longitud de la sección transversal del canal, para un aliviadero de cresta o umbral recto la longitud efectiva será igual a la longitud total (Cáceres, 2021).

2.1.34.3. *Altura de carga o de lámina vertiente (H).*

Se describe como el espesor del chorro de agua que pasa por encima del vertedero con respecto a un plano horizontal llevado desde el umbral (Cáceres, 2021).

2.2. Hidrología

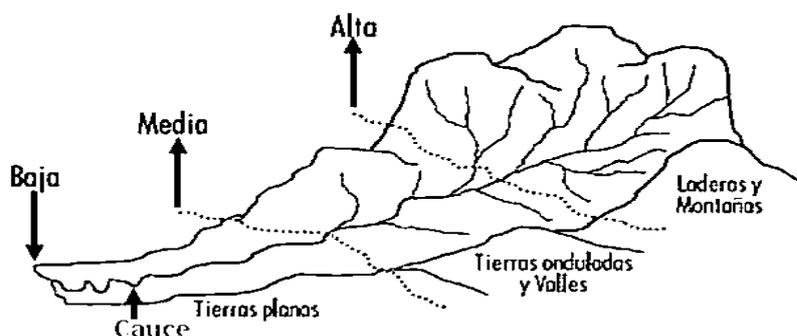
La hidrología es el estudio del agua en todas sus condiciones, de acuerdo con (Cevallos Delgado et al., 2024) esta ciencia ofrece los componentes científicos y técnicos para trabajos en el que intervenga la gestión y control de cuencas hidrográficas.

2.2.1. Cuenca hidrográfica.

Una cuenca hidrográfica es una depresión natural del terreno que se encuentra delimitada por divisorias de aguas, en el que se concentra y dirige el agua que es generado por precipitaciones pluviales o el deshielo. El agua en dirección a estas cuencas desemboca en distintos cuerpos de agua como ríos, mares, lagunas u océanos. En términos generales, las cuencas funcionan como un sistema natural de drenaje, cuando varias cuencas hidrográficas descargan sus aguas en un mismo punto se denomina vertiente hidrográfica (Cevallos Delgado et al., 2024). Sobresalen tres partes: cuenca alta, media y baja como se muestra en la *Figura 20*.

Figura 20

Partes de una cuenca hidrográfica



Nota. Tomado de *Manual de Reforestación de Especies Nativas* (2019).

2.2.1.1. *Área de la cuenca.*

El área de una cuenca se define por líneas divisorias que delimitan su extensión y corresponden a la superficie proyectada en un plano horizontal. su forma es irregular y su clasificación se basa en su extensión en kilómetros cuadrados (Lloclla Cruz, 2016).

Tabla 3

Clasificación de las cuencas hidrográficas según su tamaño

ÁREA (km ²)	NOMBRE
< 5	Unidad
5-20	Sector
20 - 100	Microcuenca
100 - 300	Subcuenca
> 300	Cuenca

Nota. Tomado de *Zhicay Lombaida* (2020)

2.2.1.2. *Perímetro de la cuenca.*

Después de delimitar la cuenca, se obtiene el perímetro que se define como la longitud del borde o de la línea (Lloclla Cruz, 2016).

2.2.1.3. *Cauce principal en una cuenca.*

Es el tramo principal del río que pasa por una cuenca.

2.2.2. **Albarrada.**

(Álvarez & Zulaica, 2015) mencionan que el concepto de albarrada o también conocida como presas pequeñas son construcciones de estructuras

hidráulicas destinadas a la captación, acumulación y regulación del agua, se presenta en un área o lugar que se ha visto afectado por presencia de sequía.

Figura 21

Partes de una al barrada. Al barrada “Las coronas” de la provincia de Manabí



Nota. Tomado de Álvarez y Zulaica (2015).

2.2.3. Coronación en presas de tierra.

Según (U.S Army Corps of Engineers, 2004) entre los aspectos más importantes de los diseños en una presa de tierra se destaca la rigurosidad en mantener elevaciones que se encuentren a un mismo nivel de modo que se asegure que el agua en excedencia se conduzca hacia la estructura, permitiendo la estabilidad y correcto funcionamiento tanto de la presa como del aliviadero.

2.2.4. Precipitaciones.

La precipitación es un fenómeno meteorológico donde se ve implicada la caída de agua en forma líquida sobre la superficie terrestre, este proceso incluye la

evaporación y la condensación de partículas de agua; por lo tanto, es una etapa fundamental para completar el ciclo hidrológico, el cual se explica como el movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea (Sánchez San Román, 2012).

Debido a grandes inundaciones que han ocurrido en los últimos años en muchas regiones del mundo, las autoridades locales, nacionales e internacionales han mostrado un mayor interés de comprender el ciclo hidrológico (Luna Romero et al., 2018). Por lo tanto, el estudio de las precipitaciones es un punto clave antes de realizar cualquier proyecto relacionado a la ingeniería hidráulica.

En las zonas urbanizadas, según (Ferrando, 2010), frente a la ocurrencia de precipitaciones, las calles y avenidas de una ciudad se transforma en una “red fluvio-vial” que, siguiendo la inclinación del eje de sus cauces, va creando flujos que se juntan progresivamente, sumando sus aguas en dirección de los sectores topográficamente más deprimidos.

2.2.5. Inundaciones.

Según (Roque Silva, 2024) este tipo de fenómeno ocurre cuando existen lluvias intensas o prolongadas que provocan que un río supere el alcance máximo de nivel promedio anual de inundación y comúnmente se dan en zonas adyacentes a ríos o arroyos.

Las inundaciones en Ecuador están influenciadas por las complejas interrelaciones entre los sistemas meteorológicos, oceanográficos e hidrológicos que se encuentran en el país, como el debilitamiento de los vientos alisios, el aumento de la evaporación causada por las altas temperaturas (Mena et al., 2021).

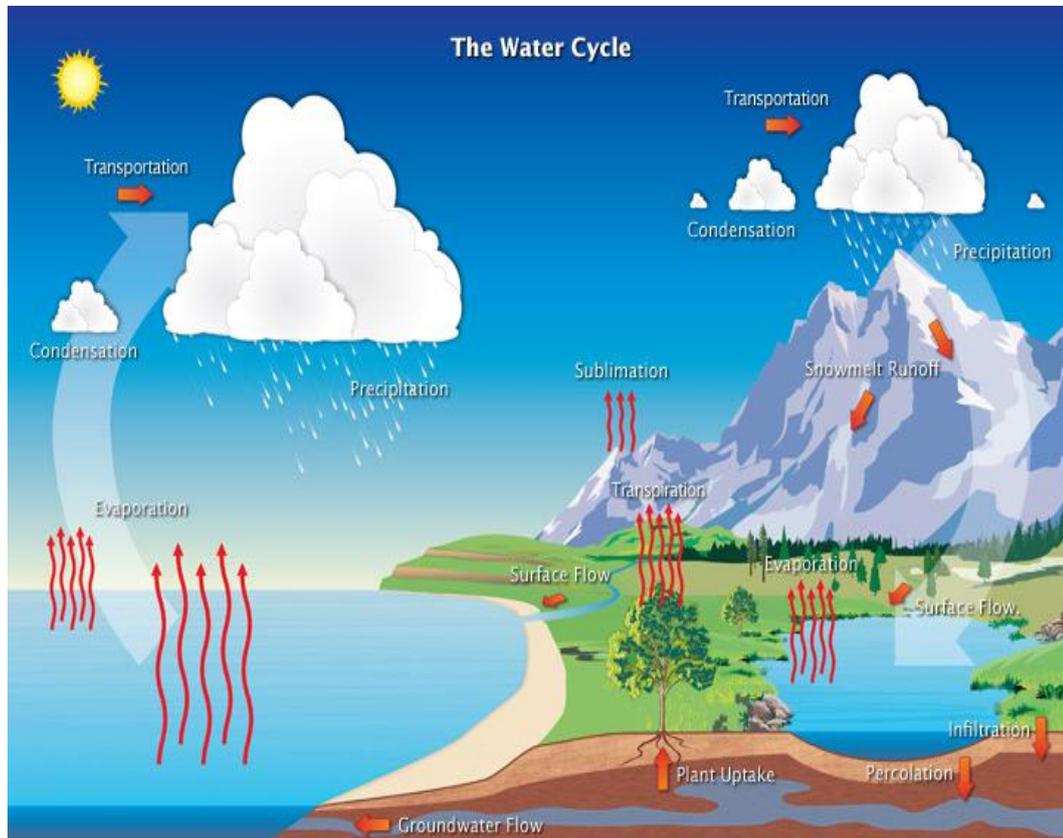
2.2.6. Escorrentía Superficial.

La escorrentía se define como la porción de la precipitación que, al no ser evaporada en el suelo ni retenida por la vegetación, se desplaza sobre la superficie

terrestre hacia los arroyos, ríos, canales, océanos y lagos formando así la corriente superficial (Vela Conde, 2018).

Figura 22

Ciclo hidrológico del agua.



Nota. Tomado de NASA (2019).

2.2.7. Coeficiente de escorrentía.

Los diferentes métodos utilizados para su cálculo (todos ellos de naturaleza empírica) difieren tanto en su fiabilidad como en su complejidad; lógicamente a más información utilizada más complejidad y fiabilidad y viceversa, pero, en cualquier caso, es fundamental tener en cuenta la mayor o menor homogeneidad de la cuenca (Ibañez Asensio et al., 2011)

Según (Chiarito et al., 2018) el coeficiente de escorrentía varía con la pendiente, condiciones de la superficie y de la cubierta vegetal y el tipo de suelo hidrológico. Las superficies que son relativamente impermeables como las calles y

plazas de aparcamiento tienen coeficientes de escorrentía que se aproximan a uno. Las superficies con vegetación para interceptar la escorrentía superficial y las que permiten la infiltración de las precipitaciones tienen coeficientes de escorrentía más bajas (cerca de 0).

2.2.8. Cobertura vegetal.

La variación que se presenta en la cobertura vegetal tiene relevancia en los procesos hidrológicos, esta influencia se encuentra relacionada con la precipitación, infiltración y escorrentía, el suelo juega un papel importante ya que determina la capacidad para absorber y retener el agua (Cabrera Alarcon & Suarez Careceda, 2022).

Además, se puede mencionar que una cobertura vegetal abundante favorece la infiltración del agua en el suelo disminuyendo el volumen de escorrentía superficial, reduce los procesos de erosión del suelo, por lo que el deterioro de la vegetación incrementa la escorrentía.

2.2.9. Permeabilidad del suelo.

De acuerdo con (Calizaya Pocchuanca, 2019), la permeabilidad del suelo describe la capacidad para poder permitir el paso del agua, a través de espacios porosos. Los suelos arenosos que tienen alta permeabilidad facilitan un flujo rápido de agua, por lo contrario, los suelos arcillosos con baja permeabilidad pueden reducir o restringir dicho flujo del agua.

Desde el punto de vista (Villacreces, 2014) la permeabilidad del suelo facilita el paso del agua a través de sus poros interconectados, en función de la continuidad y magnitud de dichos vacíos.

2.2.10. Periodo de retorno.

Usado en hidrología para referirse a la probabilidad de que eventos naturales extremos como lluvias, inundaciones o sismos ocurran en un año determinado. Según (Vasconez et al., 2019) se define como el tiempo en años que debe transcurrir

para que un evento se repita con igual o mayor magnitud bajo una probabilidad determinada.

2.2.11. Intensidad de lluvia.

(Pereyra et al., 2004) argumentan que la intensidad de lluvia suele establecerse como la cantidad de agua lluvia que cae en un punto determinado por unidad de tiempo, expresada en milímetros por hora (mm/h). La intensidad de la precipitación es inversamente proporcional a la duración de la tormenta, quiere decir que es el tiempo transcurrido desde el inicio de la precipitación hasta que se vea finalizada.

2.2.12. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia.

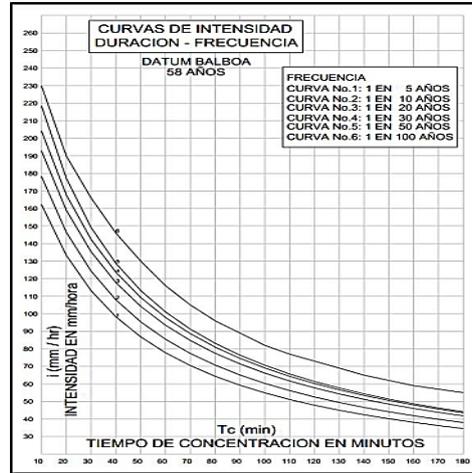
Las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) se fundamentan en datos históricos de series temporales de lluvia, diseñadas para capturar la intensidad y frecuencia en función de diversas duraciones, facilitan el adecuado manejo del sistema de drenaje (Marcus et al., 2016).

Son importantes debido a la estimación de caudales máximos y precipitaciones o también llamadas tormentas de diseño. En la actualidad se diseñan bajo el supuesto de estacionariedad, se analiza las condiciones del cambio climático tanto como su variabilidad climática actuales y futuras, por lo que su finalidad es evitar la subestimación de los eventos extremos de precipitación contribuyendo a reducir el riesgo de inundaciones y posibles daños a la infraestructura (Cardona, 2020).

De acuerdo con, (Suárez Aguilar et al., 2020) los sistemas IDF se implementan para identificar lugares vulnerables a inundaciones, se considera períodos de retorno de lluvias extremas y sintetizan como analizan períodos críticos de precipitación.

Figura 23

Curva de intensidad-duración-frecuencia



Nota. Tomado de Chávez Blanco (2024).

2.2.13. Método racional.

Menciona (Suarez, 2022) que el método Racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural.

Está basado en la suposición de que ocurre un evento de lluvia de intensidad constante sobre toda el área de drenaje de la cuenca por lo tanto implica la multiplicación de los valores de intensidad, coeficientes de escurrimiento y el área de la cuenca en estudio (Pérez López, 2015).

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal probable (m³/s)

C = Coeficiente de escurrimiento

I = Intensidad de precipitación (mm/h)

A = Área de drenaje (km²)

2.3. Consideraciones para el prediseño

2.3.1. Herramientas de simulación.

Conforme el mundo avanza y se sistematiza, está apareciendo una gran variedad de software y de tecnologías de modelación en forma de “herramientas de apoyo” que ayudan a gestionar mejor los problemas de aplicación del conocimiento científico en la investigación ambiental y en las actividades de planificación. Estas tecnologías son el resultado de las preocupaciones legítimas por aumentar la eficiencia y la rentabilidad de la investigación y garantizar que la ciencia sea eficaz y fácil de transferir a las aplicaciones de gestión, en particular a la gestión de recursos hídricos (McIntosh et al., 2007; Torres-Bejarano et al., 2016).

2.3.2. Modelos hidráulicos.

Según (Figueiredo et al., 2021), el punto de partida y elemento fundamental para el desarrollo de análisis e investigación de una red hidráulica es el modelo hidráulico digital que represente de la manera más adecuada el modelo físico existente. La construcción de este modelo se convierte en un factor clave y primordial para crear valor basado en la digitalización de las RDAP (Redes de Distribución de Agua Potable).

El uso de modelos hidrológicos e hidráulicos matemáticos asistidos por un entorno SIG son cada vez más generalizado también han aumentado las facilidades de acceso a la información distribuida de precipitaciones, tipos y usos de suelo y topografía (Lorenzo & García, 2011).

2.3.3. Sistemas de información geográfica.

Como señala (Aranda & Luque, 2022) los SIG, cuentan con gran versatilidad para poder manejar, modificar, organizar, gestionar y finalmente permiten visualizar la información que proviene de la geodatabase y se generará como cartografía, la que será interpretada a un nivel de muy baja complejidad de forma que los diferentes usuarios profesionales, especialistas de diferentes ramas de la educación puedan comprender con total facilidad lo que la información

geográfica geoprocesada pretende transmitir a través de los diferentes mapas temáticos generados.

2.3.4. Software Google Earth.

(Arranz López et al., 2013) menciona que desde el año 2005 han surgido diversas herramientas de geo-visualización, en la actualidad se puede observar que dichas herramientas continúan en constante crecimiento. Entre ellas los globos virtuales que han obtenido una mayor aceptación gracias a Google Earth (GE) siendo el pionero de los demás globos virtuales, actualmente es el software con mayor potencial.

El software Google Earth (GE) y las herramientas de información geográficas (SIG), desempeñan un rol importante en la enseñanza de la geografía, permiten a las personas visualizar imágenes satelitales en cualquier parte de la tierra, además de comprender y analizar datos en tiempo real.

2.3.5. Software AutoCAD civil 3D.

Este software es una herramienta especializada en la elaboración de diseños y planificación de infraestructuras como vías, cálculos topográficos entre otros. AutoCAD civil 3D permite mantener actualizados los cambios que se realizan al momento de utilizar cualquier función por lo que optimiza y facilita los procesos del diseño sin la necesidad de comenzar un proyecto desde su inicio, ofrecer al cliente una representación clara y detallada del resultado final del proyecto. En conclusión, es un software fundamental para el cálculo y diseño en el ámbito de la ingeniería civil (Miñando Suarez, 2023)

2.3.6. Software Arc-Gis.

Se entiende por Arc-Gis como un sistema completo el cual permite realizar recopilaciones de datos para organizarlos, administrarlos, modificarlos y hasta compartirlos (Burbano Erazo, 2023).

ArcGis se emplea en diferentes aplicaciones, en las que se incluyen la planificación, análisis, administración de activos, comprensión del funcionamiento de las operaciones y otros (Román Arias & Aguilar Cano, 2023).

2.3.7. Software AutoCAD.

Arquitectos e ingenieros civiles utilizan el software AutoCAD, este programa es importante en el ámbito laboral como para cualquier persona que lo utilice, debido a las diferentes opciones en su barra de herramientas permite diseñar y obtener bocetos como planos estructurales facilitando el gran uso del mismo (Hernández et al., 2025).

2.3.8. HCanales

Hcanales es un programa o software computacional utilizado en la ingeniería por su fácil uso y capacidad para el diseño de canales y otras estructuras hidráulicas de secciones trapezoidales, triangulares, rectangulares, circulares y parabólicas (Tapullima Pashanasi & Mendoza del Aguila, 2024).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Se clasifica la investigación de acuerdo a los criterios en los que se basa, en función de su enfoque y profundidad.

3.1.1. Tipo.

La investigación es un proceso que incluye técnicas de observación, reglas para el razonamiento y predicción; procura obtener información que tenga un fundamento sólido ya sea teórico o experimental, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento (Sanca Tinta, 2022).

Este tipo de investigación es *aplicada*, según (Vargas Cordero, 2009) son prácticas de investigación con el propósito de resolver o mejorar una situación en particular, para comprobar un método mediante la aplicación de una propuesta de intervención de índole orientadora. Se pretende mejorar el sistema de drenaje del aliviadero de la albarrada ubicada en la comuna San Marcos perteneciente a la parroquia Colonche. Se propone una solución alternativa con el prediseño de un sistema de drenaje conformado por canales y una alcantarilla tipo ducto cajón hacia el río más cercano, buscando reducir el riesgo de inundaciones y mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

3.1.2. Nivel.

El nivel de esta investigación se considera aplicativo, según (Avellaneda Callirgos et al., 2022) se encarga de realizar intervenciones de forma tal que se pueda modificar el curso de determinados eventos. Esta intervención trata de cumplir las necesidades particulares de una población.

El objetivo fundamental de este trabajo de investigación es aplicar y analizar diseños hidráulicos calculados que intervengan en la eficiencia de la infraestructura del drenaje pluvial existente en la zona de estudio y reducir el riesgo de inundaciones favoreciendo a la comunidad local.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método.

En el presente estudio, se empleó el método hipotético deductivo, pues de acuerdo con (Neill & Cortez, 2017) se fundamenta en el razonamiento que permite formular juicios a partir de hipótesis que expliquen provisionalmente el problema, la misma que mediante procesos de deducción, determina las consecuencias básicas de la propia hipótesis. Este método implica la obtención de información y datos como intensidad de lluvia, que permita el cálculo del caudal de la cuenca hidrográfica que contenga a la zona de estudio para el prediseño un sistema de drenaje alternativo en beneficio de la comuna San Marcos perteneciente a la parroquia Colonche.

3.2.2. Enfoque.

El enfoque planteado en este tema de investigación es cuantitativo pues implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos numéricos. Además (Otero Ortega, 2018) expresa que su proceso de investigación se centra en bases numéricas, emplea la observación de las fases en forma de recolección de datos y los analiza para llegar a responder sus preguntas de investigación. Esto requiere determinar el valor de las áreas y longitudes de las subcuencas, obtener los valores de caudales aportantes mediante el análisis de la estructura existente y características de la zona, además se incluye un prediseño hidráulico para el sistema del drenaje pluvial.

3.2.3. Diseño.

Al ser una investigación de nivel aplicativo, el diseño debe ser no experimental pues no se manipulan las variables y solo se aplican conocimientos, métodos y datos existentes para el cumplimiento de los objetivos, como indica (Arias, 2021) en este proceso no interviene la manipulación o el control de las variables independientes. Bajo esta premisa se pretende analizar la información de

los factores hidrológicos-geográficos y su influencia en el prediseño del sistema hidráulico que optimice el drenaje pluvial en el área delimitada de la comuna San Marcos.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población.

La población se determina como un grupo de entidades como eventos, personas u objetos considerándose importantes dentro de un estudio (Dias Duarte, 2022). En este caso la población a estudiar es toda la comuna San Marcos zona que se encuentra entre los recintos Los Manguitos y Barbascal.

3.3.2. Muestra.

Una muestra es un subconjunto de datos seleccionados a partir de una población más amplia, que contempla la totalidad de las observaciones posibles (Allison et al., 2024). El documento destaca la confusión entre estos conceptos y enfatiza la importancia de comprender la variabilidad de las estadísticas en comparación con los parámetros de población fijos. La muestra para este estudio son 100 hectáreas del área de afectación que contiene tanto a la albarrada como el aliviadero.

3.3.3. Muestreo.

En el muestreo se debe seleccionar solo una parte de la población y que sea representativa para la obtención de datos relevantes (Hossan et al., 2023). Es por esto que el presente estudio utiliza los datos del levantamiento topográfico de 100 ha y además un modelo elevación digital para obtener datos hidrológicos del lugar estudiado para la selección de subcuencas aportantes mediante el software ArcGis.

3.4. UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO

Las áreas de aporte o también llamadas subcuencas que aportan caudal a la albarrada “San Marcos” forman parte de la región del área de estudio, como se

muestra en la *Figura 24* la albarrada cuenta con un área de 10 hectáreas y se encuentra ubicada en la comuna del mismo nombre *Figura 25*. En épocas de altas precipitaciones, la fuerza y presión que ejerce el agua sobre los muros de la albarrada provoca su rompimiento, por esta razón la parte baja que se encuentra poblada por moradores de este sector, sufre constantes inundaciones provocando daños en las viviendas.

El aliviadero se encuentra entre el límite de la albarrada y la Unidad Educativa San Marcos, fue construido hace años atrás; y dejó de funcionar por falta de mantenimiento y por la disminución de altura en los muros de la presa.

Figura 24

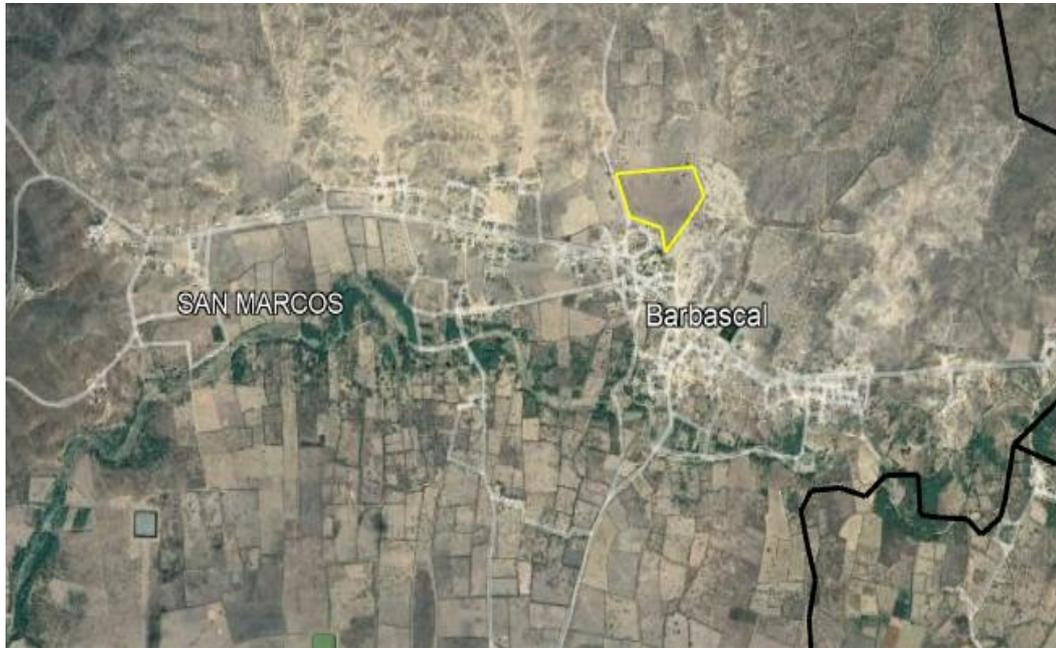
Ubicación de la albarrada San Marcos. Latitud: 541344.76 m E y Longitud: 9778162.45 m S



Nota. Extraído de Google Earth (2024)

Figura 25

Ubicación de la Comuna San Marcos. Latitud: 540453.15m E y Longitud: 9777503.82m S.



Nota. Extraído de Google Earth (2024)

3.4.1. ALIVIADERO EXISTENTE.

Ante la escasa información en cuanto a la construcción del aliviadero, se realizaron visitas in situ con expertos en hidráulica *Figura 26* en las que se logró describir y medir a la estructura. De esta forma se establecieron características físicas externas y las dimensiones para graficarlo en el software AutoCAD tal como se muestra en la *Figura 27* y *Figura 28*.

Características:

- Construido en hormigón armado
- Vertedero de sección rectangular.
- Cresta de umbral ancho o vertedero de pared gruesa.
- Cuenta con una rápida cuya pendiente permite que el flujo sea supercrítico.
- Posee un cuenco amortiguador en la parte inferior.
- La estructura de los muros del aliviadero está deteriorada.

Figura 26

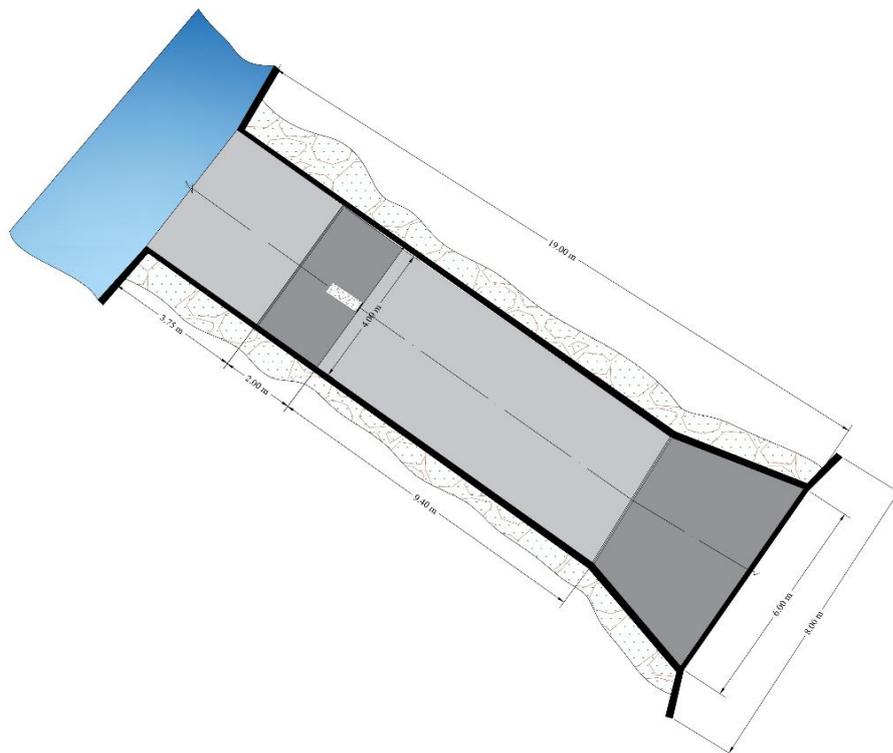
Aliviadero de la albarrada "San Marcos"



Nota. Visita in situ al aliviadero "San Marcos"

Figura 27

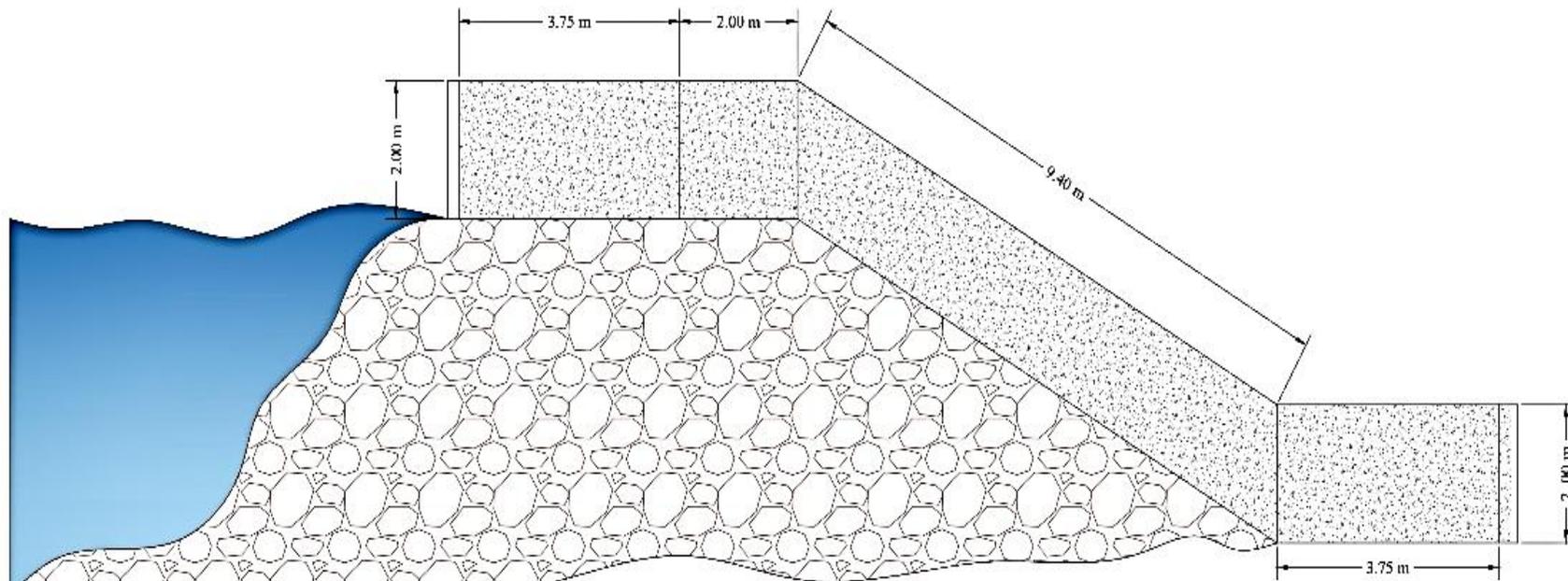
Vista en planta del aliviadero "San Marcos"



Nota. Extraido de AutoCad

Figura 28

Vista lateral del aliviadero “San Marcos”



Nota. Extraido de Autocad.

3.5. METODOLOGÍA DEL O.E.1.: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE SISTEMA GNSS RTK (100 ha)

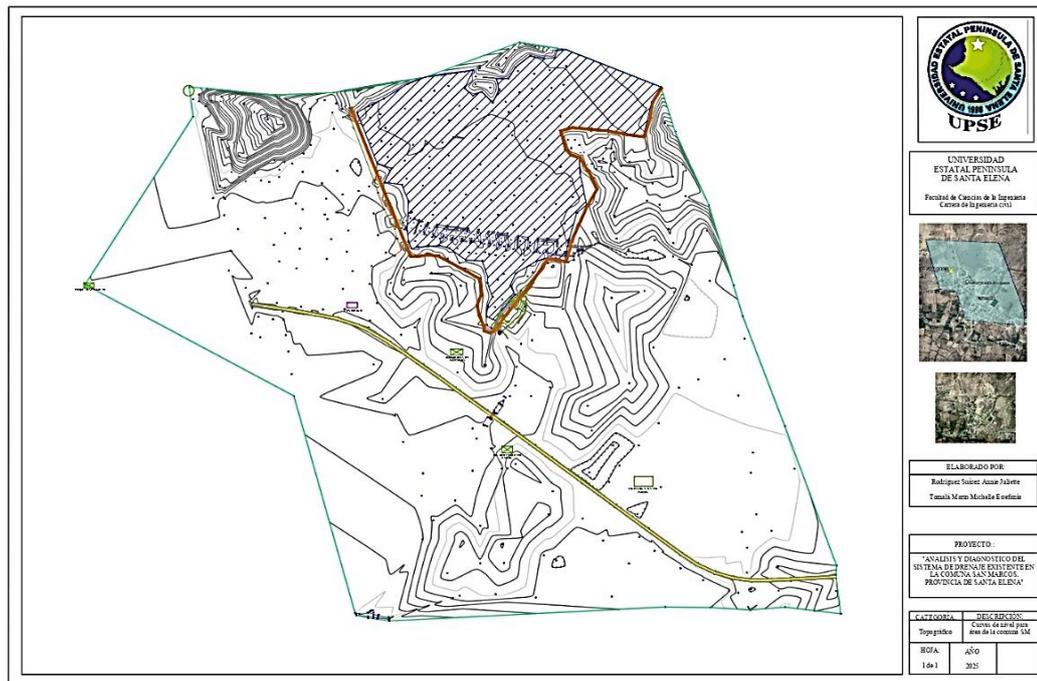
3.5.1. Levantamiento topográfico.

El levantamiento topográfico se realizó en 100 ha con el equipo GNSS RTK que proporciona datos y características de mayor precisión en comparación al uso de otro tipo de sistema. Para reducir el tiempo del levantamiento, la toma de puntos fue realizada en cada cambio de pendiente visible, con un total de 810 cotas.

Los datos obtenidos fueron procesados en el software Autocad Civil 3D, permitiendo realizar el trazado de curvas de nivel con equidistancias de 2 m y 10 m mediante la herramienta *Surface*.

Figura 29

Levantamiento topográfico de la comuna San Marcos.



Nota. Elaborado y obtenido de *AutoCad Civil 3D*.

3.5.2. Topografía de la albarrada y aliviadero de la comuna San Marcos

Se graficaron zonas clave del área en estudio dentro del levantamiento, para obtener las cotas máximas de la corona de la albarrada y el aliviadero existente como se muestra en la figura 29. Los resultados se muestran en la sección 4.1.2.

3.6. METODOLOGÍA DEL O.E.2.: DELIMITACIÓN DE LAS SUBCUENCAS APORTANTES A LA ALBARRADA SAN MARCOS MEDIANTE EL SOFTWARE ARCGIS.

3.6.1. Cuencas hidrográficas.

Para delimitar las subcuencas que aportan caudales a la albarrada San Marcos, se requiere un Modelo de Elevación Digital (DEM) del que se pueda extraer la información necesaria mediante el software ArcGis. En este caso, el archivo en formato ráster fue facilitado por el GAD municipal de Santa Elena, el cual ya contaba con la georreferenciación en coordenadas geográficas WGS84 UTM Zona 17S.

Figura 30

Modelo de Elevación Digital de la provincia de Santa Elena. Escala 1:750.000



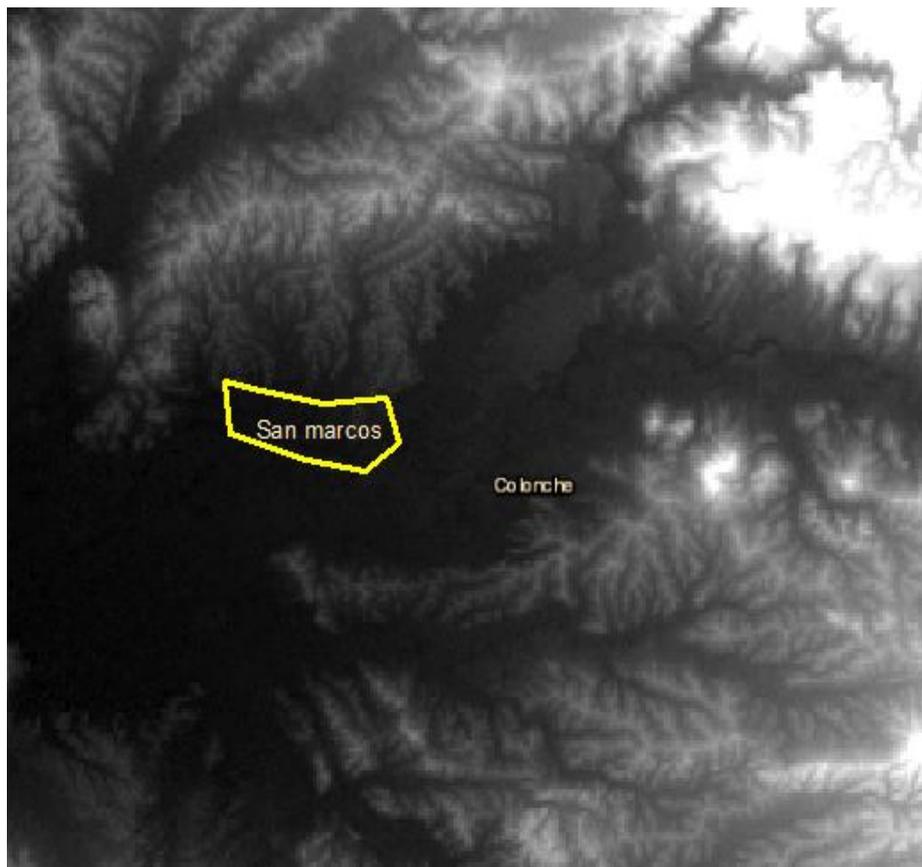
Nota. Extraído de ArcGis. GADM de Santa Elena (2024)

La resolución de escena por píxel es de 12.5 m, es decir entre píxel y píxel hay una diferencia de altura mínima de 12.5 m y su escala depende del formato en el que se presente.

Para mejores resultados se extrajo un polígono utilizando la herramienta *clip* de ArcGis, el ráster recortado se muestra a continuación.

Figura 31

Modelo de elevación digital de la comuna San Marcos. Escala 1:100.000



Nota. Elaborado y obtenido de *ArcGis*.

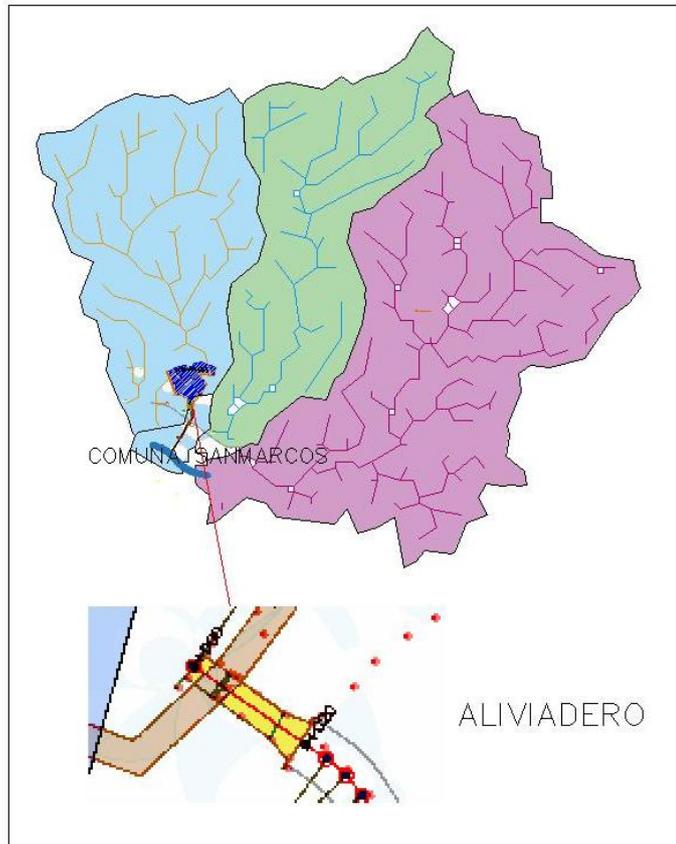
El procesamiento empieza al aplicarle la herramienta *fill*, la cual permite llenar los espacios vacíos que contenga, el resultado será otro archivo DEM que sirve como data de entrada para usar las otras herramientas *flow direccion*, *flow accumulation* y *watershed*, en ese orden respectivamente. Estas herramientas pertenecen al menú desplegable *Arctoolbox* de *ArcGis*.

Una vez señalado el punto de desfogue, se formarán las subcuencas de drenaje existentes en el área.

Se obtienen tres subcuencas que drenan sus aguas en la albornada San Marcos y cerca de ella.

Figura 32

Cuencas hidrográficas aportantes a la albornada San Marcos. Escala 1:80.000



Nota. Elaborado y obtenido de *ArcGis*.

Mediante las herramientas para edición de dibujo de la sección capas y símbolos se le asignó un color y una letra de izquierda a derecha a cada subcuenca como se describe a continuación, A (celestes), B (verde) y C (rosado), para observar de mejor forma las características de cada una.

Además, se graficó la albornada de la comuna San Marcos con un polígono diferenciado con color rojo, el cauce principal y drenajes existentes de las tres subcuencas, todo lo antes descrito se puede observar en la *figura 32*.

Los resultados extraídos del software para el respectivo análisis de área, perímetros y otros factores influyentes se mostrarán en los apartados 4.2.1 y 4.2.2.

3.7. METODOLOGÍA DE O.E.3.: CÁLCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA PARA DETERMINAR LOS CAUDALES TRIBUTADOS POR LAS SUBCUENCAS APORTANTES.

3.7.1. Precipitaciones Medias Mensuales.

El Instituto Geográfico Militar (2013) en su memoria técnica localiza un proyecto denominado GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25.000, en donde se refleja el estudio hidrológico de las estaciones meteorológicas de la provincia de Santa Elena. Una de ellas realizada en la estación COLONCHE (M780), cuyos datos servirán como referencia para obtener datos hidrológicos representativos puesto que la estación está ubicada dentro de la cuenca de interés antes descritas. Se consideran cifras desde el año 1985 hasta el 2009.

Tabla 4
Datos de precipitaciones medias mensuales

MES	mm
Enero	25,86
Febrero	116,76
Marzo	83,91
Abril	43,21
Mayo	8,16
Junio	4,96
Julio	3,03
Agosto	4,68
Septiembre	1,03
Octubre	5,07
Noviembre	4,15
Diciembre	2,58
Σ	303,4
\bar{x}	25,28
S_x	37,79

Nota. Datos de la estación Colonche M780. Tomado de IGM (2013).

3.7.2. Precipitaciones diarias máximas.

Del estudio hidrológico realizado por (Rivero Solorzano, 2024) para cinco estaciones de la provincia de Santa Elena: Colonche M780, El Suspiro M245, Barcelona M782, El Corozo M785 y Manglaralto M619, se tomarán los datos de precipitaciones diarias máximas de la estación Colonche M780 con latitud 2°1'0" y longitud 80°40'0".

Tabla 5

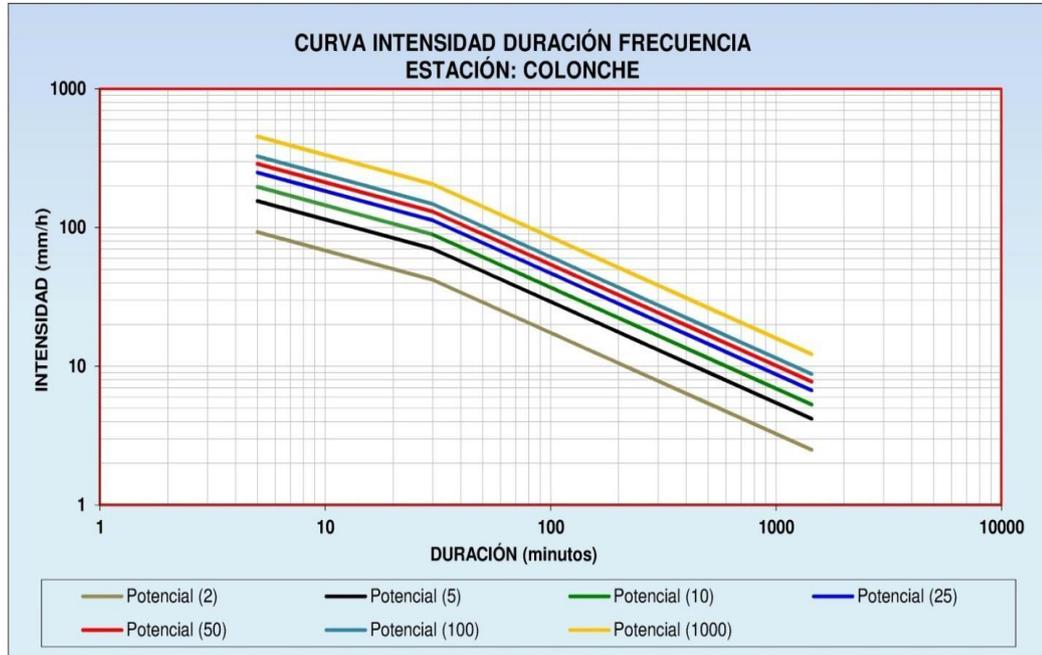
Datos de precipitación máxima en 24hr (mm).

n	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁX
1	1985	46.60
2	1986	160.70
3	1987	260.40
4	1988	62.40
5	1989	159.80
6	1990	51.90
7	1991	159.20
8	1992	274.20
9	1993	201.80
10	1994	122.30
11	1995	71.00
12	1996	43.20
13	1997	320.80
14	1998	430.40
15	1999	132.80
16	2000	23.30
17	2001	161.10
18	2002	164.80
19	2003	95.80
20	2004	59.50
21	2005	33.00
22	2006	99.60
23	2007	60.40
24	2008	185.90
25	2009	91.40
	Σ	3472.30
	\bar{x}	138.89
	S_x	99.69

Tomado de Rivero Solorzano (2024).

Figura 33

Curva IDF para estación COLONCHE (M780)



Nota. Tomado de Rivero Solorzano (2024)

En el libro de los autores (CHOW et al., 1994) se recomienda utilizar el método de Gumbel Tipo I para estimar la magnitud de eventos poco frecuentes, pero de gran impacto, lo cual se vuelve necesario para cualquier tipo de diseño de drenaje pues incluye el cálculo de caudales máximos probables. Por esta razón, se usará esta distribución probabilística, con el fin de describir los eventos extremos.

La ecuación de la función probabilística de no ocurrencia es:

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

Donde:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{X} - \frac{U_y}{\alpha}$$

σ_y y u_y : coeficiente de Gumbel según el tamaño de la muestra.

S: desviación estándar de la muestra.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores de σ_y y u_y .

Tabla 6

Coefficientes de Gumbel

n	U_y	σ_y
10	0.4952	0.9496
15	0.5128	1.0206
20	0.5236	1.0628
25	0.5309	1.0914
30	0.5362	1.1124
35	0.5403	0.1285
40	0.5436	1.1413
45	0.5463	1.1518
50	0.5484	1.1607
55	0.5504	1.1682
60	0.5521	1.1747
65	0.5535	1.1803
70	0.5559	1.1854
75	0.5559	1.1898
80	0.5569	1.1938
85	0.5578	1.1974
90	0.5586	1.2007
95	0.5593	1.2037
100	0.56	1.2065

Nota. Tomado de *Corapi y Nuñez Neira (2022)*.

Para obtener el valor de la precipitación X de acuerdo con el periodo de retorno, se realiza un despeje y la ecuación sería la siguiente.

$$X = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right)$$

Para la estación Colonche (M780) datan cifras desde 1970 hasta 2009, con un n = 25 (años para la distribución) para el respectivo cálculo.

Los datos obtenidos se muestran a continuación:

$$\sigma_y = 0.5309$$

$$u_y = 1.0914$$

$$\alpha = 0.0109$$

$$\beta = 90.40$$

Las precipitaciones diarias máximas probables X para distintos periodos de retornos, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 7

Precipitaciones diarias máxima probables

PERIODO	PRECIPITACION	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	CORRECCION INTERVALO FIJO
AÑOS	X (mm)	F _x (%)	X*1.13 (mm)
2	123.88	50%	139.98
5	227.40	20%	256.97
10	295.95	10%	334.42
25	382.55	4%	432.29
50	446.80	2%	504.89
100	510.58	1%	576.95
500	657.95	0%	743.48

El estudio utiliza un periodo de retorno de 50 años dando como resultado 504.89mm.

3.7.3. Precipitaciones máximas horarias.

Las precipitaciones diarias máximas probables se redistribuirán en precipitaciones horarias para los mismos periodos de retorno, usando los coeficientes de redistribución mostrados a continuación.

Tabla 8

Coefficientes para la conversión de lluvias diarias a lluvias horarias

HORAS									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Nota. Tomado de *Dávila y Rivera (2018)*.

Los coeficientes de distribución mencionados anteriormente serán importantes para obtener las precipitaciones máximas horarias como se muestra a continuación.

Tabla 9*Precipitaciones máximas horarias.*

DURACION		PRECIPITACION MAXIMA PD POR TIEMPO DE DURACIÓN						
HORAS	COCIENTE	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24h	100%	139.98	256.97	334.42	432.29	504.89	576.95	743.48
18h	91%	127.38	233.84	304.32	393.38	459.45	525.03	676.57
12h	80%	111.98	205.57	267.54	345.83	403.91	461.56	594.79
8h	68%	95.19	174.74	227.41	293.95	343.32	392.33	505.57
6h	61%	85.39	156.75	204.00	263.69	307.98	351.94	453.53
5h	57%	79.79	146.47	190.62	246.40	287.79	328.86	423.79
4h	52%	72.79	133.62	173.90	224.79	262.54	300.02	386.61
3h	46%	64.39	118.20	153.83	198.85	232.25	265.40	342.00
2h	39%	54.59	100.22	130.42	168.59	196.91	225.01	289.96
1h	30%	41.99	77.09	100.33	129.69	151.47	173.09	223.05

Para determinar la intensidad de la lluvia en horas, se deben dividir cada uno de los valores de la tabla anterior para distintas horas que corresponden a la *Tabla 10*.

Tabla 10*Intensidad de la lluvia en horas para cada periodo de retorno.*

DURACIÓN	INTENSIDAD DE LA LLUVIA SEGÚN EL PERIODO DE RETORNO (mm/h)						
Horas	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	5.83	10.71	13.93	18.01	21.04	24.04	30.98
18 hr	7.08	12.99	16.91	21.85	25.52	29.17	37.59
12 hr	9.33	17.13	22.29	28.82	33.66	38.46	49.57
8 hr	11.90	21.84	28.43	36.74	42.92	49.04	63.20
6 hr	14.23	26.12	34.00	43.95	51.33	58.66	75.59
5 hr	15.96	29.29	38.12	49.28	57.56	65.77	84.76
4 hr	18.20	33.41	43.47	56.20	65.64	75.00	96.65
3 hr	21.46	39.40	51.28	66.28	77.42	88.47	114.00
2 hr	27.30	50.11	65.21	84.30	98.45	112.51	144.98
1 hr	41.99	77.09	100.33	129.69	151.47	173.09	223.05

3.7.4. Formula de intensidad de lluvia.

La intensidad de lluvia se puede obtener con una ecuación en la que se relaciona el tiempo de concentración, periodo de retorno y parámetros de ajustes que van de acuerdo con una estación hidrológica en específico.

$$I = \frac{k * T^m}{t^n}$$

Donde:

I: Intensidad de precipitación (mm/h)

T: Periodo de retorno (años)

t: Duración de la lluvia (min)

k, m, n: Parámetros de ajuste

Para la obtención de los parámetros k, m y n se realiza una primera regresión potencial donde se encuentran los coeficientes d (término constante de regresión potencial) y n (coeficiente de regresión), debido al cambio de variable se realiza una segunda regresión potencial entre el periodo de retorno (T) y el término (d) para finalmente encontrar k y m.

Sin embargo, para el cálculo de intensidades de lluvia de esta investigación los coeficientes k, m y n serán tomados de la estación Barcelona (M782) por su cercanía a la región de estudio y de acuerdo con (Corapi & Nuñez Neira, 2022) son los siguientes valores:

Termino constante de regresión (k) = 193.565

Coficiente de regresión (m)= 0,2703

Coficiente de regresión (n)= 0,616

De esta forma la ecuación de intensidad de lluvia para la estación es:

$$I = (193.565)t_c^{-0,616}T^{0,2703}$$

De acuerdo a un informe presentado por el INAMHI (2019) la provincia de Santa Elena presenta un déficit en la cantidad de estaciones pluviométricas

existentes, por lo tanto, los datos de la estación Barcelona M782 no proporcionan una ecuación de intensidad ajustada.

Bajo esta condición, se tomarán datos de la estación activa más cercana al sitio, para establecer una mejor comparación de datos, en este caso la estación Julcuy con código M169 perteneciente a la provincia de Manabí, que facilita las siguientes ecuaciones de intensidades para distintos valores de duración de lluvia como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 11

Ecuaciones de intensidad de lluvia

ESTACION JULCUY (M0169)	
ECUACIÓN DE INTENSIDAD	INTERVALOS
$I = (161.6041)t_c^{-0.4192}T^{0.2087}$	5 a 30 minutos
$I = (302.5648)t_c^{-0.6122}T^{0.2098}$	30 a 120 minutos
$I = (1043.3208)t_c^{-0.8892}T^{0.2669}$	De 120 a 1440 minutos

Nota. Tomado de INAMHI (2019).

El estudio previo realizado en la comuna San Marcos demostró que el valor de la duración de tiempo de lluvia es mayor a 2 horas se procede a escoger la tercera ecuación con intervalo de 120 min a 1440 min.

Los resultados de precipitaciones máximas en ambas estaciones se muestran en la sección 4.3.1.

3.7.5. Coeficiente de escorrentia (C).

Para determinar el coeficiente de escorrentía se utilizará la *Tabla 12* dispuesta por la MTOP donde se muestran distintos valores de coeficiente C distribuidos en ciertas características.

3.7.6. Cobertura vegetal.

En el estudio denominado GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25.000, se generó geo información sobre la cobertura vegetal natural y uso de

tierras predominantes de la provincia de Santa Elena, el cual clasificó a la zona como coberturas de matorral seco con moderada alteración, bosque seco con intervención moderada y baja, vegetación herbácea seca con mucha degradación, bosques húmedos con poca alteración, matorrales secos con bajo impacto y matorral seco con alta perturbación (SEMPLADES; Ministerio de defensa, 2013).

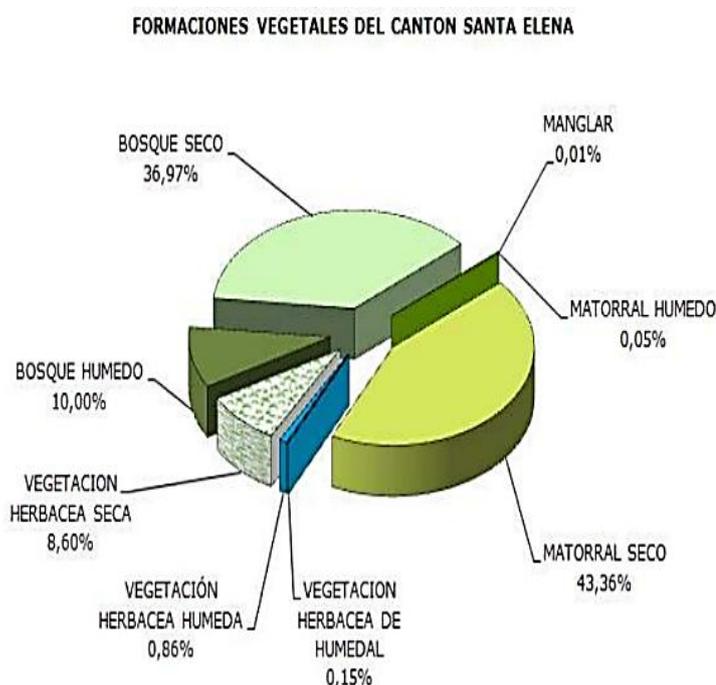
Tabla 12
Coefficientes de escorrentía C.

COEFICIENTES DE ESCORRENTIA C						
COBERTUR A VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		>50%	>20 %	>5%	>1%	<1%
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	SEMIPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	PERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.60	0.65	0.50	0.45	0.40
	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
BOSQUES DENSA	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Nota. Tomado de *MTOP* (2003)

Figura 34

Formaciones vegetales con relación a la cobertura vegetal del cantón Santa Elena



Nota. Tomado de *Ministerio de Defensa Nacional y SEMPLADES (2013)*.

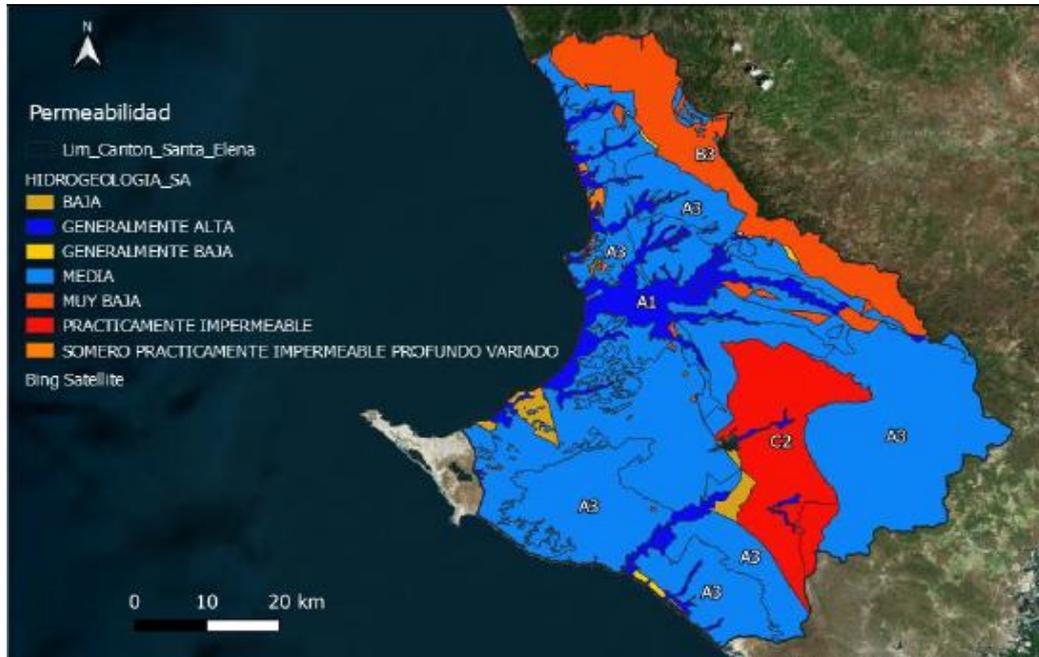
Por lo tanto, el área de estudio presenta una cobertura de vegetación *arbustiva* y según la clasificación de la *Tabla 12*, se encuentra en la categoría de hierba y grama.

3.7.7. Permeabilidad.

Dentro del Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Santa Elena, realizado y emitido en el 2020 por la empresa pública UPSE, se encuentra el apartado Hidrogeología en el que se encuentra el análisis de la permeabilidad de rocas y sedimentos del cantón en base a la red hidrográfica presente por la cordillera Chongón-Colonche. Por lo tanto, se puede clasificar la zona de interés de acuerdo a la siguiente figura.

Figura 35

Permeabilidad de rocas y sedimentos de la provincia de Santa Elena.



Nota. Tomado de *Empresa Pública Upse* (2020).

Se establece entonces que, la zona a la que pertenece la comuna San Marcos es categorizada como SEMIPERMEABLE.

3.7.8. Pendiente media (s).

Para el cálculo de la pendiente media se puede emplear la fórmula que relaciona el desnivel de los cauces y su longitud.

$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$$

Donde:

L= Longitud total del cauce de la cuenca.

H. máx.= Cota máxima de la cuenca.

H. min = Cota mínima de la cuenca

3.7.9. Coeficiente C.

Se estima el valor de C para las tres subcuencas aportantes como se muestra a continuación en la *Tabla 13*.

Tabla 13

Coefficientes de escorrentía de las áreas de drenaje según la cobertura vegetal, permeabilidad del suelo y pendiente media de los cauces.

AREA	COBERTURA VEGETAL	PERMEABILIDAD	PENDIENTE	C
1			0.04	0.30
2	HIERBA Y GRAMA	SEMIPERMEABLE	1.10	0.35
3			0.94	0.30

Nota. Elaboración propia

Se observa que para la zona de estudio el valor de C promedio es de 0.32.

3.7.10. Caudal máximo de escorrentía

Para el cálculo de los caudales máximos de cada cauce se empleará el método racional, el cual se utiliza para determinar el caudal máximo de escorrentías en cuencas pequeñas o también denominadas subcuencas (CHOW et al., 1994). La fórmula se detalla a continuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal máximo (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación (mm/h)

A = Área de drenaje (km²)

3.7.11. Tiempo de concentración (t_c).

El tiempo de concentración es un factor importante para el cálculo de intensidad de lluvia, se utilizará la fórmula de Rowe porque se empleará para una cuenca pequeña. Según (CHOW et al., 1994) este método ha sido recomendado para cuencas de dimensiones reducidas, ya que considera la longitud del cauce y su pendiente media, lo que permite obtener un valor representativo para el uso del método racional.

La fórmula de Rowe se describe a continuación:

$$tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

L = Longitud máxima del recorrido de agua precipitada

H = Diferencia entre la cota máxima y mínima del recorrido

3.7.12. Caudal tributado por subcuencas.

Los caudales aportantes por las tres subcuencas del área se presentarán en los resultados descritos en la sección 4.3.2.

3.8. METODOLOGIA DEL O.E.4: PREDISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE HIDRÁULICO PARA EL ALIVIADERO.

3.8.1. Caudal vertido por el aliviadero.

Para el cálculo del caudal que pasa por el aliviadero se tomaran en cuenta las características físicas de la estructura existente según indica (U.S.B.R, 2015). Se empleará la fórmula de la sección 2.1.34 como se muestra a continuación.

$$Q = CLH^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q= caudal

C= coeficiente de desagüe

L= longitud efectiva

H= altura de la lámina vertiente

El valor del coeficiente de descarga escogido fue de 1.705, valor típico para vertederos de pared gruesa como el que posee el aliviadero de la albarrada San Marcos. La longitud efectiva L se obtuvo de las mediciones in situ dando un valor de 4 m. La altura de carga H depende del nivel de aguas máximo (NAM) y el nivel

de aguas normales NAN, el valor del NAM es igual a la cota máxima del aliviadero y el NAN es la cota habitual de embalse con un aproximado de 15 m por lo tanto el valor de H es 0.43 m.

El caudal que pasa por el aliviadero será el caudal total empleado para el prediseño del sistema de drenaje de la albarrada San Marcos porque es el que constituye el punto de evacuación real del sistema. Los resultados se mostrarán en la sección 4.4.1.

3.8.2. Sistema de drenaje

El sistema de drenaje diseñado para evacuar las aguas excedentes de la albarrada San Marcos fue trazado dentro del levantamiento topográfico para obtener su perfil longitudinal por medio del software AutoCad Civil 3D.

Estará compuesto por dos canales y una alcantarilla tipo ducto cajón, en tres tramos respectivamente siguiendo el orden canal – ducto cajón– canal. El ancho de solera (base) del primer canal deberá tener una dimensión igual o mayor al ancho de la salida del aliviadero el cual mide 6 m de ancho, por lo tanto, debe poseer una estructura de transición hasta alcanzar una menor longitud de base.

3.8.3. Diseño de canales

Se propone un canal con revestimiento de hormigón de 10 cm de espesor debido a que para caudales moderados o altos se usa este tipo de estructuras para mejorar la estabilidad y la eficiencia hidráulica (Chow, 2004) . La secciones transversales serán de forma trapezoidal, (Villón Bejar, 2007) menciona que para canales revestidos este tipo de secciones es la más practica y correcta.

3.8.4. Caudal conducido por canales

Para determinar el caudal que será transportado por los canales se usará la ecuación mostrada en la sección 2.1.26.

3.8.4.1. Velocidad de diseño en canales

Las velocidades se calcularán de acuerdo a la ecuación de Manning que se muestra en la sección 2.1.26.

3.8.4.2. Pendiente longitudinal de diseño

Se tomarán los valores de las pendientes longitudinales obtenidas en el trazado del canal dentro del levantamiento topográfico.

3.8.4.3. Talud

En las paredes de todos los canales trapezoidales de este diseño se empleará un talud de 1.5:1 (h:v).

3.8.4.4. Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de Manning adecuado para aplicar en canales revestidos de hormigón según el libro Hidráulica de Canales (2007) es de $n = 0.013$.

3.8.4.5. Área hidráulica del canal

Las fórmulas presentadas en la *figura 37* son las que se aplican para encontrar los valores de área, perímetro y radio de canales con distintas secciones.

3.8.5. Transición de canal trapezoidal-trapezoidal con entrada alabeada.

Para mayor agilidad en los cálculos, se utilizará el software hidráulico HCANALES para hacer la transición de entrada; esta opción se encuentra en el apartado *Estructuras*. Se recalca que este programa solo diseña transiciones alabeadas y por defecto el coeficiente en pérdida de transición k es 0.1.

En la *figura 36*, se muestran los datos que se deben colocar para el correcto procedimiento.

3.8.6. Diseño de alcantarilla.

El ducto cajón diseñado estará ubicado perpendicular a la vía San Marcos – Barbascal y servirá de conexión de los dos tramos de canal, siendo este el segundo tramo del sistema de drenaje hidráulico.

3.8.7. Caudal de diseño para alcantarilla ducto cajón.

Se usará la fórmula que se muestra en la *sección 2.1.26* para obtener el caudal de diseño, tomando en cuenta la sección transversal escogida y los parámetros involucrados como el ancho, altura, tirante crítico, tipo de material y pendiente.

Se procede con la selección de las dimensiones adecuadas mediante un método iterativo, donde se compara el caudal vertido por el aliviadero y el caudal que se transportará por el sistema de drenaje.

3.8.7.1. *Velocidad de diseño de flujo.*

Se utilizará la ecuación de Manning mostrada en la *sección 2.1.26* para el diseño de alcantarillas, para verificar que se cumplan las velocidades requeridas.

3.8.7.2. *Coficiente de rugosidad de Manning (n).*

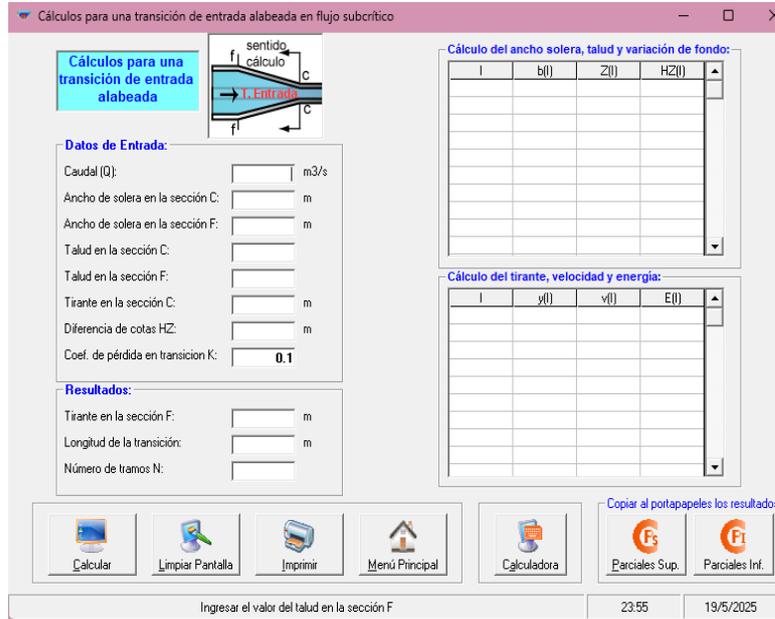
En el diseño de las alcantarillas tipo ducto cajón de hormigón y conforme a la tabla emitida por la MTOP se usará un valor de coeficiente de Manning de $n= 0.012$.

3.8.7.3. *Radio hidráulico.*

Para el cálculo del radio hidráulico en alcantarillas tipo ducto cajón como se muestra en la figura 37.

Figura 36

Ventana para el cálculo para una transición de entrada alabeada



Nota. Tomado de HCanales

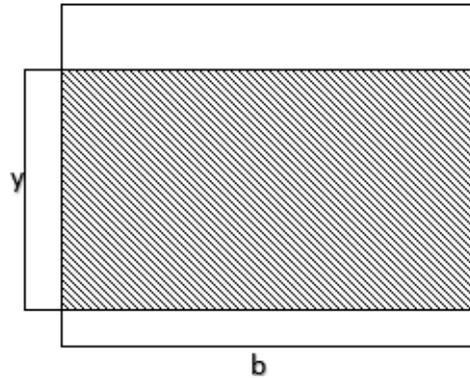
Figura 37

Fórmulas para las secciones mojadas de diferentes tipos de canales.

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta-\text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1-\frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$2/3 Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Nota. Tomado de Ven T-Chow (2004)

Figura 38
Sección de alcantarilla rectangular



Nota. Elaboración propia

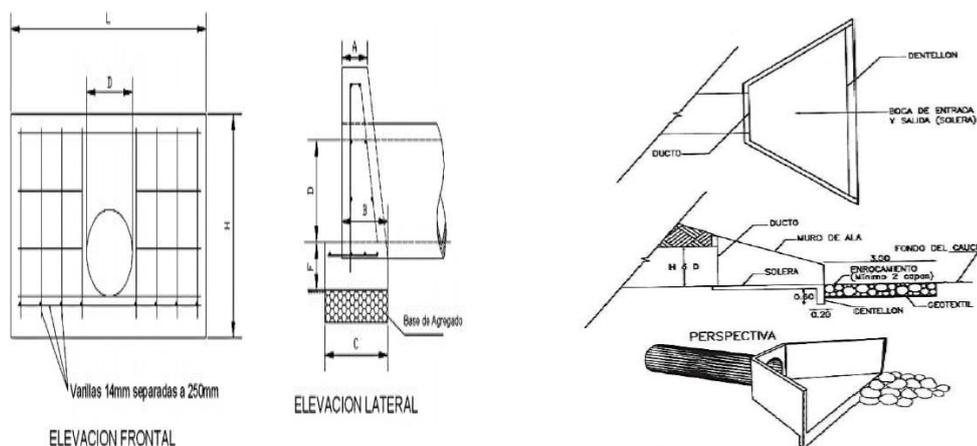
Debido a que la sección es rectangular se utilizara la siguiente formula:

$$R = \frac{by}{b+2y}$$

3.8.7.4. Sección de cabezal y muros de alas en entrada y salida para alcantarilla ducto cajón.

Para realizar el diseño de alcantarilla tipo ducto cajón se toma en cuenta las consideraciones de la *Tabla 14*.

Figura 39
Modelo de entrada y salida de alcantarillas circulares y/o rectangulares



Nota. Tomado de *MTOP*, (2003)

Se recomiendan las siguientes dimensiones para el cabezal según la altura de la alcantarilla.

Tabla 14

Dimensiones del cabezal de la alcantarilla según el diámetro de la tubería seleccionada

		Diámetro de tubería (m)								
		Φ	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2	2.2	2.4
Dimensiones(m)	A	0.35	0.38	0.38	0.4	0.42	0.45	0.48	0.5	
	B	0.75	0.85	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	
	C	1	1.1	1.15	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	
	D	1.15	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2	2.2	
	F	0.25	0.28	0.28	0.3	0.32	0.33	0.35	0.38	
	H	1.8	2	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8	3	
	L	5	5.6	6	6.3	7.1	8	8.6	9.4	

Nota. Tomado de *MTOP* (2003)

Nótese que esta tabla se usa tanto para secciones circulares como rectangulares, en este caso se homologa el diámetro por la altura de la alcantarilla.

3.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 15

Operacionalización de variables independientes

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	
Independiente	Datos hidrológicos	Son parámetros que permiten conocer el comportamiento del ciclo hidrológico para el análisis de fenómenos hídricos.	Análisis de precipitaciones establecidas por estaciones meteorológicas.	Intensidad de lluvia	Método Gumbel Tipo I	mm/h
				Tiempo de concentración	Ecuación de Rowe	min
				Periodo de retorno	Criterio de diseño	años
Independiente	Factores y características geográficas.	Conjunto de elementos que pertenecen a la región de estudio que caracterizan relieve, clima, vegetación y extensión.	Topografía de la región mediante levantamiento con sistema GNSS RTK. Estudio basado en modelos de elevación digital	Áreas de subcuencas	Mapas ráster digitalizados de la región con el software ArcGIS	km ²
				Pendiente de cauces	Desnivel de los cauces	%
				Longitud de cauces	Topografía de los cauces	m
Independiente	Material del sistema de drenaje	Componentes hidráulicos de materiales que garantizan durabilidad y resistencia conforme al entorno.	Elección del material del sistema de drenaje para el prediseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial	Tipo de material	Concreto, tierra, PVC.	Cualitativa

Tabla 16

Operacionalización de variables dependientes

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	
DEPENDIENTE	Caudales	Es la estimación en la que transita o cruza el agua por una sección de infraestructura en un lapso de tiempo definido.	Datos históricos enlazados en precipitaciones.	Permeabilidad del suelo	Coefficiente C	%
				Intensidad de lluvia	Método Gumbel Tipo I	mm/h
				Área de drenaje	Geografía	m ²
				Tiempo de concentración	Fórmula Rowe	min
DEPENDIENTE	Prediseño del sistema de drenaje pluvial en la albarrada San Marcos	Su objetivo principal es recoger, transportar y descargar aguas lluvias para evitar inundaciones	Sección de canales y alcantarillas	Velocidad de flujo	Ecuacion de Manning	m/s
				Area de sección	Geometria de seccion llena	m ²
				Pendiente	Topografía	o/o
				Captación	Caudal de diseño	m ³ /s

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.1 INFORMACIÓN TOPOGRAFICA DE 100 Ha QUE INCLUYE ALBARRADA Y ALIVIADERO DE LA COMUNA SAN MARCOS

4.1.1. Datos del levantamiento topográfico

De acuerdo al plano expuesto en la *Figura 29* el terreno presenta curvas de nivel relativamente juntas lo que indica la presencia de pendientes considerables, por otro lado, también se observan curvas con más espacios entre ellas lo que indica un terreno plano, si existen estas dos características se considera que la zona posee un terreno *ONDULADO*.

4.1.2. Cotas máximas de la albarrada y el aliviadero.

La zona donde están ubicadas la albarrada y el aliviadero es la principal área de estudio, la cual se levantó con más detalle.

De esta forma se obtuvieron diferentes valores en las cotas máximas de la corona de la albarrada tomando en total diez puntos alrededor de ella. Otro valor mostrado será el de la cota máxima del aliviadero, que también se denomina como NAM (Nivel de Aguas Máximo), que será un factor clave para cálculos posteriores.

Se detallan los diez puntos de la corona y uno del aliviadero como se muestra a continuación en la *Tabla 17* y gráficamente en la *Figura 40*.

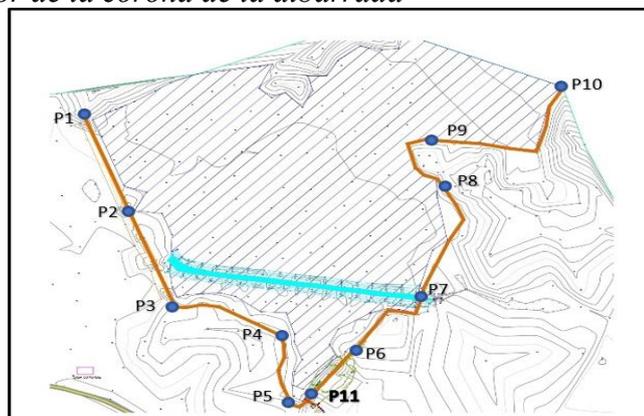
Se observan variaciones en la altura de las paredes de la albarrada respecto a la cota máxima del aliviadero, que oscilan de 1 m a 4 m, lo que indica una no homogeneidad en el nivel superior o corona de la albarrada.

Tabla 17
Datos del levantamiento topográfico de la zona de estudio

ZONA	PUNTO	COORDENADAS		COTA MÁXIMA
		NORTE	ESTE	
CORONA ALBARRADA	1	541084.13	9778262.17	19.40
	2	541213.38	9777936.61	17.77
	3	541248.58	9777940.28	18.34
	4	541362.20	9777887.16	17.36
	5	541374.08	9777771.41	18.46
	6	541438.33	9777835.54	19.21
	7	541509.46	9777931.68	16.21
	8	541604.18	9778105.79	17.05
	9	541734.90	9778274.47	18.25
	10	541755.36	9778307.50	19.01
ALIVIADERO	11	541398.91	9777777.25	15.43

Figura 40

Puntos alrededor de la corona de la albarrada



Nota. Elaboración propia

4.2. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.2.: DATOS HIDROLOGICOS DE LAS SUBCUENCAS APORTANTES A LA ALBARRADA DE LA COMUNA SAN MARCOS

4.2.1. Datos de las subcuencas hidrológicas.

A continuación, se muestra la tabla de las áreas y los perímetros de las tres subcuencas que aportan caudal a la zona de estudio, calculado con el software ArcGis.

Tabla 18
Áreas de drenaje de la zona de estudio

SUPERFICIE	CLASIFICACIÓN	ÁREA		PERÍMETRO	
		km ²	ha	km	m
A	SECTOR	8.30	830.00	0.015	15.00
B	SECTOR	9.14	914.11	0.019	19.00
C	SECTOR	16.95	1694.85	0.02	20.00
	Σ	34.39	3438.95	ÁREA TOTAL DE DRENAJE	

En la tabla se muestra que la subcuenca más grande es la C, lo que indica que es la que cuenta con más área de drenaje, sin embargo, la subcuenca que aporta caudal directo a la albarrada es la A. Además, se clasifican como SECTOR de acuerdo con la *Tabla 3* de la sección 2.2.1.1.

4.2.2. Datos de los cauces principales de las subcuencas hidrológicas.

Otros datos de la red hídrica que se pudieron extraer con software ArcGIS se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 19
Datos de los cauces principales de las áreas de drenaje

SECTOR	LONGITUD DEL CAUCE	COTA SUPERIOR	COTA INFERIOR
	m	m.s.n.m	m.s.n.m
A	2374.3	10.00	9.00
B	2690.21	34.56	5.00
C	2124.6	25.00	5.00

Mediante la información obtenida se analiza que la longitud de cauce más grande es el de la subcuenca o sector B con una extensión total de 2690.21 metros, pero la subcuenca que aporta caudal a la albarrada San Marcos es la que posee una extensión de 2374.30 m (Sector A).

4.3. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.3 DETERMINACIÓN DE ECUACIÓN DE INTENSIDAD Y CAUDALES TRIBUTADOS POR LAS SUBCUENCAS APORTANTES A LA ALBARRADA DE LA COMUNA SAN MARCOS.

4.3.1. Intensidad de lluvia de dos estaciones hidrometeorológicas.

Se establecen y estiman las intensidades de lluvia de acuerdo con distintos tiempos de duración y periodos de retorno para la estación Barcelona (M782) y Julcuy (M169).

Tabla 20

Intensidades de lluvia para estación Barcelona (M782)

PERIODO DE RETORNO	TABLA DE INTENSIDADES - TIEMPO DE DURACIÓN											
	DURACIÓN DE LLUVIA (min)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	86.57	56.47	43.98	36.84	32.10	28.69	26.09	24.03	22.35	20.94	19.75	18.71
5	110.91	72.34	56.35	47.19	41.13	36.75	33.42	30.78	28.63	26.83	25.30	23.98
10	133.76	87.25	67.96	56.92	49.60	44.33	40.31	37.13	34.53	32.36	30.51	28.92
25	171.37	111.78	87.06	72.92	63.55	56.79	51.64	47.56	44.23	41.45	39.09	75.96
50	206.68	134.82	105.01	87.94	76.64	68.50	62.29	57.37	53.35	49.99	47.14	44.68
100	249.28	162.61	126.65	106.07	92.44	82.61	75.12	69.19	64.34	60.30	56.86	53.89
500	385.17	251.25	195.69	163.89	142.83	127.65	116.08	106.91	99.42	93.17	87.85	83.26

Tabla 21*Intensidades de lluvia para estación Julcuy (M169)*

PERIODO DE RETORNO	TABLA DE INTENSIDADES - TIEMPO DE DURACIÓN											
	DURACIÓN DE LLUVIA (min)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	300.08	162.02	112.98	87.48	71.73	61.00	53.18	47.23	42.53	38.73	35.58	32.93
5	383.22	206.91	144.28	111.71	91.61	77.90	67.92	60.31	54.32	49.46	45.44	42.06
10	461.10	248.95	173.60	134.41	110.22	93.73	81.72	72.57	65.36	59.51	54.67	50.60
25	588.85	317.93	221.69	171.65	140.76	119.69	104.36	92.68	83.46	76.00	69.82	110.17
50	708.51	382.54	266.74	206.54	169.37	144.02	125.57	111.51	100.42	91.44	84.01	77.76
100	852.50	460.28	320.95	248.51	203.78	173.29	151.09	134.17	120.83	110.03	101.09	93.56
500	1309.93	707.25	493.17	381.85	313.13	266.27	232.16	206.17	185.67	169.06	155.33	143.76

Los resultados visibles en la *Tabla 20* y *Tabla 21* calculadas para un periodo de retorno de 50 años, indican que la estación Julcuy tiende a superar las intensidades de lluvia de la estación Barcelona, con rangos de 77 a 709 mm/h por lo tanto, lo más adecuado es estimar el caudal probable a la cuenca por medio de esta estación.

4.3.2. Caudales tributados por las subcuencas hidrográficas.

En esta tabla se tabulan los datos obtenidos en las secciones 4.2.1 y 4.2.2; se hallan los caudales máximos para las 3 subcuencas, donde se observa que el caudal de mayor valor es de 148.09 m³/s y el de menor valor es de 23.20 m³/s.

Tabla 22

Datos de los caudales tributados por las cuencas hidrográficas calculadas para un $Tr= 50$ años

SUPERFICIE	DATOS HIDROLOGICOS							DATOS HIDRAULICOS		
	ÁREA	LONGITUD DEL CAUCE	COTA SUPERIOR	COTA INFERIOR	DESNIVEL	PENDIENTE S	T_c	INTENSIDAD DE LLUVIA	C	CAUDAL PROBABLE
	km ²	m	m	m	m	%	min	mm/h	%	m ³ /s
A	8.30	2374.3	10.00	9.00	1.00	0.042	154.45	33.54	0.30	23.20
B	9.14	2690.21	34.56	5.00	29.56	1.099	48.44	94.05	0.35	83.59
C	16.95	2124.6	25.00	5.00	20.00	0.941	42.87	104.85	0.30	148.09

Se menciona que el sector o subcuenca A es el único que aporta caudal a la albarrada San Marcos, por lo tanto, el caudal esperado en esta será de 23.20 m³/s.

4.4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.4. PREDISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA EL ALIVIADERO

Se diseñaron tres tramos, de los cuales el primer y tercer tramo está compuesto por canales trapezoidales y el segundo por un ducto cajón. El perfil longitudinal del trazado del sistema de drenaje se muestra en anexos en el apartado A.2 y A.3

4.4.1. Caudal evacuado por el aliviadero.

De acuerdo a sus dimensiones y otros factores mencionados en la metodología, se calculó el caudal de diseño para el que fue construido el aliviadero de la albarrada San Marcos, como se muestra a continuación.

Tabla 23

Caudal para el que fue construido el aliviadero existente.

DATOS DEL ALIVIADERO				
LONGITUD	ÁREA	ALTURA DEL AGUA H	COEFICIENTE DE DESCARGA C	CAUDAL EVACUADO
m	m²	m	m/m	m³/s
4.00	7.20	0.43	1.705	13.85

El caudal total al punto de drenaje es de 13.85 m³/s.

4.4.2. Diseño de canales

Como se mencionó al principio de esta sección se diseñaron canales para el primer y tercer tramo. En el primero se necesita la disminución progresiva del ancho de solera del canal de 6 m a 2 m, lo cual se consigue por medio de una estructura de transición, que puede ser diseñada por el software HCanales. Se recalca que este software solo diseña transiciones de entrada y salida de tipo alabeada.

El diseño de la transición se lo realizó al mismo tiempo que los canales, pero se menciona en el apartado 4.4.3.

Tabla 24

Diseño de los canales trapezoidales del primer y tercer tramo

TRAMO	ABSCISA	CAUDAL VERTIDO m ³ /s	BASE m	ALTURA m	TALUD h:v	LONGITUD m	PENDIENTE %	TIRANTE HIDR. (Y) m	ÁREA MOJADA m ²	VELOCIDAD DE DISEÑO m/s	CAUDAL DE DISEÑO m ³ /s	ESPESOR DE REVESTIMIENTO m	COTA DE ENTRADA		COTA RASANTE m.s.n.m	COTA DE SALIDA	
													INF	SUP		INF	SUP
													msnm	msnm		msnm	msnm
1	0+17.58	13.85	6	0.60	1.5 : 1	16.00	1	0.45	3.11	5.32	16.51	0.10	14.23	14.83	14.13	14.07	14.67
	TRANSICION ALABEADA. Desnivel de cotas 0.16 m																
	0+32.58	13.85	2	1.20	1.5 : 1	186.42	1	0.90	3.02	5.32	16.03	0.10	14.08	15.28	13.98	12.26	13.46
3	0+240	13.85	2	1.30	1.5 : 1	517.53	0.7	0.98	3.38	4.64	15.66	0.10	12.13	13.43	12.03	6.95	8.25

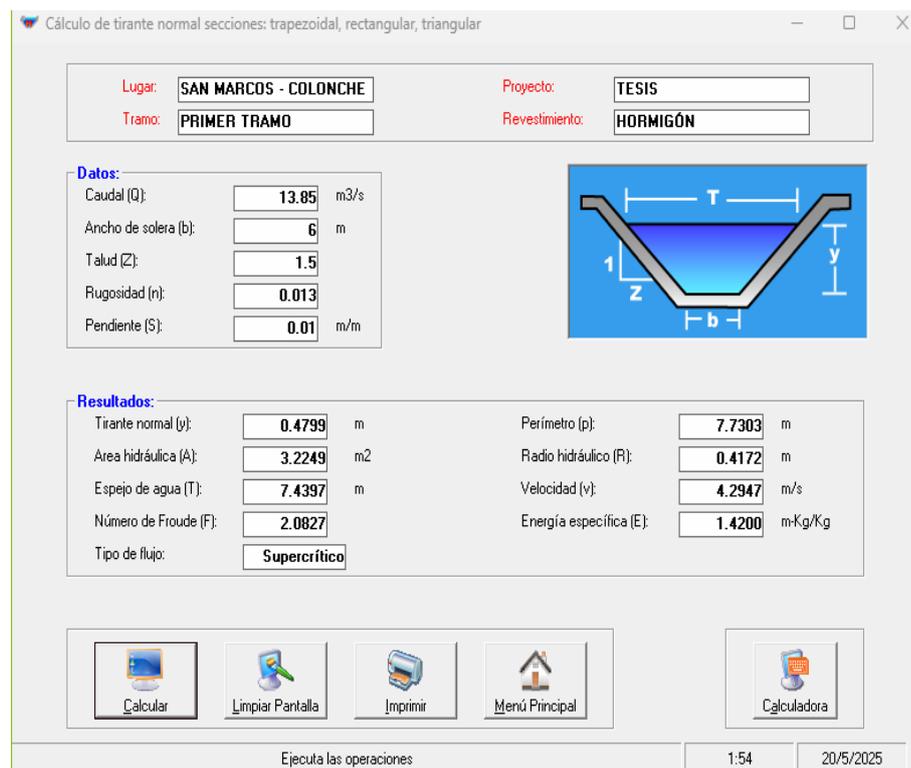
El primer tramo empezará con un canal de ancho de solera de 6 m y 0.60 m de altura en la abscisa 0+17.58, luego se encontrará una transición alabeada que conectará con otro canal de 2 m de ancho y 1.20 m de alto. El ultimo canal diseñado estará ubicado en la abscisa 0+240 después de la vía San Marcos-Barbascal y tendrá una sección de 2 m de ancho y 1.30 m de altura. Todos los canales tendrán un talud de 1.5:1.

Según la tabla 24, se cumple que el caudal de diseño es mayor al caudal probable; además las velocidades son menores a 6 m/s y como lo indica la *Tabla 1* están dentro del rango para canales revestidos.

Para confirmar la veracidad de los resultados se comparó con un diseño hecho en Hcanales, para el canal al pie del aliviadero antes de la transición, el canal después de la transición y el canal después del ducto cajón.

Figura 41

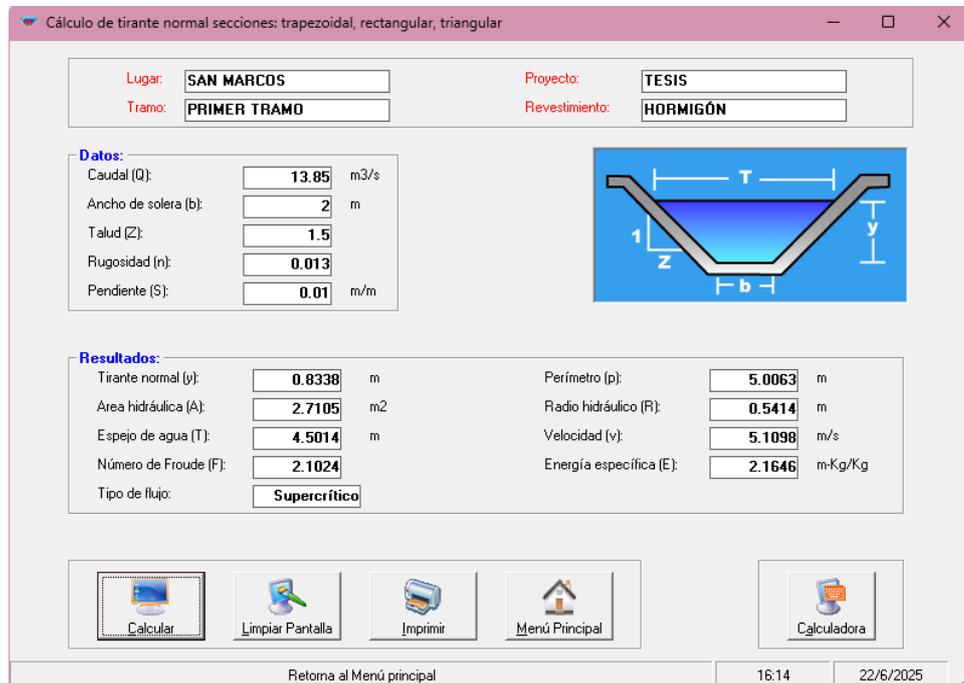
Diseño de canal trapezoidal del primer tramo antes de la transición (abscisa 0+17.58)



Nota. Elaboración propia

Figura 42

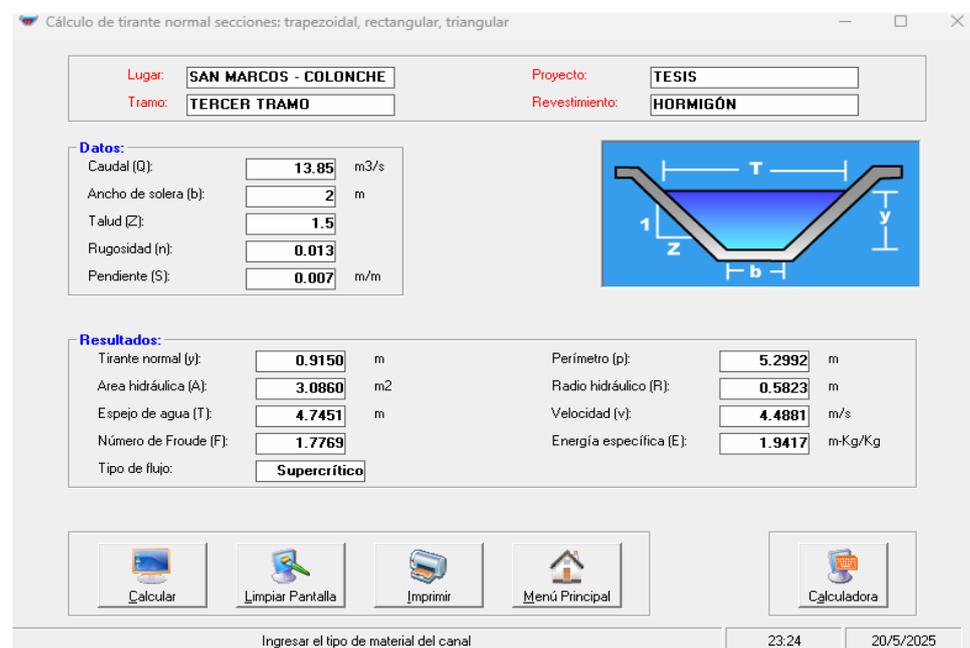
Diseño de canal trapezoidal del primer tramo después de la transición (Abscisa 0+33.58)



Nota. Elaboración propia

Figura 43

Diseño de canal trapezoidal del tercer tramo (Abscisa 0+240)

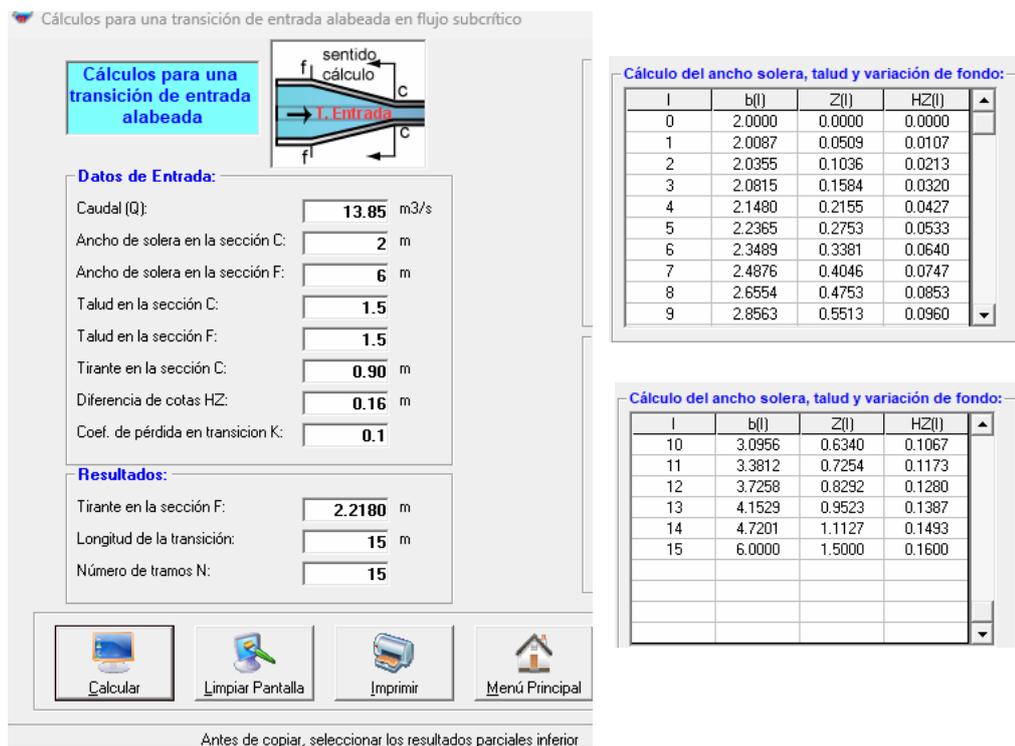


Nota. Elaboración propia

4.4.3. Transición de canal trapezoidal-trapezoidal de forma alabeada.

Con el dato obtenido de caudal para el sistema de drenaje y las dimensiones de las secciones transversales del canal del primer tramo, mediante el software HCanales se obtiene que la transición tendrá una longitud de 15 metros para alcanzar el ancho de solera requerido.

Figura 44
Cálculos para la transición de entrada alabeada en el primer tramo



Nota. Elaboración propia

4.4.4. Diseño de alcantarilla tipo ducto cajón.

Se diseñará una alcantarilla tipo ducto cajón a lo largo de 10 metros que cruzan debajo de la vía San Marcos – Barbascal. A continuación, se muestra una tabla con los cálculos hidráulicos para el diseño.

Tabla 25

Caudal de diseño para alcantarillas tipo ducto cajón.

ABSCISA	CAUDAL VERTIDO	BASE	ALTURA	CAJONES	LONGITUD	PENDIENTE	TIRANTE HIDR. (Y)	ÁREA		VELOCIDAD DE DISEÑO	CAUDAL DE DISEÑO	COTA DE ENTRADA			COTA RASANTE	COTA DE SALIDA		
								TOTAL	MOJAD A			INF	SUP	CONTROL		INF	SUP	CONTROL
								m ²	m ²			msnm	msnm	msnm		msnm	msnm	msnm
0+220	13.85	2.2	1.5	1	10	1	1.13	3.30	2.48	5.64	13.95	12.44	13.94	12.33	12.14	12.34	13.84	13.95

Se observa que el tramo posee una sección hidráulica de 2.2 m x 1.5 m con un caudal de diseño de 13.85 m³/s y una velocidad de 5.64 m/s la cual cumple con la norma MTOP que indica que el rango para evitar erosiones en los materiales de hormigón es de 4.5 m/s a 7.5 m/s.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El objetivo general de esta investigación fue alcanzado mediante el prediseño de un sistema de drenaje hidráulico compuesto por un canal trapezoidal con dos secciones distintas y un ducto cajón que opere en coordinación con el aliviadero existente, hecho en base a las características topográficas e hidrológicas de la zona de estudio para evacuar de manera eficiente el agua pluvial expulsada de la albarrada San Marcos reduciendo el riesgo de inundaciones.

Con respecto al primer objetivo específico se concluye que, con el levantamiento topográfico de 100 Ha se logró obtener información relevante de las características del terreno como las cotas máximas de la albarrada y del aliviadero; y de otras zonas adyacentes que servirán para el trazado del sistema de drenaje. Las curvas de nivel fueron hechas cada 2 m y 10 m, gráficamente se pudo clasificar como terreno ondulado.

Se cumplió lo establecido en el segundo objetivo específico, por medio del correcto procesamiento de un Modelo de Elevación Digital (DEM) en el software ArcGIS y se obtuvo un total de 3 subcuencas aportantes a la zona, pero solo una aporta caudal directo a la albarrada San Marcos la cual posee 8.30 km² de área, y 2.37 km de longitud de cauce.

En función al tercer objetivo específico se logró concluir que, la estación Julcuy (M169) tiene la ecuación de intensidad de lluvia adecuada para el cálculo de caudal, la cual da como resultado un valor de intensidad de precipitación de 33.54 mm/hr, por lo tanto, el caudal máximo esperado en la albarrada San Marcos es de 23.20 m³/s.

Como parte final, el cuarto objetivo específico soluciona el problema de evacuación del caudal actual, permitiendo un adecuado transporte del flujo desde el aliviadero hasta su punto de descarga final por medio del cálculo del caudal que pasa por el aliviadero dando un valor de 13.85 m³/s. El prediseño del drenaje pluvial que opere en coordinación con el aliviadero existente requiere estar compuesto por un sistema de tres tramos, canal – ducto cajón - canal, con secciones transversales distintas que incluye una transición alabeada que disminuirá progresivamente el ancho de solera en el primer tramo. En total se alcanzan 747.53 m de longitud (0.75 km) hasta llegar al río Javita. Las secciones transversales se pueden observar en anexo en el apartado B.2.

5.2. RECOMENDACIONES

En términos generales, se recomienda hacer evaluaciones e inspecciones técnicas del estado actual del aliviadero existente para una rehabilitación de la estructura que incluya la colocación de dispositivos disipadores de energía, tanto en la rápida como en el cuenco amortiguador.

Con respecto al primer objetivo específico, para futuros levantamientos topográficos con sistema GNSS RTK en esta zona, se recomienda previamente verificar la ubicación correcta de los equipos, tomando en cuenta el estado de la señal satelital y las condiciones atmosféricas para disminuir el tiempo de medición y toma de puntos.

Para el segundo objetivo específico, en cuanto a la delimitación de subcuencas hidrográficas se recomienda no utilizar imágenes satelitales o Modelos de elevación digital con resoluciones menores a 12.5 m por pixel como la que se empleó en este estudio. Además, se sugiere utilizar un software gratuito y con una interfaz menos compleja como QGIS por su fácil acceso.

Para futuros estudios, como recomendación al tercer objetivo específico se considera elegir otra estación hidrometeorológica más cercana a la zona de estudio

y vigente en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) con el fin de mejorar la representatividad de los resultados.

Referente al cuarto objetivo específico, se recomienda optar por un diseño de canales con revestimiento de tipo ecológico que cumpla las mismas funcionalidades que los canales con revestimiento de hormigón propuestos en esta investigación para reducir el impacto en el medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- Alegret, E., & Pardo, R. (2005). Diseño Hidraulico de Aliviaderos para Presas Pequeñas. *Instituto Superior Politecnico Jose Antonio Echeverria*, 9–241.
- Allison, J. S., Santana, L., & Visagie, I. J. H. (2024). The sample is not the population. *Teaching Statistics*, 39–45. <https://doi.org/10.1111/test.12385>
- Álvarez, S., & Zulaica, L. (2015). Indicadores de sustentabilidad en sistemas de albarradas: aportes metodológicos. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 18, 184. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.18.2015.1634>
- Aranda, M. C. A., & Luque, L. E. (2022). La investigación Educativa en los diversos entornos económicos y sociales. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 3, Issue 1). <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Arias, J. (2021). Diseño y metodología de la investigación. In *Enfoques Consulting Eirl* (Issue 1). <https://www.researchgate.net/publication/352157132>
- Arranz López, A., López Escolano, C., Salinas Solé, C., Zúñiga Antón, M., & Montorio Llovería Ángel Pueyo Campos, R. (2013). El potencial de Google Earth aplicado al análisis espacial en Geografía. *Innovacion En La Enseñanza de La Geografía Ante Los Desafios Sociales y Territoriales*, 179–194. https://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/33/36/_ebook.pdf#page=174
- Avellaneda Callirgos, L., Morante Gamarra, Percy Carlos Mundaca Monja, J. M., & Cherre Antón, C. A. (2022). *INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA: DISEÑOS Y NIVELES DE INVESTIGACIÓN* (J. A. Chaparro Tibaduiza (ed.); Editorial). Colombia. <https://libroselectronicos.ilae.edu.co/index.php/ilae/catalog/view/337/759/1527>
- Barbosa Mackers, S., & Gonzalo Beuzenberg, A. (2016). *APLICACION REVESTIMIENTO CONCRETE MATTRESS PARA CANALES EN CHILE*.
- Basile, P. (2019). *Flujo En Canales Abiertos Y Embalses*. 5, Colombia.
- Basile, P. A., & Riccardi, G. (2017). *Procesos Hidrológicos Urbanos*. 205–230.
- Blanco Chávez, M. E. (2024). *Recursos naturales y ambiente: 24*, 102–109.

- Boix, G., & Olivella, R. (2007). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a la educación. El proyecto PESIG. In *Las competencias geográficas para la educación ciudadana*.
- Bucherie, A., Hultquist, C., Adamo, S., Neely, C., Ayala, F., Bazo, J., & Kruczkiewicz, A. (2022). A comparison of social vulnerability indices specific to flooding in Ecuador: principal component analysis (PCA) and expert knowledge. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 73, 102897. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102897>
- Burbano Erazo, E. (2023). *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*.
- Cabrera Alarcon, E. A., & Suarez Careceda, B. G. (2022). *Analisis de la influencia de cobertura vegetal en el caudal de escorrentia en una cuenca mediante los modelos HEC-HMS Y SWAT*.
- Cabrera Delgadillo, M. M., Sánchez Campos, G., Mejía Suárez, J. C., & Hernández Pastor, C. (2019). Evaluación del deterioro de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial. *Aqua-LAC*, 11(2), 111–120. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2019-v11-2-10>
- Cáceres, D. (2021). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE ALIVIADEROS EN LABERINTO UBICADO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA*. Universidad Católica de Santa María Facultad.
- Cáceres Mendoza, K. (2024). *“COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL BARRAJE FIJO-FLUSIBLE DE LA CAPTACION TRES MOLINOS-CAJAMARCA, A NIVEL DE MODELO FISICO”*.
- Calizaya Poccohuanca, F. A. (2019). DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN SUELO Y ROCA PARA EL CONTROL DE FILTRACIONES DE AGUAS ACIDAS EN LA ACTIVIDAD MINERA. *Tesis*, 1–168. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cardona, D. G. (2020). *Estimación de curvas Intensidad – Duración – Frecuencia no estacionarias para el departamento de Antioquia Estimación de Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia no estacionarias para el departamento de Antioquia*.

- Carrasco Morón, A. A., & Calderón., Chupillón, J. (2024). Evaluación y Sistematización de Infraestructuras Hidráulico: Parte Media Magdalena y Salas-Región Lambayeque. In *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.
- Cendrero Uceda, A., Sánchez-Arcilla, A., & Zazo Cardeña, C. (2005). Impactos sobre las zonas costeras. *Evaluación Preliminar de Los Impactos En España Por Efecto Del Cambio Climático, Enero*, 469–524.
- Cendrero Uceda, A., Sánchez-Arcilla Conejo, A., & Zazo Cardeña, C. (2021). Impactos sobre las zonas costeras. In *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático* (pp. 469–524).
- Cevallos Delgado, W., Zambrano Zmbrano, M., Cedeño, J., & Moreira Alava, A. (2024). *Importancia de la hidrología en el manejo de cuencas hidrográficas*. 10, 1295–1310.
- Chiarito, E., Zimmermann, E., & Méndez Zacarías, S. (2018). Metodologías para la estimación del coeficiente de escorrentía en áreas urbanizadas mediante teledetección. *Cuadernos Del CURIHAM*, 24(1), 25–36. <https://doi.org/10.35305/curiham.v24i0.126>
- Chiclote Aquino, O. (2017). “*EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO EL PROGRESO MAYANAL-JAÉN-CAJAMARCA, TRAMO: KM, 00+000-01+000.*”
- Chow, V. Te. (2024). *Universidad Nacional Agraria La Molina "Comparación Del Comportamiento Hidráulico De Disipadores De Energía Adaptados a Vertederos Tipo Creager Con Pendientes Variables Tesis Para Optar Título De Ingeniera Agrícola Elizabeth Marleni Komiya Yokota*. www.unsch.edu.pe
- CHOW, V. TE, MAIDMENT, D. R., & LARRY W, M. (1994). *HIDROLOGÍA APLICADA*.
- Chow, V. (2004). *HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS*.
- Chuang, W.-K., Lin, Z.-E., Lin, T.-C., Lo, S.-L., Chang, C.-L., & Chiueh, P.-T. (2023). Spatial allocation of LID practices with a water footprint approach. *Science of The Total Environment*, 859, 160201. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160201>
- Corapi, P., & Nuñez Neira, N. (2022). Regionalización de las Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en las Provincias de Santa Elena y Manabí. *Revista*

- Tecnológica - ESPOL*, 34(4), 44–68. <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.974>
- Dávila Guamán, H. A., & Rivera Espinoza, M. F. (2018). “*PREDISEÑO DE UNA PRESA MULTIPROPÓSITO EN LA COMUNA FEBRES CORDERO, PARROQUIA COLONCHE, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA.*”
- Dias Duarte, A. (2022). *Entre Ciencia e Ingeniería.*
- Dolz, J., & Gómez, M. (1994). Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores. *Ingeniería Del Agua*, 1(1), 55–66. <https://doi.org/10.4995/ia.1994.2631>
- Escudero Cueva, C. S., & Perez Taype, G. J. (2019). Análisis hidrológico para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en el sector Parco Chico, ciudad de Pomabamba, Áncash - Perú. In *REPOSITORIO ACADÉMICO USMP*. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5484>
- Ferrando, F. J. (2010). Sobre inundaciones y anegamientos. *Revista de Urbanismo*, 0(15). <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2006.5129>
- Ferrer Alessi, V., & Torrero, M. P. (2015). Manejo integrado de cuencas hídricas: Cuenca del río Gualjaina, Chubut, Argentina. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 2015(143), 615–643. <https://doi.org/10.22201/ijj.24484873e.2015.143.4941>
- Figueiredo, I., Esteves, P., & Cabrita, P. (2021). Water wise - A digital water solution for smart cities and water management entities. *Procedia Computer Science*, 181(2019), 897–904. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.245>
- García Hernández, C. F. (2015). “ADAPTACION DE CUENCOS DISIPADORES DE RESALTO A CONDICIONES FUERA DE SU RANGO DE DISEÑO INICIAL. APLICACION AL CASO DE LAS PRESAS ESPAÑOLAS”. *Zaragoza*, 1–69. https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:f2O1yl80Vh4J:scholar.google.com/+Las+virtudes,+eje+central+de+las+Inteligencias+Múltiples+Virtudes,+central+axis+of+Multiple+Intelligences+Autor+Juan+Romero+Sebastiá&hl=es&as_sdt=0,5%0Ahttps://pdfs.sem
- Godoy Uribe, G. (2023). Metabolismo urbano y entropía como catalizadores de la sostenibilidad en sistemas urbanos complejos. *Revista Iberoamericana*

- Ambiente & Sustentabilidad*, 6, e315. <https://doi.org/10.46380/rias.vol6.e315>
- Gómez, M. (2007). Hidrología urbana. *Colección CBI*.
- González Ramírez, J. G. (2024). “Evaluación de las condiciones hidráulicas actuales del canal pluvial entre las calles Juan León Mera y calle Eloy Alfaro del cantón Puerto López.”
- Hernández Castro, A. (2019). *Desarrollo de un modelo para el diseño ambiental e hidráulico de alcantarillas*. Universidad de Costa Rica.
- Hernández, J. A., Sánchez, V., & Hernández, E. (2025). *Manual de prácticas para fortalecer el aprendizaje de software de diseño industrial Practice manual to strengthen the learning of industrial design software*. 7(13), 33–35.
- Hossan, D., Dato’ Mansor, Z., & Jaharuddin, N. S. (2023). Research Population and Sampling in Quantitative Study. *International Journal of Business and Technopreneurship (IJBT)*, 13(3), 209–222. <https://doi.org/10.58915/ijbt.v13i3.263>
- Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquert, J. (2011). *Métodos para la determinación del coeficiente de escorrentía (c)*. c, 7.
- INAMHI. (2019). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación. *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]*, 2, 282.
- Llocella Cruz, J. Á. (2016). Determinación del caudal máximo de avenida con fines de diseño del aliviadero de la presa Querobamba, Cangallo - Ayacucho - 2016 [UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA]. In *Repositorio Institucional - UNSCH*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2831622>
- Lorenzo, R. G., & García, C. C. (2011). *y delimitación de áreas inundables mediante métodos hidrometeorológicos e hidráulicos y técnicas s . i . g . , estudio aplicado al LITORAL SUR DE LA REGIÓN DE MURCIA*. 54, 107–123.
- Luna Romero, A., Ramírez, I., Sánchez, C., Conde, J., Agurto, L., & Villaseñor, D. (2018). Spatio-temporal distribution of precipitation in the Jubones river basin, Ecuador: 1975-2013. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>

- Mao, Y., Li, Y., Bai, X., Yang, X., Han, Y., & Fu, X. (2024). Scenario-Based Green Infrastructure Installations for Building Urban Stormwater Resilience—A Case Study of Fengxi New City, China. *Sustainability (Switzerland)*, *16*(10). <https://doi.org/10.3390/su16103990>
- Marcus, R., Morresi, V., Carrillo, E. E., Macor, J., Ingeniería, F. De, Universidad, H., Santa, L., & Santa, F. (2016). *Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Meteorológica del CIM-FICH. Serie 1986 – 2016*. 25.
- Martínez Gomariz, E., Gómez, M., Russo, B., Sánchez, P., & Montes, J. A. (2017). Metodología para la evaluación de daños a vehículos expuestos a inundaciones en zonas urbanas. *Ingeniería Del Agua*, *21*(4). <https://doi.org/10.4995/ia.2017.8772>
- Martínez Marín, E., Batanero Akerman, P., Martínez González, I., Martínez Olmos, E., & Gonzales, O. (2007). *DISEÑO DE PEQUEÑAS PRESAS*.
- McIntosh, B. S., Seaton, R. A. F., & Jeffrey, P. (2007). Tools to think with? Towards understanding the use of computer-based support tools in policy relevant research. *Environmental Modelling & Software*, *22*(5), 640–648. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815206000375>
- Mejia Ramirez, A. (2023). “*BOMBAS HIDRAULICAS Y VERTEDEROS*.”
- Mena-Benavides, M., Urrutia, M., Scheffczyk, K., Valdiviezo-Ajila, A., Mendoza, J., Diaz, G., Riembauer, G., & Walz, Y. (2021). Flood risk assessment for Ecuador. *EGU General Assembly 2021*, 19–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-14853>
- Mena, M., Scheffczyk, K., Urrutia, M., Huerta, B., & Walz, Y. (2021). *Evaluación del riesgo de inundación en Ecuador*.
- Mero Santana, E. A., & Pico Loor, C. M. (2024). Estudio de caso sobre la evaluación del sistema de drenaje pluvial en la Calle El Oro y Avenida Manta de la Ciudad de Montecristi. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(1), 7027–7048. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10057
- Miñando Suarez, V. S. (2023). *APLICACION DEL AUTOCAD CIVIL 3D BIM 360 COMO ESTRATEGIA DIDACTICA PARA EL TRABAJO COLABORATIVO*

DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA PARA CONSULTORIA DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN EL PERÚ.

- Montaño Cañola, S. A., & Espinoza Correa, J. E. (2022). *METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE EN VÍAS DE ESMERALDAS.*
- Morales Nava, J. G., & Parra Meza, A. (2013). *Mejoras al método usual de diseño hidráulico de alcantarillas.* XXXIV(1), 3–18.
- MTOP. (2003). Normas de Diseño Geometrico de Carreteras. *MTOP*, 2, 475. https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedise3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe.*
- NASA. (2019). *El ciclo del agua.*
- Neill, D. A., & Cortez, L. (2017). *PROCESOS Y FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA.*
- Orosco Tacuri, M., Reyes Zambrano, J., Chavarría Párraga, J., & Alarcón Loor, J. (2024). *Modelación Hidrológica e Hidráulica de la Quebrada El Tejado para la Análisis de Zonas de Inundación en la Ciudad de Quito en 2023 DE QUITO EN 2023 FOR FLOOD ZONE ANALYSIS IN QUITO CITY IN 2023.* July. <https://doi.org/10.46296/ig.v7i14.0219>
- Otero Ortega, A. (2018). *Enfoques de investigación.* August.
- Ozoriaga, A., & Sanabria, L. (2017). *UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES.*
- Pereyra, D., Pérez, J. A., & Gómez, L. (2004). Ecuaciones que estiman las curvas Intensidad-Duración-Período de Retorno de la Lluvia. *Geos*, 24(1), 46–56. <http://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos04-1/Pereyra-Diazetal.pdf>
- Pérez López, J. (2015). *CÁLCULO DEL CAUDAL DE CRECIENTE POR EL MÉTODO RACIONAL EN EL CAÑO PAVAS EN LA VEREDA DE VELÁSQUEZ EN EL MUNICIPIO DE PUERTO BOYACÁ.*
- Prasad, N., Ranghieri, F., Shah, F., Trohanis, Z., Kessler, E., & Sinha, R. (2008). *Climate Resilient Cities.* The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-7766-6>

- Prefectura de Santa Elena. (2020). *CONTINÚAN TRABAJOS EN ZONAS QUE HAN SUFRIDO DAÑOS POR LA ETAPA INVERNAL*. <https://www.santaelena.gob.ec/index.php/noticias-boletines-varias/1183-continuan-trabajos-en-zonas-que-han-sufrido-danos-por-la-etapa-invernal>
- Quispe Riveros, C. A., & Villagra Ambroncio, A. J. (2020). *Análisis Hidráulico Experimental en Aliviaderos de Perfil Tipo Creager* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/6bf2cddb-8bd3-4789-b5a8-4f3270347c0b>
- Rincón, J., Pérez, M., Delfín, G., Freitez, C., & Martínez, F. (2017). Análisis comparativo entre los modelos Hec-Ras e Iber en la evaluación hidráulica de puentes. *Revista Gaceta Técnica.*, 17(1), 9–28.
- Rivero Solorzano, J. (2024). *DATOS METEOROLOGICOS PRESA EL SUSPIRO*.
- Rodríguez Ruiz, P. (2008). Hidráulica II. In *Hidráulica de Canles* (Vol. 33). https://carlosquispeanccasi.files.wordpress.com/2011/12/hidraulica_ruiz.pdf
- Román Arias, A., & Aguilar Cano, J. (2023). *PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO CON EL SOFTWARE ARCGIS, PARA LA Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil*
AUTORES: Angello Gabriel Román Arias Josue Arturo Aguilar Cano
ASESOR :
- Roque Silva, R. A. (2024). *EVALUACIÓN DEL ENROCADO DEL RÍO PIURA – TRAMO: PUENTE INDEPENDENCIA DE LA MARGEN IZQUIERDA, KM 14+000 AL KM 15+100 PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA DEL CENTRO POBLADO PEDREGAL CHICO, DISTRITO DE CATACAOS, PROVINCIA DE PIURA, DEPARTAMENTO DE PIURA - 2024* [UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE]. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/39804>
- Sánchez San Román, F. J. (2012). *Hidrología - Hidrogeología*.
- Sanca Tinta, M. D. (2022). Clases y tipos de Investigación Científica. *Exposiciones y/o Temas de Explicación, Metodología de Investigación*, 621–624. <https://investigacionestodo.wordpress.com/2012/05/19/clases-y-tipos-de-investigacion-cientifica/>
- Sarmiento Ortiz, J. (2023). *Manual de procedimientos en Topografía para la*

formulación de proyecto de infraestructura INVIAS de la carretera Transversal del Carare, Tunja-Barbosa Puerto Araujo en los Departamentos de Boyacá y Santander.

- Secretaria de Gestión de riesgos. (2023). *AFECTACIONES POR ÉPOCA LLUVIOSA EN EL ECUADOR Manabí : Imbabura : Pichincha : Santa Elena : Bolívar : Guayas : Resumen de afectaciones por provincia. 2.*
- SEMPLADES; Ministerio de defensa. (2013). Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio a Nivel Nacional, Escala 1: 25 000. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Silva Rodríguez de San Miguel, J. A. (2019). Diseño urbano sensible al agua. Retos y oportunidades. In *Diseño urbano sensible al agua. Retos y oportunidades* (Issue December). <https://doi.org/10.17993/ecoorgycso.2019.57>
- Suárez Aguilar, Z. E., Sepúlveda Delgado, O., & Canaria Camargo, M. P. M. L. C. (2020). *Modelo matemático para estimar curvas de intensidad , duración y frecuencia de lluvias extremas en Tunja. 31*, 193–206.
- Suarez, S. (2022). *Calculo hidraulico de caudal maximo rio de La Paz metodo racional modificado. 1–106.*
- Tapullima Pashanasi, J., & Mendoza del Aguila, R. (2024). *Diseño del sistema de drenaje pluvial de la localidad de Yarina , distrito Chipurana , provincia y departamento de San Martín.*
- Tinco Aspilcueta, P. B., & Vidal Laguna, F. A. (2024). *Propuesta para optimizar costos y tiempo de construcción de un canal rural a base de concrete canvas, Palpa Bajo, Departamento de Lima.* <http://hdl.handle.net/10757/674754>
- Torres-Bejarano, F., Padilla Coba, J., Rodríguez Cuevas, C., Ramírez León, H., & Cantero Rodelo, R. (2016). La modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guájaro, Colombia. *Revista Internacional de Metodos Numericos Para Calculo y Diseno En Ingenieria*, 32(3), 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2015.04.001>
- U.S.B.R. (2015). *DISEÑO DE PEQUEÑAS PRESAS DE BUREAU OF RECLAMATION (U.S.B.R). COEFICIENTE DE DESCARGA C. 6.*
- U.S Army Corps of Engineers. (2004). Earth and Rock-Fill Dams -- General Design and Construction Considerations. *Em 1110-2-2300, July*, 1–130.

- https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-2300.pdf?ver=IBhPjsdKP1Mv03QatvHIyQ%3D%3D
- UPSE, E. P. (2020). *Plan De Desarrollo y Ordenamiento territorial*. 537. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161><http://cid.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/cid/cir991><http://www.scielo.cl/pdf/udecada/v15n26/art06.pdf><http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861150233&partnerID=tZOtx3y1>
- Vanegas López, M. (2019). *Manual de reforestacion especies nativas*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31161.01120>
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155–165. <https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>
- Vargas Zacarias, A. B. (2024). “ *DESEMPEÑO DE MATERIALES DE LAS JUNTAS EN CANALES REVESTIDOS DE CONCRETO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE RIEGO, IRRIGACIÓN APATA, JAUJA*”.
- Vasconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas* (1st ed.). Editorial Abya-Yala. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19038>
- Vela Conde, C. J. (2018). *GUIA TECNICA PARA EL ESTUDIO Y CALCULO HIDROLOGICO DE LA ESCORRENTIA*. 8714240(0241).
- Vergara, C. G. (2016). *MANUAL DE CONSIDERACIONES TÉCNICAS HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN CENTROAMÉRICA*.
- Villacreces, A. F. (2014). *ENSAYOS DE PERMEABILIDAD Y CONSOLIDACION PARA SUELOS ARENO-ARCILLOSOS Y ARENO-LIMOSO CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS CON CONCENTRACIONES DEL 20%, 30%,40% Y 50%*.
- Villón Bejar, M. (2007). *Hidráulica de Canales*.
- Zhang, H., Nie, K., & Wu, X. (2024). Spatiotemporal Analysis of Ecological Security Based on Landscape Patterns. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(6), 204. <https://doi.org/10.3390/ijgi13060204>
- Zhang, R., Li, S., Wei, B., & Zhou, X. (2022). Characterizing Production–Living–

Ecological Space Evolution and Its Driving Factors: A Case Study of the Chaohu Lake Basin in China from 2000 to 2020. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(8), 447. <https://doi.org/10.3390/ijgi11080447>

Zhicay Lombaida, J. (2020). Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.*, 120.

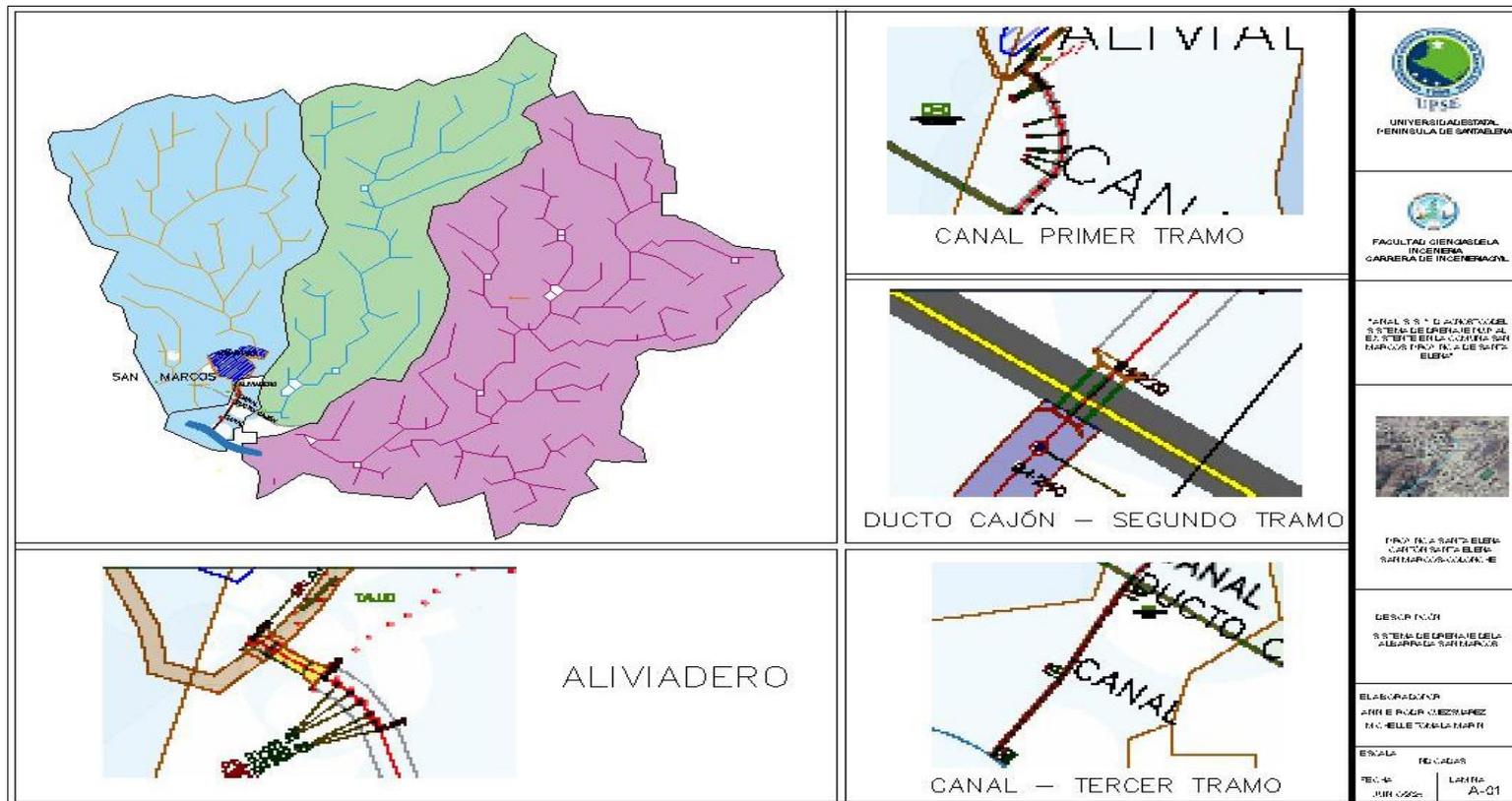
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18364/1/UPS-CT008684.pdf>

Zhong, S., Clark, M., Hou, X.-Y., Zang, Y.-L., & Fitzgerald, G. (2014). Development of hospital disaster resilience: conceptual framework and potential measurement. *Emergency Medicine Journal*, 31(11), 930–938. <https://doi.org/10.1136/emered-2012-202282>

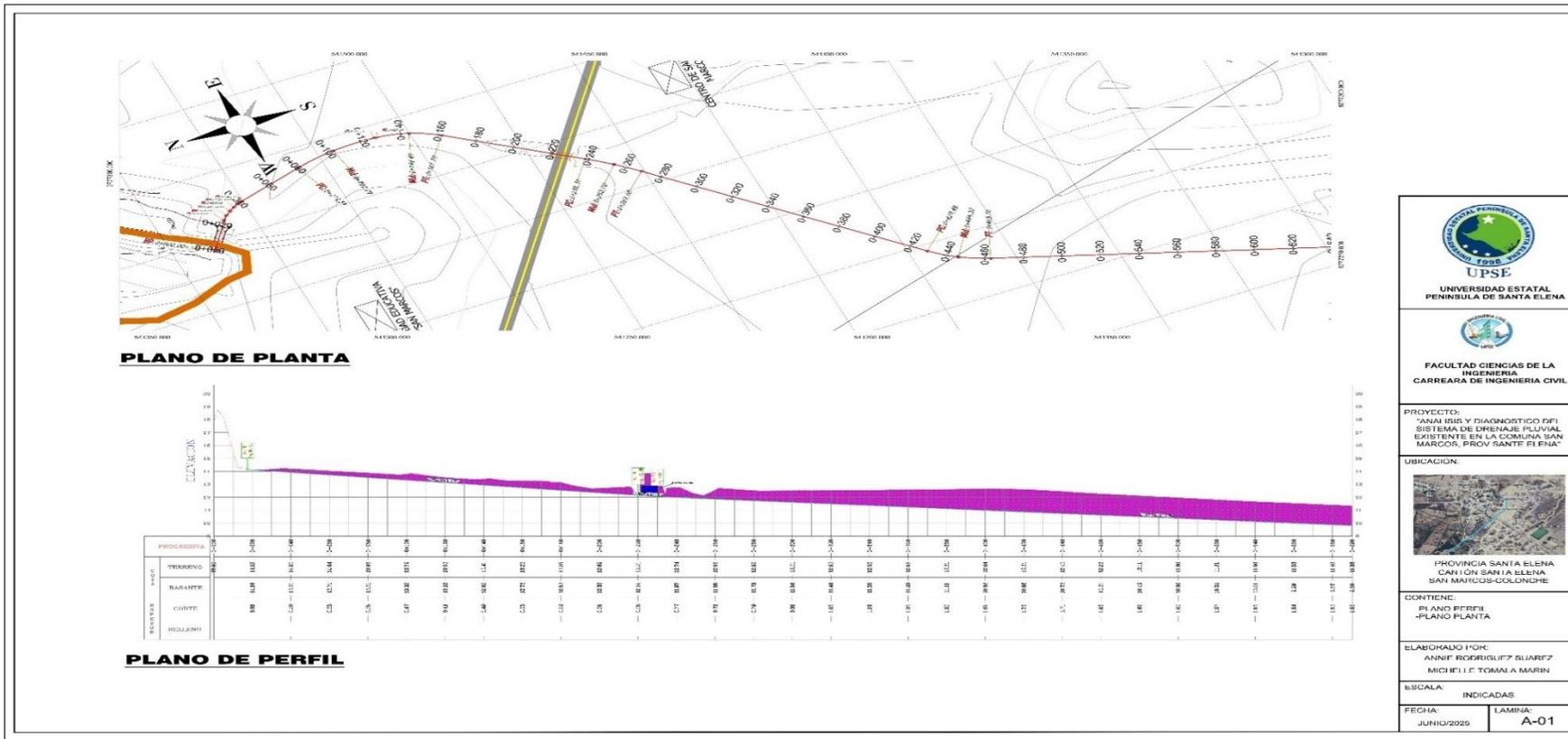
ANEXOS

Apartado A

Anexo A1. Prediseño general del sistema de drenaje conformado por el aliviadero existente, canales y ducto cajón.



Anexo A.2. Guitarra del diseño geométrico del sistema de drenaje de la comuna San Marcos de la abscisa 0+017.58 a 0+590




UPSE
 UNIVERSIDAD ESTATAL
 PENINSULA DE SANTA ELENA


 FACULTAD CIENCIAS DE LA
 INGENIERIA
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
 "ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL
 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL
 EXISTENTE EN LA COMUNA SAN
 MARCOS, PROV SANTA ELENA"

UBICACION:

 PROVINCIA SANTA ELENA
 CANCIÓN SANTA ELENA
 SAN MARCOS-COLONCHE

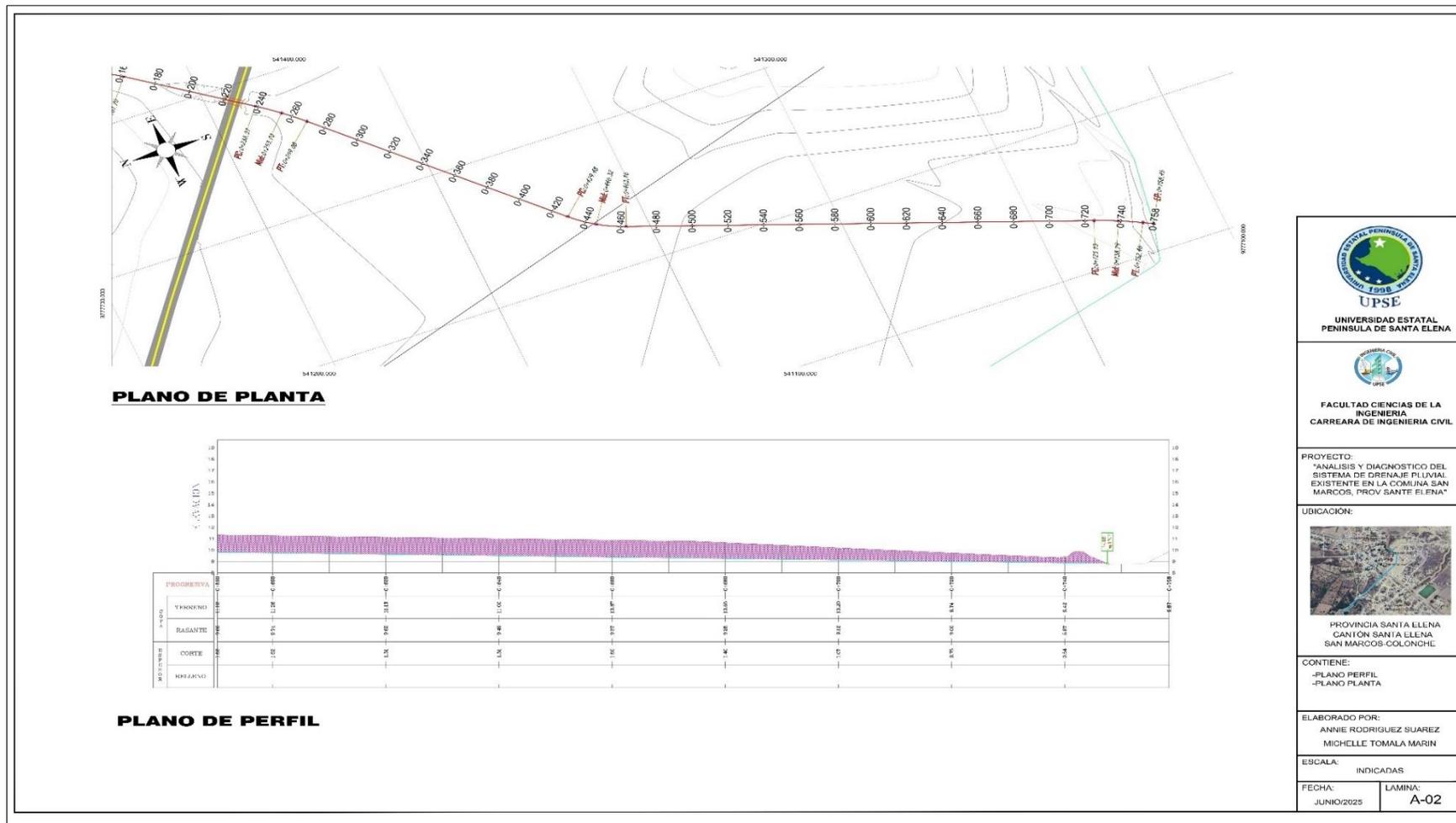
CONTIENE:
 - PLANO PERFIL
 - PLANO PLANTA

ELABORADO POR:
 ANNIF RODRIGUEZ SUAREZ
 MICHELLE TOMAJA MARIN

ESCALA: INDICADAS

FECHA: JUNIO/2025 LAMINA:
 A-01

Anexo A.3. Guitarra del diseño geométrico del sistema de drenaje de la comuna San Marcos de la abscisa 0+590 a 0+747.53




UPSE
 UNIVERSIDAD ESTATAL
 PENINSULA DE SANTA ELENA


FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 CARREERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
 "ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE EN LA COMUNA SAN MARCOS, PROV. SANTA ELENA"

UBICACION:

 PROVINCIA SANTA ELENA
 CANTÓN SANTA ELENA
 SAN MARCOS-COLONCHÉ

CONTIENE:
 -PLANO PERFIL
 -PLANO PLANTA

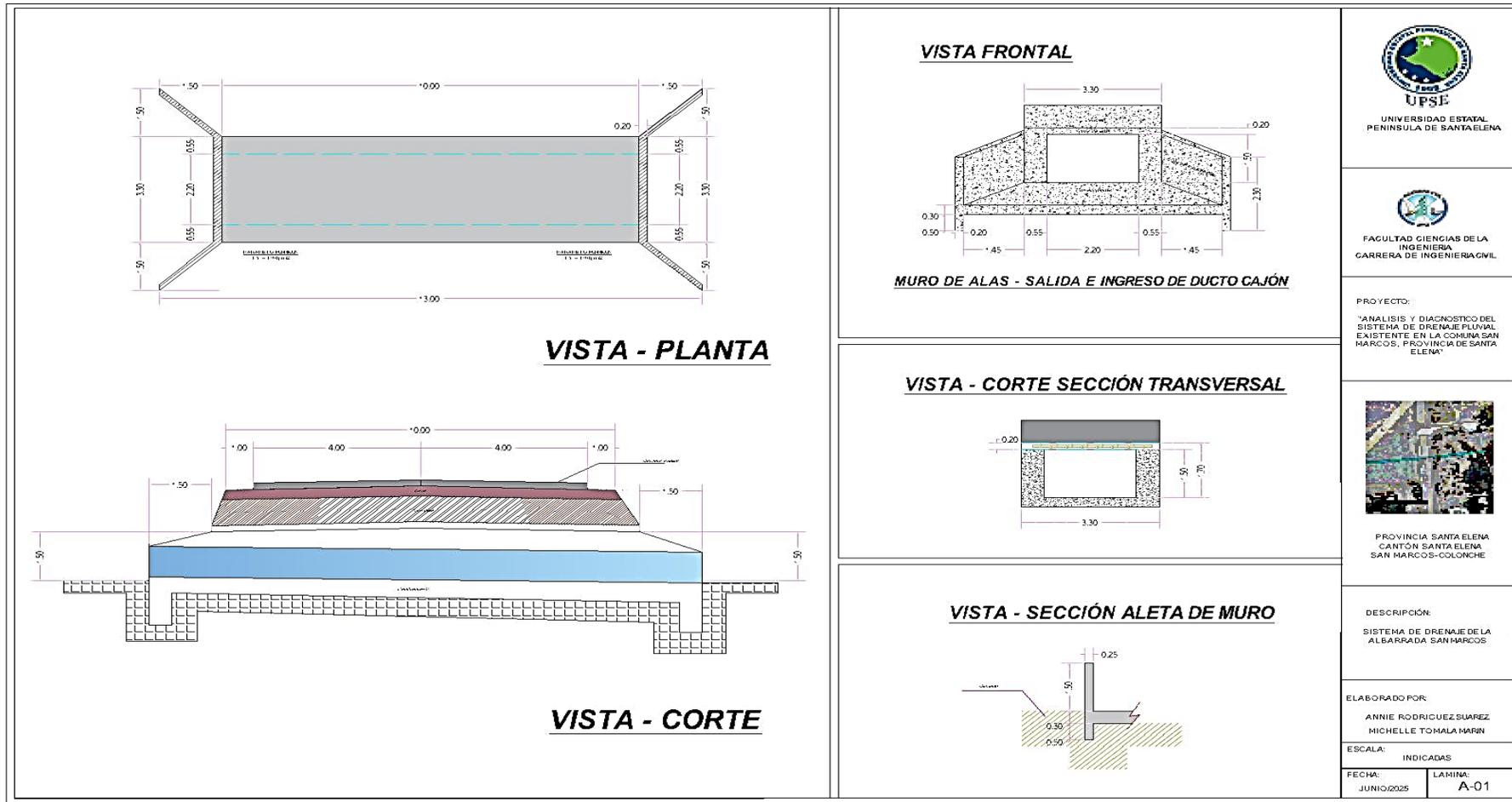
ELABORADO POR:
 ANNIE RODRIGUEZ SUAREZ
 MICHELLE TOMALA MARIN

ESCALA: INDICADAS

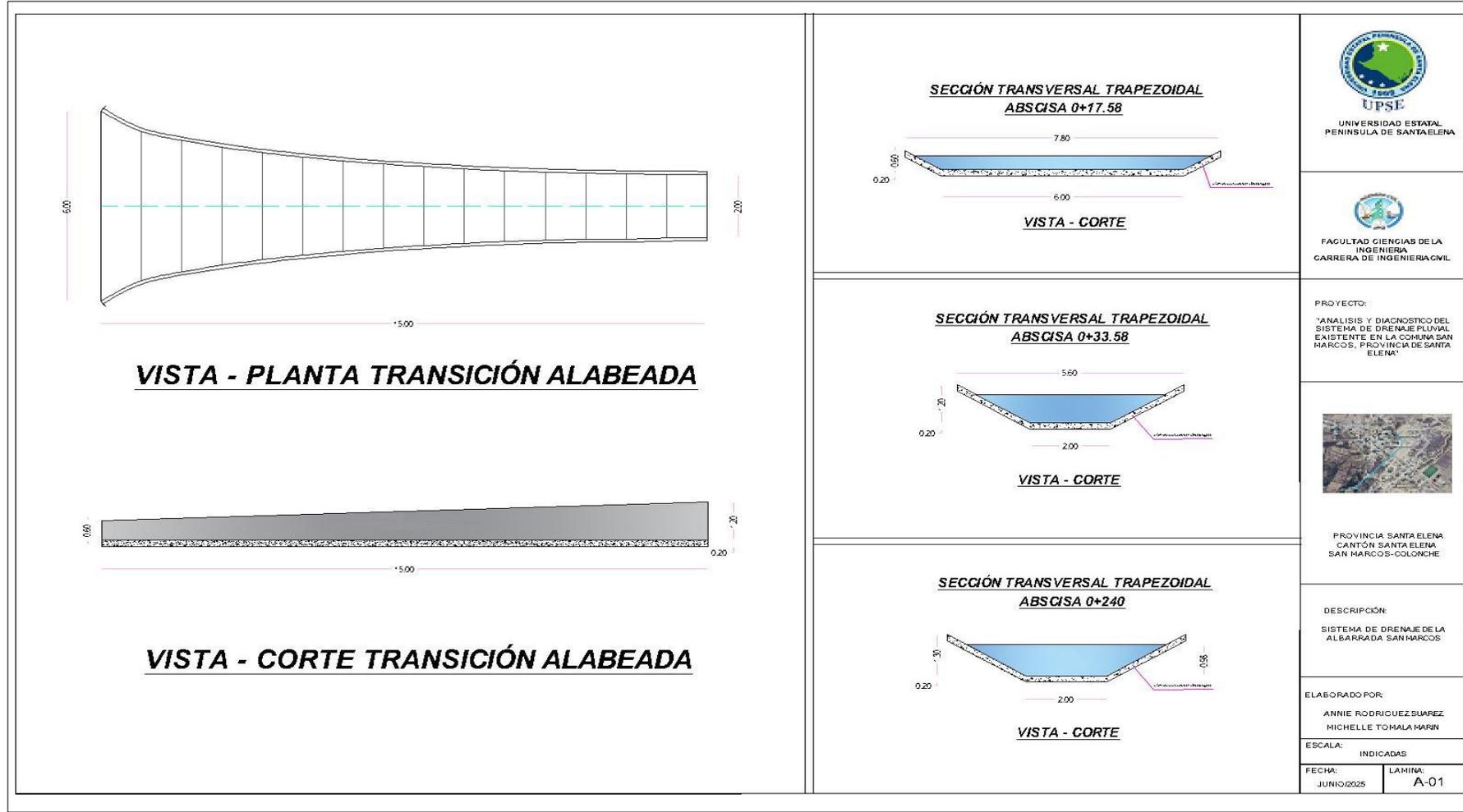
FECHA: JUNIO/2025 **LAMINA:** A-02

Apartado B

Anexo B.1. Dimensiones de la alcantarilla tipo ducto cajón en la abscisa 0+220 a 0+230



Anexo B.2. Dimensiones de canales trapezoidales y transición alabeada.



Apartado C

Anexo C.1. Reunión con los dirigentes de la comuna San Marcos.



Anexo C.2. Levantamiento topográfico de los muros de la albarrada San Marcos



Anexo C.3. Levantamiento topográfico de las calles de la comuna San Marcos.



Anexo C.5. Trazado del sistema de drenaje de la comuna San Marcos, imagen extraída de Google Earth.



Anexo C.6 Vía San Marcos-Barbascal, imagen extraída de Google Earth.

