



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

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL
SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS
– SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

**BERNABÉ SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIÁN**

TUTOR:

ING. GUIDO MOISES ORTIZ SAFADI, Mg.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL
SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN
MARCOS – SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

**BERNABÉ SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIÁN**

TUTOR:

ING. GUIDO MOISES ORTIZ SAFADI, Mg.

LA LIBERTAD – ECUADOR

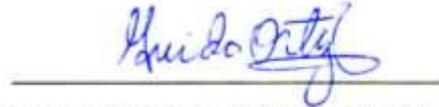
2024

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



**ING. LUCRECIA C. MORENO
ALCIVAR, PhD.**

DIRECTORA DE CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL



**ING. GUIDO M. ORTIZ SAFADI,
Mg.**

DOCENTE TUTOR



**ING. RICHARD I. RAMIREZ
PALMA, Mg.**

DOCENTE ESPECIALISTA



**ING. RICHARD I. RAMIREZ
PALMA, Mg.**

DOCENTE UIC

DEDICATORIA

A mi padre que desde el cielo me cuida y protege, a mi madre y hermanos que son pilar fundamental y motor de vida para seguir logrando todas las metas y objetivos que me plantee, porque este logro también es de ellos.

JOSHUA SANTIAGO BERNABÉ SORIANO

En primer lugar, a Dios por guiarme hasta este punto, a mis padres por darme su amor y haberme apoyado en este proceso de mi vida lleno de obstáculos, a mi pareja por estar a mi lado en los momentos más difíciles. Gracias a todos ellos por ayudarme a cumplir mis aspiraciones y propósitos.

FAVIO SEBASTIAN MUÑOZ DE LA A

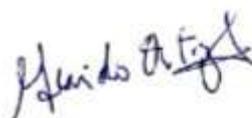
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

La Libertad, 18 de noviembre de 2024

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA”** elaborado por **BERNABÉ SORIANO JOSHUA SANTIAGO** y **MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIÁN** con C.I. 2450799156 y 2450934399 respectivamente, estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 6% de la valoración permitida.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,



ING. GUIDO M. ORTIZ SAFADI, Mg.

C.I. 0904149481

DOCENTE TUTOR

REPORTE DE SIMILITUD



ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA



Nombre del documento: ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA.pdf
ID del documento: c9181e7e1570e2cc052880fe61fe7669db9f576
Tamaño del documento original: 10,44 MB
Autores: JOSHUA SANTIAGO BERNABE SORIANO, FAVIO SEBASTIAN MUÑOZ DE LA A

Depositante: GUIDO MOISES ORTIZ SAFADI
Fecha de depósito: 18/11/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 18/11/2024

Número de palabras: 35.413
Número de caracteres: 236.518

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/4000/1/2589/1/APSE-TC-2023-0030.pdf 2 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (654 palabras)
2	Documento de obra sujeta a copyright El documento proviene de otro grupo 2 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (265 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/4000/1/2589/1/APSE-TC-2023-0011.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (171 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/4000/1/2589/1/APSE-TC-2023-0011.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (94 palabras)
5	www.studocu.com Ecuador.com Ecuador.com INSTITUTO NACIONAL DE ... https://www.studocu.com/ecuador/document/universidad-estatal-de-santa-elena/marshalling-topografia/curso-1	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (89 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/4000/1/2779/1/APSE-TC-2024-0011.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/4000/9201/1/APSE-TC-2023-0001.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
3	es.slideshare.net Diseño de alcantarillas PDF Descarga Gratuita https://es.slideshare.net/diseño-de-alcantarillas/p44286291	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena: ... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/4000/1/2589/1/APSE-TC-2023-0011.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
5	ojs.upse.edu.ec https://ojs.upse.edu.ec/revista-publicacion/revista-maestro-de-ingenieros-en-urbanismo-y-diseño-urbano	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://normativadecarreteras.com/visting/diseño-drenaje-vial-alcantarillas>
- <https://doi.org/10.3390/W13121661>
- <https://www.researchgate.net/publication/352157132>
- <https://www.autodesk.com/mx/products/autocad/overview?term=1>
- <https://www.autodesk.com/mx/products/civil-3d/overview?term=1>

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La Libertad, 18 de noviembre de 2024

Nosotros, **BERNABÉ SORIANO JOSHUA SANTIAGO** y **MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIÁN**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de **Ingeniería Civil**, por lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente 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,



BERNABÉ SORIANO JOSHUA SANTIAGO

C.I. 2450799156

AUTOR DE TESIS



MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIÁN

C.I. 2450934399

AUTOR DE TESIS

Dirección: Campus matriz, La Libertad – prov. Santa Elena- Ecuador
Código Postal: 240204 – Teléfono: (04) 781732 ext. 131
www.upse.edu.ec

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

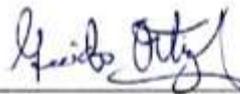
La Libertad, 18 de noviembre de 2024

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 DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA” previo a la obtención del Título de **Ingeniero Civil** elaborado por los SRS. **BERNABÉ SORIANO JOSHUA SANTIAGO** y **MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIÁN**, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad de 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.



ING. GUIDO M. ORTIZ SAFADI, Mg.

C.I. 0904149481

DOCENTE TUTOR

Dirección: Campus matriz, La Libertad – prov. Santa Elena- Ecuador
Código Postal: 240204 – Teléfono: (04) 781732 ext. 131
www.upse.edu.ec

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Lcda. Tamara Valeria Pita Yanza

Celular: 0997160776

Correo: pitayanza@gmail.com

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, *TAMARA VALERIA PITA YANZA* en mi calidad de *LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN BÁSICA*, 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 DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA*", de los estudiantes: *BERNABÉ SORIANO JOSHUA SANTIAGO* y *MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIÁN*.

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

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

Santa Elena, 18 de Noviembre del 2024



Lcda. Tamara Valeria Pita Yanza

CI. 2400077786

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN DE BACHILLERATO PEDAGOGÍA DE LAS
CIENCIAS SOCIALES

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, darle gracias a Dios por brindarnos la dicha de presenciar este logro tan anhelado desde pequeños. También deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), por ayudarnos con los recursos necesarios para llevar a cabo nuestro trabajo de investigación. Su conocimiento científico fue crucial en cada etapa de nuestra formación académica.

A nuestro tutor de tesis el Ing. Guido Ortiz Safadi, Mg. que con su experiencia, paciencia y dedicación loable permitieron la realización de un mejor trabajo tanto en la redacción y composición técnica gracias a sus sugerencias y comentarios valiosos.

Nuestra gratitud también se extiende a la Prefectura de Santa Elena, cuyos funcionarios nos extendieron la mano con información de gran importancia para la ejecución de este trabajo de investigación.

En general, estamos profundamente agradecidos con todas y cada una de las personas que formaron parte de nuestra formación profesional en estos 8 semestres de educación. Y también a quienes fueron parte de nuestra formación personal, a nuestras familias, amigos y compañeros.

JOSHUA SANTIAGO BERNABÉ SORIANO

FAVIO SEBASTIAN MUÑOZ DE LA A

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	vi
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABLAS	xviii
LISTA DE ECUACIONES	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2. ANTECEDENTES.....	4
1.3. HIPÓTESIS.....	8
1.3.1. Hipótesis General.....	8
1.3.2. Hipótesis Específicas.	8
1.4. OBJETIVOS	9
1.4.1. Objetivo General.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos.....	9
1.5. ALCANCE.....	9
1.6. VARIABLES.....	10
1.6.1. Variables Independientes.....	10
1.6.2. Variables Dependientes.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	11
2.1. CRITERIOS HIDROLÓGICOS	11
2.1.1. Cuenca Hidrográfica.	11
2.1.2. Lluvia.....	17
2.1.3. Infiltración.....	18

2.1.4.	Escorrentía Superficial.....	18
2.1.5.	Coefficiente de escorrentía (C).....	18
2.1.6.	Cobertura vegetal.....	19
2.1.7.	Permeabilidad.....	20
2.1.8.	Período de retorno Tr	20
2.1.9.	Intensidad de la lluvia (I).....	22
2.1.10.	Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).....	22
2.1.11.	Método Racional.....	23
2.2.	CRITERIOS HIDRÁULICOS.....	24
2.2.1.	La hidráulica en los sistemas de drenaje en carreteras.....	24
2.2.2.	Cunetas.....	24
2.2.3.	Secciones transversales de cunetas.....	25
2.2.4.	Secciones típicas de cunetas.....	25
2.2.5.	Elementos geométricos de cunetas.....	26
2.2.6.	Pendiente de la cuneta.....	28
2.2.7.	Velocidad de flujo.....	28
2.2.8.	Zanjas de coronación.....	29
2.2.9.	Contracunetas.....	30
2.2.10.	Rampa de descarga.....	31
2.2.11.	Drenes ciegos.....	31
2.2.12.	Canales de rápidas con tapa y columpio (CRTC).....	32
2.2.13.	Bombeo (pendiente transversal).....	33
2.2.14.	Alcantarillas.....	34
2.2.15.	Elementos que conforman una alcantarilla.....	34
2.2.16.	Consideraciones para el diseño de alcantarillas.....	35
2.2.17.	Tiempo de concentración.....	35
2.2.18.	Caudal de diseño.....	36
2.2.19.	Diseño de entradas y salidas de alcantarillas.....	37
2.2.20.	Origen del diseño a partir del control de salida.....	38
2.2.21.	Puentes.....	44
2.2.22.	Tipos de puentes.....	44
2.2.23.	Badenes.....	45
2.3.	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO.....	47
2.3.1.	Software Google Earth.....	48
2.3.2.	Software Autodesk AutoCAD.....	48
2.3.3.	Software AutoCAD Civil 3D.....	48

2.3.4.	Software Global Mapper.....	48
2.3.5.	Software Infracore.....	49
2.3.6.	Nomogramas para el diseño de alcantarillas.....	49
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		55
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	55
3.1.1.	Tipo.....	55
3.1.2.	Nivel.....	55
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.2.1.	Método.....	55
3.2.2.	Enfoque.....	56
3.2.3.	Diseño.....	56
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	56
3.3.1.	Población.....	56
3.3.2.	Muestra.....	57
3.3.3.	Muestreo.....	57
3.4.	UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO	57
3.5.	METODOLOGÍA DEL O.E.1.: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA VÍA EN ESTUDIO Y DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE DRENAJE	58
3.5.1.	Levantamiento topográfico.....	58
3.5.2.	Cuencas hidrográficas.....	59
3.5.3.	Taludes de corte.....	63
3.5.4.	Calzada de la vía.....	64
3.6.	METODOLOGÍA DEL O.E.2.: CÁLCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA Y ESCORRENTIA	66
3.6.1.	Precipitaciones medias mensuales.....	66
3.6.2.	Precipitaciones diarias máximas.....	66
3.6.3.	Precipitaciones máximas horarias.....	70
3.6.4.	Tiempo de concentración.....	71
3.6.5.	Intensidad de lluvia.....	73
3.6.6.	Coefficiente de escorrentía (C).....	74
3.6.7.	Cobertura vegetal.....	75
3.6.8.	Permeabilidad.....	76
3.6.9.	Pendiente media (s).....	77
3.6.10.	Caudales probables.....	77
3.6.11.	Caudal tributado por cunetas.....	77

3.6.12.	Caudal tributado por subcuencas.	78
3.6.13.	Caudal total tributado a puntos de drenaje principales.	78
3.7.	METODOLOGÍA DEL O.E.3.: REDISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE	79
3.7.1.	Caudal de diseño para cunetas.	79
3.7.2.	Sección de la cuneta.	80
3.7.3.	Diseño de alcantarilla.	81
3.7.4.	Caudal de diseño para alcantarilla circular.	81
3.7.5.	Caudal de diseño para alcantarilla ducto cajón.	84
3.7.6.	Control de flujo de entrada en las alcantarillas.	85
3.7.7.	Control de flujo de salida en las alcantarillas.	86
3.8.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	89
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		91
4.1.	RESULTADOS DEL O.E.1.: DATOS GEOGRÁFICOS DEL SECTOR ADYACENTE A LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO	91
4.1.1.	Datos de las subcuencas hidrográficas.	91
4.1.2.	Datos de los cauces principales de las subcuencas hidrográficas.	92
4.2.	RESULTADOS DEL O.E.2.: DATOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS DE LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO	92
4.2.1.	Intensidades de lluvia.	92
4.2.2.	Determinación de los caudales tributados por la calzada.	94
4.2.3.	Determinación de los caudales tributados por las subcuencas hidrográficas.	95
4.2.4.	Determinación de los caudales totales tributados a las alcantarillas.	96
4.3.	RESULTADOS DEL O.E.3.: REDISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO ...	97
4.3.1.	Reconocimiento y evaluación del sistema de drenaje vial existente.	97
4.3.2.	Inspección de las estructuras de drenaje transversal.	97
4.3.3.	Requerimiento para las mejoras en el sistema de drenaje transversal.	100
4.3.4.	Diseño de cuneta para el tramo de vía comprendido entre las abscisas 8+600 y 10+600.	101
4.3.5.	Rehabilitación de alcantarillas circulares de hormigón.	103
4.3.6.	Reconstrucción de alcantarillas circulares de hormigón.	104
4.3.7.	Diseño de alcantarillas circulares de hormigón.	105
4.3.8.	Reconstrucción de alcantarillas ducto cajón de hormigón.	106
4.3.9.	Diseño de alcantarillas ducto cajón de hormigón.	107
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		108

5.1	CONCLUSIONES	108
5.2	RECOMENDACIONES	110
	BIBLIOGRAFÍA.....	111
	ANEXOS.....	116
	Apartado A	116
	Apartado B	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Elementos de una cuenca hidrográfica	11
Figura 2 Ejemplificación de una cuenca con sus cauces naturales	13
Figura 3 Subcuencas y microcuencas que conforman una cuenca hidrográfica..	13
Figura 4 Divisorias de agua con sus respectivas vertientes de una cuenca hidrográfica	14
Figura 5 Área de drenaje de las cuencas en la provincia de Santa Elena	17
Figura 6 Curvas típicas de intensidad – duración – frecuencia (IDF)	22
Figura 7 Secciones transversales de cunetas	25
Figura 8 Dimensiones de la sección triangular de una cuneta	26
Figura 9 Elementos geométricos más importantes de cunetas.....	26
Figura 10 Elementos geométricos de una cuneta según su sección transversal...	28
Figura 11 Zanjas de coronación en los taludes	29
Figura 12 Ubicación de una contracuneta en una carretera	30
Figura 13 Dimensiones de una contracuneta	30
Figura 14 Rampas de descargas en cunetas y/o contracunetas	31
Figura 15 Dren ciego situado debajo de una cuneta	32
Figura 16 Vista en planta de un canal en rápida con tapa y columpio	32
Figura 17 Bombeo en sección tangente	33
Figura 18 Bombeo en sección en curva	33
Figura 19 Elementos de una alcantarilla	34
Figura 20 Esquemas de controles de flujo en alcantarillas	38
Figura 21 Coeficientes K_e o C_e para sección tubulares de concreto	39
Figura 22 Coeficientes K_e o C_e para sección ducto cajón de concreto armado ..	40
Figura 23 Casos de la relación h/D en una alcantarilla de sección circular	42
Figura 24 Esquema típico para el diseño de control de entrada.....	43
Figura 25 Flujo en una alcantarilla bajo condiciones supercríticas, con la entrada sumergida y la salida no sumergida	43
Figura 26 Flujo en una alcantarilla bajo condiciones supercríticas, con la entrada no sumergida y la salida sumergida	43
Figura 27 Esquema de componentes de un Puente Bailey.....	44

Figura 28 Representación de un Puente Bailey en Morona Santiago – Ecuador.	45
Figura 29 Elementos de un Badén	46
Figura 30 Badén en la vía de la comuna Salanguillo, Santa Elena – Ecuador.....	47
Figura 31 Altura a la entrada para alcantarillas de cajón de control de entrada ..	50
Figura 32 Altura a la entrada para alcantarillas de tubos de concreto con control de entrada	51
Figura 33 Altura de carga (H) para alcantarillas de cajón, con escurrimiento lleno “n = 0.012”	52
Figura 34 Altura de carga (H) para alcantarillas de tubos circulares de hormigón, con escurrimiento lleno “n = 0.012”	53
Figura 35 Profundidad crítica de sección rectangular.....	54
Figura 36 Ubicación de la comuna San Marcos y Salanguillo. Latitud: 548297 m E y Longitud: 9782759 m N.....	57
Figura 37 Obra lineal de la vía Colonche – Manantial de Guangala	58
Figura 38 Obra lineal de la vía Manantial de Guangala – Salanguillo	59
Figura 39 Polígono representativo para la delimitación de las cuencas y subcuencas.....	59
Figura 40 Modelo DEM de la zona donde se encuentra la vía San Marcos – Salanguillo.....	60
Figura 41 Curvas de nivel cada 5 metros con el modelo DEM generado.....	60
Figura 42 Cuencas hidrográficas del tramo de vía Colonche – Manantial de Guangala	61
Figura 43 Cuencas hidrográficas del tramo de vía Manantial de Guangala – Salanguillo.....	61
Figura 44 Cuencas hidrográficas del tramo de vía de estudio San Marcos - Salanguillo.....	62
Figura 45 Sección típica de la carretera en el tramo San Marcos – Salanguillo..	64
Figura 46 Composición del tipo de cobertura en cantón Santa Elena	75
Figura 47 Clasificación de Permeabilidad de rocas y sedimentos	76
Figura 48 Sección de cuneta para su diseño	80
Figura 49 Sección de alcantarilla circular denotando el área de la sección mojada	82
Figura 50 Modelo de entrada y salida de alcantarillas circulares	83
Figura 51 Sección tipo cajón típica.....	84

Figura 52 Casos de escurrimiento con control de salida.....	87
Figura 53 Alcantarilla tipo ducto cajón de hormigón armado	98
Figura 54 Alcantarilla tubular de hormigón armado.....	98
Figura 55 Alcantarilla tubular de hormigón armado.....	99
Figura 56 Alcantarilla tubular de hormigón armado.....	99
Figura 57 Alcantarilla tubular de hormigón armado.....	99
Figura 58 Diseño de cuneta para los dos kilómetros finales de la vía San Marcos – Salanguillo.....	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Funciones principales de la cuenca hidrográfica.....	12
Tabla 2 Clasificación de las cuencas hidrográficas según su tamaño	15
Tabla 3 Coeficientes de escorrentía para distintos tipos de terrenos.....	19
Tabla 4 Periodos de retornos recomendados para diseños hidrológicos en diversas obras hidráulicas de control	21
Tabla 5 Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales.....	29
Tabla 6 Coeficiente de rugosidad de Manning “n”	37
Tabla 7 Elementos geométricos de una alcantarilla de sección circular	42
Tabla 8 Puntos de drenaje principal en la vía de estudio.....	63
Tabla 9 Datos geométricos de la vía San Marcos – Salanguillo	65
Tabla 10 Datos de precipitaciones medias mensuales.....	66
Tabla 11 Datos de precipitación máxima en 24 horas en mm.....	67
Tabla 12 Coeficientes de Gumbel	68
Tabla 13 Precipitaciones diarias máximas probables	69
Tabla 14 Coeficientes para Conversión de Lluvias Diarias a Lluvias Horarias ...	70
Tabla 15 Precipitaciones máximas horarias	70
Tabla 16 Intensidad de lluvia por duración para cada periodo de retorno	71
Tabla 17 Tc para los puntos de drenaje determinados por la calzada.....	72
Tabla 18 Tc para los puntos de drenaje determinados por las subcuencas.....	72
Tabla 19 Coeficientes de escorrentía en funciones del tipo de terreno	75
Tabla 20 Dimensiones del cabezal de la alcantarilla según el diámetro de la tubería seleccionada	83
Tabla 21 Operacionalización de Variables Independientes	89
Tabla 22 Operacionalización de Variables Dependientes.....	90
Tabla 23 Áreas de drenaje en la zona de estudio.....	91
Tabla 24 Datos de los cauces principales de las áreas de drenaje	92
Tabla 25 Intensidades de lluvia de la Estación Salanguillo (M0783)	93
Tabla 26 Intensidades de lluvia de la Estación Julcuy (M0169).....	93
Tabla 27 Caudales probables de la calzada a puntos de descarga calculados para un $T_r=25$ años.....	94

Tabla 28 Datos de los caudales tributados por las cuencas hidrográficas calculados para un $Tr=25$ años.....	95
Tabla 29 Caudales probables totales a los puntos de descarga calculados para un $Tr=25$ años.....	96
Tabla 30 Requerimientos para el mejoramiento del sistema de drenaje vial	100
Tabla 31 Parámetros generales para el diseño de cuneta.....	102
Tabla 32 Cálculos hidráulicos para la verificación de las alcantarillas circulares de hormigón que serán rehabilitadas.....	103
Tabla 33 Cálculos hidráulicos para la reconstrucción de la alcantarilla circular de hormigón	104
Tabla 34 Cálculos hidráulicos para el diseño de las nuevas alcantarillas circulares de hormigón	105
Tabla 35 Cálculos hidráulicos para la reconstrucción de las alcantarillas ducto cajón de hormigón.....	106
Tabla 36 Cálculos hidráulicos para el diseño de las nuevas alcantarillas ducto cajón de hormigón.....	107

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Desnivel Altitudinal de la cuenca	15
Ecuación 2 Pendiente de la cuenca (J)	16
Ecuación 3 Fórmula para el cálculo de permeabilidad	20
Ecuación 4 Ecuación tipo de la intensidad máxima de lluvia (<i>I</i>)	23
Ecuación 5 Ecuación en función de la intensidad máxima de lluvia en 24 horas	23
Ecuación 6 Fórmula para la estimación del caudal pico (<i>Q_p</i>)	24
Ecuación 7 Radio hidráulico	27
Ecuación 8 Fórmula del tiempo de concentración según Rowe.....	35
Ecuación 9 Fórmula de Manning para el cálculo del caudal máximo	36
Ecuación 10 Ecuación de energía entre entrada y salida de alcantarillas	38
Ecuación 11 La carga de la alcantarilla se puede determinar por la siguiente expresión:	38
Ecuación 12 La carga de velocidad.....	39
Ecuación 13 La pérdida de la entrada	39
Ecuación 14 La pérdida de fricción.....	40
Ecuación 15 Pérdida por metro lineal de tubería	40
Ecuación 16 Carga en la alcantarilla H	40
Ecuación 17 Alcantarilla de sección circular	41
Ecuación 18 Alcantarilla tipo ducto cajón	41
Ecuación 19 Tirante crítico de una alcantarilla ducto cajón	41
Ecuación 20 Caudal específico	41
Ecuación 21 Función de la probabilidad de no ocurrencia	68
Ecuación 22 Parámetros de ajuste Estación Salanguillo (M0783)	73
Ecuación 23 Intensidad de lluvia estación Salanguillo	73
Ecuación 24 Intensidad de lluvia estación Julcuy, intervalos 5 a 30 minutos.....	74
Ecuación 25 Intensidad de lluvia estación Julcuy, intervalos 30 a 120 minutos..	74
Ecuación 26 Intensidad de lluvia estación Julcuy, intervalos 120 a 1440 minutos	74
Ecuación 27 Formula de pendiente media	77
Ecuación 28 Formula de caudal de diseño para cuneta.....	79

“ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA”

Autores: Bernabé Soriano Joshua

Muñoz De La A Favio

Tutor: Ortiz Safadi Guido, Mg.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se realizó el análisis del mejoramiento hidráulico del sistema de drenaje de la vía San Marcos – Salanguillo, en el cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, Ecuador. El objetivo principal fue mejorar el manejo de las aguas pluviales para evitar inundaciones y garantizar la seguridad estructural de la vía mediante un enfoque cuantitativo, aplicando técnicas de levantamiento topográfico y análisis hidrológico, con herramientas de procesamiento de datos como Infracore y Civil 3D para delimitar las subcuencas hidrográficas, y datos relevantes como la intensidad de lluvia en la zona de influencia, proporcionados por la estación Julcuy del INAMHI para calcular los caudales probables.

Los resultados muestran que los actuales sistemas de drenaje de la carretera no pueden satisfacer la escorrentía de las lluvias torrenciales y/o porque se encuentran en un estado de deterioro. Se determinó que en tres tramos claves de la vía, las alcantarillas están con sobrecarga hidráulica. Como solución, dichas alcantarillas fueron rediseñadas y se propusieron cunetas para ayudar a drenar el agua de la calzada que se encuentra en las zonas de corte. Este proyecto se ajusta a la normativa técnica ecuatoriana y, por lo tanto, protege la infraestructura contra futuras inundaciones, así como a la comunidad local. También, es importante que se realice un mantenimiento periódico del sistema para evitar la pérdida de suelo (por ejemplo, por erosión) y garantizar su correcto funcionamiento.

Palabras clave: Drenaje, intensidad de lluvia, caudales, sobrecarga hidráulica, erosión.

“ANALYSIS OF THE HYDRAULIC IMPROVEMENT OF THE EXISTING DRAINAGE SYSTEM ON THE SAN MARCOS – SALANGUILLO ROAD IN THE SANTA ELENA CANTON”

Authors: Bernabé Soriano Joshua

Muñoz De La A Favio

Tutor: Magister, Ortiz Safadi Guido

ABSTRACT

In this research work, an analysis of the hydraulic improvement of the drainage system of the San Marcos - Salanguillo road, in the Santa Elena canton, province of Santa Elena, Ecuador, was carried out. The main objective was to improve stormwater management to prevent flooding and ensure the structural safety of the road through a quantitative approach, applying topographic survey and hydrological analysis techniques, with data processing tools such as Infracore and Civil 3D to delimit the sub-watersheds, and relevant data such as rainfall intensity in the area of influence, provided by INAMHI's Julcuy station to calculate probable flow rates.

The results show that the road's current drainage systems are unable to cope with runoff from torrential rains and/or because it is in a state of deterioration. It was determined that in three key sections of the road, the culverts are hydraulically overloaded. As a solution, these culverts were redesigned and ditches were proposed to help drain water from the roadway in the cut-off areas. This project complies with Ecuadorian technical regulations and therefore protects the infrastructure against future flooding, as well as the local community. It is also important that the system is regularly maintained to prevent soil loss (e.g., due to erosion) and to ensure its proper functioning.

Key words: Drainage, rainfall intensity, flows, hydraulic overload, erosion.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, el clima global ha cambiado, lo que ha provocado períodos de lluvia prolongados y períodos de sequía severos. Estos ajustes han causado importantes problemas de inundaciones, destacando la creciente necesidad de mejorar el rendimiento y la eficacia de las redes de drenaje del sistema urbano convencional. Optimizar estos sistemas es vital para establecer hábitats más verdes y duraderos, mejorando así la calidad de vida urbana. (Montaño y Correa, 2022)

Dentro de este contexto, la tesis en cuestión apunta a un sector vital de Santa Elena, Ecuador: la vía que une las comunas de San Marcos y Salanguillo, una carretera pavimentada de tercera categoría con un total de 10.6 kilómetros, que enfrenta importantes problemas en cuanto al escurrimiento de fluidos y control de aguas pluviales.

El drenaje en la superficie de la vía tiene mucha importancia para el manejo eficiente de los fluidos. Es fundamental abordar adecuadamente los procesos de recolección, canalización, evacuación y disposición de agua y fluidos. Si no se controla correctamente el escurrimiento del agua en la estructura de una carretera, la misma puede degradar sus propiedades geomecánicas, afectar la transferencia de carga, influir en las presiones de poro y presiones hidrostáticas e incluso generar sub – presiones de flujo, lo que puede dar a cambios volumétricos sustanciales. (Pérez Carmona, 2013).

Entre los múltiples factores que influyen en la relevancia de las infraestructuras de drenaje en las vías, es indispensable destacar que estas estructuras son esenciales para prolongar la vida útil de caminos, carreteras, autopistas y otras rutas terrestres (Bañón Blázquez et al., 2000).

La adecuada planificación y ejecución de los sistemas de drenaje superficial y subterráneo es clave para alcanzar una carretera óptima, asegurando un terreno con un régimen hidráulico seco y un nivel de aguas subterráneas que no afecte el suelo ni el pavimento por efectos de capilaridad (Bañón Blázquez et al., 2000).

Un sistema de drenaje vial está desarrollado para encauzar las aguas pluviales o de deshielo, evacuadas o canalizadas a los cauces naturales, al sistema de alcantarillado o a la capa freática del terreno (VIAS PUCP, 2021).

Con el fin de alcanzar el objetivo planteado, el trabajo se distribuye de la siguiente forma: En el capítulo I, se expone el plano de la investigación con el contenido preliminar, que incluye la descripción del problema, bibliografía, hipótesis, variables y objetivos. El capítulo II recoge los conceptos del marco teórico, en tanto que el capítulo III se desglosa la metodología aplicada y en el capítulo IV se presentan los resultados de dicha metodología. Finalmente, en el capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El sistema de drenaje funciona con el fin de desviar el flujo de aguas pluviales de la calzada hacia los puntos de descarga previstos en el diseño para remediar inundaciones y daños. El proceso comienza con levantamientos topográficos y análisis hidrológicos que caracterizan y determinan cómo actúa el agua, su tasa de escorrentía, el caudal total probable y potencial, que puede definirse como la demanda de agua que escurre en un punto determinado de un río/lago/océano, además es importante tener en cuenta la capacidad hídrica que tiene una cuenca hidrográfica compuesta por subcuencas, mismas que entregan agua a un río o lago, así como otros materiales como sedimentos. Las cunetas para recoger y transportar el agua, las alcantarillas y los puentes que la dejan pasar bajo las carreteras son elementos hidráulicos críticos e indispensables en un sistema de drenaje.

El modelado es una herramienta útil, que permite predecir el comportamiento del sistema ante varios escenarios posibles en los que la eficiencia y efectividad del modelo puede formular dicho comportamiento. En la ingeniería de los recursos hidráulicos, la mayoría de los modelos son estructurales y toman la forma de métodos matemáticos, ecuaciones, cuadros, gráficas o programas de computadora. Aun así, se debe hacer un mayor esfuerzo para mejorar el entendimiento de los procesos que intervienen en los sistemas hidráulicos e identificar las problemáticas yacentes que contiene todo modelo hidráulico (Marengo et al., 2010).

La condición vial que existe del tramo San Marcos y Salanguillo del cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena se ve comprometida por un deterioro notable al que ha sido expuesto debido al drenaje insuficiente conforme el paso del tiempo generando fisuras, grietas, huecos y deflexiones. Contar con mecanismos que aseguren la conducción eficiente y efectiva de aguas pluviales bajo una carretera es fundamental para el aprovechamiento y la conservación estructural de la vía.

La lluvia y el encharcamiento pueden causar situaciones de peligro para los usuarios considerando la reducción de visibilidad y la baja de coeficientes de fricción, además de que los sistemas de drenaje enfrentan limitaciones que se relacionan con el deterioro de la infraestructura vial reduciendo la calidad de los servicios prestados, presentándose como un elemento de riesgo para la seguridad vial de los seres humanos, además la falta de un sistema hidráulico afecta directamente a un principio de desarrollo a nivel global como lo es el de sostenibilidad (Aranda et al., 2021; Francisco et al., 2022)

La sostenibilidad se define como el desarrollo de proyectos que cubra las necesidades actuales sin poner en riesgo las de las generaciones futuras. De acuerdo con la (ONU, 2023), la investigación se alinea con el undécimo objetivo de desarrollo sostenible de la Agenda 2030, que busca "Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles". Este objetivo tiene como meta "ofrecer acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos, así como mejorar la seguridad vial".

Los sistemas de drenaje vial son importantes para llevar la lluvia hacia los puntos de desfogue de agua que impida que se inunde la calzada o existan daños a la propia carretera, en este caso la vía que une San Marcos con Salanguillo en el cantón Santa Elena es un punto que destaca la necesidad del manejo del agua para la seguridad de las personas que viven en sus alrededores. Es así como, en términos de sostenibilidad, se buscan soluciones que aborden los problemas actuales y a la vez que tengan en cuenta los intereses del futuro a fin de cumplir con los objetivos de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el desarrollo a largo plazo.

La formulación general del problema de investigación se encuadra en la siguiente interrogante general: ¿Qué problemática se presenta ante la escorrentía producida por las subcuencas aportantes y las lluvias en el diseño hidráulico existente de los

sistemas de drenaje de la vía San Marcos – Salanguillo del cantón Santa Elena? De ello se derivan tres problemas específicos (P.E.):

P.E.1. ¿Cómo influyen las características geográficas e hidrológicas de los sectores ubicados en la vía San Marcos – Salanguillo de la Provincia de Santa Elena?

P.E.2. ¿Los caudales obtenidos de la subcuenca que drenan hacia el río Salanguillo generan daños a la estructura vial existente?

P.E.3. ¿El rediseño hidráulico del drenaje vial es una solución que garantiza la integridad estructural de la vía?

Por lo tanto, el problema de investigación se basa en que producto de las lluvias, el desbordamiento de ríos de las cuencas y subcuencas aportantes causan desastres naturales, lo cual podría prevenirse gracias a la existencia de un modelo de ingeniería hidráulica que permite diseñar y construir vías que son más importantes en la seguridad del conductor; cabe mencionar que los diseños existentes en el Ecuador sobre los sistemas de drenajes que abordan las vías fallan ocasionalmente.

1.2. ANTECEDENTES

El proyecto de investigación actual se centra en la gestión documental, examinando de manera crítica los problemas que se abordan en investigaciones a nivel internacional, nacional y local (García Ramírez, 2019).

A nivel internacional, citamos el estudio realizado por Suárez Marín Claudia (2019) titulado: “Una nueva espacialidad del agua: Estrategias de diseño basadas en la gestión integral de aguas lluvias como generador de oportunidades urbanas: Caso de la Comuna de Renca, Santiago de Chile”, este trabajo de investigación presenta propuestas de diseño para la gestión integral de aguas pluviales en la Comuna de Renca, con el fin de impulsar tanto la mejora urbana como la restauración ecológica del área.

Las propuestas se fundamentan en conceptos de infraestructura verde y sistemas sostenibles de drenaje urbano. Para abordar la temática, se estudian tres periodos históricos de la comuna que permiten comprender la dinámica del agua y se revisan distintos referentes que brindan ideas sobre cómo manejarla. De este análisis, se

derivan las estrategias empleadas para desarrollar el proyecto urbano planteado en Renca. El manejo adecuado del agua posibilita la restauración de huellas ecológicas, previene la fragmentación de ecosistemas y promueve la conectividad tanto ambiental como urbana. La propuesta, que abarca múltiples escalas y funciones, busca diseñar una ciudad resiliente, adaptable y sostenible.

También podemos citar el trabajo de investigación realizado por Chica Osorio Paola Andrea (2017) titulado: “Sincronización hidrológica e hidráulica en contexto no estacionario para el diseño de drenajes urbanos. Caso de estudio: cuenca sanitaria sector Doce de Octubre, Medellín, Colombia” donde establece que el cálculo de la probabilidad de eventos extremos es crucial en el diseño y planificación de infraestructuras. Una técnica comúnmente utilizada para este propósito son los métodos paramétricos, que se basan en ajustar una distribución de probabilidad a las series de datos, proceso conocido como análisis de frecuencias.

Con los datos recabados se indican flujos máximos probables, lo que altera las investigaciones que se estiman en estudios recientes. El análisis se concentra en este cambio y su impacto tiene lugar en la medición de caudales máximos en 33 localidades de Antioquia.

Profundizar en las condiciones hídricas y el caudal urbano ayuda a obtener información en una zona de prueba en Doce de Octubre, revelando datos hidráulicos en el noroeste del Valle de Aburrá.

Los periodos de retorno de alta frecuencia de 5 y 10 años son el ámbito de análisis elegido en este estudio, en consonancia con las normas de diseño de las redes de alcantarillado.

En este sentido, el análisis de estado no estacionario toma protagonismo como elemento a considerar, que juega un papel destacado en el contexto de la dinámica del drenaje urbano. El método que se aplica realiza una gestión del caudal muy precisa, evitando así teorías que puedan sonar poco claras o confusas. Los bordes libres se convierten en una forma correcta de realizar un adecuado drenaje de la vialidad.

Agregando la tesis de índole internacional realizado por Del Rio Andrés y Forero Daniel (2021) titulado “Estudio hidrológico e hidráulico de la vía que conduce del corregimiento el doce – al corregimiento barro blanco, zona rural del municipio de

Tarazá, Antioquia”. El cual nos plantea como objetivo el determinar las necesidades hidráulicas para la vía que conecta el corregimiento El Doce con el corregimiento Barro Blanco, en la zona rural del municipio de Tarazá, Antioquia. Para ello, se realizará una caracterización atmosférica e hidrológica de la zona, utilizando información proveniente de entidades como el IGAC y el IDEAM centrado en evaluar las condiciones atmosféricas y como ha ido evolucionando con el transcurso del tiempo, permitiendo definir parámetros clave para una evaluación hidráulica y gestionar la escorrentía superficial.

Mediante información hidro climáticamente de la zona de estudio, se realizan cálculos de áreas de aporte, intensidades, coeficientes de escorrentía y caudales de diseño. Implementando memorias de cálculo hidrológico y dimensionamiento de estructuras de drenaje, que incluyan conclusiones y observaciones necesarias para una estructuración adecuada del proyecto.

La metodología se enfoca en evaluar el sistema hidráulico e hidrológico del drenaje preexistente en la vía, obteniendo como resultados el promedio variable multianual de precipitación corresponde a 156 mm, estableciendo una estructura hidráulica para la evacuación rápida de escorrentía superficial de 2095 metros lineales de cuneta, 3 alcantarillas tipo cajón y 7 circulares de 0.90 m de diámetro, 7 enrocados tipo rip-rap, sin necesidad de bajantes debido que mediante los enrocados se logra un proceso de filtración apropiado.

En el ámbito nacional, citamos el trabajo de titulación de Carrión Daniel y Orellana Christian (2016) titulado: “Estudio del sistema de drenaje para la vía Molleturo - tres marías - la iberia, en la provincia del Azuay”. El estudio realizado consiste en un análisis hidrológico e hidráulico que se obtienen mediante las intensidades máximas de precipitación proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) basado en registros históricos disponibles en las estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio, generando áreas de aporte, periodos de retorno, coeficiente de escorrentía, datos condicionados al uso del suelo y formación geológica para la vía Molleturo - Tres Marías - La Iberia de 28.2 Km de longitud, localizada en la Provincia del Azuay.

El objetivo se prioriza en la preservación y seguridad de la vía sin afectar el medio ambiente, con el fin de determinar una posible estructuración de un sistema de drenaje vial, tales como cunetas, cunetas de coronación alcantarillas, sub – drenes

y puentes, implementando un diseño de drenaje a partir de las metodologías de Manning, Racional Americano y Soil Conservation Service [SCS], contando con modelizaciones a través de los programas HEC – HMS y HEC – RAS, con sistemas computacionales como ArcGIS para delimitar las áreas de aporte, definir las longitudes de los cauces; AutoCAD, Civil 3D, para poder visualizar y realizar un trazado vial, ubicando los puntos estratégicos para una posible estructura.

Al usar los datos, el método Gumbel dio como resultado una precipitación máxima en 24 horas, en la estación El Labrado se obtuvo un valor de 52.40 mm en cantidad de lluvia. En cambio, la estación Santa Isabel devolvió un valor de 45.19 mm cuando el periodo de retorno fue de 25 años, para un periodo de retorno de 100 años, que es en el que está basado el análisis del puente proyectado para la estación Santa Isabel resultó en un valor de 54.00 mm

Las cuencas delineadas exhiben variaciones en las pendientes que van de medias a altas. El factor de escorrentía C se estableció entre 0.40 y 0.55 a lo largo de la carretera. De acuerdo con el estudio, las cunetas se diseñaron considerando que el mayor caudal obtenido para el análisis se ha registrado en el tramo principal con una longitud máxima de 68 L/s. Por lo tanto, con la fórmula de Manning como referencia, se determinó una sección triangular de concreto tal que la altura es de 10 cm y la longitud de 60 cm. De igual modo, la solución completa para el drenaje transversal incluye 110 tramos de alcantarillas dispuestos en zonas bajas, quebradas y rellenos significativos para facilitar la inspección y monitoreo.

Se utilizaron alcantarillas de sección circular de acero corrugado con un total de 99 unidades de un tamaño de desagüe libre (diámetro) de 1200 mm y cuatro unidades de 1400 mm. Por otro lado, para alojar caudales superiores a 3 m³/s, se colocaron 7 alcantarillas de sección cuadrada, fabricadas en hormigón y con unas dimensiones comprendidas entre 1.2 x 1.2 m y 1.5 x 1.5 m de altura cada una y todas ellas se construyeron de acuerdo con los requisitos establecidos por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOB).

A nivel local, se enaltece el proyecto de titulación realizado por (Mendoza Gómez & Mendoza Orrala, 2023) con el tema: “Evaluación y estudio hidráulico para los sistemas de drenaje existentes en la vía Sayá – El Azúcar de la provincia de Santa Elena” que nos habla de cómo realizar un diseño de drenaje completo de acuerdo con normas técnicas y como realizar un estudio y evaluación hidráulica correcta.

Podemos citar al trabajo de titulación realizado por Cruz Baque Ana y Sandoval Robles Nathalie (2023) titulado: “Diseño hidráulico para los sistemas de drenaje natural en la vía Baños de San Vicente - Sayá de 8 km de longitud ubicada en el cantón Santa Elena.” cuyo objetivo fué desarrollar un diseño hidráulico que integre tanto las alcantarillas existentes de la vía, mejorando la gestión de aguas pluviales y reduciendo los riesgos de inundación en la zona. Concluyendo que el diseño propuesto satisface las necesidades técnicas y normativas y representa una medida proactiva para elevar la resiliencia de la comunidad ante eventos pluviales que se presenten en el futuro.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General.

El estudio de las subcuencas aportantes y precipitaciones permite el análisis para el mejoramiento de los sistemas de drenaje que existen en la vía Colonche – Salanguillo específicamente en el tramo San Marcos – Salanguillo.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

H.E.1.: El estudio topográfico de la región que abarca la vía San Marcos – Salanguillo mediante el software Global Mapper e Infracore delimita las subcuencas aportantes y permite conocer la topografía de la vía.

H.E.2.: El estudio hidrológico de la región mediante un análisis estadístico probabilístico para la recolección de datos pluviales determina los caudales de las subcuencas adyacente a ríos y arroyos.

H.E.3.: La implementación y rediseño del sistema de drenaje (longitudinal y transversal) asegura la estructura de la vía y la resguarda de posibles daños futuros.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Mejorar el sistema hidráulico de drenaje que existe en la vía San Marcos – Salanguillo mediante un análisis hidrológico e hidráulico de las cuencas y subcuencas aportantes, dándole importancia a la estabilidad estructural y funcional de la vía.

1.4.2. Objetivos Específicos.

O.E.1.: Desarrollar el levantamiento topográfico de la zona donde se encuentra la vía San Marcos – Salanguillo por medio de levantamientos topográficos, del software informático Global Mapper e Infracad delimitando las cuencas y subcuencas aportantes.

O.E.2.: Analizar los datos y ecuaciones hidrológicas de la zona mediante el cálculo de intensidades de lluvias con la finalidad de dar señalización a los caudales obtenidos por las cuencas y subcuencas adyacentes a la vía de estudio, así como de la propia calzada.

O.E.3.: Rediseñar el sistema de drenaje (longitudinal y transversal) de la vía San Marcos – Salanguillo mediante el cálculo de sus caudales probables, intensidades de lluvia y tipo de terreno, asegurando una estructura eficiente y funcional.

1.5. ALCANCE

El alcance de este proyecto es un estudio completo del sistema de drenaje existente desde San Marcos hasta Salanguillo, incluyendo visitas al sitio y recopilación de datos necesarios. Además, se estudiarán soluciones, conformadas por el análisis de los datos existentes y la consulta con expertos, así como un estudio para identificar medidas específicas para mejorar la eficiencia del diseño hidráulico y la protección contra inundaciones, con el fin de crear recomendaciones para mejorar el diseño hidráulico.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables Independientes.

- ✓ Características geográficas de la zona.
- ✓ Datos hidrológicos de la zona.
- ✓ Análisis probabilístico de precipitaciones en diferentes periodos de retorno.

1.6.2. Variables Dependientes.

- ✓ Sistema de drenaje pluvial de la vía.
- ✓ Elección del período de retorno idóneo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

La hidrología y la hidráulica son un parte fundamental en la ingeniería civil, ya que dan forma a las estructuras relacionadas con el agua. Estas ciencias permiten diseñar los sistemas de drenaje que conocemos, los cuales empiezan desde el análisis hidrológico hasta el diseño del diámetro de la tubería. Otras obras hidráulicas vitales para una mejor calidad de vida de las personas son los canales, represas, diques, etc. Comprender los conceptos básicos de estas ciencias es clave para diseñar un buen sistema hidráulico.

2.1. CRITERIOS HIDROLÓGICOS

2.1.1. Cuenca Hidrográfica.

Como manifiesta Bordino (2021), las cuencas hidrográficas son fundamentales en el paso del agua, ya que alrededor del treinta por ciento del agua que circula en el mundo fluye a través de estas.

En el 2021 Bordino agregó: “Una cuenca hidrográfica es una depresión del terreno, rodeada por áreas más elevadas, donde se concentra el agua procedente de lluvias o deshielos. El agua que llega a estas cuencas fluye hacia un cuerpo de agua como un mar, río, laguna u océano. En resumen, las cuencas hidrográficas actúan como un sistema natural de drenaje, y un conjunto de cuencas que desembocan en el mismo punto se conoce como vertiente hidrográfica”.

Figura 1

Elementos de una cuenca hidrográfica



Nota. Tomado de Bordino, (2021)

2.1.1.1. Funciones de la cuenca hidrográfica.

La siguiente tabla muestra las funciones de la cuenca hidrográfica con sus respectivas acciones:

Tabla 1

Funciones principales de la cuenca hidrográfica

Función	Acciones
AMBIENTAL	Actuar como sumideros de CO ₂ .
	Alojar bancos de germoplasma.
	Regular la recarga hídrica.
	Conservar la biodiversidad.
ECOLÓGICA	Mantener la diversidad de los suelos.
	Influye en la calidad física y química del agua.
	Provee hábitat para la fauna.
HIDROLÓGICA	Provee hábitat para la flora.
	Drena el agua de la precipitación.
	Recarga las fuentes de agua subterránea.
SOCIOECONÓMICA	Recarga las fuentes de agua superficial.
	Suministra recursos naturales renovables.
	Proporciona recursos naturales no renovables.
	Ofrece espacio para el desarrollo social.
	Facilita el desarrollo cultural.

Nota: Tomado de Vásconez et al., (2019)

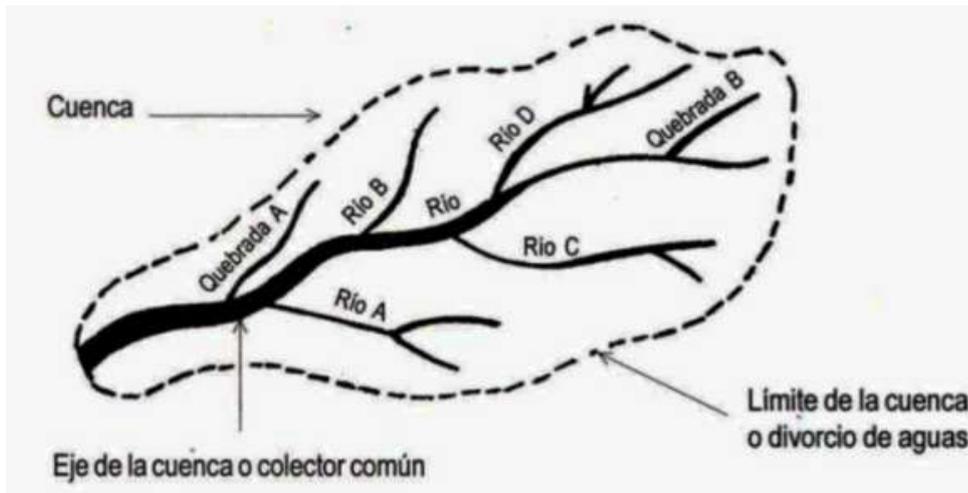
2.1.1.2. Tipos de cuencas.

Según su desagüe (Vásconez et al., 2019), las cuencas hidrográficas se clasifican en:

- a. Exorreicas: Drenan sus aguas hacia el mar o el océano.
- b. Endorreicas: Sus aguas desembocan en lagos, lagunas o salares sin conexión fluvial con el mar.
- c. Criptorreicas: Fluyen a través de corrientes subterráneas.

Figura 2

Ejemplificación de una cuenca con sus cauces naturales



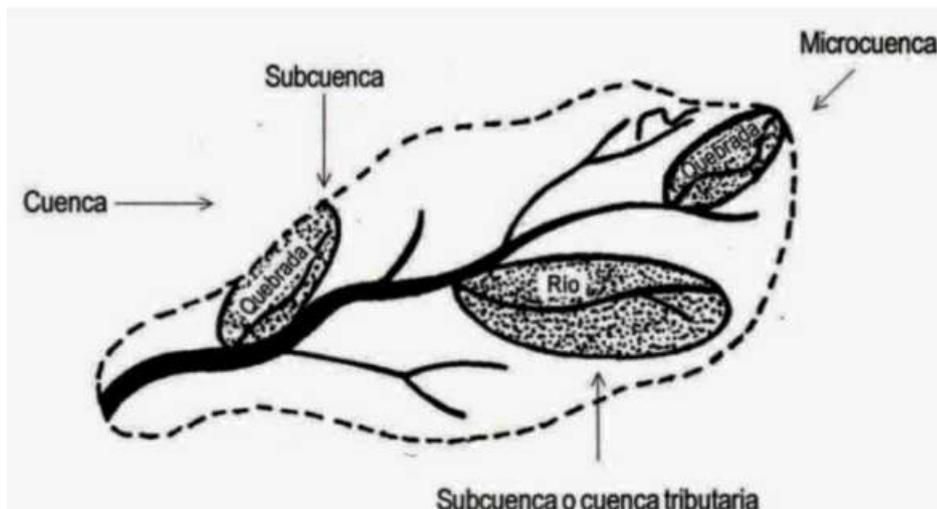
Nota. Tomado de Vásquez et al., (2019)

2.1.1.3. Cuencas, subcuencas y microcuencas.

Las cuencas, subcuencas y microcuencas forman parte de la jerarquía de un sistema hídrico. Una cuenca está compuesta por un conjunto de quebradas o ríos pequeños conocidos como subcuencas o cuencas tributarias, las cuales son de menor extensión que la cuenca principal. Cuando una cuenca tiene una extensión muy reducida, generalmente unas pocas hectáreas, se denomina microcuenca (Muñoz, 1998).

Figura 3

Subcuencas y microcuencas que conforman una cuenca hidrográfica



Nota. Tomado de Vásquez et al., (2019)

2.1.1.4. Afluentes.

Los afluentes son ríos secundarios que desembocan en un cauce principal. Un problema común es la contaminación de sus aguas, especialmente debido a actividades agrícolas y ganaderas (Vásconez et al., 2019).

Los ríos se pueden clasificar (Vásconez et al., 2019), según su comportamiento temporal en:

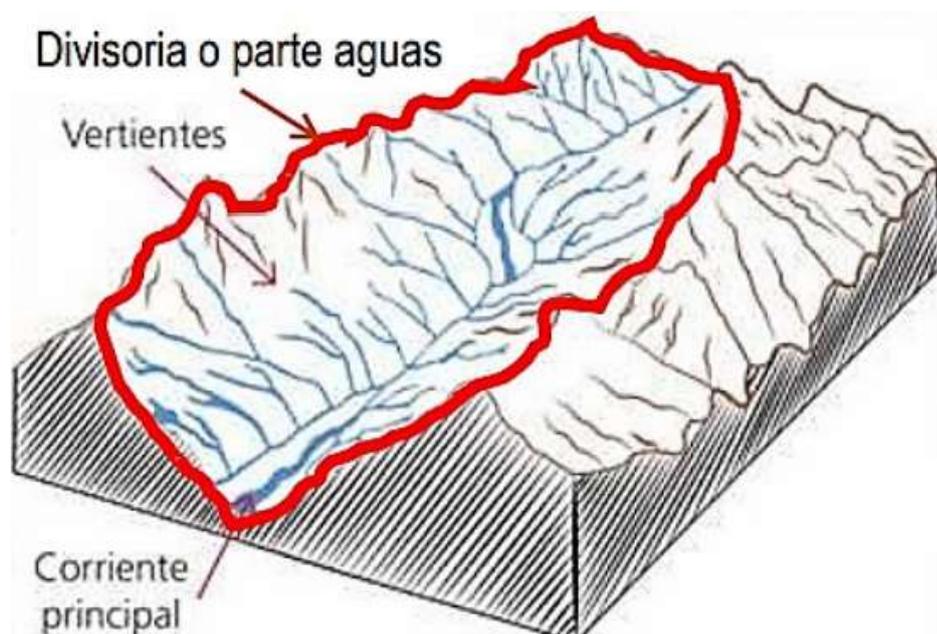
- a. Perennes: Son ríos que mantienen un flujo de agua constante durante todo el año, incluso en épocas de sequía, ya que están alimentados por aguas subterráneas.
- b. Intermitentes: Son ríos que sólo fluyen durante las estaciones lluviosas.
- c. Efímeros: Son ríos que responden rápidamente a la temporada de lluvias, apareciendo y desapareciendo muy seguido.

2.1.1.5. Delimitación de las cuencas.

La delimitación de una cuenca se establece por la línea divisoria de aguas, que es la cota o altura máxima que separa dos cuencas adyacentes (Ordoñez Gálvez, 2011).

Figura 4

Divisorias de agua con sus respectivas vertientes de una cuenca hidrográfica



Nota. Tomado de *HIDROAPRENDO*, (2019)

2.1.1.6. Área de la cuenca.

El área de la cuenca está definida por la divisoria de aguas, la cual determina su tamaño en kilómetros cuadrados (km²). En la siguiente tabla se presentan el nombre de cada cuenca hidrográfica según su área:

Tabla 2

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)

2.1.1.7. Perímetro de la cuenca.

Se refiere a la longitud total de la divisoria topográfica que delimita toda la cuenca hidrográfica (Zhicay Lombaida, 2020).

2.1.1.8. Longitud Axial (La).

Es la distancia en línea recta que se extiende desde el punto más alto de la cuenca hasta su desembocadura (Zhicay Lombaida, 2020).

2.1.1.9. Desnivel Altitudinal (DA).

Es el valor que representa la diferencia entre la cota más alta y la más baja dentro de la cuenca (Zhicay Lombaida, 2020).

Ecuación 1

Desnivel Altitudinal de la cuenca

$$DA = HM - Hm$$

Donde:

HM = Cota máxima, metros sobre el nivel mar (m.s.n.m.)

Hm = Cota mínima (m.s.n.m.)

2.1.1.10. Pendiente de la cuenca (J).

El factor de pendiente media de la cuenca (J) es un parámetro que afecta el flujo de agua y está relacionado con diversos procesos hídricos como la infiltración, el escurrimiento, la humedad y la contribución del agua subterránea al cauce del río. La pendiente media está incluida en el método Alvord (Zhicay Lombaida, 2020).

Ecuación 2

Pendiente de la cuenca (J)

$$J = 100 * \frac{\sum L_i * E}{A}$$

Donde:

J = Pendiente media de la cuenca (%).

Li = Longitud de cada una de las curvas de nivel, en Km.

E = Equidistancia de las curvas de nivel (Km).

A = Área de la cuenca, en km².

2.1.1.11. Densidad de drenaje (Dd).

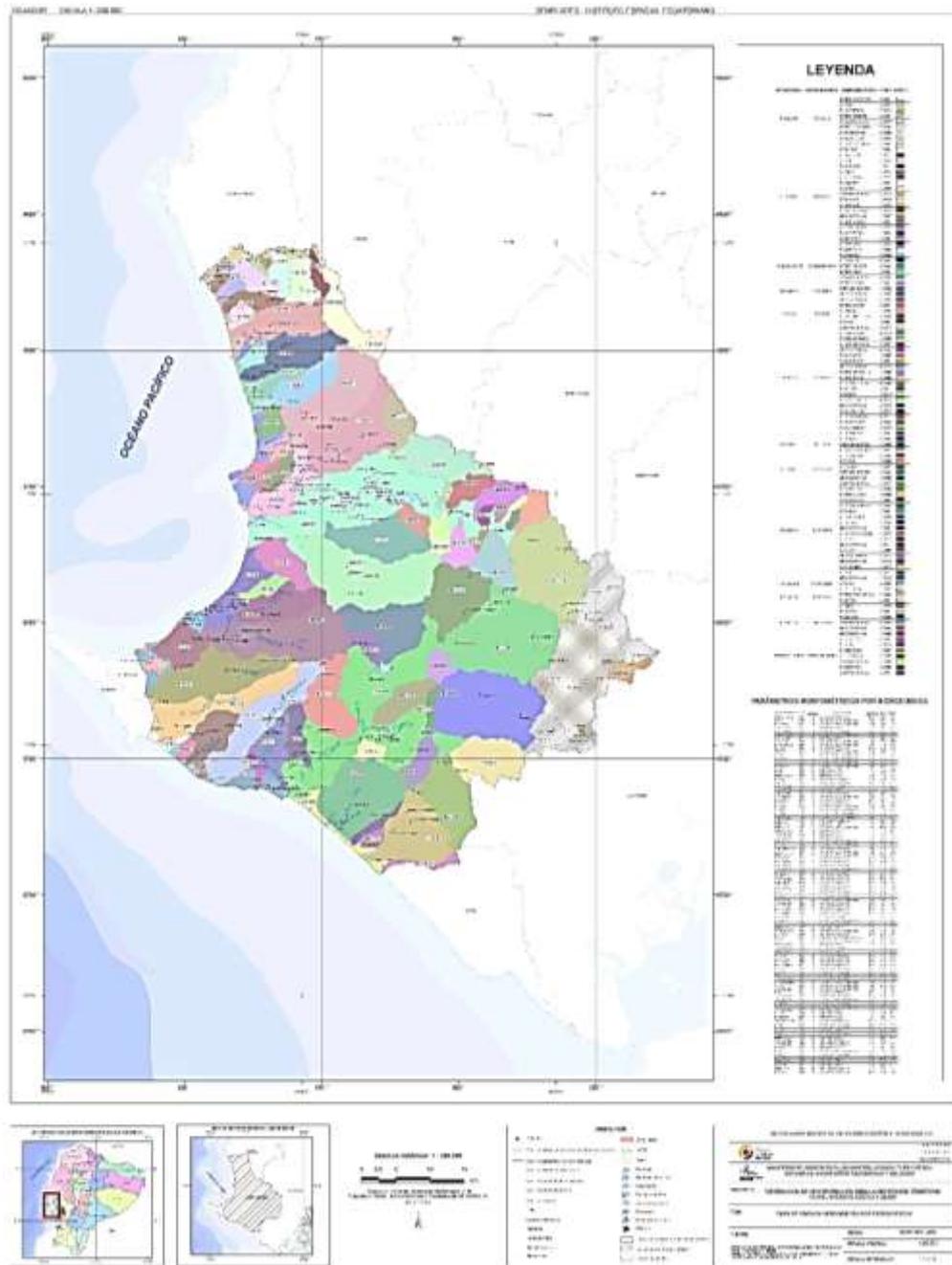
La densidad del agua en una cuenca (Dd) define cómo está conformada su red hidrológica. Una densidad de drenaje elevada indica una mayor retención de agua, lo que comúnmente indica que la red hidrográfica este propensa a la erosión hídrica (Zhicay Lombaida, 2020).

2.1.1.12. Área de drenaje.

La proyección horizontal de una cuenca está delimitada por la línea divisoria de aguas. La *Figura 5* muestra la cuenca del río Santa Elena, que abarca tres cantones: La Libertad, Santa Elena y Salinas. (Vásconez et al., 2019).

Figura 5

Área de drenaje de las cuencas en la provincia de Santa Elena



Nota. Tomado del Instituto Geográfica Militar (IGM, 2012)

2.1.2. Lluvia.

Para que se forme la precipitación, es necesario que una masa de aire cargada de humedad se eleve hacia la atmósfera, lo que provoca su enfriamiento y la condensación de parte de esa humedad. Este proceso de condensación depende de la presencia de partículas microscópicas conocidas como núcleos de

condensación, que actúan como puntos de unión para las moléculas de agua (Chow, 1994).

La precipitación esta conformadas por fenómenos naturales como la lluvia, la nieve y otros procesos en los que el agua cae sobre la superficie de la Tierra, incluyendo también el granizo.

2.1.3. Infiltración.

La infiltración es un proceso mediante el cual el agua se desplaza desde la superficie del terreno hacia las capas subterráneas. Este proceso depende de la morfología y la composición del terreno y puede ocurrir de manera saturada o no saturada. Ambos procesos son distintos: mientras que la infiltración saturada está gobernada por la ley de Darcy, la no saturada está influida por reacciones fisicoquímicas entre el material y el agua. Uno de los fenómenos más importantes es la tensión superficial, que facilita el movimiento de sales dentro del suelo (Bateman, 2007).

2.1.4. Escorrentía Superficial.

La escorrentía superficial es el proceso donde el agua fluye sobre la superficie del terreno hacia lagos, ríos o el mar (Bateman, 2007).

2.1.5. Coeficiente de escorrentía (C).

El coeficiente de escorrentía presenta algunos factores importantes, donde se incluyen la cantidad, intensidad y distribución temporal de la precipitación como lluvias, la humedad previa del suelo, y el tipo de suelo, que abarca su granulometría, textura, estructura, contenido de material orgánico, grado de compactación, micro relieve y rugosidad. Además, también depende del tipo de cobertura vegetal presente, entre otros aspectos (González, 2017).

Por ejemplo, en un suelo de textura blanda, con el mismo uso, pendiente y tipo de suelo, tendrá un coeficiente de escorrentía uniforme en toda su superficie. Sin embargo, en una cuenca vertiente, es raro encontrar tal uniformidad. Cuando el terreno presenta variaciones en factores que afectan la infiltración, como el relieve, la vegetación y el tipo de suelo, es necesario calcular un coeficiente de escorrentía específico para cada área, como lo muestra la *Tabla 3*.

Luego, se obtiene un único valor representativo de la escorrentía para toda la zona mediante una media ponderada de estos coeficientes (Ramón et al., n.d.).

Tabla 3

Coefficientes de escorrentía para distintos tipos de terrenos

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				DESPRE CIABLE
		PRONUN CIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	
		50%	20%	5%	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 VEGETACIÓN 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 VEGETACION	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 *MTOPI (2003)*

2.1.6. Cobertura vegetal.

La cobertura vegetal es la variación de especies vegetales que se pueden encontrar en una región específica. En conceptos de hidrología, su presencia es fundamental en la selección del coeficiente de escorrentía (C), ya que define en cierta parte la capacidad del suelo para almacenar y filtrar las precipitaciones. Las plantas y árboles presentes actúan como elementos disipadores del flujo hídrico superficial, favoreciendo la infiltración y minimizando tanto la erosión como la velocidad de escorrentía. Un incremento en la densidad de la cobertura vegetal está

directamente relacionado con la reducción del valor del coeficiente de escurrentía. (Mendoza Gómez & Mendoza Orrala, 2023)

2.1.7. Permeabilidad.

La permeabilidad es una propiedad de los materiales como por ejemplo un tipo de suelo, que permite que los fluidos se filtren sin cambiar su naturaleza. Se cuantifica creando un flujo en un material y evaluando la fluidez con la que se desplaza el mismo (Franch y Torrijo, 2013).

La permeabilidad se cuantifica mediante el coeficiente de permeabilidad, que se define como la velocidad a la que el agua se desplaza a través del terreno bajo un gradiente hidráulico unitario (Franch y Torrijo, 2013). Este coeficiente de permeabilidad puede expresarse de la siguiente manera:

Ecuación 3

Fórmula para el cálculo de permeabilidad

$$k = \frac{Q}{I \cdot A}$$

Donde:

K = coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica (m/s)

Q = caudal (m³/s)

I = gradiente (m/m)

A = sección (m²)

2.1.8. Período de retorno (T_r).

El periodo de retorno (Tr) es el lapso que transcurre entre que un evento sucede y la probabilidad de que dicho evento vuelva a ocurrir con la misma magnitud e intensidad.

Tabla 4

Periodos de retornos recomendados para diseños hidrológicos en diversas obras hidráulicas de control

Descripción de la obra o estructura	Tr en años	Creciente máximo probable (%)
Alcantarillas en carretas y drenaje de aeropuertos de:		
Tráfico bajo	5 – 10	–
Tráfico medio	10 – 25	–
Tráfico alto	50 – 100	–
Puentes en carreteras de:		
Sistemas secundarios	10 – 50	–
Sistemas primarios	50 – 100	–
Drenaje agrícola o en granjas:		
Alcantarillas y zanjas	5 – 50	–
Drenaje urbano:		
Alcantarillado en ciudades pequeñas	2 – 25	–
Alcantarillado en ciudades grandes	25 – 50	–
Diques de protección:		
Áreas forestales y planicies de inundación	≤ 10	–
Granjas	2 – 50	–
Zona agrícola – industrial	50	–
Grandes plantas industriales y redes de transporte importantes	100	–
Ciudades	50 a 200	–
Presas cuya falla no causa pérdidas de vidas humanas (peligro bajo):		
Presas pequeñas	50 – 100	–
Presas intermedias	> 100	–
Presas grandes	–	50 – 100
Presas cuya falla puede causar pérdidas de vidas humanas (peligro significativo):		
Presas pequeñas	> 100	50
Presas intermedias	–	50 – 100
Presas grandes	–	100
Presas cuya falla causará considerablemente pérdidas de vidas humanas (peligro alto):		
Presas pequeñas	–	50 – 100
Presas intermedias	–	100
Presas grandes	–	100

Nota. Tomado de *Chow et al., 1994*

2.1.9. Intensidad de la lluvia (I).

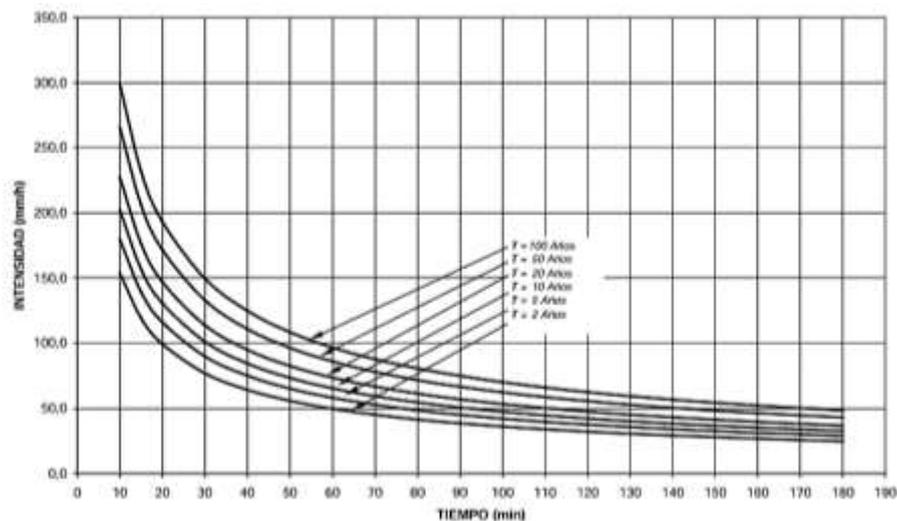
La intensidad de lluvia es la cantidad de fluido que cae en milímetros por unidad de tiempo sobre una cuenca determinada, y se calcula en función de la duración de lluvia en dicho lugar. Según (INVIAS, 2009), esta duración es equivalente al tiempo de concentración (T_c) de la cuenca; si el T_c es menor a 10 minutos, se utiliza una duración de 10 minutos para la lluvia de diseño. Las intensidades suelen resultar de las curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia) determinadas para la estación meteorológica más cercana a la región que se estudia. Si no se cuenta con este resultado, se opta por usar otras metodologías como las ecuaciones dadas por institutos capacitados para las estaciones meteorológicas vigentes como lo es el INAMHI (Instituto de Meteorología e Hidrología del Ecuador).

2.1.10. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).

Las curvas intensidad – duración – frecuencia (IDF), son arreglos en los cuales se presentan las lluvias (estimadas como intensidad de precipitación) contra su duración y el periodo de retorno (INVIAS, 2009), como se presenta en la *Figura 6*.

Figura 6

Curvas típicas de intensidad – duración – frecuencia (IDF)



Nota. Tomado de INVIAS, (2009)

Para la obtención de las ecuaciones como primer paso se procede a la construcción de las curvas IDF, para lo cual cada valor de intensidad estará en función de la intensidad máxima en 24 horas, dividiendo la intensidad para la máxima en 24 horas (INAMHI, 2015).

Ecuación 4

Ecuación tipo de la intensidad máxima de lluvia (I)

$$I = \frac{K \cdot T_r^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad de precipitación en *mm/h*

Tr = Período de retorno en años

t = Duración de la lluvia en minutos

K, m, n = Parámetros de regresión potencial

Ecuación 5

Ecuación en función de la intensidad máxima de lluvia en 24 horas

$$i = K \cdot t^{-n} \cdot I_{dtr}$$

Donde:

i = Intensidad de precipitación para cualquier período de retorno en *mm/h*

t = Duración de la lluvia en minutos

I_{dtr} = Intensidad diaria para un período de retorno dado en *mm/h*

K, n = Parámetros de regresión potencial

2.1.11. Método Racional.

El método racional es un procedimiento empírico usado para calcular el caudal probable en pequeñas cuencas o subcuencas hidrográficas, comúnmente conformadas por áreas entre 1 y 100 km². Para su estimación es necesario disponer de datos como la intensidad de la lluvia máxima con un coeficiente de escorrentía seleccionado, el cual depende del tipo de suelo y del área de drenaje hasta el punto donde se desea calcular el caudal (Chow, 1994).

Ecuación 6

Fórmula para la estimación del caudal pico (Q_p)

$$Q_p = \frac{C.I.A}{360}$$

Donde:

Q_p = Caudal máximo es m^3/s para un periodo de retorno T_r dado

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia en mm/h

A = Área de la cuenca en Ha

2.2. CRITERIOS HIDRÁULICOS

La hidráulica es la ciencia que estudia la distribución, almacenamiento, transporte y elevación del agua, así como su equilibrio y movimiento.

2.2.1. La hidráulica en los sistemas de drenaje en carreteras.

Los diseños que prometen un mayor tiempo de vida útil para las vías se dividen en dos tipos principales de obras hidráulicas: las transversales y las longitudinales. Los drenajes transversales incluyen estructuras como alcantarillas circulares y tipo cajón que permiten el paso del agua bajo la carretera y la encauzan aguas abajo. Por su parte, los drenajes longitudinales conforman los canales y cunetas, que varían de sección hidráulica siendo estos triangulares, trapezoidales o rectangulares, que recogen y conducen el agua de la calzada en paralelo al trazado de la vía hasta desembocar en un punto de drenaje transversal, llámese a este una alcantarilla (Vélez et al., 2013).

2.2.2. Cunetas.

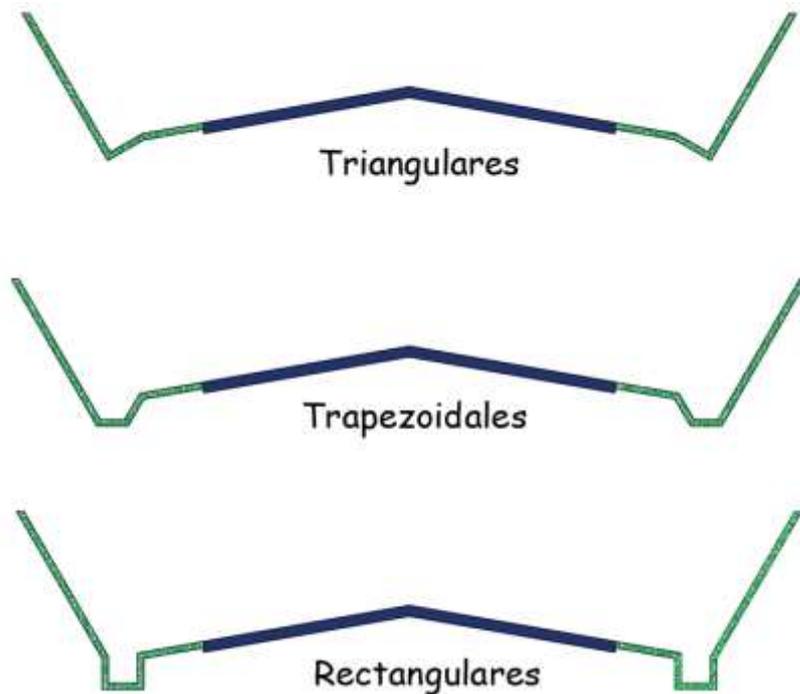
Estos canales, conocidos como cunetas, se construyen en las zonas de corte, a uno o ambos lados de una carretera, con el objetivo de interceptar el agua de lluvia que fluye desde la corona de la vía, el talud del corte y áreas adyacentes pequeñas. Su función es conducir el agua hacia un drenaje natural o una obra transversal, con la finalidad de alejarla rápidamente de la zona ocupada por la carretera, evitando así posibles daños a la infraestructura vial (MTO, 2003).

2.2.3. Secciones transversales de cunetas.

Las cunetas, de acuerdo con la forma de su sección transversal, pueden clasificarse en triangulares, rectangulares y trapezoidales como lo muestra la *Figura 7*. Las cunetas triangulares son las más comunes, probablemente debido a su facilidad de construcción y mantenimiento. Sin embargo, dependiendo de la capacidad hidráulica requerida, también se pueden emplear secciones rectangulares o trapezoidales. Las secciones rectangulares y trapezoidales han caído en desuso, principalmente por razones de seguridad vial, ya que genera una sensación de peligro para los conductores que transitan cerca de ella (MTOPI, 2003).

Figura 7

Secciones transversales de cunetas



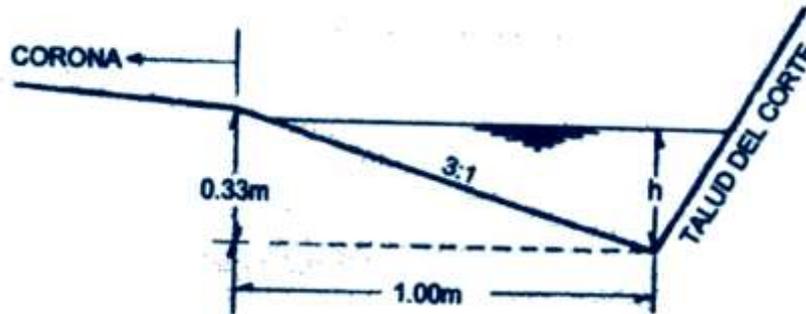
Nota. Tomado de MTOPI, (2003)

2.2.4. Secciones típicas de cunetas.

Las secciones trasversales más típicas en cunetas son las triangulares, las cuales se recomienda que el talud hacia la vía tenga una pendiente mínima de 3H:1V (3 metros en horizontal y 1 metro en vertical), y preferiblemente de 4H:1V. Del lado del corte, la pendiente de la cuneta debe seguir aproximadamente la inclinación del talud. Además, se debe considerar que la lámina de agua no supere los 30 cm de altura (MTOPI, 2003).

Figura 8

Dimensiones de la sección triangular de una cuneta



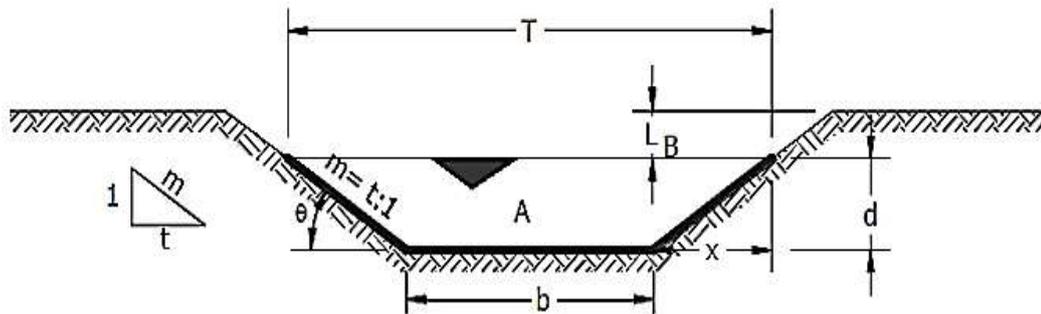
Nota. Tomado de *MTOP*, (2003)

2.2.5. Elementos geométricos de cunetas.

Estos elementos son cruciales y se emplean en el cálculo del flujo. En secciones regulares, los elementos geométricos se expresan matemáticamente en función de la profundidad del flujo y las demás dimensiones de la sección (Rodríguez Ruiz, 2008). La forma o sección transversal más común utilizada es la que se presenta en la *Figura 9*.

Figura 9

Elementos geométricos más importantes de cunetas



Nota. Tomado de *Rodríguez Ruiz*, (2008)

El tirante de agua o profundidad de flujo "d" es la distancia vertical entre el punto más bajo del canal y la superficie libre del agua. En otras palabras, representa la profundidad máxima que el agua alcanza dentro de la cuneta (Rodríguez Ruiz, 2008).

El ancho superficial o espejo de agua “T” es la distancia horizontal de la superficie del agua en una cuneta y se mide en metros (Rodríguez Ruiz, 2008).

El talud “m” se refiere al cociente entre la proyección horizontal y la vertical de la pared lateral de la cuneta. Específicamente, “m” es el valor de la proyección horizontal cuando la proyección vertical es igual a uno, y se determina aplicando relaciones trigonométricas (Rodríguez Ruiz, 2008).

La pendiente (S) es la inclinación o caída longitudinal que se observa en la rasante de la cuneta, es decir, la diferencia de altura o desnivel a lo largo de su recorrido (Rodríguez Ruiz, 2008).

El área hidráulica (Ah) es la superficie transversal ocupada por el agua en una sección de cuneta, expresada en metros cuadrados (Rodríguez Ruiz, 2008).

El perímetro mojado (Pm) es la longitud de la línea de contacto entre el agua y las paredes de la cuneta en la sección transversal, expresada en metros (Rodríguez Ruiz, 2008).

Radio hidráulico (Rh): es el cociente del área hidráulica y el perímetro mojado, expresada en metros (Rodríguez Ruiz, 2008).

Ecuación 7

Radio hidráulico

$$R_h = \frac{A_h}{P_m}$$

Bordo Libre (LB): Es la distancia vertical desde la superficie libre del agua hasta el borde superior de la cuneta o la corona, expresada en metros (m) (Rodríguez Ruiz, 2008).

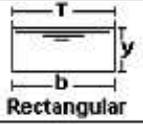
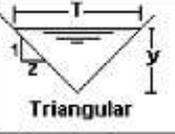
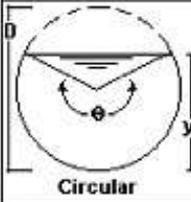
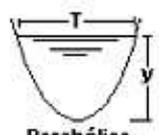
Caudal (Q): Es el volumen de agua que pasa a través de una sección del canal por unidad de tiempo, expresado en metros cúbicos por segundo (m³/s) (Rodríguez Ruiz, 2008).

Velocidad media (v): Es la velocidad promedio del flujo de agua en el canal, expresada en metros por segundo (m/s) (Rodríguez Ruiz, 2008).

A continuación, la siguiente figura presenta las fórmulas para calcular los elementos geométricos de una cuneta según su sección transversal.

Figura 10

Elementos geométricos de una cuneta según su sección transversal

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

Nota. Tomado de Vázquez Ramírez, (2012)

2.2.6. Pendiente de la cuneta.

La pendiente de la cuneta deberá coincidir con el perfil longitudinal de la vía, manteniendo un valor mínimo de 0.5 %. El valor máximo de la pendiente estará determinado por la velocidad del agua, la cual influirá en la necesidad de un revestimiento adecuado (MTOP, 2003).

2.2.7. Velocidad de flujo.

Según (MTOP, 2003), la velocidad del agua con la que se erosionan diferentes materiales que son usados para el revestimiento en cunetas se muestra en la *Tabla 5*. Sin embargo, la velocidad recomendada para el material de zampeado es de 3 m/s y para el hormigón de 4 m/s, ya que son los materiales más utilizados en la práctica.

Tabla 5

Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales

Material	Velocidad (m/s)
Arena fina	0.45
Arcilla arenosa	0.50
Arcilla ordinaria	0.65
Arcilla firma	1.25
Grava fina y Pizarra suave	2.00
Grava gruesa	3.50
Zampeado	3.40 – 4.50
Roca sana y Hormigón	4.50 – 7.50

Nota. Tomado de *MTOP*, (2003)

En definitiva, podemos interpretar estos valores como las velocidades máximas que alcanzaría cada material antes de que ocurra el proceso de erosión. Sin embargo, no se debe permitir llegar a estos rangos de velocidades.

2.2.8. Zanjas de coronación.

Las zanjas de coronación son conductos utilizados para la conducción y distribución de agua, ubicados encima de los taludes para evitar que las aguas de escorrentía erosionen dichos taludes, serán de 1 m de ancho, y se colocan como mínimo a 2 metros del inicio del talud (Campos Meneses, 2016)

Figura 11

Zanjas de coronación en los taludes



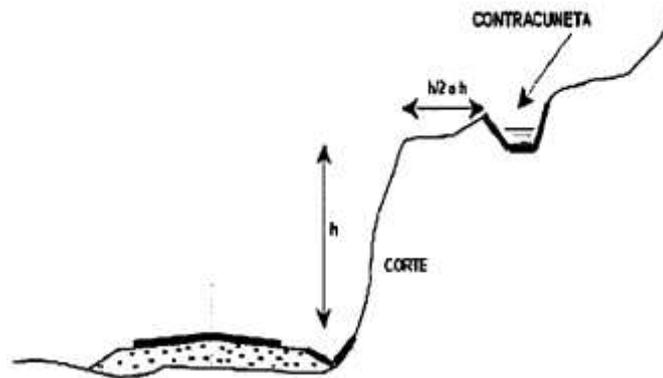
Nota. Tomado de *INVIAS*, (2009)

2.2.9. Contracunetas.

Las contracunetas son canales excavados en el terreno natural o formados con pequeños bordos, situados en la parte superior de los taludes de los cortes. Su propósito es interceptar el agua superficial que fluye cuesta abajo desde zonas más elevadas, con el fin de prevenir la erosión del talud y evitar que el agua y los sedimentos congestionen las cunetas y la calzada de la vía (Campos Meneses, 2016).

Figura 12

Ubicación de una contracuneta en una carretera

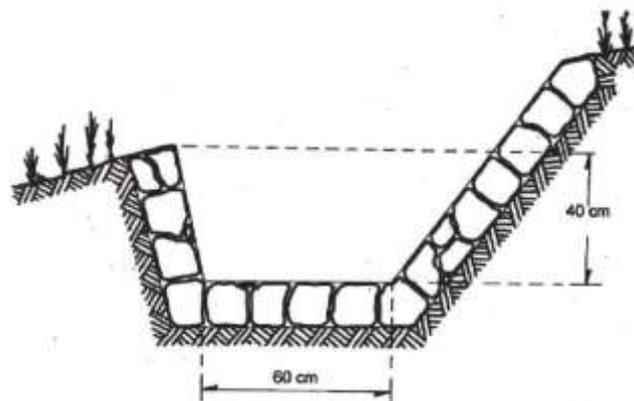


Nota. Tomado de Campos Meneses, (2016)

En cortes de altura normal, es común que las contracunetas se ubiquen a una distancia del borde del corte que varía entre la altura de este y la mitad de esa altura. En el caso de cortes altos, el punto más cercano de la contracuneta puede estar a unos 8 a 10 metros del borde del corte (Campos Meneses, 2016).

Figura 13

Dimensiones de una contracuneta



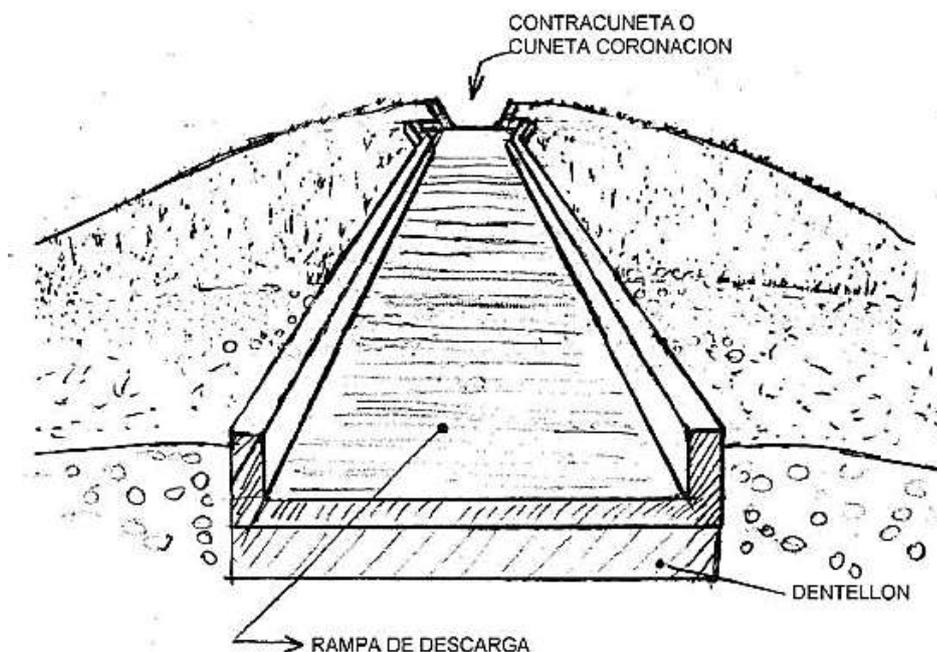
Nota. Tomado de MTOP, (2003)

2.2.10. Rampa de descarga.

Las rampas de descarga tienen la función de desfogar el agua recogida por las cunetas y/o contracunetas cuando el extremo de salida de esta presente un desnivel importante con respecto al drenaje natural (MTOPI, 2003).

Figura 14

Rampas de descargas en cunetas y/o contracunetas



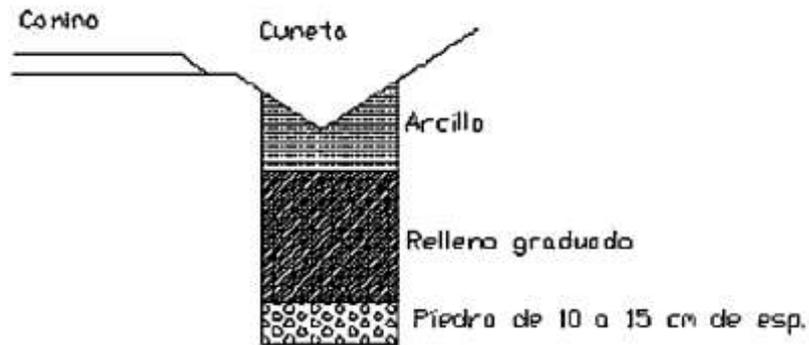
Nota. Tomado de MTOPI, (2003)

2.2.11. Drenes ciegos.

Son zanjas situadas debajo de las cunetas y rellenas con material graduado. Estos drenes están diseñados con una base firme para evitar que el agua se infiltre más allá de la zona deseada, guiándola hacia un punto donde pueda ser removida superficialmente de la carretera. Sus dimensiones varían de acuerdo con las condiciones hidrológicas del sitio de construcción. El ancho de estos drenes tiene una dimensión recomendada de 45 cm y una profundidad de entre 80 y 100 cm, con el material cuidadosamente graduado en capas de tamaños uniformes (Campos Meneses, 2016).

Figura 15

Dren ciego situado debajo de una cuneta



Nota. Tomado de Campos Meneses, (2016)

2.2.12. Canales de rápidas con tapa y columpio (CRTC).

Este tipo de canal es ideal para pendientes elevadas, más del 50%. Está compuesto por segmentos de fondo liso con una sección rectangular, intercalados por estructuras de columpio que desvían el flujo y lo proyectan contra una tapa al inicio del siguiente segmento. Esta combinación de columpio y tapa, junto con un deflector al final de la tapa, redirige el flujo de vuelta al canal. La mayor parte de la energía del agua se disipa en el módulo columpio – tapa, reduciendo significativamente la energía al llegar al pie de la pendiente o talud (Arbelaez García, 2022).

Figura 16

Vista en planta de un canal en rápida con tapa y columpio



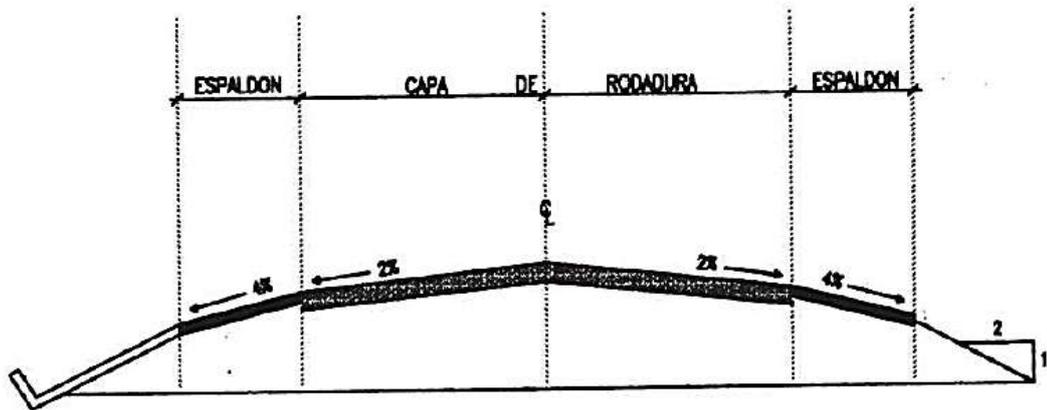
Nota. Tomado de Pérez Carmona, (2013)

2.2.13. Bombeo (pendiente transversal).

El bombeo se define como la pendiente transversal que se le proporciona a la corona de la vía para evitar la acumulación de agua y garantizar que las aguas pluviales fluyan hacia los laterales, donde se encuentran las cunetas y otros elementos de drenaje (Arbelaez García, 2022), como se observa en la *Figura 17*, específicamente para tramos rectos se la define como sección en tangente. Sin embargo, para tramos en curvas, la *Figura 18* representa esta pendiente transversal que se define como sección en peralte o en curva.

Figura 17

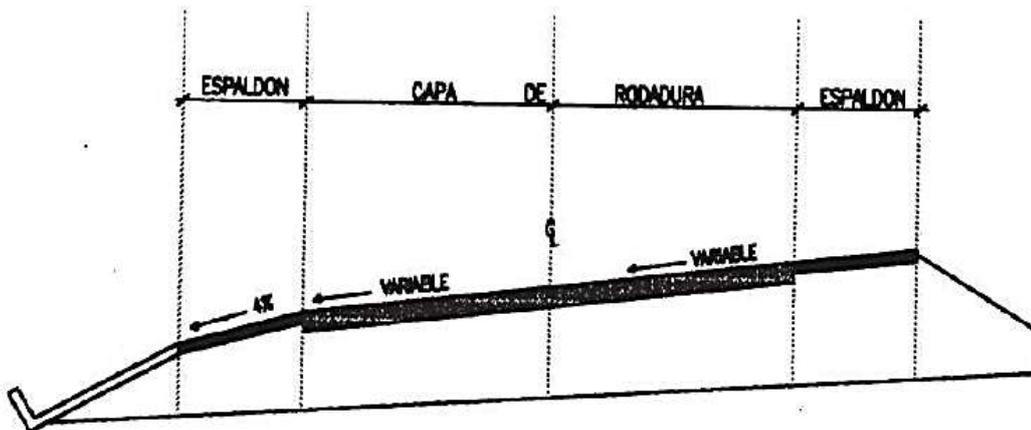
Bombeo en sección tangente



Nota. Tomado de MTOP, (2003)

Figura 18

Bombeo en sección en curva



Nota. Tomado de MTOP, (2003)

2.2.14. Alcantarillas.

Las alcantarillas son estructuras de drenaje transversal cuyo propósito es encauzar el agua proveniente de las cunetas y/o calzada de la vía, garantizando la seguridad las personas que circulan por la carretera. También, brinda protección a los efectos de socavación y agrietamiento de la carretera.

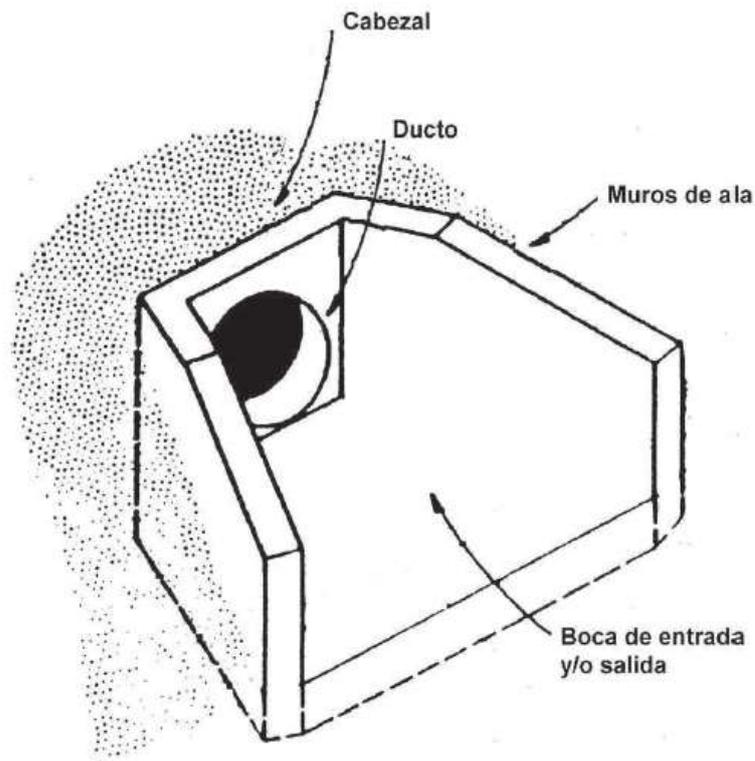
Generalmente las alcantarillas transversales trabajan como conductos parcialmente llenos, sin embargo, también suelen funcionar como conductos totalmente llenos.

2.2.15. Elementos que conforman una alcantarilla.

Los componentes principales de una alcantarilla incluyen el ducto, los cabezales, los muros de ala en la entrada y salida, y otros dispositivos adicionales diseñados para optimizar el flujo del agua y prevenir la erosión regresiva debajo de la estructura (MTO, 2003), tal como lo muestra la *Figura 19*.

Figura 19

Elementos de una alcantarilla



Nota. Tomado de MTO, (2003)

Los tipos de alcantarillas más utilizados son las circulares y ducto cajón.

2.2.16. Consideraciones para el diseño de alcantarillas.

El diseño de alcantarillas consta de dos procedimientos sencillos: el análisis hidrológico de la zona y el análisis hidráulico de la estructura a diseñar.

Dentro del análisis hidrológico e hidráulico es fundamental considerar aspectos como la localización, alineación, pendiente, longitud, velocidad de la corriente, carga admisible de entrada y tipo de alcantarilla. Por otro lado, criterios como el tiempo de concentración, velocidad y caudal son imprescindibles en el diseño (MTOP, 2003).

2.2.17. Tiempo de concentración.

Se considera como el tiempo que tarda una gota de agua lluvia en desplazarse superficialmente desde el punto más distante de la cuenca hasta llegar al punto de salida.

Debido a la información limitada disponible, se sugiere considerar que la duración de la lluvia sea igual al tiempo de concentración, dado que en ese periodo ocurre la mayor contribución de la cuenca al cauce. Para calcular el tiempo de concentración, existen varias expresiones empíricas, siendo la más comúnmente utilizada la fórmula de Rowe (MTOP, 2003).

Ecuación 8

Fórmula del tiempo de concentración según Rowe

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

Donde:

Tc = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud del cauce principal (m)

H = Desnivel entre el extremo de la cuenca y el punto de la descarga (m)

2.2.18. Caudal de diseño.

La determinación del caudal de diseño para un periodo de retorno específico estará influenciada por los datos hidrológicos disponibles, la relevancia de la estructura en cuestión y la función de drenaje que se espera cumplir (MTOP, 2003)

2.2.18.1. Alcantarillas para drenaje de cuencas pequeñas definidas.

El “*Método Racional*” es una técnica apropiada y comúnmente utilizada para estimar el caudal máximo en cuencas de hasta 400 hectáreas (4 km²), basado en la relación entre la precipitación en la zona, el área de la cuenca, la topografía y el tipo de suelo (MTOP, 2003), tal y como se especifica en la *Ecuación 6*.

2.2.18.2. Alcantarillas para el drenaje de carreteras paralelas a un río, ubicadas en planicies o sabanas de inundación.

El “*Método de Manning*” es el más apropiado para estimar el caudal máximo con respecto a estas condiciones, ya que se basa en la sección transversal del flujo y la pendiente del canal (MTOP, 2003) como se representa a continuación:

Ecuación 9

Fórmula de Manning para el cálculo del caudal máximo

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

Donde:

Q = Caudal máximo probable en m³/s

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (*Tabla 6*)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente de la planicie, en m/m

Tabla 6*Coefficiente de rugosidad de Manning “n”*

Descripción	“n”
Tubos de hormigón	0.012
Tubos de metal corrugado o tubos de arco:	
Simple o revestido	0.024
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	0.050
Tierra	0.020
Grava	0.020
Roca	0.035
Áreas cultivadas	0.030 – 0.050
Matorrales espesos	0.070 – 0.014
Bosques espesos – moca maleza	0.10 – 0.15
Cursos de agua	
Algo de hierba y maleza – poco o nada de matorrales	0.030 – 0.035
Maleza densa	0.035 – 0.050
Algo de maleza – matorrales espesos a los costados	0.050 – 0.070

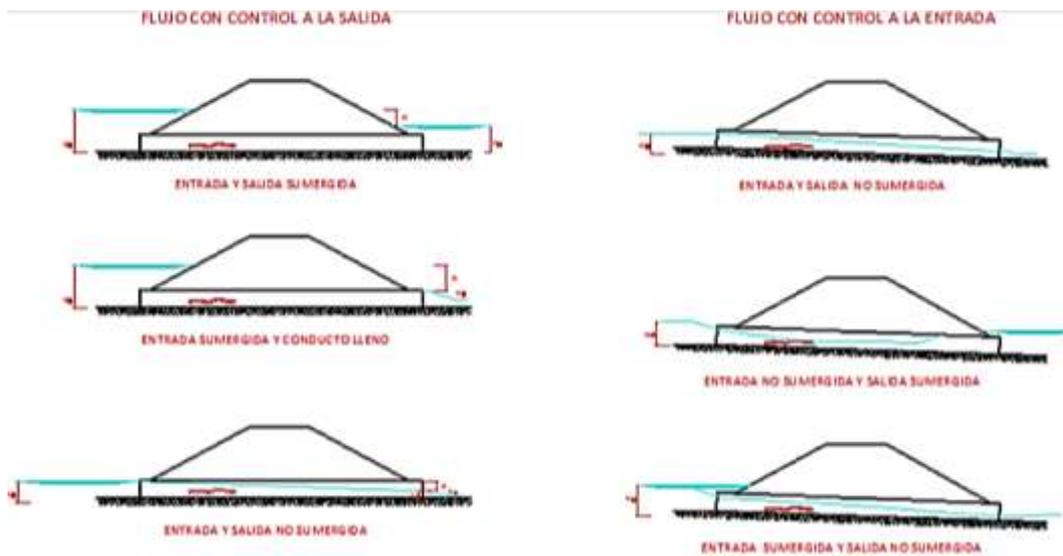
Nota. Tomado de *MTOP, (2003)*

2.2.19. Diseño de entradas y salidas de alcantarillas.

Los extremos de las alcantarillas presentan formas peculiares con el fin de reducir la erosión y el socavamiento, retener el relleno del terraplén, mejorar el comportamiento hidráulico y darle estabilidad. La entrada debe guiar el fluido hacia la alcantarilla con el mínimo de contracción posible y la salida debe restablecer las condiciones naturales del fluido aguas abajo (APC, 2019).

Figura 20

Esquemas de controles de flujo en alcantarillas



Nota. Tomado de Velarde, (n.d.)

2.2.20. Origen del diseño a partir del control de salida.

Estableciendo la ecuación de energía entre la entrada y salida de la alcantarilla (APC, 2019), tenemos como resultado las siguientes ecuaciones:

Ecuación 10

Ecuación de energía entre entrada y salida de alcantarillas

$$H_{we} = H + H_{ws} - (L \cdot S)$$

Donde:

H_{we} = Nivel de agua de la entrada de la alcantarilla (m)

H = Carga en la alcantarilla (m)

H_{ws} = Nivel de agua a la salida de la alcantarilla (m)

L = Longitud de la alcantarilla (m)

S = Pendiente del conducto de la alcantarilla, en m/m

Ecuación 11

La carga de la alcantarilla se puede determinar por la siguiente expresión:

$$H = h_v + h_e + h_f$$

Donde:

H = Carga en la alcantarilla (m)

h_v = Carga de la velocidad

h_e = Pérdida de la carga a la entrada de la alcantarilla

h_f = Pérdida de la carga por fricción a lo largo de la alcantarilla

Ecuación 12

La carga de velocidad

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 13

La pérdida de la entrada

$$h_e = K_e \frac{v^2}{2g}$$

K_e o también conocido como C_e , es un coeficiente experimental que establecen las pérdidas a la entrada de la alcantarilla mostradas en la *Figura 21* y *Figura 22*:

Figura 21

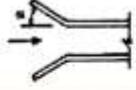
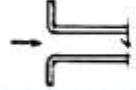
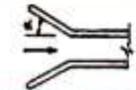
Coeficientes K_e o C_e para sección tubulares de concreto

		DESCRIPCION	C_e
TUBOS DE CONCRETO		CAMPANA SALIENTE	0.2
		ESPIGA SALIENTE (No se recomienda su uso)	0.5
		CON ALETAS ($\alpha 0^\circ \neq 90^\circ$) CAMPANA EN EL EXTREMO	0.2
		CON ALETAS ($\alpha 0^\circ \neq 90^\circ$) ESPIGA EN EL EXTREMO (No se recomienda su uso)	0.5
		CON ALETAS ($\alpha 0^\circ \neq 90^\circ$) REDONDEADA (Radio = $D/12$)	0.2
		SECCION TERMINAL PREFABRICADA DE ACUERDO CON TALUD	0.5

Nota. Tomado de Alonso (2005)

Figura 22

Coefficientes K_e o C_e para sección ducto cajón de concreto armado

CAJONES DE CONCRETO ARMADO		ALETAS O MUROS DE CABECERAS	$\alpha = 0^\circ$	0.7
		ARISTAS SIN REDONDEAR	$10^\circ < \alpha < 25^\circ$	0.5
			$30^\circ < \alpha < 75^\circ$	0.4
			$\alpha = 90^\circ$	0.5
		MURO DE CABECERA TRES ARISTAS REDONDEADAS (Radio = 1/12 dimensión cajón)		0.2
		ALETA, α ENTRE 30° Y 75° ARISTA SUPERIOR REDONDEADA (Radio = 1/12 dimensión cajón)		0.2

Nota. Tomado de Alonso (2005)

Ecuación 14

La pérdida de fricción

$$h_f = S_f \cdot L$$

Donde:

S_f = Pérdida unitaria, perdida por metro lineal de tubería y se define así:

Ecuación 15

Pérdida por metro lineal de tubería

$$S_f = \frac{v^2 \cdot n^2}{(R_h)^{\frac{4}{3}}}$$

Finalmente, la carga en la alcantarilla H , está definida de la siguiente manera:

Ecuación 16

Carga en la alcantarilla H

$$H = \left(1 + K_e + \frac{2 \cdot g \cdot n^2 \cdot L}{(R_h)^{\frac{4}{3}}} \right) \frac{v^2}{2g}$$

El tirante crítico es necesario determinarlo, ya que de esta forma podemos establecer el nivel de agua a la salida de la alcantarilla (APC, 2019), y se calcula con la siguiente expresión:

Ecuación 17*Alcantarilla de sección circular*

$$H_{ws} = \frac{h_c + D}{2}$$

Ecuación 18*Alcantarilla tipo ducto cajón*

$$H_{ws} = \frac{h_c + H}{2}$$

Donde:

 H_{ws} = Nivel de agua a la salida (m) h_c = Tirante crítico (m)

D = Diámetro de la tubería (m)

H = Carga en la alcantarilla (m)

Cuando la alcantarilla es de tipo ducto cajón, es decir de forma rectangular, el tirante crítico se puede encontrar con la siguiente expresión:

Ecuación 19*Tirante crítico de una alcantarilla ducto cajón*

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot q^2}{g}}$$

Donde:

q = Caudal específico (m^3/s) α = Coeficiente de Coriolis (1.15)g = gravedad (m/s^2)**Ecuación 20***Caudal específico*

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

Donde:

Q = caudal de diseño (m^3/s)

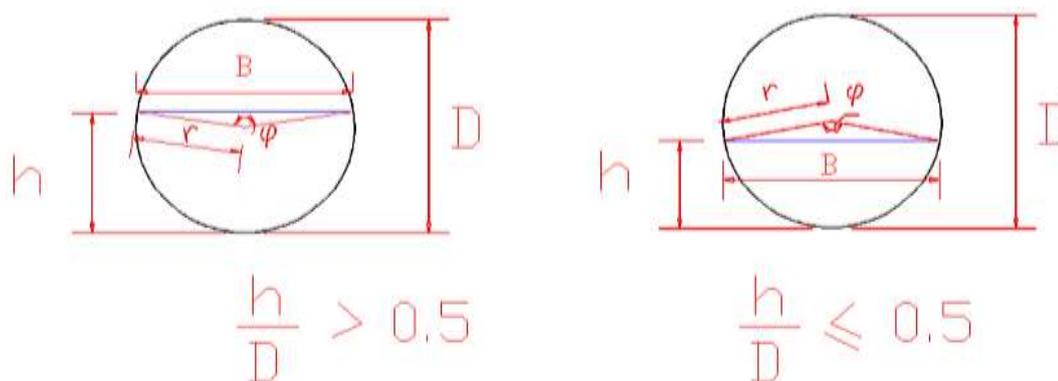
b = ancho de la base de la alcantarilla

En caso de que la alcantarilla sea de sección circular, para calcular le tirante critico se hace indispensable determinar los elementos geométricos de esta sección (APC, 2019).

A continuación, se presentan dos casos en la *Figura 23*: cuando la relación h/D es mayor a 0.5 y cuando dicha relación es menor o igual a 0.5, cuyas fórmulas se encuentran resumidas en la *Tabla 7*.

Figura 23

Casos de la relación h/D en una alcantarilla de sección circular



Nota. Tomado de Velarde, (n.d.)

Tabla 7

Elementos geométricos de una alcantarilla de sección circular

Elemento	$\frac{h}{D} > 0.5$	$\frac{h}{D} \leq 0.5$
Área hidráulica	$A_h = \frac{D^2}{4} \left(\pi - \frac{\varphi}{2} + \frac{\sin \varphi}{2} \right)$	$A_h = 0.5(\varphi - \sin \varphi)r^2$
Perímetro mojado	$P_m = \frac{D}{2} (2\pi - \varphi)$	$P_m = r \cdot \varphi$
Radio hidráulico	$R_h = \frac{D}{4} \left(1 + \frac{\sin \varphi}{2\pi - \varphi} \right)$	$R_h = \frac{r(\varphi - \sin \varphi)}{2\varphi}$
Ancho de la superficie libre	$B = 2\sqrt{2hr - h^2}$	$B = 2\sqrt{2hr - h^2}$
Tirante hidráulico	$h = r \left(1 + \cos \frac{\varphi}{2} \right)$	$h = r \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right)$

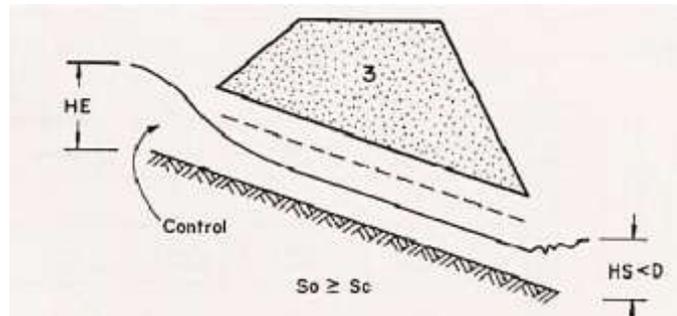
Nota. Tomado de APC, (2019)

Para optimizar el diseño de las alcantarillas transversales, es fundamental asegurar que el nivel del agua (tirante) en el conducto exceda la mitad de su altura, como se muestra en la *Figura 24*, de lo contrario, el diseño podría no ser

económicamente viable. Por lo tanto, es recomendable utilizar ecuaciones específicas para escenarios donde la relación entre el tirante y el diámetro del conducto (h/D) sea mayor a 0.5 (APC, 2019).

Figura 24

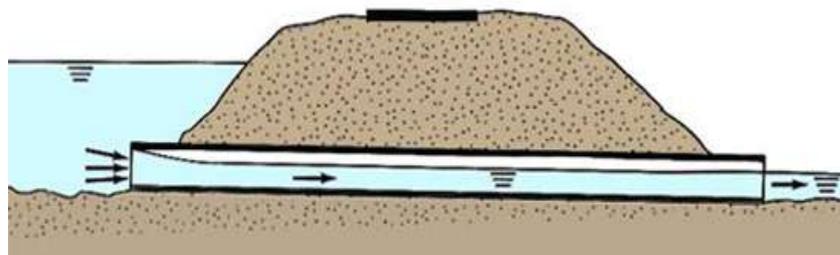
Esquema típico para el diseño de control de entrada



Nota. Tomado de *MTOP*, (2003)

Figura 25

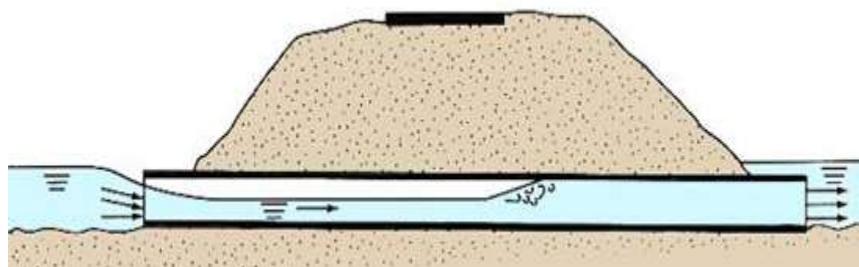
Flujo en una alcantarilla bajo condiciones supercríticas, con la entrada sumergida y la salida no sumergida



Nota. Tomado de *Ponce*, (2017)

Figura 26

Flujo en una alcantarilla bajo condiciones supercríticas, con la entrada no sumergida y la salida sumergida



Nota. Tomado de *Ponce*, (2017)

2.2.21. Puentes.

En el diseño hidráulico, un puente se define como una estructura construida sobre una carretera o camino para permitir el paso sobre cuerpos de agua como ríos, arroyos, esteros, estuarios, pantanos o brazos de mar. De manera general, cualquier obra de drenaje con una luz, es decir, el espacio libre entre los pilares de soporte, que sea mayor de 6.00 metros se considera un puente. Esta clasificación ayuda a gestionar adecuadamente los aspectos relacionados con el paso del agua y el diseño estructural necesario para estas construcciones (MTOPI, 2003).

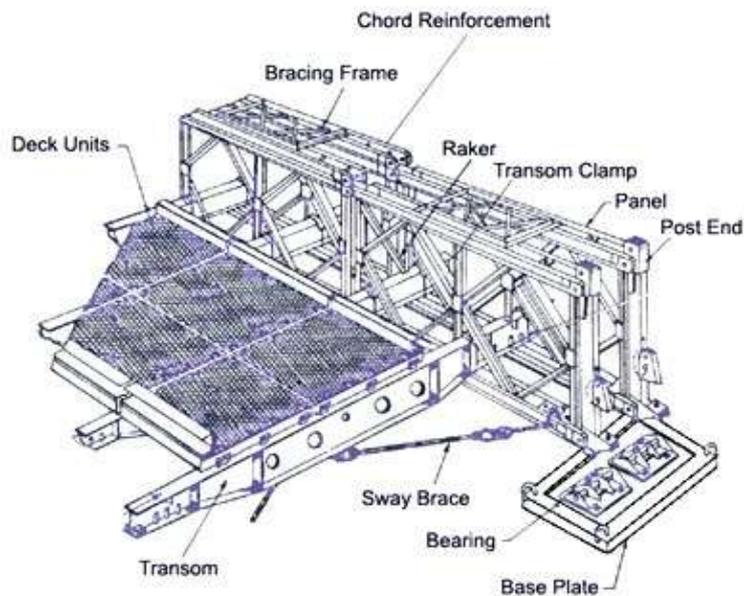
2.2.22. Tipos de puentes.

2.2.22.1. Puente Bailey.

Es un puente que tiene la particularidad de ser modelado y es prefabricado de acero, diseñado para ser ensamblado rápidamente. El diseño del puente Bailey incluye paneles de acero que se conectan mediante pasadores, formando un sistema de vigas y cubiertas que pueden reforzarse según sea necesario. Esta estructura permite construir puentes de diferentes longitudes y resistir el paso de vehículos pesados. El puente Bailey es capaz de soportar una luz libre máxima de 51 metros y tiene un ancho neto de cubierta de 4 metros (ESC GROUP, 2024).

Figura 27

Esquema de componentes de un Puente Bailey



Nota. Tomado de *Aconstructoras*, (2024)

El puente Bailey actúa como una estructura que permite la canalización del agua bajo vías de comunicación, facilitando el flujo adecuado en áreas con necesidades de drenaje, especialmente en zonas rurales o de difícil acceso, tal y como se representa en la *Figura 28*.

Figura 28

Representación de un Puente Bailey en Morona Santiago – Ecuador



Nota. Tomado de (*Gobierno de Morona Santiago, 2023*)

2.2.23. Badenes.

Las estructuras tipo badén son una solución cuando el nivel de la carretera coincide con el fondo del cauce natural que cruza por la calzada, ya que permiten el paso ocasional de sedimentos, especialmente durante épocas de lluvias intensas, en zonas donde no ha sido factible instalar una alcantarilla o un puente (Civil Geeks, n.d.).

Los materiales más comunes en la construcción de badenes son la piedra y el concreto. Se pueden construir badenes con piedra colocada y concreto que forman parte de la superficie de rodadura de la carretera, o utilizando paños de losas de concreto armado. (Civil Geeks, n.d.)

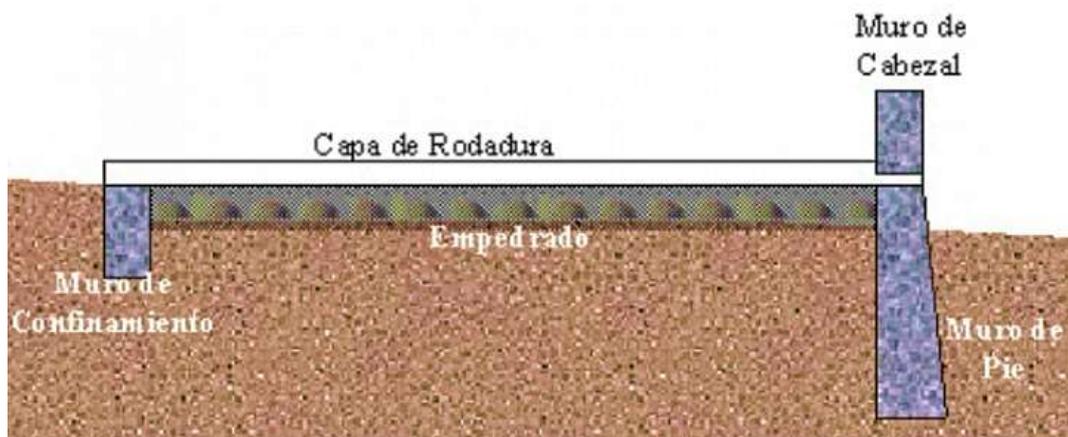
2.2.23.1. Elementos de un Badén

El badén es una estructura de drenaje que se adapta a las características geométricas del cauce, con el propósito de permitir un tránsito vehicular seguro y estable (Civil Geeks, n.d.). Está compuesto por los siguientes elementos:

- ✓ *Plataforma o capa de rodadura*: constituye el componente principal del badén. En el sentido longitudinal, está formada por una losa, mientras que en el sentido transversal presenta una inclinación con una pendiente de entre el 2% y el 3% hacia aguas abajo. (Civil Geeks, n.d.)
- ✓ *Muro de pie*: es un muro ubicado aguas abajo de la plataforma, que actúa como la base del badén y se construye a lo largo de toda su extensión. (Civil Geeks, n.d.)
- ✓ *Muros de cabezal*: constituyen una extensión del muro de pie en ambos extremos, formando un vertedero que aumenta la capacidad de descarga sobre el badén y, además, protege las laderas contra la erosión. (Civil Geeks, n.d.)
- ✓ *Muro de confinamiento*: es el muro situado en el borde de la plataforma, en la zona de aguas arriba, cuya función principal es proteger el badén. (Civil Geeks, n.d.)

Figura 29

Elementos de un Badén



Nota. Tomado de (Civil Geeks, n.d.)

2.2.23.2. Tipos de Badenes

Según las características y condiciones de los cuerpos de agua, los badenes se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- ✓ *Badén simple*: Este tipo de badén incluye todos los elementos esenciales, como la capa de rodadura, el muro de pie, los muros de cabezal y el muro de confinamiento, sin contar con obras adicionales. (Civil Geeks, n.d.)

- ✓ *Badén mixto*: incluye una alcantarilla bajo la plataforma para permitir el paso del agua en cursos permanentes, evacuando caudales normales por los conductos y dejando que los caudales mayores fluyan sobre el badén durante crecidas. (Civil Geeks, n.d.)
- ✓ *Badén macizo*: Este tipo de badén se caracteriza por tener una plataforma de mayor espesor, diseñada para soportar ríos o quebradas con grandes caudales y arrastre de materiales gruesos. (Civil Geeks, n.d.)
- ✓ *Badén combinado*: Es aquel que se construye junto a otra estructura complementaria, como un canal de riego paralelo a la plataforma, formando parte integral de la obra. (Civil Geeks, n.d.)

Figura 30

Badén en la vía de la comuna Salanguillo, Santa Elena – Ecuador



Nota. Ilustración de autoría propia

2.3. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Dentro del diseño de drenajes viales se requieren el uso de softwares especializados que tienen como finalidad garantizar que el sistema funcione de forma eficiente y segura en condiciones meteorológicas adversas.

Además, estos softwares requieren de criterios de diseño obtenidos mediante tablas, fórmulas y nomogramas encontrados en las normativas establecidas de cada localidad, región o país.

2.3.1. Software Google Earth.

En el ámbito de la ingeniería civil, Google Earth surge como una solución que combina la visualización tridimensional del terreno, cálculos precisos de distancias y datos geoespaciales en capas para un análisis en profundidad. Si se profundiza más, se pueden obtener cambios topográficos, capacidades de gestión de proyectos en tiempo real e integración perfecta con conjuntos de datos SIG (Sistema de Información Geográfica) para una mayor precisión del diseño (Yu y Gong, 2012).

2.3.2. Software Autodesk AutoCAD.

Autodesk AutoCAD ofrece a arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción un conjunto de herramientas avanzadas que permiten crear y documentar con precisión, geometría en 2D y modelos en 3D utilizando sólidos, superficies y objetos de malla. (Autodesk, 2024a).

2.3.3. Software AutoCAD Civil 3D.

Es una herramienta que permite la generación y diseño de proyectos de infraestructuras civiles, los cuales podrían ser: carreteras, puentes, sistemas de desagüe, redes de abastecimiento de agua potable, etc. Este software es muy utilizado para poder generar diferentes alternativas de desagüe sanitario y pluvial, y por tanto conseguir un diseño preciso de tuberías, generar sistemas o redes de desagüe y simular caudal de agua en dichas infraestructuras de diseño (Autodesk, 2024b).

2.3.4. Software Global Mapper.

Global Mapper es un programa que incorpora una serie de funciones específicas para trabajar datos e imágenes de satélites, admite distintos tipos de archivos y su interfaz es simple y fácil para que el diseñador pueda gestionar con eficacia sus herramientas funcionando de manera adecuada y con un tiempo óptimo, obteniendo un buen resultado para el proyecto (Blue Marble Geographics, 2024).

En el campo de la ingeniería civil, grandes empresas y expertos visualizan un gran potencial en este software debido a la capacidad que tiene para procesar datos de manera eficiente, generar mapas con alta precisión y gestionar información satelital de manera rápida, lo cual es indispensable para la planificación, diseño y ejecución de proyectos de infraestructura en la construcción (Blue Marble Geographics, 2024).

2.3.5. Software Infracworks.

Autodesk Infracworks es una herramienta avanzada de diseño que permite modelar bidimensional y tridimensionalmente proyectos de infraestructura. Con este programa, es posible evaluar diversas alternativas de diseño para infraestructuras viales, estructurales y sobre todo sistemas hidráulicos para el buen manejo de las aguas (Autodesk, 2024c).

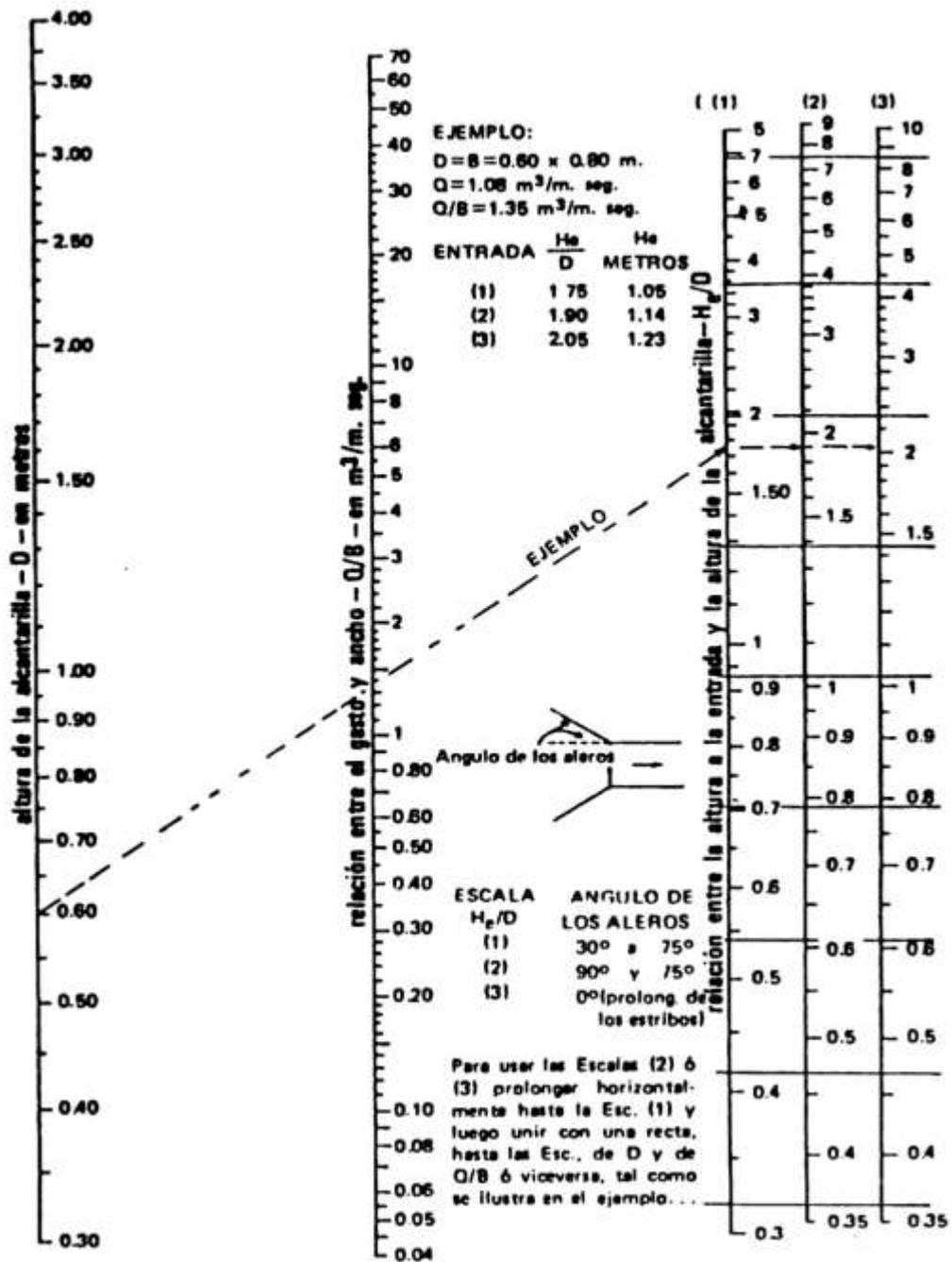
Además, Infracworks ofrece análisis detallados y automatizados, como estudios de flujo de tráfico y visibilidad, esenciales para comprender el impacto de los proyectos en cuanto a su funcionalidad y seguridad, garantizando que estos se adapten a las necesidades específicas de la zona donde serán desarrollados para mejorar la calidad de vida de las personas (Autodesk, 2024c).

2.3.6. Nomogramas para el diseño de alcantarillas.

A continuación, se presentan los nomogramas utilizados para el diseño de alcantarillas circulares y ducto cajón con su respectivo control de entrada y salida.

Figura 31

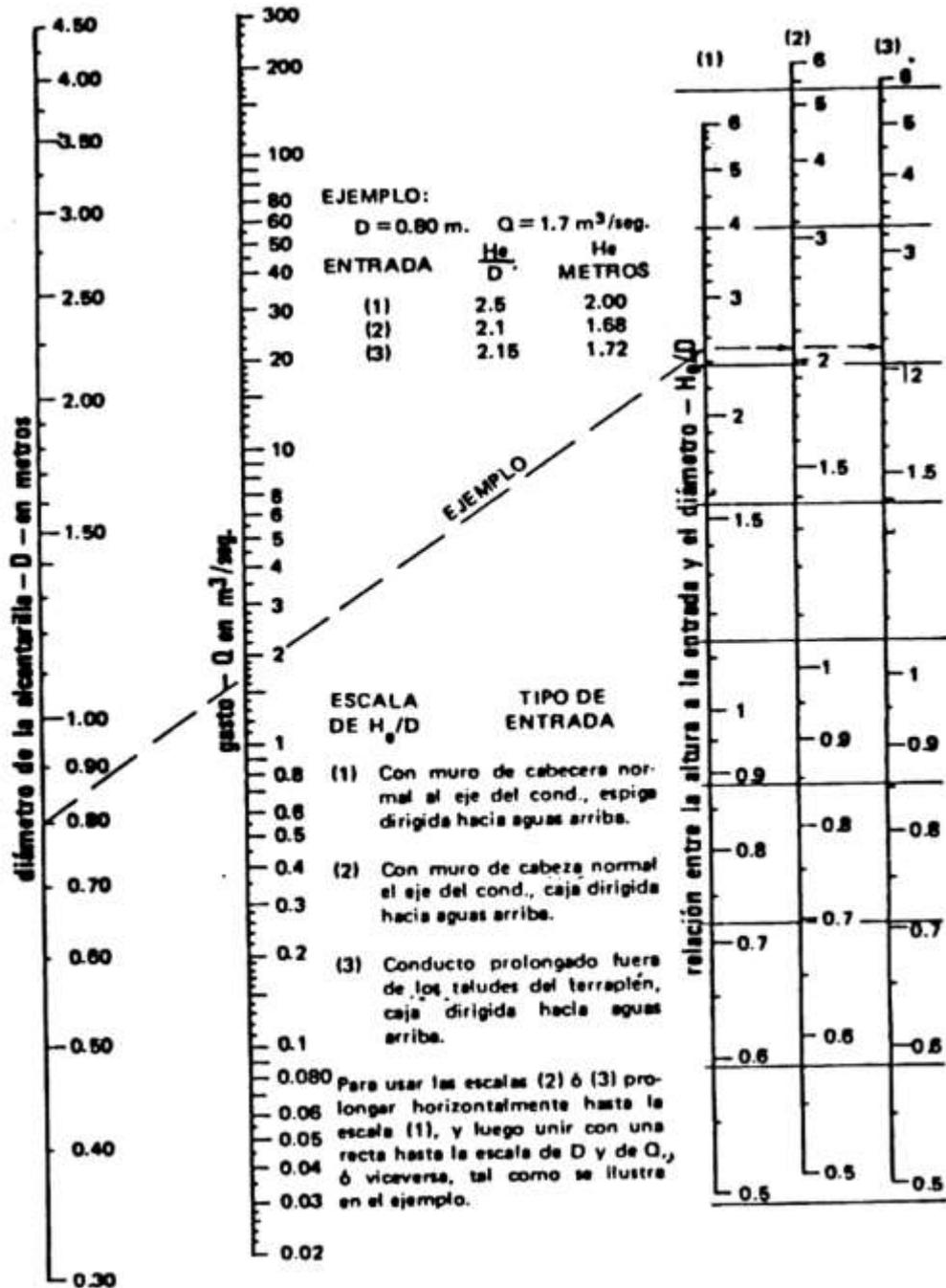
Altura a la entrada para alcantarillas de cajón de control de entrada



Nota. Tomado de MTOP, (2003)

Figura 32

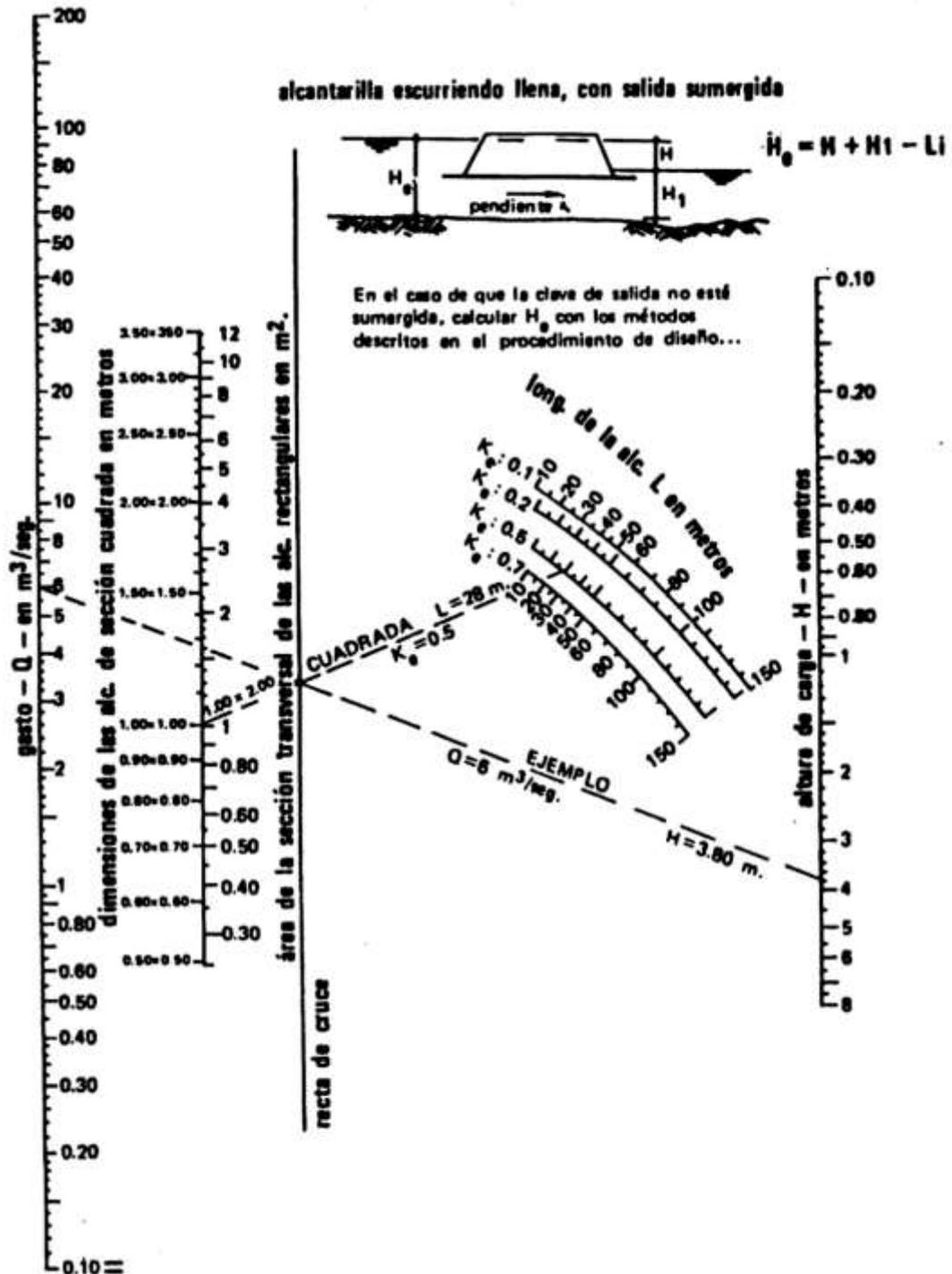
Altura a la entrada para alcantarillas de tubos de concreto con control de entrada



Nota. Tomado de MTOP, (2003)

Figura 33

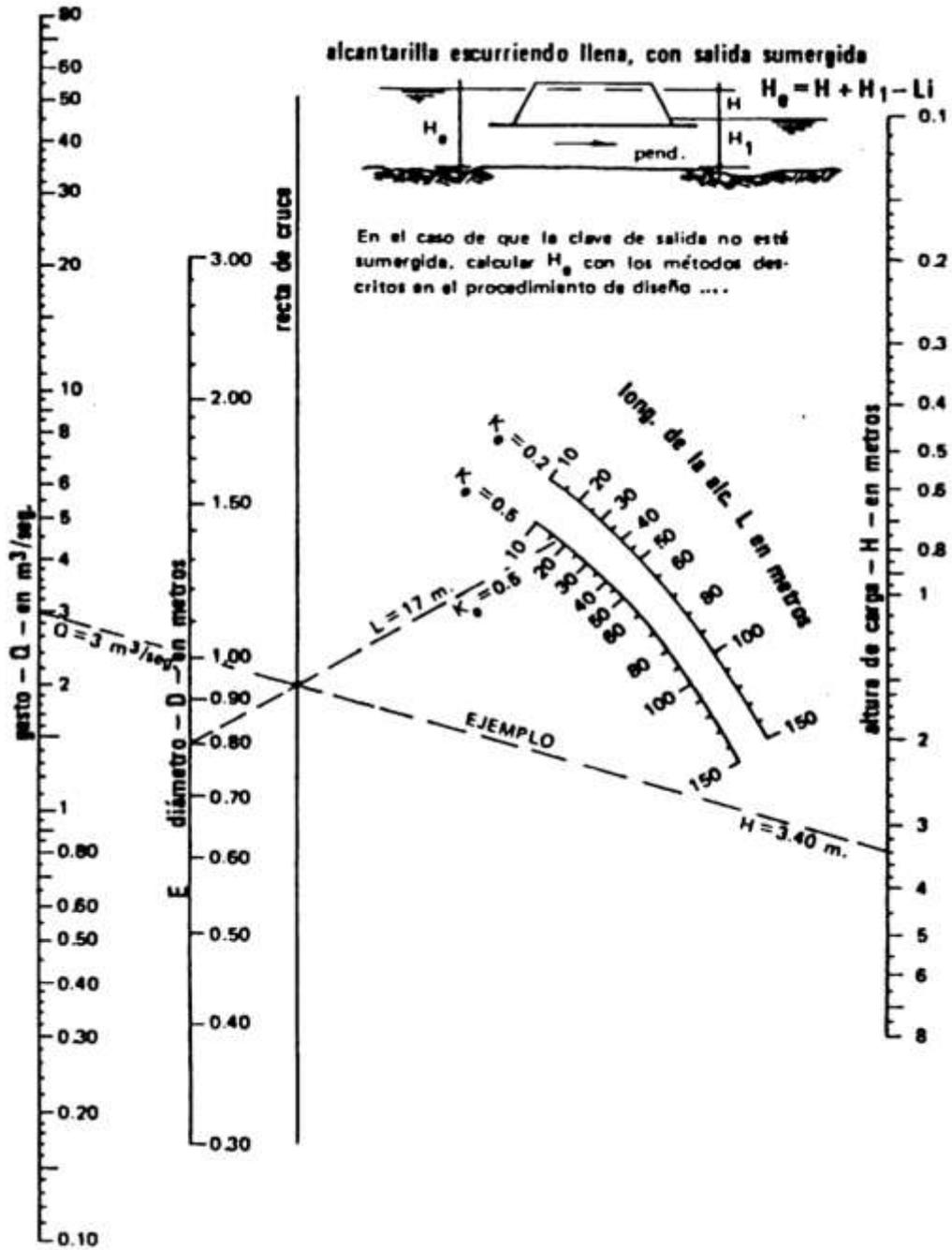
Altura de carga (H) para alcantarillas de cajón, con escurrimiento lleno "n = 0.012"



Nota. Tomado de MTOP, (2003)

Figura 34

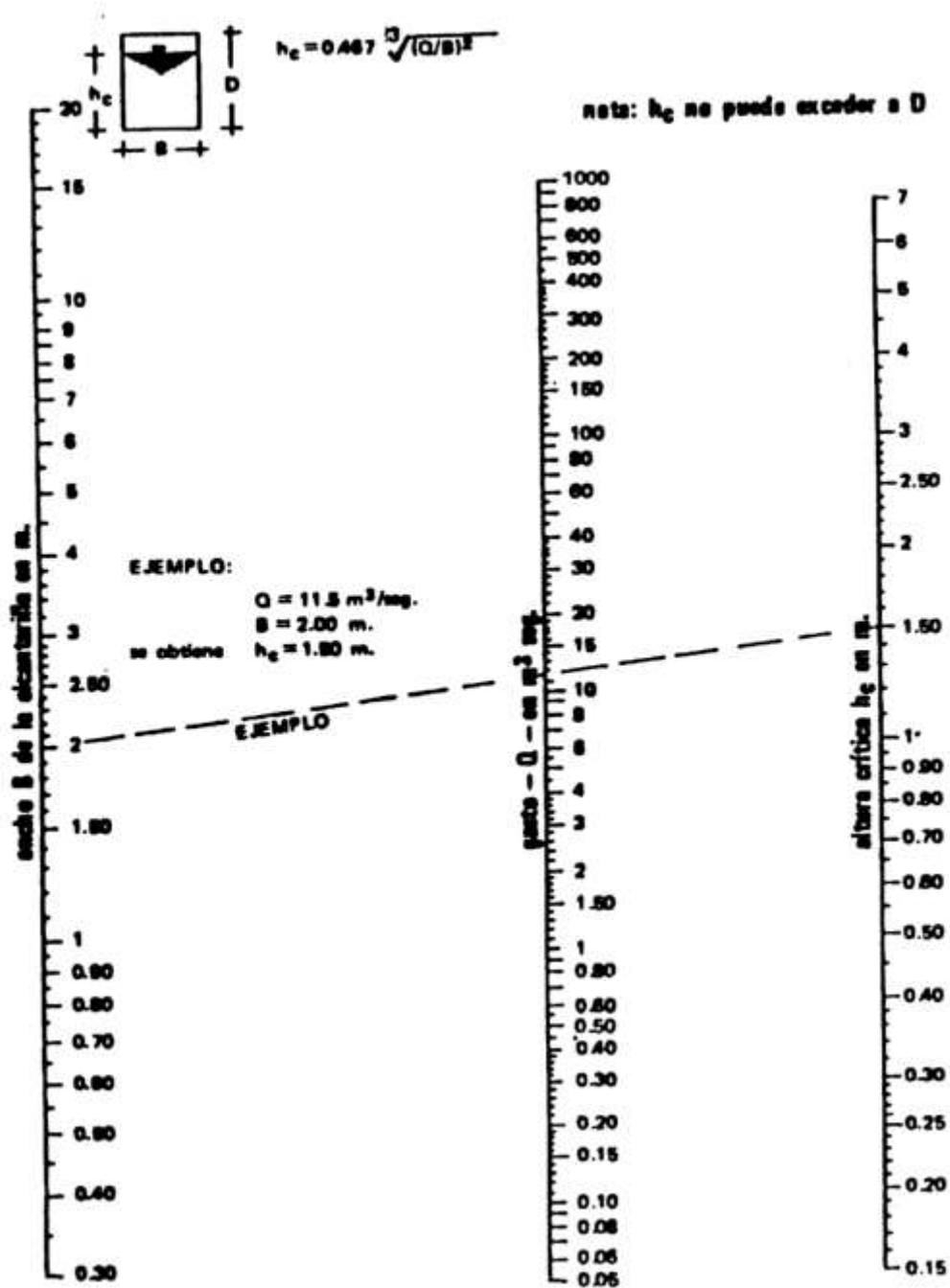
Altura de carga (H) para alcantarillas de tubos circulares de hormigón, con escurrimiento lleno “ $n = 0.012$ ”



Nota. Tomado de MTOP, (2003)

Figura 35

Profundidad crítica de sección rectangular



Nota. Tomado de MTOP, (2003)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo.

De acuerdo con Vizcaíno (2023), la presente tesis se encuentra en la categoría de *aplicada*, ya que se enfoca en utilizar el conocimiento científico para solucionar problemas específicos y mejorar situaciones actuales en algunos campos de la ciencia como la ingeniería.

En este marco, el trabajo de investigación utiliza diferentes criterios, tablas y ecuaciones disponibles para mejorar el diseño de drenaje pluvial existente en la vía que enlaza las comunas San Marcos y Salanguillo.

3.1.2. Nivel.

Según Vizcaíno (2023), el nivel de investigación es *aplicativo* debido a que la intervención no se realiza solo para fines investigativos, sino que se centra en analizar procesos y resultados con el propósito de generar un impacto positivo a la población objetivo. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo aplicar los diseños hidráulicos calculados y demandados para la región analizada, mejorando así calidad de vida de las comunidades que son objeto de estudio.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método.

Desde el punto de vista de Faneite (2023), el método aplicado al presente estudio es *experimental – cuantitativo*, ya que se exploran vínculos causales entre variables al alterar una variable independiente y monitorear cómo afecta a una variable dependiente, basándose en la recopilación y el análisis de datos numéricos utilizando métodos estadísticos.

El presente trabajo utiliza los datos hidrológicos de la región como la intensidad de lluvia para calcular los caudales probables que se desplazan por los diferentes puntos de desfogue de agua en un periodo de retorno idóneo, con la finalidad de proponer un diseño de drenaje con los resultados obtenidos.

3.2.2. Enfoque.

El enfoque acorde al trabajo de investigación es de tipo *cuantitativo* como señala Vizcaíno (2023), cuya finalidad es la obtención organizada de datos cuantificables, que luego se analizan detalladamente utilizando métodos estadísticos. Esto implica estimar las áreas y longitudes de las cuencas y subcuencas aportantes, así como las longitudes de sus cauces correspondientes que abarcan el cálculo de los caudales probables, mediante el análisis detallado del levantamiento topográfico e hidrológico. Además de la realización del estudio hidráulico para el sistema de drenaje pluvial.

3.2.3. Diseño.

La investigación presenta un diseño *experimental*, ya que empleando las palabras de Gavilánez (2021), es el método más riguroso para determinar relaciones de causa y efecto, porque emplea aleatorización y control de variables para reducir sesgos y mejorar la validez interna, lo que permite hacer deducciones más sólidas sobre la causalidad entre las variables analizadas.

En la planificación del sistema hidráulico para la vía San Marcos – Salanguillo, se determinan las características altimétricas y las dimensiones de las cuencas y subcuencas, se recopilan datos hidrológicos históricos y, con base en estos parámetros, se elabora el diseño siguiendo las normativas establecidas.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población.

Teniendo en cuenta a Arias y Covinos (2021), la población se refiere al grupo completo de individuos, eventos o elementos que comparten características similares y que son objeto de estudio. En el presente trabajo, la población abarca las comunas que se unen por el sistema de drenaje vial desde San Marcos hasta Salanguillo.

3.3.2. Muestra.

Como afirma Arias y Covinos (2021), la muestra se describe como un grupo reducido de individuos, eventos o entidades seleccionados de una población total, con el objetivo de realizar estudios y extraer conclusiones sobre esa población. La muestra en este estudio son los drenajes específicos de los cauces establecidos para la vía San Marcos – Salanguillo.

3.3.3. Muestreo.

Citando a Hernández y Mendoza (2018), el muestreo es la selección de muestras adecuadas para garantizar que los resultados obtenidos sean válidos y confiables. El presente estudio utiliza los datos del levantamiento topográfico e hidrológico de la región para la selección de cuencas y subcuencas aportantes, así como el desplazamiento de los cauces para determinar las zonas críticas de drenaje en la vía San Marcos – Salanguillo.

3.4. UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO

La zona de estudio abarca toda la región donde se encuentran las cuencas y subcuencas aportantes al tramo de vía que conectan la comuna San Marcos y Salanguillo, como se observa en la *Figura 36*. La superficie aproximada conformada por las dos comunas es de 322,5 Km².

Figura 36

Ubicación de la comuna San Marcos y Salanguillo. Latitud: 548297 m E y Longitud: 9782759 m N



Nota. Extraído de Google Earth, (2024)

3.5. METODOLOGÍA DEL O.E.1.: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA VÍA EN ESTUDIO Y DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE DRENAJE

La delimitación de las cuencas aportantes requiere del levantamiento topográfico de la vía en cuestión, ya que los cauces naturales de los ríos que conforman una cuenca o subcuenca se desplazan de manera transversal por las carreteras.

Para la óptima circulación de los cauces se diseñan sistemas de drenajes transversales, por ejemplo, las alcantarillas tipo ducto cajón o alcantarillas circulares de hormigón.

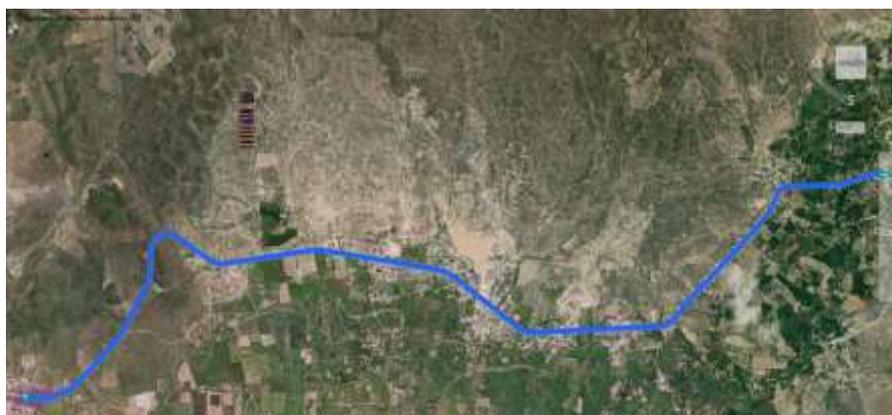
Además de los cauces, la propia calzada genera caudales que deben ser dirigidos por cunetas (drenaje longitudinal) hacia las alcantarillas.

3.5.1. Levantamiento topográfico.

Debido a que el trabajo de investigación se centra en el estudio hidrológico e hidráulico, se obtuvieron dos levantamientos topográficos con sus respectivos diseños geométricos, facilitados por la Prefectura de Santa Elena (2024). El primero abarca la vía que une la parroquia Colonche con la comuna Manantial de Guangala y el segundo conforma la vía que enlaza la comuna Manantial de Guangala con la comuna Salanguillo.

Figura 37

Obra lineal de la vía Colonche – Manantial de Guangala



Nota. Extraído de Civil 3D, Prefectura de Santa Elena (2024)

Figura 38

Obra lineal de la vía Manantial de Guangala – Salanguillo



Nota. Extraído de *Civil 3D, Prefectura de Santa Elena (2024)*

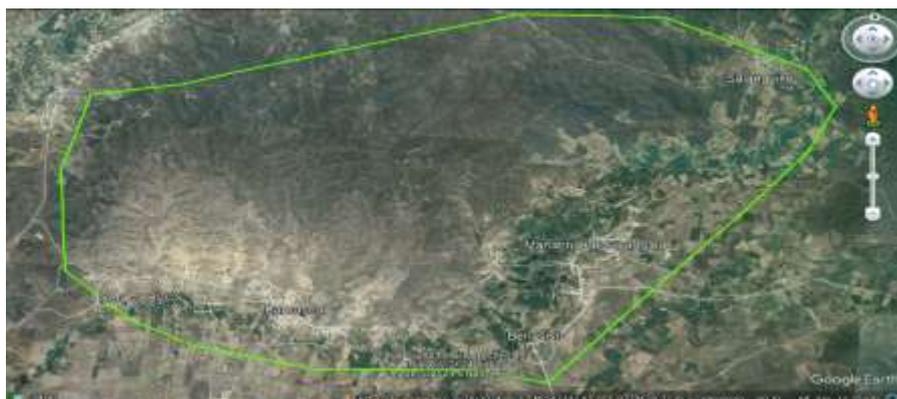
Debido a que la vía en estudio es desde la comuna San Marcos hasta Salanguillo con un total de 10.6 km de longitud, el diseño geométrico de la vía Colonche – Manantial de Guangala abarca los 5 primeros kilómetros desde la abscisa 5+300 hasta la abscisa 10+300, y el diseño geométrico de la vía Manantial de Guangala – Salanguillo abarca los otros 5,6 km de longitud, desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 5+600.

3.5.2. Cuencas hidrográficas.

La delimitación de las cuencas y subcuencas que drenan hacia la vía necesita de una superficie, modelo DEM (Modelo Digital de Elevaciones), para ello se requiere de un polígono representativo que abarque toda la carretera y las posibles cuencas hidrográficas existentes, con el software Google Earth Pro.

Figura 39

Polígono representativo para la delimitación de las cuencas y subcuencas

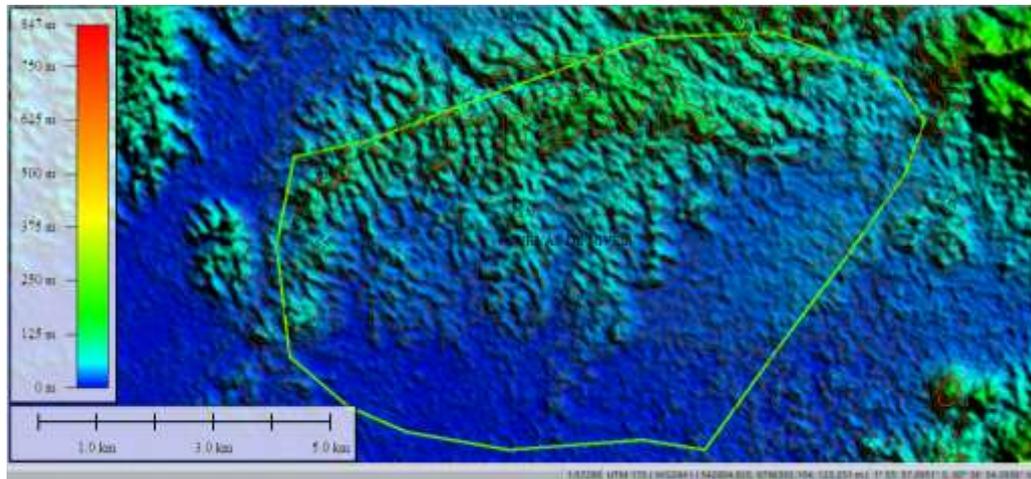


Nota. Elaborado y extraído de *Google Earth Pro*

Luego, se debe exportar el polígono realizado al software Global Mapper con la finalidad de generar el modelado DEM, para ello el polígono debe estar referenciado en las coordenadas correspondientes (UTM 84 – 17S) y con la herramienta **Select Online Data Source to Download** se genera el DEM.

Figura 40

Modelo DEM de la zona donde se encuentra la vía San Marcos – Salanguillo

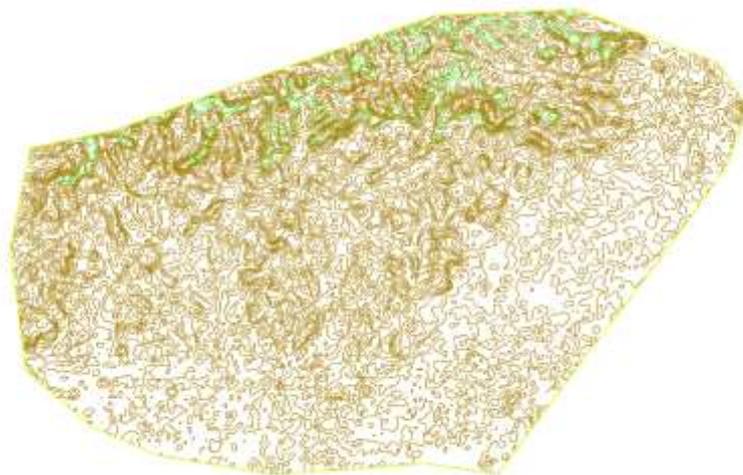


Nota. Elaborado y extraído de *Global Mapper*

Finalmente se generan las curvas de nivel con la herramienta **Contour Generation Options** para exportar la superficie al software Civil 3D, necesario para la delimitación de las cuencas y subcuencas.

Figura 41

Curvas de nivel cada 5 metros con el modelo DEM generado

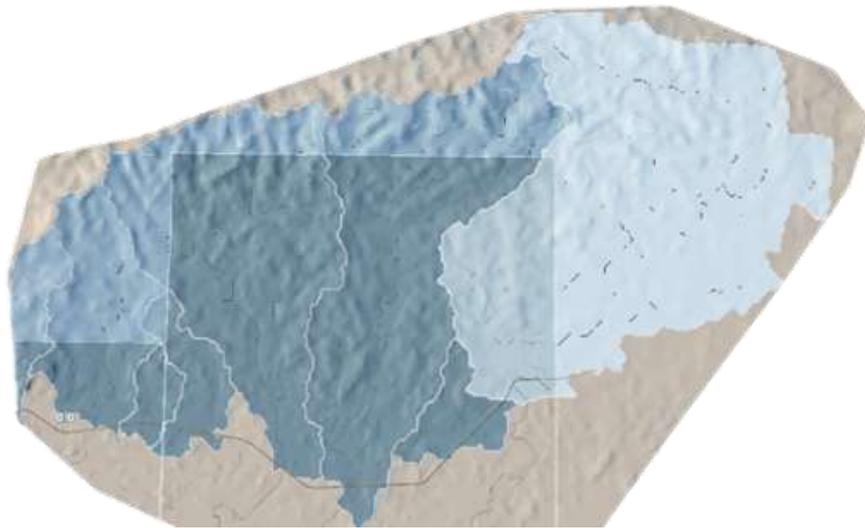


Nota. Elaborado y extraído de *Civil 3D*

Obtenido los diseños geométricos con su respectiva obra lineal y la superficie con las curvas de nivel, se exportan al software Infracworks, y con la herramienta **cuenca de captación** se señala la carretera para generar de manera automática las cuencas y subcuencas aportantes, tal y como se muestra en la *Figura 42 y 43*.

Figura 42

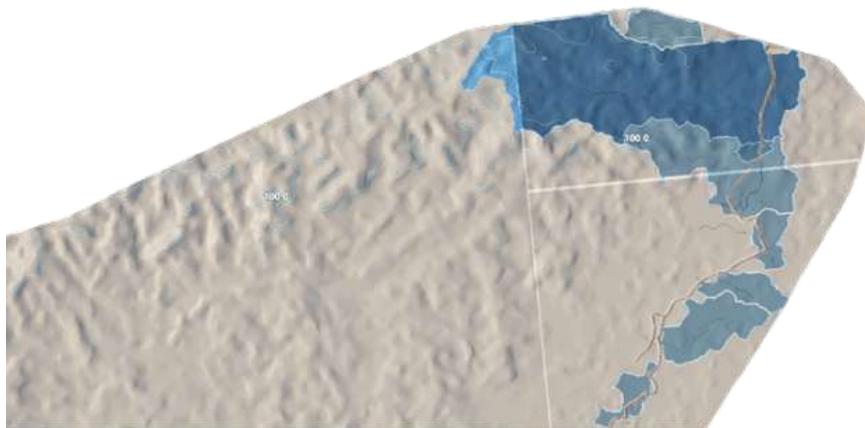
Cuencas hidrográficas del tramo de vía Colonche – Manantial de Guangala



Nota. Elaborado y extraído de *Infracworks*

Figura 43

Cuencas hidrográficas del tramo de vía Manantial de Guangala – Salanguillo

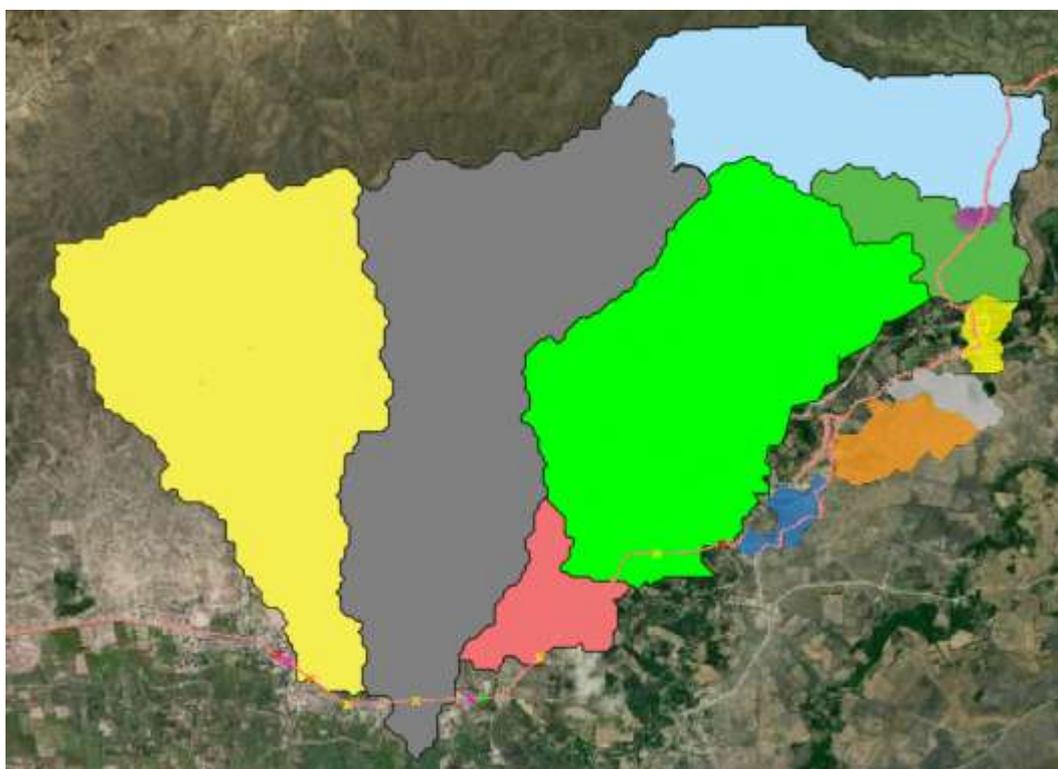


Nota. Elaborado y extraído de *Infracworks*

Con la finalidad de realizar un análisis global de la vía San Marcos – Salanguillo, se exportaron y unieron los dos diseños realizados al software *Civil 3D* para indicar las abscisas donde se encuentran los puntos de drenaje de la carretera, como se muestra en la *Figura 44*.

Figura 44

Cuencas hidrográficas del tramo de vía de estudio San Marcos - Salanguillo



Nota. Elaborado y extraído de *Civil 3D*

Los resultados del análisis de áreas y perímetros, junto con los datos de los cauces correspondientes a cada subcuenca, se incluyen en la *sección 4.1.1.* y *sección 4.1.2.*, respectivamente.

A continuación, se tabulan las abscisas y cotas en los puntos donde es necesario un sistema principal de drenaje pluvial, siendo el contribuyente, por el momento, las mismas cuencas y subcuencas.

Se mencionó en esta *sección 3.5.1* el análisis de dos abscisados, sin embargo, para una mayor comprensión, se tabulan los datos desde la comuna San Marcos con abscisa 0+000 hasta la comuna Salanguillo con abscisa 10+600.

Tabla 8*Puntos de drenaje principal en la vía de estudio*

PUNTO	ABSCISA	COTA (m)	OBSERVACIÓN
1	0+460	9.00	Reconstrucción
2	1+440	5.00	Reconstrucción
3	2+770	5.00	Reconstrucción
4	3+900	15.00	Nueva
5	5+240	20.00	Nueva
6	6+390	29.83	Nueva
7	7+320	34.95	Nueva
8	8+430	25.50	Nueva
9	9+000	30.00	Nueva
10	9+700	45.62	Nueva
11	10+170	45.62	Nueva

Es importante tener en cuenta que, las áreas adyacentes a las cuencas tales como taludes de corte y la misma calzada, tributarán parte de las precipitaciones hacia los puntos de descarga en el drenaje principal (se especificará en la *sección 4.2.2.*), es decir, hacia las alcantarillas, sean de tipo circular o ducto cajón. Por lo tanto, si es necesario se detallarán más adelante puntos de drenaje adicionales a los indicados en la *Tabla 8*.

3.5.3. Taludes de corte.

Como se mencionó en la *sección 3.5.2* los taludes de corte tributarán parte de las lluvias hacia las cunetas y alcantarillas, sin embargo, debido a la topografía del terreno, la vía está conformada principalmente por terraplenes en toda su extensión. Por esta razón, el sistema de drenaje existente no cuenta con cunetas, ya que el agua escurre por los extremos de la vía hacia los cauces naturales, mismos que tienen paso en las alcantarillas.

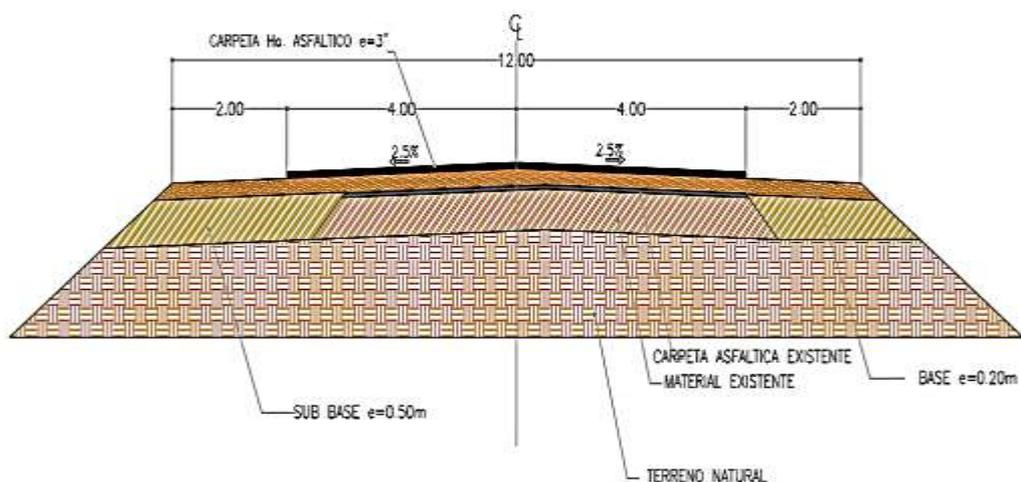
Por lo tanto, no se adjuntan resultados de taludes de corte pues no son representativos en este estudio.

3.5.4. Calzada de la vía.

La calzada también se considera un área de drenaje, porque posee una pendiente transversal (bombeo), que ayuda a encauzar el agua lluvia por los bordes de la carretera. A continuación, se presenta la sección típica del diseño geométrico implantado:

Figura 45

Sección típica de la carretera en el tramo San Marcos – Salanguillo



Nota. Extraído de *CIVIL 3D, Prefectura de Santa Elena (2024)*.

En la *Figura 45* se observan los siguientes parámetros:

- ✓ Ancho de vía de 8 m.
- ✓ Ancho de espaldones de 2 m.
- ✓ Pendiente transversal o bombeo del 2,5%.

Tal como se indicó en la *sección 3.5.3*, el sistema de drenaje existente no cuenta con cunetas, por tanto, los caudales tributados por la calzada serán sumados a los obtenidos por los cauces naturales de las cuencas y subcuencas para el diseño de las alcantarillas, así como su rehabilitación a las ya existentes.

Ahora, es fundamental conocer la pendiente longitudinal de la vía, la cual facilitará el drenaje por gravedad del agua hacia los puntos de descarga principales. A continuación, se presentan en la *Tabla 9* los datos necesarios de la vía para calcular el caudal probable que se generará:

Tabla 9*Datos geométricos de la vía San Marcos – Salanguillo*

ABSCISA			CALZADA			
INICIO	FINAL	LONGITUD	ANCHO	BOMBEO	PENDIENTE	AREA
(km)	(km)	(m)	(m)	(%)	(%)	(m ²)
0+000	0+880	880	12	2.5	0.37	10560
0+880	1+160	280	12	2.5	1.38	3360
1+160	1+840	680	12	2.5	4.16	8160
1+840	2+280	440	12	2.5	4.63	5280
2+280	3+680	1400	12	2.5	1.63	16800
3+680	4+280	600	12	2.5	2.14	7200
4+280	5+060	780	12	2.5	1.98	9360
5+060	6+060	1000	12	2.5	1.13	12000
6+060	6+760	700	12	2.5	1.09	8400
6+760	7+150	390	12	2.5	4.21	4680
7+150	7+420	270	12	2.5	2.91	3240
7+420	8+180	760	12	2.5	2.01	9120
8+180	8+590	410	12	2.5	6.10	4920
8+590	9+700	1110	12	2.5	0.64	13320
9+700	10+170	470	12	2.5	1.22	5640
10+170	10+600	430	12	2.5	4.41	5160

Cabe mencionar que, algunos de los intervalos de las abscisas encauzarán los caudales a puntos de descarga, tales como los indicados en la *Tabla 8*, sin embargo, es posible que la pendiente de ciertos tramos de carretera no direccionen el agua a los puntos principales, ubicados para el drenaje de los cauces naturales de las cuencas, por tanto, de ser necesario se especificarán puntos adicionales de descarga en la *sección 3.6.11*.

3.6. METODOLOGÍA DEL O.E.2.: CÁLCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA Y ESCORRENTIA

3.6.1. Precipitaciones medias mensuales.

Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2012) se llevó a cabo un cálculo de precipitaciones medias mensuales mediante una memoria técnica en el proyecto “GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25.000”. Cuyo estudio hidrológico fue realizado en la estación Salanguillo (M783), la ubicación presenta condiciones óptimas para el análisis, debido a que se encuentra dentro de la cuenca de interés, lo que permite obtener datos hidrológicos representativos y precisos para la evaluación requerida. (INAMHI et al., 2012)

Tabla 10

Datos de precipitaciones medias mensuales

MES	mm
Enero	90.9
Febrero	162.4
Marzo	136.2
Abril	51.3
Mayo	22.5
Junio	6.8
Julio	5
Agosto	9.6
Septiembre	4.7
Octubre	4.6
Noviembre	21.6
Diciembre	39.7
Σ	555.30
\bar{x}	46.28
Sx	54.67

Nota. Datos de la estación Salanguillo (M783). Tomado de (INAMHI et al., 2012)

3.6.2. Precipitaciones diarias máximas.

Dávila y Rivera (2018) llevaron a cabo un estudio hidrológico para el proyecto de grado titulado "PREDISEÑO DE UNA PRESA MULTIPROPÓSITO EN LA COMUNA FEBRES CORDERO, PARROQUIA COLONCHE, CANTÓN

SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA". En el estudio, se analizaron datos de precipitaciones máximas anuales obtenidos de la estación meteorológica Colonche (M780), la cual está situada cerca de los puntos de investigación San Marcos y Salanguillo. En la *Tabla 11* se presentan los valores de las precipitaciones máximas en un periodo de 24 horas, medidos en milímetros (mm).

Tabla 11

Datos de precipitación máxima en 24 horas en mm

n	AÑO	mm
1	1952	203.1
2	1989	182.9
3	1990	9.2
4	1991	159.6
5	1992	271.1
6	1993	199.8
7	1995	56.2
8	1996	43.2
9	1999	168.2
10	2002	0
11	2003	95.8
12	2004	59.5
13	2005	19.1
14	2006	86.6
15	2007	60.4
16	2008	185.9
17	2009	5.5
18	2010	106.1
19	2011	63.4
20	2012	217.5
21	2013	221.2
22	2014	71.5
23	2015	100.6
Σ		2586.4
\bar{x}		112.45
S_x		80.26

Nota. Datos de la Estación Colonche (M780). Tomado de *Dávila y Rivera (2018)*

En hidrología, se emplea la distribución probabilística de Tipo I, también conocida como distribución de Gumbel. Esta teoría se enfoca en describir eventos extremos, es decir, aquellos que son menos probables. El objetivo principal de la metodología propuesta por Gumbel es predecir futuros eventos a partir del análisis

de valores extremos, permitiendo una mejor estimación de fenómenos hidrológicos inusuales, como lluvias intensas o inundaciones.

Ecuación 21

Función de la probabilidad de no ocurrencia

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

donde:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S} \quad y \quad \beta = \bar{x} - \frac{u_y}{\alpha}$$

σ_y y u_y : coeficientes de Gumbel según tamaño de la muestra

S : desviación estándar de la muestra

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

valores que adoptan σ_y y u_y para distintos tamaños de muestra:

Tabla 12

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	1.1285
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	0.5600	1.2065

Nota. Tomado de Corapi & Nuñez Neira, (2022)

Mediante un despeje del valor x podemos determinar las precipitaciones en relación del periodo de retorno

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

Mediante los datos obtenidos de la estación Colonche (M780), contienen cifras desde el año 1952 hasta el 2015, sin embargo, tiene fechas no registradas en la estación por lo cual posee un total de 23 datos disponibles, al interpolar los valores obtenemos como resultado:

$$\sigma_y = 1.08115$$

$$u_y = 0.52823$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{s} = 0.0134$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{u_y}{\alpha} = 73.02$$

Al resolver la función, se obtiene como resultado las precipitaciones diarias máximas probables para distintos periodos de retorno, que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13

Precipitaciones diarias máximas probables

PERIODO	PRECIPITACION	PROB. DE OCURRENCIA	CORRECCION INTERVALO FIJO
AÑOS	x (mm)	F(x) [%]	X*1.13 (mm)
2	100.3717105	50%	113.4200329
5	184.9558199	20%	209.0000765
10	240.9578602	10%	272.2823821
25	311.7165867	4%	352.2397429
50	364.2094521	2%	411.5566809
100	416.3147184	1%	470.4356318
500	536.7220346	0%	606.4958991

3.6.3. Precipitaciones máximas horarias.

Las precipitaciones diarias máximas probables serán calculadas a duraciones horarias en función del periodo de retorno, para lograrlo se debe aplicar los coeficientes de redistribución que se presentan en la *Tabla 14*, los cuales adaptan las precipitaciones de mayor duración a las de menor duración. De este modo, se permite una mejor caracterización de los eventos necesarios para determinar estos tiempos de lluvias horarias.

Tabla 14

Coefficientes para 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 Corapi & Nuñez Neira, (2022)

Mediante el uso de los coeficientes de redistribución, se ajustan las precipitaciones máximas diarias para obtener las precipitaciones máximas horarias correspondientes, detalladas en la *Tabla 15*:

Tabla 15

Precipitaciones máximas horarias

DURACION HORAS	COCIENTE	PRECIPITACION MAXIMA PD POR TIEMPO DE DURACION (mm)						
		2	5	10	25	50	100	500
		años	años	años	años	años	años	años
24h	X24 = 100%	113.42	209.00	272.28	352.24	411.56	470.44	606.50
18h	X18 = 91%	103.21	190.19	247.78	320.54	374.52	428.10	551.91
12h	X12 = 80%	90.74	167.20	217.83	281.79	329.25	376.35	485.20
8h	X8 = 68%	77.13	142.12	185.15	239.52	279.86	319.90	412.42
6h	X6 = 61%	69.19	127.49	166.09	214.87	251.05	286.97	369.96
5h	X5 = 57%	64.65	119.13	155.20	200.78	234.59	268.15	345.70
4h	X4 = 52%	58.98	108.68	141.59	183.16	214.01	244.63	315.38
3h	X3 = 46%	52.17	96.14	125.25	162.03	189.32	216.40	278.99
2h	X3 = 39%	44.23	81.51	106.19	137.37	160.51	183.47	236.53
1h	X1 = 30%	34.03	62.70	81.68	105.67	123.47	141.13	181.95

Para poder determinar la intensidad de lluvia medido en horas, se debe dividir cada una de las precipitaciones para la duración correspondiente, datos demostrados en la *Tabla 16*:

Tabla 16

Intensidad de lluvia por duración para cada periodo de retorno

DURACION	INTENSIDAD DE LLUVIA SEGÚN EL PERIODO DE RETORNO (mm/h)						
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24h	4.73	8.71	11.35	14.68	17.15	19.60	25.27
18h	5.73	10.57	13.77	17.81	20.81	23.78	30.66
12h	7.56	13.93	18.15	23.48	27.44	31.36	40.43
8h	9.64	17.77	23.14	29.94	34.98	39.99	51.55
6h	11.53	21.25	27.68	35.81	41.84	47.83	61.66
5h	12.93	23.83	31.04	40.16	46.92	53.63	69.14
4h	14.74	27.17	35.40	45.79	53.50	61.16	78.84
3h	17.39	32.05	41.75	54.01	63.11	72.13	93.00
2h	22.12	40.76	53.10	68.69	80.25	91.73	118.27
1h	34.03	62.70	81.68	105.67	123.47	141.13	181.95

3.6.4. Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración (t_c) representa el tiempo que tarda una gota de agua en viajar desde el punto más lejano de una cuenca hasta el punto de salida o desagüe. Su estimación o cálculo se realiza a través de la fórmula de Rowe detallada en la *Ecuación 8* de la *sección 2.2.17* la cual se presenta a continuación:

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

Donde:

Tc = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud del cauce principal (m)

H = Desnivel entre el extremo de la cuenca y el punto de la descarga (m)

En la *Tabla 17* y *18* se detalla el cálculo del tiempo de concentración para la calzada y las subcuencas, respectivamente, con el método propuesto:

Tabla 17*Tc para los puntos de drenaje determinados por la calzada*

PUNTO DE DRENAJE	ABSCISA DE DESCARGA	LONGITUD (m)	DESNIVEL (m)	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min)
1	0+460	880	2.96	31.16
2	0+880	280	3.86	7.77
3	1+440	680	28.29	10.06
4	2+120	440	20.37	6.91
5	2+770	1400	22.82	25.17
6	3+900	600	12.84	11.80
7	4+280	780	15.44	14.88
8	5+240	1000	11.30	22.37
9	6+390	700	7.63	17.23
10	6+840	390	16.42	6.53
11	7+320	270	7.86	5.67
12	7+500	760	15.28	14.51
13	8+430	410	25.01	5.88
14	9+000	1110	7.10	30.17
15	9+700	470	5.73	12.14
16	10+170	430	18.96	6.91

Tabla 18*Tc para los puntos de drenaje determinados por las subcuencas*

PUNTO DE DRENAJE	ABSCISA DE DESCARGA	LONGITUD DEL CAUCE (m)	DESNIVEL (m)	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min)
1	0+460	2374.20	1.00	154.44
2	1+440	2690.20	29.56	48.44
3	2+770	2124.50	20.00	42.87
4	3+900	2623.90	0.11	405.49
5	5+240	522.80	4.88	14.61
6	6+390	744.30	0.10	98.15
7	7+320	88.30	0.05	10.93
8	8+430	188.30	0.02	37.29
9	9+000	1440.20	15.70	30.03
10	9+700	1440.20	0.09	219.09
11	10+170	1440.20	0.09	219.09

3.6.5. Intensidad de lluvia.

La intensidad de lluvia se calcula por medio de una ecuación que proponen los institutos meteorológicos correspondientes. La ecuación relaciona el tiempo de concentración, periodo de retorno y, además, los parámetros de ajuste que cambian con el lugar donde se realiza los estudios hidrológicos.

$$I = \frac{KT^m}{t_c^n}$$

Donde:

I: Intensidad de lluvia

t: tiempo de concentración

T: periodo de retorno

K, m y n: parámetros de ajuste

Según (Corapi y Nuñez, 2022) mediante el estudio realizado dentro de la estación Salanguillo (M0783) se logra determinar los parámetros de ajuste K, m y n.

Ecuación 22

Parámetros de ajuste Estación Salanguillo (M0783)

$$K = 166.81 \quad ; \quad m = 0.25930 \quad ; \quad n = 0.61639$$

Por lo cual la ecuación de intensidad de lluvia para la estación Salanguillo (M0783) queda determinada de la siguiente manera:

Ecuación 23

Intensidad de lluvia estación Salanguillo

$$I = (166.81)t_c^{-0.616}T^{0.2593}$$

Sin embargo, según los últimos informes proporcionados por el INAMHI “DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN”, (2015). Se logra identificar una disminución de estaciones pluviográficas en el Sector Santa Elena, por lo cual el punto más cercano a la región de análisis es la estación Julcuy (M0169) ubicado en la provincia de Manabí.

De acuerdo con los datos de la estación M0169 se obtienen tres intervalos de duración de lluvia y a su vez distintas ecuaciones de intensidad de lluvia, detallados en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 24

Intensidad de lluvia estación Julcuy, intervalos 5 a 30 minutos

$$I = (161.6041)t_c^{-0.4192}T^{0.2087}$$

Ecuación 25

Intensidad de lluvia estación Julcuy, intervalos 30 a 120 minutos

$$I = (302.5648)t_c^{-0.6122}T^{0.2098}$$

Ecuación 26

Intensidad de lluvia estación Julcuy, intervalos 120 a 1440 minutos

$$I = (1043.3208)t_c^{-0.8892}T^{0.2669}$$

Debido a investigación previa dentro de los sectores, Colonche, San Marcos, Salanguillo, se determina que, en los tres lugares sus duraciones de tiempo de lluvia llegan a ser intermitentes, sin embargo, no llega a exceder las 2 horas de precipitación, por lo cual, la opción más adecuada es la *Ecuación 25* cuyo intervalo de duración de lluvia es de entre 30 a 120 minutos.

Los cálculos de las intensidades de lluvias tanto de la calzada como de las subcuencas se encuentran en la *sección 4.2.2.* y la *sección 4.2.3.* de resultados, respectivamente.

3.6.6. Coeficiente de escorrentía (C).

La escorrentía es el flujo de agua que se desplaza sobre la superficie del suelo después de una precipitación, como la lluvia o el deshielo. Se produce cuando el suelo no puede absorber más agua debido a que está saturado. La escorrentía puede fluir hacia ríos, lagos, o sistemas de drenaje, y puede transportar sedimentos, contaminantes y nutrientes a estos cuerpos de agua. Para poder determinar el tipo de coeficiente de escorrentía se utiliza la tabla según.(MTOP, 2003)

Tabla 19

Coefficientes de escorrentía en funciones del tipo de terreno

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUN CIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRE CIABLE
		50%	20%	5%	1%	
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

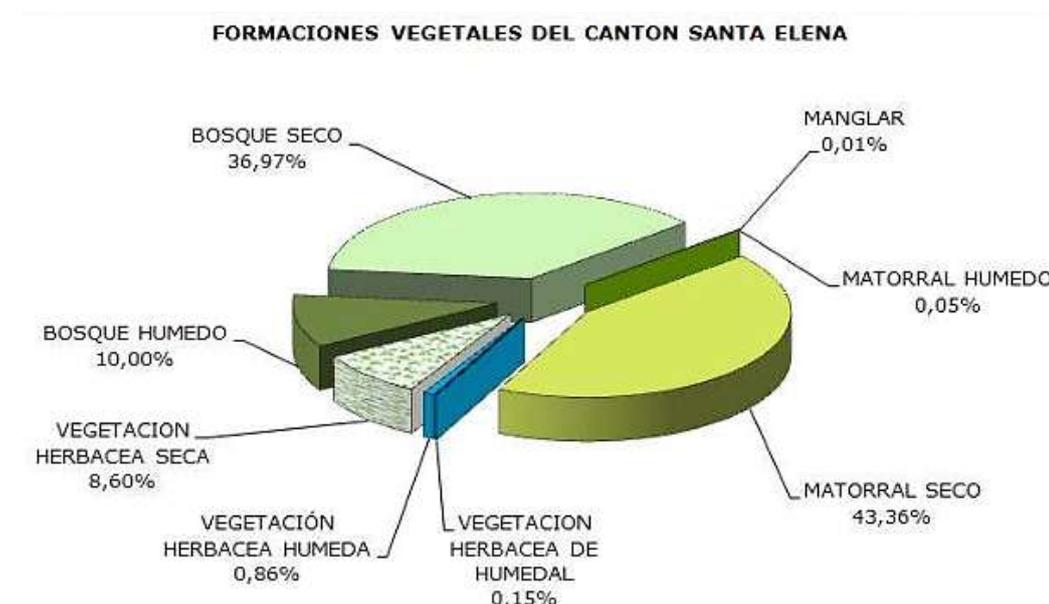
Nota. Tomado de *MTO* (2003)

3.6.7. Cobertura vegetal.

En un estudio denominado “GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25000” realizado en el cantón Santa Elena se pudo clasificar el tipo de suelo y cobertura vegetal natural predominante, compuesta por matorral seco con alteración moderada, bosque seco con grados bajos y moderados de intervención, vegetación herbácea seca con una alta degradación, bosque húmedo con mínima alteración, así como matorral seco con bajo impacto y matorral seco con alta perturbación. Ministerio de Defensa Nacional & SENPLADES (2012)

Figura 46

Composición del tipo de cobertura en cantón Santa Elena



Nota. Tomado de *Ministerio de Defensa Nacional y SENPLADES* (2012)

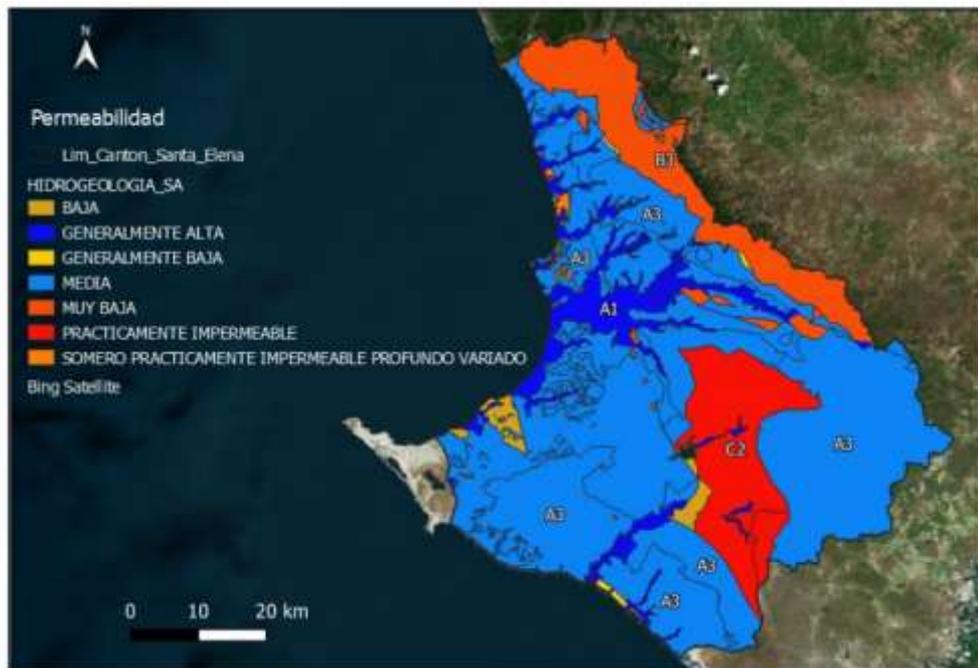
La cobertura de vegetación arbustiva presente en el área de estudio se clasifica dentro de la categoría de hierba y grama, según lo establecido en la *Tabla 19*.

3.6.8. Permeabilidad.

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santa Elena, desarrollado, en su apartado 2.2.2.2 sobre Hidrogeología, analiza la permeabilidad de los materiales rocosos y sedimentarios del cantón. Este análisis está fundamentado en la red hidrográfica de la zona, se puede detallar la zona de San Marcos – Salanguillo. *Empresa Pública UPSE (2020)*

Figura 47

Clasificación de Permeabilidad de rocas y sedimentos



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

De acuerdo con el análisis realizado en el marco del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PTOD) en 2020, la zona de estudio comprendida entre San Marcos y Salanguillo se clasifica con una permeabilidad “Semipermeable”. Esta categorización facilita la correlación de los datos obtenidos con la información presentada en la *Tabla 19*.

3.6.9. Pendiente media (s).

La pendiente media en cuencas hidrográficas se refiere al promedio de las inclinaciones del terreno dentro de una cuenca. Se calcula dividiendo la diferencia de altura (entre el punto más alto y el más bajo de la cuenca) por la longitud del curso principal del agua. Se determina mediante la siguiente *Ecuación 24*:

Ecuación 27

Formula de pendiente media

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

Donde:

L = Longitud del cauce de la cuenca

Hmax = Altura máxima de la cuenca

Hmin = Altura mínima de la cuenca

3.6.10. Caudales probables.

La determinación de los caudales probables se obtiene usando algunos métodos que dependen de ciertos factores como el área de la cuenca de estudio.

Entre unos de ellos se encuentra el método racional cuyo procedimiento se usa más para calcular el caudal máximo de escorrentía en cuencas pequeñas (subcuencas) o urbanas. Es posible calcularla mediante la *Ecuación 6* detallada en la *sección 2.1.10*.

El método de Manning es una fórmula empírica que tiene por objeto calcular el caudal, aplicada a canales abiertos y tuberías parcialmente llenas. De este modo, el caudal se puede evaluar a partir de la rugosidad, la pendiente y el área hidráulica. Si se precisa calcular caudal a partir de la *Ecuación 9*, se puede recurrir a la redacción de la *sección 2.2.18.2*.

3.6.11. Caudal tributado por cunetas.

Como se mencionó en la *sección 3.5.3*., debido a la topografía del terreno, el diseño existente no dispone de cunetas, sin embargo, este sistema de drenaje longitudinal será implementado desde las abscisas 8+600 hasta la abscisa 10+600,

ya que este tramo de vía presenta pequeños sitios de corte, muy próximos al nivel de la carretera.

En cuanto a los puntos adicionales para el drenaje de los caudales generados por la calzada serán suficientes con los especificados en la *Tabla 8* y la *sección 3.6.13*.

3.6.12. Caudal tributado por subcuencas.

Los caudales estimados mediante la fórmula racional para las abscisas de la *Tabla 8* se incluirán en la *sección 4.2.3*. de los resultados.

3.6.13. Caudal total tributado a puntos de drenaje principales.

Los caudales acumulados, que serán los estimados para posteriormente realizar el rediseño del sistema de drenaje, se incorporarán en la *sección 4.2.4*. de los resultados.

Cabe mencionar que, a parte de los puntos de drenaje especificados en la *Tabla 8*, se rehabilitarán las alcantarillas existentes en las siguientes abscisas:

- 0+800 = Alcantarillas circular
- 4+280 = Alcantarilla circular

Finalmente, debido al análisis de la topografía del terreno, se recomienda añadir alcantarillas en las siguientes abscisas: 2+120, 6+840 y 7+500, ya que presentan curvas verticales en su diseño geométrico.

3.7. METODOLOGÍA DEL O.E.3.: REDISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE

3.7.1. Caudal de diseño para cunetas.

Para poder determinar el caudal requerido dentro de una cuneta se puede utilizar la fórmula de caudal de diseño compuesta por el área de la sección y la velocidad del flujo derivada de la ecuación de Manning. Detallada en la *Ecuación 9* donde se puede observar la definición de cada variable de la fórmula.

Ecuación 28

Formula de caudal de diseño para cuneta

$$Q_{dis} = A * V$$

Donde:

Q_{dis} = Caudal de diseño

A = Área de la sección mojada

V = Velocidad del flujo

3.7.1.1. Velocidad de flujo para cunetas.

Según lo estipulado en la *sección 2.2.18.2* para poder establecer el caudal se puede utilizar el “Método de Manning”. Sin embargo, para obtener la velocidad de flujo de agua de una cuneta es válido reducir la fórmula despreciando el área mojada, y solo considerando el radio hidráulico, coeficiente de Manning y la pendiente de la cuneta.

3.7.1.2. Coeficiente de rugosidad de Manning en cunetas (n).

Cabe recalcar que, para definir el coeficiente de rugosidad de Manning, los diseños y rediseños serán realizados con hormigón, por lo cual el valor a optar, $n = 0.012$ cuya selección del coeficiente de rugosidad (coeficiente de Manning “n”) se puntualiza en la *Tabla 6*.

3.7.1.3. Radio hidráulico (R).

Mediante la *Figura 10* en la *sección 2.2.5*. se puede lograr determinar el radio hidráulico dependiendo de la sección del tipo de canal abierto que se

llegara a implementar dentro de cada diseño o rediseño comprendido en el estudio.

3.7.1.4. Pendiente de la cuneta (S).

La pendiente de la cuneta se determina conforme a la velocidad del flujo cuyo valor mínimo de pendiente es de 0.5% para poder permitir que la escorrentía superficial dentro de aquella fluya y no genere obstrucciones, según la *sección 2.2.6*.

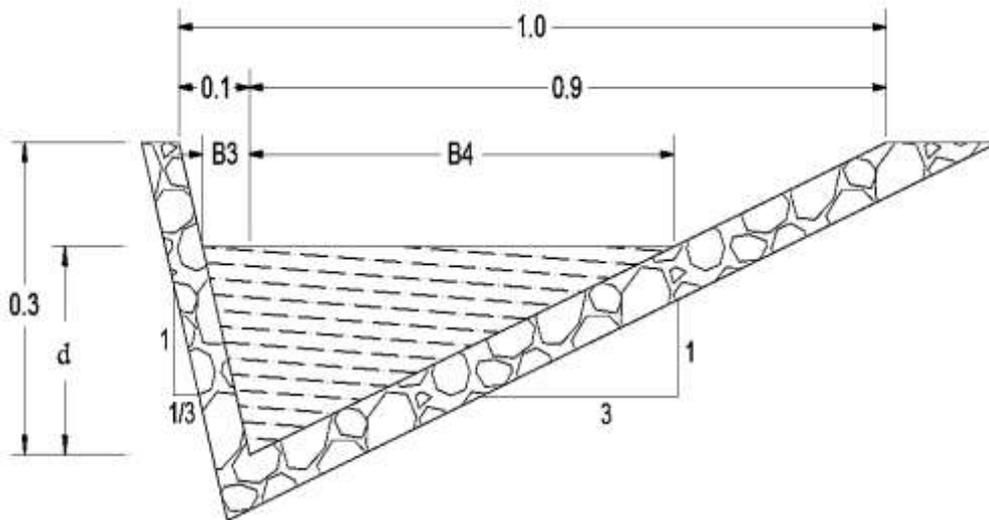
3.7.2. Sección de la cuneta.

Existen varias definiciones para la elección de la sección típica de una cuneta, sin embargo, se tendrá en cuenta la propuesta por el ministerio de transporte y obras públicas (MTO, 2003) detallada en la *Figura 8* en la *sección 2.2.4*.

Así, para la *Figura 48*, las dimensiones se establecerán según el tirante escogido, denominado d , que debe ser inferior a la altura total de la cuneta.

Figura 48

Sección de cuneta para su diseño



Donde:

$$B_3 = \frac{d}{3} \quad y \quad B_4 = 3d$$

Por tanto:

$$A_m = B_3 \left(\frac{d}{2} \right) + B_4 \left(\frac{d}{2} \right) \quad y \quad P_m = \sqrt{(B_3)^2 + d^2} + \sqrt{(B_4)^2 + d^2}$$

Después de seleccionar de manera arbitraria los valores de d , $B3$ y $B4$, es necesario verificar mediante iteración que:

$$Q_{diseño} > Q_{probable}$$

Para garantizar que el diseño de la sección satisface la demanda del caudal estimado, el diseño de la sección de la cuneta para el caudal calculado en la *sección 3.7.2.* se incluirá en la *sección 4.3.4.* de resultados.

3.7.3. Diseño de alcantarilla.

Durante el estudio realizado en el tramo San Marcos – Salanguillo se logró observar distintos sistemas de alcantarillado en mal estado los cuales requieren un rediseño, puntualizados en la *Tabla 8.* Se logra detallar dos tipos de alcantarillados, entre ellos están:

- a) Alcantarillado circular con cabezal y alas
- b) Alcantarillado tipo ducto cajón con cabezal y alas

En base a la información obtenida se puede estimar en algún caso el caudal probable para los nuevos drenajes principales.

3.7.4. Caudal de diseño para alcantarilla circular.

Para establecer el caudal de diseño de una alcantarilla circular, se utilizará la ecuación descrita en la *sección 3.7.1.* Esta fórmula garantiza un análisis preciso al considerar los parámetros hidráulicos y geométricos relevantes para un diseño óptimo.

3.7.4.1. Velocidad de flujo.

Se definirá mediante la fórmula de Manning establecida en la *sección 3.7.1.1.* para el diseño de cuneta, constando del mismo proceso de cálculo.

3.7.4.2. Coeficiente de rugosidad de Manning (n).

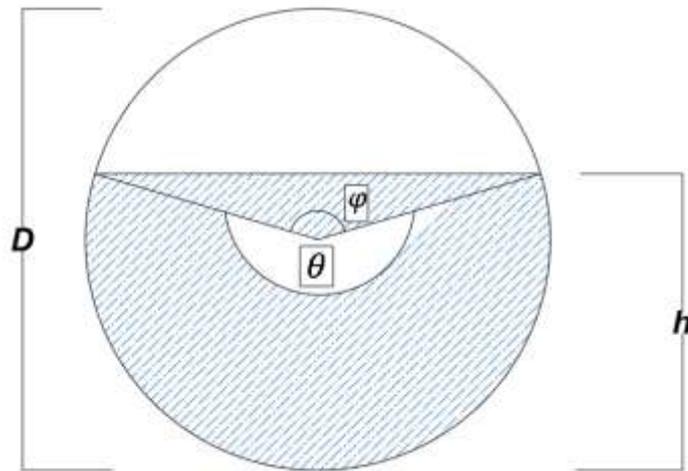
Se considerará en el diseño o rediseño de alcantarillados circulares, compuestos por hormigón por lo cual se considerará un coeficiente de rugosidad de $n = 0.012$ como lo estipulado en la *Tabla 6.*

3.7.4.3. Radio hidráulico (R).

Dentro de la *Tabla 7* en la *sección 2.2.20*, se establece la fórmula para poder determinar el radio hidráulico de una alcantarilla de sección circular, dependiendo del diámetro de la sección circular, tirante hidráulico y el ángulo φ .

Figura 49

Sección de alcantarilla circular denotando el área de la sección mojada



Donde se tiene que:

- **D:** Diámetro de la sección circular
- **h:** Tirante hidráulico
- **θ:** Ángulo medido desde el centro cubriendo el espejo de agua, que se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left[1 - 2 \left(\frac{h}{D} \right) \right]$$

Finalmente, se determina el ángulo φ aplicando el siguiente criterio:

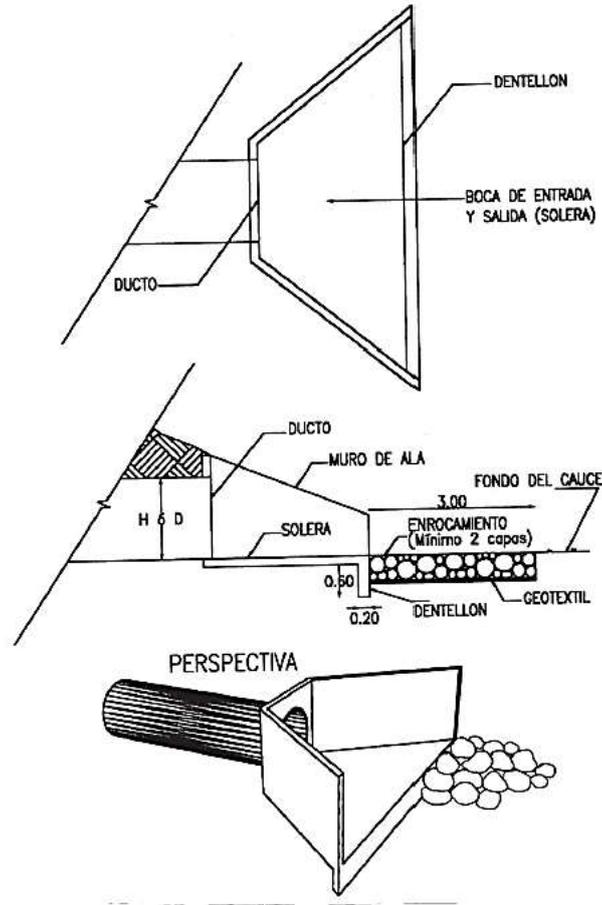
$$\varphi = 2\pi - \theta$$

3.7.4.4. Sección de cabezal y muros de alas en entrada y salida para alcantarillas circulares.

Se considera para el diseño o rediseño de alcantarillas circulares, el modelo planteado por el (MTO, 2003), detallado en la siguiente *Figura 50*.

Figura 50

Modelo de entrada y salida de alcantarillas circulares



Nota. Tomado de MTOP, (2003)

Se recomiendan las siguientes dimensiones para el cabezal según el diámetro de la alcantarilla, de acuerdo con lo indicado en la *Tabla 20*.

Tabla 20

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

		Diámetro de Tubería (m)							
		1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2	2.2	2.4
Dimensiones (m)	Φ	0.35	0.38	0.38	0.4	0.42	0.45	0.48	0.5
	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)

3.7.5. Caudal de diseño para alcantarilla ducto cajón.

Se usará la fórmula aplicada en la *sección 3.7.1.* para determinar la velocidad de flujo y el caudal probable que circulará por la alcantarilla.

3.7.5.1. Velocidad de flujo.

Se determinará utilizando la fórmula de Manning, especificada en la *sección 3.7.1.1,* para el diseño de cunetas, siguiendo el mismo procedimiento de cálculo.

3.7.5.2. Coeficiente de rugosidad de Manning (n).

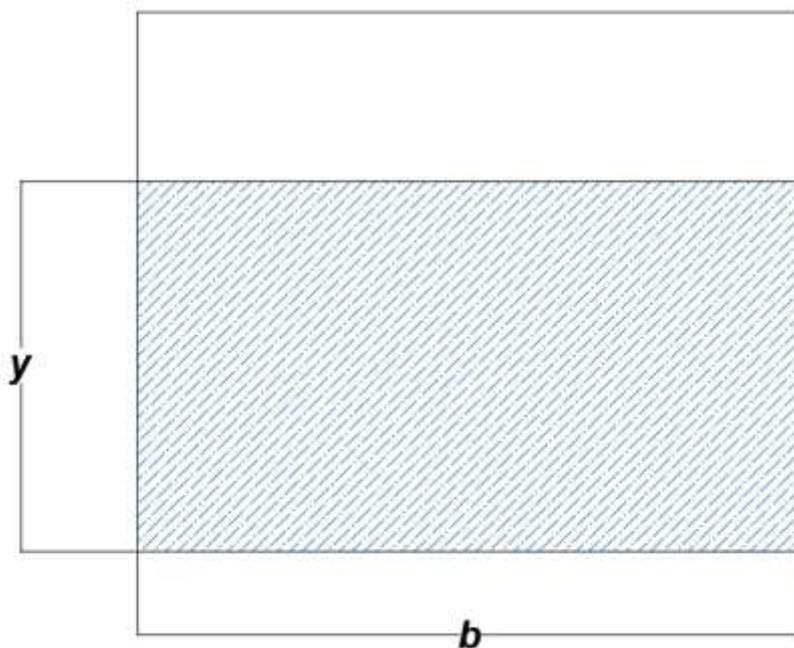
En el diseño o rediseño de alcantarillados tipo ducto cajón de hormigón, se tomará en cuenta un coeficiente de rugosidad de $n = 0.012$, conforme a lo especificado en la *Tabla 6.*

3.7.5.3. Radio hidráulico (R).

Dentro de la *Figura 10* en la *sección 2.2.5.* se establece la fórmula para poder determinar el radio hidráulico de una sección rectangular, misma que se asimila a una alcantarilla tipo ducto cajón, dependiendo de la base (b) y la altura (y).

Figura 51

Sección tipo cajón típica



Donde se tiene que:

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

3.7.5.4. Sección de cabezal y muros de alas en entrada y salida para alcantarillas tipo ducto cajón.

Se considera para el diseño o rediseño de alcantarillas tipo ducto cajón, las secciones de tipo tubular especificadas en la *sección 3.7.4.4*. homologando la altura D.

3.7.6. Control de flujo de entrada en las alcantarillas.

Para poder establecer un control de flujo en la entrada de alcantarillas se debe reconocer los distintos tipos de casos típicos. Los cuales se logran detallar en la *Figura 20, lateral derecho*:

- a) Entrada y Salida no sumergida
- b) Entrada no sumergida y Salida sumergida
- c) Entrada sumergida y Salida no sumergida

El cálculo para determinar el flujo de entrada se puede realizar mediante el siguiente procedimiento:

1. Se debe conocer previamente el caudal proveniente de los cauces para cada sección de alcantarilla (caudal de diseño).
2. Se debe escoger un tipo de entrada para la alcantarilla, especificada en la *Figura 19*, cabe recalcar que dependiendo del tipo de entrada cambian los parámetros de altura, según lo establecido en los nomogramas de diseño presentados en las *Figura 31* y *Figura 32*.
3. Se calcula el nivel hidráulico requerido en la entrada (H_e) para garantizar el paso del caudal de diseño, si dicho nivel no excede la cota máxima permitida para el agua en la entrada, según las especificaciones de diseño.
4. Para poder utilizar los nomogramas se debe realizar lo siguiente: En la primera línea vertical del nomograma, se selecciona el diámetro o dimensión de la alcantarilla que se va a evaluar. A continuación, se ubica el caudal de diseño en la segunda línea. Se traza una línea que conecte ambos puntos y se extiende hasta interceptar la tercera línea del nomograma de

izquierda a derecha. Luego, se dibuja una línea horizontal que intercepte las dos últimas líneas del nomograma. El valor de H_e/D correspondiente al tipo de entrada adoptado se selecciona en esta intersección. Finalmente, se verifica que el valor de H_e esté dentro de los límites de diseño, es decir, que sea menor que D , pero no inferior a este.

3.7.7. Control de flujo de salida en las alcantarillas.

En el control de flujo de salida, el nivel crítico se forma en las proximidades de la sección de salida de la alcantarilla. Aguas abajo de esta sección se presenta un flujo supercrítico, mientras que aguas arriba se genera un remanso con flujo subcrítico. Como consecuencia, cualquier modificación que ocurra en la sección de salida hacia aguas arriba influye de manera significativa en el nivel de la entrada de la alcantarilla.

De igual manera para poder establecer un control de flujo en salidas de alcantarillas se debe conocer los tipos de casos típicos, especificados en la *Figura 20, lateral izquierdo*:

- a) Entrada y Salida sumergida
- b) Entrada sumergida y conducto lleno
- c) Entrada y salida no sumergida

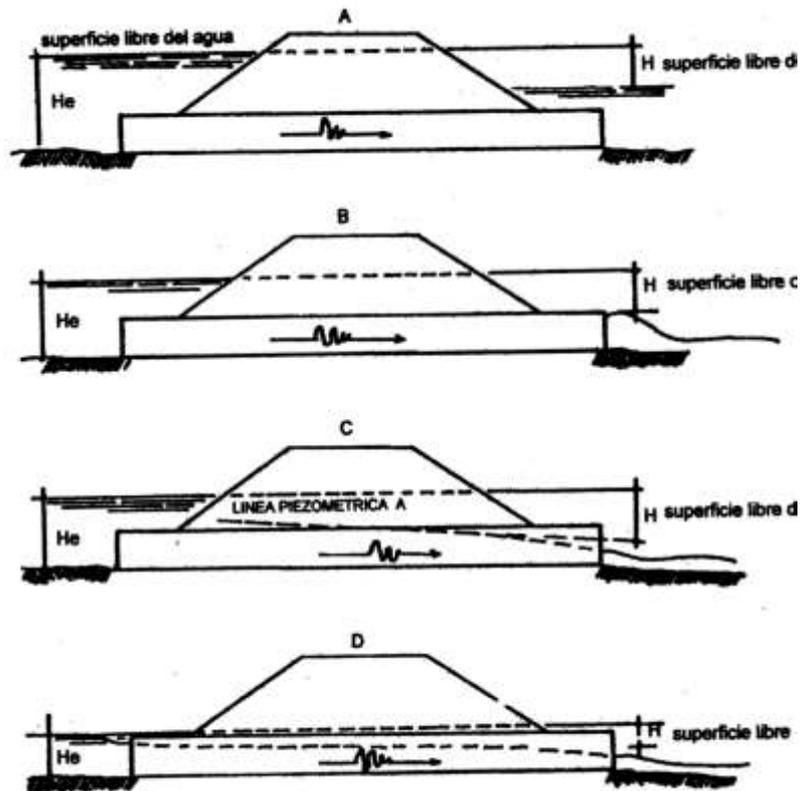
Las alturas del flujo en las zonas ubicadas antes y después de una alcantarilla son fundamentales para evaluar si la estructura está operando a capacidad parcial o total. La altura del flujo en la entrada de la alcantarilla, calculada desde el nivel base, se denomina "Profundidad en Aguas Arriba". De igual manera, la altura del flujo en la salida, medida desde el fondo de la alcantarilla, se conoce como "Profundidad en Aguas Abajo" (Ponce, 2017)

El propósito fundamental al diseñar una alcantarilla es determinar las dimensiones mínimas requeridas para que el caudal de diseño fluya sin exceder una profundidad previamente establecida en aguas arriba. El tipo de diseño seleccionado dependerá de si el control hidráulico se localiza en la entrada o la salida de la alcantarilla (Ponce, 2017)

Por lo tanto, se verificará el comportamiento del escurrimiento identificando el tipo de situación descrita en la *Figura 52*, empleando la ecuación de conservación de la energía, dicho procedimiento se encuentra detallado en la sección 2.2.20.

Figura 52

Casos de escurrimiento con control de salida



Nota. Tomado de *MTOP*, (2003).

Los 4 casos se describen a continuación:

- a) Sección con el nivel de agua completamente por encima del dintel en la salida del conducto.
- b) Sección donde el nivel de agua aguas abajo está por debajo del dintel en la salida.
- c) Sección parcialmente llena en una parte del conducto.
- d) Sección parcialmente llena a lo largo de todo el conducto.

Para el Caso *A* se sigue el procedimiento descrito en la sección 2.2.20.

Sin embargo, para los casos *B*, *C* y *D*, la resolución correcta solo tomaría en cuenta los terminos “*L.S*” de la *Ecuación 10*, por tanto, para la estimación de

H_{ws} , que es el nivel de agua en la salida de la alcantarilla, se debe adoptar el mayor entre:

- ✓ H_{ws} , que es el nivel de agua a la salida cuando es conocido.
- ✓ El promedio entre h_c y D , es decir:

$$H_{ws} = \frac{h_c + D}{2}$$

Donde:

h_c : es el tirante crítico para el caudal de diseño. Se proponen tablas para estimar el valor de manera rápida.

D : es el diámetro o altura de la alcantarilla

Para la determinación de H , se utilizan los nomogramas de la *Figura 33* y *Figura 34* para alcantarillas ducto cajón y circulares, respectivamente.

De manera similar al enfoque utilizado para el control en la entrada, se asumirá que el objetivo es determinar el nivel del agua en la salida, utilizando parámetros como la pendiente, dimensiones de la sección, material y características de entrada para un caudal específico (Ponce, 2017)

El procedimiento para aplicar los nomogramas consiste en lo siguiente:

1. Dibujar una línea que conecte el diámetro o las dimensiones de la alcantarilla (segunda línea) con su longitud (cuarta línea/curva) para localizar un punto en la línea de control (tercera línea).
2. A continuación, se traza otra línea que parte de la primera línea, la cual representa el caudal, pasa por el punto de control en la tercera línea, y luego intercepta la última línea, que indicará la altura H en metros.

El valor calculado del nomograma se reemplaza en la ecuación de energía propuesta, que junto con los parámetros de H_{ws} y $L.S$, permite calcular el valor de H_{we} . Este valor se compara con el H_e de la entrada, seleccionándose el mayor de los dos (Ponce, 2017)

3.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 21

Operacionalización de Variables Independientes

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Independiente –Características geográficas de la región.	Son los factores que tiene una región, como el relieve, el clima, la vegetación y la red hidrográfica.	Topografía de la región a partir de cálculos basados en imágenes satelitales.	Áreas de subcuencas	Modelo digital de elevaciones con Global Mapper	m ²
			Longitud de cauces	Topografía del cauce	m
			Pendiente de cauces	Desnivel de los cauces	%
Independiente –Datos hidrológicos de la región. –Análisis probabilístico de precipitaciones en diferentes periodos de retorno.	Son parámetros esenciales para la determinación y gestión correcta de recursos hídricos.	Información de precipitaciones proporcionadas por estaciones meteorológicas.	Intensidad de lluvia	Método de Gumbel tipo I	mm/h
			Tiempo de concentración	Ecuación de Rowe	min
			Periodo de retorno	Criterio de diseño	años

Tabla 22

Operacionalización de Variables Dependientes

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Dependiente	–Sistema de drenaje pluvial de la vía.	Su objetivo es evacuar el agua resultante de las lluvias, evitando su acumulación sobre la superficie de la vía.	Secciones hidráulicas de cunetas y alcantarillas.	Velocidad de flujo	Ecuación de Manning	m/s
				Área de sección mojada	Geometría de sección llena	m²
				Diámetro de la sección	Tipo de tubo	m
				Pendiente del canal	Topografía	%
				Caudal probable	Método Racional	m³/s
Dependiente	–Elección del periodo de retorno idóneo.	Es el tiempo promedio que transcurre entre la ocurrencia de un evento y la próxima ocurrencia de ese evento con la misma magnitud.	Duración de las precipitaciones en la región.	Área de drenaje	Geografía	m²
				Permeabilidad del suelo	Coefficiente C	%

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL O.E.1.: DATOS GEOGRÁFICOS DEL SECTOR ADYACENTE A LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO

4.1.1. Datos de las subcuencas hidrográficas.

En la siguiente tabla se muestran las áreas y perímetros de las cuencas y subcuencas de la región San Marcos – Salanguillo, determinados por el software Infracworks.

Tabla 23

Áreas de drenaje en la zona de estudio

SUPERFICIE	CLASIFICACIÓN	ÁREA		PERÍMETRO	
		(km ²)	(Ha)	(km)	(m)
1	SECTOR	8.30	829.84	0.015	15240.77
2	SECTOR	9.40	938.96	0.019	18677.95
3	UNIDAD	1.06	105.84	0.006	5915.29
4	SECTOR	7.80	780.01	0.014	14339.36
5	UNIDAD	0.23	22.98	0.003	3080.49
6	UNIDAD	0.62	61.58	0.004	4022.74
7	UNIDAD	0.29	29.26	0.003	2917.64
8	UNIDAD	0.23	23.06	0.002	2371.37
9	SECTOR	1.21	121.04	0.007	7033.28
10	UNIDAD	0.07	7.20	0.001	1290.54
11	UNIDAD	3.96	396.14	0.012	11674.60
Σ		33.17	3315.91	ÁREA TOTAL DE DRENAJE	

En la *Tabla 23* se logra apreciar que las mayores áreas de drenaje corresponden a los sectores 1, 2 y 4, denominados así porque presentan un área entre 5 a 10 km², clasificación mencionada en la *sección 2.1.1.6 (Tabla 2)*.

4.1.2. Datos de los cauces principales de las subcuencas hidrográficas.

Los datos hidrológicos más importantes obtenidos del software Infracworks y Civil 3D se aprecian en la *Tabla 24*:

Tabla 24

Datos de los cauces principales de las áreas de drenaje

SUPERFICIE	LONGITUD DEL CAUCE (m)	COTA SUPERIOR (m)	COTA INFERIOR (m)
1	2374.20	10.00	9.00
2	2690.20	34.56	5.00
3	2124.50	25.00	5.00
4	2623.90	15.11	15.00
5	522.80	24.88	20.00
6	744.30	29.93	29.83
7	88.30	35.00	34.95
8	188.30	25.52	25.50
9	1440.20	45.70	30.00
10	1440.20	45.71	45.62
11	1440.20	45.71	45.62

Se observa que los cauces de las superficies 1, 2 y 4 son los más extensos.

4.2. RESULTADOS DEL O.E.2.: DATOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS DE LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO

4.2.1. Intensidades de lluvia.

En la *Tabla 25* se establece una estimación de las intensidades de lluvia en diferentes duraciones de precipitación y periodos de retorno, según la estación Salanguillo (M0783).

Tabla 25*Intensidades de lluvia de la Estación Salanguillo (M0783)*

INTENSIDADES DE LLUVIA - TIEMPO DE DURACION											
PERIODO DE RETORNO	DURACION (min)										
	5	10	15	20	25	30	35	40	50	55	60
2	74.08	48.34	37.65	31.54	27.49	24.57	22.34	20.58	17.94	16.91	16.03
5	93.95	61.30	47.75	40.00	34.86	31.16	28.33	26.10	22.75	21.45	20.33
10	112.45	73.37	57.15	47.87	41.72	37.29	33.91	31.24	27.22	25.67	24.33
25	141.11	92.07	71.72	60.07	52.36	46.80	42.56	39.20	34.16	32.21	30.53
50	170.69	111.37	86.75	72.67	63.33	56.61	51.48	47.41	41.32	38.97	36.93
100	204.29	133.30	103.84	86.97	75.80	67.75	61.61	56.75	49.46	46.64	44.21

A continuación, mediante la *Tabla 26* se plantea una estimación de intensidades de lluvia utilizando el mismo procedimiento, pero ahora mediante los datos obtenidos de la estación Julcuy (M0169), estación actualmente vigente en el INAMHI.

Tabla 26*Intensidades de lluvia de la Estación Julcuy (M0169)*

INTENSIDADES DE LLUVIA - TIEMPO DE DURACION											
PERIODO DE RETORNO	DURACION DE LLUVIA EN (min)										
	5	10	15	20	25	30	35	40	50	55	60
2	95.12	71.13	60.02	53.20	48.45	43.62	39.69	36.58	31.91	30.10	28.54
5	115.16	86.12	72.66	64.41	58.66	52.87	48.10	44.33	38.67	36.48	34.58
10	133.09	99.53	83.97	74.43	67.79	61.14	55.63	51.27	44.72	42.19	40.00
25	159.77	119.48	100.81	89.35	81.37	73.47	66.85	61.60	53.74	50.69	48.06
50	186.22	139.26	117.49	104.14	94.84	85.70	77.98	71.86	62.68	59.13	56.06
100	215.20	160.94	135.78	120.35	109.61	99.11	90.19	83.11	72.50	68.39	64.84

Analizando las *Tablas 25 y 26* presentadas, se determina que dentro de la estación Julcuy existe un ligero aumento en las intensidades de lluvia, con rangos de 45 a 160 mm/hr. Por tanto, esta estación sería la más adecuada a optar para el rediseño del sistema de drenaje vial, ya que establece una mejor estimación y está vigente en la actualidad por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Dentro del estudio se establece que el periodo de retorno a usar será el de 25 años, debido a que, al ser un drenaje vial el tiempo promedio de una carretera cuya estructura es pavimento semirrígido normalmente es de 10 a 25 años.

4.2.2. Determinación de los caudales tributados por la calzada.

A continuación, en la *Tabla 27* se muestran los caudales tributados por la calzada hacia los puntos de descarga en el drenaje principal (alcantarilla), mismos que son calculados para un periodo de retorno de 25 años.

Tabla 27

Caudales probables de la calzada a puntos de descarga calculados para un $Tr=25$ años

ABSCISA DE DESCARGA	ABSCISA		CALZADA					T_c	INTENSIDAD DE LLUVIA	C	CAUDAL PROBABLE	
	INICIO	FINAL	LONGITUD	ANCHO	BOMBEO	PENDIENTE	ÁREA				PARCIAL	TOTAL
	(Km)	(Km)	(m)	(m)	(%)	(%)	(m ²)				(min)	(mm/hr)
0+460	0+000	0+880	880	12	2.5	0.37	10560	31.16	72.40	0.32	0.07	0.14
0+880	0+880	1+160	280	12	2.5	1.38	3360	7.77	133.94	0.35	0.04	0.09
1+440	1+160	1+840	680	12	2.5	4.16	8160	10.06	120.19	0.39	0.11	0.21
2+120	1+840	2+280	440	12	2.5	4.63	5280	6.91	140.73	0.40	0.08	0.17
2+770	2+280	3+680	1400	12	2.5	1.63	16800	25.17	81.84	0.36	0.14	0.27
3+900	3+680	4+280	600	12	2.5	2.14	7200	11.80	112.41	0.36	0.08	0.16
4+280	4+280	5+060	780	12	2.5	1.98	9360	14.88	102.00	0.36	0.10	0.19
5+240	5+060	6+060	1000	12	2.5	1.13	12000	22.37	85.99	0.35	0.10	0.20
6+390	6+060	6+760	700	12	2.5	1.09	8400	17.23	95.92	0.35	0.08	0.16
6+840	6+760	7+150	390	12	2.5	4.21	4680	6.53	144.09	0.39	0.07	0.15
7+320	7+150	7+420	270	12	2.5	2.91	3240	5.67	152.86	0.37	0.05	0.10
7+500	7+420	8+180	760	12	2.5	2.01	9120	14.51	103.11	0.36	0.09	0.19
8+430	8+180	8+590	410	12	2.5	6.10	4920	5.88	150.53	0.40	0.08	0.16
9+000	8+590	9+700	1110	12	2.5	0.64	13320	30.17	73.85	0.33	0.09	0.18
9+700	9+700	10+170	470	12	2.5	1.22	5640	12.14	111.09	0.35	0.06	0.12
10+170	10+170	10+600	430	12	2.5	4.41	5160	6.91	140.67	0.39	0.08	0.16

Para el diseño de cunetas, se tomará el máximo caudal probable parcial que transitará por el drenaje, el cual es de 0.14 m³/s.

4.2.3. Determinación de los caudales tributados por las subcuencas hidrográficas.

A continuación, en la *Tabla 28* se tabulan los caudales calculados con los mismos parámetros antes mencionados en la *sección 4.1.1* y *4.1.2.*, donde se observa que el caudal mayor se encuentra en la abscisa 1+440 y el menor en la abscisa 9+700:

Tabla 28

Datos de los caudales tributados por las cuencas hidrográficas calculados para un $Tr=25$ años

ABSCISA DE DESCARGA	DATOS HIDROLÓGICOS								DATOS HIDRÁULICOS		
	ÁREA		LONGITUD DEL CAUCE	COTA SUPERIOR	COTA INFERIOR	DESNIVEL	S	Tc	INTENSIDAD DE LLUVIA	C	CAUDAL PROBABLE
	(km ²)	(Ha)	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)	(min)	(mm/hr)	(%)	(m ³ /s)
0+460	8.30	829.84	2374.20	10.00	9.00	1.00	0.042	154.44	27.88	0.30	19.28
1+440	9.40	938.96	2690.20	34.56	5.00	29.56	1.099	48.44	55.26	0.35	50.45
2+770	1.06	105.84	2124.50	25.00	5.00	20.00	0.941	42.87	59.56	0.35	6.13
3+900	7.80	780.01	2623.90	15.11	15.00	0.11	0.004	405.49	11.82	0.30	7.68
5+240	0.23	22.98	522.80	24.88	20.00	4.88	0.933	14.61	102.80	0.35	2.30
6+390	0.62	61.58	744.30	29.93	29.83	0.10	0.013	98.15	35.86	0.30	1.84
7+320	0.29	29.26	88.30	35.00	34.95	0.05	0.057	10.93	116.11	0.30	2.83
8+430	0.23	23.06	188.30	25.52	25.50	0.02	0.011	37.29	64.86	0.30	1.25
9+000	1.21	121.04	1440.20	45.70	30.00	15.70	1.090	30.03	74.05	0.35	8.71
9+700	0.07	7.20	1440.20	45.71	45.62	0.09	0.006	219.09	20.43	0.30	0.12
10+170	3.96	396.14	1440.20	45.71	45.62	0.09	0.006	219.09	20.43	0.30	6.74

4.2.4. Determinación de los caudales totales tributados a las alcantarillas.

Finalmente se obtienen los caudales probables acumulados, tributados tanto por la calzada como por las subcuencas hidrográficas, para el rediseño del sistema de drenaje vial. Considerando los datos de la *Tabla 27 y 28* se obtiene lo siguiente:

Tabla 29

Caudales probables totales a los puntos de descarga calculados para un $Tr=25$ años

PUNTO DE DRENAJE	ABSCISA DE DESCARGA	CAUDAL PROBABLE
		TOTAL (m ³ /s)
1	0+460	19.42
2	0+880	0.09
3	1+440	50.66
4	2+120	0.17
5	2+770	6.40
6	3+900	7.84
7	4+280	0.19
8	5+240	2.50
9	6+390	2.00
10	6+840	0.15
11	7+320	2.93
12	7+500	0.19
13	8+430	1.41
14	9+000	8.89
15	9+700	0.24
16	10+170	6.90

En la *Tabla 29* se observa que las abscisas de mayor caudal son: (a) 1+440 con 50.66 m³/s y (b) 0+460 con 19.42 m³/s, mientras que las de menor caudal es la abscisa 0+880 con 0.09 m³/s

Es importante aclarar que, en la abscisa **8+430** existe la construcción de un Badén, especificado en la *Tabla 8* y mostrado en la *Figura 30*, por esta razón, no se realizará el diseño de una alcantarilla, pues ya existe un sistema de drenaje transversal, encontrándose en un estado óptimo para su buen funcionamiento.

4.3. RESULTADOS DEL O.E.3.: REDISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS – SALANGUILLO

4.3.1. Reconocimiento y evaluación del sistema de drenaje vial existente.

Debido a la existencia de un sistema de drenaje vial es fundamental realizar un análisis minucioso hidráulico y estructural a cada una de las alcantarillas que se encuentran en funcionamiento, verificando así, que su diseño gestiona eficientemente el flujo de agua tanto de los cauces naturales como de la propia calzada hacia los puntos de drenaje especificados.

Por lo tanto, con inspección en sitio y estudios hidráulicos detallados, es posible determinar con precisión qué alcantarillas se pueden mantener en su condición actual y qué alcantarillas requieren una intervención significativa, ya sea ampliando sus parámetros hidráulicos, reparaciones estructurales, reemplazo o cierre.

Este método asegura que el agua fluya bien con los cambios topográficos e hidrológicos de la zona, asegurando que su funcionamiento se pueda adaptar al cambio climático.

4.3.2. Inspección de las estructuras de drenaje transversal.

En la revisión in situ del sistema de drenaje vial, se observó que existe una alcantarilla ducto cajón y cuatro alcantarillas circulares, todas de hormigón armado, presentes en los 5 primeros kilómetros de la vía en estudio, la cual une la comuna San Marcos con la comuna Manantial de Guangala.

A manera de apreciación, existe un Puente Bailey en la abscisa 4+880, cuyo estado se encuentra en óptimas condiciones. De igual forma, también se mencionó la existente de un Badén en la abscisa 8+430 en un estado aceptable, el cual se aprecia en la *Figura 30*.

Esta revisión permitió identificar las alcantarillas que necesitan ser mejoradas o reemplazadas, y se plantearon propuestas para optimizar su

funcionamiento. El objetivo es asegurar que el sistema de drenaje opere de manera más eficiente, adaptando la vía tanto a las necesidades actuales como a las futuras.

Por esta razón, de las cinco alcantarillas existentes, tres de ellas requieren una reconstrucción, debido a que deben captar los cauces naturales de las subcuencas y el agua lluvia que fluye por la calzada; mientras que las dos restantes solo se requiere una rehabilitación, pues encauzan netamente los fluidos que circulan por la carretera.

A continuación, se muestra el estado actual de las alcantarillas existentes:

4.3.2.1. Alcantarilla ducto cajón en la abscisa 0+460 (Reconstrucción)

Figura 53

Alcantarilla tipo ducto cajón de hormigón armado



Nota. Tiene un ancho de 3.20 m., altura de 1.25 m y una longitud de 14.50 m., a pesar de que cumple con las normativas del MTOP, su condición actual no es la adecuada pues presenta maleza, erosión en el suelo y corrosión en las varillas debido a su exposición a la intemperie.

4.3.2.2. Alcantarilla circular en la abscisa 0+800 (Rehabilitación)

Figura 54

Alcantarilla tubular de hormigón armado



4.3.2.3. Alcantarilla circular en la abscisa 1+440 (Reconstrucción)

Figura 55

Alcantarilla tubular de hormigón armado



4.3.2.4. Alcantarilla circular en la abscisa 2+770 (Reconstrucción)

Figura 56

Alcantarilla tubular de hormigón armado



4.3.2.5. Alcantarilla circular en la abscisa 4+280 (Rehabilitación)

Figura 57

Alcantarilla tubular de hormigón armado



Las cuatro alcantarillas circulares de hormigón presentan un diámetro de 0.90 m. La alcantarilla de la abscisa 0+800 tiene una longitud de 14.50 m., mientras que las restantes (abscisas: 1+440; 2+770; 4+280) poseen en su diseño una longitud de 11.20 m.

Por las fotografías expuestas, las condiciones actuales del drenaje transversal no es el adecuado, debido a la maleza existente, erosión del suelo y corrosión que se observa en las varillas expuestas a la intemperie.

4.3.3. Requerimiento para las mejoras en el sistema de drenaje transversal.

Con lo expuesto en las secciones anteriores, se presenta una tabla con los requerimientos necesarios para mejorar el sistema de drenaje existente en la vía San Marcos – Salanguillo, especificando si se requiere una rehabilitación, reconstrucción o diseño en las alcantarillas.

Tabla 30

Requerimientos para el mejoramiento del sistema de drenaje vial

PUNTO DE DRENAJE	ABSCISA DE DESCARGA	CAUDAL PROBABLE TOTAL (m³/s)	REQUERIMIENTO
1	0+460	19.42	Reconstrucción
2	0+880	0.09	Rehabilitación
3	1+440	50.66	Reconstrucción
4	2+120	0.17	Diseño
5	2+770	6.40	Reconstrucción
6	3+900	7.84	Diseño
7	4+280	0.19	Rehabilitación
8	5+240	2.50	Diseño
9	6+390	2.00	Diseño
10	6+840	0.15	Diseño
11	7+320	2.93	Diseño
12	7+500	0.19	Diseño
13	9+000	8.89	Diseño
14	9+700	0.24	Diseño
15	10+170	6.90	Diseño

Se concluye que el mejoramiento del sistema de drenaje vial requiere de 2 rehabilitaciones, 3 reconstrucciones y 10 diseños, resultando en un total de 15 alcantarillas en los 10.6 km de longitud que conforma la vía San Marcos – Salanguillo.

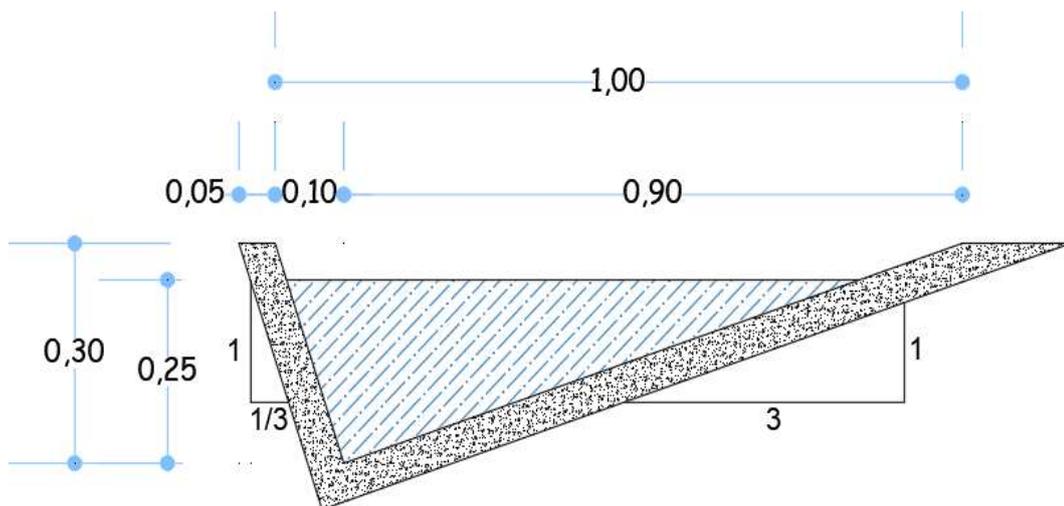
4.3.4. Diseño de cuneta para el tramo de vía comprendido entre las abscisas 8+600 y 10+600.

Tal como se indica en la *sección 3.6.11*, el diseño de cuneta será implementado en los últimos dos kilómetros de la vía en estudio, para ello, es escoge el máximo caudal parcial probable calculado en la *Tabla 27*, el cual es de $0.14 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondiente al tramo que conforman las abscisas 2+280 y 3+680, mismos que tienen una longitud de 1400 m y una pendiente longitudinal de 1.63%.

A continuación, se muestra el diseño de la sección de cuneta, que obedece a la normativa MTOP y cuyos cálculos se encuentran en la *sección 3.7.2*.

Figura 58

Diseño de cuneta para los dos kilómetros finales de la vía San Marcos – Salanguillo



En la siguiente tabla, se exponen los parámetros y cálculos hidráulicos para la sección de cuneta elegida:

Tabla 31*Parámetros generales para el diseño de cuneta*

PARÁMETROS DE DISEÑO			CÁLCULOS HIDRÁULICOS		
Coeficiente de Manning	0.012		Distancia B3	0.083	m
			Distancia B4	0.750	m
Tirante Hidráulico (d)	0.25	m	Área hidráulica (Ah)	0.104	m
			Perímetro mojado (Pm)	1.054	m
			Radio hidráulico (Rh)	0.10	m
Pendiente crítica (s)	1.63	%	Velocidad media (v)	2.27	m/s
			Caudal de diseño (Q_{dis})	0.24	m ³ /s

Se observa que, el tirante hidráulico representa un 85% de la capacidad de la cuenta, además, la velocidad media es de 2.27 m/s, representando una velocidad adecuada según el MTOP, el cual indica que valores por encima de los 4.50 m/s tienden a erosionar la cuneta de hormigón.

Finalmente, el caudal de diseño es de 0.24 m³/s, siendo este mayor al caudal probable de 0.14 m³/s, por tanto, el diseño de la cuenta es correcto, permitiendo un funcionamiento óptimo en el encauzamiento de las aguas lluvias.

4.3.5. Rehabilitación de alcantarillas circulares de hormigón.

Las alcantarillas circulares de hormigón que serán rehabilitadas se encuentran en las abscisas: 0+880 y 4+280. La finalidad es dejar las secciones hidráulicas originales, mejorando la estructura interna con refuerzos de acero y lechadas de hormigón, además de limpiar las zonas cercanas a dichas alcantarillas para evitar su taponamiento.

En la *sección 4.3.2.2. y 4.3.2.5.* observamos el estado actual de las alcantarillas mencionadas, en condiciones regulares, ambas con un diámetro de 0.90 m. A continuación, en la *Tabla 32* se establecen los cálculos correspondientes para verificar que el diámetro estimado cumple con los caudales probables totales calculados.

Tabla 32

Cálculos hidráulicos para la verificación de las alcantarillas circulares de hormigón que serán rehabilitadas

ABSCISA	CAUDAL PROBABLE TOTAL	DIAM. (D)	LONG. (L)	PEND. (S)	ÁREA HIDR. (Ah)	TIRANTE HIDR. (h)	VELOCIDAD DE DISEÑO	CAUDAL DE DISEÑO	COTAS DE ENTRADA			COTA RASANTE	COTAS DE SALIDA		
									INF.	SUP.	CONTROL (Hwe)		INF.	SUP.	CONTROL (Hws)
0+880	0.09	0.9	15	1	0.51	0.68	3.49	1.79	14.10	15.00	15.68	16.50	13.95	14.85	14.89
4+280	0.19	0.9	15	1	0.51	0.68	3.49	1.79	21.60	22.50	23.09	23.96	21.45	22.35	22.39

Se aprecia que, el diámetro establecido en las alcantarillas existentes es el adecuado para la circulación de los caudales probables totales calculados en el presente trabajo de investigación. Además, la velocidad de diseño de 3.49 m/s se encuentra por debajo del rango estimado, donde la velocidad máxima permitida recomendada para tuberías de hormigón armado es de 4.5 m/s y la no recomendada de 7.5 m/s.

4.3.6. Reconstrucción de alcantarillas circulares de hormigón.

Debido a la gran demanda de caudal en la alcantarilla de la abscisa 2+770, la cual tiene un diámetro existente de 0.9 m, es necesario reconstruirla, porque el caudal total estimado de 6.40 m³/s, determina que el diámetro no es el adecuado para abastecer dicho caudal.

A continuación, en la *Tabla 33* se muestran los nuevos cálculos hidráulicos para la reconstrucción de esta alcantarilla:

Tabla 33

Cálculos hidráulicos para la reconstrucción de la alcantarilla circular de hormigón

ABSCISA	CAUDAL PROBABLE TOTAL (m ³ /s)	DIAM. (D) (m)	LONG. (L) (m)	PEND. (S) (%)	ÁREA HIDR. (Ah) (m ²)	TIRANTE HIDR. (h) (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /s)	COTAS DE ENTRADA			COTA RASANTE (m.s.n.m.)	COTAS DE SALIDA		
									INF. (m.s.n.m.)	SUP. (m.s.n.m.)	CONTROL (Hwe) (m.s.n.m.)		INF. (m.s.n.m.)	SUP. (m.s.n.m.)	CONTROL (Hws) (m.s.n.m.)
2+770	6.40	1.5	15	1	1.42	1.13	4.91	6.98	16.31	17.81	19,09	19.31	16.16	17.66	17.89

Como se observa, el diámetro correcto para el caudal probable estimado es de 1.5 m con un caudal de diseño de 6.98 m³/s.

4.3.7. Diseño de alcantarillas circulares de hormigón.

En la siguiente tabla se presentan los cálculos hidráulicos para el diseño de las nuevas alcantarillas circulares de hormigón:

Tabla 34

Cálculos hidráulicos para el diseño de las nuevas alcantarillas circulares de hormigón

ABSCISA	CAUDAL PROBABLE TOTAL (m ³ /s)	DIAM. (D) (m)	LONG. (L) (m)	PEND. (S) (%)	ÁREA HIDR. (Ah) (m ²)	TIRANTE HIDR. (h) (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /s)	COTAS DE ENTRADA			COTA RASANTE (m.s.n.m.)	COTAS DE SALIDA		
									INF. (m.s.n.m.)	SUP. (m.s.n.m.)	CONTROL (Hwe) (m.s.n.m.)		INF. (m.s.n.m.)	SUP. (m.s.n.m.)	CONTROL (Hws) (m.s.n.m.)
2+120	0.17	0.9	15	1	0.51	0.68	3.49	1.79	16.49	17.39	17.98	18.89	16.34	17.24	17.28
5+240	2.50	1.2	15	1	0.91	0.90	4.23	3.85	30.30	31.50	32.58	33.00	30.15	31.35	31.68
6+390	2.00	1.2	15	1	0.91	0.90	4.23	3.85	34.07	35.27	36.35	36.77	33.92	35.12	35.45
6+840	0.15	0.9	15	1	0.51	0.68	3.49	1.79	35.86	36.76	37.35	38.26	35.71	36.61	36.65
7+320	2.93	1.2	15	1	0.91	0.90	4.23	3.85	37.64	38.84	39.92	40.34	37.49	38.69	39.02
7+500	0.19	0.9	15	1	0.51	0.68	3.49	1.79	37.81	38.71	39.30	40.21	37.66	38.56	38.60
9+700	0.24	0.9	15	1	0.51	0.68	3.49	1.79	44.46	45.36	45.95	46.86	44.31	45.21	45.25

En la *Tabla 34* se observa que, las abscisas 2+120, 6+840, 7+500 y 9+700 comparten un diámetro de 0.9 m con un caudal de diseño de 1.79 m³/s, siendo mayor a los caudales probables, además de tener una velocidad no erosiva con un valor de 3.49 m/s.

Por otro lado, las abscisas 5+240, 6+390 y 7+320 poseen en su diseño un diámetro de 1.2 m, caudal de 3.85 m³/s, y velocidad media de 4.23 m/s, cumpliendo con los parámetros requeridos para su correcto funcionamiento.

4.3.8. Reconstrucción de alcantarillas ducto cajón de hormigón.

Es necesario realizar una reconstrucción en las abscisas 0+460 y 1+440, ya que presentan altas demandas de caudales siendo estos de 19.42 m³/s y 50.66 m³/s, respectivamente. Otro motivo para su reconstrucción es que, son las dos alcantarillas con más daños en su estructura de hormigón armado. A continuación, en la *Tabla 35* se muestran los nuevos cálculos hidráulicos para las alcantarillas mencionadas:

Tabla 35

Cálculos hidráulicos para la reconstrucción de las alcantarillas ducto cajón de hormigón

ABSCISA	CAUDAL PROBABLE TOTAL	BASE (b)	ALT. (D)	CAJONES	L	S	TIRANTE HIDR. (y)	ÁREA MOJADA (Am)	VELOCIDAD DE DISEÑO	CAUDAL DE DISEÑO	COTAS DE ENTRADA			COTA RASANTE	COTAS DE SALIDA		
											INF.	SUP.	CONTROL (Hwe)		INF.	SUP.	CONTROL (Hws)
											(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)		(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)
0+460	19.42	3.0	1.8	1	15	1	1.35	4.05	6.63	26.87	11.35	13.15	15.49	16.15	11.20	13.00	13.49
1+440	50.66	3.0	1.8	2	15	1	1.35	4.05	6.63	53.74	12.50	14.30	16.64	17.30	12.35	14.15	14.64

Se determina que las secciones hidráulicas correctas para la alcantarilla en la abscisa 0+460 es un ducto cajón con base de 3.0 m y altura de 1.8 m siendo el caudal de diseño de 26.87 m³/s. Además, la cota rasante en sitio es de 14.65 m.s.n.m., pero debido a la altura de control de entrada es recomendable llegar a la cota de 16.15 m.s.n.m. para que el agua no sobrepase la superficie de la vía.

Por otro lado, la alcantarilla existente de la abscisa 1+440 tiene un diámetro de 0.9 m, que no es el adecuado, pues presenta la mayor demanda de caudal en este estudio y según los cálculos se necesita 2 cajones con base de 3.0 m (total 6.0 m) y altura de 1.8 m resultando tener una caudal de diseño de 53.74 m³/s. También, la cota rasante en sitio es de 15.80 m.s.n.m., pero debido a la altura de control de entrada es recomendable llegar a la cota de 17.30 m.s.n.m.

4.3.9. Diseño de alcantarillas ducto cajón de hormigón.

En la siguiente tabla se presentan los cálculos hidráulicos para el diseño de las nuevas alcantarillas ducto cajón de hormigón:

Tabla 36

Cálculos hidráulicos para el diseño de las nuevas alcantarillas ducto cajón de hormigón

ABSCISA	CAUDAL		ALT. (D)	CAJO NES	L	S	TIRANTE HIDR. (y)	ÁREA MOJA DA (Am)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /s)	COTAS DE ENTRADA			COTA RASANTE (m.s.n.m.)	COTAS DE SALIDA		
	PROBAB LE	BASE (b)									INF.	SUP.	CONTROL (Hwe)		INF.	SUP.	CONTROL (Hws)
	(m ³ /s)	(m)									(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)		(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)
3+900	7.84	2.2	1.2	1	15	1	0.9	1.98	5.21	10.32	21.16	22.36	23.80	23.86	21.01	22.21	22.60
9+000	8.89	2.2	1.2	1	15	1	0.9	1.98	5.21	10.32	38.69	39.89	41.33	41.39	38.54	39.74	40.13
10+170	6.90	2.2	1.2	1	15	1	0.9	1.98	5.21	10.32	44.16	45.36	46.80	46.86	44.01	45.21	45.60

En la *Tabla 36* se observa que, las abscisas 3+900; 9+000 y 10+170 comparten secciones hidráulicas iguales siendo estas de 2.2 m de base y 1.2 m de altura, además de tener un caudal de diseño de 10.32 m³/s y una velocidad media de 5.21 m/s.

Los planos detallados de cada alcantarilla se encuentran en la sección de anexos, apartado B.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Con la información recabada y el estudio realizado se concluye que es necesario realizar el mejoramiento del sistema de drenaje existente en la vía San Marcos – Salanguillo, mismo que deberá cumplir con las normativas técnicas ecuatorianas y representaría una medida para salvaguardar la estructura vial y sobre todo la seguridad de la comunidad local de posibles inundaciones.

Para el levantamiento topográfico se utilizaron puntos georreferenciados planimétrico – altimétrico y plano digitalizado con coordenadas UTM proporcionado por la PREFECTURA DE SANTA ELENA, incluyendo la geometría vial, que junto con el uso del software Global Mapper e Infracore se realizó el modelo digital de elevaciones. También se obtuvo información para la delimitación de 11 subcuencas aportantes, donde la cuenca de mayor área se encuentra en la abscisa 1+440 con un total de 939 has con una longitud de cauce natural de 2690 m y la de menor área con 7 has con una longitud de cauce natural de 1440 m. ubicada en la abscisa 9+700.

Del estudio hidrológico de las dos estaciones, Salanguillo (M0783) y Julcuy (M0169), se concluye que la estación de Julcuy tiene la ecuación pluviométrica de referencia idónea para la estimación y análisis de las intensidades de lluvia, pues representa duraciones de precipitaciones conforme a la zona, además de encontrarse actualmente vigente por el INAMHI. Las intensidades de lluvias para el cálculo de caudales varían en un rango de 70 a 200 mm / h.

Para el rediseño, se observó en campo que no existe un drenaje longitudinal (cuneta) a lo largo de toda la vía en ningún carril, sin embargo, en los últimos dos kilómetros de vía es necesario este diseño para evacuar y conducir de manera efectiva el flujo de agua hacia los puntos de drenaje principal. Se determinó que en estos 2 kilómetros de vía se requiere una cuneta de hormigón simple con sección triangular de base de 1 m y tirante hidráulico de 0.25 m para abastecer el caudal de 0.14 m³/s.

A lo largo de los 2 km donde se presenta un terreno ondulado, se encuentran tres puntos de drenaje principal, por lo tanto, existirán tres tramos de cunetas, de los cuales, el primer tramo empieza en la abscisa 8+590 a 9+700 con una longitud de 1.1 km y pendiente longitudinal de 0.64% cuyo caudal drena a la alcantarilla ubicada en la abscisa 9+000. El siguiente tramo empieza en la abscisa 9+700 a 10+170 con una longitud de 470 m y pendiente longitudinal de 1.22% cuyo caudal drena a la alcantarilla ubicada en la abscisa 9+700. Y el último tramo de cuneta empieza en la abscisa 10+170 a 10+600 con una longitud de 430 m y pendiente longitudinal de 4.41% cuyo caudal drena a la alcantarilla ubicada en la abscisa 10+170.

También se concluye que las condiciones actuales de las alcantarillas existentes son deficientes tanto en su estructuración como en sus secciones hidráulicas, por lo que, de las 5 alcantarillas existentes de hormigón armado, dos de ellas necesitan rehabilitaciones, las cuales se encuentran en las abscisas 0+880 y 4+280 con un diámetro de 0.9 m cada una, y las tres alcantarillas restantes ubicadas en las abscisas 0+460, 1+440 y 2+770 requieren de una reconstrucción, de las cuales, las dos primeras abscisas requieren una alcantarilla tipo ducto cajón con 3.0 m de ancho y 1.8 m de altura, con un total de 1 y 2 cajones respectivamente, y para la abscisa 2+770 se deberá construir una alcantarilla circular de hormigón armado de 1.50 m de diámetro.

Finalmente, se construirán 4 nuevas alcantarillas de hormigón armado en las abscisas 2+120, 6+840, 7+500 y 9+700 donde cada alcantarilla requiere una sección circular con diámetro de 0.90 m, además, se requieren 3 nuevas alcantarillas también de hormigón armado en las abscisas 5+240, 6+390 y 7+320 con sección circular de 1.2 m de diámetro. Y se construirán 3 nuevas alcantarillas tipo ducto cajón en las abscisas 3+900, 9+000 y 10+170 cuyas dimensiones son de 2.2 m de ancho y 1.2 m de altura para cada una.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar limpiezas periódicas por parte de las entidades encargadas o comunidad local, evitando así el taponamiento y sedimentación de las alcantarillas, ya que en el sitio se observó maleza y desechos sólidos, los cuales son perjudiciales para el correcto funcionamiento del sistema de drenaje vial.

Segundo, se recomienda el uso de tecnologías de levantamiento topográfico avanzadas como la fotogrametría o el levantamiento con RTK, para mejorar la precisión y eficiencia del levantamiento topográfico. Además, es importante actualizar regularmente los datos topográficos para reflejar cambios en la superficie terrestre.

Tercero, se recomienda realizar los cálculos correspondientes con datos actualizados para tener un correcto diseño de alcantarillas, ya que, dentro de las características principales del área de estudio, se considera el análisis hidrológico e hidrográfico para determinar el caudal de agua a evacuar.

Cuatro, se recomienda que se construyan sumideros y subdrenes en puntos estratégicos evitando así la erosión y el riesgo de colapsos debido a la acumulación de sedimentos en el sistema de drenaje vial. Por otro lado, la implementación de disipadores de energía en las alcantarillas es recomendable para prevenir la erosión del terreno, dado que las velocidades de salida de la alcantarilla exceden los límites permitidos según el MTOP, que establece rangos de 2.10 a 2.70 m/s para suelos que van de grava a piedra.

BIBLIOGRAFÍA

- APC. (2019). *DISEÑO DE DRENAJE VIAL Y ALCANTARILLAS. Manual de Carreteras del Paraguay - Normativa de carreteras.* <https://normativadecarreteras.com/listing/disenio-drenaje-vial-alcantarillas-manual-carreteras-del-paraguay/>
- Aranda, J. Á., Beneyto, C., Sánchez-Juny, M., & Bladé, E. (2021). Efficient Design of Road Drainage Systems. *Water* 2021, Vol. 13, Page 1661, 13(12), 1661. <https://doi.org/10.3390/W13121661>
- Arbelaez García, V. (2022). *Manual de diseño y guía de cálculo de canales escalonados (disipadores de energía) para obras propuestas o existentes que se encuentren comprometidas por corrientes de agua, a fin de disminuir la energía en las zonas descarga y evitar socavación.* www.udea.edu.co
- Arias Gonzales, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). DISEÑO Y METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. In 593 *Digital Publisher CEIT* (Vol. 6, Issue 6). Research Gate. <https://www.researchgate.net/publication/352157132>
- Autodesk. (2024a). *Autodesk AutoCAD* 2025. <https://www.autodesk.com/mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Autodesk. (2024b). *Autodesk Civil 3D* 2025. *Civil 3D*. <https://www.autodesk.com/mx/products/civil-3d/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=CIV3D>
- Autodesk. (2024c). *Autodesk InfraWorks* 2025. <https://www.autodesk.com/mx/products/infraworks/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=IW360P>
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. In *Manual de Carreteras*. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>
- Bateman, A. (2007). *HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA*. www.gits.ws
- Blue Marble Geographics. (2024). *Global Mapper*. <https://www.bluemarblegeo.com/global-mapper/>
- Campos Meneses, L. R. (2016). *Drenaje en Carreteras*. <https://es.scribd.com/document/332243088/3-Drenaje-en-Carreteras>
- Carrion Daniel, & Orellana Christian. (2016). *ESTUDIO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA LA VÍA MOLLETURO-TRES MARÍAS-LA IBERIA, EN LA PROVINCIA DEL AZUAY*. <https://core.ac.uk/download/pdf/38670288.pdf>

- Chica Osorio, P. A. (2017). *Sincronización hidrológica e hidráulica en contexto no estacionario para el diseño de drenajes urbanos. Caso de estudio: Cuenca sanitaria sector Doce de Octubre*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62355>
- Chow, V. Te. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos De Canales Abiertos. Hidraulica de Canales Abiertos*.
https://books.google.com/books/about/Hidr%C3%A1ulica_de_canales_abiertos.html?hl=es&id=XnvUAAAACAAJ
- Civil Geeks. (n.d.). *Criterios para el diseño de Badenes*. Retrieved September 29, 2024, from <https://civilgeeks.com/2018/08/23/criterios-para-el-diseno-de-badenes/>
- Corapi, P., & Nuñez Neira, N. S. (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>
- Cruz Baque, A. C., & Sandoval Robles, N. L. (2023). *Diseño hidráulico para los sistemas de drenaje natural en la vía Baños de San Vicente - Sayá de 8 km de longitud ubicada en el cantón Santa Elena*.
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10588>
- Dávila, H. A., & Rivera, M. F. (2018). *PREDISEÑO DE UNA PRESA MULTIPROPÓSITO EN LA COMUNA FEBRES CORDERO, PARROQUIA COLONCHE, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA*.
- Del Rio Andres, & Forero Daniel. (2021). *ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO DE LA VÍA QUE CONDUCE DEL CORREGIMIENTO EL DOCE - AL CORREGIMIENTO BARRO BLANCO, ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE TARAZÁ, ANTIOQUIA*.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/754ceccf-339f-4cb4-8c4a-b4b825aa2fab/content>
- Empresa Publica UPSE. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.
- ESC GROUP. (2024). *Puente Bailey*. Descripción de Puente Baily.
<https://www.acerlum-esc.com/single-post/puente-bailey>
- Faneite, S. F. A. (2023). Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(8), 82–95.
<https://doi.org/10.53595/RLO.V3.I8.084>
- Franch, J., & Torrijo, J. (2013). *Permeabilidad de los suelos: concepto y determinación («in situ» y en laboratorio) - Estudios Geotécnicos*.
<https://estudiosgeotecnicos.info/index.php/permeabilidad-de-los-suelos/>
- Francisco, T. H. S., Menezes, O. V. C., Guedes, A. L. A., Maquera, G., Neto, D. C. V., Longo, O. C., Chinelli, C. K., & Soares, C. A. P. (2022). The Main Challenges for Improving Urban Drainage Systems from the Perspective of

Brazilian Professionals. *Infrastructures 2023, Vol. 8, Page 5, 8(1), 5.*
<https://doi.org/10.3390/INFRASTRUCTURES8010005>

García Ramírez, Y. (2019). *Cómo redactar una tesis en ingeniería civil.*

Gavilánez Luna, F. (2021). *Diseños y análisis estadísticos para experimentos agrícolas.*

https://books.google.com.ec/books/about/Dise%C3%B1os_y_an%C3%A1lisis_estad%C3%ADsticos_para.html?id=AGY4EAAAQBAJ&redir_esc=y

Gobierno de Morona Santiago. (2023). *PRIMER PUENTE BAILEY PARA LA COMUNIDAD CUSUIMI, CANTÓN MORONA.*

<https://moronasantiago.gob.ec/property/primer-puente-bailey-para-la-comunidad-cusuimi-canton-morona/>

González, A. G., Alvarez-Figueroa, P., Fuertes, M. G., & Aguirre-Mendoza, Z. (2017). Influencia de la cobertura vegetal en los coeficientes de escorrentía de la cuenca del río Catamayo, Ecuador. *CEDAMAZ*, 6(1).

<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/61>

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa, cualitativa y mixta.*

<http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>

HIDROAPRENDO. (2019). *CUENCAS.*

<https://hidrogeouis.blogspot.com/2019/03/cuencas.html?m=1>

IGM. (2012). *Proyecto de Generación de Geoinformación a Escala 1:25000 a nivel Nacional.*

https://www.geoportaligm.gob.ec/descargas_prueba/santa_elena.html

INAMHI. (2015). *DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN.*

INAMHI, INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO, SENPLADES, Ministerio de Defensa Nacional, & Ministerio de Agricultura, G. A. y P. (2012). *MEMORIA TÉCNICA CANTÓN SANTA ELENA PROYECTO: "GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25.000" CLIMA E HIDROLOGÍA.*

INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras.*

Marengo, H., Arreguín, F. I., & Romero, I. (2010). Evaluación de riesgos en proyectos hidráulicos de ingeniería. Incertidumbres y confiabilidad.

Tecnología y Ciencias Del Agua, 1(4), 5–35.
<https://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/69>

Mendoza Gómez, A. R., & Mendoza Orrala, D. J. (2023). *Evaluación y estudio hidráulico para los sistemas de drenaje existentes en la vía Sayá – El Azúcar de la provincia de Santa Elena.*

<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10586>

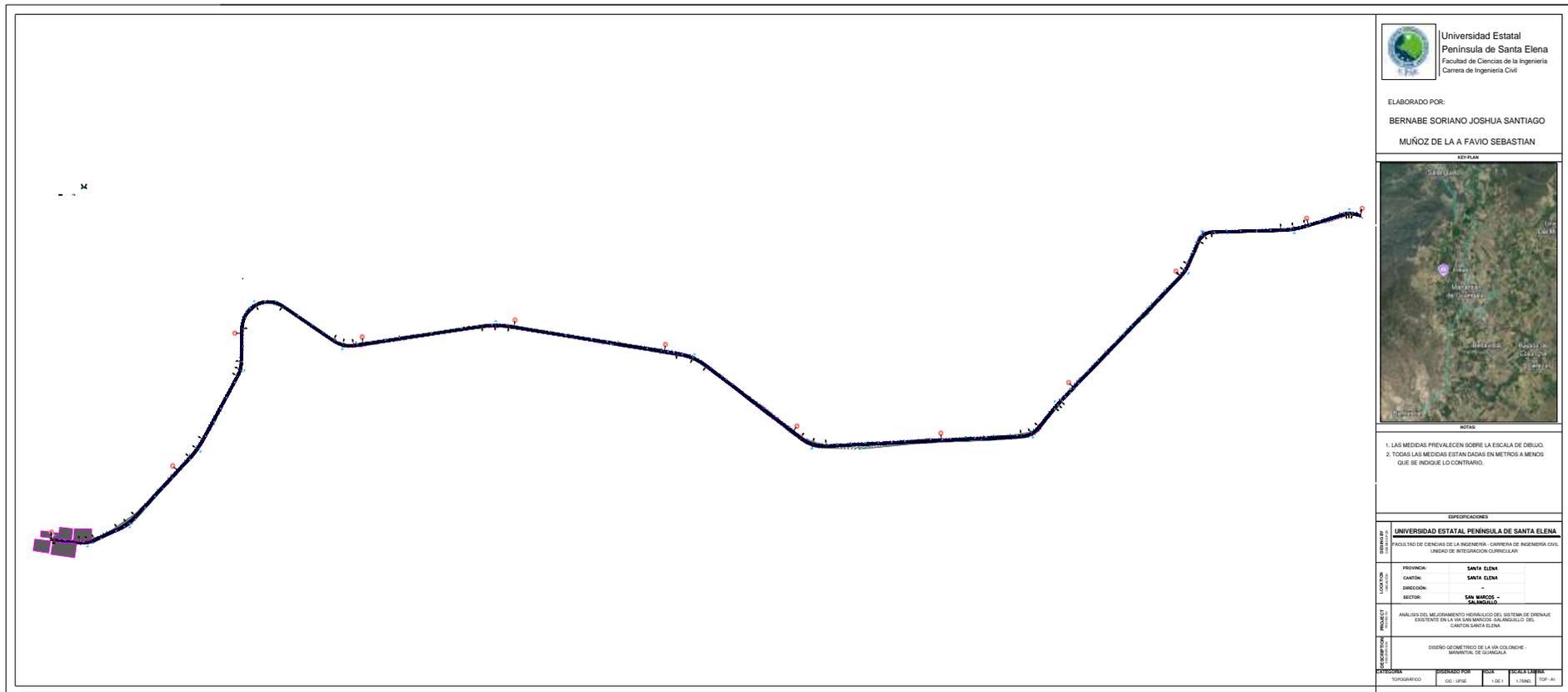
- Ministerio de Defensa Nacional, & SENPLADES. (2012). *MEMORIA TÉCNICA “GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1: 25 000” COMPONENTE 4: “SISTEMAS PRODUCTIVOS.”*
- Montaño Cañola, S., & Espinoza Correa, J. (2022). *METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE UN SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE EN VÍAS DE ESMERALDAS.*
<https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/257/441>
- MTOP. (2003). *NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO 2003.*
- ONU. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023 | Agenda 2030 en América Latina y el Caribe.* <https://agenda2030lac.org/es/node/3896>
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *¿QUÉ ES CUENCA HIDROLÓGICA?*
- Pérez Carmona, R. (2013). Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras. In *Nucl. Phys.* (Vol. 13, Issue 1). https://www.academia.edu/44942566/Diseño_y_Construcciones_de_Alcantarillados_Sanitario_Pluvial_y_Drenaje_en_Carreteras_Rafael_Pérez_Carmona
- Ponce, V. M. (2017). *Drenaje de carreteras - B, Manual de drenaje de carreteras.* https://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_b.html
- Ramón, M., Blanquer, G., & Manuel, J. (n.d.). *Métodos para la determinación del coeficiente de escorrentía (c).*
- Rodríguez Ruiz, P. (2008). *HIDRÁULICA DE CANALES.*
- Suárez Marín, C. (2019). *Una nueva espacialidad del agua: estrategias de diseño basadas en la gestión integral de aguas lluvias como generador de oportunidades urbanas: caso de la Comuna de Renca.* <https://doi.org/10.7764/TEISISUC/ARQ/26863>
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., Ortiz, L., & Araque Arellano, M. (2019). *Cuencas Hidrográficas.* <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19038>
- Vázquez Ramírez. (2012). *Curso Hidraulica: Propiedades geométricas de los canales.* <http://hidraulicaucentral.blogspot.com/2012/05/variables-y-fenomenos-hidraulicos.html>
- Velarde, L. (n.d.). *CUNETAS, ALCANTARILLAS TRANSVERSALES E IMBORNALES CUNETAS.* Retrieved August 27, 2024, from https://www.academia.edu/39349635/CUNETAS_ALCANTARILLAS_TRANSVERSALES_E_IMBORNALES_CUNETAS
- Vélez, J. J., Botero, B., Camilo, J., Politécnico, P., Jaime, C., Cadavid, I., & Aguirre, A. M. (2013). *DISEÑO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DE OBRAS DE INGENIERÍA PARA PROYECTOS VIALES.* <https://doi.org/10.13140/2.1.1689.6322>

- VIAS PUCP. (2021). *DRENAJE DE PAVIMENTOS EN CARRETERAS*.
<http://blog.pucp.edu.pe/blog/viaspucp/2021/06/02/drenaje-de-pavimentos-en-carreteras/>
- Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723–9762.
https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V7I4.7658
- Yu, L., & Gong, P. (2012). Google Earth as a virtual globe tool for Earth science applications at the global scale: progress and perspectives. *International Journal of Remote Sensing*, 33(12), 3966–3986.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2011.636081>
- Zhicay Lombaida, J. I. (2020). *Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo*.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18364>

ANEXOS

Apartado A

Anexo A-1. Diseño geométrico de la vía Colonche – Manantial de Guangala



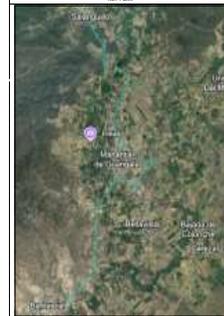
Universidad Estatal
Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:

BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO

MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN

REVISAR



NOTAS:

1. LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA - CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

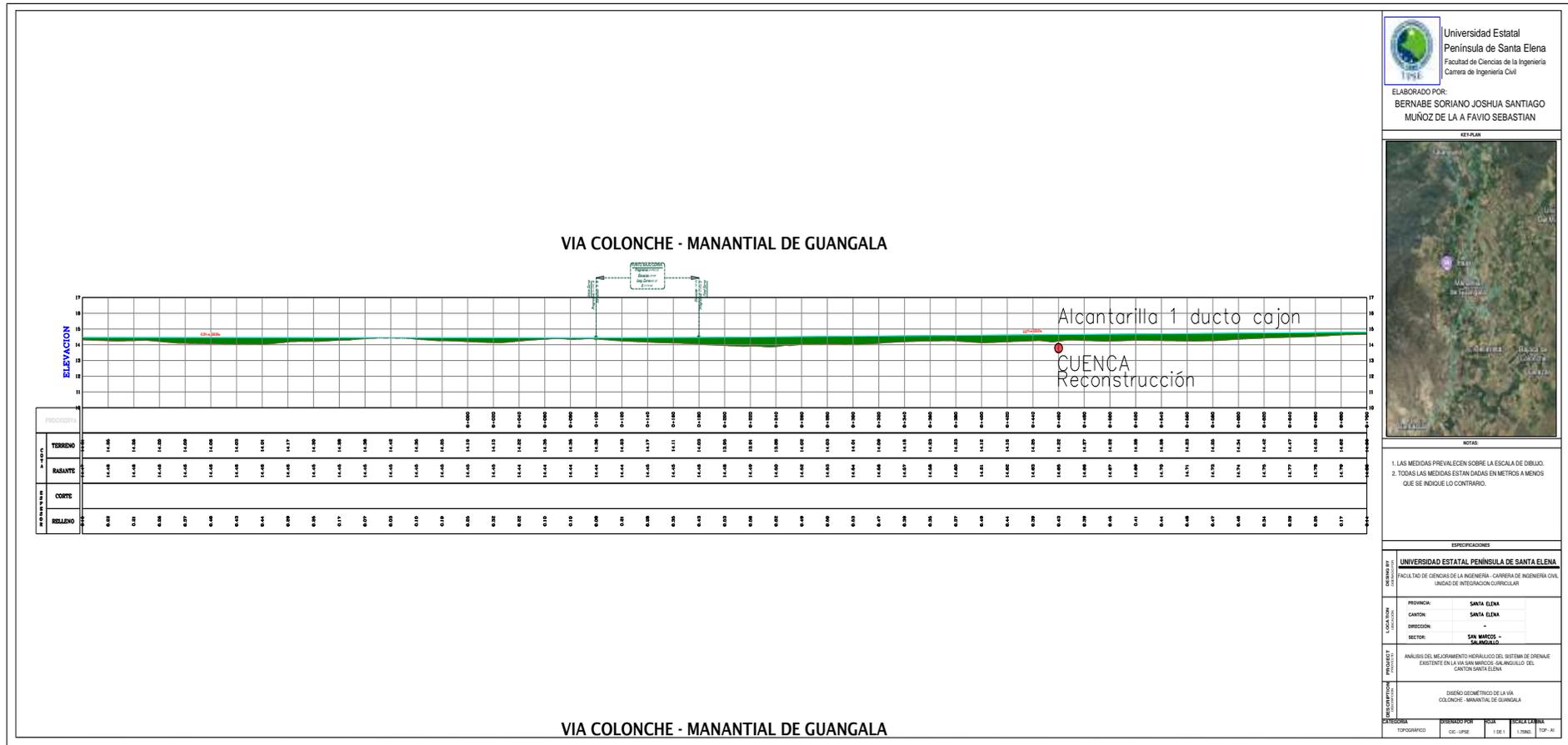
PROVINCIA: SANTA ELENA
CANTÓN: SANTA ELENA
DIRECCIÓN:
SECTOR: SAN MARCOS - SALAMULCO

ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO Y REDESARROLLO DEL SISTEMA DE DRENAJE
SISTEMAS EN LA VÍA SAN MARCOS - SALAMULCO DEL
CANTÓN SANTA ELENA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA COLONCHE -
MANANTIAL DE GUANGALA

ELABORADO POR: ESCALA: LÁMINA:
TOPOGRAFICO DE: UFSSE 1 DE 1 139ND TOP - 41

Anexo A-2. Guitarra del diseño geométrico en la vía Colonche – Manantial de Guangala de la abscisa 0+000 a 5+000





Universidad Estatal
Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN



NOTAS:

1. LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACION CURRICULAR

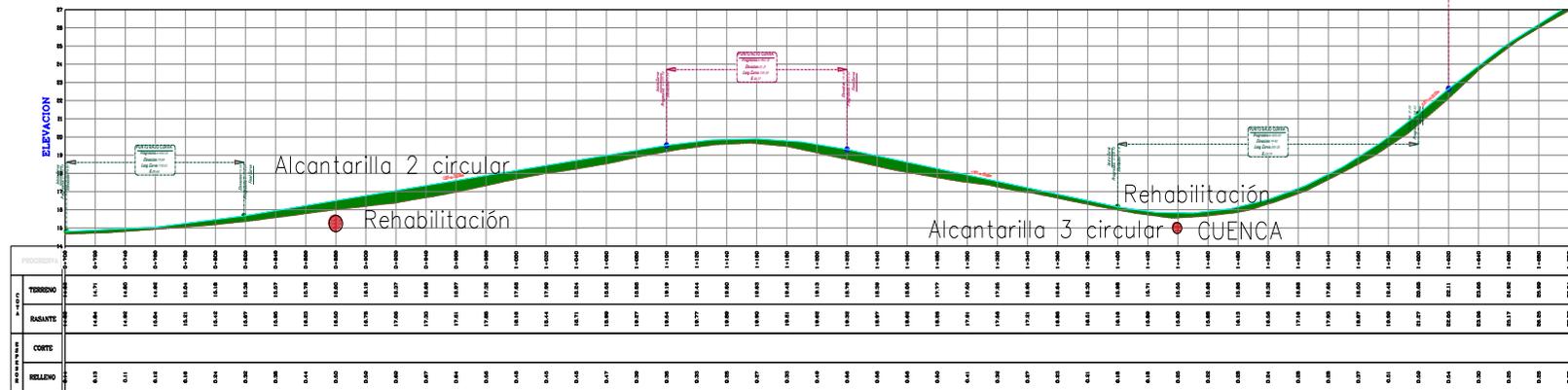
PROVINCIA: SANTA ELENA
CANTON: SANTA ELENA
SECTOR: SAN MARCOS - SALMOLLO

PROYECTO: ANALISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VIA SAN MARCOS-SALMOLLO DEL CANTON SANTA ELENA

DESCRIPCION: DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA COLONCHE- MANANTIAL DE GUANGALA

CATEGORIA	DISEÑADO POR	FECHA	ESCALA
TIPOGRAFICO	GC-UPSE	1 DE 1	1:5000, 1:50' - 1"

VIA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA



ESTACION	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	1+100	1+200	1+300	1+400	1+500	1+600	1+700
TERRENO	14.71	14.80	14.85	14.90	14.95	15.00	15.05	15.10	15.15	15.20	15.25	15.30	15.35	15.40	15.45	15.50	15.55	15.60
BASANTE	14.80	14.80	14.85	14.90	14.95	15.00	15.05	15.10	15.15	15.20	15.25	15.30	15.35	15.40	15.45	15.50	15.55	15.60
CORTE																		
RELIZNO	0.13	0.11	0.12	0.10	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02

VIA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA



1. LAS MEDIDAS PREVALECEN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES	
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR	UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR
PROVINCIA	SANTA ELENA
CANTON	SANTA ELENA
DIRECCION	-
SECTOR	SAN MARCOS - SAN ANDRÉS
ANALISIS DEL MEJORAMIENTO HORALUCCO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VIA SAN MARCOS - SAN ANDRÉS DEL CANTON SANTA ELENA.	
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VIA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA	
CATEGORIA	DISEÑADO POR
TOPOGRAFICO	CC - UPEL
	BOA
	ESCALA LINEA
	1:1
	1:2500
	TOP - A1



Universidad Estatal
Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

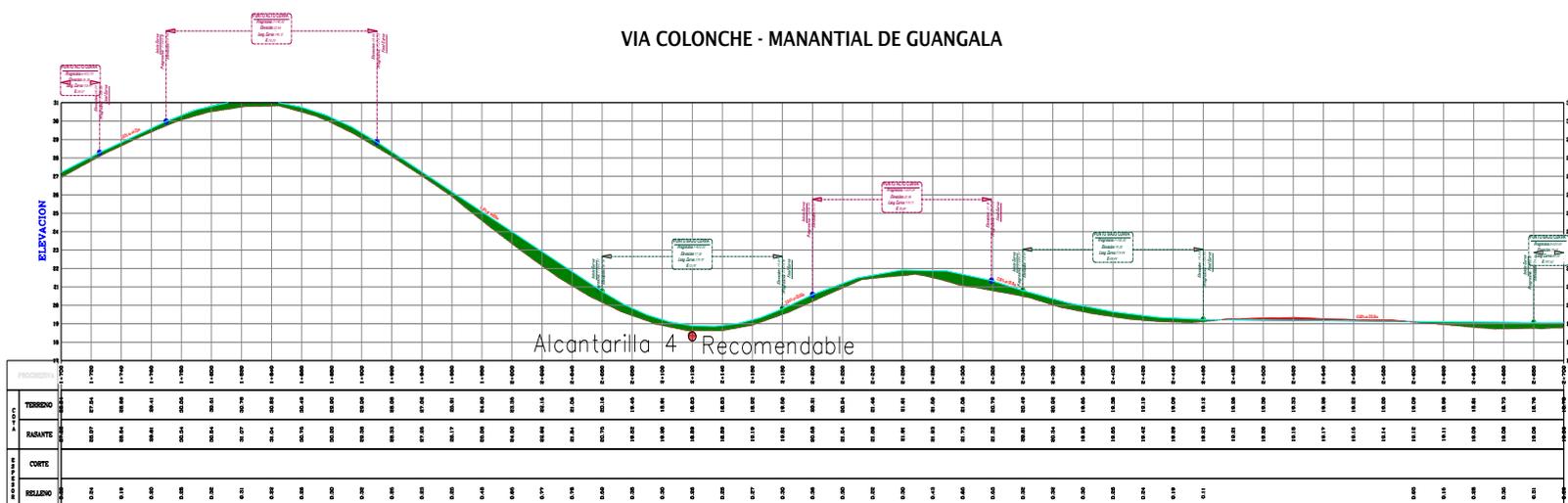
ELABORADO POR:
BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN

KEY PLAN



1. LAS MEDIDAS PREVALECN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

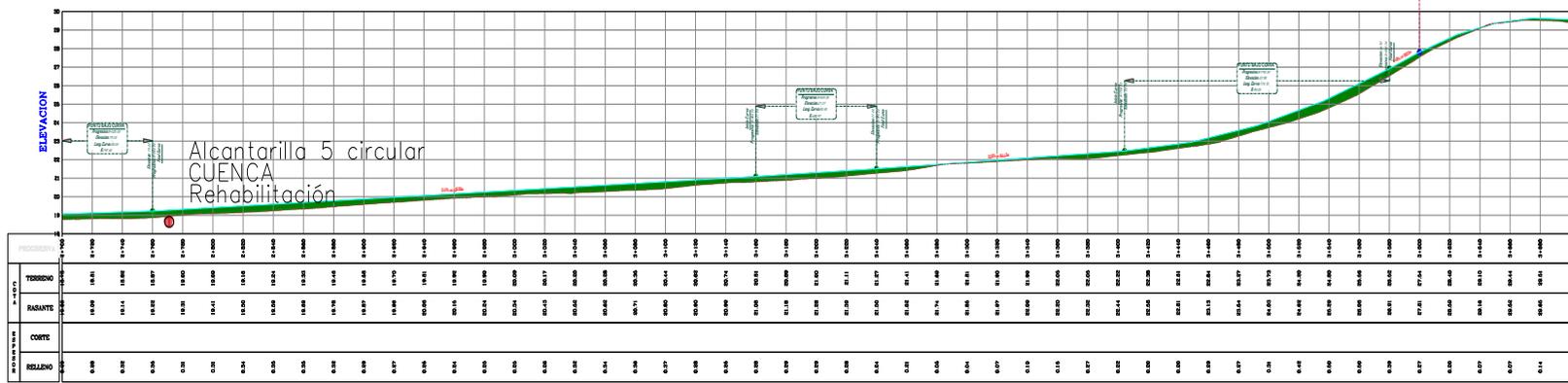
VIA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA



PROCESO	ESTACION	TERMINO	INCLINACION	CORTE	RELLENO
	0+000.00	0.00	0.00		
	0+050.00	0.00	0.00		
	0+100.00	0.00	0.00		
	0+150.00	0.00	0.00		
	0+200.00	0.00	0.00		
	0+250.00	0.00	0.00		
	0+300.00	0.00	0.00		
	0+350.00	0.00	0.00		
	0+400.00	0.00	0.00		
	0+450.00	0.00	0.00		
	0+500.00	0.00	0.00		
	0+550.00	0.00	0.00		
	0+600.00	0.00	0.00		
	0+650.00	0.00	0.00		
	0+700.00	0.00	0.00		
	0+750.00	0.00	0.00		
	0+800.00	0.00	0.00		
	0+850.00	0.00	0.00		
	0+900.00	0.00	0.00		
	0+950.00	0.00	0.00		
	1+000.00	0.00	0.00		
	1+050.00	0.00	0.00		
	1+100.00	0.00	0.00		
	1+150.00	0.00	0.00		
	1+200.00	0.00	0.00		
	1+250.00	0.00	0.00		
	1+300.00	0.00	0.00		
	1+350.00	0.00	0.00		
	1+400.00	0.00	0.00		
	1+450.00	0.00	0.00		
	1+500.00	0.00	0.00		
	1+550.00	0.00	0.00		
	1+600.00	0.00	0.00		
	1+650.00	0.00	0.00		
	1+700.00	0.00	0.00		
	1+750.00	0.00	0.00		
	1+800.00	0.00	0.00		
	1+850.00	0.00	0.00		
	1+900.00	0.00	0.00		
	1+950.00	0.00	0.00		
	2+000.00	0.00	0.00		
	2+050.00	0.00	0.00		
	2+100.00	0.00	0.00		
	2+150.00	0.00	0.00		
	2+200.00	0.00	0.00		
	2+250.00	0.00	0.00		
	2+300.00	0.00	0.00		
	2+350.00	0.00	0.00		
	2+400.00	0.00	0.00		
	2+450.00	0.00	0.00		
	2+500.00	0.00	0.00		
	2+550.00	0.00	0.00		
	2+600.00	0.00	0.00		
	2+650.00	0.00	0.00		
	2+700.00	0.00	0.00		
	2+750.00	0.00	0.00		
	2+800.00	0.00	0.00		
	2+850.00	0.00	0.00		
	2+900.00	0.00	0.00		
	2+950.00	0.00	0.00		
	3+000.00	0.00	0.00		
	3+050.00	0.00	0.00		
	3+100.00	0.00	0.00		
	3+150.00	0.00	0.00		
	3+200.00	0.00	0.00		
	3+250.00	0.00	0.00		
	3+300.00	0.00	0.00		
	3+350.00	0.00	0.00		
	3+400.00	0.00	0.00		
	3+450.00	0.00	0.00		
	3+500.00	0.00	0.00		
	3+550.00	0.00	0.00		
	3+600.00	0.00	0.00		
	3+650.00	0.00	0.00		
	3+700.00	0.00	0.00		
	3+750.00	0.00	0.00		
	3+800.00	0.00	0.00		
	3+850.00	0.00	0.00		
	3+900.00	0.00	0.00		
	3+950.00	0.00	0.00		
	4+000.00	0.00	0.00		

ESPECIFICACIONES	
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA
DEPARTAMENTO	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD	UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR
PROVINCIA	SANTA ELENA
CANTON	SANTA ELENA
DIRECCION	-
SECTOR	SAN MARCOS - SAN ANTONIO
PROYECTO	ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS - SAN ANTONIO DEL CANTÓN SANTA ELENA.
PROYECTO DE	DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA
ESCALA	ESCALA HORIZONTAL
ESCALA	ESCALA VERTICAL
ELABORADO POR	BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN
FECHA	1 DE 1
ESCALA	1:2000
TOP. #1	

VIA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA



ESTACION	PROFUNDIDAD	TIERRINO	BASEANTE	CORTE	RELLENO
0+000	0.00	18.81	18.81		0.00
0+050	0.00	18.84	18.84		0.00
0+100	0.00	18.87	18.87		0.00
0+150	0.00	18.90	18.90		0.00
0+200	0.00	18.94	18.94		0.00
0+250	0.00	18.98	18.98		0.00
0+300	0.00	19.02	19.02		0.00
0+350	0.00	19.06	19.06		0.00
0+400	0.00	19.10	19.10		0.00
0+450	0.00	19.14	19.14		0.00
0+500	0.00	19.18	19.18		0.00
0+550	0.00	19.22	19.22		0.00
0+600	0.00	19.26	19.26		0.00
0+650	0.00	19.30	19.30		0.00
0+700	0.00	19.34	19.34		0.00
0+750	0.00	19.38	19.38		0.00
0+800	0.00	19.42	19.42		0.00
0+850	0.00	19.46	19.46		0.00
0+900	0.00	19.50	19.50		0.00
0+950	0.00	19.54	19.54		0.00
1+000	0.00	19.58	19.58		0.00
1+050	0.00	19.62	19.62		0.00
1+100	0.00	19.66	19.66		0.00
1+150	0.00	19.70	19.70		0.00
1+200	0.00	19.74	19.74		0.00
1+250	0.00	19.78	19.78		0.00
1+300	0.00	19.82	19.82		0.00
1+350	0.00	19.86	19.86		0.00
1+400	0.00	19.90	19.90		0.00
1+450	0.00	19.94	19.94		0.00
1+500	0.00	19.98	19.98		0.00
1+550	0.00	20.02	20.02		0.00
1+600	0.00	20.06	20.06		0.00
1+650	0.00	20.10	20.10		0.00
1+700	0.00	20.14	20.14		0.00
1+750	0.00	20.18	20.18		0.00
1+800	0.00	20.22	20.22		0.00
1+850	0.00	20.26	20.26		0.00
1+900	0.00	20.30	20.30		0.00
1+950	0.00	20.34	20.34		0.00
2+000	0.00	20.38	20.38		0.00

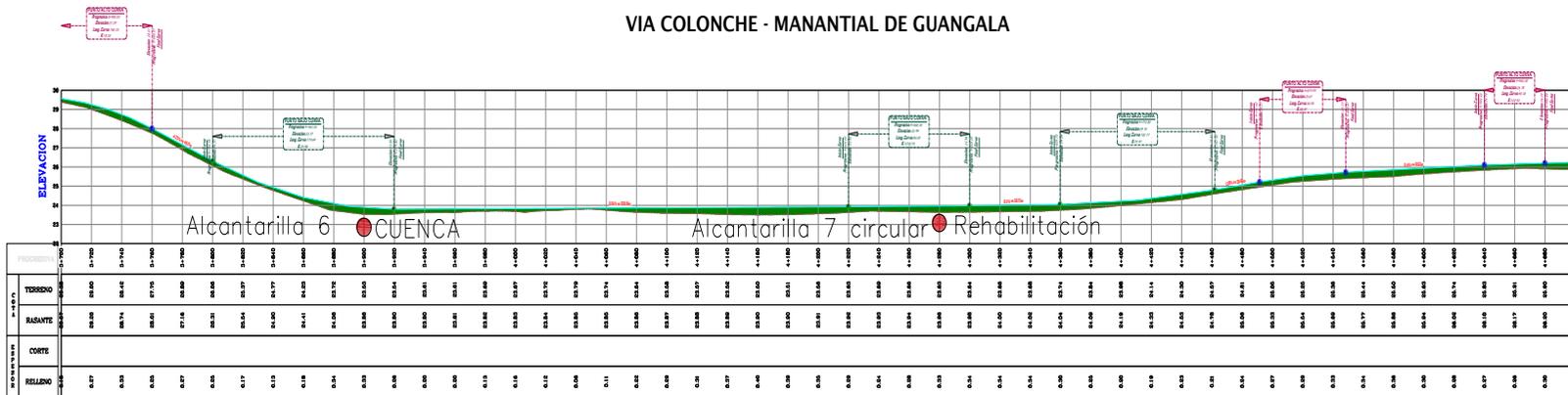
ELABORADO POR:
BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN



- NOTAS:
1. LAS MEDIDAS PREVALECEEN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
 2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES	
DESARROLLADO POR:	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
LOCACION:	PROVINCIA: SANTA ELENA CANTON: SANTA ELENA DIRECCION: - SECTOR: SAN MARCOS - SALANGALLO
PROYECTO:	ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS-SALANGALLO DEL CANTÓN SANTA ELENA
DESCRIPCIÓN:	DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA COLONCHE- MANANTIAL DE GUANGALA
ESCALA:	TOPOGRÁFICO: CC-UPSE 1:2000 DISEÑO: CC-UPSE 1:2000 SECCIONES: TOP-30

VIA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA



PROCESO	ESTACION	ELEVACION
TERMINO	0+000	2890
TERMINO	0+100	2880
TERMINO	0+200	2870
TERMINO	0+300	2860
TERMINO	0+400	2850
TERMINO	0+500	2840
TERMINO	0+600	2830
TERMINO	0+700	2820
TERMINO	0+800	2810
TERMINO	0+900	2800
TERMINO	1+000	2790
TERMINO	1+100	2780
TERMINO	1+200	2770
TERMINO	1+300	2760
TERMINO	1+400	2750
TERMINO	1+500	2740
TERMINO	1+600	2730
TERMINO	1+700	2720
TERMINO	1+800	2710
TERMINO	1+900	2700
TERMINO	2+000	2690
TERMINO	2+100	2680
TERMINO	2+200	2670
TERMINO	2+300	2660
TERMINO	2+400	2650
TERMINO	2+500	2640
TERMINO	2+600	2630
TERMINO	2+700	2620
TERMINO	2+800	2610
TERMINO	2+900	2600
TERMINO	3+000	2590
TERMINO	3+100	2580
TERMINO	3+200	2570
TERMINO	3+300	2560
TERMINO	3+400	2550
TERMINO	3+500	2540
TERMINO	3+600	2530
TERMINO	3+700	2520
TERMINO	3+800	2510
TERMINO	3+900	2500
TERMINO	4+000	2490
TERMINO	4+100	2480
TERMINO	4+200	2470
TERMINO	4+300	2460
TERMINO	4+400	2450
TERMINO	4+500	2440
TERMINO	4+600	2430
TERMINO	4+700	2420
TERMINO	4+800	2410
TERMINO	4+900	2400
TERMINO	5+000	2390
TERMINO	5+100	2380
TERMINO	5+200	2370
TERMINO	5+300	2360
TERMINO	5+400	2350
TERMINO	5+500	2340
TERMINO	5+600	2330
TERMINO	5+700	2320
TERMINO	5+800	2310
TERMINO	5+900	2300
TERMINO	6+000	2290
TERMINO	6+100	2280
TERMINO	6+200	2270
TERMINO	6+300	2260
TERMINO	6+400	2250
TERMINO	6+500	2240
TERMINO	6+600	2230
TERMINO	6+700	2220
TERMINO	6+800	2210
TERMINO	6+900	2200
TERMINO	7+000	2190
TERMINO	7+100	2180
TERMINO	7+200	2170
TERMINO	7+300	2160
TERMINO	7+400	2150
TERMINO	7+500	2140
TERMINO	7+600	2130
TERMINO	7+700	2120
TERMINO	7+800	2110
TERMINO	7+900	2100
TERMINO	8+000	2090
TERMINO	8+100	2080
TERMINO	8+200	2070
TERMINO	8+300	2060
TERMINO	8+400	2050
TERMINO	8+500	2040
TERMINO	8+600	2030
TERMINO	8+700	2020
TERMINO	8+800	2010
TERMINO	8+900	2000
TERMINO	9+000	1990
TERMINO	9+100	1980
TERMINO	9+200	1970
TERMINO	9+300	1960
TERMINO	9+400	1950
TERMINO	9+500	1940
TERMINO	9+600	1930
TERMINO	9+700	1920
TERMINO	9+800	1910
TERMINO	9+900	1900
TERMINO	10+000	1890



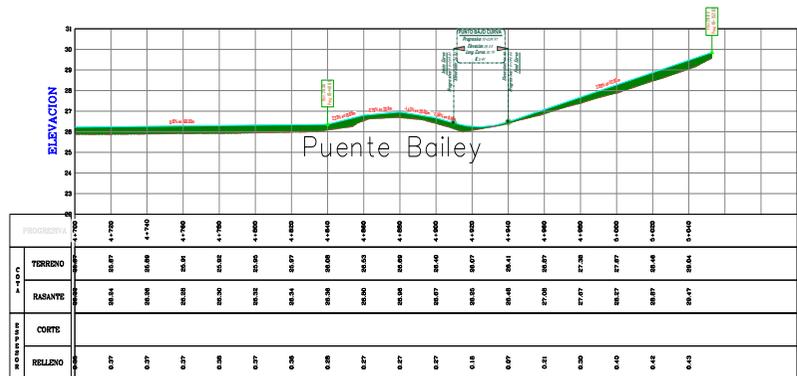
ELABORADO POR:
BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN



NOTAS:
1. LAS MEDIDAS PREVALECEN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES	
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD	UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR
PROVINCIA	SANTA ELENA
CANTON	SANTA ELENA
DIRECCION	-
SECTOR	SAN MARCOS - SALANGALLO
PROYECTO	ANALISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAGE EXISTENTE EN LA VIA SAN MARCOS SALANGALLO DEL CANTON SANTA ELENA
PROYECTO	DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA
CATEGORIA	TOPOGRAFICO
DISEÑADO POR	CE-UPSE
BOCA	1 DE 1
ESCALA TABLA	1:7500
TOP. A1	

VIA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA



Universidad Estatal
Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN

KEY PLAN



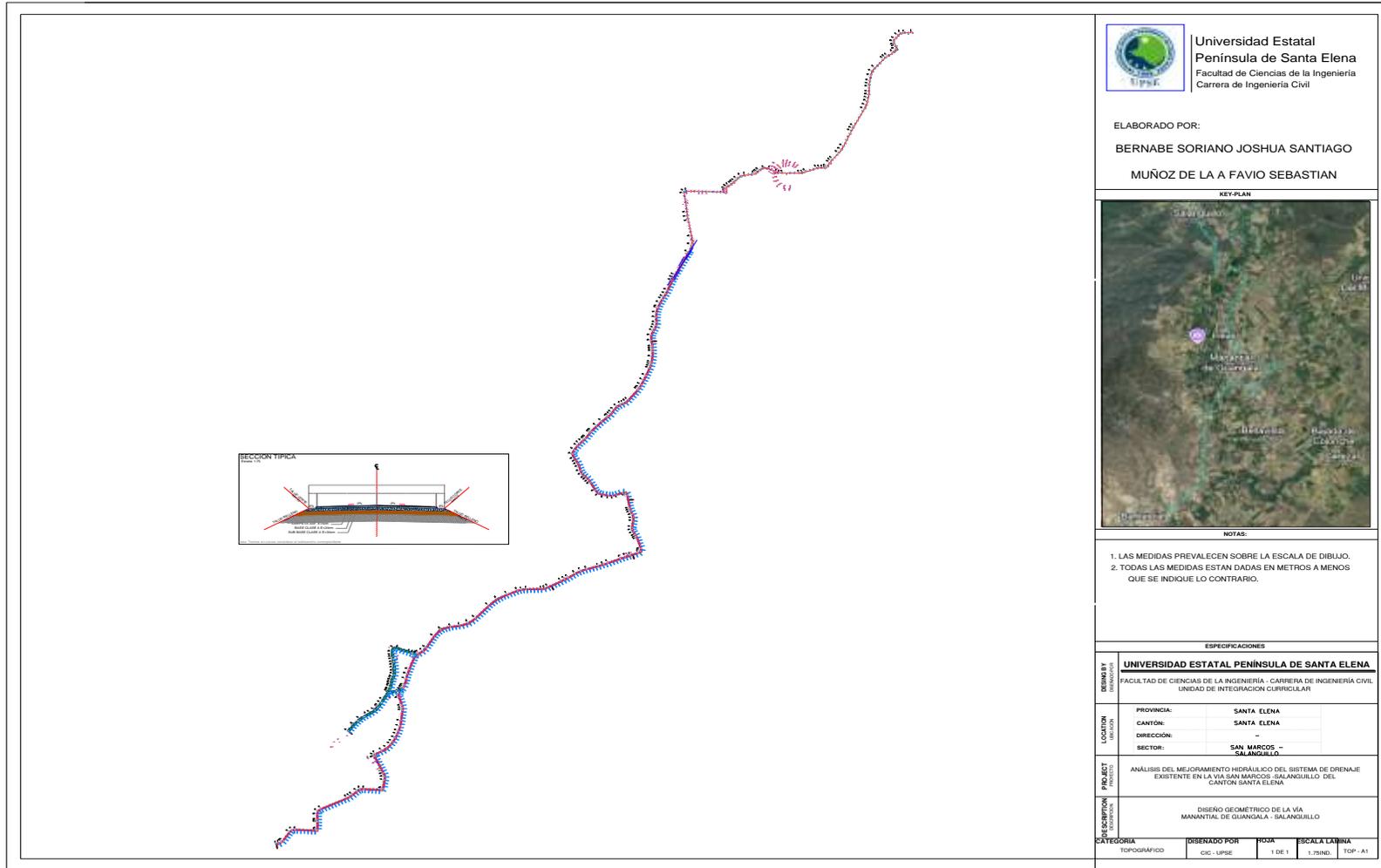
NOTAS:

1. LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

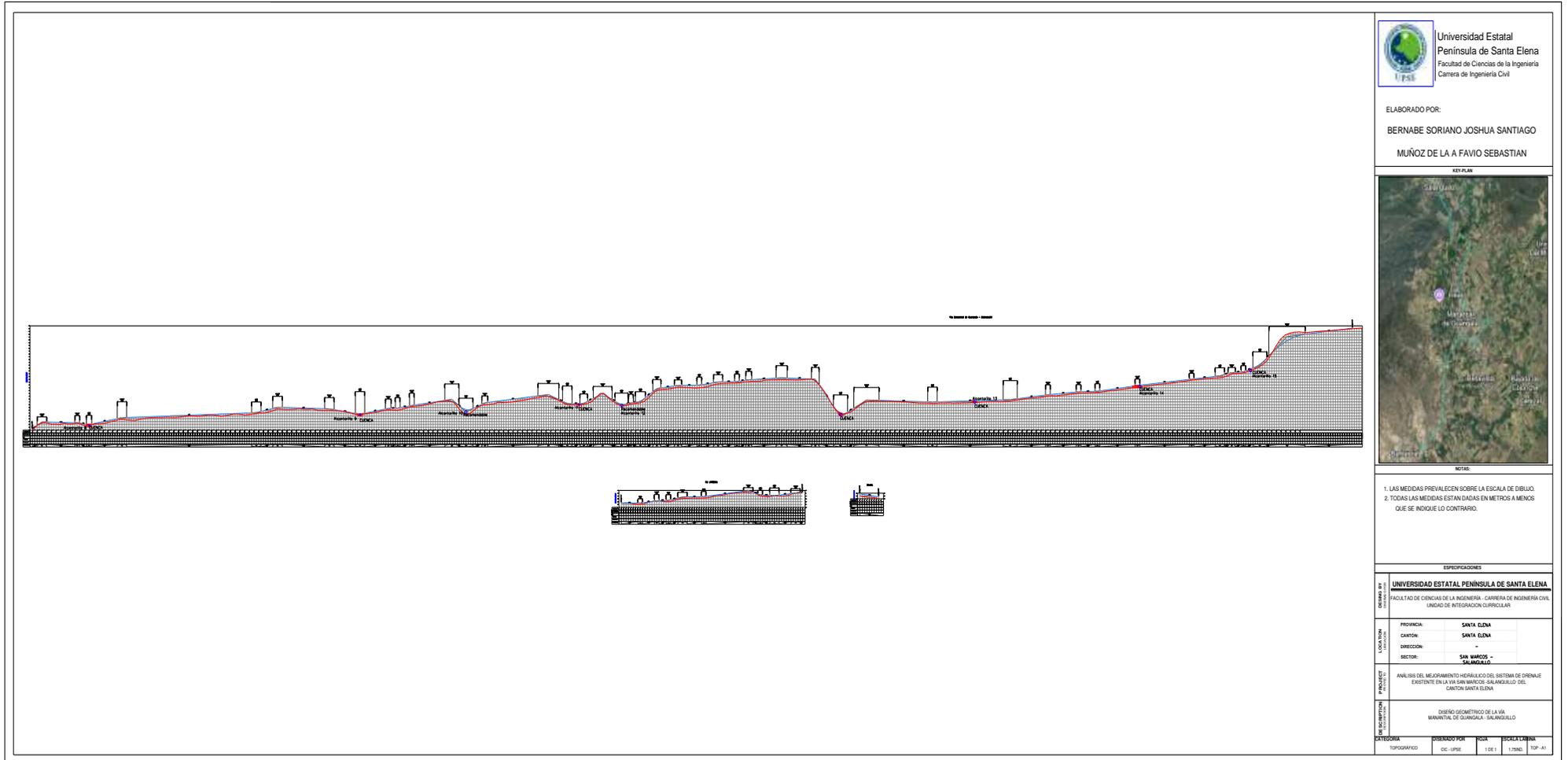
ESPECIFICACIONES

DISEÑO BY: UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR
LOCALIDAD: PROVINCIA: SANTA ELENA CANTÓN: SANTA ELENA DIRECCIÓN: SECTOR: SAN MARCOS - SALANGALLO
PROYECTO: ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS - SALANGALLO DEL CANTÓN SANTA ELENA
DESCRIPCIÓN: DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA COLONCHE - MANANTIAL DE GUANGALA
CATEGORÍA: TOPOGRÁFICO DISEÑADO POR: CIC - UPSE HOJA: 1 DE 1 ESCALA: 1:1 TÍTULO: TOP - A1

Anexo A-3. Diseño geométrico de la vía Manantial de Guangala – Salanguillo

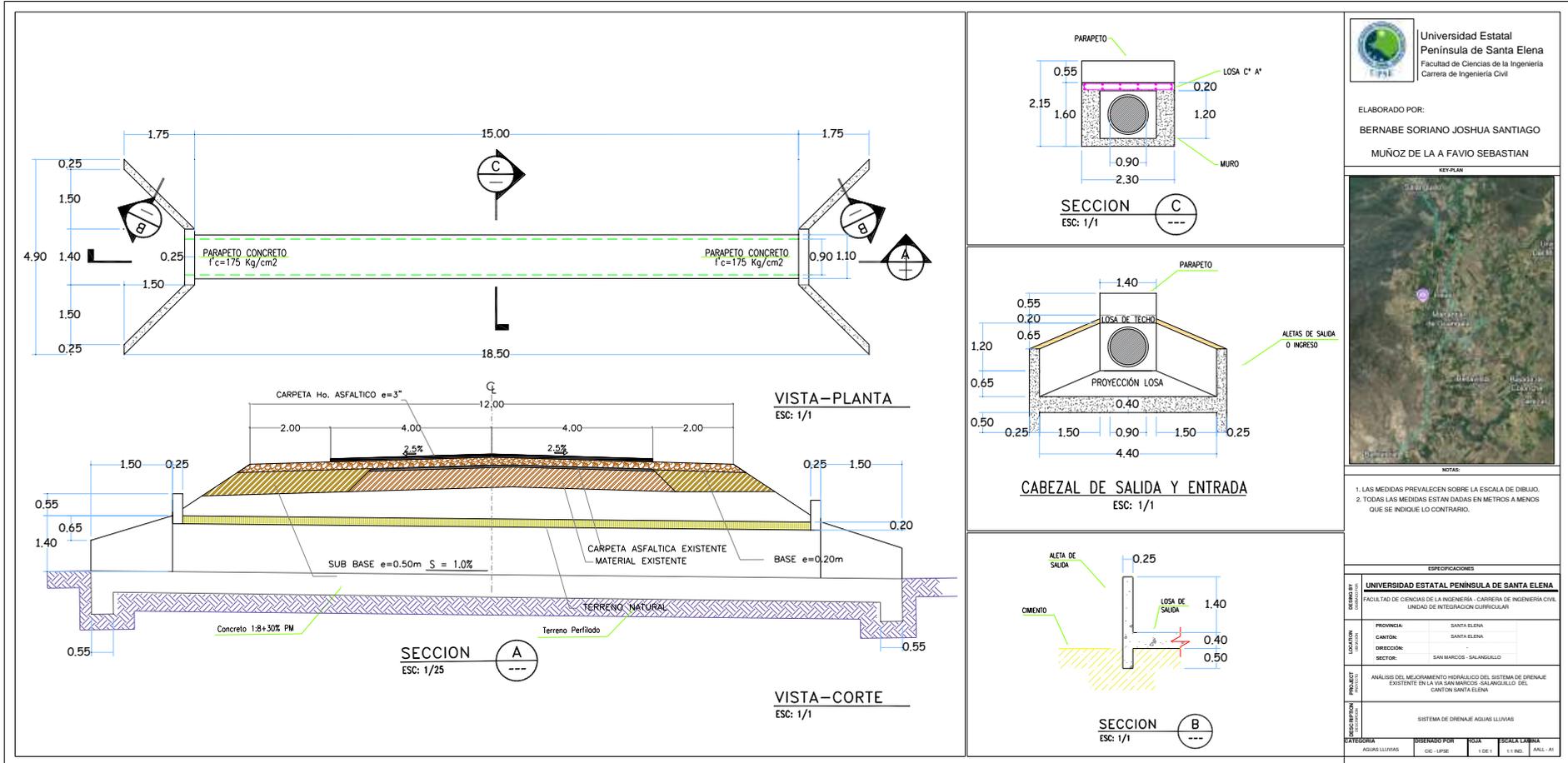


Anexo A-4. Guitarra del diseño geométrico en la vía Manantial de Guangala – Salanguillo de la abscisa 5+000 a 10+600



Apartado B

Anexo B-1. Especificaciones técnicas de la alcantarilla circular en las abscisas: 0+880; 4+280; 2+120; 6+840; 7+500; 9+700



Universidad Estatal
Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:

BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO

MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN

KEY-PLAN



NOTAS:

1. LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR

PROVINCIA: SANTA ELENA

CANTON: SANTA ELENA

DIRECCION: SALANGULLILLO

SECTOR: SAN MARCOS - SALANGULLILLO

ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS -SALANGULLILLO DEL CANTON SANTA ELENA

SISTEMA DE DRENAJE AGUAS LLUVIAS

CATEGORIA: AGUAS LLUVIAS

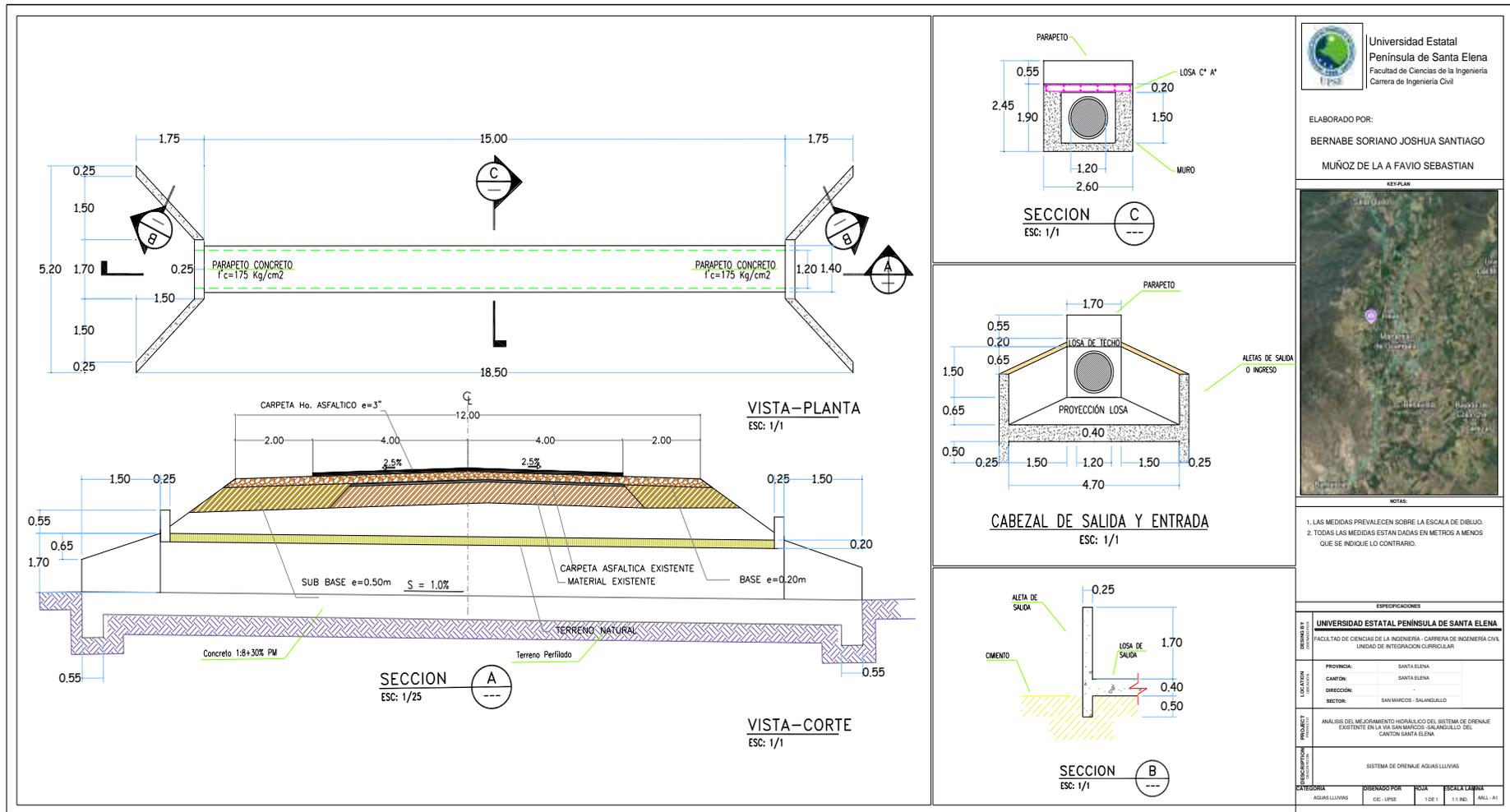
DISEÑADO POR: OCE - LUIS

FOJA: 1 DE 1

ESCALA LINDRIA: 1:1 IND.

ANIL: A1

Anexo B-2. Especificaciones técnicas de la alcantarilla circular en las abscisas: 5+240; 6+390; 7+320



Universidad Estatal
Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

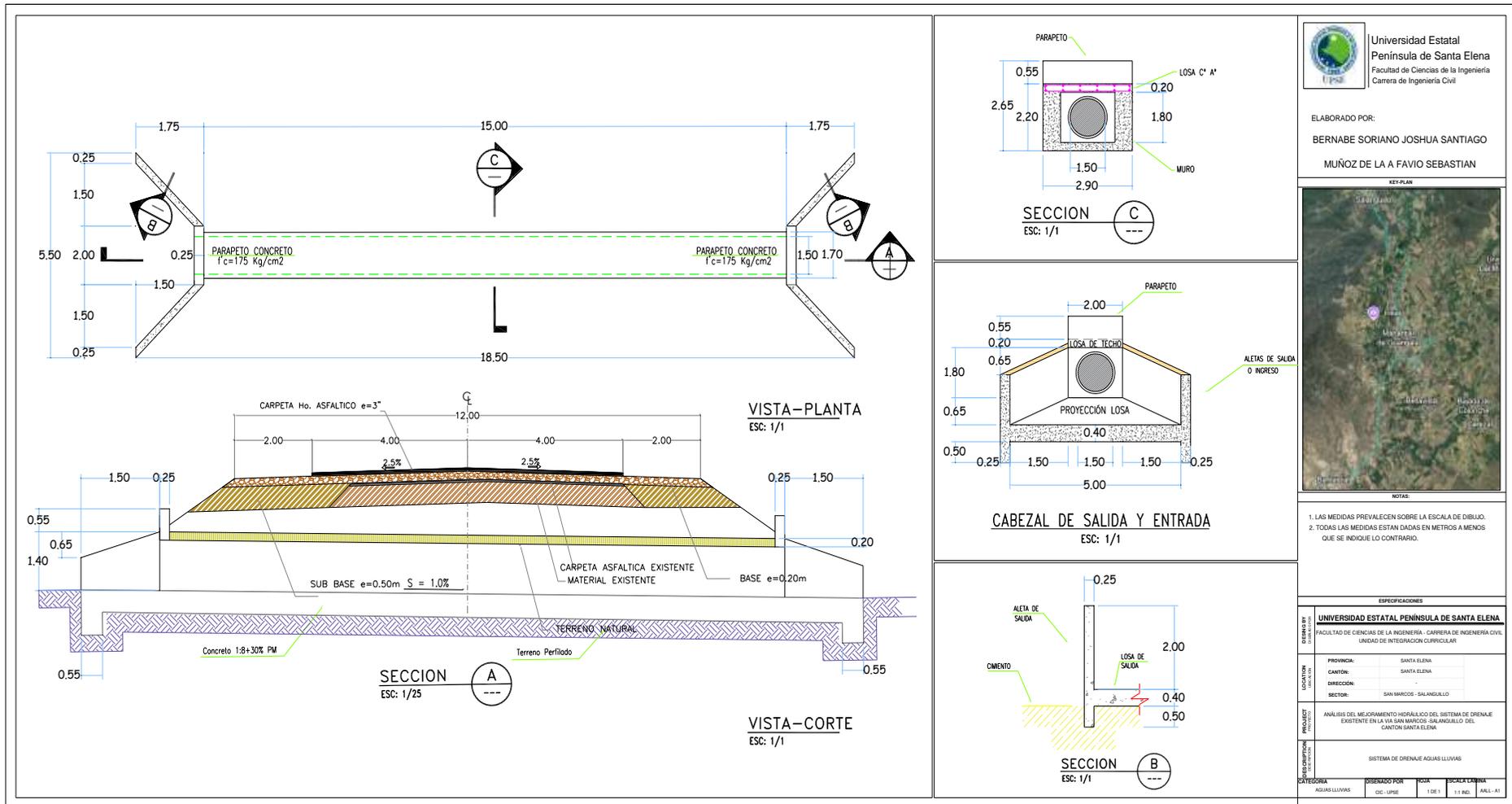
ELABORADO POR:
BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN



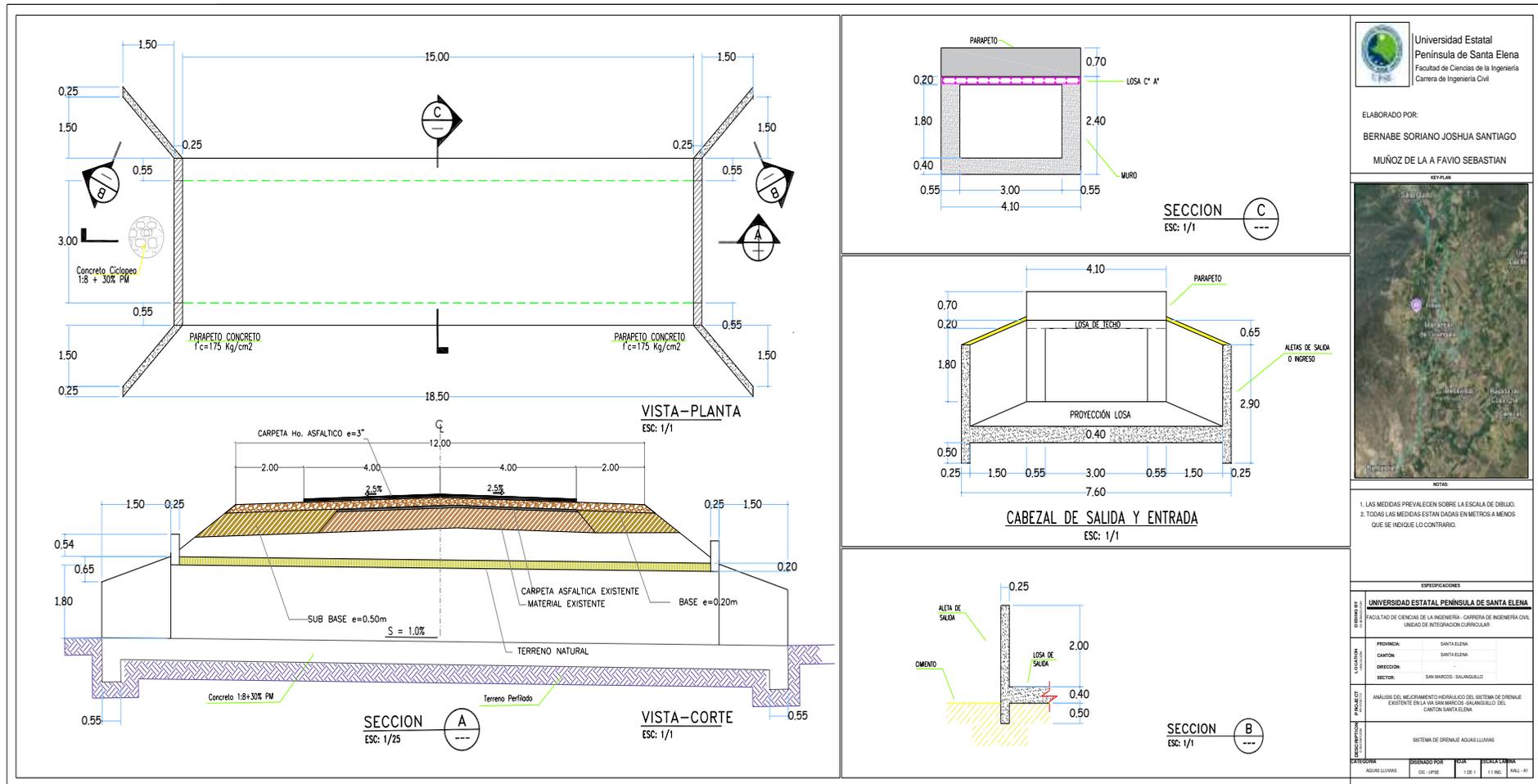
NOTAS:
1. LAS MEDIDAS PREVALECIEN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES			
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA		
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR		
PROVINCIA:	SANTA ELENA		
CANTON:	SANTA ELENA		
DIRECCION:	SAN MARCOS - SALANGUILLO		
SECTOR:	SAN MARCOS - SALANGUILLO		
ANALISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VIA SAN MARCOS - SALANGUILLO DEL CANTON SANTA ELENA	SISTEMA DE DRENAJE AGUAS LUVIAS		
CATEGORIA	AGUAS LUVIAS	DISENADO POR	CC-UPSE
ESCALA LAMINA	1:50	ESCALA TUBO	1:10
ANAL. AT			

Anexo B-3. Especificaciones técnicas de la alcantarilla circular en la abscisa: 2+770



Anexo B-4. Especificaciones técnicas de la alcantarilla ducto cajón en la abscisa: 0+460




 Universidad Estatal
 Península de Santa Elena
 Facultad de Ciencias de la Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
 BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
 MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN

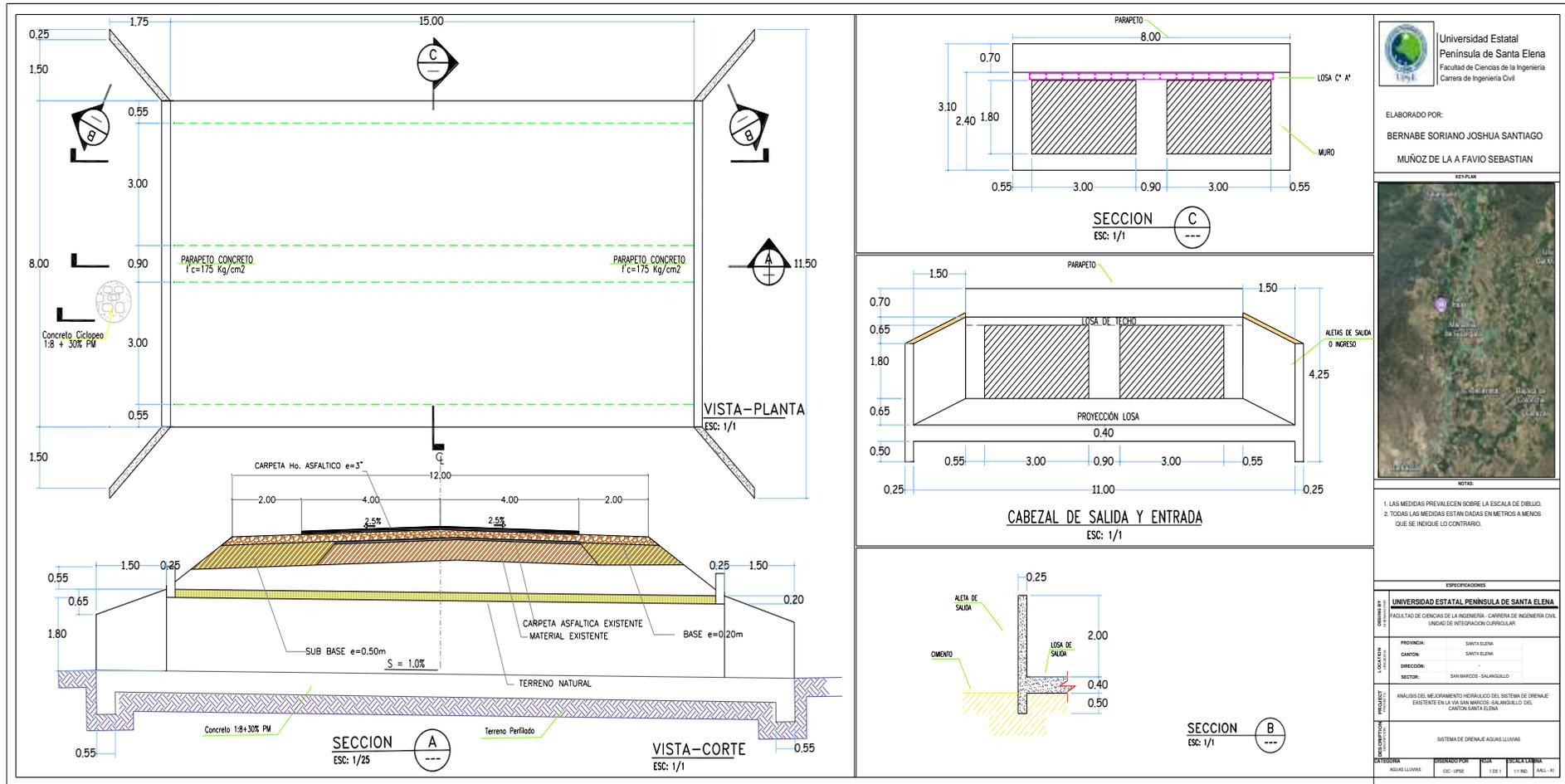
SECTPLAN

 METRO

1. LAS MEDIDAS PREVALECEEN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
 2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES	
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA
DEPARTAMENTO	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA, CARRERA DE INGENIERIA CIVIL, UNIDAD DE INVESTIGACION CURSICULAR
PROYECTO	ANALISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS - SALVAGUILLO DEL CANTON SANTA ELENA
PROYECTO	SISTEMA DE DRENAJE AGUAS LLUVIAS
CATEGORIA	AGUAS LLUVIAS
DESARROLLADO POR	OSY - UPSE
FECHA	1.06.21
ESCALA PLAN	1:100
FECHA PLAN	14.06.21

Anexo B-5. Especificaciones técnicas de la alcantarilla ducto cajón en la abscisa: 1+440



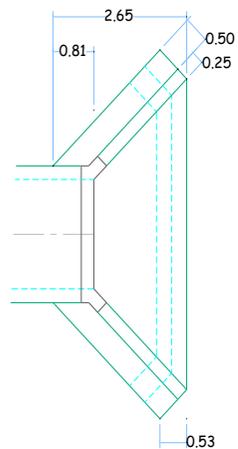
Universidad Estatal
Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN



- NOTAS:
1. LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
 2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES	
UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA	
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
UNIDAD DE INVESTIGACION CURRICULAR	
PROVINCIA: SANTA ELENA	
CANTON: SANTA ELENA	
DIRECCION:	
SECTOR: SAN VICENTE - SALASBUENO	
PROYECTO:	ANALISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VIA SAN VICENTE-SALASBUENO DEL CANTON SANTA ELENA
DESCRIPCION:	SISTEMA DE DRENAJE AGUAS LUVIAS
CATEGORIA:	
REVISADO POR:	
FECHA:	
ESCALA:	
HOJA:	
TOTAL:	
FECHA:	
HOJA:	
TOTAL:	

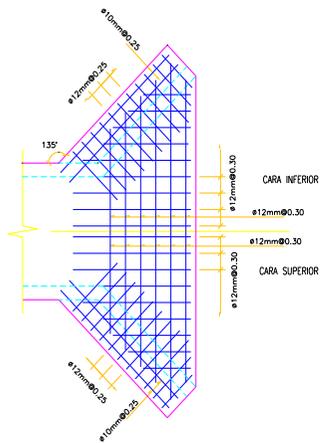


ESPECIFICACIONES TECNICAS

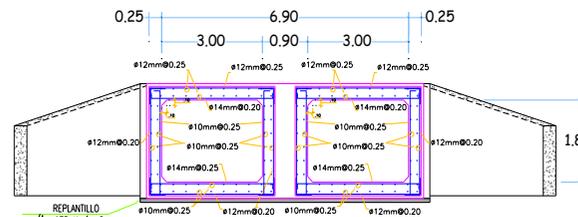
Concreto en alcantarilla	$f'c=210\text{kg/cm}^2$
Concreto para solado	$f'c=100\text{kg/cm}^2$
Acero de refuerzo	$f'y=4200\text{kg/cm}^2$
Recubrimiento: en losa:	superior: 5cm
	inferior: 4cm
	en zapata: 7.5cm
	en muros laterales: 5cm

Longitud de Traslapes

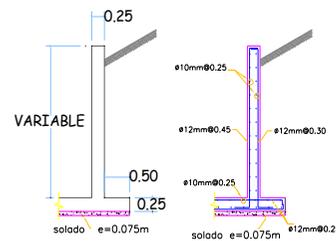
#	longitud
10mm	50cm
12mm	55cm



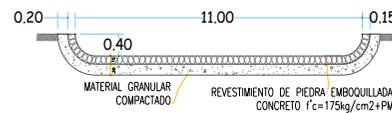
REFUERZO EN LOSA DE INGRESO Y SALIDA
ESC: 1/1



REFUERZO DE ALCANTARILLA DE CAJÓN
ESC: 1/1



REFUERZO DE MURO DE ALA
ESC: 1/1



EMPEDRADO A LA SALIDA DE LA ALCANTARILLA
ESC: 1/1



Universidad Estatal
Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

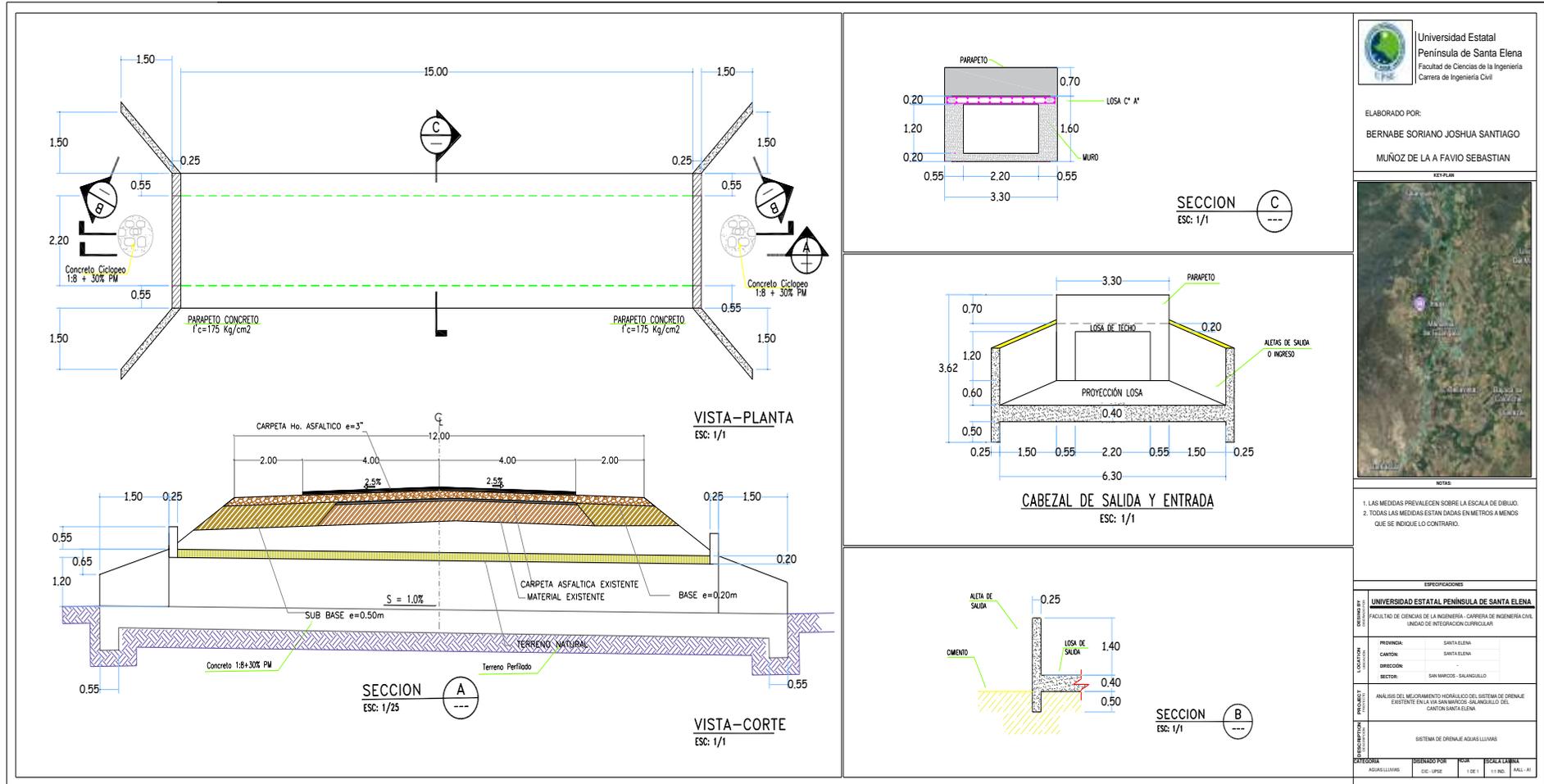
ELABORADO POR:
BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN



- NOTAS**
1. LAS MEDIDAS PREVALECEN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
 2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES			
INSTITUCION EDUCATIVA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA		
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR		
UBICACION	PROVINCIA:	SANTA ELENA	
	CANTON:	SANTA ELENA	
	DIRECCION:	SAN MARCOS - SALANGUILLO	
OBJETIVO	ANALISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VIA SAN MARCOS - SALANGUILLO DEL CANTON SANTA ELENA.		
	ESPECIFICACIONES DE HORMIGON ARMADO		
CATEGORIA	DISEÑADO POR	FECHA	ESCALA CARTEL
ESTRUCTURAL	ESC - UPSE	1 DE 1	1:3000 - EST - A1

Anexo B-6. Especificaciones técnicas de la alcantarilla ducto cajón en las abscisas: 3+900; 9+000; 10+170



Universidad Estatal
Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ELABORADO POR:
BERNABE SORIANO JOSHUA SANTIAGO
MUÑOZ DE LA A FAVIO SEBASTIAN



- NOTAS:
1. LAS MEDIDAS PREVALECN SOBRE LA ESCALA DE DIBUJO.
 2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

ESPECIFICACIONES

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR

PROVINCIA: SANTA ELENA
CANTON: SANTA ELENA
DIRECCION:
SECTOR: SAN MARCOS - SALANGUILLO

ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HORARIO DEL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE EN LA VÍA SAN MARCOS SALANGUILLO DEL CANTÓN SANTA ELENA.

SISTEMA DE DRENAJE AGUAS LUVIAS

TITULO: DISEÑO POR: HOJA: ESCALA: LA: NÚM.:
AGUAS LUVIAS CIE: UPSE 1 DE 1 11 RD. ADEL-11

