



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

“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”

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORAS:**

ANA CRISTINA CRUZ BAQUE  
NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES

**TUTOR:**

ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MsC.

**LA LIBERTAD, ECUADOR**

2023

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO HIDRÀULICO PARA LOS SISTEMAS DE DRENAJE EN LA  
VÌA BAÑOS DE SAN VICENTE - SAYÁ DE 8 KM DE LONGITUD  
UBICADA EN EL CANTÒN SANTA ELENA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORAS:**

**ANA CRISTINA CRUZ BAQUE**

**NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES**

**TUTOR:**

**ING. GUIDO MOISÈS ORTIZ SAFADI, MS.c**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2023**

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jonny Raúl Villao Borbor, MSc.  
**DIRECTOR DE CARRERA**



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, MSc  
**DOCENTE TUTOR**



Ing. Nestor Orrala Vera, MSc.  
**DOCENTE ESPECIALISTA**



Ing. Lucrecia Cristina Moreno  
**DOCENTE UIC**

## **DEDICATORIA**

"A mi madre, cuyo amor y sacrificio han sido la fuente inagotable de inspiración a lo largo de este arduo camino académico. A mi querida pareja, por su apoyo incondicional y aliento constante. A mis amigos, quienes han compartido risas y lágrimas, convirtiendo este viaje en una experiencia memorable.

***NATHALIE SANDOVAL***

A las generaciones actuales, porque ustedes son el cambio.

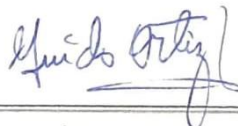
Espero que no consideremos el futuro únicamente como un camino incierto y oscuro. Nuestra historia aún tiene numerosas páginas por escribir, y no deberíamos hablar como si el final ya estuviese escrito. En lugar de ello, deberíamos abordar el porvenir con una perspectiva optimista, reconociendo que la incertidumbre también puede albergar oportunidades y giros inesperados que enriquezcan nuestra narrativa colectiva. Este logro académico es solo el comienzo de las contribuciones que cada uno de nosotros puede hacer a la construcción de un futuro prometedor. ¡Sigamos escribiendo nuestra historia con optimismo y energía!

***CRISTINA CRUZ***

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**DISEÑO HIDRÀULICO PARA LOS SISTEMAS DE DRENAJE NATURAL EN LA VÌA BAÑOS DE SAN VICENTE-SAYÁ DE 8 KM DE LONGITUD UBICADA EN EL CANTÒN SANTA ELENA**” elaborado por las estudiantes **ANA CRISTINA CRUZ BAQUE** y **NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES**, egresadas de la Carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 6 % de la valoración permitida.

FIRMA DEL TUTOR

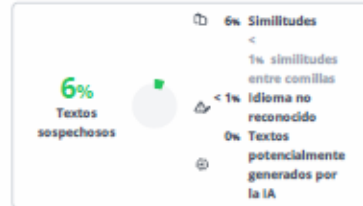


---

GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI

C.I.: 0904149481

# 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



Nombre del documento: 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.pdf  
ID del documento: 99b9dfba41ce20772b0f4f26810bdf3ccb3be96  
Tamaño del documento original: 8,47 MB

Depositante: GUIDO MOISES ORTIZ SAFADI  
Fecha de depósito: 29/11/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 29/11/2023

Número de palabras: 19.799  
Número de caracteres: 133.177

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes de similitudes

### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://dSPACE.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4472/3/ITESINA.pdf.txt">dSPACE.ucuenca.edu.ec   Estudio de parámetros hidráulicos e hidrológicos para el ...</a> 5 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (530 palabras)
2	<a href="http://dSPACE.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4472/1/ITESINA.pdf">dSPACE.ucuenca.edu.ec</a> 5 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (462 palabras)
3	<a href="http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/801/1/UNESUM-ECU-CNVL-2017-03.pdf">repositorio.unesum.edu.ec</a> 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (392 palabras)
4	<a href="http://dSPACE.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/7703/3/ITESINA.pdf.txt">dSPACE.ucuenca.edu.ec   Diseño integral del sistema de drenaje longitudinal y tra...</a> 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (214 palabras)
5	<a href="http://dSPACE.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24093/3/tesis.pdf.txt">dSPACE.ucuenca.edu.ec   Estudio del sistema de drenaje para la vía Molleturo-Tre...</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (109 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://es.slideshare.net/zetiamorherido/caminos-425068888">es.slideshare.net   CAMINOS I</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
2	<a href="http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5255/1/Locor_Galarza_Karen_Mercedes.pdf">repositorio.unesum.edu.ec</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
3	<a href="https://hdl.handle.net/20.500.12848/2655">hdl.handle.net   Modelamiento Hidrológico e Hidráulico de Alcantarillas en el Tra...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
4	<a href="http://132.248.9.195/jspui/bitstream/1386/1386/index.html">132.248.9.195   Reforzamiento o reconstrucción de la alcantarilla mediante el Siste...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
5	<a href="https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/download/2631/2614">polipapers.upv.es   Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbana...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)

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

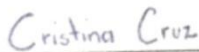
- <https://camjol.info/index.php/recsp/article/view/6611>
- <https://repositorio>
- <http://132.248.9.195/jspui/bitstream/1386/1386/index.html>

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, **ANA CRISTINA CRUZ BAQUE** y **NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES**-, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **"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"**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería **CIVIL**, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

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

Atentamente,





ANA CRUZ BAQUE

NATHALIE SANDOVAL ROBLES

C.I 2450217761

C.I. 2450920000



# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

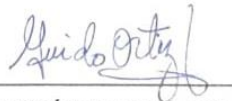
Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, PhD/MSc.

## TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**DISEÑO HIDRÁULICO PARA LOS SISTEMAS DE DRENAJE NATURAL EN LA VÍA BAÑOS DE SAN VICENTE-SAYÁ DE 8 KM DE LONGITUD**” previo a la obtención del Título de **INGENIEROS CIVILES** elaborado por las Srtas. **ANA CRISTINA CRUZ BAQUE** y **NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES**, egresadas 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 Graduación, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MSc

# CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

*Certificación de Gramatólogo*

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

*Magíster En Diseño Y Evaluación*


*De Modelos Educativos*

La Libertad, noviembre 24 del 2023.

## Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de integración curricular en opción al título de **INGENIERO/A CIVIL** de: **SANDOVAL ROBLES NATHALIE LIZBETH & CRUZ BAQUE ANA CRISTINA**, cuyo tema es: **“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”**, me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



**Lic. Alexi Herrera R, MSc.**

Docente de Español A: Literatura

Cel: 0962989420

e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por hacer posible este arduo camino lleno de esfuerzo, perseverancia y resiliencia, ya que me brindo su manto de fortaleza para culminar con éxito todo lo propuesto. También, presento una inmensa gratitud hacia las personas que me rodearon durante el trayecto, quienes formaron parte de mi desarrollo interpersonal y profesional, llenándome de sabiduría y buenos momentos que me enseñaron a disfrutar cada pequeño instante de la vida y, sobre todo, tener en mente que existen en el mundo personas extraordinarias, como: Cristina Cruz, Nicole Rodríguez, Carol Reyes, Alejandro Feraud.

Con profundo agradecimiento, deseo expresar mi reconocimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis, quiero agradecer a mi tutor de tesis, Ing. Guido Safadi Msc. por su guía experta, paciencia y dedicación incansable. Sus valiosas sugerencias y comentarios han sido fundamentales para dar forma y mejorar este trabajo.

Además, mi gratitud se extiende a mi Universidad y a la Prefectura de Santa Elena, Abg. Jose Daniel Villao por proporcionar los recursos y el ambiente propicio para llevar a cabo esta investigación. Cada conversación, palabra de aliento y gesto de apoyo ha sido un pilar fundamental en este viaje académico. Este logro no habría sido posible sin la colaboración y contribuciones de todos ustedes. A todos, les estoy profundamente agradecida.

***NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES***

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, mi guía constante y fuente inagotable de sabiduría, por iluminar cada paso de mi camino. A mis amados padres, Ana M Baque y Pedro M Cruz, por su amor incondicional y sacrificio, siendo mis pilares fundamentales, mi mayor motivación y fuerza impulsora en el transcurso de este camino llamado vida. A mis hermanos, Carlos Alfredo y Pedro David, por ser mis compañeros de alma en este viaje lleno de desafíos y triunfos y por ser mi constante fuente de apoyo estando siempre presentes en mi buenos y malos momentos. A mi alma máter, expreso mi gratitud por darme la oportunidad de forjar mi camino profesional, y a mis docentes, quienes han sido parte fundamental de mi proceso de formación. A mi tutor, el ing. Guido Ortiz S, le agradezco por su guía profesional, paciencia infinita y valiosas sugerencias que han enriquecido este proyecto académico. A la Prefectura de Santa Elena, Abg. Jose Daniel Villao, mi agradecimiento por su colaboración invaluable. Al Ing. Byron Reyes, quien se ha convertido en un rayito de sol en mi vida, estoy profundamente agradecida por todo el apoyo y ayuda incondicional que me brindó durante el proceso de mi investigación. A mis entrañables amigos Verónica B, Katiuska B, Nathalie S, Nicolle R, Jimmy S, y Harold G, por su constante apoyo y aliento, gracias a ellos, este viaje académico ha sido más llevadero y significativo. Por último, pero no menos importante, a BTS, quienes han sido mi compañía a lo largo de toda mi carrera universitaria. Estando presentes en cada una de mis noches de desvelo por medio de su música, transmitiéndome esperanza, aliento y motivación para perseverar, recordándome constantemente que no debo dejar de perseguir mis sueños y aspiraciones. La autenticidad, resiliencia y amor propio que transmiten por medio de sus letras han dejado una huella imborrable en mí, haciéndome tener presente que la verdadera grandeza surge de la autenticidad y la superación personal. Quiero terminar citando la frase de Kim Namjoon que dice: “I have come to love myself for who I am, for who I was, and for who I hope to become”.

***ANA CRISTINA CRUZ BAQUE.***

# TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	II
DEDICATORIA .....	III
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO .....	V
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	VII
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	VIII
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA .....	IX
AGRADECIMIENTOS .....	X
TABLA DE CONTENIDO .....	XII
LISTA DE FIGURAS .....	XVII
LISTA DE TABLAS .....	XIX
RESUMEN .....	XX
ABSTRACT .....	XXII
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.2 ANTECEDENTES .....	4
1.3 HIPÓTESIS .....	7
1.3.1 Hipótesis general .....	7
1.3.2 Hipótesis Específicas .....	7
1.4 OBJETIVOS .....	8
1.4.1 Objetivo General .....	8
1.4.2 Objetivos específicos .....	8
1.5 ALCANCE .....	9
1.6 VARIABLES .....	9
1.6.1 Variables independientes .....	9
1.6.2 Variables dependientes .....	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 DRENAJE HIDRÁULICO .....	10
2.1.1 Importancia en la infraestructura vial .....	11
2.2 SISTEMAS DE DRENAJE EN VÍAS PÚBLICAS .....	12

<b>2.3 TIPOS DE DRENAJE.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.1 Drenaje superficial.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1.1 Drenaje Longitudinal.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1.2 Drenaje Transversal.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2 Drenaje subterráneo .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4 PUENTES .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5 DISEÑO .....</b>	<b>24</b>
<b>2.6 CRITERIOS DE DISEÑO.....</b>	<b>25</b>
<b>2.7 BASES DEL DISEÑO DEL PROYECTO .....</b>	<b>26</b>
<b>2.7.1 Cumplimiento normativo .....</b>	<b>27</b>
<b>2.7.2 Adaptación a condiciones locales.....</b>	<b>28</b>
<b>2.7.3 Periodo de retorno.....</b>	<b>28</b>
<b>2.8 ANALISIS HIDROLÓGICO .....</b>	<b>28</b>
<b>2.8.1 Análisis de precipitaciones intensas en la zona.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8.2 Determinación de la precipitación de diseño para 25 años y 100 años de periodos de retorno .....</b>	<b>32</b>
<b>2.8.3 Método de Gumbel.....</b>	<b>32</b>
<b>2.8.4 Bondad de ajuste, método de Kolmogorov Smirnov.....</b>	<b>35</b>
<b>2.8.5 Curvas intensidad- duración – frecuencia (IDF).....</b>	<b>37</b>
<b>2.8.6 Determinación de la ecuación de frecuencia de intensidades.....</b>	<b>37</b>
<b>2.8.6.1 Estudio de intensidades .....</b>	<b>38</b>
<b>2.8.6.2 Tiempo de concentración.....</b>	<b>40</b>
<b>2.8.7 Cálculo de caudales de diseño para alcantarillas, aplicando el “Método Racional”.....</b>	<b>41</b>
<b>2.8.7.1 Coeficiente de escorrentía.....</b>	<b>42</b>
<b>2.8.7.2 Cálculo de caudales para puentes, método SCS (Soil Conservación Service, EEUU).....</b>	<b>43</b>
<b>2.8.7.3 Método del hidrograma unitario .....</b>	<b>48</b>
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.1 Tipo.....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.2 Nivel.....</b>	<b>50</b>
<b>3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.1 Método.....</b>	<b>51</b>

3.2.2	Enfoque .....	51
3.2.3	Diseño .....	51
3.3	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	52
3.3.1	Población.....	52
3.3.2	Muestra .....	52
3.3.3	Muestreo.....	52
3.4	UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO .....	52
3.4.1	Baños de San Vicente – Sayá.....	52
3.4.2	Levantamiento topográfico .....	53
3.5	RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN GENERAL EXISTENTE .....	54
3.5.1	Información cartográfica y topográfica.....	54
3.5.2	Investigaciones de campo .....	55
3.5.3	Información Meteorológica e hidrológica .....	55
3.5.4	Red de estaciones meteorológicas (INAMHI, 2012).....	56
3.5.5	Bioclima y ecología.....	56
3.6	CURVAS DE NIVEL .....	57
3.7	ANÁLISIS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS - ÁREAS DE APORTACIÓN .....	58
3.7.1	Datos de las cuencas hidrográficas.....	58
3.8	CAUDALES DE DISEÑO MEDIANTE CUENCAS HIDROGRÁFICAS .....	59
3.8.1	Tiempo de Concentración (Tc) .....	60
3.8.1.1	Desnivel (H).....	60
3.8.2	Intensidad de lluvia (I).....	61
3.8.3	Coefficiente de escorrentía (C).....	62
3.9	DISEÑO DE ALCANTARILLAS.....	63
3.9.1	Caudal de diseño para alcantarillas. ....	64
3.9.1.1	Velocidad del flujo.....	64
3.9.1.2	Coefficiente de Rugosidad de Manning (n) .....	64
3.9.1.3	Radio Hidráulico .....	66
3.10	DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE .....	66
3.10.1	Alcantarillas.....	66
3.10.1.1	Alcantarillas con control a la entrada .....	66

3.10.1.2	Tirante de agua (TW) .....	68
3.10.1.3	Tirante crítico.....	69
3.10.1.4	Alcantarillas con control a la salida .....	69
3.11	CRITERIOS DE DISEÑO.....	70
3.12	METODOLOGÍA DEL OE.1: EVALUAR EL ESTADO Y CAPACIDAD DE LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES EN LA VÍA BAÑOS DE SAN VICENTE – SAYÁ, IDENTIFICANDO AQUELLAS QUE REQUIEREN MEJORAS O AMPLIACIÓN PARA CUMPLIR CON LOS ESTÁNDARES HIDRÁULICOS NECESARIOS.....	71
3.13	METODOLOGÍA DEL OE.2: DISEÑAR UN NUEVO SISTEMA DE DRENAJE PARA LAS ÁREAS DONDE SE REQUIERAN NUEVAS INSTALACIONES, TENIENDO EN CUENTA LA CAPACIDAD DE FLUJO NECESARIA Y CONSIDERANDO LAS CONDICIONES LOCALES Y FUTURAS NECESIDADES DE DRENAJE.....	72
3.14	METODOLOGÍA DEL OE.3: REALIZAR UN ANÁLISIS INTEGRAL QUE COMBINE TANTO LAS MEJORAS EN LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES COMO EL DISEÑO DE NUEVAS ALCANTARILLAS, EVALUANDO LA VIABILIDAD TÉCNICA Y AMBIENTAL DE LA SOLUCIÓN COMPLETA PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA ZONA.....	73
3.15	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	75
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		76
4.1	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE VIAL EXISTENTE .....	76
4.1.1	Revisión de estructuras de Drenaje Transversal.....	77
4.1.2	Interferencias con obras de Agua Potable, Aguas servidas y otras estructuras .....	77
4.1.3	Referencia de niveles de agua.....	78
4.1.4	Intervención de drenaje transversal.....	78
4.2	DATOS TOPOGRÁFICOS DE LA VÍA .....	78
4.3	ÁREAS DE APORTACIÓN.....	79
4.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1, EVALUAR EL ESTADO Y CAPACIDAD DE LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES EN LA VÍA BAÑOS DE SAN VICENTE - SAYÁ, IDENTIFICANDO AQUELLAS QUE	



<b>REQUIEREN MEJORAS O AMPLIACIÓN PARA CUMPLIR CON LOS ESTÁNDARES HIDRÁULICOS NECESARIOS.....</b>	<b>80</b>
<b>4.4.1 Determinación De Los Caudales Tributados Por Las Cuencas Hidrográficas.....</b>	<b>83</b>
<b>4.4.2 Caudales De Alcantarillas .....</b>	<b>84</b>
<b>4.4.3 Dimensionamiento de alcantarillas tubulares de concreto.....</b>	<b>85</b>
<b>4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, DISEÑAR UN NUEVO SISTEMA DE DRENAJE PARA LAS ÁREAS DONDE SE REQUIERAN NUEVAS INSTALACIONES, TENIENDO EN CUENTA LA CAPACIDAD DE FLUJO NECESARIA Y CONSIDERANDO LAS CONDICIONES LOCALES Y FUTURAS NECESIDADES DE DRENAJE.....</b>	<b>86</b>
<b>4.5.1 Determinación De Los Caudales Tributados Por Las Cuencas Hidrográficas.....</b>	<b>87</b>
<b>4.5.2 Caudales De Alcantarillas .....</b>	<b>88</b>
<b>4.5.3 Dimensionamiento de alcantarillas tubulares de concreto.....</b>	<b>89</b>
<b>4.6 ANALISIS DE RESULTADOS OE.3, REALIZAR UN ANÁLISIS INTEGRAL QUE COMBINE TANTO LAS MEJORAS EN LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES COMO EL DISEÑO DE NUEVAS ALCANTARILLAS, EVALUANDO LA VIABILIDAD TÉCNICA Y AMBIENTAL DE LA SOLUCIÓN COMPLETA PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA ZONA.....</b>	<b>90</b>
<b>4.6.1 Evaluación de la Viabilidad Técnica. ....</b>	<b>90</b>
<b>4.6.2 Evaluación de la Viabilidad Ambiental .....</b>	<b>90</b>
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>5.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>105</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Cuneta.....	12
<b>Figura 2</b>	Sumidero de rejilla.....	13
<b>Figura 3</b>	Alcantarilla de drenaje .....	13
<b>Figura 4</b>	Bordillos prefabricados de hormigón .....	14
<b>Figura 5</b>	Zanja de drenaje .....	14
<b>Figura 6</b>	Trampa de sedimentos.....	15
<b>Figura 7</b>	Puente sobre un río .....	15
<b>Figura 8</b>	Recolección de agua pluvial.....	16
<b>Figura 9</b>	Dimensiones típicas de una cuneta triangular .....	19
<b>Figura 10</b>	Vista panorámica de la salida de una alcantarilla .....	20
<b>Figura 11</b>	Diseño gráfico que representa los detalles estructurales de una alcantarilla, abarcando elementos como el cabezal, las alas y el conducto.....	22
<b>Figura 12</b>	Sistema de drenaje integral en una vía .....	23
<b>Figura 13</b>	Vista panorámica de un puente (infraestructura y superestructura) ...	24
<b>Figura 14</b>	Representación gráfica aérea que muestra la disposición y la interconexión de la red de drenaje de una cuenca, utilizada en el contexto de un análisis hidrológico.....	29
<b>Figura 15</b>	Representación gráfica convencional de una distribución de Gumbel utilizada para ilustrar datos de precipitación. ....	33
<b>Figura 16</b>	Aplicación de Kolmogorov Smirnov para datos .....	35
<b>Figura 17</b>	Representación gráfica de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) basada en una serie de datos de precipitación específicos. ....	37
<b>Figura 18</b>	Zonificación de intensidades en Ecuador. ....	39
<b>Figura 19</b>	Tiempo de concentración.....	40
<b>Figura 20</b>	Incidencia del coeficiente de escorrentía en el método racional.....	43
<b>Figura 21</b>	Forma del hidrograma Triangular .....	47
<b>Figura 22</b>	Hidrograma unitario.....	49
<b>Figura 23</b>	a) Representación gráfica de la distribución temporal de la precipitación, conocida como hietograma. b) Gráfico que muestra el comportamiento del caudal para cada hora, denominado hidrograma por hora. c) Hidrograma resultante, que	

refleja la respuesta total del sistema hidrológico después de considerar la distribución temporal de la precipitación. ....	49
<b>Figura 24</b> Zona de Estudio: Vía Baños de San Vicente - Sayá.....	53
<b>Figura 25</b> Cartografía Zapotal.....	54
<b>Figura 26</b> Mapa de ubicación de la red actual de estaciones hidrometeorológicas por cuencas hidrográficas del Ecuador.....	55
<b>Figura 27</b> Régimen de lluvias obtenidos y considerados.....	56
<b>Figura 28</b> Curvas de nivel de la vía Baños de San Vicente – Sayá, escala 1:20000.....	57
<b>Figura 29</b> Áreas de aportación de los cauces que atraviesan la vía Baños de San Vicente - Sayá.....	59
<b>Figura 30</b> Curvas duración – Intensidad y Frecuencia, estación El Azúcar.....	62
<b>Figura 31</b> Nomograma para calcular el control de entrada de tubería de hormigón.....	67
<b>Figura 32</b> Tabla de tirantes.....	68
<b>Figura 33</b> Nomograma para calcular el control de salida de tubería de hormigón.....	70
<b>Figura 34</b> Áreas de aportación de cuencas y subcuencas.....	79
<b>Figura 35</b> Aguas arriba y aguas abajo.....	80
<b>Figura 36</b> Aguas arriba y aguas abajo.....	81
<b>Figura 37</b> Aguas arriba y aguas abajo.....	81
<b>Figura 38</b> Aguas arriba y aguas abajo.....	81
<b>Figura 39</b> Aguas arriba y aguas abajo.....	82
<b>Figura 40</b> Aguas arriba y aguas abajo.....	82
<b>Figura 41</b> Alcantarilla nueva.....	86
<b>Figura 42</b> Alcantarilla nueva.....	86

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Tiempo de concentración para cuencas ( $T_c$ ) .....	41
<b>Tabla 2</b> Coeficientes de escurrimiento.....	43
<b>Tabla 3</b> Clasificación de condición antecedentes de humedad para el método. (SCS).....	45
<b>Tabla 4</b> Grupos hidrológicos del suelo (SCS) .....	46
<b>Tabla 5</b> Datos de drenaje de la vía Baños de San Vicente – Sayá.....	58
<b>Tabla 6</b> Alturas de precipitación máxima para varias frecuencias y duraciones, estación El Azúcar.....	61
<b>Tabla 7</b> Intensidades de precipitación para varias duraciones y frecuencias, estación El Azúcar.....	62
<b>Tabla 8</b> Coeficientes de escurrimiento para cálculos .....	63
<b>Tabla 9</b> Valores de $n$ dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Kutter y de Manning.....	65
<b>Tabla 10</b> Carga hidráulica de diseño ( $h_e$ , m) .....	68
<b>Tabla 11</b> Cuadro de Operacionalización de Variables.....	75
<b>Tabla 12</b> Tabla de datos topográficos .....	78
<b>Tabla 13</b> Áreas de aportación de cuencas.....	79
<b>Tabla 14</b> Datos de los caudales tributados por las cuencas hidrológicas. ....	83
<b>Tabla 15</b> Cálculos Hidrológicos de las alcantarillas.....	84
<b>Tabla 16</b> Cálculos control entrada y salida de fluidos .....	85
<b>Tabla 17</b> Datos de los caudales tributados por las cuencas hidrográficas.....	87
<b>Tabla 18</b> Cálculos Hidrológicos de las alcantarillas.....	88
<b>Tabla 19</b> Cálculos control entrada y salida de fluidos de alcantarillas nuevas ...	89

# **“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”**

**Autoras:** Cruz Baque Ana, Sandoval Robles Nathalie

**Tutor:** Ortiz Safadi Guido, Magister

## **RESUMEN**

La presente investigación se enfocó en el diseño hidráulico de los sistemas de drenaje natural a lo largo de la Vía Baños de San Vicente - Sayá, ubicada en la comuna Baños de San Vicente del cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena. El objetivo consistió en desarrollar un diseño hidráulico que integre tanto las alcantarillas existentes de la vía como las nuevas, mejorando la gestión de aguas pluviales y reduciendo los riesgos de inundación en la zona.

Se llevó a cabo mediante la evaluación de datos geológicos, topográficos, hidrológicos, inspecciones en el sitio, un análisis sobre las vulnerabilidades relacionados con inundaciones, erosión y las condiciones actuales del lugar. Para los cálculos del diseño de alcantarillas se consideró datos relevantes como la intensidad de lluvia, proporcionados por la estación El Azúcar, el coeficiente de escorrentía para determinar el tipo de suelo, entre otros; siguiendo las normativas de la MTOP donde sugiere que el diámetro mínimo para una alcantarilla es de 1200 mm.

Se determinó que los resultados del diseño de las alcantarillas demuestran un enfoque holístico hacia la gestión de aguas, apuntando a reducir de manera significativa los riesgos de inundación y erosiones. El estudio concluye 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.

***Palabras claves:*** Drenaje natural, diseño hidráulico, erosión, coeficiente de escorrentía, gestión de recursos hídricos.

**" HYDRAULIC DESIGN FOR NATURAL DRAINAGE  
SYSTEMS ALONG THE 8-KILOMETER STRETCH OF THE  
BAÑOS DE SAN VICENTE - SAYÁ ROAD LOCATED IN THE  
SANTA ELENA CANTON"**

**Authors:** Cruz Baque Ana, Sandoval Robles Nathalie

**Tutor:** Ortiz Safadi Guido, Magister

**ABSTRACT**

The present research focused on the hydraulic design of the natural drainage systems along the Baños de San Vicente - Sayá Road, located in the Baños de San Vicente community in Santa Elena city, in Santa Elena province. The objective was to develop a hydraulic design that integrates both the existing culverts on the road and the new ones, improving the management of stormwater and reducing the risks of flooding in the area.

The process involved the assessment of geological, topographical, and hydrological data, on-site inspections, and an analysis of vulnerabilities related to floods, erosion, and the current conditions of the site. For the culvert design calculations, relevant data such as rainfall intensity from El Azúcar station, runoff coefficient to determine soil type, among others, were considered. This was done following MTOP regulations, which suggest a minimum diameter of 1200 mm for culverts.

The results of the culvert design demonstrate a holistic approach to stormwater management, aiming to significantly reduce the risks of flooding and erosion. The study concludes that the proposed design meets both technical and regulatory

requirements and represents a proactive measure to enhance the community's resilience to future rainfall events.

***Key words:*** Natural drainage, hydraulic design, erosion, runoff coefficient, management of hydraulic resources.



# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

La gestión adecuada del agua es esencial para el desarrollo sostenible de las infraestructuras viales y el bienestar de las comunidades (Mirassou, 2009). En este contexto, el presente trabajo de tesis se enfoca en un área crítica de la provincia de Santa Elena, Ecuador: la Vía Baños de San Vicente - Sayá, una carretera lastrada de tercer orden de 8 km de longitud que enfrenta desafíos significativos en términos de drenaje y manejo de aguas pluviales.

En el ámbito de la ingeniería vial, la eficacia de los sistemas de drenaje desempeña un papel crucial en la preservación de la infraestructura y la seguridad de los usuarios. La gestión adecuada de aguas pluviales es esencial para prevenir inundaciones, erosiones y daños a las vías. A lo largo de este análisis, exploraremos la importancia de los sistemas de drenaje en las vías, destacando su impacto en la durabilidad y funcionalidad de la infraestructura (Niño & García, 2021).

En el desarrollo y mantenimiento de infraestructuras viales, el diseño adecuado de sistemas de drenaje se erige como un componente fundamental (Rodríguez & Calle Calva, 2013). Estos sistemas, que incluyen desagües, cunetas y alcantarillas estratégicamente ubicadas, no solo evitan la acumulación de agua en la superficie de la carretera, sino que también protegen contra posibles daños estructurales provocados por inundaciones y erosión.

La importancia de un drenaje eficiente va más allá de la simple preservación de la carretera; impacta directamente en la seguridad del conductor al minimizar riesgos asociados con condiciones climáticas adversas. Así mismo, considerar aspectos medioambientales y la gestión sostenible del agua se vuelve esencial en el diseño moderno de carreteras, contribuyendo a la resiliencia de la infraestructura y al bienestar de las comunidades circundantes (Maldonado & Rodríguez, 2012).

El Capítulo I de este estudio aborda la problemática que rodea a esta vía, examina los antecedentes relevantes, y establece la hipótesis y los objetivos que guiarán nuestra investigación. Además, se delimita el alcance del proyecto y se identifican las variables claves que serán objeto de análisis y diseño.

En el Capítulo II, se profundiza en las bases teóricas fundamentales relacionadas con el diseño hidráulico de sistemas de drenaje existentes en carreteras, proporcionando el marco conceptual necesario para comprender y abordar eficazmente los problemas específicos que enfrenta la Vía San Vicente - Sayá.

El Capítulo III describe la metodología que se utilizará para llevar a cabo la investigación, incluyendo los procedimientos y herramientas que se emplearán en el diseño hidráulico de los sistemas de drenaje de la vía. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos de la investigación y ofrece un espacio para la discusión crítica de los diseños propuestos, considerando aspectos técnicos, ambientales y económicos, y finalmente, en el Capítulo V, se expondrán las conclusiones derivadas de este estudio y se formularán recomendaciones pertinentes para la mejora del sistema de drenaje en la Vía Baños de San Vicente-Saya y, posiblemente, para aplicaciones similares en otras vías.

Este trabajo de tesis busca contribuir al conocimiento y la práctica en el diseño hidráulico de sistemas de drenaje para carreteras, abordando una problemática específica en una ubicación geográfica importante para el desarrollo de la región.

## **1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El diseño y construcción de una red de alcantarillado es un trabajo de ingeniería donde se busca la eficiencia y economía. Por ello, se han desarrollado métodos de diseño, para aplicarlos en conjunto con recomendaciones constructivas que permitan la conservación y mantenimiento de las obras. Dichos métodos pueden tener variables a juicio del proyectista, que cambia especialmente, la forma de calcular la lluvia y los correspondientes gastos de diseño, pero deben atender a la normatividad nacional existente (Defaz, 2011) .

La calidad de vida de los habitantes de las comunas Baños de San Vicente y de Sayá, ubicada en el cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena depende significativamente de los servicios básicos que posean, caminos estables, agua potable, telefonía, alcantarillado, etc., pues mejoran en gran manera el bienestar y la salud de los pobladores. El poseer servicios que abastezcan de forma efectiva y eficaz en este caso la conducción de aguas pluviales bajo la carretera futura contribuyen al aprovechamiento y conservación del bien físico como lugar turístico.

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad a una vía o carretera causada principalmente por el agua o la humedad. El mal funcionamiento del sistema de drenaje genera entre otras, socavaciones, azolves e infiltraciones en los suelos, lo que acarrea en altos costos de mantenimiento a futuro. Por ello, al sistema de drenaje se le suele considerar como una obra de mitigación encargada de reducir el impacto ambiental (Zumaeta Servan & Goñas Puscan, 2017) .

Actualmente el crecimiento poblacional de las ciudades hace que las necesidades aumenten, es decir que este crecimiento trae consigo el que los gobiernos seccionales planteen soluciones a los problemas que traen consigo estos crecimientos no planificados y que los mismos requieren de atención como los servicios de vías de acceso, agua potable, alcantarillado pluvial, coadyuvando a solucionar problemas de índole social, económico y ambiental. Tales planteamientos de obras de servicios básicos deben cumplir con requisitos básicos de ingeniería para su buen funcionamiento, seguridad estructural, relaciones con el medio ambiente, duración, economía. Las principales consideraciones en el diseño de una alcantarilla para drenaje son la durabilidad, la capacidad hidráulica, capacidad como estructura para soportar esfuerzos en el sistema, y una hermeticidad segura. La durabilidad y la capacidad hidráulica están en función del tamaño, forma y el tipo de obra a instalar. Una apropiada hermeticidad depende del material de junta entre elementos y de una adecuada instalación.

Es esencial poseer un conocimiento detallado del comportamiento hidrológico de ríos, arroyos o lagos, ya que nos sirve para identificar áreas susceptibles a eventos hidrometeorológicos extremos y también para planificar adecuadamente el diseño

de infraestructuras viales, garantizando así una gestión eficiente y segura de los recursos hídricos y una respuesta efectiva frente a condiciones climáticas adversas. En una carretera, el adecuado sistema de drenaje superficial (sistema de alcantarillado, cunetas, contracunetas, disipadores de energía y canales, entre otros) asegura en gran medida la durabilidad de la estructura del pavimento, recibiendo, canalizando y evacuando las aguas que puedan afectar directamente las características funcionales de cualquier elemento que integre la carretera misma.

Un principio importante en el diseño de una estructura de pavimento es tener en cuenta que el sistema de drenaje superficial opere de manera óptima, ya que el principal objetivo del drenaje superficial es reducir o eliminar la energía que generan las corrientes de agua de modo que no se presenten volúmenes y velocidades que dañen la superficie del camino y/o socaven otros elementos de la carretera (taludes de corte, rellenos, muros de contención soporte de cabezales, etc.). Para lograr un diseño óptimo del sistema de drenaje superficial y sus componentes, es imperativo tener en cuenta las características topográficas, hidrológicas, geotécnicas, geológicas y de uso del suelo específicas de la zona de influencia. Una vez recopilada esta información, la construcción debe llevarse a cabo de manera cuidadosa y con la calidad necesaria para asegurar el rendimiento efectivo del sistema de drenaje superficial.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Lo expuesto por Alvarado & Pérez (2018), indica la importancia de que los antecedentes de la investigación estén vinculados al campo de conocimiento que se va a investigar, es decir, deben estar relacionados con las variables de estudio. Es por eso que el estudio se apoya en investigaciones previas sobre el tema a nivel internacional, nacional y local. Para lograrlo, se consideraron los siguientes estudios relacionados:

En el ámbito internacional se puede citar el trabajo de tesis de Mujica Jaime (2013) basado en “Revisión del drenaje de la carretera Patamban La Cantera del Km 5+000 al 9+700”. El propósito principal de esta investigación fue evaluar la idoneidad del diseño del sistema de drenaje en el tramo de la carretera Patamban-La Cantera,

abarcando desde el kilómetro 5+000 hasta el 9+700, ubicado en el municipio de Tangancícuaro, Michoacán, México. Para alcanzar este objetivo, se recopilaron los datos necesarios para realizar cálculos destinados a identificar las especificaciones esenciales para el sistema de drenaje del tramo carretero mencionado. Además, se llevó a cabo un análisis de los antecedentes y las condiciones actuales de la vía terrestre. Los resultados de los cálculos condujeron a la conclusión de que las instalaciones de drenaje diseñadas para el tramo carretero Patamban-La Cantera, comprendido entre los kilómetros 5+000 y 9+700, son adecuadas para facilitar la evacuación eficiente del agua que incide en la carretera. Este hallazgo se fundamenta en la capacidad suficiente de las cunetas en dicho tramo para gestionar el flujo de agua, y en que los sistemas de bombeo de las secciones cumplen con los requisitos del 2% establecidos.

En el tema investigativo de Torres Vega (2018) “Diseño hidráulico del sistema de drenaje para la vía departamental SM-100, ubicada en el departamento de San Martín, específicamente en los distritos de Moyobamba y Jepelacio” nos dice que, el enfoque central de esta investigación se centró en la determinación precisa de los caudales máximos necesarios para el diseño de las estructuras de drenaje. Para estimar estos caudales máximos, se realizó un análisis exhaustivo de las precipitaciones máximas en un período de 24 horas, utilizando datos recopilados de estaciones pluviométricas próximas al área de estudio. La aplicación de métodos empíricos, entre ellos el método racional adaptado para áreas menores a 10 km<sup>2</sup>, constituyó una parte fundamental en el cálculo de estos caudales. El estudio hidrológico resultante proporcionó los parámetros necesarios para llevar a cabo el diseño hidráulico del sistema de drenaje. A partir de estos datos se realizó el dimensionamiento preciso y la determinación de las especificaciones de funcionamiento para las obras de drenaje, abarcando tanto aspectos longitudinales, como cunetas, y transversales, como alcantarillas. Estas estructuras de drenaje fueron meticulosamente diseñadas para asegurar la evacuación segura del agua superficial proveniente de los taludes adyacentes, la calzada y las quebradas que atraviesan la vía. El enfoque técnico y detallado de Bernabé Manuel Torres Vega en el diseño del sistema de drenaje refleja un compromiso con la eficacia funcional y la seguridad hidráulica en esta infraestructura vial fundamental para la zona.

En el ámbito nacional se puede resaltar la tesis de Luna Abril Patricio Javier & Terán Solano Doménica (2022) con el tema “Análisis del comportamiento hidráulico de elementos de drenaje superficial en la ciudad de Cuenca – sector Universidad del Azuay - mediante el uso del programa SWMM”, este estudio utiliza el programa SWMM 5.1 para modelar y analizar el sistema de drenaje de la Av. 24 de mayo y sus calles adyacentes en la ciudad de Cuenca. El objetivo es simular las condiciones actuales y destacar problemas como la baja eficiencia hidráulica de los elementos de captación y la irregularidad geométrica. Se emplean eventos de lluvia registrados para evidenciar inundaciones, especialmente críticas cerca del redondel de la Av. 24 de mayo con la Av. Gapal. La simulación también revela velocidades peligrosas en ciertos sectores, particularmente en las calles que se incorporan a la Av. 24 de mayo. Los eventos críticos ocurren con frecuencia en duraciones de 30 minutos o 1 hora, con diferencias en la ocurrencia de picos. Se propone abordar estas problemáticas mediante un análisis técnico de la eficiencia de captación de los imbornales, destacando deficiencias en diseño, ubicación y disposición de los sumideros. Este análisis busca evaluar el estado actual del sistema y proponer soluciones.

Carrión & Orellana (2016) como título principal en su tema de tesis “Estudio del sistema de drenaje para la vía Molleturo - Tres Marías - La Iberia, en la Provincia del Azuay”, afirma que este proyecto se sustentó en dos aspectos fundamentales: un análisis hidrológico basado en registros históricos de estaciones pluviométricas cercanas y un estudio hidráulico para determinar las dimensiones apropiadas que garantizaran una evacuación efectiva del flujo de agua. Se emplearon metodologías como Manning, Racional Americano y Soil Conservation Service [SCS], respaldadas por herramientas computacionales como HEC-HMS y HEC-RAS, asegurando coherencia en los resultados obtenidos. Los criterios definidos para el diseño, como los caudales manejados por cunetas y alcantarillas, la profundidad de socavación, y la altura disponible para el gálibo, basados en la modelización hidrológica del curso de agua respectivo, garantizaron la eficacia y la viabilidad económica en la ejecución del proyecto. Esta vía forma parte de una red de proyectos viales propuestos por el Gobierno Provincial del Azuay en 2014, buscando mejorar la conectividad entre áreas rurales y el cantón Cuenca, atravesando dos regiones con diferencias notables en clima, uso del suelo y

vegetación, desde la zona alta de la sierra hasta la zona baja con clima templado característico de la costa. Cabe destacar que en la zona del proyecto no existen estaciones pluviométricas monitoreadas por el INAMHI. Por lo tanto, se llevó a cabo una comparación entre estaciones similares, resultando en el uso de la estación El Labrado para la zona alta y la estación Santa Isabel para la zona baja del proyecto

Hidalgo Beltrán (2012) con su tema de tesis “Estudio de drenaje en la vía Rumicucho – Loma Cabuyal, de San Antonio de Pichincha” nos dice que esta investigación tiene como objetivo principal desarrollar un diseño de drenaje para una nueva vía, adaptándolo a las condiciones actuales y cumpliendo normativas vigentes, con un enfoque en la mitigación de impactos ambientales. La metodología abarcó la identificación de áreas de microcuencas afectadas, recálculo y actualización de alcantarillas, diseño integral de drenaje considerando herramientas ambientales, y evaluación de la calidad de vida en el área. Como resultado, el diseño propuesto cumple con las normas y se ajusta a condiciones económicas y constructivas, anticipando beneficios en calidad de vida y generación de empleo. Se recomienda implementar campañas informativas, establecer programas de mantenimiento regular y capacitar adecuadamente al personal técnico para garantizar el éxito a largo plazo del proyecto.

## **1.3 HIPÓTESIS**

### **1.3.1 Hipótesis general**

El diseño hidráulico de los sistemas de drenaje a lo largo de la vía Baños de San Vicente - Sayá, garantizará de manera eficiente y significativa a la mitigación del riesgo de inundación reduciendo efectivamente la probabilidad de este fenómeno y la erosión, promoviendo así la seguridad vial y el desarrollo sostenible en la región de Santa Elena.

### **1.3.2 Hipótesis Específicas**

**H.E.1.:** El crecimiento urbano y las vías de comunicación tienen un impacto significativo en la hidrología de las cuencas en las que se produce. Específicamente,

se producen cambios en la red de drenaje y en el proceso de conversión de la lluvia en escorrentía.

**H.E.2.:** Como resultado de la expansión de áreas urbanas, es esencial conservar y adaptar los cauces naturales que forman parte de la red hidrográfica original. Esto es necesario para preservar su capacidad de drenaje y evitar situaciones de inundación o daños en una carretera.

**H.E.3.:** Este proceso conduce a que las redes de drenaje en las áreas más bajas no se vean expuestas a un aumento en el flujo de agua (mayor coeficiente de escorrentía), mayores caudales máximos y una respuesta más rápida ante las lluvias intensas.

**H.E.4.:** Para abordar los problemas de inundación generalmente se consideran medidas que buscan restaurar, de manera artificial, el funcionamiento natural de la cuenca antes de que fuera ocupada por el desarrollo vial.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Crear un diseño hidráulico integral y eficiente para el drenaje en la Vía Baños de San Vicente Sayá, con el propósito de mejorar la gestión de aguas pluviales y reducir los riesgos de inundación en la zona, considerando tanto las alcantarillas existentes como las nuevas a ser construidas.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

**O.E.1.:** Evaluar el estado y capacidad de las alcantarillas existentes en la Vía Baños de San Vicente - Sayá, identificando aquellas que requieren mejoras o ampliación para cumplir con los estándares hidráulicos necesarios.



**O.E.2.:** Diseñar un nuevo sistema de drenaje para las áreas donde se requieran nuevas instalaciones, teniendo en cuenta la capacidad de flujo necesaria y considerando las condiciones locales y futuras necesidades de drenaje.

**O.E.3.:** Realizar un análisis integral que combine tanto las mejoras en las alcantarillas existentes como el diseño de nuevas alcantarillas, evaluando la viabilidad técnica y ambiental de la solución completa para optimizar la gestión de aguas pluviales en la zona.

## **1.5 ALCANCE**

El alcance del proyecto consiste en realizar una revisión detallada de las condiciones actuales de las alcantarillas en la Vía Baños de San Vicente - Sayá, incluyendo inspecciones en terreno y análisis de datos relevantes. Así mismo, un análisis de soluciones técnicas en el que se llevará a cabo una investigación para identificar soluciones específicas destinadas a mejorar la eficiencia del diseño hidráulico y prevenir inundaciones, incluyendo revisión de literatura y consulta con expertos. Se propondrá un diseño mejorado para una sección representativa de las alcantarillas, validando su eficacia y evaluando su viabilidad.

## **1.6 VARIABLES**

### **1.6.1 Variables independientes**

- ✓ Diseño Topográfico del sistema de drenaje natural.
- ✓ Escorrentía
- ✓ Precipitación pluvial

### **1.6.2 Variables dependientes**

- ✓ Diseño del sistema de drenaje requerido

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

El diseño hidráulico para drenajes en vías implica la aplicación de principios fundamentales de hidráulica. Se abordarán conceptos específicos, como el periodo de retorno, intensidades máximas, la fórmula de Manning, entre otros; cuya importancia radica en calcular el caudal, la velocidad de flujo y la capacidad de carga de los canales. Estas fórmulas no solo proporcionan la base teórica necesaria, sino que son factores críticos para asegurar la estabilidad del flujo, mantener la integridad de la infraestructura vial y para prevenir inundaciones, destacando así su gran importancia en el diseño hidráulico.

### **2.1 DRENAJE HIDRÁULICO**

El drenaje hidráulico es una disciplina de importancia primordial en la planificación y construcción de infraestructura vial. Este campo se dedica al diseño y gestión de un complejo sistema de componentes, tales como canales, tuberías, sumideros, alcantarillas, zanjas y otros elementos, con el objetivo fundamental de controlar y dirigir tanto el flujo superficial como subterráneo de agua en entornos urbanos y rurales. Su misión central reside en prevenir inundaciones, mitigar la erosión del suelo y asegurar que el excedente de agua sea conducido de manera segura y eficiente lejos de áreas pobladas y de la infraestructura crítica (Sánchez Pérez & Delgado Ramírez, 2003).

La funcionalidad integral del drenaje hidráulico es esencial para salvaguardar la integridad de las carreteras y áreas urbanas, evitando potenciales riesgos asociados con acumulaciones de agua. En este sentido, el diseño preciso de canales y la implementación adecuada de sumideros y alcantarillas son fundamentales para la gestión efectiva de aguas pluviales. Además de la prevención de inundaciones, el drenaje hidráulico contribuye activamente a la conservación del suelo al controlar el flujo de agua que podría erosionar terrenos circundantes (Camacho Bernal, 2013).

El enfoque estratégico en la conducción segura del exceso de agua hacia puntos de salida designados no solo protege infraestructuras críticas, sino que también minimiza los impactos ambientales negativos. En este contexto, la planificación y ejecución meticulosa de sistemas de drenaje no solo se traduce en una infraestructura vial más resistente y duradera, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental al gestionar de manera eficaz los recursos hídricos en diversas condiciones geográficas.

### **2.1.1 Importancia en la infraestructura vial**

De acuerdo con Maldonado & Rodríguez (2012), un diseño adecuado de sistemas de drenaje garantiza la durabilidad y funcionalidad de las vías, minimizando riesgos y preservando la integridad de la infraestructura en entornos urbanos y viales; su importancia radica en varios aspectos:

- a) **Prevención de inundaciones.** Un sistema de drenaje adecuado evita que el agua de lluvia se acumule en la superficie de las carreteras, calles y caminos, para que continúe su cauce natural. El estancamiento u obstaculización de la corriente de aguas lluvias podría ocasionar inundaciones.
- b) **Conservación de la estructura de la carretera.** El exceso de agua puede socavar la base de las carreteras, provocando hundimientos, grietas y deslizamientos de tierra. El drenaje eficiente ayuda a mantener la integridad de la infraestructura vial.
- c) **Seguridad vial.** El agua acumulada en las carreteras puede causar condiciones peligrosas para la conducción de vehículos. Un buen sistema de drenaje reduce estos riesgos, mejorando la seguridad de los conductores.
- d) **Mantenimiento reducido.** Un drenaje eficaz minimiza el desgaste de las carreteras y su infraestructura subyacente, reduciendo los costos de reparación y mantenimiento a largo plazo.

- e) **Conservación del entorno.** El drenaje adecuado también contribuye a la protección del medio ambiente, ya que ayuda a prevenir la erosión del suelo, la contaminación del agua y la degradación de los ecosistemas cercanos.

## 2.2 SISTEMAS DE DRENAJE EN VÍAS PÚBLICAS

Los sistemas de drenaje en vías públicas son componentes esenciales de la infraestructura urbana y vial que se utilizan para gestionar eficazmente el agua de lluvia y evitar problemas como inundaciones, erosión, daños a la infraestructura y riesgos para la seguridad vial (Aguilar *et al.*, 2023). Algunos de los sistemas de drenaje comunes utilizados en vías públicas son:

- a) **Cunetas.** Una cuneta es un canal o zanja en los bordes de una carretera que recoge y dirige el agua de lluvia lejos de la calzada como se ilustra en la figura 1. Su función principal es prevenir la acumulación de agua en la superficie de la carretera y reducir el riesgo de erosión y daños.

**Figura 1**

*Cuneta*

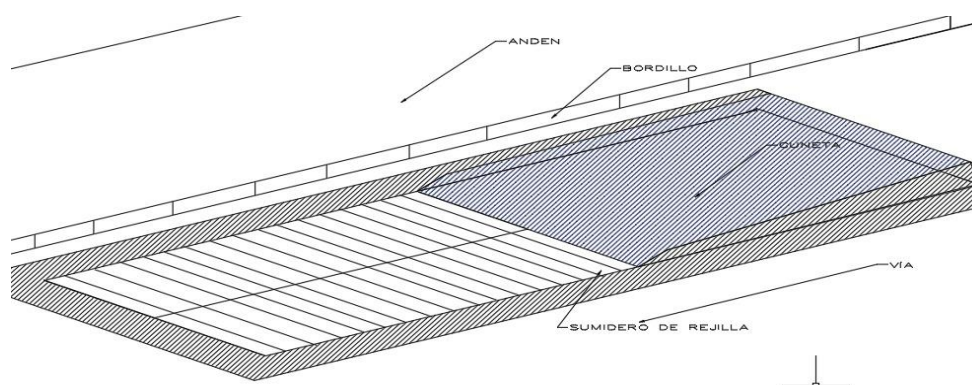


*Nota.* Tomado de (ingecivil, 2019).

- b) **Sumidero.** Estas estructuras tienen la función de captar la escorrentía superficial de las vías y dirigirla hacia el sistema de alcantarillado, (ver figura 2). Consiste en una cámara de mortero o PVC y son usadas principalmente en zonas urbanas.

**Figura 2**

*Sumidero de rejilla*



- c) **Alcantarilla.** Las alcantarillas de drenaje están diseñadas para conducir el escurrimiento de las aguas lluvias o residuales en un terreno plano, especialmente cuando su curso se ve obstaculizado por un montículo de tierra como se observa en la figura 3. Su capacidad requerida depende de la altura de agua a la entrada y a la salida, del caudal que aporta cada área y de las condiciones de entrada (Jaramillo Nieto & Sanga, 2007).

**Figura 3**

*Alcantarilla de drenaje*



*Nota.* Tomado de Víctor Miguel Ponce (2017).

- d) **Bordillos o cordones.** En la figura 4 se puede observar que son estructuras de concreto de alta resistencia, establecidos en uno o ambos lados de las vías con el propósito de dirigir adecuadamente el flujo de las aguas. (Díaz García & Conforme Cedeño, 2019).

**Figura 4**

*Bordillos prefabricados de hormigón*



*Nota.* Tomado de *Guntin prefabricados para construcción* (2018).

- e) **Zanjas de drenaje.** Son canales excavados paralelamente a lo largo de la vía para recoger y dirigir el agua de lluvia hacia puntos de salida. Pueden ser de diferentes tamaños y profundidades, y se revisten con materiales como concreto o grava, (Ver figura 5).

**Figura 5**

*Zanja de drenaje*



*Nota.* Tomado de *ingeniería* (2016).

- f) **Filtros y trampas de sedimentos.** Estos elementos se emplean con el propósito de eliminar los sedimentos en el agua pluvial antes de que ingrese al sistema de drenaje, tal como puede verse en la figura 6.

**Figura 6**

*Trampa de sedimentos*



*Nota.* Tomado de *SW & Storm (2013)*.

- g) **Retardadores de agua.** Estos sistemas retienen temporalmente el agua de lluvia antes de liberarla gradualmente al sistema de drenaje. Ayudan a reducir el flujo de agua en momentos de lluvias intensas.
- h) **Puentes de drenaje.** En el caso de carreteras que cruzan cuerpos de agua, como se muestra en la figura 7, se utilizan puentes de drenaje para permitir que el agua fluya por debajo de la vía.

**Figura 7**

*Puente sobre un río*

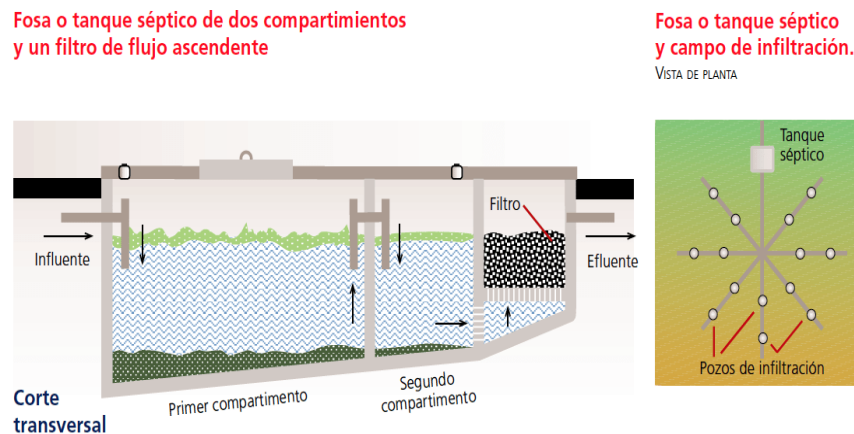


*Nota.* Tomado de *Banco de Desarrollo del Ecuador (2011)*.

- i) **Plantas de tratamiento de aguas pluviales.** En entornos urbanos, es posible aplicar sistemas de purificación con el propósito de eliminar sustancias contaminantes antes de que el agua de lluvia sea liberada al sistema de drenaje o a cuerpos de agua, como se muestra en la figura 8).

## Figura 8

### Recolección de agua pluvial



Nota. Tomado de Flacso (2020).

La elección y diseño de estos componentes dependen de factores como la topografía, el clima, el tráfico y las regulaciones locales. En conjunto, estos elementos componen un sistema de drenaje eficaz que garantiza la seguridad vial y la integridad de la infraestructura vial.

## 2.3 TIPOS DE DRENAJE

Según Sacoto & Calle (2013), el sistema de drenaje de una carretera tiene como objetivo principal la eliminación del exceso de agua superficial a lo largo de la franja de la vía. Además, busca restaurar la red de drenaje natural, que puede verse afectada por el trazado de la carretera, y prevenir que el agua subterránea comprometa la estabilidad de la base, terraplenes y cortes del camino. En esencia, se busca garantizar un adecuado control del agua tanto en la superficie como en el subsuelo, preservando así la integridad estructural y funcional de la carretera. Para cumplir estos fines se requiere:



- ✓ Estimar la magnitud y frecuencia del escurrimiento que es producido por las lluvias.
- ✓ Conocer el drenaje superficial natural del terreno y restituir aquellos drenajes interceptados por la vía.

En el campo del drenaje, se identifican diferentes instalaciones con objetivos específicos, clasificadas según el tipo de aguas que deben eliminar o su ubicación con respecto al eje de la vía. En base a todo lo anterior, las obras de drenaje se dividen en 2 grupos:

### **2.3.1 Drenaje superficial.**

Dolz Ripolles & Gómez (1994) plantean que, como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conforman la red hidrográfica original suelen ser profundamente alterados, lo cual impacta directamente en su capacidad de desagüe, dando lugar a la posibilidad de escorrentía superficial. Si esta situación no se aborda adecuadamente, existe el riesgo de provocar inundaciones. El drenaje superficial se refiere a la remoción de los excesos de agua que se acumulan sobre el terreno que puede alterarse debido a lluvias extremadamente intensas y frecuentes, topografía muy plana e irregular y suelos poco permeables (Ortega Corrales, 2015).

De acuerdo con Ortega & Salgado (2001), la necesidad del drenaje superficial se justifica en zona donde los factores climáticos, las condiciones hidrológicas, las características que tienen los suelos, la topografía y la utilización de la tierra, dan lugar a que el agua permanezca inundando la superficie del suelo, durante un período prolongado que excede la tolerancia de los cultivos, manifestando efectos significativos en los rendimientos y/o la supervivencia. Cuando la lluvia cae sobre un área terrestre su destino puede variar significativamente. Parte de esta agua fluye superficialmente, mientras que otra se infiltra en el subsuelo o se evapora. El agua que filtra de manera superficial se va uniendo y forma pequeños escurrideros que se visualizan en arroyos y después en ríos los cuales alcanzan al mar o a una depresión continental como los esteros y las lagunas (Gallardo Armijos, 2018).

En la construcción de vías, es común que se interrumpa el flujo natural del agua, limitando su desplazamiento a las áreas determinadas por el proyecto para un drenaje rápido y efectivo. Como resultado, el agua que previamente fluía libremente antes de la construcción de la carretera debe ser controlada y dirigida de manera adecuada hacia puntos de captación y conducción específicos. El sistema de drenaje debe ser implementado principalmente en las ubicaciones donde el agua fluiría de manera natural en ausencia de la vía, ya sea hacia cauces naturales o canales artificiales, y debe incluir las medidas de protección necesarias para prevenir la erosión y la sedimentación perjudiciales.

Según (Marín & Pérez, 2014), en casos necesarios, también se pueden incorporar dispositivos disipadores de energía para un manejo óptimo del flujo de agua. El drenaje superficial se divide en 2 grupos:

#### ***2.3.1.1 Drenaje Longitudinal***

Todo el flujo de agua que se desplaza a lo largo de la superficie de la calzada de una vía, incluyendo tanto el agua de lluvia que atraviesa la calzada como la proveniente de los taludes circundantes, debe ser dirigido y evacuado de manera que no genere daños en la estructura de la vía ni afecte el flujo vehicular. La gestión eficaz de este flujo hídrico es esencial para preservar la integridad de la carretera y garantizar condiciones seguras para el tráfico (Rodríguez, 2013). Con el fin de mitigar los impactos adversos ocasionados por el agua en la infraestructura vial, se abordarán las obras hidráulicas apropiadas para la captación y evacuación de las acumulaciones de agua en la plataforma de la carretera. Para todo esto se emplean elementos como las cunetas, colectores, sumideros, etc.

##### ***a) Cunetas***

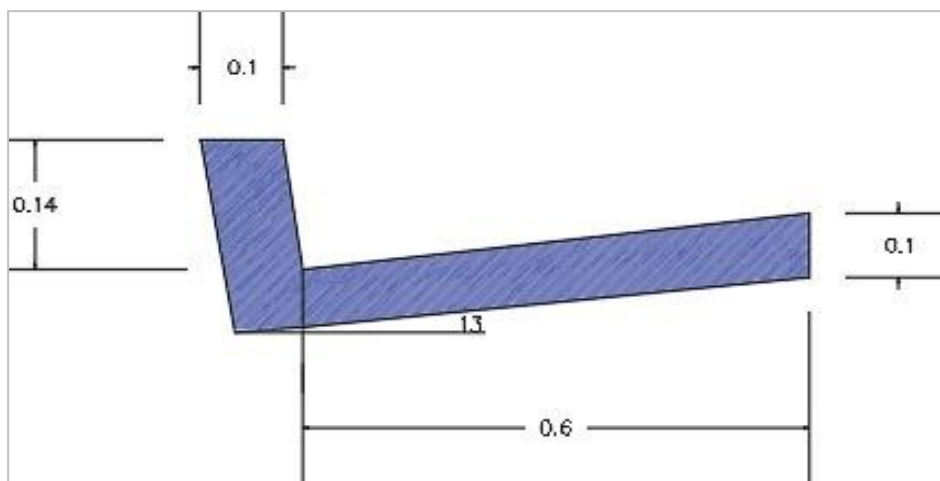
Son estructuras de drenaje diseñadas para captar el agua de escorrentía superficial que proviene de la superficie de la carretera y de los taludes de corte. Estas estructuras luego dirigen estas aguas de manera longitudinal hasta garantizar su evacuación adecuada en las alcantarillas cercanas (Vásquez Villalobos, 2021). En las áreas donde se construyen cunetas en terraplenes, estas no solo protegen los

bordes de la berma y los taludes del terraplén contra la erosión causada por las lluvias, sino que también a menudo sirven como una extensión de las cunetas en los cortes, canalizando el agua hacia un cauce natural donde se deposita. Es fundamental que las cunetas se ubiquen en todos los cortes, y en los terraplenes que son vulnerables a la erosión, así como a lo largo de los bordes interiores de los separadores que reciben las aguas pluviales de las calzadas.

Las dimensiones, que incluyen la pendiente, y otras características de las cunetas se determinan en función del volumen de agua esperado que fluirá a través de ellas. En líneas generales, la superficie que las cunetas deben drenar es relativamente limitada, por lo que su diseño se adapta a lluvias intensas que pueden tener una duración de entre 10 y 20 minutos. Hoy en día, la forma más comúnmente adoptada es la triangular, como se observa en la figura 9. Además, el material utilizado en su construcción está directamente relacionado con la pendiente y, por consiguiente, con la velocidad del agua que fluye a través de dicho canal (Álvarez & Calle, 2013).

**Figura 9**

*Dimensiones típicas de una cuneta triangular*



### ***2.3.1.2 Drenaje Transversal***

Dentro del ámbito del diseño de infraestructuras viales, el drenaje transversal desempeña un papel de gran relevancia, ya que su principal finalidad radica en facilitar un conducto por el cual el agua superficial, proveniente de cauces

naturales o construidos, pueda atravesar por debajo de la plataforma de la carretera sin ocasionar daños a esta, sin plantear riesgos para el tráfico vehicular y sin afectar las estructuras circundantes (Rodríguez & Calle Calva, 2013). Al diseñar este tipo de sistema de drenaje, una de las consideraciones fundamentales es minimizar cualquier modificación del cauce natural del agua. Las características que deben presentar estas obras son muchas, sin embargo, los principales requerimientos son:

- ✓ Mantener el cauce natural del agua.
- ✓ Que la obra sea perpendicular al eje de la vía.

En resumen, cuando se hace referencia al drenaje transversal, las alcantarillas son el componente central de este sistema, aunque también se podría considerar a los puentes como parte de esta categoría de drenaje.

#### *a) Alcantarillas*

### **Figura 10**

*Vista panorámica de la salida de una alcantarilla*



*Nota. Vista de la salida de una alcantarilla. Tomado de Cueva del ingeniero civil (2014).*

En la ingeniería de infraestructuras viales, se hace referencia a las "alcantarillas" como estructuras de conducción que presentan una longitud limitada y una posible variación en su sección transversal, como se puede apreciar en la figura 10. Estas estructuras se ubican o construyen de manera perpendicular con respecto a la dirección de la vía y se sitúan a una altitud inferior a la de la subrasante

(Meza & Zapata, 2009). Su función principal es facilitar el paso del agua desde un lado al otro de la carretera. Son conducciones a gravedad, por lo tanto, no se debe diseñar como conducciones a presión o llenas (Huamán, 2018).

Es imperativo que la alcantarilla esté diseñada de tal manera que pueda soportar diversas cargas, que incluyen las producidas por el tráfico vehicular, la presión del suelo que la cubre y, además, cargas adicionales que puedan surgir durante el proceso de construcción (Soledispa, 2008). En resumen, se requiere que la estructura cumpla con requisitos de índole estructural para garantizar su adecuado funcionamiento y durabilidad. En lo que respecta al diseño de alcantarillas, se parte de un análisis de las propiedades y características de la cuenca hidráulica que se pretende drenar, así como de las particularidades de la vía que se beneficiará de este servicio. El diseño se ajusta de acuerdo a las normativas vigentes en cada país y sus requisitos específicos, con el objetivo de encontrar la sección mínima que cumpla con dichas regulaciones.

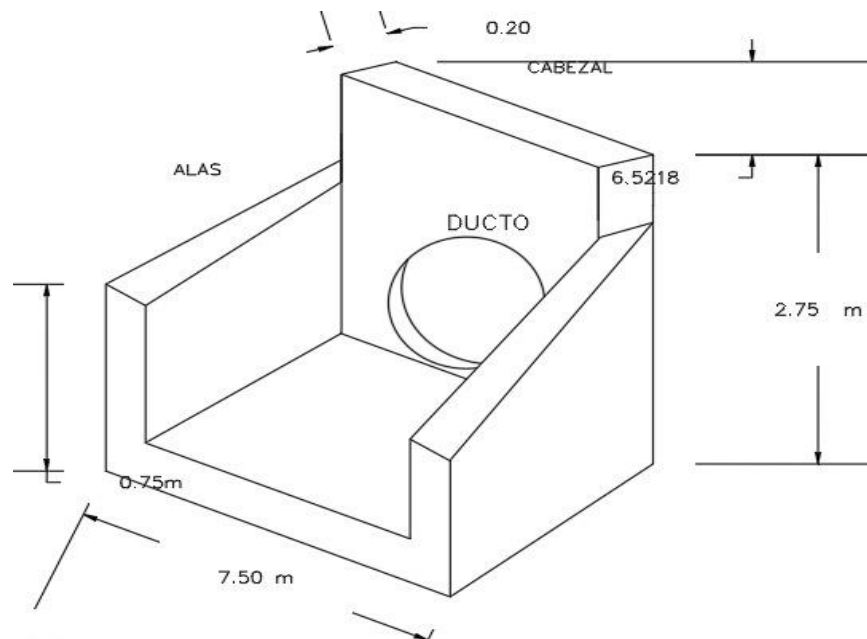
El Ministerio de Transporte y Obras Públicas actualmente estipula que el diámetro mínimo permisible para las alcantarillas es de 1200 mm. Esta medida se ha establecido con el objetivo de facilitar un mantenimiento y control adecuados de manera periódica MTOP (2013). La selección de las alcantarillas toma en consideración diversos factores, siendo el cumplimiento del caudal de diseño, las condiciones topográficas de la vía y todas las áreas o cuencas desde las cuales se recolectarán las aguas a ser drenadas, aspectos claves en este proceso.

La elección apropiada de la ubicación, alineación y pendiente de una alcantarilla, siempre teniendo en cuenta el respeto a las características del cauce original, tiene un impacto significativo en el rendimiento hidráulico óptimo del sistema y conlleva a un mantenimiento eficiente y ahorros en los costos de construcción. Las alcantarillas se componen principalmente de dos partes fundamentales: el tubo y los cabezales, como se observa en la figura 11. El tubo de la alcantarilla debe dimensionarse de manera adecuada para permitir la descarga del volumen de agua correspondiente a las condiciones de diseño. Mientras tanto, los cabezales son estructuras construidas en los extremos de las alcantarillas con el propósito de prevenir la erosión en los alrededores del tubo y dirigir el flujo de agua

hacia el conducto en el punto de entrada o hacia su destino final en el punto de salida (Fernández, 2015) . Estos componentes son esenciales para garantizar el funcionamiento eficaz de la alcantarilla y la protección de las áreas circundantes.

### Figura 11

*Diseño gráfico que representa los detalles estructurales de una alcantarilla, abarcando elementos como el cabezal, las alas y el conducto.*



### 2.3.2 Drenaje subterráneo

Tiene como misión controlar el nivel freático del terreno y a la vez los posibles acuíferos y corrientes subterráneas existentes bajo la estructura de la vía y prevenir que el agua alcance las capas superiores de la carretera, en particular la subrasante tal, como se observa en la figura 12.

Echeverry (2004) indica que, para prevenir los daños causados por el agua en los pavimentos y la infraestructura vial, es fundamental buscar una superficie altamente impermeable y complementarla con un sistema de drenaje interno efectivo. Sin embargo, no se debe depender exclusivamente de la impermeabilidad, ya que esta resulta difícil de mantener a lo largo del tiempo.

**Figura 12**

*Sistema de drenaje integral en una vía*



*Nota.* Tomado de *Irrigación y drenaje Hugo Amado Rojas Rubio (2010).*

## 2.4 PUENTES

Son estructuras diseñadas para superar obstáculos naturales como quebradas, ríos, valles, lagos, así como obstáculos artificiales como carreteras. Sus componentes principales incluyen la infraestructura, que consiste en estribos o pilares en los extremos, y la superestructura, encargada de soportar las cargas (Sacoto & Calle Rivera., 2013).

Para efecto del diseño hidráulico se considera como puente a una estructura destinada a cruzar y dirigir el flujo de agua, como ríos, arroyos, esteros o pantanos, que generalmente tiene un ancho superior a 6 metros, como se muestra en la figura 13. Estos puentes se erigen en carreteras o vías terrestres de comunicación (Núñez & Vasco, 2014).

Mediante la caracterización hidráulica del cuerpo de agua en consideración, es posible determinar las características del puente, entre las más destacadas se incluyen:

- ✓ Localización del sitio de implantación.
- ✓ Longitud total de la obra.
- ✓ Longitud de las luces.
- ✓ Altura de la rasante.
- ✓ Determinar la posición exacta, el diseño estructural y la medida vertical de la base de soporte.
- ✓ Obras posteriores para protección o auxiliares.
- ✓ Obras a realizarse en el cauce.
- ✓ Puede ser de sección circular o de sección rectangular (ductos cajón)

### **Figura 13**

*Vista panorámica de un puente (infraestructura y superestructura)*



*Nota. Tomado de Escuela Superior de Ávila. Alberto Villarino Otero (2011).*

## **2.5 DISEÑO**

El diseño hidráulico es una disciplina que se rige por principios científicos y técnicos, y es esencial para garantizar que los sistemas de drenaje funcionen de manera efectiva y segura. Al diseñar sistemas de drenaje hidráulico apropiados, se asegura que las aguas de lluvia se capturen, transporten y eliminen de manera efectiva, evitando daños a la infraestructura vial y contribuyendo a la preservación del entorno natural.



Dourojeanni & Chávez (2002) nos dice que, los elementos fundamentales que son esenciales para entender cómo el agua fluye y se gestiona en sistemas de drenaje son:

- ✓ **Caudal.** La cantidad de agua que fluye en un período de tiempo determinado. Los caudales de diseño se calculan en función de las tasas de precipitación, la topografía y otras variables locales.
- ✓ **Tasas de Precipitación.** La cantidad de lluvia que cae en un área durante un período de tiempo específico. Se determinan en función de datos históricos y climatológicos, y se utilizan para calcular los caudales máximos esperados.
- ✓ **Pendientes.** Las pendientes se refieren a la inclinación del terreno y son esenciales para comprender cómo el agua se desplaza en la superficie. Las pendientes influyen en la velocidad y dirección del flujo de agua.
- ✓ **Velocidades del Flujo de Agua.** Las velocidades del flujo de agua varían según las características de la superficie y las estructuras presentes.

El caudal de diseño se determina considerando la cantidad de agua de lluvia que cae sobre la calzada y fluye hacia la cuneta, además de la contribución adicional de agua que proviene del escurrimiento de los taludes cercanos a la carretera. Es decir, se calcula teniendo en cuenta tanto la precipitación directa sobre la carretera como el agua que se agrega debido al escurrimiento desde las áreas circundantes.

## 2.6 CRITERIOS DE DISEÑO

En la práctica, es común emplear una combinación de sistemas de drenaje, tanto superficial como profundo, con el objetivo de lograr una evacuación integral y eficaz del agua. No obstante, en zonas extremadamente áridas o con suelos impermeables, a veces solo son necesarios dispositivos de drenaje en la superficie. Según García (2021), a la hora de planificar el sistema de drenaje de una carretera,

es esencial considerar una serie de factores que inciden directamente en la elección del tipo de sistema más apropiado y en su efectividad posterior. Algunos de los aspectos más destacados, según su afirmación son:

- a) **Factores topográficos.** Esta categoría abarca situaciones de naturaleza física, tales como la posición de la carretera con respecto al terreno circundante (en desmonte, terraplén), la configuración del relieve presente (llano, ondulado, accidentado) y la orientación de las pendientes en relación con la vía.
- b) **Factores Hidrológicos.** Se refiere a consideraciones hidrometeorológicas y a la zona de influencia de la cuenca, que abarca las aguas superficiales que inciden directamente sobre la carretera. Además, se abordan aspectos relacionados con la detección de aguas subterráneas, su nivel y flujo, los cuales podrían infiltrarse en las capas más profundas de la infraestructura vial.
- c) **Factores geológicos y geotécnicos.** Los suelos presentes en la zona influyen de manera significativa en el condicionamiento de la vía, particularmente en lo que se refiere a la capacidad del agua para llegar hasta la carretera desde su punto de origen. Además, es relevante evaluar la posibilidad de deslizamientos o erosión excesiva del terreno en función de las propiedades del suelo, como su permeabilidad, homogeneidad, estratificación, compactación y la presencia de vegetación.

## **2.7 BASES DEL DISEÑO DEL PROYECTO**

En el proceso de concebir soluciones para el diseño hidráulico de sistemas de drenaje en la Vía Baños de San Vicente - Sayá, es esencial contar con una sólida plataforma de referencias y regulaciones, así como principios técnicos bien establecidos. Esta sección cumple un papel fundamental al proporcionar los fundamentos y directrices necesarios para respaldar el diseño hidráulico de manera efectiva. A lo largo de esta sección, exploraremos las regulaciones pertinentes, los

conceptos clave del diseño hidráulico, los cálculos esenciales y los factores influyentes que guiarán el desarrollo del diseño. Estas bases son esenciales para asegurar que las soluciones de diseño se ajusten a los estándares y satisfagan las necesidades de la infraestructura vial de manera óptima (Adela, 2019).

### **2.7.1 Cumplimiento normativo**

El cumplimiento normativo es un elemento fundamental en el proceso de diseño hidráulico de sistemas de drenaje en la Vía Baños de San Vicente - Sayá. Esta sección se concentra en cómo se aplicarán los requisitos de las normativas y regulaciones específicas en el desarrollo de soluciones de diseño concretas. La conformidad con las normativas no es simplemente un requisito legal; es un garante de la calidad, seguridad y sostenibilidad del proyecto.

El diseño hidráulico debe estar intrínsecamente vinculado a las normativas aplicables, que abarcan una serie de aspectos técnicos y de seguridad. Estos incluyen, entre otros, las dimensiones y especificaciones de alcantarillas, requisitos de capacidad hidráulica, criterios de calidad de materiales y directrices para la gestión de aguas pluviales. El diseño debe reflejar una adaptación precisa a estos estándares. Para asegurar el cumplimiento normativo, se requerirá una evaluación de las regulaciones pertinentes. Este proceso implica la revisión de las normativas vigentes, la identificación de las especificaciones aplicables a cada componente del sistema de drenaje y el cálculo de los parámetros hidráulicos de acuerdo con los requisitos normativos.

El compromiso con el cumplimiento normativo es continuo y dinámico. En el caso de actualizaciones normativas durante el proceso de diseño, estas deben evaluarse y aplicarse para garantizar que el proyecto siga siendo conforme a los estándares actuales. Además, la adaptación de las regulaciones a las condiciones específicas de la Vía Baños de San Vicente - Sayá es un proceso clave. Esto implica la consideración de factores únicos, como condiciones climáticas, topográficas y geológicas.

## **2.7.2 Adaptación a condiciones locales**

El enfoque de la importancia de entender y ajustar soluciones en el diseño hidráulico para la Vía Baños de San Vicente - Sayá radica en la necesidad de personalizar las soluciones de drenaje para este entorno específico. Comprender las condiciones geográficas y climáticas únicas, así como considerar factores ambientales y ecológicos, es esencial para garantizar que el sistema de drenaje sea eficiente y sostenible. La adaptación precisa a estas condiciones locales no solo cumple con normativas, sino que también asegura la resiliencia y minimiza el impacto ambiental. Este enfoque se traduce en soluciones de diseño que funcionan en armonía con el entorno y satisfacen las necesidades de la Vía Baños de San Vicente - Sayá de manera efectiva y sostenible.

## **2.7.3 Periodo de retorno**

Para el cálculo del periodo de retorno en el contexto de diseño hidráulico y sistemas de drenaje, no se suele utilizar una norma específica, sino que se basa en principios y métodos ampliamente aceptados en ingeniería hidráulica y climatología. Las normas específicas pueden variar según el país y las regulaciones locales. No obstante, en Ecuador, es habitual emplear directrices y pautas ofrecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para llevar a cabo el cálculo del periodo de retorno y abordar otros aspectos vinculados al diseño hidráulico. Estas entidades emiten normativas y guías técnicas que resultan pertinentes para proyectos de ingeniería civil, como los relacionados con sistemas de drenaje.

## **2.8 ANALISIS HIDROLÓGICO**

El Análisis Hidrológico se centra en dos elementos fundamentales, que son, la Precipitación y la Escorrentía, y se ve enriquecido por la consideración integral de la determinación de parámetros morfométricos, tiempos de concentración, duración e intensidad de las precipitaciones, así como el cálculo de caudales mediante la aplicación de diversas metodologías disponibles (Martínez Santos, 2015). En la



- ✓ **Semi – empíricos.** Se basan principalmente en la intensidad de lluvia como parámetro clave y requieren un conocimiento detallado y aplicado del ciclo hidrológico. Los métodos más empleados son el Método Racional y el Método de Ven Te Chow (UNAM, 2018).
- ✓ **Estadísticos:** Son ampliamente utilizados en sectores donde se cuenta con una serie histórica de datos, a partir de la cual se obtienen los caudales máximos anuales. Los métodos más comunes son Gumbel, Normal, Person III (Ramírez, Ghanem & Lárez, 2006).
- ✓ **Modelos matemáticos:** Se pueden aplicar mediante el uso del software HEC-HMS, el cual exige información detallada sobre las características de la cuenca, incluyendo los tiempos de concentración, entre otros parámetros hidrológicos (López *et al.*, 2012).

La disposición de datos desempeña un rol de suma importancia en el proceso de selección del método de análisis hidrológico. En el caso de cursos de agua que cuentan con estaciones hidrométricas cercanas, resulta imperativo recabar los registros de caudales máximos de dichas estaciones, ya que estos datos constituyen un recurso fundamental para la ejecución de un análisis preciso.

Por otro lado, en situaciones donde se pretende estimar el caudal de diseño a partir de información pluviométrica, la obtención de registros de precipitación máxima en un período de 24 horas adquiere un carácter crítico, dado que estos datos representan un elemento esencial para la conducción de un análisis hidrológico riguroso.

### **2.8.1 Análisis de precipitaciones intensas en la zona**

La precipitación la podemos definir como el agua que llega a la superficie terrestre en forma de líquido o sólido, independientemente de su estado físico inicial en la atmósfera, incluye la lluvia, nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae, tales como granizo y nevisca (Quispe Pacompia, 2018).

Además, esta requiere de la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfría y parte de su humedad se condense (Armijos Toledo & Jaime Patricio, 2012). Se debe considerar que, desde el punto de vista de la hidrología, la precipitación representa la fuente principal del agua en la superficie terrestre. Las mediciones y el análisis de la precipitación constituyen el punto de partida fundamental para la investigación y gestión del agua en diversos contextos, incluyendo su uso y control (Máximo Villón, 2014).

La Intensidad de Precipitación se refiere a la cantidad de agua que se acumula en un lapso de tiempo determinado. Por lo general, esta intensidad se mide en milímetros por hora (mm/h). A partir de la magnitud de esta intensidad, es posible categorizar la lluvia en términos de su fuerza, clasificándola como ligera, moderada o intensa. Una precipitación de alta intensidad está relacionada directamente con una tasa elevada de acumulación de agua que impacta, en términos generales, una región o cuenca hidrográfica específica. Su relevancia radica en su aplicación en proyectos relacionados con infraestructura hidráulica y en procesos relacionados con la erosión hídrica, entre otros aspectos de estudio e intervención (Bateman, 2007).

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) publica regularmente análisis estadísticos de intensidades. Estos análisis posibilitan el cálculo, a través de ecuaciones pluviométricas, de la relación entre la Intensidad, la Frecuencia y la Duración de las precipitaciones, lo que da lugar a las denominadas Curvas Intensidad-Frecuencia-Duración (IDF). Estas curvas IDF se desarrollan y aplican para diversas Zonas de Intensidades, y se describen con mayor detalle en las secciones siguientes. Cuando se realiza un análisis basado en registros de precipitación, es fundamental llevar a cabo la delimitación de la cuenca hidrográfica, ya sea la del río o la quebrada en cuestión, junto con la identificación y evaluación de ciertas características físicas. Estas características son esenciales para facilitar la estimación de parámetros críticos, como la relación entre precipitación y caudal.

Además, también se debe realizar un análisis de frecuencia de los datos de precipitaciones en donde la condición es que los datos sean homogéneos e

independientes. Cuando se habla de datos homogéneos en el contexto hidrológico, se hace referencia a la condición de que los datos siempre provengan de la misma población y sean independientes. Esto implica que un evento hidrológico, como una tormenta aislada, no tiene impacto repetido en el conjunto de datos más de una vez.

### **2.8.2 Determinación de la precipitación de diseño para 25 años y 100 años de periodos de retorno**

De acuerdo con (Guachamín *et al.*, 2015), el Periodo de Retorno se erige como uno de los parámetros de mayor relevancia a considerar al momento de diseñar una infraestructura hidráulica destinada a resistir eventos extremos, tales como puentes o diques empleados en la gestión de inundaciones. Dicho periodo de retorno podría definirse como el lapso transcurrido entre dos eventos extraordinarios, potencialmente catastróficos, que suelen ser poco probables. Según la estadística, que constituye la plataforma fundamental para analizar datos hidrológicos, el periodo de retorno se define como el intervalo de tiempo, expresado en años, que transcurre entre la aparición de una tormenta de una cierta intensidad y la ocurrencia de otra de mayor magnitud. El proceso esencial consiste en realizar un análisis estadístico de la serie temporal de datos e información histórica. En otras palabras, una vez que se obtienen los registros de las precipitaciones máximas en un lapso de 24 horas de una o varias estaciones, se someten a un exhaustivo estudio. Luego, se procede a proyectar estos datos para diferentes periodos de retorno, típicamente en intervalos de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Para dicha proyección existen varias metodologías disponibles, como la Distribución Normal, la distribución de Pearson III, no obstante, el método más ampliamente empleado es el de Gumbel. En lo que respecta al periodo de retorno aplicado a carreteras, la elección de dicho periodo se determina en función de su relevancia (Ponce, 2017). En situaciones específicas, la selección del periodo de retorno dependerá de las directrices establecidas en los estudios de referencia.

### **2.8.3 Método de Gumbel**

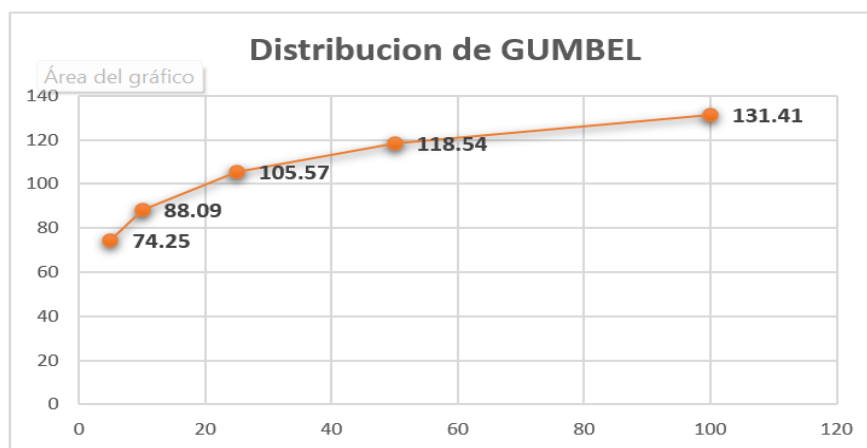
La distribución de Gumbel ha sido usada durante mucho tiempo debido a sus excelentes resultados al tratar con valores extremos que son independientes de



variables meteorológicas. Además, parece adaptarse de manera bastante adecuada a los valores máximos de precipitación en distintos intervalos de tiempo. Asimismo, se ha comprobado su utilidad en la resolución de problemas prácticos de ingeniería, incluyendo el diseño de sistemas de drenaje y diversas estructuras hidráulicas, que incluyen el cálculo de dimensiones y características pertinentes (González Laprea, 2020).

**Figura 15**

*Representación gráfica convencional de una distribución de Gumbel utilizada para ilustrar datos de precipitación.*



*Nota.* Tomado de *Manual de carreteras Luis Bañon Blázquez.*

Como ya se ha indicado anteriormente, para llevar a cabo un análisis para diferentes periodos de retorno (5, 10, 25, 50, 100 años), la formulación prescrita para encontrar la función de probabilidad es la siguiente:

$$F(x) = 1 - \frac{1}{T(x)}$$

Donde:

F(x)= Función de probabilidad

T(x)= Periodo de retorno para la intensidad "X" (años)

Posteriormente, la probabilidad de excedencia de un valor "X" se expresa de la siguiente manera:

$$P = 1 - F(x) = 1 - e^{-e^{-y}}$$

Donde:

P= Probabilidad de excedencia de un valor "X"

e= Base de logaritmos naturales = 2.718

y= Variable reducida

x= Magnitud de la variable

La magnitud de la variable posee la siguiente formulación:

$$X = \bar{x} + Ks_x$$

Además

$$y = -\ln[-\ln(1 - p)]$$

Donde:

$\bar{x}$ = Promedio aritmético de la serie de datos

K= factor de frecuencia

$S_x$  = Desviación estándar de la serie de datos

Debido a que Gumbel es conocida como la función de probabilidad de valor extremo tipo I cuando  $k=1$ , tenemos lo siguiente:

$$y = \frac{X - u}{\alpha}$$

$$y = \frac{X - u}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}s}{\pi}$$

$$u = \bar{X} - 0.5772\alpha$$

$$X = u - \alpha[\ln(-\ln(Fx))]$$

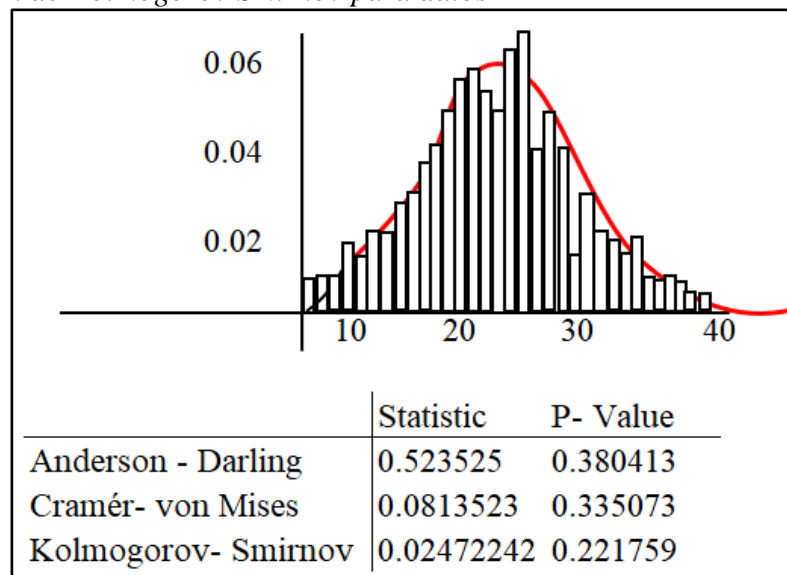
*Nota.* Tomado de *Manual de carreteras Luis Bañón Blázquez.*

### 2.8.4 Bondad de ajuste, método de Kolmogorov Smirnov

El método de Kolmogorov-Smirnov es un test de bondad de ajuste que se utiliza para analizar una muestra. Esto implica que posibilita la evaluación del nivel de similitud entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica (Huaylla, 2015).

**Figura 16**

*Aplicación de Kolmogorov Smirnov para datos*



*Nota.* Tomado de *Diseño Hidráulico de sistemas de drenaje menores, Costa Rica.*

El propósito de esta prueba es identificar y determinar si los datos analizados o las mediciones de la muestra se originan en una población que sigue una distribución teórica específica. Por lo general, el procedimiento a seguir implica verificar si la serie de datos de precipitaciones se asemeja a una distribución teórica. Una vez que se ha confirmado esta hipótesis, se avanza hacia la proyección de caudales máximos futuros. En otras palabras, este proceso sirve como un paso

preliminar antes de aplicar el método de Gumbel. El procedimiento para llevar a cabo la prueba de Kolmogorov-Smirnov se puede resumir en los siguientes pasos:

- ✓ Seleccionar la muestra de la población a la cual se aplicará la prueba.
- ✓ Plantear dos hipótesis para la muestra.
- ✓ Ho (hipótesis nula): Ajuste adecuado a la distribución teórica
- ✓ Ha (hipótesis alternativa): Ajuste no adecuado a la distribución teórica.
- ✓ Extraer las variables necesarias según el patrón de comportamiento de los datos.
- ✓ Calcular la frecuencia observada para cada uno de los intervalos, asegurando que la suma de las frecuencias observadas sea igual al tamaño de la muestra, por ejemplo, 100.
- ✓ Calcular la frecuencia observada relativa (FOR), que representa la proporción de observaciones en cada intervalo respecto al tamaño total de la muestra.
- ✓ Calcular la frecuencia observada relativa acumulada (FORA) y la frecuencia esperada relativa acumulada (FERA) para cada intervalo.
- ✓ Calcular el estadístico de prueba "D" para cada intervalo. Este estadístico representa la máxima discrepancia entre la distribución acumulada observada (FORA) y la distribución acumulada esperada (FERA).

$$D = \text{Sup} |F_n(x) - F(x)_i|$$

Buscamos el valor "Dt" en la tabla, en base a los valores de tamaño de muestra y un alfa " $\alpha$ ".

Si el valor calculado de "D" es menor que el valor de "Dt", se acepta la hipótesis nula (Ho), lo que significa que los datos se ajustan adecuadamente a la distribución teórica propuesta.

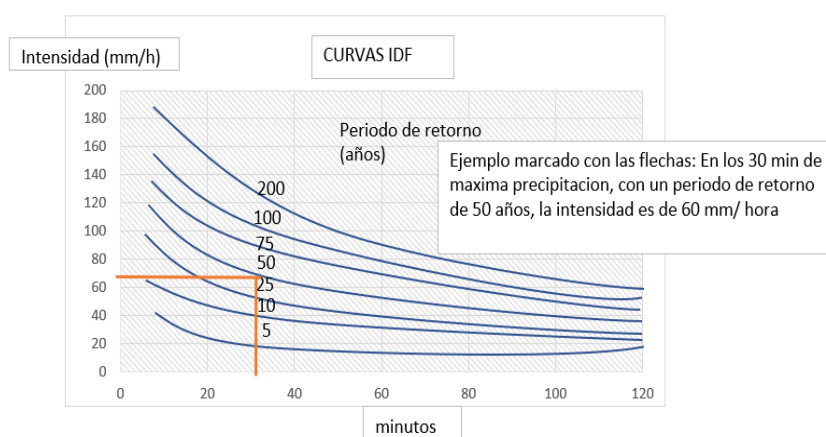
Si el valor calculado de "D" es mayor que el valor de "Dt", se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo que indica que los datos no se ajustan adecuadamente a la distribución teórica propuesta.

## 2.8.5 Curvas intensidad- duración – frecuencia (IDF)

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) son representaciones gráficas que muestran la relación entre la intensidad de la precipitación, su duración y la frecuencia o periodo de retorno. Estas curvas se elaboran trazando líneas que conectan puntos que representan la intensidad promedio en intervalos de distintas duraciones (Guerrero, 2018). Todos estos puntos corresponden a una frecuencia o periodo de retorno específico, como se ilustra en la figura 17.

### Figura 17

*Representación gráfica de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) basada en una serie de datos de precipitación específicos.*



## 2.8.6 Determinación de la ecuación de frecuencia de intensidades

Para utilizar los datos de lluvia de manera efectiva en diversas áreas de la ingeniería, es crucial comprender la estrecha relación entre las cuatro características fundamentales de las precipitaciones: intensidad, duración, frecuencia y distribución. Estos elementos están interrelacionados y desempeñan un papel fundamental en el análisis y diseño de sistemas y estructuras relacionadas con el agua y la meteorología (Guachamín, 2015).

El conocimiento de la distribución espacial de las precipitaciones, como se mencionó previamente, se deriva de un análisis regional de los datos registrados en

diferentes estaciones pluviográficas o de las mediciones de las cantidades de lluvia realizadas en pluviómetros en intervalos de tiempo.

### **2.8.6.1 Estudio de intensidades**

Después de obtener las precipitaciones máximas para diversas duraciones y periodos de retorno, es necesario ajustarlas en función de la intensidad máxima en 24 horas. Este proceso se utiliza para trazar y ajustar las curvas de intensidades y se puede representar mediante la siguiente ecuación (INHAMI).

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

Ecuación en función de  $I_d$

$$I_{TR} = \frac{K * I_{d_{TR}}}{t^n}$$

Donde:

$I_{TR}$  = Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno (mm/h)

$I_{d_{TR}}$  = Intensidad diaria para un periodo de retorno en (mm/h)

$TR$  = Periodo de retorno

$t$  = Tiempo de duración de la lluvia en minutos

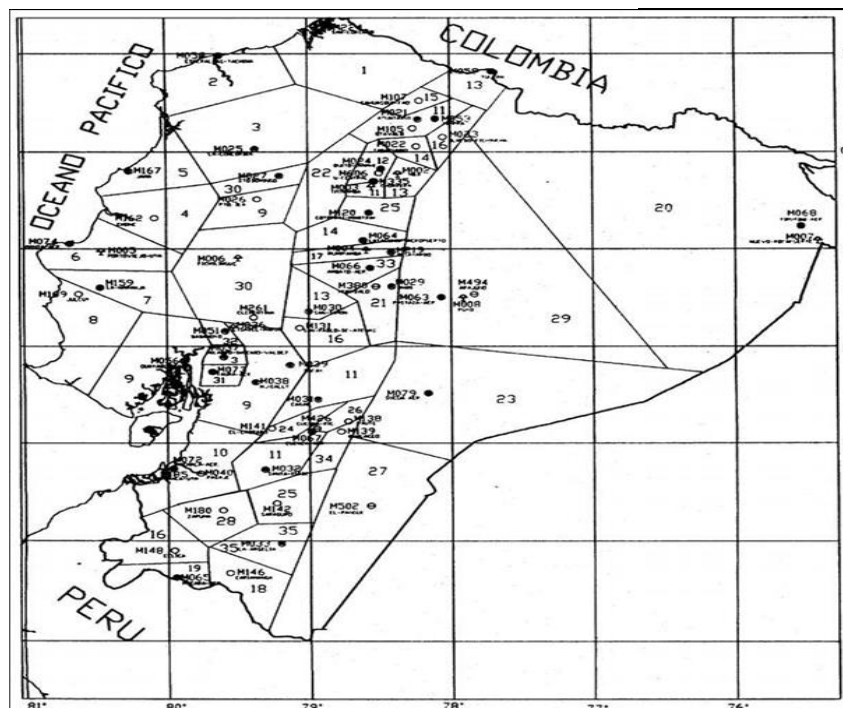
$K, m$  y  $n$  = Constantes de ajuste determinado aplicado mínimos cuadrados.

La caracterización de pluviográfica a nivel nacional es uno de los aspectos fundamentales para el diseño de infraestructuras de drenaje. Por lo tanto, el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) ha considerado esencial y oportuno actualizar los estudios de intensidad existentes, aprovechando la información disponible de estaciones de registro de lluvias y mediciones pluviométricas. Esto se realiza con el propósito de obtener una comprensión más completa de los diferentes escenarios y mejorar la apreciación de los mismos en el contexto de la ingeniería hidráulica y de drenaje.

Esta entidad ha desarrollado ecuaciones para las 35 zonas características definidas en Ecuador en el año 1999. Estas ecuaciones se basan en la comparación de datos de intensidades obtenidos de 178 estaciones meteorológicas representativas de todo el país. Se ha establecido una relación entre los valores de intensidades de lluvias excepcionales y las precipitaciones máximas registradas en 24 horas. El objetivo principal es que, si se conoce el valor de la precipitación máxima en 24 horas en cualquier lugar del país, se pueda obtener la intensidad correspondiente para el diseño de una obra hidráulica utilizando la ecuación específica para la zona en cuestión. Esto facilita el diseño y la planificación de obras hidráulicas en todo el territorio ecuatoriano. (En la Fig. 18 está representada la distribución de zonas en el país).

**Figura 18**

*Zonificación de intensidades en Ecuador.*



*Nota.* Tomado de *Estudio de lluvias intensas INAMHI - Luis Rodríguez Fiallos (1999).*

Como se ha mencionado anteriormente, las ecuaciones de intensidades se expresan en función de  $\frac{ITr}{IdTR}$ . Para calcular la intensidad en una ubicación específica donde se está diseñando una obra, es necesario consultar los mapas de isolíneas de intensidades de precipitación. A partir de estos mapas, se debe identificar el valor

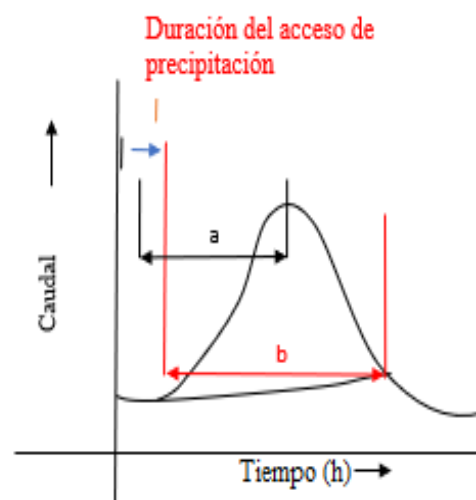
de IdTR correspondiente al periodo de retorno considerado y sustituirlo en la ecuación específica de la zona. De esta manera, se obtiene directamente la intensidad de lluvia en milímetros por hora (mm/h) para el área de interés.

### 2.8.6.2 Tiempo de concentración

El Tiempo de Concentración se refiere al período que una gota de agua necesita para desplazarse desde el punto más distante en términos hidráulicos dentro de una cuenca hasta su salida. Una vez que ha transcurrido el tiempo de concentración, se supone que toda la cuenca contribuye al flujo hacia la salida. Dado que hay una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad, donde a mayor duración corresponde menor intensidad, se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración " $t_c$ ". El tiempo de concentración real está influenciado por diversos factores, entre ellos la configuración en planta de la cuenca (siendo una cuenca alargada asociada a un tiempo de concentración mayor), la pendiente (puesto que una mayor pendiente genera flujos más rápidos y, en consecuencia, un tiempo de concentración menor), el tamaño del área, y otros aspectos más. Sin embargo, la mayoría de las fórmulas utilizadas para calcular el tiempo de concentración consideran principalmente la pendiente, la longitud del cauce más largo desde la divisoria y el área de la cuenca. Estos son los parámetros clave para estimar el tiempo de concentración en el diseño de obras de drenaje y control de inundaciones (Castillo, 2016).

**Figura 19**

*Tiempo de concentración*





**Tabla 1***Tiempo de concentración para cuencas (Tc)*

<b>Autor</b>	<b>Expresión</b>	<b>Observaciones</b>
Normas españolas	$T_c = 18 L^{0,76} / S^{0,18}$	
California cauces naturales	$T_c = 57 (L^3 / H)^{0,385}$	Cuencas para cordilleras y cerros empinados
Giandotti	$T_c = 60 ((4A^{0,3} + 1,5 L)(0,8 Hm^{0,5}))$	Cuencas pequeñas con pendientes
SCS (1979)	$T_c = 258,7 L^{0,8} ((\frac{1000}{CN} - 9))^{0,7} / 1900S^{0,5}$	Cuencas rurales

*Nota.* Tomado de *Manual de Carreteras de INVIAS*.

Ecuación de California Culverts Practice

$$t_c = 0,9545 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Donde:

$T_c$  = El tiempo de concentración (horas)

L= Longitud del cauce principal (km)

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

### **2.8.7 Cálculo de caudales de diseño para alcantarillas, aplicando el “Método Racional”.**

El Método Racional es una técnica que parte de la suposición de que el escurrimiento máximo producido por una tormenta es directamente proporcional a la cantidad de lluvia que cae. Esta suposición se cumple con mayor precisión en cuencas predominantemente impermeables o cuando la magnitud de la lluvia es considerable y el área de captación está saturada (Castillo, 2013).

Este método es una aproximación simple utilizada para estimar el caudal máximo en cuencas de drenaje pequeñas que no superen los 1.6 kilómetros cuadrados. Se basa en datos de precipitación local, las características del área de la cuenca, su topografía y el tipo de suelo. El Método Racional proporciona una herramienta útil para determinar el caudal esperado en función de estos parámetros, lo que lo hace valioso en el diseño y análisis de sistemas de drenaje en áreas con cuencas de tamaño limitado.

La formulación usada es la siguiente:

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

Donde:

Q= el caudal máximo probable ( $m^3$ /seg)

C= el coeficiente de escorrentía (tabla 2)

I= la intensidad de la precipitación (mm/h)

A= Área de la cuenca de drenaje (Ha)

La intensidad de la lluvia se relaciona con el valor promedio y la duración temporal de la precipitación.

#### ***2.8.7.1 Coeficiente de escorrentía.***

Establece la relación entre la cantidad total de lluvia que cae y la que finalmente se convierte en escurrimiento superficial. Su valor está influenciado por diversos factores, como la permeabilidad del suelo, la topografía de la cuenca, las pendientes longitudinales y la cobertura vegetal en la zona (Romera, 2010).

Estos elementos determinan cuánta lluvia se infiltrará en el suelo y cuánta fluirá directamente como escorrentía, como se muestra en la figura 20.

## Figura 20

*Incidencia del coeficiente de escorrentía en el método racional.*



*Nota.* Tomado de ADS Mexicana S.A. de C.V., (2022).

En la Tabla 2 se observan valores típicos para el coeficiente de escorrentía “C” en función de los factores que se nombró inicialmente.

**Tabla 2**

*Coefficientes de escorrentía*

Tipo de terreno	Coefficientes de escorrentía
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% -7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7 %	0,25 – 0,60
Zona de cultivo	0,20 – 0,40

*Nota.* Tomado de MTOP 2003.

### ***2.8.7.2 Cálculo de caudales para puentes, método SCS (Soil Conservación Service, EEUU).***

Establece la relación entre la cantidad total de lluvia que cae y la que finalmente se convierte en escurrimiento superficial. Su valor está influenciado por

diversos factores, como la permeabilidad del suelo, la topografía de la cuenca, las pendientes longitudinales y la cobertura vegetal en la zona. Estos elementos determinan cuánta lluvia se infiltrará en el suelo y cuánta fluirá directamente como escorrentía (Maya, 2011).

**a) Cálculo de volumen de escorrentía directa.**

La ecuación es:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{S + P - I_a} \quad \text{Para } P \geq I_a$$

Donde:

Q = Esgurrimiento superficial

$I_a$  = Abstracciones iniciales (pérdidas por intercepción, almacenamiento en depresiones e infiltración, antes de que se produzca el escurrimiento)

S = Retención potencial máxima (la mayor cantidad de lluvia que la cuenca puede retener).

P = Profundidad del evento de precipitación

La observación empírica indica que el escurrimiento directo representa alrededor del 20% de la capacidad máxima de retención, así  $I_a = 0.2 * S$ . Por lo tanto, la ecuación de escurrimiento se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{P + 0.8 * S}$$

El valor de S en (mm) se relaciona con el número de curva de escorrentía (CN), por la definición:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

El valor de la retención potencial máxima (S) depende de cinco factores clave: el uso de la tierra, la interceptación, la infiltración, el almacenamiento en depresiones y las condiciones de humedad previas. Por otro lado, el valor del coeficiente de número de curva (CN) es un parámetro hidrológico que representa el potencial para generar escurrimiento cuando los suelos no están congelados.

Un valor alto de CN indica un alto potencial de escurrimiento, mientras que un valor bajo indica lo contrario. El CN se relaciona empíricamente con tres factores principales: el tipo de suelo, la cobertura vegetal y las condiciones previas de humedad.

Los números de curvas se aplican bajo condiciones de humedad antecedente normales (AMC II), pero existen ajustes para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), que se especifican en la Tabla 3 según las condiciones específicas en la cuenca o área de estudio.

**Tabla 3**

*Clasificación de condición antecedentes de humedad para el método. (SCS)*

<b>PRECIPITACIÓN ACUMULADA PARA TRES NIVELES DE CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE</b>	
<b>CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE (AMC)</b>	<b>Precipitación acumulada de los 5 días previos al evento en consideración (cm)</b>
I	0.00-3.30
II	3.50-5.25
III	Más de 5.25

*Nota.* Tomado de *Manual de drenaje para carreteras de INVIAS*.

Los números de curva se han tabulado por el "Soil Conservation Service" en función del tipo de suelo y el uso de la tierra. Se han definido cuatro grupos de suelos, que se detallan en la Tabla 4. Estos grupos sirven como una referencia para asignar valores de coeficiente de número de curva (CN) en función de las características del suelo y el uso de la tierra en una determinada área.

**Tabla 4***Grupos hidrológicos del suelo (SCS)*

<b>GRUPO HIDROLOGICO</b>	<b>POTENCIAL DE ESCORRENTÍA</b>	<b>INFILTRACIÓN CUANDO LA TIERRA ESTA HÚMEDA</b>	<b>SUELOS TÍPICOS</b>
<b>A</b>	ESCASO	ALTA	Suelos con excesivo drenaje, compuestos principalmente por arenas y grava.
<b>B</b>	MODERADO	MODERADO	Suelos de texturas medias.
<b>C</b>	MEDIO	LENTA	Suelos de textura fina o con una capa que dificulta el drenaje hacia abajo.
<b>D</b>	ELEVADO	MUY LENTA	Suelos de arcilla compactada o con capas impermeables poco profundas.

*Nota.* Tomado de *Manual de drenaje para carreteras de INVIAS*

#### **b) Cálculo del Tiempo de Escorrentía y Caudal de Punta**

✓ **Hidrograma.** Un hidrograma es un gráfico que muestra el comportamiento del caudal acumulado a lo largo del tiempo durante una tormenta o evento de precipitación. Este gráfico permite visualizar cómo varía el flujo de agua a lo largo de la duración de la tormenta, lo que es esencial para comprender y analizar los patrones de escurrimiento y diseñar estructuras hidráulicas y de drenaje adecuadas (Rojas Marmolejo, 2018).

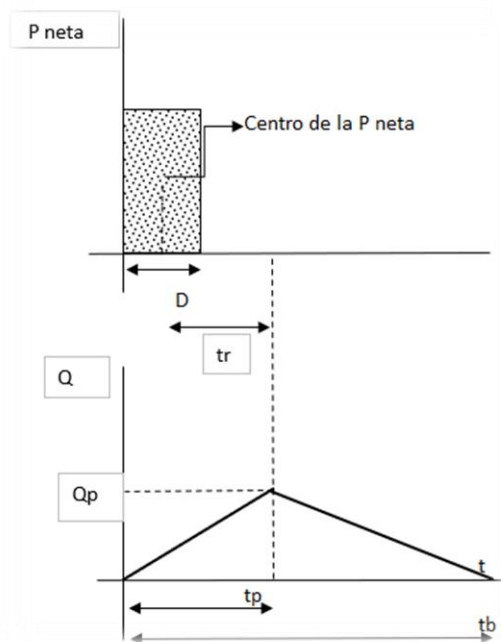
✓ **Hidrograma Unitario Triangular.** Es un método lineal comúnmente utilizado en hidrología para modelar el comportamiento de una cuenca. Se le llama "unitario" porque el área bajo el hidrograma se ajusta a 1 centímetro (cm), y "triangular" debido a su forma característica que se asemeja a un triángulo. Este enfoque es utilizado para simplificar la representación de la respuesta hidrológica de una cuenca y es especialmente

útil en el análisis de eventos de precipitación y escurrimiento (Museum, 2009).

El Hidrograma Unitario Triangular se define al especificar su tiempo base y su caudal pico. En la figura que se presenta a continuación, se pueden observar los factores que influyen en la construcción de este hidrograma. Estos factores son fundamentales para modelar y comprender la respuesta hidrológica de una cuenca en relación con un evento de precipitación específico, (ver figura 21).

**Figura 21**

*Forma del hidrograma Triangular*



*Nota. Tomado de Irrigación y drenaje – Hugo Amado Rojas.*

Los valores de las distintas relaciones en el gráfico se derivan de fórmulas empíricas y se detallan a continuación:

$$t_p = 0.5 * D + 0.6 * t_c$$

$$Q_p = \frac{0.208 * A * P}{t_p}$$

$$t_b = 2.67 * t_p$$

Donde:

T<sub>p</sub>= tiempo de punta (horas)

Q<sub>p</sub>= caudal de punta (m<sup>3</sup>/seg)

A= área de drenaje (Km<sup>2</sup>)

P= precipitación efectiva (8mm)

D= duración de la precipitación efectiva

T<sub>c</sub>= tiempo de concentración.

$$t_r = 2.587 * L^{0.8} \frac{\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{1900 * H^{0.5}}$$

Donde:

T<sub>r</sub>= tiempo de retardo (horas)

L= longitud de cauce del río (m)

CN= número de curva debida al escurrimiento

H= pendiente media de la cuenca (%)

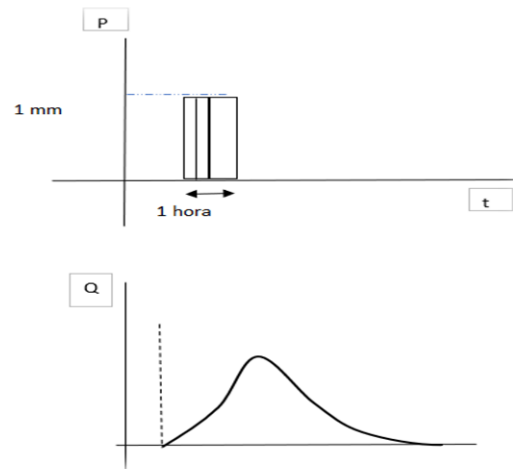
### **2.8.7.3 Método del hidrograma unitario**

Representa cómo la cuenca responde a las características de la lluvia que genera dicho evento. Por otro lado, un "Hidrograma Unitario" que se muestra en la figura 22, se refiere a un hidrograma que es producido por una lluvia efectiva unitaria, que se expresa en milímetros. En términos sencillos, el hidrograma unitario es el resultado obtenido al considerar una lluvia efectiva de un milímetro como la entrada para el análisis hidrológico. Este concepto resulta útil en hidrología para estudiar y modelar la respuesta de la cuenca ante diversos eventos de lluvia. La premisa básica del hidrograma unitario conceptual es que la lluvia se distribuye de manera uniforme en toda la cuenca (Jaime Álvarez & Guido Calle, 2013).



## Figura 22

### Hidrograma unitario

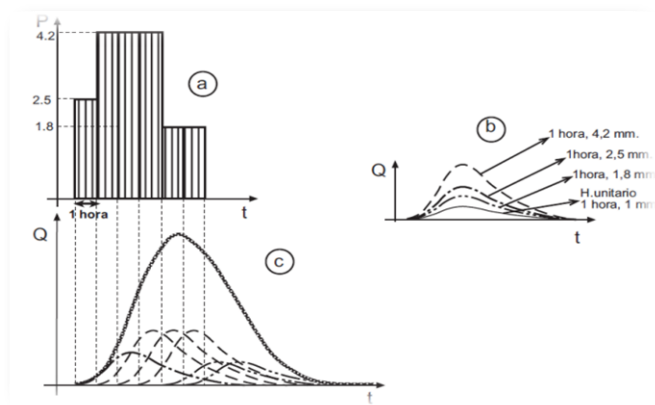


Nota. Tomado de *Irrigación y drenaje*– Hugo Amado Rojas.

El hidrograma total se obtiene al sumar los hidrogramas individuales de cada intervalo de tiempo durante el evento de precipitación, desplazándolos en el tiempo de acuerdo con su duración respectiva, tal y como se muestra en la figura 23, y esto nos proporciona una representación integral de la respuesta del flujo de agua en un río o arroyo a lo largo de todo el período de precipitación.

## Figura 23

a) Representación gráfica de la distribución temporal de la precipitación, conocida como hietograma. b) Gráfico que muestra el comportamiento del caudal para cada hora, denominado hidrograma por hora. c) Hidrograma resultante, que refleja la respuesta total del sistema hidrológico después de considerar la distribución temporal de la precipitación.



Nota. Tomado de *Irrigación y drenaje*– Hugo Amado Rojas.

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 Tipo**

De acuerdo con (Narváez, 2014), este tipo de investigación es aplicada, debido a su enfoque práctico y búsqueda de aplicar conocimientos teóricos en soluciones concretas para problemas reales en la infraestructura hidráulica y la mejora de la práctica profesional en ingeniería hidráulica.

El propósito fundamental de esta investigación es aplicar los principios de diseño hidráulico para proponer mejoras significativas o desarrollar nuevas metodologías que optimicen los sistemas de drenaje en la vía Baños de San Vicente - Sayá.

#### **3.1.2 Nivel**

El nivel de esta investigación se clasifica como aplicativo y descriptivo, de acuerdo con (Condori-Ojeda, 2020), ya que involucra de manera evidente una intervención, aunque esta no implica una manipulación deliberada, como es característico en los experimentos. En cambio, se trata de una intervención dirigida a satisfacer las necesidades específicas de la población objetivo. Además, conoce, identifica y describe las características de lo que se va a investigar.

El objetivo primordial de esta investigación es analizar detalladamente las condiciones actuales del sistema de drenaje de la vía Baños de San Vicente – Sayá. Asimismo, se busca implementar mejoras sustanciales en dicho sistema, fundamentadas en principios hidráulicos y en estricta adherencia a las normativas nacionales vigentes.

## **3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1 Método**

Según Ortega (2020), el método empleado en la investigación es predominantemente cuantitativo, ya que basa en la recopilación de datos numéricos para analizar patrones, relaciones y efectuar mediciones en las propiedades hidráulicas y de drenaje de la vía. Este método cuantitativo proporciona una base sólida para evaluar de manera precisa el rendimiento de los sistemas de drenaje propuestos.

### **3.2.2 Enfoque**

Según Baties, (2021), el enfoque se orienta hacia la resolución práctica de desafíos específicos en el ámbito de la ingeniería civil, con el objetivo de contribuir al mejoramiento de la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas de drenaje en esta ubicación particular, promoviendo así la seguridad vial, la prevención de inundaciones y la preservación del entorno ambiental. Este estudio busca aportar conocimientos y directrices prácticas para el diseño hidráulico de infraestructuras viales.

### **3.2.3 Diseño**

Según Andrés Muguira (2023), el diseño de investigación representa la estructura integral que el investigador elabora para obtener respuestas a sus preguntas o validar la hipótesis de investigación. Este diseño desglosa las estrategias fundamentales que el investigador emplea con el fin de generar información precisa e interpretable. En esencia, los diseños son las tácticas que utilizamos para obtener respuestas en el proceso investigativo.

### **3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

#### **3.3.1 Población**

La población es el conjunto de individuos u objetos que comparten propiedades similares (P. Condori-Ojeda, 2020). En este contexto, la población comprende los 6.30 km de longitud de la vía Baños de San Vicente – Sayá.

#### **3.3.2 Muestra**

López (2004) nos dice que, la muestra constituye una representación significativa de la población. La población estadística para el presente proyecto de investigación está conformada por el abscisado de la vía Baños de San Vicente - Sayá que se encuentra desde la abscisa 0+000 desde la intersección con la vía a Baños de San Vicente, hasta la 6+280 al ingresar al área habitada por los comuneros de Sayá.

#### **3.3.3 Muestreo**

López (2004) detalla que, es la técnica empleada para elegir los elementos que conformarán la muestra a partir del conjunto total de la población. Se trata de un conjunto de reglas, procedimientos y criterios que guían la selección de un grupo de elementos de una población, representando así de manera significativa las características generales de toda la población. Por lo cual en esta investigación se usará el levantamiento topográfico de la vía y los cauces que la atraviesan junto a los datos de las alcantarillas existentes.

### **3.4 UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO**

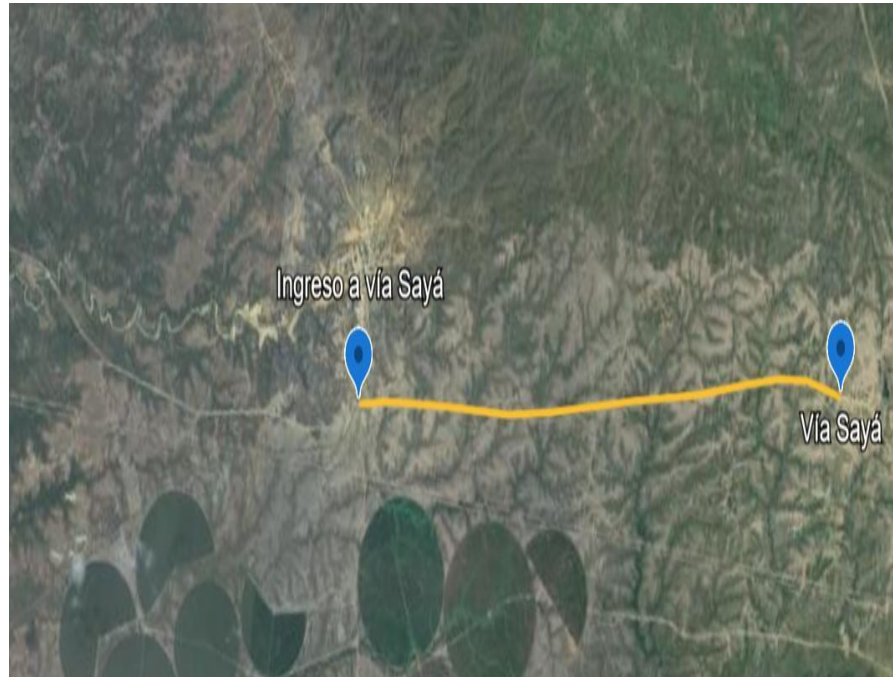
#### **3.4.1 Baños de San Vicente – Sayá**

La zona de estudio comprende a la Vía Baños de San Vicente – Sayá de la comuna de Santa Elena, Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena. En esta área

fue realizado el levantamiento topográfico (ver figura 24), que fue necesario para el diseño de los drenajes viales, proporcionando datos detallados sobre la altimetría y pendientes del terreno, debido a que esto asegura la ubicación y dimensionamiento precisos de alcantarillas, la extensión de la vía es de 6.30 km.

#### **Figura 24**

*Zona de Estudio: Vía Baños de San Vicente - Sayá*



*Nota. Trazado de la vía Baños de San Vicente – Sayá. tomado de Google Earth Pro.*

### **3.4.2 Levantamiento topográfico**

Desde una perspectiva topográfica, el concepto de "levantamiento" implica la recopilación de información acerca de un objeto o lugar, así como su representación gráfica en dos o tres dimensiones, utilizando un sistema de proyección. La metodología preferida para la representación final suele ser el sistema acotado. Dado que los resultados del levantamiento nos ofrecen una comprensión más profunda de nuestro entorno, este proceso puede ser considerado como un método de investigación (Cruz Meléndez, 2008).

### 3.5 RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN GENERAL EXISTENTE

Se procedió a realizar la recopilación y procesamiento de la información general existente para el área de influencia del proyecto vial (cartografía y topografía), así como de investigaciones de campo.

#### 3.5.1 Información cartográfica y topográfica

Se contó con la siguiente información básica: I) la carta cartográfica “Zapotal” publicada por el IGM a escala 1:50000 (ver figura 25), que abarca el área de influencia del proyecto vial; y, II) la faja topográfica del eje vial del proyecto, proyectada a escala 1:20000 para realizar un trazado horizontal de la vía y elaborar el abscisado.

**Figura 25**  
*Cartografía Zapotal*



*Nota. Cartografía Zapotal. Tomado del Instituto Geográfico Militar (2021).*



### 3.5.4 Red de estaciones meteorológicas (INAMHI, 2012)

La estación meteorológica que se ha considerado para el análisis del presente estudio es: El Azúcar (M0223) debido a la cercanía con el área del proyecto de la vía Baños de San Vicente – Sayá, cabe recalcar que esta estación meteorológica fue obtenida mediante datos procesados en la prefectura de Santa Elena, basándose en las mediciones que tiene el INHAMI.

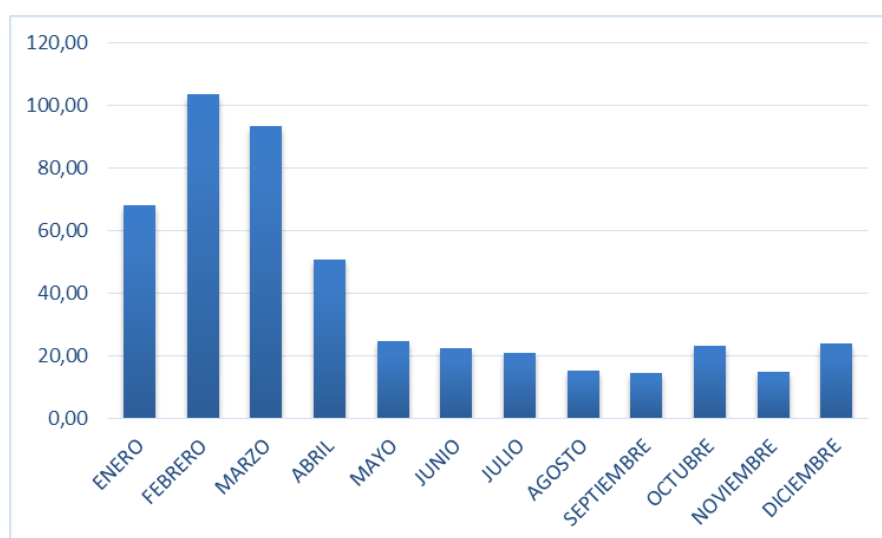
### 3.5.5 Bioclima y ecología

Al proyecto le corresponde un clima tropical húmedo y seco con variaciones de precipitación en dos épocas bien definidas en el año; una lluviosa, que se establece de diciembre a mayo, tal y como se muestra en la figura 27, meses donde se produce la casi totalidad de las precipitaciones, y, otra seca, presentándose de junio a noviembre MOP (2003).

Tomando como base la lluvia mensual de la Estación El Azúcar (ver figura 27), ubicada cerca del área del proyecto vial, se ha estimado, conveniente representar en forma gráfica el régimen de lluvia imperante.

**Figura 27**

*Régimen de lluvias obtenidos y considerados*



Nota. Lluvia mensual de la Estación El Azúcar. Tomado de datos de (Prefectura de Santa de Elena , Lluvias mensuales de la estación El Azúcar).





### 3.7 ANÁLISIS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS - ÁREAS DE APORTACIÓN

El análisis de cuencas y áreas de aportación se refiere a un estudio detallado de las zonas geográficas que contribuyen al flujo de agua hacia un punto específico, como un río, arroyo o un punto de descarga en un sistema de drenaje. Este análisis implica identificar y delimitar geográficamente las áreas desde las cuales el agua fluye hacia un punto común.

#### 3.7.1 Datos de las cuencas hidrográficas

A continuación, se muestran las abscisas y las cotas de los puntos bajos donde es necesario una alcantarilla para que facilite el drenaje pluvial:

**Tabla 5**

*Datos de drenaje de la vía Baños de San Vicente – Sayá*

Puntos de drenaje	Abscisa	Cota de invert de entrada
1	1+446	87,57
2	2+345	93,55
3	2+590	96,18
4	3+734	97,16
5	3+927	100,46
6	5+218	107,7
7	5+596	108,86
8	6+115	110,74

Es importante aclarar que los puntos 3 y 5 son los lugares que no cuentan con sistemas de drenajes, mientras que el resto de puntos si cuentan con alcantarillas.

El levantamiento topográfico y la información cartográfica a escala 1:50000 proporcionada por el IGM, nos permitirá reconocer las áreas portables de los cauces que atraviesan la vía. A continuación, se muestran en la figura 29, la extensión de cada una de las cuencas, subcuencas pertenecientes a los cauces que interceptan a lo largo de la vía:

**Figura 29**

Áreas de aportación de los cauces que atraviesan la vía Baños de San Vicente - Sayá



Nota. Realizado con datos obtenidos del levantamiento topográfico y cartografía Zapotal. Importado a Google Earth Pro.

Los resultados derivados del análisis de áreas y perímetros, junto con la información concerniente a los cauces de cada cuenca, están incluidos en la sección 4.3.

### 3.8 CAUDALES DE DISEÑO MEDIANTE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Los caudales de diseño se calcularán mediante la aplicación del Método Racional desarrollado por ing. civil estadounidense Horace Horton, el cual considera la intensidad de lluvia, el área de drenaje y el coeficiente de escorrentía. La fórmula empleada para calcular estos caudales se describe mediante la siguiente relación matemática:

$$Q = C I A$$

Dónde:

- Q Caudal de diseño ( $m^3/s$ )
- C Coeficiente de escorrentía adimensional.

I Intensidad de lluvia (mm/h)

A Área de drenaje (m<sup>2</sup>)

Este proceso permitirá determinar los caudales previstos en el diseño del sistema de drenaje.

### 3.8.1 Tiempo de Concentración (Tc)

A partir de la información cartográfica disponible, se recopilarán datos como áreas de drenaje, longitud del cauce y desnivel medio de cada cuenca asociada a las alcantarillas en evaluación. Estos datos se utilizarán para calcular el tiempo de concentración utilizando uno de los métodos existentes como lo es el método de California.

$$T_c = 0.9545 (L^3/H)^{0.385}$$

Dónde:

Tc Tiempo de concentración (horas).

L Longitud del cauce principal (km)

H Desnivel medio de la cuenca (m)

Es crucial mencionar que este método es aplicable exclusivamente a áreas de drenaje iguales o inferiores a 500 hectáreas; para áreas de mayor extensión, se emplea otro método de cálculo. Además, se estableció que el tiempo mínimo de concentración para el drenaje de las alcantarillas será de 10 minutos. Esta información subrayará la limitación del método en relación con el tamaño de las áreas de drenaje y establecerá un estándar mínimo para el tiempo de concentración utilizado en el drenaje de las alcantarillas.

#### 3.8.1.1 Desnivel (H)

El desnivel es la resta entre la altura máxima y la altura mínima.

### 3.8.2 Intensidad de lluvia (I)

En este proyecto, se calcularán las intensidades de lluvia con periodos de retorno de 25 y 50 años, con el objetivo de obtener una comprensión detallada de los rangos de precipitación. A pesar de ello, el diseño de la carretera se realizará considerando un periodo de retorno de 25 años. La estación El Azúcar (M0223) fue seleccionada para el análisis de intensidad debido a su proximidad en comparación con otras estaciones evaluadas. Esta elección se fundamenta en la relevancia de la estación en proporcionar datos precisos y representativos para las condiciones locales del área de estudio. Los datos meteorológicos e hidrológicos de dicha estación presentan las precipitaciones máximas para varias frecuencias y duraciones, que permiten derivar las curvas de intensidades – duración – frecuencia (I-D-F), siendo fundamentales para el cálculo de las tasas de lluvia en los periodos de retorno seleccionados para el diseño del proyecto. Es importante mencionar que las tablas y gráficos junto con la estación El azúcar, son datos procesados en la prefectura de Santa Elena, basándose en las mediciones que tiene el INHAMI.

**Tabla 6**

*Alturas de precipitación máxima para varias frecuencias y duraciones, estación El Azúcar*

Pr	Pmax (24 h)	Precipitación máxima (mm)								
		5	10	20	30	1	2	6	12	24
Años	mm	min	min	min	min	hora	horas	horas	horas	horas
2	63,7	5,0	8,4	13,9	18,3	27,7	33,3	44,2	53,3	63,7
5	104,8	8,2	13,8	22,8	30,0	45,6	54,7	72,6	87,6	104,8
10	132,0	10,3	17,4	28,7	37,8	57,4	68,9	91,4	110,3	132,0
25	166,3	12,9	21,9	36,2	47,7	72,3	86,8	115,2	139,0	166,3
50	191,8	14,9	25,3	41,7	55,0	83,4	100,1	132,9	160,3	191,8
100	217,08	16,9	28,6	47,2	62,2	94,4	113,3	150,4	181,5	217,1
500	275,5	21,5	36,3	59,9	79,0	119,9	143,8	190,9	230,3	275,5
1000	300,7	23,4	39,6	65,4	86,2	130,8	156,9	208,4	251,4	300,7

*Nota.* Obtenido de datos de la (Prefectura de Santa Elena).

**Tabla 7**

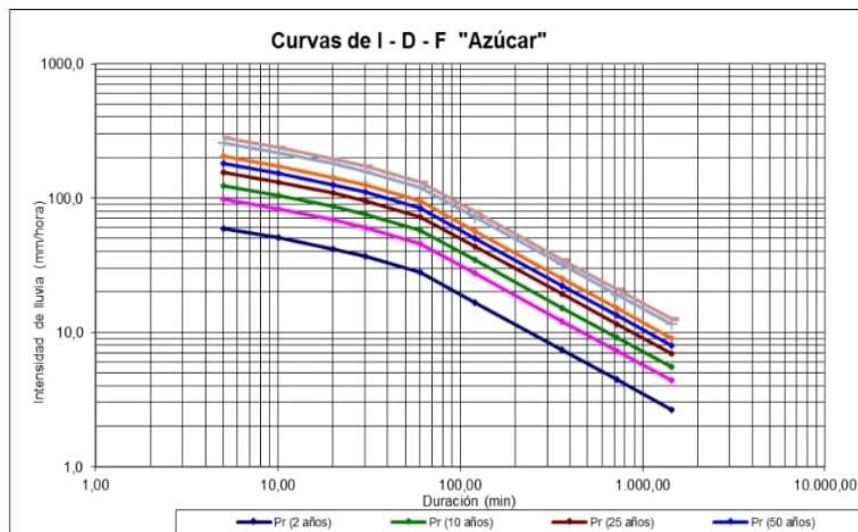
*Intensidades de precipitación para varias duraciones y frecuencias, estación El Azúcar*

Pr	Pmax	5 min	10	20	30	1	2	6	12	24
Años	(24 h) mm		min	min	min	hora	horas	horas	horas	horas
2	63,7	59,5	50,4	41,6	36,5	27,7	16,6	7,4	4,4	2,7
5	104,8	97,9	82,9	68,4	60,1	45,6	27,3	12,1	7,3	4,4
10	132,0	123,3	104,4	86,1	75,7	57,4	34,4	15,2	9,2	5,5
25	166,3	155,4	131,5	108,5	95,3	72,3	43,4	19,2	11,6	6,9
50	191,8	179,2	151,7	125,1	110,0	83,4	50,1	22,2	13,4	8,0
100	217,1	202,8	171,7	141,6	124,5	94,4	56,7	25,1	15,1	9,0
500	275,5	257,5	217,9	179,8	158,0	119,9	71,9	31,8	19,2	11,5
1000	300,7	280,9	237,8	196,2	172,4	130,8	78,5	34,7	20,9	12,5

Nota. Obtenido de *datos de la (Prefectura de Santa Elena)*.

**Figura 30**

*Curvas duración – Intensidad y Frecuencia, estación El Azúcar*



Nota. *Curvas duración – Intensidad y Frecuencia*. Obtenido de la ( *Prefectura de Santa de Elena*).

### 3.8.3 Coeficiente de escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía se calculará considerando el área del proyecto, variando según el tipo de suelo y pendiente. Para este proyecto usaremos un C de 0.30, debido a que la pendiente del terreno es media y su tipo de suelo es permeable.

**Tabla 8***Coefficientes de escurrimiento para cálculos*

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				DESPRECIABLE
		PRONUNCIADA 50%	ALTA 20%	MEDIA 5%	SUAVE 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
PASTOS VEGETACIÓN	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
LIGERA	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	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
DENSA VEGETACION	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

*Nota. Coeficientes de escorrentía. Tomado de (Coeficientes de escurrimientos de Rázuri, 2006).*

### 3.9 DISEÑO DE ALCANTARILLAS

Se propone la adopción de alcantarillas tubulares de forma circular como parte integral del diseño del sistema de alcantarillado. Los cálculos de los caudales destinados a esta infraestructura específica deben cumplir con el requisito esencial de asegurar una capacidad hidráulica adecuada. Este criterio se establece con el objetivo de garantizar un rendimiento eficiente y seguro del sistema de drenaje, evitando desbordamientos y contribuyendo a la gestión óptima de los flujos pluviales. Asimismo, la siguiente condición busca salvaguardar la integridad de la infraestructura urbana, asegurando una respuesta efectiva ante condiciones climáticas variables y preservando la funcionalidad del sistema de alcantarillado en situaciones adversas:

$$Q_{dis} > Q_{pr}$$

### 3.9.1 Caudal de diseño para alcantarillas.

El caudal de diseño estará dado por la siguiente ecuación:

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

Donde:

$Q_{dis}$ : Caudal de diseño de la alcantarilla

A: Área de la sección mojada

V: Velocidad del fluido

#### 3.9.1.1 *Velocidad del flujo*

Para determinar la velocidad del diseño se utilizará la ecuación de Manning que fue desarrollada por el ing. irlandés Robert Manning en 1889, esta fórmula es una evolución de la fórmula de Chézy, y se utilizará para estimar la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías.

$$v = \frac{1}{n} * (Rh)^{\frac{2}{3}} * (S)^{\frac{1}{2}}$$

#### 3.9.1.2 *Coefficiente de Rugosidad de Manning (n)*

Dentro de la selección del coeficiente de rugosidad de Manning para este proyecto, se ha optado por el valor de 0.13. Este coeficiente se asigna a tuberías de concreto según la tabla de referencia utilizada. La elección específica de este valor se fundamenta en la consideración de que, dado que no se tiene certeza acerca de si las tuberías adquiridas son nuevas o usadas, asignar una condición de "buena" parece la opción más prudente. La asignación de un coeficiente de rugosidad más alto, indicativo de una condición de tubería en buen estado, contribuirá a garantizar resultados conservadores en los cálculos y, por ende, a fortalecer la robustez del diseño hidráulico ante posibles variabilidades en la calidad de las tuberías utilizadas.



**Tabla 9**

*Valores de n dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Kutter y de Manning.*

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería de hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería fierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015	0.017	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012	0.014	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañiles de tabique	0.012	0.013	0.015	0.017
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
Acueductos de tablón:				
Labrado	0.010	0.012	0.013	0.014
Sin Labrar	0.011	0.013	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015	0.016	0.018
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014	0.016	0.030
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.035
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035

Nota. Valores de n de uso común en proyectos. Tomado de (CATIE, 2014).

### 3.9.1.3 Radio Hidráulico

Se refiere a la correspondencia entre el área hidráulica, que es el espacio a través del cual fluye el agua, y el perímetro mojado, que es la longitud de la superficie en contacto con el líquido., (Jiménez Terán *et al.*, 2018), expresado como:

$$Rh = \frac{Ah}{Pm}$$

A tubería llena:

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

## 3.10 DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE

### 3.10.1 Alcantarillas.

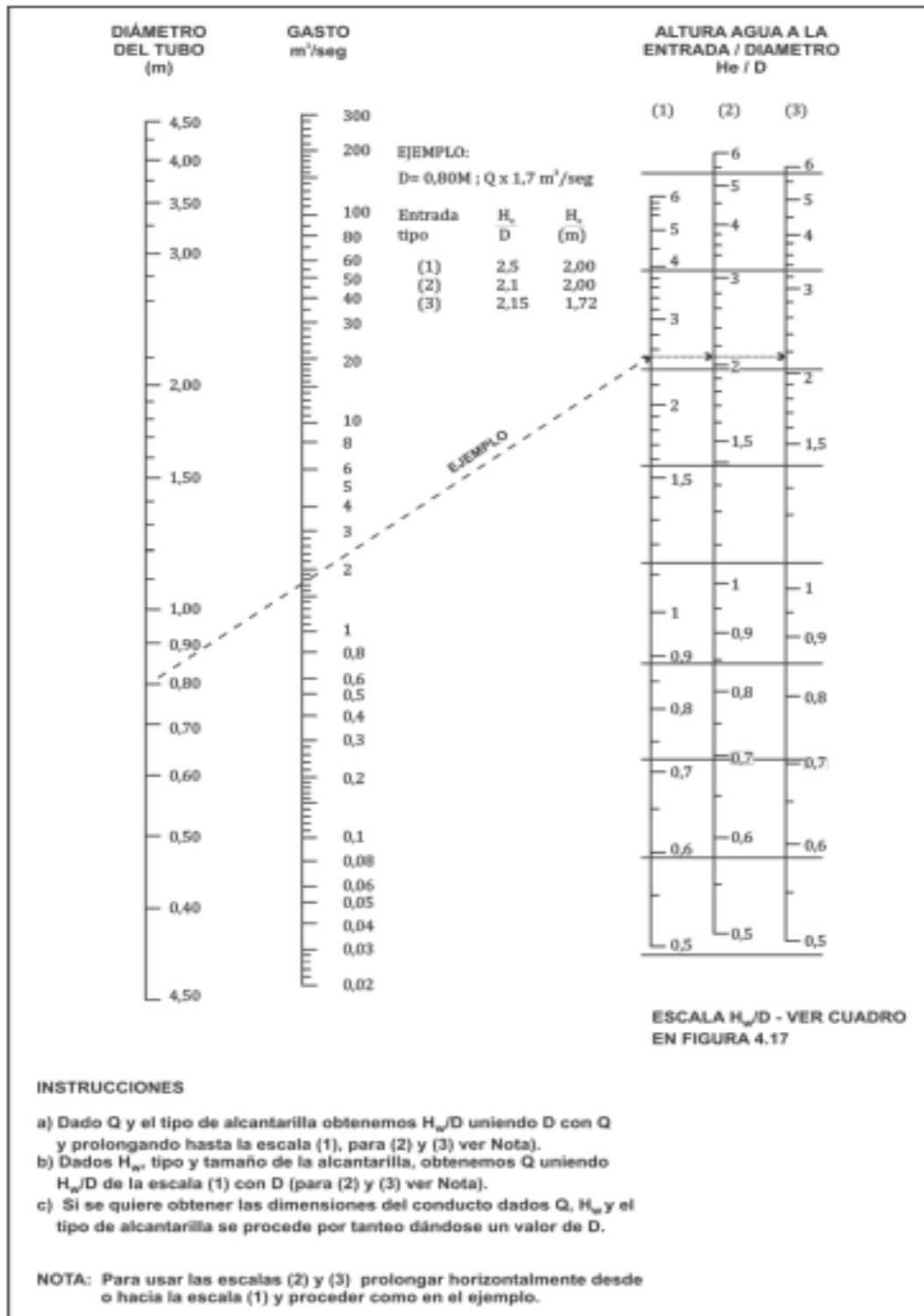
Para el dimensionamiento hidráulico del drenaje transversal en los tramos considerados de la vía, se utilizarán los nomogramas de control a la entrada y salida. Estos se emplean para evaluar y garantizar que las condiciones de cada alcantarilla estén dentro de los límites aceptables, asegurando al mismo tiempo que el tamaño de cada una sea apropiado para manejar el caudal de diseño sin experimentar problemas de inundación o insuficiencia de capacidad. En total, se realizarán estos cálculos para 8 alcantarillas distribuidas a lo largo de la vía.

#### 3.10.1.1 Alcantarillas con control a la entrada

Se define al control de entrada como la capacidad de la alcantarilla determinada por la profundidad de remanso ( $H_e$ ), es decir, la altura desde el umbral del tubo hasta la línea de energía total, la cual es considerada igual al nivel máximo del agua. Las relaciones entre caudal de diseño, forma de la alcantarilla y carga hidráulica a la entrada, están graficadas en la figura 31, el cual es un nomograma apropiado para las alcantarillas circulares de hormigón.

**Figura 31**

*Nomograma para calcular el control de entrada de tubería de hormigón*



Nota. Alcantarillas de tubería de hormigón con control de entrada. Tomada de *Manual de Normas para estudio y diseño vial MTOP (2013)*.

Una vez obtenido la altura del agua a la entrada/diámetro (he/d), se procede a hallar (he) multiplicando el diámetro de la alcantarilla por (he/d) obtenido del nomograma. Luego se procede a calcular la altura max (he max), mediante la fórmula D+0,6m utilizada para un cauce natural y tubo circular para determinar si el resultado es el aprobado.

**Tabla 10**

*Carga hidráulica de diseño (he, m)*

Tipo de cauces	Tubos	Cajones	Losas (L ≤ 6,0m)
Canales	D (diámetro)	H (altura)	H-0,10 m
Diseño cauces naturales	D+ 0,30 m	H+ 0,30 m	H+ 0,10 m
Verificación cauces naturales	D+ 0,60 m	H+ 0,60 m	H

Pero He max no puede sobrepasar la cota superior del cabezal -0,30m

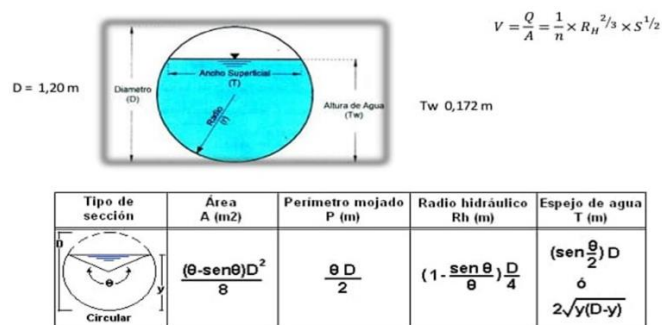
Nota. Tomado de *Manual de Normas para estudio y diseño vial MTOP (2013)*.

### 3.10.1.2 Tirante de agua (TW)

El tirante de agua, medida desde la superficie libre del agua hasta el fondo del tubo, es crucial para analizar el comportamiento del flujo y calcular propiedades hidráulicas como la velocidad y capacidad de transporte de sedimentos. Su variación, influenciada por condiciones meteorológicas, topografía y geometría del canal, es esencial para el diseño y la gestión eficiente de infraestructuras hidráulicas, como se ilustra en la figura 32.

**Figura 32**

*Tabla de tirantes*



Nota. Obtenido de *Krochin 1987*.

### **3.10.1.3 Tirante crítico**

Es el nivel o altura máxima del agua en condiciones críticas que optimiza el rendimiento hidráulico de la alcantarilla, evitando condiciones indeseables como la acumulación de sedimentos o la erosión del lecho. En el diseño de alcantarillas, se busca encontrar un equilibrio para garantizar un flujo eficiente y minimizar los problemas asociados con diferentes niveles de agua.

### **3.10.1.4 Alcantarillas con control a la salida**

Las condiciones de flujo con control a la salida están basadas en la ecuación de energía cuya relación se da por la siguiente expresión:

$$H = h_v + h_e + h_f$$

Donde  $h_v$  es la altura de velocidad,  $h_e$  es la pérdida de carga y  $h_f$  es la pérdida de carga por fricción o rozamiento. La ecuación puede ser resuelta rápidamente en  $H$  con el uso del nomograma (ver figura 32), el cual corresponde a una sección circular de hormigón con escurrimiento parcialmente lleno.

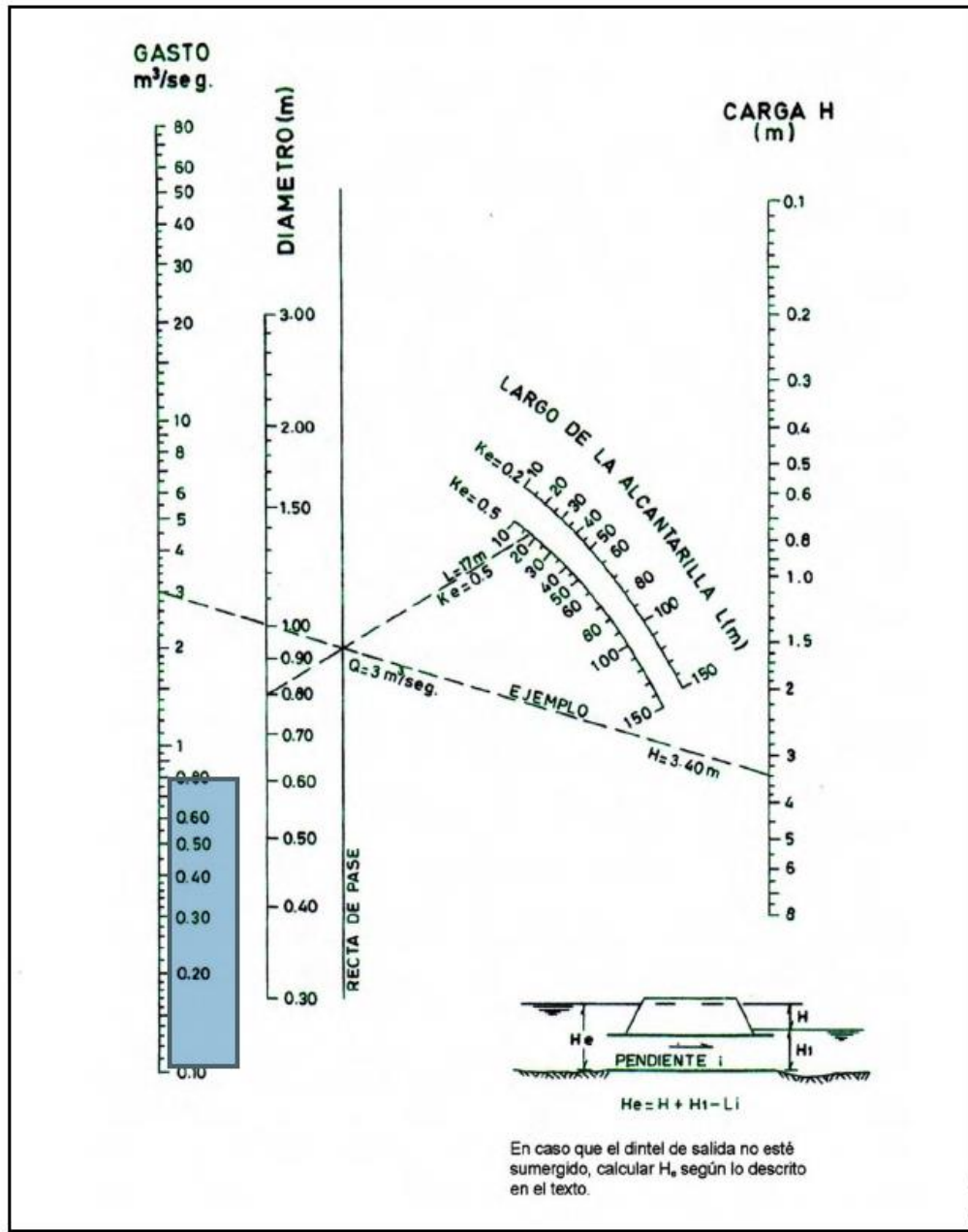
El procedimiento para utilizar el nomograma se simplifica de la siguiente manera:

- ✓ Se traza una línea conectando el diámetro o dimensiones de la alcantarilla (segunda recta) con su longitud (cuarta recta/curva) para definir un punto en la línea de control (tercera recta).
- ✓ Posteriormente, se dibuja otra línea que parte de la primera recta, la cual representa el caudal o gasto. Esta línea atraviesa el punto de control en la tercera recta y finalmente intercepta la última recta, indicando así la altura  $H$  en metros.

El valor obtenido del nomograma  $H$ , se compara con el  $H_e$  del control entrada, eligiendo el mayor de ambos.

**Figura 33**

*Nomograma para calcular el control de salida de tubería de hormigón*



**Figura 2B.202-12** Alcantarilla de tubería de hormigón con control de salida  $n = 0,012$

Nota. Alcantarillas de tubería de hormigón con control de salida. Tomada de *Manual de Normas para estudio y diseño vial MTOP (2013)*.

### 3.11 CRITERIOS DE DISEÑO

Para el dimensionamiento hidráulico de las estructuras de drenaje se ha utilizado los siguientes criterios básicos.

- ✓ La intensidad de lluvia que se adoptará en el proyecto de diseño de alcantarillas es de un periodo de 25 años, recomendado por la (MTO, 2013).
- ✓ Los diámetros comerciales de los tubos para los diseños de alcantarillas destinadas a los cauces se obtendrán a través de INKATONSA. Este enfoque asegurará la adquisición de materiales que cumplan con los estándares y requisitos específicos para el adecuado funcionamiento y durabilidad del sistema de drenaje, ver ANEXO A-5. Es importante señalar que estos diámetros comerciales son los utilizados por la Prefectura de Santa Elena en la ejecución de proyectos relacionados con el diseño de alcantarillas.

### **3.12 METODOLOGÍA DEL OE.1: EVALUAR EL ESTADO Y CAPACIDAD DE LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES EN LA VÍA BAÑOS DE SAN VICENTE – SAYÁ, IDENTIFICANDO AQUELLAS QUE REQUIEREN MEJORAS O AMPLIACIÓN PARA CUMPLIR CON LOS ESTÁNDARES HIDRÁULICOS NECESARIOS.**

Para llevar a cabo una evaluación del estado y la capacidad de las seis alcantarillas a lo largo de la vía Baños de San Vicente - Sayá, se realizará un proceso detallado que integrará aspectos técnicos y la retroalimentación de la comunidad local. A continuación, se describen los pasos clave seguidos en esta metodología:

- ✓ **Reconocimiento de las Alcantarillas.** Se realizará un reconocimiento in situ de las seis alcantarillas existentes mediante visitas de campo. Este proceso será esencial para inspeccionar directamente las condiciones reales de las alcantarillas, evaluando aspectos como su estado estructural y dimensiones.
- ✓ **Registro Fotográfico.** Se tomarán fotografías de cada alcantarilla., las cuales proporcionarán evidencia visual del estado actual de las alcantarillas, permitiendo una documentación visual que complementará los datos medidos.

✓ **Comparación con Criterios de Diseño.** Los datos obtenidos se compararán con criterios de diseño establecidos, se considerará el período de retorno de lluvias de 25 años, metodologías de cálculo de caudales y coeficientes de escorrentía. Esta comparación será esencial para determinar si las alcantarillas cumplen con los estándares hidráulicos requeridos.

✓ **Interacción con la Comunidad.** Durante las visitas de campo, se mantendrá una interacción con los comuneros locales para recabar su experiencia y considerar sus observaciones sobre las inundaciones durante las épocas de lluvias, incluso con la presencia de alcantarillas.

✓ **Identificación de Mejoras Necesarias.** La información técnica, las mediciones y las observaciones visuales se integrarán en la evaluación. Esto influirá en la identificación de alcantarillas que requieran mejoras o ampliación para abordar eficazmente los problemas de inundación.

Esta metodología detallada asegurará una evaluación completa y estructurada, proporcionando una base sólida para la identificación de mejoras necesarias en el sistema de alcantarillado.

### **3.13 METODOLOGÍA DEL OE.2: DISEÑAR UN NUEVO SISTEMA DE DRENAJE PARA LAS ÁREAS DONDE SE REQUIERAN NUEVAS INSTALACIONES, TENIENDO EN CUENTA LA CAPACIDAD DE FLUJO NECESARIA Y CONSIDERANDO LAS CONDICIONES LOCALES Y FUTURAS NECESIDADES DE DRENAJE.**

El diseño del sistema de drenaje para las áreas que requieren nuevas instalaciones se llevará a cabo mediante un proceso detallado que abarcará diversas etapas.

A continuación, se presentan los pasos de esta metodología:

✓ **Localización de Cauces a lo largo de la Vía.** Mediante el análisis topográfico y la cartografía Zapotal a escala 1:50000, se identificarán los cauces



que atraviesan la vía. Esta información será fundamental para identificar los puntos críticos donde se necesitarán sistemas de drenaje.

✓ **Estimación de Demandas Hidráulicas.** Se estimarán las demandas hidráulicas esperadas, considerando tanto los datos de capacidad de flujo derivados de las precipitaciones y caudales pronosticados para la región.

✓ **Ajuste a Necesidades Específicas.** El diseño del sistema de drenaje se ajustará a las necesidades específicas de cada área, poniendo un énfasis particular en los puntos críticos identificados a lo largo de los cauces. Esto garantizará una capacidad de flujo adecuada tanto en el presente como en el futuro.

✓ **Integración de Buenas Prácticas de Ingeniería.** Todo el diseño se llevará a cabo siguiendo buenas prácticas de ingeniería, asegurando la eficiencia, la adaptabilidad y la sostenibilidad a largo plazo del nuevo sistema de drenaje.

Esta metodología integral, centrada en la localización específica de cauces a través de la topografía del lugar y la cartografía Zapotal, proporcionará un marco estructurado y preciso para el diseño del sistema de drenaje, asegurando la efectividad y la adaptabilidad del nuevo sistema en áreas críticas identificadas.

### **3.14 METODOLOGÍA DEL OE.3: REALIZAR UN ANÁLISIS INTEGRAL QUE COMBINE TANTO LAS MEJORAS EN LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES COMO EL DISEÑO DE NUEVAS ALCANTARILLAS, EVALUANDO LA VIABILIDAD TÉCNICA Y AMBIENTAL DE LA SOLUCIÓN COMPLETA PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA ZONA**

Para evaluar la viabilidad técnica y operativa de la solución integral que abarque mejoras en alcantarillas existentes y el diseño de nuevas instalaciones, se llevarán a cabo los siguientes aspectos:

- ✓ **Revisión Detallada de Resultados de Cálculos de Diseño.** Se llevará a cabo una revisión de los resultados obtenidos en la metodología 1, centrándose en los cálculos de diseño para evaluar la capacidad hidráulica, dimensiones y adaptación a condiciones climáticas de las alcantarillas existentes.
  
- ✓ **Identificación de Interacciones Beneficiosas.** A partir de los datos recopilados durante la revisión de las alcantarillas, se procederá a identificar interacciones que generen beneficios tanto para las alcantarillas existentes como para las áreas designadas para nuevas instalaciones. Se explorará cómo las mejoras en una determinada área pueden contribuir al fortalecimiento de la eficiencia del sistema en su totalidad.
  
- ✓ **Documentación de Resultados.** Se documentarán los resultados de los cálculos de las alcantarillas existentes como de las nuevas.

### 3.15 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 11**

*Cuadro de Operacionalización de Variables.*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Escala</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Independiente</b>					
<b>Topografía; precipitación pluvial y escorrentía natural</b>	Se refiere a las condiciones naturales del área que influyen en el sistema vial del proyecto	Son los parámetros determinantes en el cálculo hidrológico.	-Intensidad de precipitaciones -Clasificación del tipo de suelo	% mm/hora	-Pendientes -Curvas de nivel -Cuencas hidrográficas -Precipitaciones
<b>Dependiente</b>					
<b>Diseño del sistema de drenaje requerido</b>	Corresponde a la infraestructura para evacuar las aguas de los cauces que atraviesan la vía.	Parte de un análisis hidrológico de los caudales producidos y de un cálculo hidráulico de las alcantarillas proyectadas.	-Comportamiento hidráulico del agua sobre el terreno de la vía	-Diámetro -Longitud	Ubicación y dimensiones de las alcantarillas.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados de la investigación dan respuesta a la pregunta y objetivo general planteado anteriormente en la investigación y de acuerdo con Blanco & Gallego (2002), es recomendable crear tablas y figuras para respaldar al investigador al elegir los resultados más significativos y organizar la secuencia en la que serán presentados. Se presentan los resultados referentes al diseño de las alcantarillas nuevas y rediseño de las alcantarillas existentes en mejora de la vía.

### **4.1 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE VIAL EXISTENTE**

La evaluación hidráulica y estructural de las alcantarillas existentes resulta importante en un entorno topográfico tan variado. Las presencias de elevaciones a lo largo del eje vial y en áreas adyacentes oscilan entre 85 y 120 metros (de los planos cartográficos disponibles), sobre el nivel del mar y desempeñan un papel fundamental en la funcionalidad hidráulica de estas estructuras de drenaje.

Esta topografía ondulada plantea desafíos particulares para el sistema de drenaje, dado que las variaciones en la elevación impactan directamente en la capacidad de las alcantarillas para gestionar eficientemente el flujo de agua en diversos puntos de la vía. Por tanto, un análisis, combinando evaluaciones visuales detalladas con análisis hidráulicos precisos, permitirá identificar con precisión qué alcantarillas pueden mantenerse sin modificaciones y cuáles necesitan ajustes significativos, como ampliaciones en sus secciones hidráulicas, reparaciones estructurales o incluso su sustitución o cierre. Este enfoque integral asegura que el sistema de drenaje vial se adapte de manera óptima a las variaciones topográficas particulares de la vía Baños de San Vicente - Sayá, garantizando su funcionalidad efectiva y su capacidad de adaptación a las cambiantes condiciones del terreno.

### **4.1.1 Revisión de estructuras de Drenaje Transversal**

A pesar de que el título de este trabajo de investigación menciona que la longitud de la vía San Vicente Sayá es de 8km, es necesario aclarar que la longitud efectiva es de 6.30 km al no considerar el interior de las poblaciones. En consecuencia, nuestro trabajo se centrará en la longitud real que es de 6.30 km.

Durante la inspección de los 6.30 km de la vía, se localizaron seis alcantarillas existentes que forman parte del sistema de drenaje, pero, aunque estas alcantarillas están presentes, se observó que el drenaje natural también contribuye al flujo de agua en la zona de la vía, generando un importante deterioro y erosión en la carretera actual. Debido a esto se consideró rediseñar estas seis alcantarillas existentes para mejorar la eficiencia del sistema de drenaje y mitigar los impactos del escurrimiento natural.

Además, se ha llevado a cabo una revisión del sistema de drenaje a lo largo de los 6.30 km, empleando análisis hidrológicos, hidráulicos y datos topográficos. Este análisis abarca la identificación de alcantarillas específicas que requieren ser mejoradas o cambiadas, junto con propuestas de ajustes y mejoras, para asegurar una gestión del agua más eficaz en la vía. Este enfoque integral busca mejorar el sistema de drenaje, adaptándolo a las necesidades presentes y futuras de la vía.

### **4.1.2 Interferencias con obras de Agua Potable, Aguas servidas y otras estructuras**

A lo largo del eje vial se encontró con una línea de tubería de agua potable que provee y da abastecimiento a las viviendas de la población Sayá, no cuentan con alcantarillado sanitario, lo que hace que actualmente utilicen pozos sépticos artesanales para evacuar las aguas servidas.

También se encontró que a 75 m cruza el poliducto La Libertad-Pascuales, pero este no interfiere para realizar el diseño de alcantarillas, ya que se encuentra a una distancia favorable.

### 4.1.3 Referencia de niveles de agua

Consultamos con los pobladores, quienes nos informaron que, en el último invierno, las alcantarillas quedaron anegadas a tubo lleno durante varios días. Además, se observó humedad reciente en el camino.

### 4.1.4 Intervención de drenaje transversal

Se identificó la presencia de seis alcantarillas a lo largo de la vía como parte del sistema de drenaje transversal existente que sirven para facilitar el flujo del agua.

## 4.2 DATOS TOPOGRÁFICOS DE LA VÍA

A continuación, se muestran los datos obtenidos mediante el levantamiento topográfico en la vía, donde se observa que las cotas de invert de entradas oscilan entre 110.74 y los 87.57:

**Tabla 12**

*Tabla de datos topográficos*

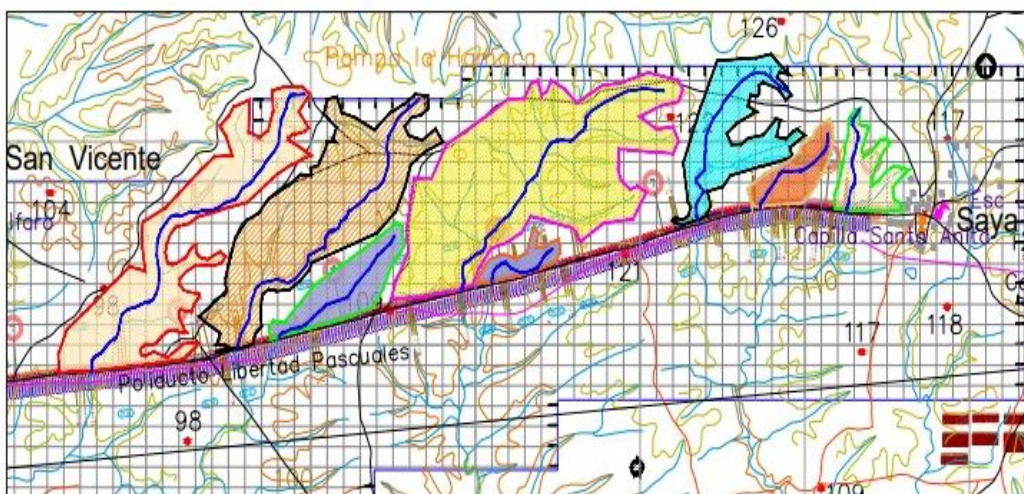
Puntos	Abscisa	Cota de invert de entrada	Norte	Este
1	1+446	87.57	9752872	534658
2	2+345	93.55	9752979	535549
3	2+590	96.18	9753032	535792
4	3+734	97.16	9753271	536907
5	3+927	100.46	9753304	537097
6	5+218	107.7	9753614	538354
7	5+596	108.86	9753673	538723
8	6+115	110.74	9753659	539238

### 4.3 ÁREAS DE APORTACIÓN

Se identificó las cuencas extensas y se consideró subdividirla en subcuencas más pequeñas para delimitar sus límites. A continuación, se presenta en la figura 33 las 8 áreas de aportación encontradas:

**Figura 34**

*Áreas de aportación de cuencas y subcuencas*



*Nota. Áreas de aportación de la vía Baños de San Vicente – Sayá. Realizado en Civil 3D.*

En tabla 13 se muestran las áreas y longitudes adquiridas de las cuencas y se observa que el área más grande es de 1.002 km<sup>2</sup> y la más pequeña de 0.091km<sup>2</sup>:

**Tabla 13**

*Áreas de aportación de cuencas*

Puntos	Area km <sup>2</sup>	Longitud Km
1	0.905	2.07
2	0.845	1.74
3	0.190	0.95
4	1.002	1.70
5	0.091	0.75
6	0.535	1.27
7	0.133	0.66
8	0.171	0.53

#### **4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1, EVALUAR EL ESTADO Y CAPACIDAD DE LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES EN LA VÍA BAÑOS DE SAN VICENTE - SAYÁ, IDENTIFICANDO AQUELLAS QUE REQUIEREN MEJORAS O AMPLIACIÓN PARA CUMPLIR CON LOS ESTÁNDARES HIDRÁULICOS NECESARIOS**

Durante la visita al sitio, se evaluó el estado y capacidad actual de las alcantarillas existentes en la vía Baños de San Vicente - Sayá. Se observó que las seis alcantarillas presentes requerían un rediseño, ya que su diámetro actual no era adecuado para captar de manera eficiente todo el cauce.

A continuación, se muestra el estado actual de las alcantarillas existentes, respaldado por fotografías que documentan su condición actual:

##### **✓ *Alcantarilla (Abscisa 1+446)***

**Figura 35**

*Aguas arriba y aguas abajo*





✓ *Alcantarilla (Abscisa 2+345)*

**Figura 36**

*Aguas arriba y aguas abajo*



✓ *Alcantarilla (Abscisa 3+734)*

**Figura 37**

*Aguas arriba y aguas abajo*



✓ *Alcantarilla (Abscisa 5+218)*

**Figura 38**

*Aguas arriba y aguas abajo*



✓ *Alcantarilla (Abscisa 5+596)*

**Figura 39**

*Aguas arriba y aguas abajo*



✓ *Alcantarilla (Abscisa 6+115)*

**Figura 40**

*Aguas arriba y aguas abajo*



- ✓ Las imágenes muestran claramente los problemas identificados durante la inspección, incluyendo erosión del suelo, presencia de vegetación y diámetros inadecuados. La alcantarilla de (Abscisa 1+446) presenta un diámetro de 1.04 m, incumpliendo la normativa de MTOP que establece un mínimo de 1.20 m. y las otras 5 alcantarillas de (Abscisa 2+345), (Abscisa 3+734), (Abscisa 5+218), (Abscisa 5+596) y Abscisa 6+115), comparten un diámetro común de 1.10 m y evidencian erosión del suelo. Es importante destacar que todas las alcantarillas compartían una longitud de 7.50 m.

#### 4.4.1 Determinación De Los Caudales Tributados Por Las Cuencas Hidrográficas

A continuación, se presentan los flujos calculados utilizando los parámetros mencionados anteriormente en la sección 3.8, donde se observa que el caudal mayor se encuentra en la Abscisa 3+734 y el menor en la Abscisa 5+596:

**Tabla 14**

*Datos de los caudales tributados por las cuencas hidrológicas.*

CAUDALES DE DISEÑO VÍA BAÑOS DE SAN VICENTE- SAYÁ, L= 6.2 KM											
LUGAR			DATOS HIDROLÓGICOS								
Abscisa Diseño	Area Cuenca m <sup>2</sup>	L (CAUCE) m	Desniv. H (m)			Tc min	Intensidad (mm/h)		C	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	
			Inicial m	Final m	DH m		25 años	50 años		25 años	50 años
1+446	904783.1	2070.2	110	88	22	40.37	87.35	100.80	0.3	6.59	7.60
2+345	844591.3	1740.30	110.00	94.00	16.00	37.35	89.67	103.49	0.3	6.31	7.28
3+734	1001929.0	1700.00	112.00	97.00	15.00	37.26	89.73	103.56	0.3	7.49	8.65
5+218	534854.9	1273.65	120.00	107.00	13	28.21	97.66	111.59	0.3	4.35	4.97
5+596	133059.3	658.40	120.00	109.00	11	14.04	122.21	140.96	0.3	1.36	1.56
6+115	170519.6	534.46	120.00	110.00	10	11.45	128.17	147.85	0.3	1.82	2.10

#### 4.4.2 Caudales De Alcantarillas

A continuación, se muestran los cálculos obtenidos del diseño tipo tubular de forma circular con un periodo de retorno a 25 años para las alcantarillas existentes, donde el diámetro menor se encuentra en la Abcisa 5+596, mientras que, en la abscisa 5+218 su diámetro es de 1.40m y en las tres Abscisas restantes sus diámetros son los mismos. Los detalles de las alcantarillas estarán en la sección de ANEXOS D con sus referentes especificaciones técnicas.

**Tabla 15**

*Cálculos Hidrológicos de las alcantarillas.*

CALCULO HIDROLOGICO DE ALCANTARILLAS - BAÑOS DE SAN VIENTE- SAYÁ, L= 6.2 KM								
N	Abcisas	Caudal pendiente		Dimensiones		Elevaciones		
		Maximo m3/s	%	Longitud m	Diametro m	Invert entrada msnm	Invert salida msnm	Rasante Via msnm
1	1+446	10.00	0.02	7.00	1.5	87.57	87.32	90.72
2	2+345	10.00	0.02	7.00	1.5	93.55	93.30	96.10
3	3+734	10.00	0.02	7.00	1.5	97.16	96.91	100.31
4	5+218	8.32	0.02	7.00	1.4	107.70	107.45	109.80
5	5+596	5.51	0.02	7.00	1.2	108.86	108.61	110.76
6	6+115	5.51	0.02	7.00	1.2	110.74	110.49	112.64

### 4.4.3 Dimensionamiento de alcantarillas tubulares de concreto

A continuación, se muestran los cálculos con sus respectivos valores de entrada y salida del flujo del agua, donde se puede observar que las alturas tanto para el control de entrada como para el control de salida si cumplen con la verificación:

**Tabla 16**

*Cálculos control entrada y salida de fluidos*

CALCULO HIDROLOGICO DE ALCANTARILLAS - BAÑOS DE SAN VIENTE- SAYÁ, L= 6.2 KM														
N	Abcisa	Caudal Maximo	S	Dimensiones		Elevaciones			Control de Entrada		Control de Salida			
				Long	Diametro	Invert entrada	Invert salida	Rasante Via	Altura (m)	Verificación	Altura (m)	Verificación		
		m3/s	%	m	m	msnm	msnm	msnm	Diseño	Requerido		Diseño	Requerido	
1	1+446	10.00	0.02	7.00	1.5	87.57	87.32	90.72	3.15	1.77	SI CUMPLE	3.40	3.36	SI CUMPLE
2	2+345	10.00	0.02	7.00	1.5	93.55	93.30	96.10	2.55	1.77	SI CUMPLE	2.80	2.77	SI CUMPLE
3	2+590	5.51	0.02	7.00	1.2	96.18	95.93	98.08	2.55	0.79	SI CUMPLE	2.15	0.86	SI CUMPLE
4	3+734	10.00	0.02	7.00	1.5	97.16	96.91	100.31	3.15	1.95	SI CUMPLE	3.40	3.19	SI CUMPLE
5	3+927	5.51	0.02	7.00	1.2	100.46	100.21	102.36	1.90	0.66	SI CUMPLE	2.15	0.81	SI CUMPLE
6	5+218	8.32	0.02	7.00	1.4	107.70	107.45	109.80	2.10	1.53	SI CUMPLE	2.35	1.59	SI CUMPLE
7	5+596	5.51	0.02	7.00	1.2	108.86	108.61	110.76	1.90	0.84	SI CUMPLE	2.15	0.81	SI CUMPLE
8	6+115	5.51	0.02	7.00	1.2	110.74	110.49	112.64	1.90	1.00	SI CUMPLE	2.15	0.85	SI CUMPLE

#### **4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, DISEÑAR UN NUEVO SISTEMA DE DRENAJE PARA LAS ÁREAS DONDE SE REQUIERAN NUEVAS INSTALACIONES, TENIENDO EN CUENTA LA CAPACIDAD DE FLUJO NECESARIA Y CONSIDERANDO LAS CONDICIONES LOCALES Y FUTURAS NECESIDADES DE DRENAJE.**

Tras la aplicación de la metodología para el diseño de un nuevo sistema de drenaje en áreas identificadas, se presentan las dos abscisas mediante respaldo fotográfico de donde deben ir alcantarillas nuevas:

##### **✓ *Alcantarilla nueva (Abscisa 2+590)***

**Figura 41**

*Alcantarilla nueva*



##### **✓ *Alcantarilla nueva (Abscisa 3+927)***

**Figura 42**

*Alcantarilla nueva*



### 4.5.1 Determinación De Los Caudales Tributados Por Las Cuencas Hidrográficas

A continuación, se muestran los datos obtenidos donde se observa que el caudal mayor con un periodo de retorno de 25 años se encuentra en la abscisa 2+590:

**Tabla 17**

*Datos de los caudales tributados por las cuencas hidrográficas.*

CAUDALES DE DISEÑO VÍA BAÑOS DE SAN VICENTE- SAYÁ, L= 6.2 KM											
LUGAR			DATOS HIDROLÓGICOS								
Abscisa Diseño	Area Cuenca m <sup>2</sup>	L (CAUCE) m	Desniv. H (m)			Tc min	Intensidad (mm/h)		C	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	
			Inicial m	Final m	DH m		25 años	50 años		25 años	50 años
2+590	189786.0	947.90	110.00	16.00	16.00	18.51	111.92	129.05	0.3	1.77	2.04
3+927	91107.7	754.19	110.00	100.00	10	17.04	115.31	132.98	0.3	0.88	1.01

## 4.5.2 Caudales De Alcantarillas

A continuación, se muestran los cálculos obtenidos del diseño tipo tubular de forma circular con un periodo de retorno a 25 años para las nuevas alcantarillas, donde se observa que el diámetro de 1.20m es el mismo para ambas abscisas. Los detalles de las alcantarillas estarán en la sección de ANEXOS D con sus referentes especificaciones técnicas.

**Tabla 18**

*Cálculos Hidrológicos de las alcantarillas*

CALCULO HIDROLOGICO DE ALCANTARILLAS - BAÑOS DE SAN VIENTE- SAYÁ, L= 6.2 KM									
Abcisas	Caudal	Caudal	Caudal	pendiente	Dimensiones		Elevaciones		
	Tr= 25 años	Tr= 50 años	Maximo		Longitud	Diametro	Invert entrada	Invert salida	Rasante Via
	m3/s	m3/s	m3/s	%	m	m	msnm	msnm	msnm
2+590	1.7700	2.0410	5.51	0.02	7.00	1.2	96.18	95.93	98.08
3+927	0.8755	1.0096	5.51	0.02	7.00	1.2	100.46	100.21	102.36



### 4.5.3 Dimensionamiento de alcantarillas tubulares de concreto

A continuación, se muestran los cálculos con sus respectivos valores de entrada y salida del flujo del agua, donde se puede observar que las alturas del control de entrada y de salida si cumplen con la verificación:

**Tabla 19**

*Cálculos control entrada y salida de fluidos de alcantarillas nuevas*

CALCULO HIDROLOGICO DE ALCANTARILLAS - BAÑOS DE SAN VIENTE- SAYÁ, L= 6.2 KM													
Abcisa	Caudal Maximo	S	Dimensiones		Elevaciones			Control de Entrada		Control de Salida			
	m3/s	%	Long	Diametro	Invert entrada	Invert salida	Rasante Via	Altura (m)		Verificación	Altura (m)		Verificación
			m	m	msnm	msnm	msnm	Diseño	Requerido		Diseño	Requerido	
2+590	5.51	0.02	7.00	1.2	96.18	95.93	98.08	2.55	0.79	SI CUMPLE	2.15	0.86	SI CUMPLE
3+927	5.51	0.02	7.00	1.2	100.46	100.21	102.36	1.90	0.66	SI CUMPLE	2.15	0.81	SI CUMPLE

## **4.6 ANALISIS DE RESULTADOS OE.3, REALIZAR UN ANÁLISIS INTEGRAL QUE COMBINE TANTO LAS MEJORAS EN LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES COMO EL DISEÑO DE NUEVAS ALCANTARILLAS, EVALUANDO LA VIABILIDAD TÉCNICA Y AMBIENTAL DE LA SOLUCIÓN COMPLETA PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA ZONA**

La metodología orientada a realizar un análisis integral, combinando mejoras en alcantarillas existentes y diseño de nuevas alcantarillas, ha arrojado resultados significativos. A continuación, se presenta un análisis detallado de los hallazgos:

- ✓ **Identificación de Alcantarillas que Requieren Mejoras.** Se identificaron que todas las alcantarillas existentes requieren mejoras significativas en términos de capacidad hidráulica y estado estructural. Este análisis se basó en evaluaciones, considerando tanto datos técnicos como observaciones de la comunidad local.
- ✓ **Diseño de Nuevas Alcantarillas.** El diseño de nuevas alcantarillas se llevó a cabo considerando puntos críticos identificados a lo largo de los cauces, utilizando análisis topográficos y la cartografía Zapotal a escala 1:50000. Este enfoque asegura que las nuevas instalaciones se integren armoniosamente con el entorno y aborden eficazmente las demandas hidráulicas.

### ***4.6.1 Evaluación de la Viabilidad Técnica.***

- ✓ **Eficiencia del Sistema Propuesto.** Se evaluó la eficiencia del sistema, considerando la capacidad de flujo, dimensiones de las alcantarillas y su adaptabilidad a condiciones climáticas extremas.

### **4.6.2 Evaluación de la Viabilidad Ambiental**

- ✓ **Impacto Ambiental Superficial.** Se realizó una evaluación superficial del impacto ambiental del diseño propuesto, centrándose en aspectos

visibles y directos. La evaluación del proyecto de alcantarillas revela que los impactos resultantes son de baja magnitud y gestionables. Esto quiere decir que las intervenciones en el paisaje son mínimas y se limitan a las áreas de construcción de alcantarillas, manteniendo la integridad visual general.

Se exploraron interacciones que beneficiarían tanto a las alcantarillas existentes como a las nuevas instalaciones, maximizando la efectividad del sistema de drenaje. Estos resultados proporcionan una base sólida para la implementación de soluciones integrales que optimicen la gestión de aguas pluviales en la zona, considerando tanto aspectos técnicos como ambientales.

# **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1 CONCLUSIONES**

Del objetivo general planteado se concluye que el diseño hidráulico integral propuesto para el drenaje en la Vía Baños de San Vicente - Sayá no solo busca eficiencia, sino que representa una medida proactiva para elevar la resiliencia de la comunidad ante eventos pluviales. La consideración cuidadosa de las alcantarillas existentes y la integración de nuevas estructuras demuestran un enfoque holístico hacia la gestión de aguas, apuntando a reducir de manera significativa los riesgos de inundación. Este diseño no solo satisface las necesidades técnicas y normativas, sino que también refleja un compromiso sólido con la seguridad y la calidad de vida de la población local.

A partir del primer objetivo específico, se concluye que las condiciones actuales de la vía no son adecuadas para enfrentar lluvias intensas y resultan insuficientes para gestionar eficazmente el flujo de agua a lo largo de la carretera. La insuficiencia de alcantarillas existentes se evidencia, especialmente debido a otros cauces que atraviesan la vía. Además, el diámetro actual de las alcantarillas no cumple con los requisitos necesarios para manejar el flujo con la velocidad apropiada, lo que podría dar lugar a la erosión de la vía y posibles inundaciones en caso de lluvias. Se destaca la necesidad imperativa de una ampliación y adecuación de las alcantarillas existentes para garantizar la seguridad y durabilidad de la vía frente a condiciones climáticas adversas.

A partir del segundo objetivo específico, tras identificar de manera precisa los dos puntos bajos donde los cauces atraviesan la carretera, requiriendo una atención especial, se logró diseñar un sistema de drenaje adaptado a las condiciones del entorno, no solo buscando resolver desafíos actuales como inundaciones repentinas

y acumulación de sedimentos, sino que también previniendo y abordando futuras necesidades de drenaje, asegurando la resiliencia del sistema a largo plazo.

Del tercer objetivo específico, se determinó que realizar un análisis integral, enfocado en mejoras en las alcantarillas existentes y el diseño de nuevas estructuras, representa un paso crucial hacia la optimización de la gestión de aguas pluviales en la zona. Este enfoque preventivo, diseñando alcantarillas para evitar inundaciones y el deterioro de la vía debido a lluvias futuras, se traduce en una estrategia proactiva. La evaluación minuciosa de la viabilidad técnica y ambiental de la solución completa subraya un compromiso efectivo con la resiliencia de la infraestructura y la preservación del entorno, asegurando una gestión sostenible y eficiente de las aguas pluviales en el área a largo plazo.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

El diámetro mínimo recomendado tanto para las alcantarillas existentes (6) como para las no existentes (2), debe ser igual o mayor a 1.20 m por consideraciones normativas, hidrológicas, hidráulicas, ambientales y mantenimiento, lo cual cumplimos para este proyecto, teniendo diámetros de alcantarillas de 1,20m, 140m y 1,50m.

Se recomienda realizar campañas periódicas de limpieza por parte de la entidad encargada del mantenimiento, el GAD Provincial de Santa Elena, en todas las estructuras pertenecientes al sistema de drenaje vial para evitar el taponamiento y/o la sedimentación en las alcantarillas, evitándose la reducción del área hidráulica, para que funcionen a su capacidad máxima.

Para las alcantarillas se recomienda colocar un enrocado sobre un geotextil tipo NT1600, que tendrá las siguientes dimensiones mínimas: ancho 3.00m; longitud. El ancho es la medida comprendida entre los extremos de los muros de ala y un espesor de 0.60m para evitar la socavación que pueda generar el agua y la consecuente filtración de las aguas presentes en dichas estructuras. El tamaño de la piedra será mayor a 30 cm de diámetro.

En el transcurso de la vía no hubo la necesidad de realizar diseños de cunetas, pero se debe considerar, cuando el caso lo requiera.

Se debe tener extremo cuidado, durante la construcción del sistema de drenaje con el poliducto La Libertad-Pascuales que se encuentra cerca de la vía Baños de San Vicente - Sayá.

Debido a que las velocidades de descarga de la alcantarilla superan los rangos establecidos, según la tabla MTOP de tipo de suelo desde gravas a piedras son del 2,7 al 2,1 m/s, se recomienda el uso de disipadores de energía en las alcantarillas para evitar erosión del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adela (2019) *Diseño hidráulico del alcantarillado pluvial del barrio San Francisco de la parroquia Cutuglagua*.

ADS Mexicana S.A. de C.V. (2021) *A donde va el agua cuando llueve*. Available at: <https://www.laestrella.com.pa/cafe-estrella/planeta/210618/agua-llueve> (Accessed: 30 November 2023).

Aguilar, J.G.G. *et al.* (2023) ‘METODOLOGÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJES SOSTENIBLES EN VÍAS URBANAS.’, *Revista Ciencia y Construcción*, 4(1), pp. 66–78.

Alvarado, J.C.O. and Pérez, A.A.D. (2018) ‘¿ Cómo redactar los antecedentes de una investigación cualitativa?’, *Revista electrónica de conocimientos, saberes y prácticas*, 1(2), pp. 66–82. Available at: <https://camjol.info/index.php/recsp/article/view/6611> (Accessed: 27 November 2023).

Álvarez and Calle (2013) *Estudio de parámetros hidráulicos e hidrológicos para el dimensionamiento de obras para drenaje vial en la vía de acceso al sector ‘La unión’ en Santa Isabel- Azuay ( Tesis de ingeniería civil, Universidad de Cuenca)*. Available at: [https://www.academia.edu/53571059/Estudio\\_de\\_par%C3%A1metros\\_hidr%C3%A1ulicos\\_e\\_hidrol%C3%B3gicos\\_para\\_el\\_dimensionamiento\\_de\\_obras\\_para\\_drenaje\\_vial\\_en\\_la\\_via\\_de\\_acceso\\_al\\_sector\\_La\\_Uni%C3%B3n\\_en\\_Santa\\_Isabel\\_Azuay](https://www.academia.edu/53571059/Estudio_de_par%C3%A1metros_hidr%C3%A1ulicos_e_hidrol%C3%B3gicos_para_el_dimensionamiento_de_obras_para_drenaje_vial_en_la_via_de_acceso_al_sector_La_Uni%C3%B3n_en_Santa_Isabel_Azuay) (Accessed: 30 November 2023).

Armijos Toledo and Jaime Patricio (2012) *Implementación de un modelo lluvia escorrentía en el laboratorio virtual de hidrología ( Tesis de ingeniería civil, Universidad Técnica Particular de Loja)*. Available at: <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/2592> (Accessed: 30 November 2023).

Banco de Desarrollo del Ecuador (2011) *EL BDE INAUGURA EL PUENTE SOBRE EL RÍO TUNA CHIGUAZA EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO*. Available at:

[https://bde.fin.ec/bde\\_inauguracion\\_puente\\_moronasantiago/#:~:text=%2D%20El%202029%20de%20junio%20de,Pablo%20VI%2C%20Huamboya%20y%20varias](https://bde.fin.ec/bde_inauguracion_puente_moronasantiago/#:~:text=%2D%20El%202029%20de%20junio%20de,Pablo%20VI%2C%20Huamboya%20y%20varias) (Accessed: 30 November 2023).

Bateman, A. (2007) ‘Hidrología básica y aplicada’, *UPTC: Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos (GITS)–2007* [Preprint]. Available at: <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf> (Accessed: 6 December 2023).

Baties (2021) *Diseño de investigación. Elementos y características*. Available at: <https://www.questionpro.com/blog/es/disen-de-investigacion/#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20de%20investigaci%C3%B3n%20se,sea%20manejado%20de%20manera%20eficiente> (Accessed: 6 December 2023).

Blanco, A.B. and Gallego, C.F. (2002) ‘Cómo se reflejan los resultados de investigación en un artículo original’, *Matronas Profesión*, 9(9), pp. 4–9. Available at: <https://www.konradlorenz.edu.co/blog/5-el-articulo-cientifico-los-resultados/#:~:text=Para%20mostrar%20los%20resultados%2C%20se,73>. (Accessed: 30 November 2023).

Camacho Bernal, S.L. (2013) ‘Identificación, evaluación y medidas de manejo para los impactos ambientales generados sobre el recurso hídrico subterráneo por la construcción de túneles’.

Carrión Luzuriaga Henry Daniel and Orellana Paucar Christian Hugo (2016) *Estudio del sistema de drenaje para la vía Molleturo- Tres Marías- La Iberia, en la provincia del Azuay ( Tesis de ingeniería civil, Universidad de Cuenca)*. Available at: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/24093> (Accessed: 30 November 2023).

Castillo (2013) *Método o Fórmula Racional*.

Castillo (2016) *MODELO DE FLUJOS SECUNDARIOS DE LODO EN LA QUEBRADA SECA Y LAS FLORES, VOLCÁN IMBABURA- CIUDAD DE*



IBARRA. Available at: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19688/1/CD-9094.pdf> (Accessed: 6 December 2023).

CATIE (2014) *Curso de Especialización Gestión de Cuencas Hidrográficas*. Available at: <https://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/145856> (Accessed: 30 November 2023).

Coeficientes de escurrimientos de Rázuri (2006) *Coeficientes de escurrimiento (1984, Rázuri)*. Available at: <http://www.oasification.com/archivos/Coeficientes%20de%20escorrent%C3%ADa.pdf> (Accessed: 30 November 2023).

Condori-Ojeda (2020) ‘Niveles de investigación’. Available at: <https://es.scribd.com/document/535345947/Condori-Ojeda-Porfirio-2020-Niveles-de-investigacion> (Accessed: 6 December 2023).

Condori-Ojeda, P. (2020) ‘Universo, población y muestra’.

Cueva del ingeniero civil (2014) *Cueva del ingeniero civil*. Available at: <https://www.cuevadecivil.com/> (Accessed: 30 November 2023).

Defaz, M. (2011) ‘Estudio del Sistema de Alcantarillado Pluvial para el Cantón La Maná-Provincia de Cotopaxi para mejorar la calidad de vida de sus habitantes’. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec> .... Available at: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1589> (Accessed: 26 November 2023).

DIAZ GARCIA, E.E. and CONFORME CEDEÑO, C.E. (2019) *Análisis de las características técnicas de la calle 2 de Julio desde la calle América hasta la calle González Suarez, Cantón Jipijapa (Tesis de ingeniería civil, Universidad Estatal del Sur de Manabí)*. Available at: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1736> (Accessed: 30 November 2023).

Dolz Ripolles, J. and Gómez, M. (1994) ‘Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores’, *Ingeniería del agua*, 1(1), pp. 55–66. Available at:

<https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/2631> (Accessed: 30 November 2023).

Dourojeanni, A., Jouravlev, A. and Chávez, G. (2002) *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. Cepal.

Echeverry (2004) *Manual de drenaje de carreteras* .

Escuela Superior de Ávila. Alberto Villarino Otero (2011) *Escuela Superior de Ávila*. Alberto Villarino Otero. Available at: [http://librodigital.sangregorio.edu.ec/opac\\_css/index.php?lvl=author\\_see&id=8296](http://librodigital.sangregorio.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=8296) (Accessed: 30 November 2023).

Esri (2020) *Cómo funciona Curvas de nivel*. Available at: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/how-contouring-works.htm> (Accessed: 6 December 2023).

Fernández (2015) *Cabezales y Aletas para Alcantarillas*.

Flacso (2020) *Recolección De Agua De Lluvia Y Ahorro De Agua En El Hogar*. Available at: <https://ambienteycomercio.org/construccion-sustentable/recoleccion-de-agua-de-lluvia-y-ahorro-de-agua-en-el-hogar/> (Accessed: 30 November 2023).

Gallardo Armijos, D.C. (2018) *Diseño hidráulico del sistema de drenaje para aguas lluvias de la Universidad Estatal Del Sur de Manabí Campus Los Ángeles (Tesis de ingeniería civil, Universidad Estatal del Sur de Manabí)*. Available at: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1396> (Accessed: 30 November 2023).

García (2021) ‘Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València’.

Guachamín, W. *et al.* (2015) ‘Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación’. Quito: INAMHI. Available at: [https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO\\_DE\\_INTENSIDADES\\_V\\_FINAL.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf) (Accessed: 6 December 2023).

Guerrero (2018) *Evaluación y análisis de la intensidad de lluvia de diseño influenciada por oscilaciones decadales de precipitación mediante la determinación de una metodología de cálculo para la cuenca del río Paute* .

Available at:  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31528/3/TesisGuerreroCoronel.pdf> (Accessed: 6 December 2023).

Guntin prefabricados para construcción (2018) *BORDILLOS DE HORMIGÓN*. Available at: <https://www.techart.ec/bordillos-prefabricados> (Accessed: 30 November 2023).

Hidalgo Beltrán, C.S. (2012) *Estudio de drenaje en la vía Rumicucho - Loma Cabuyal, de San Antonio de Pichincha*. Available at: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6425> (Accessed: 30 November 2023).

Huaman (2018) *DISEÑO DE ALCANTARILLAS*.

Huaylla (2015) *Bondad de ajuste: Una revisión de algunos métodos existentes*.

ingecivil (2019) *Cálculo de Cunetas y Alcantarillado*. Available at: <https://www.ingecivil.net/2019/05/29/calculo-de-cunetas-y-alcantarillado/> (Accessed: 30 November 2023).

ingeniería, hume (2016) *¿La zanja de drenaje soluciona la humedad por capilaridad?* Available at: <https://humeingenieria.es/blog/la-zanja-drenaje-soluciona-la-humedad-capilaridad/#:~:text=Siguiendo%20este%20razonamiento%20constructivo%2C%20s%20AD,riesgo%20de%20humedad%20por%20capilaridad.> (Accessed: 30 November 2023).

INHAMI (2009) *Mapa de ubicación de la red actual de estaciones ( INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA)*. Available at: [https://www.inamhi.gob.ec/docum\\_institucion/MapasBiblioteca/12%20mapa%20ecuadorEstaciones%20meteorologicashidrologicasA0.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/MapasBiblioteca/12%20mapa%20ecuadorEstaciones%20meteorologicashidrologicasA0.pdf) (Accessed: 30 November 2023).

Inkatonsa (no date) *Tubos con Sellos de Neopreno*.

Instituto Geográfico Militar (2021) ‘Carta topográfica a escala 1:50.000 (Impreso en los talleres gráficos del Instituto Geográfico Militar, IGM)’. Available at: <https://www.geoportalignm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/> (Accessed: 30 November 2023).

Irrigación y drenaje Hugo Amado Rojas Rubio (2010) *MANUAL DE IRRIGACION Y DRENAJE. HUGO ROJAS RUBIO*. Available at: [https://www.academia.edu/14392360/MANUAL\\_DE\\_IRRIGACION\\_Y\\_DRENAJE\\_HUGO\\_ROJAS\\_RUBIO](https://www.academia.edu/14392360/MANUAL_DE_IRRIGACION_Y_DRENAJE_HUGO_ROJAS_RUBIO) (Accessed: 30 November 2023).

Jaime Antonio Álvarez and Guido Fernando Calle (2013) “*ESTUDIO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS PARA DRENAJE VIAL EN LA VÍA DE ACCESO AL SECTOR “LA UNIÓN” EN SANTA ISABEL – AZUAY*”. Available at: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1112625> (Accessed: 30 November 2023).

Jaime Antonio Álvarez Sacoto and Guido Fernando Calle Rivera. (2013) *ESTUDIO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS PARA DRENAJE VIAL EN LA VÍA DE ACCESO AL SECTOR “LA UNIÓN” EN SANTA ISABEL – AZUAY*. Available at: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1112625> (Accessed: 30 November 2023).

Jaramillo Nieto Jimmy and Sanga Christian (2007) *Estudio de las alcantarillas existentes en la autopista ( Tesis de ingeniería civil, Universidad ESPOL)*. Available at: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3307/1/5829.pdf> (Accessed: 30 November 2023).

Jiménez Terán, J.M. *et al.* (2018) *Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Tuberías y Canales*. Mexico.

Leopoldo Juvenal Ortega Corrales (2015) *DISEÑO DRENAJE SUPERFICIAL*. Available at: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/33807> (Accessed: 30 November 2023).

López, J.J. *et al.* (2012) ‘Caracterización del modelo HEC-HMS en la cuenca de río Arga en Pamplona y su aplicación a cinco avenidas significativas’, *Obras y proyectos*, (12), pp. 15–30. Available at: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-28132012000200002](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132012000200002) (Accessed: 6 December 2023).

López, P.L. (2004) 'Población muestra y muestreo', *Punto cero*, 9(08), pp. 69–74.

Luna Abril Patricio Javier and Terán Solano Doménica (2022) *Análisis del comportamiento hidráulico de elementos de drenaje superficial en la ciudad de Cuenca – sector Universidad del Azuay – mediante el uso del programa SWMM (Tesis de ingeniería civil, Universidad de Cuenca)*. Available at: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/37700> (Accessed: 30 November 2023).

Marín and Pérez (2014) *Drenaje y subdrenaje en carreteras*.

Martínez Santos (2015) *Hidrología Aplicada: Escorrentía*.

Máximo Villón (2014) *Libro de hidrología*. Available at: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6758/1/Hidrologia%20basica%20y%20aplicada.pdf> (Accessed: 30 November 2023).

Maya (2011) *Análisis de sensibilidad de parámetros geomorfológicos y climatológicos en modelos lluvia escorrentía*. Available at: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5353/INTRODUCCION.pdf?sequence=11&isAllowed=y> (Accessed: 6 December 2023).

Meza and Zapata (2009) *Replanteo e instalación de alcantarillas en una carretera*.

Mirassou, S.B. (2009) 'La gestión integral de los recursos hídricos: aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua'.

MTOP (2013a) *Normas para estudio y diseño vial*. Available at: [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf) (Accessed: 30 November 2023).

MTOP (2013b) *VOLUMEN N° 2- LIBRO B NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑO VIAL*. Available at: [file:///C:/Users/sando/Downloads/dokumen.tips\\_mtop-v-2-libro-b-norma-para-estudios-y-diseno-vial%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/sando/Downloads/dokumen.tips_mtop-v-2-libro-b-norma-para-estudios-y-diseno-vial%20(1).pdf) (Accessed: 6 December 2023).

Mujica Jaime (2013) *Revisión del drenaje de la carretera Patamban- La cantera del km 5+00 al 9+700 ( Tesis de ingeniería civil, Universidad Don Vasco A,C)*. Available at: <http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/0711453/0711453.pdf> (Accessed: 27 November 2023).

Museum (2009) *Hidrogramas unitarios triangulares*. Available at: [https://www.oocities.org/gsilvam/hidrogramas\\_scs.htm](https://www.oocities.org/gsilvam/hidrogramas_scs.htm) (Accessed: 6 December 2023).

Narváez (2014) *Introducción a la investigación: guía interactiva*. Available at: <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/index.html> (Accessed: 6 December 2023).

Niño Cotrina, J.M. and Garcia Chozo, M.X. (2021) 'Diseño y optimización del sistema de drenaje de las aguas pluviales de la urbanización El Chilcal'.

Núñez and Vasco (2014) *COMPORTAMIENTO Y SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE PUENTES VEHICULARES MEDIANTE EL ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DEL DISEÑO POR FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA VERSUS EL DISEÑO POR ESFUERZOS PERMISIBLES*.

Orrala (2022) 'DETERMINACION DE ENVOLVENTES PARA CAUDALES MAXIMOS ASOCIADOS A PERIODOS DE RETORNO PARA LA PROVINCIA DE SANTA ELENA Y LA REPRESENTACION TEMATICA POR SUBREGIONES HIDROLOGICAS'.

Ortega, C. (2020) 'Investigación cuantitativa. Qué es y cómo realizarla'. QuestionPro. [https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-lainvestigacion ...](https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-lainvestigacion...)

Ortega, L. and Salgado, L. (2001) 'Drenaje en suelos agrícolas.' Available at: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/36217/NR26418.pdf?sequence=1> (Accessed: 30 November 2023).

Ponce (2017) *DRENAJE DE CARRETERAS*. Available at: [https://ponce.sdsu.edu/drenaje\\_de\\_carreteras\\_a.html](https://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_a.html) (Accessed: 6 December 2023).

Quispe Pacompia, F. (2018) 'Generación de intensidad máxima de precipitación pluvial con fines de diseño de infraestructura hidráulica en la localidad de Capachica-Puno'. Available at: <https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/handle/20.500.12990/2149> (Accessed: 30 November 2023).

Ramírez, M., Ghanem, A. and Lárez, H. (2006) 'Estudio comparativo de los diferentes métodos utilizados para la predicción de intensidades máximas de precipitación para el diseño adecuado de estructuras hidráulicas', *SABER. Revista Multidisciplinaria Del Consejo de Investigación de La Universidad de Oriente*, 18(2), pp. 189–196.

Rodriguez, C. (2013) *Diseño integral del sistema de drenaje vial para obras de arte menor ( drenaje longitudinal y transversal) para la carretera Pachon Minha Zharo de 7.2 km ubicada en la provincia del Cañar ( Tesis de ingeniería, Universidad de Cuenca)*. Available at: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1112623> (Accessed: 30 November 2023).

Rodríguez Merchán and Franklin Santiago Calle Calva (2013) *DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE DRENAJE VIAL PARA OBRAS DE ARTE MENOR (DRENAJE LONGITUDINAL Y TRASVERSAL) PARA LA CARRETERA PACHON MINA ZHARO DE 7.2 KM UBICADA EN EL CANTON SUSCAL EN LA PROVINCIA DE CAÑAR*.

Rojas Marmolejo, S. (2018) 'Cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de sistema de drenaje pluvial urbano en zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho'.

Romera (2010) *HIDROLOGÍA APLICADA* .

Sanchez Perez, L. and Delgado Ramirez, J.F. (2003) 'Diseño hidráulico y estructural del sistema de drenaje pluvial urbano del sector progreso margen izquierda quebrada Choclino, en la banda de Shilcayo Tomo I'.

Santiago Xavier Maldonado Leoro and Fausto Alejandro Rodríguez Bravo (2012) *Análisis de alternativas de diseño de drenaje vial con aplicación de programas computacionales*. Available at: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/7879> (Accessed: 26 November 2023).

Soledispa (2008) *Estudio Preliminar y Diseño de la Vía: Tramos Cerecita – Tamarindo 0+000 - 1+500 L=1500 metros, Tamarindo - La Bajada de Progreso 0+000 – 1+300 L=1300 metros; con Pavimento Flexible (Método Marshall)*.

SW & Storm (2013) *Trampa de sedimentos*. Available at: <https://www.stormwaterpartners.com/sites/default/files/17/12/13/SWP%20sediment%20trap%20spa.pdf> (Accessed: 30 November 2023).

Torres Vega, B.M. (2018) 'Diseño hidráulico del sistema de drenaje para la vía departamental sm-100, tramo Moyobamba-Jepelacio. Departamento San Martín. Perú'. Available at: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/9671> (Accessed: 30 November 2023).

UNAM (2018) *Vulnerabilidad de estructuras de puentes en zonas de gran influencia de ciclones tropicales*.

Vasquez Villalobos, Y.J. (2021) 'Diseño de alcantarillas y cunetas de drenaje para mejorar la serviciabilidad de la carretera Antilla-Ccollpa, Provincia de Abancay-Apurímac'.

Victor Miguel Ponce (2017) *DRENAJE DE CARRETERAS - B*. Available at: [https://ponce.sdsu.edu/drenaje\\_de\\_carreteras\\_b.html](https://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_b.html) (Accessed: 30 November 2023).

Zumaeta Servan, R. and Goñas Puscan, R.B. (2017) 'Determinación de escorrentía y su influencia en el diseño del sistema de drenaje en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza Chachapoyas-Amazonas, 2016'. Available at: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1174> (Accessed: 26 November 2023).



## **ANEXOS**

- ✓ **ANEXO A.**
- ✓ **CURVAS DE NIVEL**
- ✓ **CARTOGRAFÍA ZAPOTAL, ESCALA: 150.000**
- ✓ **ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS POR CUENCAS  
HIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR**
- ✓ **ÁREAS PORTABLES DE CUENCAS**
- ✓ **DIMENSIONES DE TUBERÍAS FABRICADAS POR INKATONSA**
  
- ✓ **ANEXO B. FOTOGRAFÍAS**
- ✓ **ALCANTARILLA 1 (EXISTENTE)**
- ✓ **ALCANTARILLA 2 (EXISTENTE)**
- ✓ **ALCANTARILLA 3**
- ✓ **ALCANTARILLA 4 (EXISTENTE)**
- ✓ **ALCANTARILLA 5**
- ✓ **ALCANTARILLA 6 (EXISTENTE)**
- ✓ **ALCANTARILLA 7 (EXISTENTE)**
- ✓ **ALCANTARILLA 8 (EXISTENTE)**
  
- ✓ **ANEXO C. CÁLCULOS Y TABLAS DE RESULTADOS**
- ✓ **ALCANTARILLA 1**
- ✓ **ALCANTARILLA 2**
- ✓ **ALCANTARILLA 3**
- ✓ **ALCANTARILLA 4**
- ✓ **ALCANTARILLA 5**
- ✓ **ALCANTARILLA 6**
- ✓ **ALCANTARILLA 7**
- ✓ **ALCANTARILLA 8**
- ✓ **TABLAS DE RESULTADOS**

✓ ANEXO D. PLANOS

**ALCANTARILLA 1 (ABSCISA 1+446)**

**ALCANTARILLA 2 (ABSCISA 2+345)**

**ALCANTARILLA 3 (ABSCISA 2+590)**

**ALCANTARILLA 4 (ABSCISA 3+734)**

**ALCANTARILLA 5(ABSCISA3+734)**

**ALCANTARILLA 6 (ABSCISA3+927)**

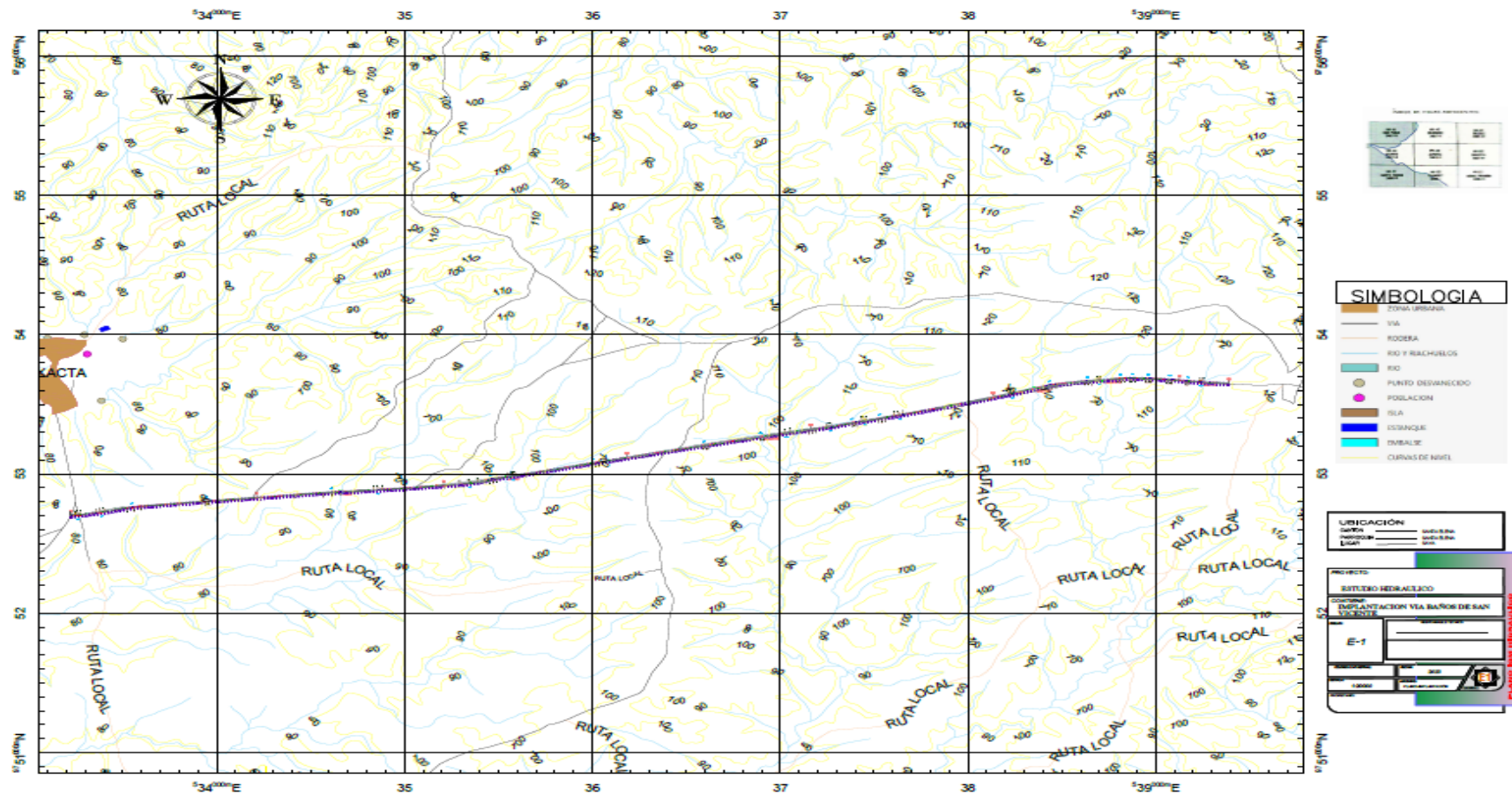
**ALCANTARILLA 7 (ABSCISA5+218)**

**ALCANTARILLA 8 (ABSCISA5+596)**

# **ANEXO A**

# ANEXO A-1

Curvas de nivel. Escala 1:20000



# ANEXO A - 2

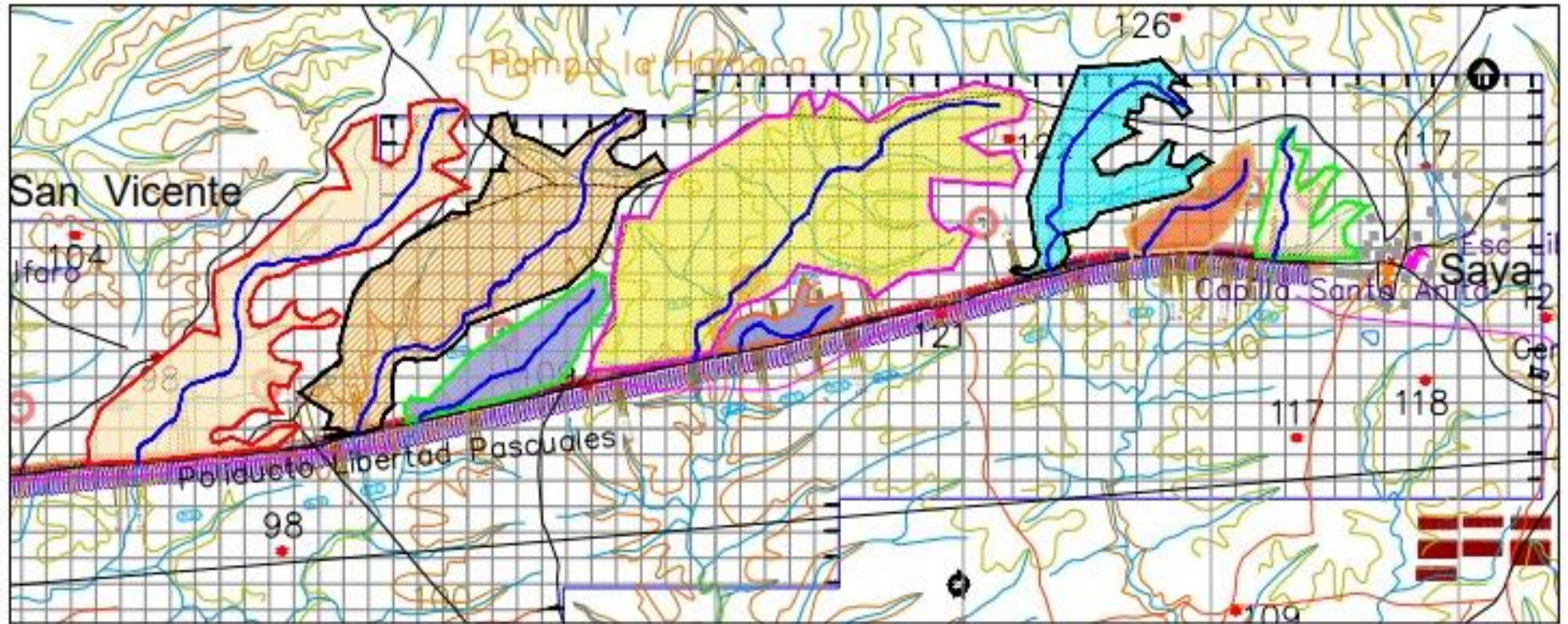
## Cartografía Zapotal, escala 1:50000





**ANEXO A - 4**

*Áreas Portables De Cuencas*



## ANEXO A - 5

### *Dimensiones de alcantarillas fabricadas por INKATONSA*

<b>Diámetro interior</b>	<b>Longitud (m)</b>
150	1,25
200	1,25
250	1,50
300	1,50
350	1,50
400	1,50
450	1,50
500	1,50
550	1,50
600	1,50
670	2,50
830	2,50
900	2,50
1000	2,50
1050	2,50
1100	2,50
1200	2,50
1400	2,50
1500	2,50
1700	2,00
1800	2,00
2000	2,00
2250	2,00

Tomado de (Inkatonsa)



# **ANEXO B**

## ANEXO B-1

### Alcantarilla 1



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



TEMA:	“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”
TUTOR:	ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MSc.
TESISTAS:	ANA CRISTINA CRUZ BAQUE, NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES

### ANEXOS

#### *Aguas arriba*



#### *Aguas abajo*



### ALCANTARILLA 1

## ANEXO B-2

### Alcantarilla 2



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



TEMA:	“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”
TUTOR:	10ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MSc.
TESISTAS:	ANA CRISTINA CRUZ BAQUE, NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES

### ANEXOS

#### *Aguas arriba*



#### *Aguas abajo*



### ALCANTARILLA 2

## ANEXO B-3

### *Alcantarilla 3*

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CICNCIAS DE LA INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
TEMA:	“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”	
TUTOR:	ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MSc.	
TESISTAS:	ANA CRISTINA CRUZ BAQUE, NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES	
<b>ANEXOS</b>		
<i>Aguas arriba</i>		
		
<i>Aguas abajo</i>		
		
<b>ALCANTARILLA 3</b>		

## ANEXO B-4

### Alcantarilla 4



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



TEMA:	“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”
TUTOR:	ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MSc.
TESISTAS:	ANA CRISTINA CRUZ BAQUE, NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES

### ANEXOS

#### *Aguas arriba*



#### *Aguas abajo*



### ALCANTARILLA 4

## ANEXO B-5

### Alcantarilla 5



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



TEMA:	“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”
TUTOR:	ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MSc.
TESISTAS:	ANA CRISTINA CRUZ BAQUE, NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES

### ANEXOS

#### *Aguas arriba*



#### *Aguas abajo*



### ALCANTARILLA 5

## ANEXO B-6

### Alcantarilla 6



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



TEMA:	“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”
TUTOR:	ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MSc.
TESISTAS:	ANA CRISTINA CRUZ BAQUE, NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES

### ANEXOS

#### *Aguas arriba*



#### *Aguas abajo*



### ALCANTARILLA 6

## ANEXO B-7

### Alcantarilla 7



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



TEMA:	“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”
TUTOR:	ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MSc.
TESISTAS:	ANA CRISTINA CRUZ BAQUE, NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES

### ANEXOS

#### *Aguas arriba*



#### *Aguas abajo*



### ALCANTARILLA 7



## ANEXO B-8

### Alcantarilla 8



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



TEMA:	“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”
TUTOR:	ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, MSc.
TESISTAS:	ANA CRISTINA CRUZ BAQUE, NATHALIE LIZBETH SANDOVAL ROBLES

### ANEXOS

#### *Aguas arriba*



#### *Aguas abajo*



### ALCANTARILLA 8

# **ANEXO C**

## ANEXO C-1

Alcantarilla 1 – Abscisa 1+446

PARAMETROS		
AREA PORTANTE(AP)	904783.11	m <sup>2</sup>
LONGITUD	2070.2	m
ALTURA MAX	110	m
ALTURA MIN	88	m
DESNIVEL	22	m
PENDIENTE	0.010627	
PERIODO DE RETORNO	25	años

TIEMPO CONCENTRACION CALIFORNIA				
California highway & Public work	$= 0.95 \times \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0.385}$	$t_c$ (Horas)	Tiempo de concentración	
		$H$ (m)	Desnivel máximo de la cuenca	
		$L$ (Km)	Longitud del cauce principal	
L	2.07	km		
H	22.00	m		
Tc	0.67	Horas		
Tc	40.37	min	>10min	CUMPLE

INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
30.000	95.3		
40.373	87.35	mm/h	Por Interpolación
60.000	72.3		

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
<b>Tipo de terreno</b>	<b>Coefficientes de escorrentía</b>
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40
c	0.3

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	87.348 mm/h
A	904783.11 m <sup>2</sup>
Q	6.585881155 m <sup>3</sup> /s

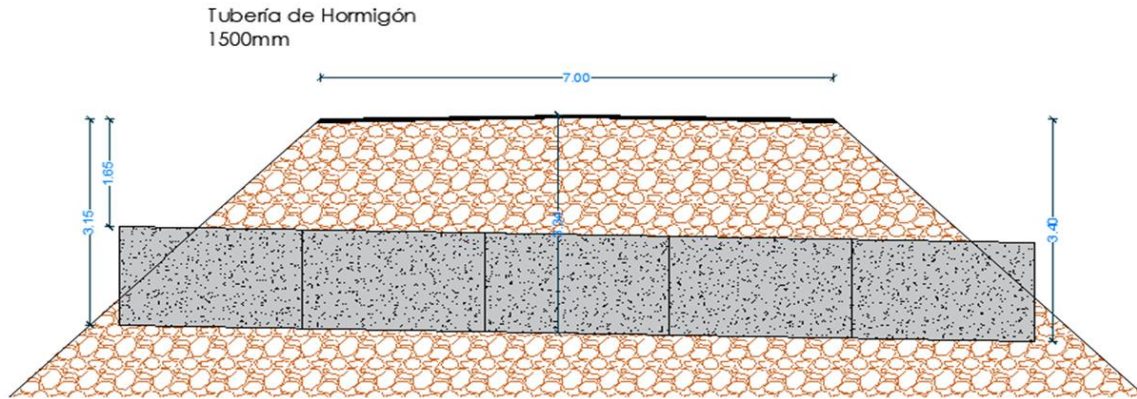
DISEÑO DE ALCANTARILLA	
tipo	tubular
material	hormigon
forma	circular
diametro	42 pulgadas
	1.5 m

PERIODO DE RETORNO		50 años	
INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
30.000	110		
40.373	100.80	mm/h	Por Interpolación
60.000	83.4		

VELOCIDAD DE DISEÑO	
$v = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$	
n	0.013
Rh	0.375
S	0.02
V	5.6570822

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	100.803 mm/h
A	904783.11 m <sup>2</sup>
Q	7.600389292 m <sup>3</sup> /s

CAUDAL	
	$Q=A*V$
Q	9.9968874



Cota de rasante	90.72 m
Longitud de vía	7.00 m
Cota de invert de entrada	87.57 m
Cota de invert de salida	87.32 m
Altura efectiva	2.35 m
Longitud de tubería	12.50 m

CONTROL DE ENTRADA	
d	1.50
Q/d	4.39
he/d	1.18
he	1.77

he max	2.10	m	> Altura efectiva	SI CUMPLE	nivel suficiente
			> he	SI CUMPLE	no hay rebose

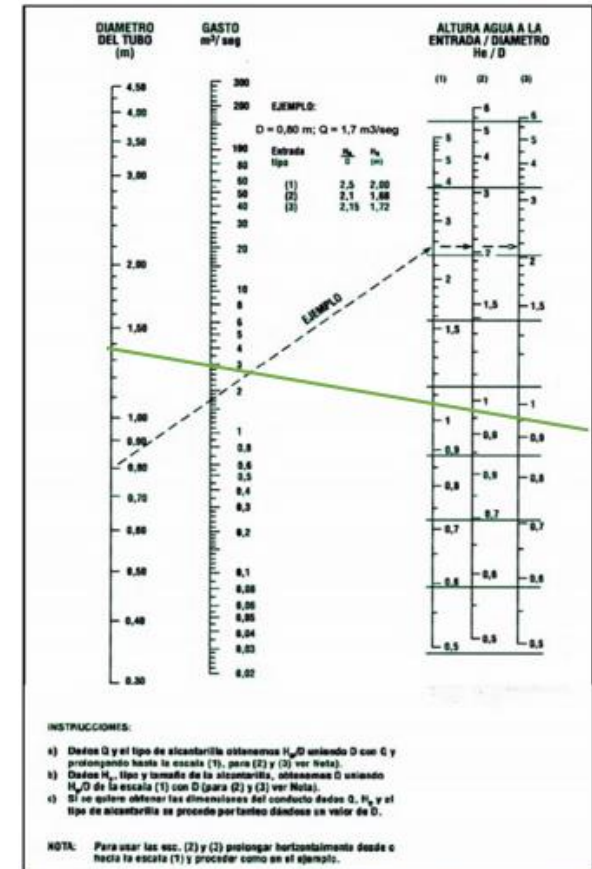


Figura 2B.202-05 Alcantarillas de tubería de hormigón con control de entrada

CONTROL DE SALIDA		
TW	0.5318	m
B	6	m
N	0.03	
Q	6.58588115	m <sup>3</sup> /seg
S	0.01063	
	2.91867614	TW(5/2)

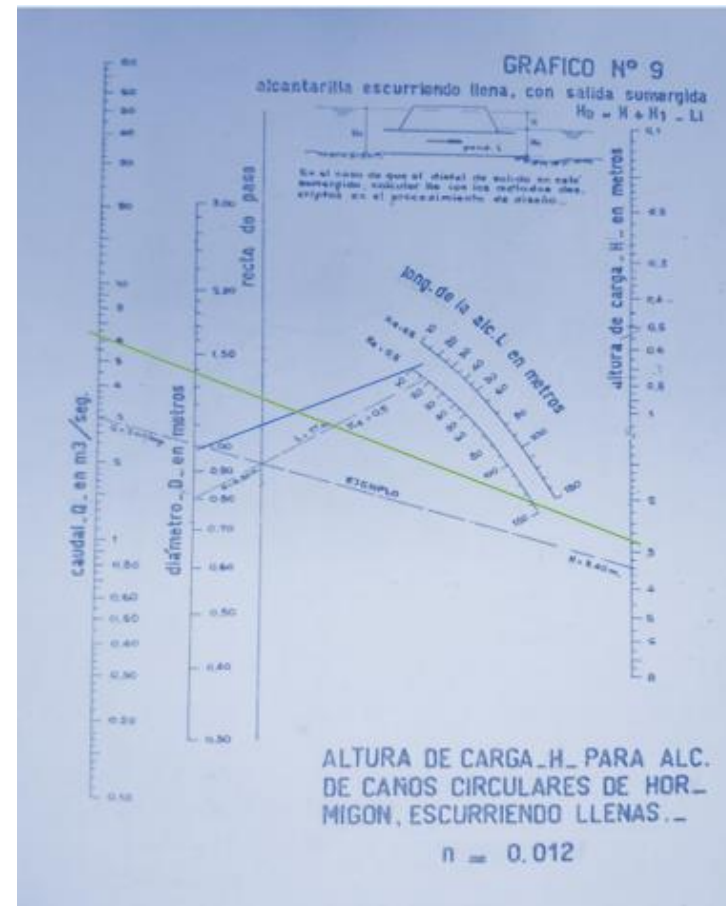
**LINEA PIEZOMETRICA APROXIMADA**

TIRANTE CRICITO YC	1.293 m
DIAMETRO	1.50 m
altura crítica H01	1.3965 m
Agua dentro del tubo TW	0.5318 m
HOF	1.3965 m

CARGA H		
ke	0.2	
d	1.50	
l	12	nomograma
q	6.58588115	
h	2.1	nomograma

profundidad del agua en la entrada		
HE	3.36366259	
H	2.1	m
ho	1.3965	m
L	12.5	m
S	0.0106270	m/m

HE ENTRADA	1.77	m
HE SALIDA	3.3636626	0 m
tipo de control	HE SALIDA	4.4189761



**REVISION ALTURAS**

HE ENTRADA	1.77	HE REAL	3.15	SI CUMPLE
HE SALIDA	3.3636626	HS REAL	3.40	SI CUMPLE

## ANEXO C-2

Alcantarilla 2 – Abscisa 2+345

PARAMETROS		
AREA PORTANTE(AP)	844591.33	m2
LONGITUD	1740.30	m
ALTURA MAX	110.00	m
ALTURA MIN	94.00	m
DESNIVEL	16.00	m
PENDIENTE	0.009193817	
PERIODO DE RETORNO	25	años

INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
30.000	95.3		
37.348	89.67	mm/h	Por Interpolación
60.000	72.3		

TIEMPO CONCENTRACION CALIFORNIA			
California highway & Public work	$t_c = 0.95 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$	$t_c$ (Horas)	Tiempo de concentración
		H (m)	Desnivel máximo de la cuenca
		L (Km)	Longitud del cauce principal
L	1.74	km	
H	16.00	m	
Tc	0.62	Horas	
Tc	37.35	min	>10min CUMPLE

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
Tipo de terreno	Coefficientes de escurrimiento
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40
c	0.3

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	89.667 mm/h
A	844591.33 m2
Q	6.310990212 m3/s

PERIODO DE RETORNO	50	años	
INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
30.000	110		
37.348	103.49	mm/h	Por Interpolación
60.000	83.4		

CAUDAL			
	Q=c*I*A		
c	0.300		
I	103.485	mm/h	
A	844591.33	m <sup>2</sup>	
Q	7.283558011	m <sup>3</sup> /s	

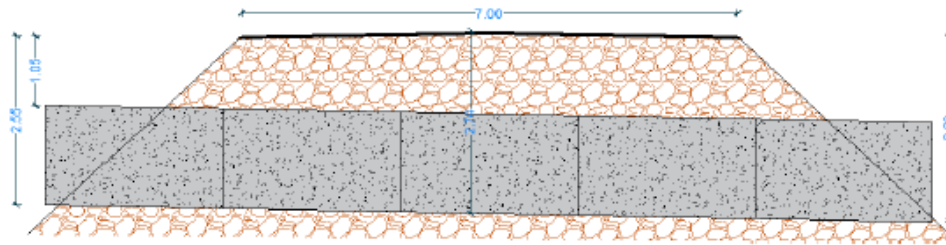
DISEÑO DE ALCANTARILLA	
tipo	tubular
material	hormigon
forma	circular
diametro	60 pulgadas 1.5 m

VELOCIDAD DE DISEÑO	
$v = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$	
n	0.013
Rh	0.375
S	0.02
V	5.6570822

CAUDAL	
Q=A*V	
Q	9.9968874

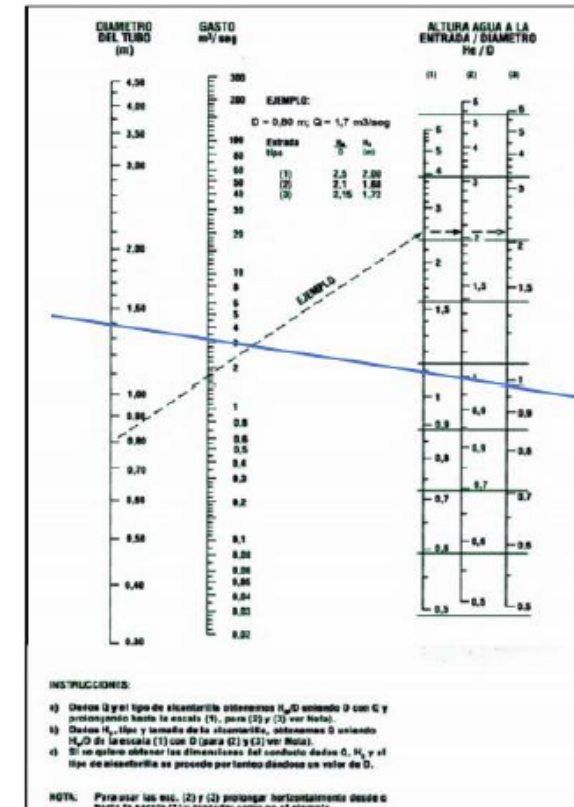


Tubería de Hormigón  
1500mm



Cota de rasante	96.10 m
Longitud de vía	7.00 m
Cota de invert de entrada	93.55 m
Cota de invert de salida	93.30 m
Altura efectiva	2.39 m
Longitud de tubería	12.50 m

CONTROL DE ENTRADA	
d	1.50
Q/d	4.21
he/d	1.18 según monograma 1
he	1.77 m



he max	2.10 m	> Altura efectiva	SI CUMPLE	nivel suficiente
		> he	SI CUMPLE	Rebose

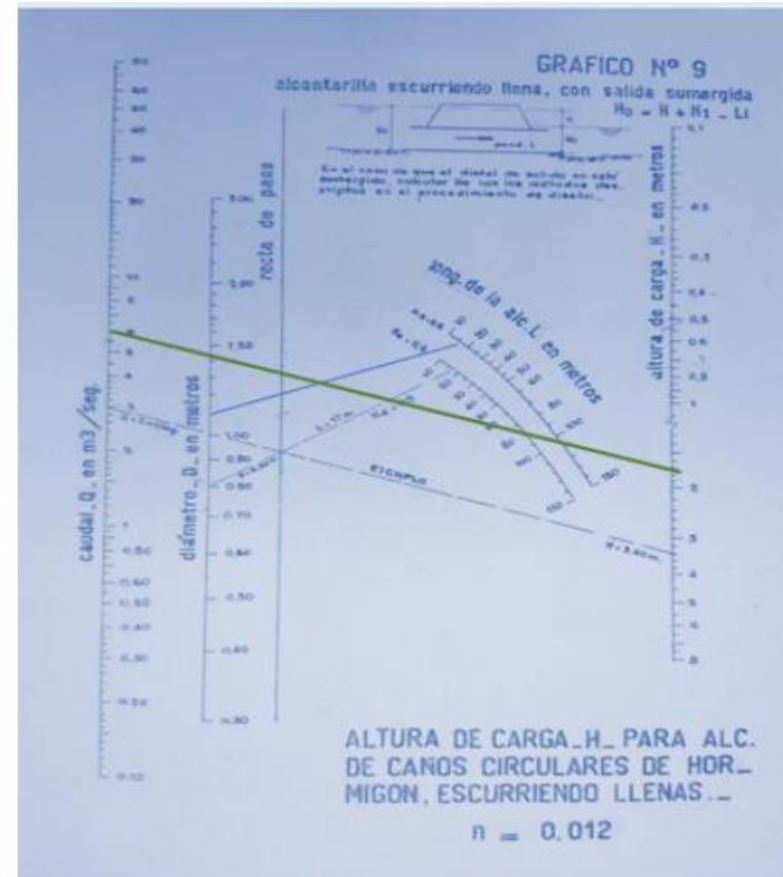
CONTROL DE SALIDA	
TW	0.5488 m
B	6 m
N	0.03
Q	6.3109902 m <sup>3</sup> /seg
S	0.00919
	2.6181831 TW(5/2)

LINEA PIEZOMETRICA APROXIMADA	
TIRANTE CRICITO YC	1.278 m
DIAMETRO	1.50 m
HO1	1.389 m
TW	0.5488 m
HOF	1.389 m

CARGA H	
ke	0.2
d	1.50
l	13 nomograma
q	6.310990212
h	1.5 nomograma

profundidad del agua en la entrada	
HE	2.769480377
H	1.5 m
ho	1.389 m
L	13 m
S	0.0091938 m/m

tipo de control	HE ENTRADA	2.775
-----------------	------------	-------



REVISION ALTURAS		
HE ENTRADA	1.77 HE REAL	2.55 SI CUMPLE
HE SALIDA	2.7694804 HS REAL	2.80 SI CUMPLE

### ANEXO C-3

Alcantarilla 3 – Abscisa 2+590

PARAMETROS	
AREA PORTANTE(AP)	189786.00 m <sup>2</sup>
LONGITUD	947.90 m
ALTURA MAX	110.00 m
ALTURA MIN	94.00 m
DESNIVEL	16.00 m
PENDIENTE	0.01687951
PERIODO DE RETORNO	25 años

TIEMPO CONCENTRACION CALIFORNIA			
California highway & Public work	$t_c = 0.95 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$	$t_c$ (Horas) H (m) L (Km)	Tiempo de concentración Desnivel máximo de la cuenca Longitud del cauce principal
L	0.95 km		
H	16.00 m		
Tc	0.31 Horas		
Tc	18.51 min	>10min	CUMPLE

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	111.918 mm/h
A	189786.00 m <sup>2</sup>
Q	1.7700378 m <sup>3</sup> /s

INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
10.00	131.5		
18.51	111.92	mm/h	Por Interpolación
20.00	108.5		

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
<b>Tipo de terreno</b>	<b>Coefficientes de escorrentía</b>
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40
c	0.3

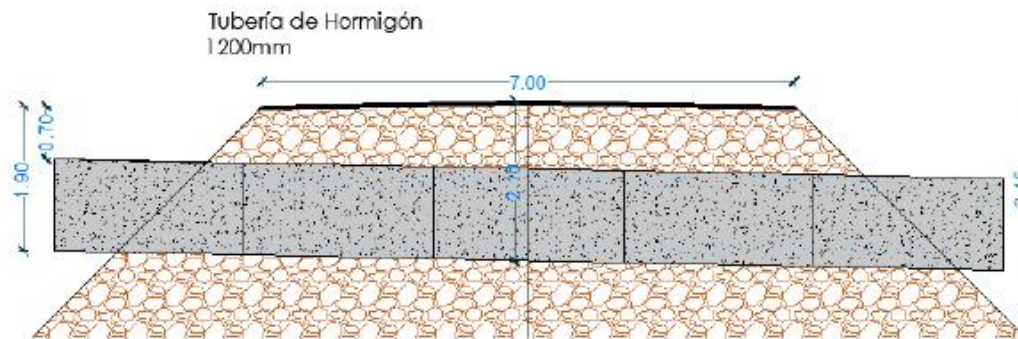
PERIODO DE RETORNO		50 años	
INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
10.000	151.7		
18.514	129.05	mm/h	Por Interpolación
20.000	125.1		

CAUDAL	
$Q=c*I*A$	
c	0.300
I	129.053 mm/h
A	189786.00 m <sup>2</sup>
Q	2.04103608 m <sup>3</sup> /s

DISEÑO DE ALCANTARILLA		
tipo	tubular	
material	hormigon	
forma	circular	
diametro	48	pulgadas
	1.2	m

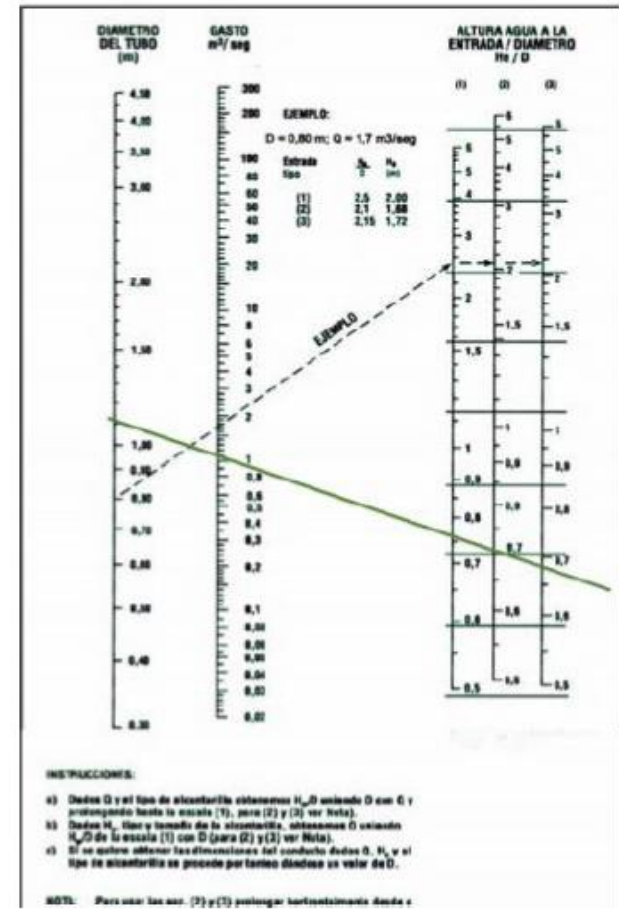
VELOCIDAD DE DISEÑO	
$v = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$	
n	0.013
Rh	0.3
S	0.02
V	4.8751257

CAUDAL	
$Q=A*V$	
Q	5.5136361



Cota de rasante	98.08 m
Longitud de vía	7.00 m
Cota de invert de entrada	96.18 m
Cota de invert de salida	95.93 m
Altura efectiva	2.1 m
Longitud de tubería	12.50 m

CONTROL DE ENTRADA		
d	1.20	
Q/d	1.48	
he/d	0.67	según monograma 1
he	0.79	m



CONTROL DE SALIDA	
TW	0.2048 m
B	6 m
N	0.03
Q	1.7700378 m <sup>3</sup> /seg
S	0.01688
	4.1295045 TW(5/2)

LINEA PIEZOMETRICA APROXIMADA	
TIRANTE CRICITO YC	0.696 m
DIAMETRO	1.20 m
HO1	0.948 m
TW	0.2048 m
HOF	0.948 m

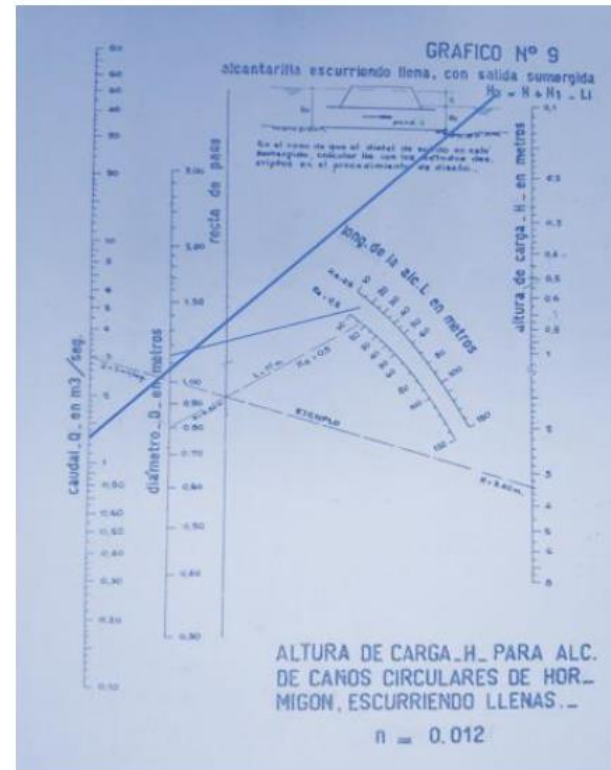
MAYOR

CARGA H	
ke	0.2
d	1.20
l	11 nomograma
q	1.770037828
h	0.1 nomograma

profundidad del agua en la entrada	
HE	0.862325426
H	0.1 m
ho	0.948 m
L	11 m
S	0.0168795 m/m

he max	1.80 m	> Altura efectiva	SI CUMPLE nivel suficiente
		> he	SI CUMPLE Rebose

REVISION ALTURAS				
HE ENTRADA	0.79	HE REAL	1.90	SI CUMPLE
HE SALIDA	0.8623254	HS REAL	2.15	SI CUMPLE



## ANEXO C-4

Alcantarilla 4 – Abscisa 3+734

PARAMETROS	
AREA PORTANTE(AP)	1001929.00 m <sup>2</sup>
LONGITUD	1700.00 m
ALTURA MAX	112.00 m
ALTURA MIN	97.00 m
DESNIVEL	15.00 m
PENDIENTE	0.00882353
PERIODO DE RETORNO	25 años

TIEMPO CONCENTRACION CALIFORNIA			
California highway & Public work	$t_c = 0.95 \times \left(\frac{L}{H}\right)^{0.805}$	tc (Horas) H (m) L (Km)	Tiempo de concentración Desnivel máximo de la cuenca Longitud del cauce principal
L	1.70 km		
H	15.00 m		
Tc	0.62 Horas		
Tc	37.26 min	>10min	CUMPLE

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	89.730 mm/h
A	1001929.00 m <sup>2</sup>
Q	7.49194116 m <sup>3</sup> /s

INTENSIDAD DE LLUVIA		
Tc	Intensidad	
30.00	95.3	
37.26	89.73 mm/h	Por Interpolación
60.00	72.3	

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
Tipo de terreno	Coefficientes de escorrentia
Pavimentos de adoquin	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40
c	0.3

<b>PERIODO DE RETORNO</b>	<b>50</b>	<b>años</b>	
<b>INTENSIDAD DE LLUVIA</b>			
Tc	Intensidad		
30.000	110		
37.265	103.56	mm/h	Por Interpolación
60.000	83.4		

<b>CAUDAL</b>			
	$Q=c*I*A$		
c	0.300		
I	103.558	mm/h	
A	1001929.00	m <sup>2</sup>	
Q	8.646514536	m <sup>3</sup> /s	

<b>DISEÑO DE ALCANTARILLA</b>	
tipo	tubular
material	hormigon
forma	circular
diametro	60 pulgadas 1.5 m

<b>VELOCIDAD DE DISEÑO</b>	
$v = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$	
n	0.013
Rh	0.375
S	0.02
V	5.6570822

<b>CAUDAL</b>	
$Q=A*V$	
Q	9.9968874



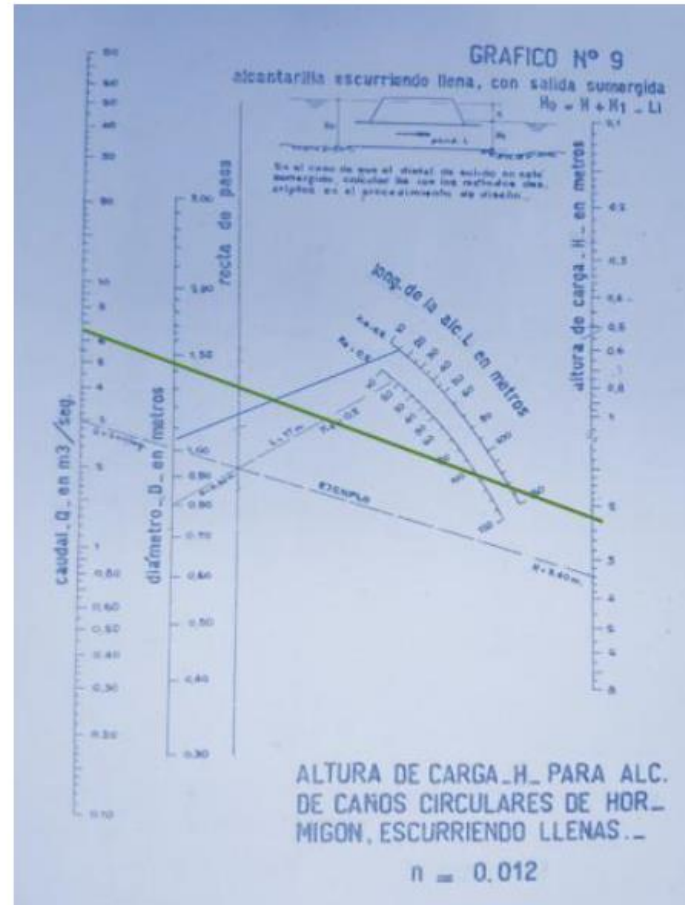


CONTROL DE SALIDA	
TW	0.62 m
B	6 m
N	0.03
Q	7.4919412 m <sup>3</sup> /seg
S	0.00882
	2.5386912 TW(5/2)

LINEA PIEZOMETRICA APROXIMADA	
TIRANTE CRICITO YC	1.293 m
DIAMETRO	1.50 m
HO1	1.3965 m
TW	0.62 m
HOF	1.3965 m

CARGA H		
ke	0.2	
d	1.50	
l	12	nomograma
q	7.4919412	
h	1.9	nomograma

profundidad del agua en la entrada		
HE	3.1906176	
H	1.9	m
ho	1.3965	m
L	12	m
S	0.0088235	m/m



REVISION ALTURAS				
HE ENTRADA	1.95	HE REAL	3.15	SI CUMPLE
HE SALIDA	3.1906176	HS REAL	3.40	SI CUMPLE

## ANEXO C-5

Alcantarilla 5 – Abscisa 3+927

PARAMETROS	
AREA PORTANTE(AP)	91107.67 m <sup>2</sup>
LONGITUD	754.19 m
ALTURA MAX	110.00 m
ALTURA MIN	100.00 m
DESNIVEL	10 m
PENDIENTE	0.0132593
PERIODO DE RETORNO	25 años

TIEMPO CONCENTRACION CALIFORNIA			
California highway & Public work	$t_c = 0.95 \times \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0.385}$	$t_c$ (Horas)	Tiempo de concentración
		$H$ (m)	Desnivel máximo de la cuenca
		$L$ (Km)	Longitud del cauce principal
L	0.75 km		
H	10.00 m		
Tc	0.28 Horas		
Tc	17.04 min	>10min	CUMPLE

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	115.313 mm/h
A	91107.67 m <sup>2</sup>
Q	0.875491605 m <sup>3</sup> /s

INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
10.000	131.5		
17.038	115.31	mm/h	Por Interpolación
20.000	108.5		

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
Tipo de terreno	Coefficientes de escurrimiento
Pavimentos de adoquin	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40
c	0.3

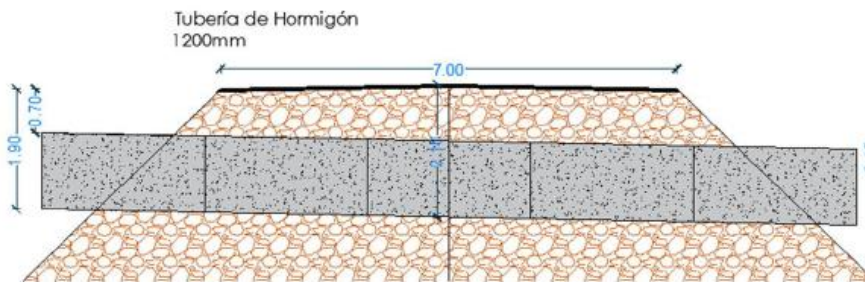
<b>PERIODO DE RETORNO</b>		50 años	
<b>INTENSIDAD DE LLUVIA</b>			
Tc	Intensidad		
10.000	151.7		
17.038	132.98	mm/h	Por Interpolación
20.000	125.1		

<b>CAUDAL</b>			
	$Q=c*I*A$		
c	0.300		
I	132.979	mm/h	
A	91107.67	m <sup>2</sup>	
Q	1.009620192	m <sup>3</sup> /s	

<b>DISEÑO DE ALCANTARILLA</b>	
tipo	tubular
material	hormigon
forma	circular
diametro	48 pulgadas 1.2 m

<b>VELOCIDAD DE DISEÑO</b>	
$v = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$	
n	0.013
Rh	0.3
S	0.02
V	4.8751257

<b>CAUDAL</b>	
$Q=A*V$	
Q	5.5136361

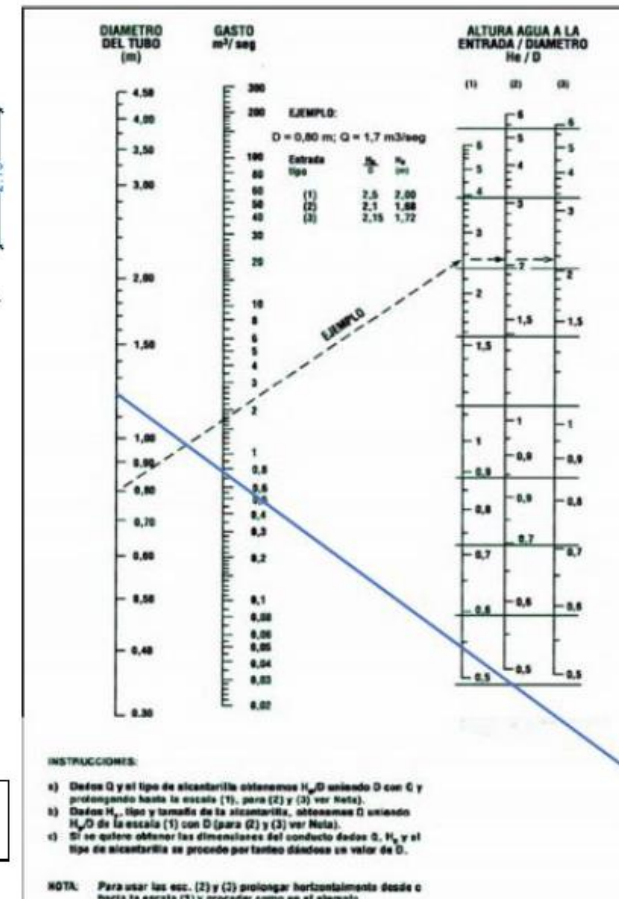


Cota de rasante	102.36 m
Longitud de vía	7.00 m
Cota de invert de entrada	100.46 m
Cota de invert de salida	100.21 m
Altura efectiva	2.1 m
Longitud de tubería	12.50 m

#### CONTROL DE ENTRADA

d	1.20
Q/d	0.73
he/d	0.55 según monograma 1
he	0.66 m

he max	1.80 m	> Altura efectiva	SI CUMPLI nivel suficiente
		> he	SI CUMPLI rebose



CONTROL DE SALIDA	
TW	0.14334 m
B	6 m
N	0.03
Q	0.8754916 m <sup>3</sup> /seg
S	0.01326
	3.4456385 TW(5/2)

LINEA PIEZOMETRICA APROXIMADA	
TIRANTE CRICITO YC	0.482 m
DIAMETRO	1.20 m
HO1	0.841 m
TW	0.14334 m
HOF	0.841 m

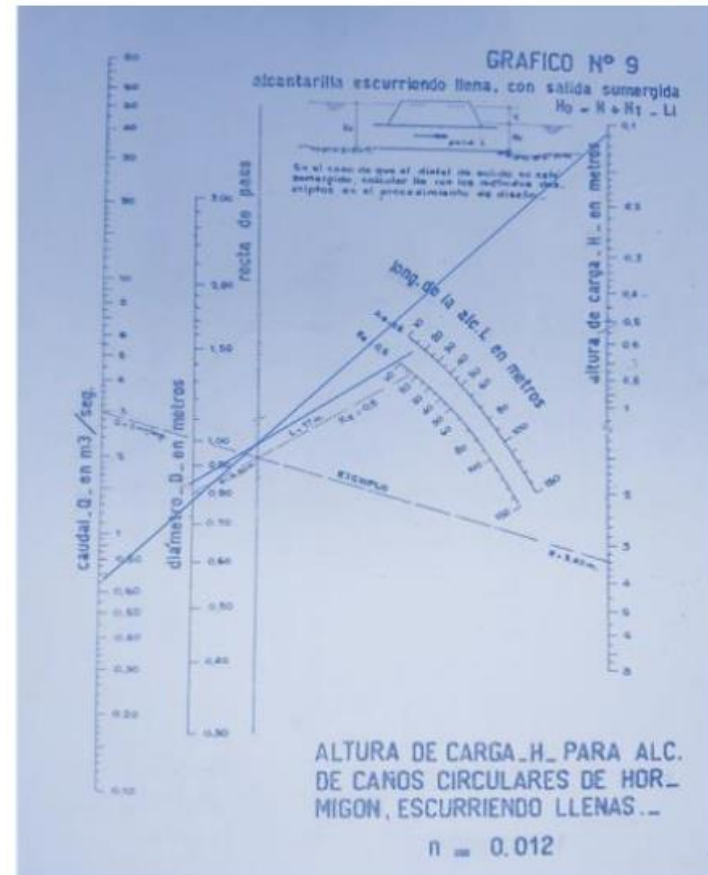
MAYOR

CARGA H	
ke	0.2
d	1.20
l	10
q	0.875491605
h	0.1

nomograma

nomograma

profundidad del agua en la entrada	
HE	0.808406538
H	0.1 m
ho	0.841 m
L	10 m
S	0.0132593 m/m



REVISION ALTURAS		
HE ENTRADA	0.66 HE REAL	1.90 SI CUMPLE
HE SALIDA	0.8084065 HS REAL	2.15 SI CUMPLE

## ANEXO C- 6

Alcantarilla 6 – Abscisa 5+218

PARAMETROS	
AREA PORTANTE(AP)	534854.89 m <sup>2</sup>
LONGITUD	1273.65 m
ALTURA MAX	120.00 m
ALTURA MIN	107.00 m
DESNIVEL	13 m
PENDIENTE	0.010206862
PERIODO DE RETORNO	25 años

TIEMPO CONCENTRACION CALIFORNIA		
California highway & Public work	$t_c = 0.95 \times \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0.385}$	
	tc (Horas)	Tiempo de concentración
	H (m)	Desnivel máximo de la cuenca
	L (Km)	Longitud del cauce principal
L	1.27 km	
H	13.00 m	
Tc	0.47 Horas	
Tc	28.21 min	>10min CUMPLE

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	97.664 mm/h
A	534854.89 m <sup>2</sup>
Q	4.3529906 m <sup>3</sup> /s

INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
20.000	108.5		
28.209	97.66	mm/h	Por Interpolación
30.000	95.3		

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
Tipo de terreno	Coefficientes de escorrentía
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40
c	0.3

PERIODO DE RETORNO	50 años		
<b>INTENSIDAD DE LLUVIA</b>			
Tc	Intensidad		
30.000	110		
28.209	111.59	mm/h	Por Interpolación
60.000	83.4		

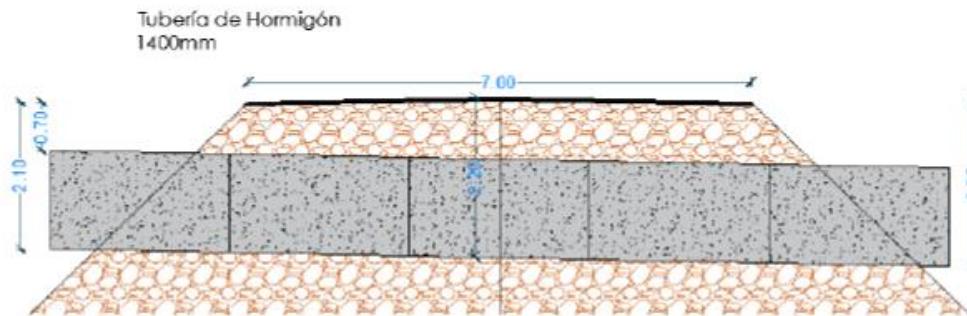
<b>CAUDAL</b>	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	111.588 mm/h
A	534854.89 m <sup>2</sup>
Q	4.973602784 m <sup>3</sup> /s

<b>DISEÑO DE ALCANTARILLA</b>	
tipo	tubular
material	hormigon
forma	circular
diametro	54 pulgadas 1.4 m

<b>VELOCIDAD DE DISEÑO</b>	
$v = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$	
n	0.013
Rh	0.35
S	0.02
V	5.4027766

<b>CAUDAL</b>	
	$Q=A*V$
Q	8.3169266

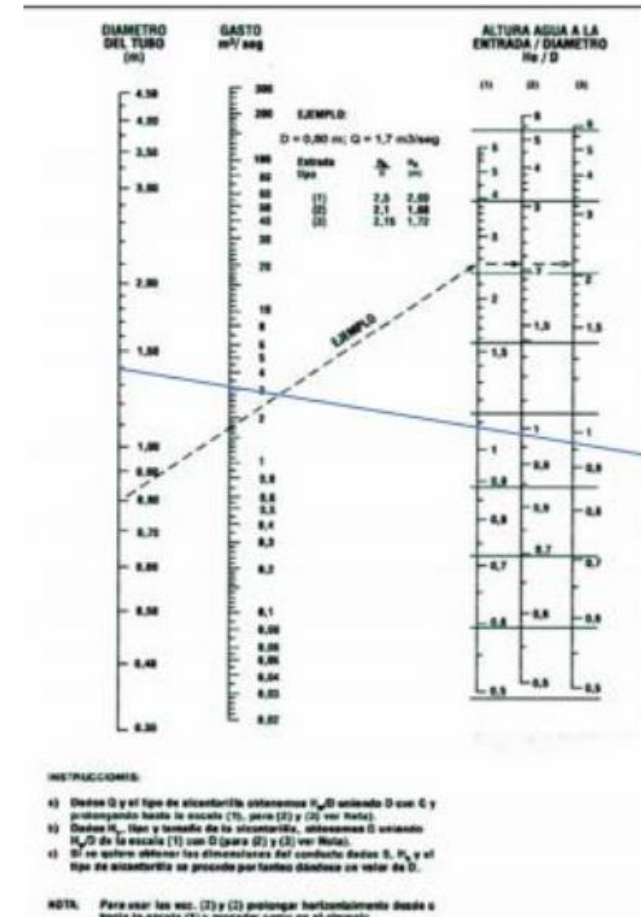




Cota de rasante	109.80 m
Longitud de vía	7.00 m
Cota de invert de entrada	107.70 m
Cota de invert de salida	107.45 m
Altura efectiva	2.29 m
Longitud de tubería	12.50 m

CONTROL DE ENTRADA	
d	1.40
Q/d	3.11
he/d	1.09 según monograma 1
he	1.53 m

he max	2.00	m	> Altura efectiva	SI CUMPLE	nivel suficiente
			> he	SI CUMPLE	no hay rebose



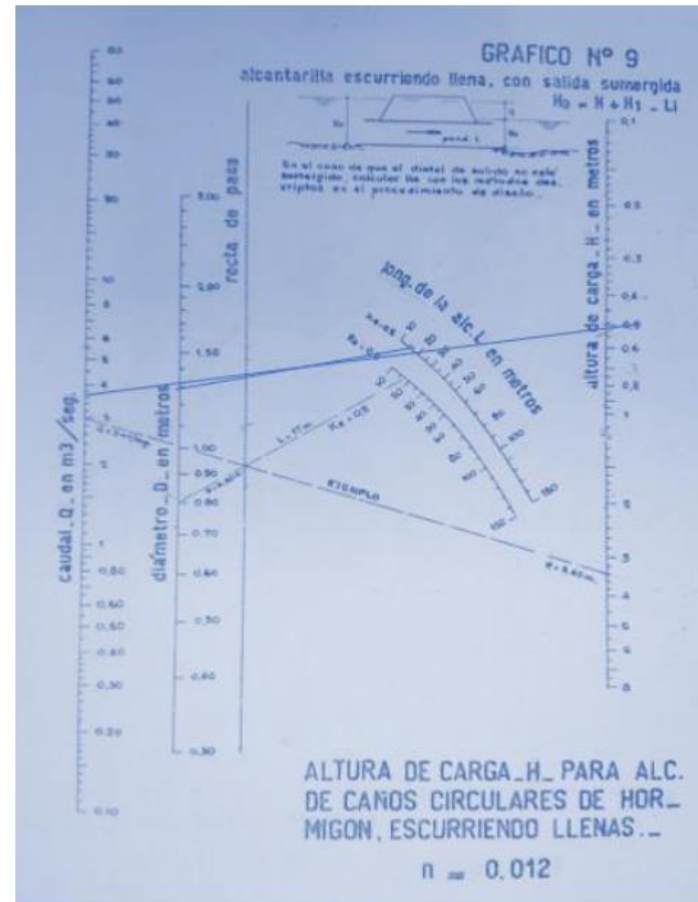
CONTROL DE SALIDA	
TW	0.4195 m
B	6 m
N	0.03
Q	4.3529906 m <sup>3</sup> /seg
S	0.01021
	2.8317004 TW(5/2)

LINEA PIEZOMETRICA APROXIMADA	
TIRANTE CRICITO YC	1.104 m
DIAMETRO	1.40 m
HO1	1.252 m
TW	0.4195 m
HOF	1.252 m

MAYOR

CARGA H	
ke	0.2
d	1.4
l	11.6 nomograma
q	4.3529906
h	0.46 nomograma

profundidad del agua en la entrada	
HE	1.5936004
H	0.46 m
ho	1.252 m
L	11.6 m
S	0.0102069 m/m



#### REVISION ALTURAS

HE ENTRADA	1.53	HE REAL	2.10	SI CUMPLE
HE SALIDA	1.5936004	HS REAL	2.35	SI CUMPLE

## ANEXO C- 7

Alcantarilla 7 – Abscisa 5+596

PARAMETROS	
AREA PORTANTE(AP)	133059.32 m <sup>2</sup>
LONGITUD	658.40 m
ALTURA MAX	120.00 m
ALTURA MIN	109.00 m
DESNIVEL	11 m
PENDIENTE	0.0167072
PERIODO DE RETORNO	25 años

TIEMPO CONCENTRACION CALIFORNIA			
California	$t_c$ (Horas)	Tiempo de concentración	
highway &	$H$ (m)	Desnivel máximo de la cuenca	
Public work	$L$ (Km)	Longitud del cauce principal	
	$t_c = 0.95 \times \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0.385}$		
L	0.66 km		
H	11.00 m		
Tc	0.23 Horas		
Tc	14.04 min	>10min	CUMPLE

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	122.210 mm/h
A	133059.32 m <sup>2</sup>
Q	1.355092924 m <sup>3</sup> /s

INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
10.000	131.5		
14.039	122.21	mm/h	Por Interpolación
20.000	108.5		

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
<b>Tipo de terreno</b>	<b>Coefficientes de escorrentía</b>
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40
c	0.3

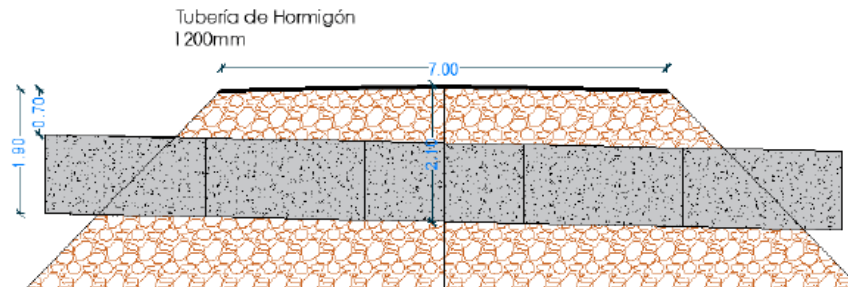
PERIODO DE RETORNO 50 años			
INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
10.000	151.7		
14.039	140.96	mm/h	Por Interpolación
20.000	125.1		

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	140.955 mm/h
A	133059.32 m <sup>2</sup>
Q	1.562951954 m <sup>3</sup> /s

DISEÑO DE ALCANTARILLA	
tipo	tubular
material	hormigon
forma	circular
diametro	48 pulgadas 1.2 m

VELOCIDAD DE DISEÑO	
$v = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$	
n	0.013
Rh	0.3
S	0.02
V	4.8751257

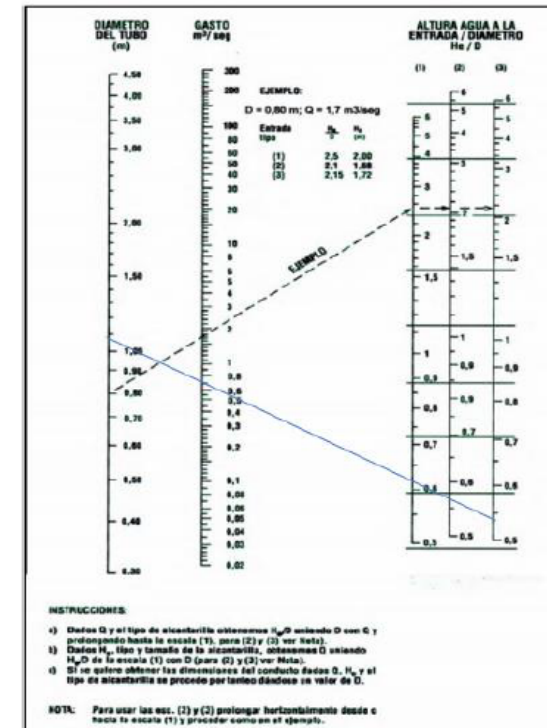
CAUDAL	
	$Q=A*V$
Q	5.5136361



Cota de rasante	110.76 m
Longitud de vía	7.00 m
Cota de invert de entrada	108.86 m
Cota de invert de salida	108.61 m
Altura efectiva	2.1 m
Longitud de tubería	12.50 m

CONTROL DE ENTRADA	
d	1.20
Q/d	1.13
he/d	0.70 según monograma 1
he	0.84 m

he max	1.80 m	> Altura efectiva	SI CUMPLE	nivel suficiente
		> he	SI CUMPLE	no hay rebose



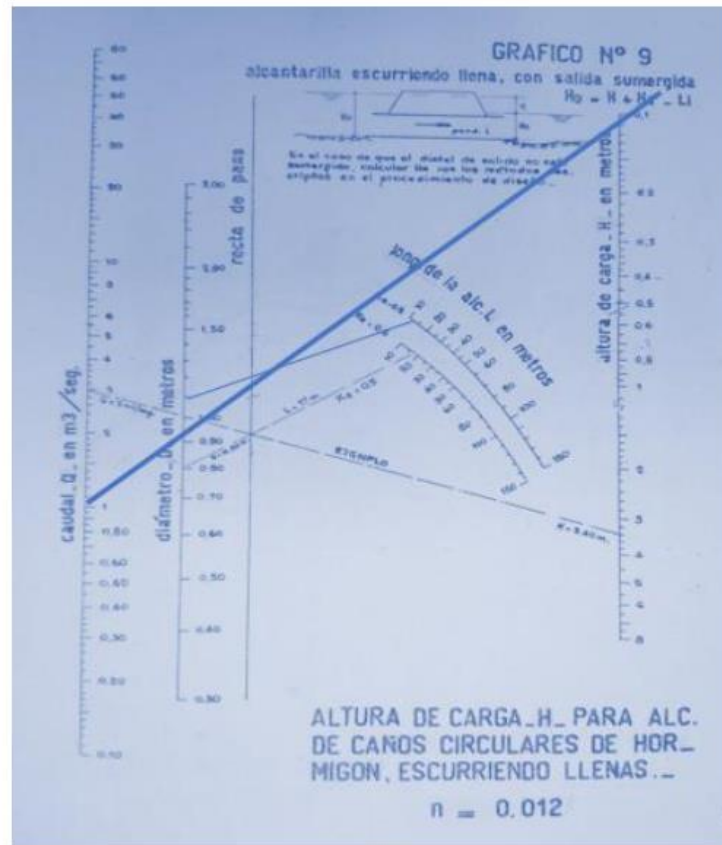
CONTROL DE SALIDA	
TW	0.1743 m
B	6 m
N	0.03
Q	1.3550929 m <sup>3</sup> /seg
S	0.01671
	4.0978426 TW(5/2)

LINEA PIEZOMETRICA APROXIMADA	
TIRANTE CRICITO YC	0.635 m
DIAMETRO	1.20 m
HO1	0.9175 m
TW	0.1743 m
HOF	0.9175 m

MAYOR

CARGA H	
ke	0.2
d	1.20
l	12 nomograma
q	1.3550929
h	0.1 nomograma

profundidad del agua en la entrada	
HE	0.8086604
H	0.1 m
ho	0.9175 m
L	12.5 m
S	0.0167072 m/m



#### REVISION ALTURAS

HE ENTRADA	0.84 HE REAL	1.90 SI CUMPLE
HE SALIDA	0.8086604 HS REAL	2.15 SI CUMPLE

## ANEXO C- 8

### Alcantarilla 8 – Abscisa 6+115

PARAMETROS	
AREA PORTANTE(AP)	170519.59 m <sup>2</sup>
LONGITUD	534.46 m
ALTURA MAX	120.00 m
ALTURA MIN	110.00 m
DESNIVEL	10 m
PENDIENTE	0.018710614
PERIODO DE RETORNO	25 años

INTENSIDAD DE LLUVIA			
Tc	Intensidad		
10.000	131.5		
11.446	128.17	mm/h	Por Interpolación
20.000	108.5		

TIEMPO CONCENTRACION CALIFORNIA			
California highway & Public work	$t_c = 0.95 \times \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0.385}$	te (Horas)	Tiempo de concentración
		H (m)	Desnivel máximo de la cuenca
		L (Km)	Longitud del cauce principal
L	0.53 km		
H	10.00 m		
Tc	0.19 Horas		
Tc	11.45 min	>10min	CUMPLE

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
<b>Tipo de terreno</b>	<b>Coefficientes de escorrentía</b>
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40
c	0.3

CAUDAL	
	$Q=c*I*A$
c	0.300
I	128.173 mm/h
A	170519.59 m <sup>2</sup>
Q	1.8213409 m <sup>3</sup> /s

PERIODO DE RETORNO	50 años		
<b>INTENSIDAD DE LLUVIA</b>			
Tc	Intensidad		
10.000	151.7		
11.446	147.85	mm/h	Por Interpolación
20.000	125.1		

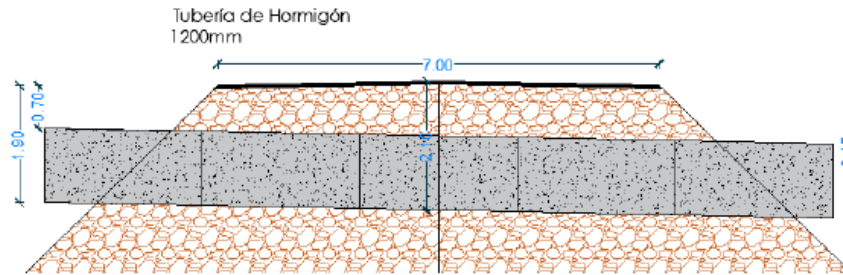
<b>CAUDAL</b>	
$Q=c*I*A$	
c	0.300
I	147.853 mm/h
A	170519.59 m <sup>2</sup>
Q	2.10098349 m <sup>3</sup> /s

<b>DISEÑO DE ALCANTARILLA</b>	
tipo	tubular
material	hormigon
forma	circular
diametro	48 pulgadas 1.2 m

<b>VELOCIDAD DE DISEÑO</b>	
$v = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$	
n	0.013
Rh	0.3
S	0.02
V	4.8751257

<b>CAUDAL</b>	
$Q=A*V$	
Q	5.5136361

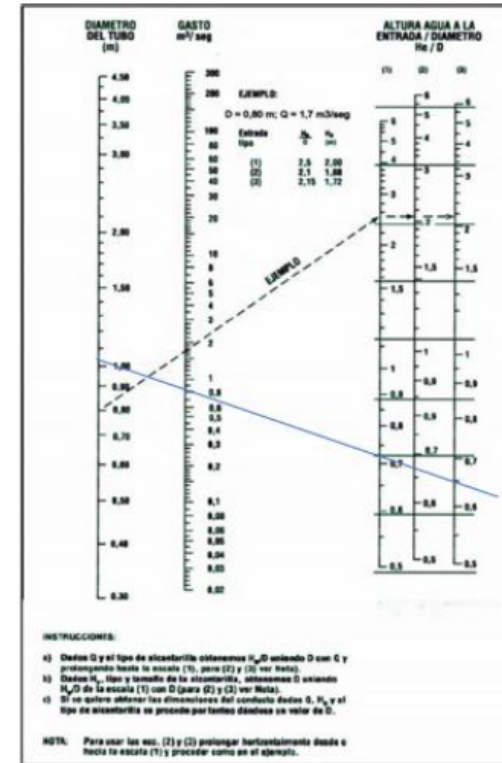




Cota de rasante	112.64 m
Longitud de vía	7.00 m
Cota de invert de entrada	110.74 m
Cota de invert de salida	110.49 m
Altura efectiva	2.1 m
Longitud de tubería	12.50 m

CONTROL DE ENTRADA	
d	1.20
Q/d	1.52
he/d	0.83 según monograma 1
he	1.00 m

he max	1.80 m	> Altura efectiva	SI CUMPLE nivel suficiente
		> he	SI CUMPLE no hay rebose



CONTROL DE SALIDA	
TW	0.20196 m
B	6 m
N	0.03
Q	1.8213409 m <sup>3</sup> /seg
S	0.01871
	4.4611226 TW(5/2)

LINEA PIEZOMETRICA APROXIMADA	
TIRANTE CRICITO YC	0.741 m
DIAMETRO	1.20 m
HO1	0.9705 m
TW	0.20196 m
HOF	0.9705 m

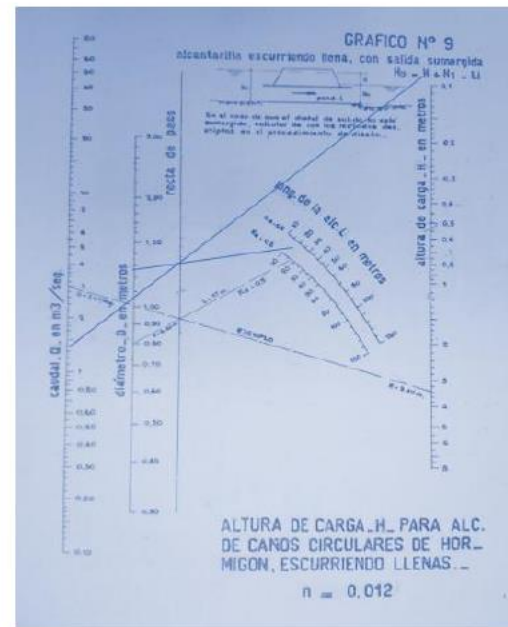
MAYOR

CARGA H	
ke	0.2
d	1.20
l	12 nomograma
q	1.821340901
h	0.1 nomograma

profundidad del agua en la entrada	
HE	0.84597263
H	0.1 m
ho	0.9705 m
L	12 m
S	0.0187106 m/m

**REVISION ALTURAS**

HE ENTRADA	1.00 HE REAL	1.90 SI CUMPLE
HE SALIDA	0.8459726 HS REAL	2.15 SI CUMPLE

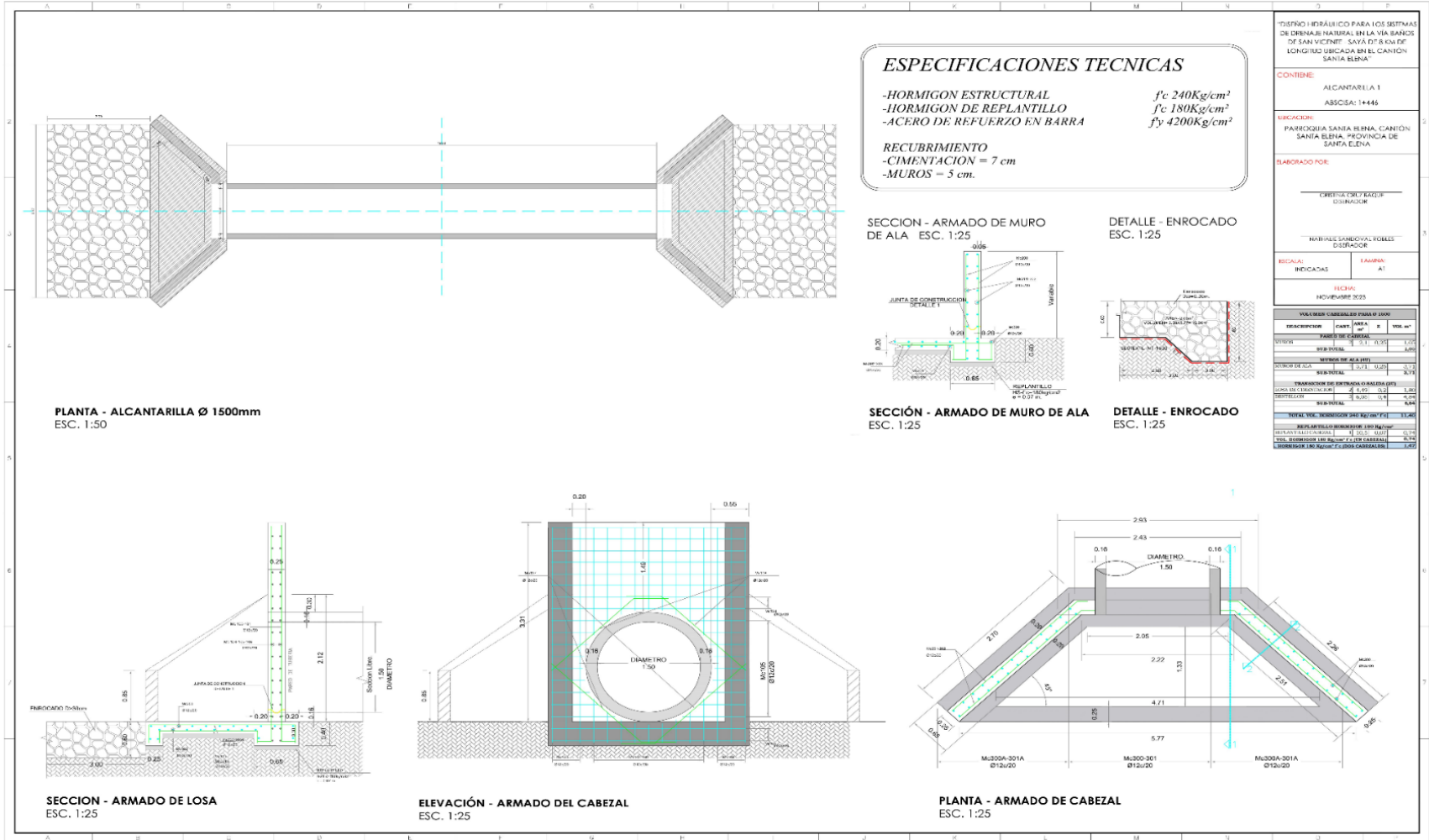


para alcantarilla doble

# ANEXO D

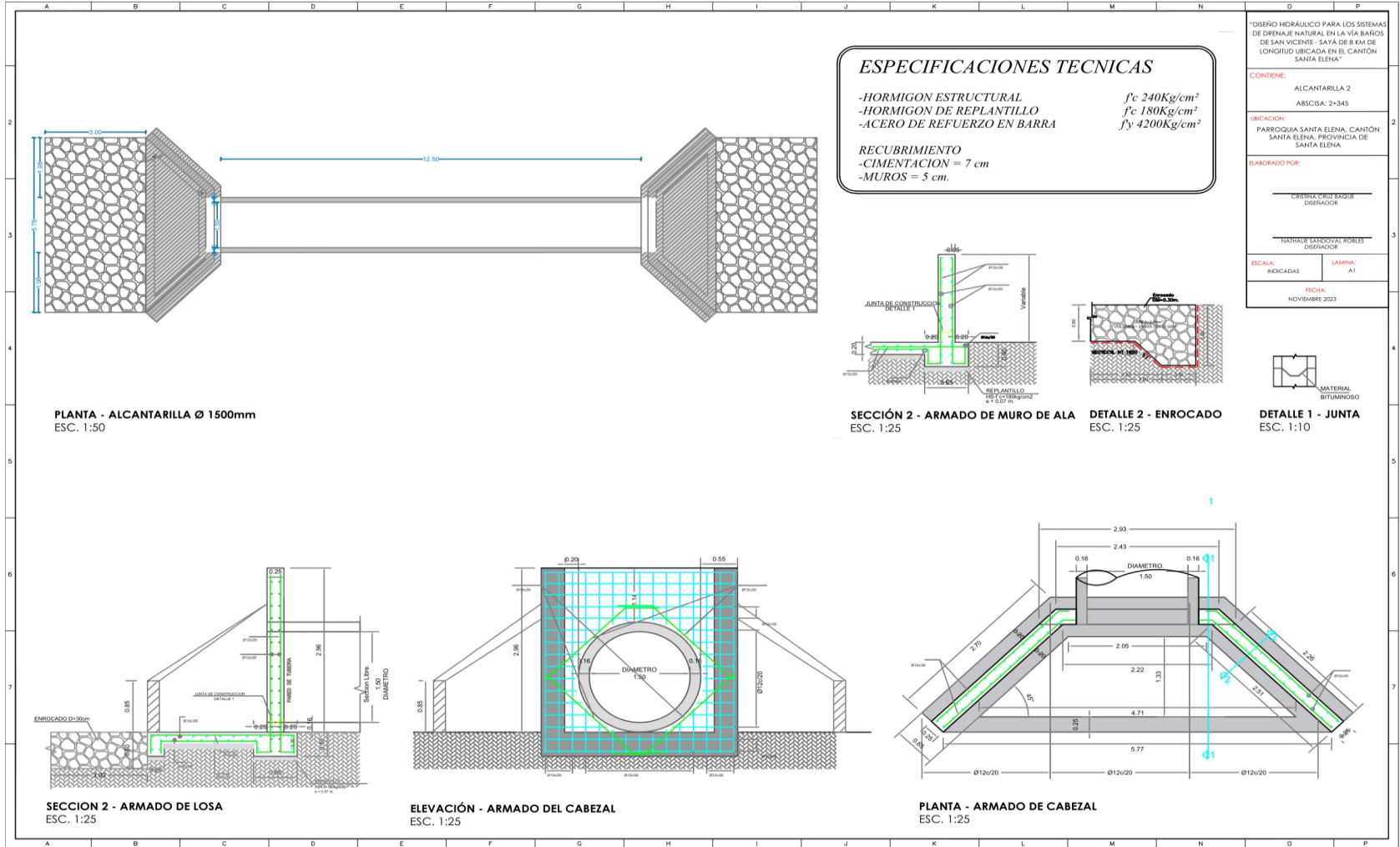
# ANEXO D-1

## Alcantarilla 1



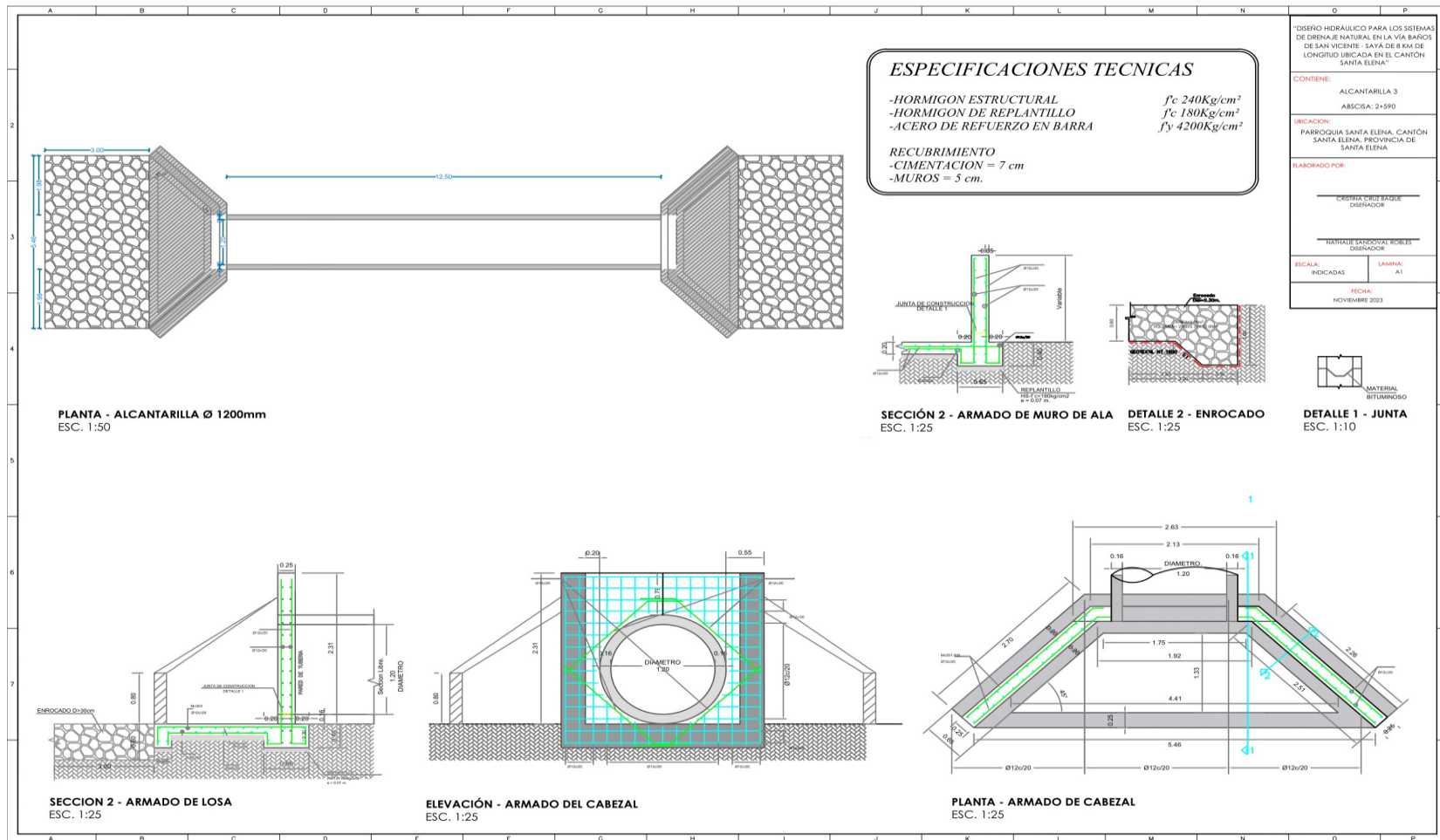
# ANEXO D-2

## Alcantarilla 2



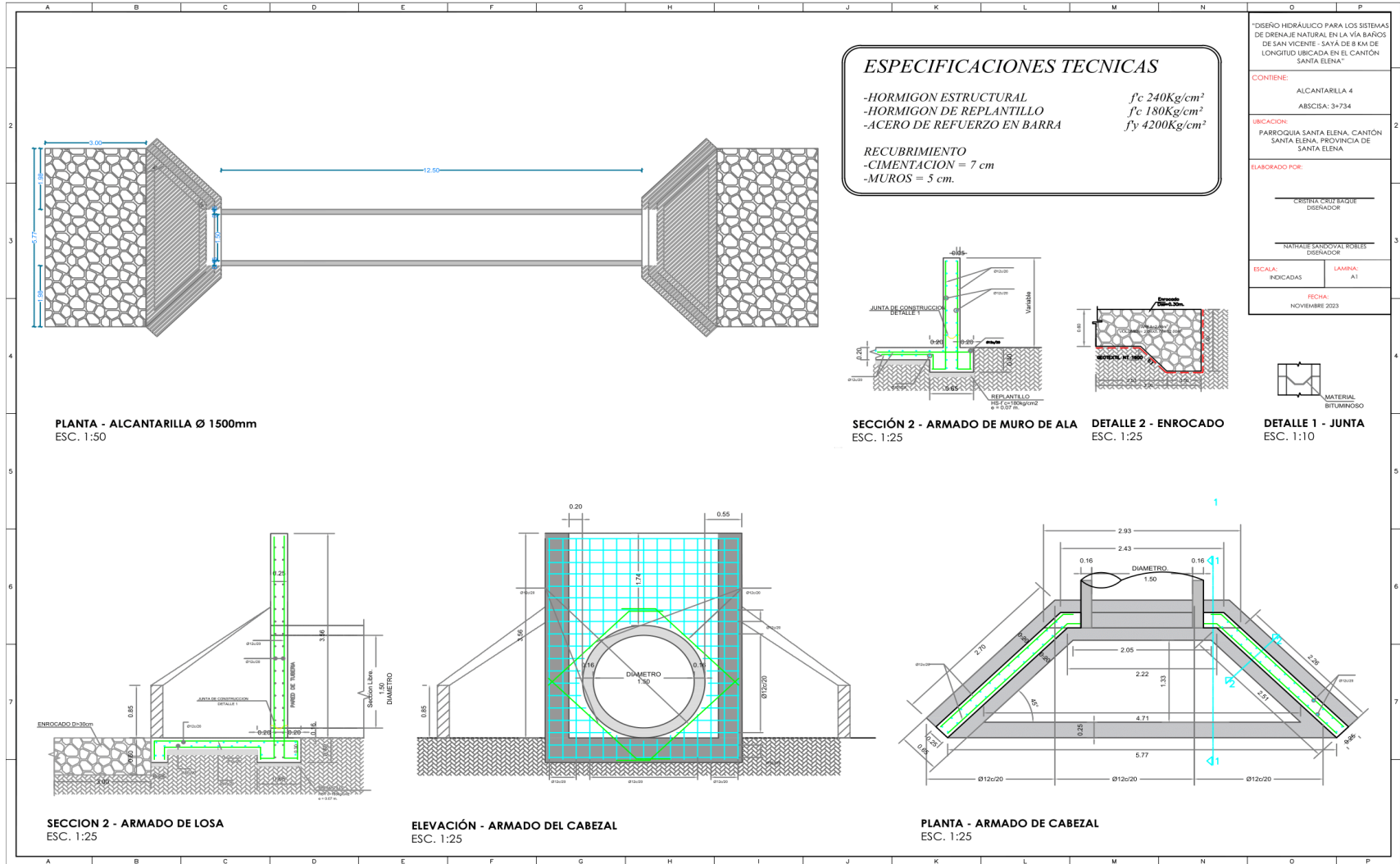
# ANEXO D-3

## Alcantarilla 3



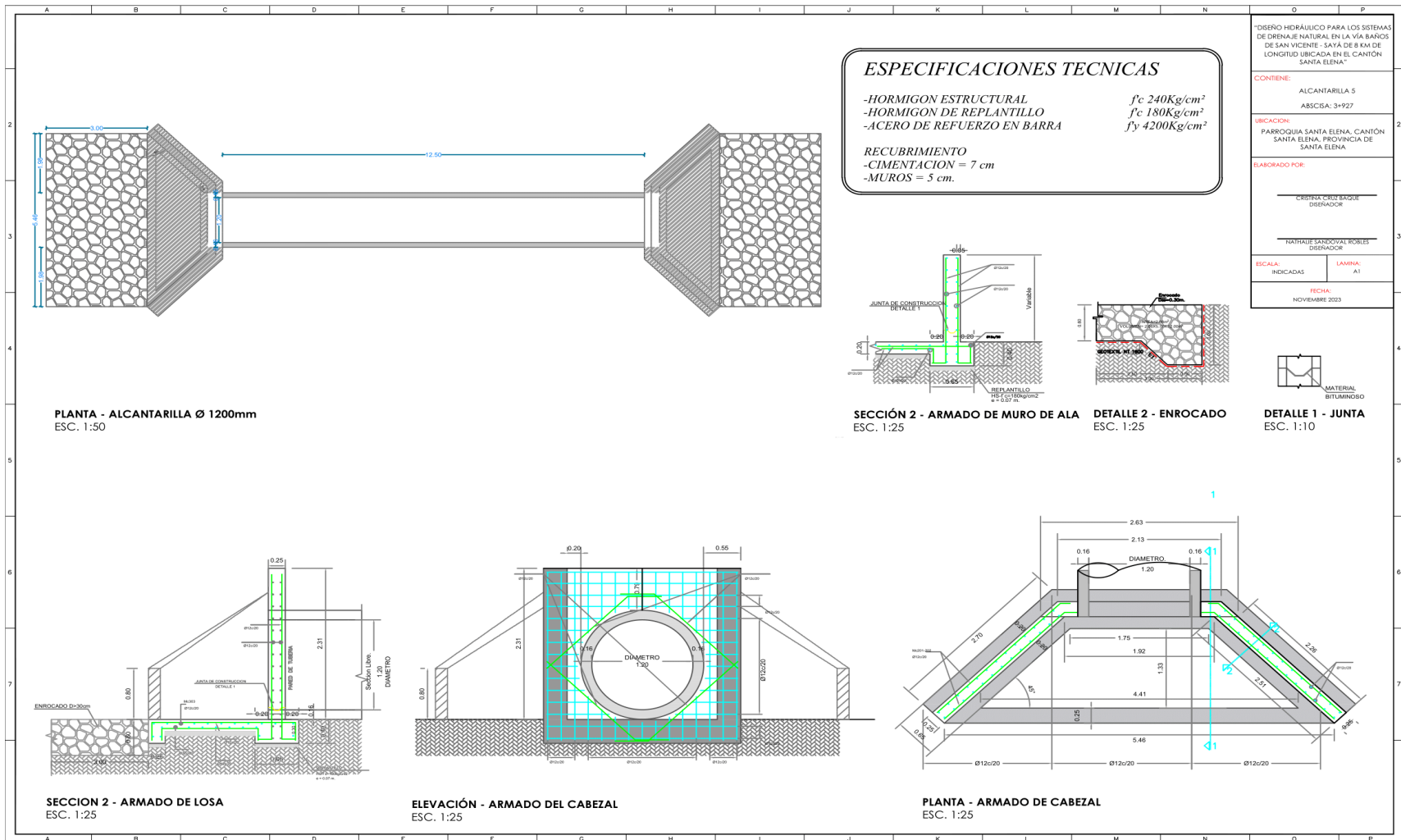
# ANEXO D-4

## Alcantarilla 4



# ANEXO D-5

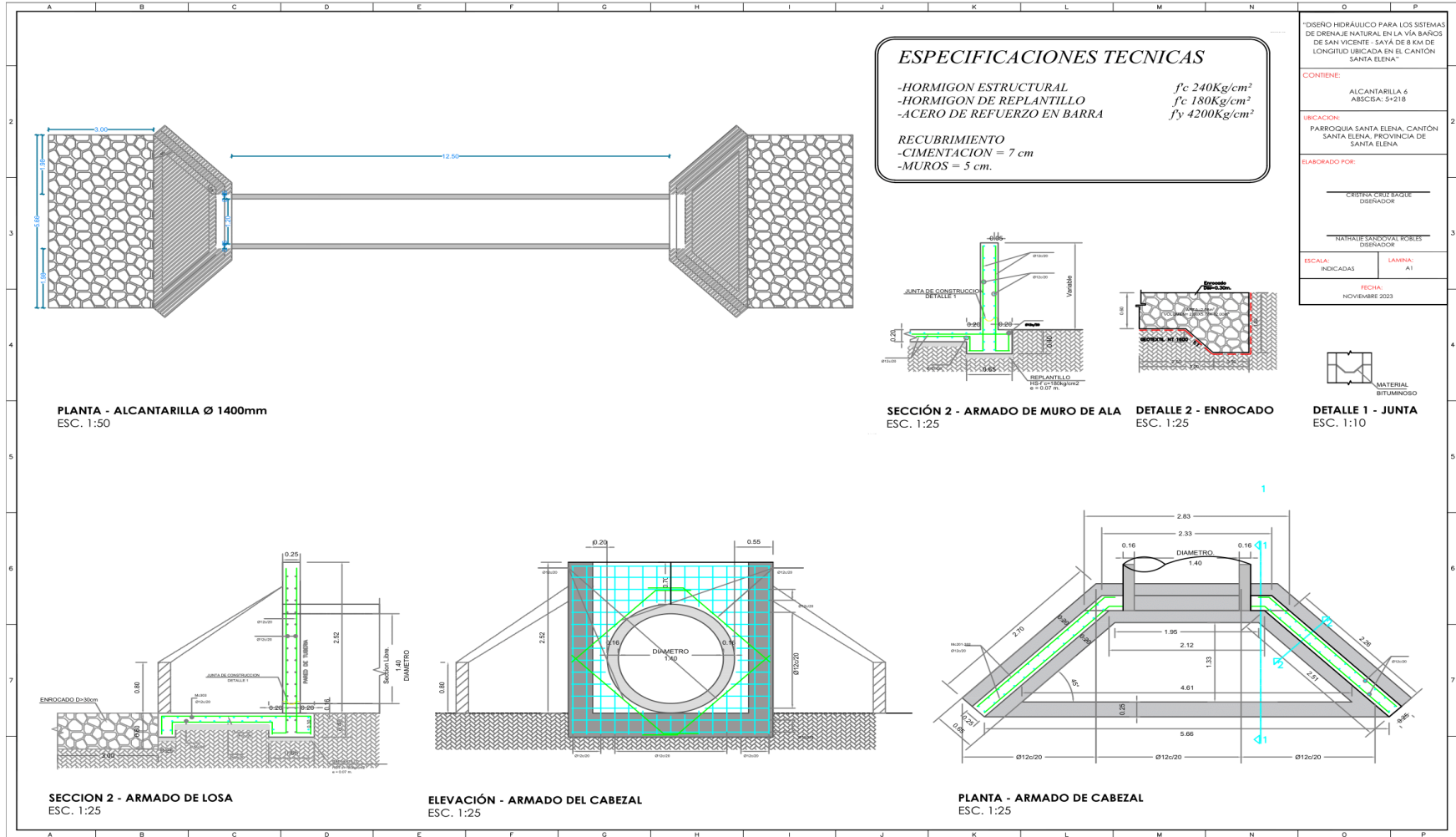
## Alcantarilla 5





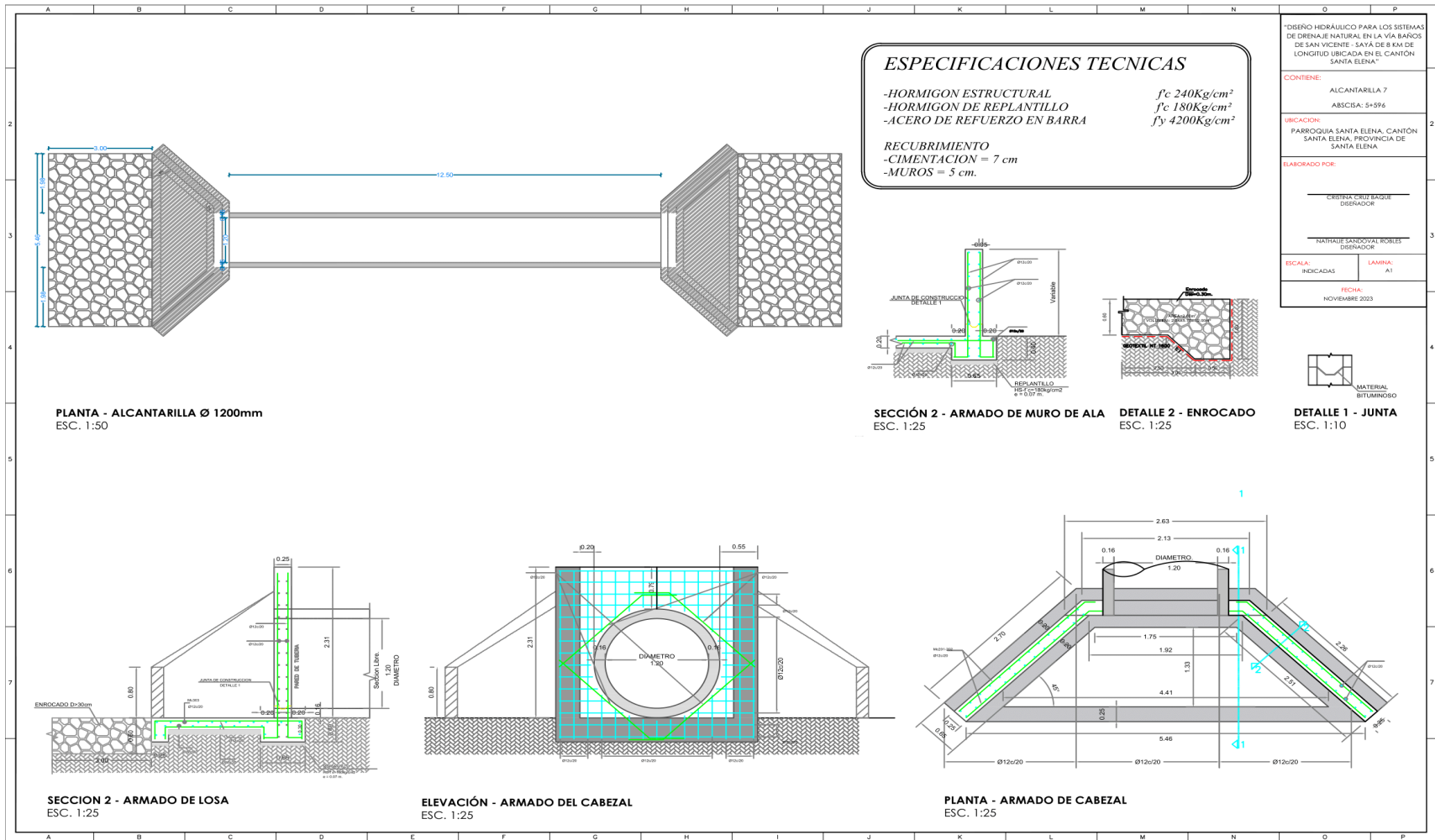
# ANEXO D-6

## Alcantarilla 6



# ANEXO D-7

## Alcantarilla 7



# ANEXO D-8

## Alcantarilla 8

