

**Universidad Latina de Costa Rica**

**Facultad de Ingeniería, Tecnologías de la Información y**

**Comunicación**

**Escuela de Ingeniería Civil**

*Propuesta de trabajo final de graduación para optar por el grado  
académico de Licenciado en Ingeniería Civil*

**Modalidad Proyecto de Graduación**

**Diseño estructural de la ampliación en los puentes sobre las  
quebradas El Salto y Marín.**

**Sustentante:**

**Wendy Pamela Marín Jiménez**

**San Pedro, Montes de Oca**

**Mayo, 2022**

## TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: “***Diseño estructural de la ampliación en los puentes sobre las quebradas El Salto y Marín***”, por el (la) estudiante: MARIN JIMENEZ WENDY PAMELA, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

---

Allan Alfonso Umaña Ortiz

Tutor

---

José María Ulate Zárate

Lector

---

Pablo Torres Morales

Representante



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR DEL TRABAJO FINAL  
DEGRADUACIÓN**

San José, 06 de mayo de

2022Señores

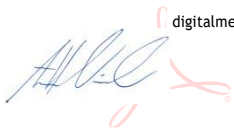
Miembros del Comité de Trabajos Finales de  
GraduaciónSD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA AMPLIACIÓN EN LOS PUENTES SOBRE LAS QUEBRADAS EL SALTO Y MARÍN**, elaborado por el estudiante: MARIN JIMENEZ WENDY PAMELA como requisito para que el citado estudiante pueda optar por grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

  
Firmado digitalmente por  
2c731b9a-781f-4f22-8  
bba-  
72e89429e30f  
Fecha: 2022.05.12  
10:47:49 -06'00'

Allan A. Umaña Ortiz



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR DEL TRABAJO FINAL  
DE GRADUACIÓN

San José, 06 de mayo de

2022 Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de  
Graduación SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA AMPLIACIÓN EN LOS PUENTES SOBRE LAS QUEBRADAS EL SALTO Y MARÍN**, elaborado por el estudiante: MARIN JIMENEZ WENDY PAMELA como requisito para que el citado estudiante pueda optar por grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

José María  
Ulate Zárate

Firmado digitalmente  
por José María Ulate  
Zárate  
Fecha: 2022.05.13  
09:09:21 -06'00'

José María Ulate Zárate



CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR DEL TRABAJO FINAL  
DEGRADUACIÓN

San José, 06 de mayo de  
2022 Señores  
Miembros del Comité de Trabajos Finales de  
Graduación SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA AMPLIACIÓN EN LOS PUENTES SOBRE LAS QUEBRADAS EL SALTO Y MARÍN**, elaborado por el estudiante: MARIN JIMENEZ WENDY PAMELA como requisito para que el citado estudiante pueda optar por grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

PABLO JOSE TORRES MORALES  
(FIRMA)  
Digitally signed |  
by PABLO JOSE  
TORRES MORALES  
(FIRMA)  
Date: 2022.05.12  
20:18:13 -06'00'

Pablo Torres Morales

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Wendy Pamela Marín Jiménez estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado:

Diseño estructural de la ampliación en los puentes sobre las quebradas El Salto y Marín.

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en San José, mayo 2022



---

Wendy P. Marín Jiménez

**Licencia De Distribución No  
Exclusiva (carta de la  
persona autora para uso  
didáctico)Universidad Latina  
de Costa Rica**

<b>Yo (Nosotros):</b>	Wendy Pamela Marín Jiménez
<b>De la Carrera / Programa:</b>	Licenciatura en Ingeniería Civil
<b>Modalidad de TFG:</b>	Proyecto
<b>Titulado:</b>	<i><b>ESTRUCTURALDE LA AMPLIACIÓN EN LOS PUENTES SOBRE LAS QUEBRADAS EL SALTO Y MARÍN</b></i>

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el “**AUTOR**”), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la “**OBRA**”). **SEGUNDO:** El **AUTOR** autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** concédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la “**UNIVERSIDAD**”), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El **AUTOR** acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El **AUTOR** garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el

contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del **AUTOR** y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El **AUTOR** se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD**. **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el **AUTOR** y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El **AUTOR** acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD.**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD.** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta

licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO. La presente**

autorización se extiende el 16 de Mayo de 2022 a las 2:32

Firma del estudiante(s):

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive letter 'J' followed by a horizontal stroke.

**Carta de Embargo**  
**Universidad Latina de Costa Rica**

Debido a la sensibilidad de la información contenida en el siguiente trabajo final de graduación se solicita respetuosamente restringir el acceso al contenido hasta la fecha indicada

**Título:**

Diseño estructural de la ampliación en los puentes sobre las quebradas El Salto y Marín

**Nombre completo del estudiante(s):**

Wendy Pamela Marín Jiménez

**Grado y nombre de la carrera:**

Licenciatura en Ingeniería Civil

**Modalidad de graduación**

Proyecto

**Periodo de embargo**

I Cuatrimestre

**Aprobación de la Dirección Académica**

Nombre completo	Firma
Danilo Alberto Hernández Guerrero	<div><div>DANILO ALBERTO HERNANDEZ GUERRERO (FIRMA)</div><div>Firmado digitalmente por DANILO ALBERTO HERNANDEZ GUERRERO (FIRMA) Fecha: 2022.05.25 20:32:47 -06'00'</div></div>

## **Agradecimientos**

Agradezco a todas las personas tan especiales en mi vida (Familia y amigos) que nunca me han dejado sola en cada meta que me he propuesto. Agradezco a todos los profesores y compañeros, por cada una de las experiencias vividas en este proceso y todo el aprendizaje adquirido. Agradezco a WAKO, esos amigos que se hacen en la U, y que sean muchos años más de amistad. Agradezco a mi tutor por ayudarme en cada dificultad que tenido en este trabajo que sin él esto no se hubiera podido concluir. ¡Gracias a todos!

## **Resumen**

En el presente trabajo se realiza una propuesta de diseño de la ampliación en los puentes sobre las quebradas El Salto y Marín, por medio de un levantamiento topográfico y con este realizar un estudio hidrológico e hidráulico que determine las dimensiones correspondientes a las alcantarillas de cuadro a utilizar.

Para llegar a los resultados se utilizaron los siguientes programas computacionales: CivilCAD, HEC-RAS, Excel y AutoCAD.

Los resultados que se obtuvieron del análisis hidrológico e hidráulico nos evidenciaron que las dimensiones de las alcantarillas actuales cumplen hidráulicamente, mas sin embargo por el estado de los puentes se debe de realizar los puentes nuevos y quizá tomar la propuesta de la ampliación.

Se tomó la opinión de él ingeniero de la Municipalidad de Mora para el análisis de un posible replanteo de la rasante, mas sin embargo no es necesario el replanteo debido ya que las dimensiones actuales de las alcantarillas cumplen por lo tanto no en caso de un replanteo de la rasante tendría un impacto considerable en los costos de la obra.

Para finalizar se realizaron los planos de la propuesta de diseño a dos carriles con las dimensiones actuales de las alcantarillas las cuales fueron 3m de ancho por 2,80m de alto por 10m de profundidad.



## **Abstract**

In the present work, a design proposal is made for the expansion of the bridges over the El Salto y Marín ravines, by means of a topographical survey and with this, a hydrological and hydraulic study is carried out that determines the dimensions corresponding to the culverts from square to square.

To arrive at the results, the following computer programs were used: CivilCAD, HEC-RAS, Excel and AutoCAD.

The results that will be needed from the hydrological and hydraulic analysis showed us that the dimensions of the current culverts comply hydraulically, but nevertheless, due to the state of the bridges, new bridges must be made and perhaps the extension proposal taken.

The opinion of the engineer from the Municipality of Mora was taken for the analysis of a possible stakeout of the grade, but nevertheless the stakeout is not necessary because the current dimensions of the sewers comply, therefore not in the case of a stakeout of the grade will have a considerable impact on the costs of the work.

Finally, the plans of the two-lane design proposal were made with the current dimensions of the sewers, which were 3m wide by 2.80m high by 10m deep.

## Tabla de contenidos

CAPÍTULO I.....	20
PROBLEMA Y PROPÓSITO .....	20
1.Estado actual del objeto de estudio (antecedentes del problema).....	21
2.Planteamiento del problema de estudio .....	24
2.1. Enunciado del problema .....	24
2.2. Formulación del problema .....	36
3.Justificación .....	37
4.Objetivos .....	38
4.1. Objetivo general .....	38
4.2. Objetivos específicos .....	39
5.Alcances y limitaciones .....	39
5.1. Alcances.....	39
5.2. Limitaciones.....	40
6.Delimitaciones.....	41
6.1. Delimitación espacial .....	41
6.2. Delimitación temporal .....	41
CAPÍTULO II.....	42
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	42
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	43
2.1 Ciclo hidrológico .....	43
2.2 Cuenca hidrográfica.....	44

2.3 Área de la cuenca.....	45
2.4 Caudal de diseño.....	45
2.5 Intensidad de la lluvia de diseño .....	46
2.6 Escorrentía .....	47
2.7 Topografía de una cuenca .....	48
2.10 Diseño estructural.....	58
CAPÍTULO III.....	71
MARCO METODOLÓGICO .....	71
3.1 Descripción del contexto del sitio en donde se lleva a cabo .....	72
3.2 Organismo, institución o empresa donde se realizará .....	72
3.3 Las características de los participantes .....	73
3.4 Procedimiento metodológico para la realización del estudio de diagnóstico .....	73
3.5 Procedimiento metodológico para la elaboración del proyecto propuesto .....	74
3.6 Cronograma de trabajo .....	74
CAPÍTULO IV .....	76
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	76
4.1 Levantamiento topográfico y ejecución de superficie en Cvil3D .....	77
4.2 Modelación de caudal en las quebradas El Salto y Marín en el programa de HEC- RAS.....	78
4.2.1 Número de Manning (n) según la sección 2.5.7 .....	78
4.2.2. Intensidad de lluvia .....	78
4.2.3 Delimitación de las cuencas El Salto y Marín y cálculo de caudales. ....	79

4.2.4 Pendientes de tramos en las quebradas .....	81
4.2.5 Calculo de secciones adicionales en el HEC-RAS.....	82
4.2.6 Resultados de la modelación en HEC-RAS .....	87
4.3 Determinación de cargas para el diseño de las alcantarillas de cuadro.....	98
CAPÍTULO V .....	102
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	102
5.1 Recomendaciones para continuar el trabajo .....	104
REFERENCIAS .....	105
ANEXOS .....	111

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 Superestructura Elementos de Acero .....	27
Cuadro 1.2 Elementos Estructurales Principales .....	27
Cuadro 1.3 Superficie Barandas y Accesorios .....	31
Cuadro 1.4 Superficie Elementos de Concreto .....	32
Cuadro 1.5 Superestructura Elementos de Acero .....	33
Cuadro 1.6 Superestructura.....	33
Cuadro 2.1 Subdivisión de cuencas por rangos.....	44
Cuadro 2.2 Valores para determinar Razón de expansión.....	54
Cuadro 2.3 Valores para determinar la razón de contracción .....	57
Cuadro 2.4 Factores de Carga .....	63

Cuadro 3.1.....	74
Cronograma de Actividades.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Rangos de Elevación en Territorio de Turrubares, Puriscal, Mora y Santa Ana. .....	25
Figura 1.2 Rangos de Precipitación en Territorio de Turrubares, Puriscal, Mora y Santa Ana. ....	26
Figura 1.3 Vigas del Puente Sobre la Quebrada El Salto.....	28
Figura 1.4 Fondo en Puente Sobre la Quebrada El Salto .....	28
.....	29
Figura 1.5 Capa de rodadura del Puente Sobre la Quebrada El Salto .....	29
Figura 1.6 Vigas del Puente Sobre la Quebrada El Salto.....	30
.....	30
Figura 1.7 Rasante del Puente Sobre la Quebrada El Salto .....	31
Figura 1.8 Capa de rodadura del Puente Sobre la Quebrada Marín .....	34
Figura 1.9 Vigas del Puente Sobre la Quebrada Marín.....	34
Figura 1.10 Bastión del Puente Sobre la Quebrada Marín .....	35
.....	36
Figura 2.1 Ciclo Hidrológico.....	43
Figura 2.2 Área de Cuenca.....	45

Figura 2.3 Coeficientes de escorrentia .....	46
Figura 2.4 Pendiente de Cuenca .....	49
Figura 2.5 Variables para determinación de número de Manning .....	51
Figura 4.1 Superficie de las quebradas El Salto y Marín.....	77
Figura 4.2 Área de la cuenca El Salto.....	79
Figura 4.3 Área de la cuenca Marín.....	80
Figura 4.4 Secciones de contracción y expansión para puente sobre la quebrada El Salto .....	84
Figura 4.5 Secciones de contracción y expansión para puente sobre la quebrada Marín .....	86
Figura 4.4 Secciones transversales .....	87
Figura 4.5 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 1 para condición actual.....	87
Figura 4.6 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2, para condición futura. ....	88
Figura 4.7 Perfil de modelación de caudal extraídos del HEC-RAS para quebrada El Salto, condición actual periodo de retorno de 50 años.....	89
Figura 4.8 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 1 para condición futura. ....	90
Figura 4.9 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2 para condición futura. ....	91
Figura 4.10 Perfil de modelación de caudal extraídos del HEC-RAS para quebrada El Salto, condición futura periodo de retorno de 100 años. ....	91

Figura 4.11 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 1 para condición actual. ....	93
Figura 4.12 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2 para condición actual. ....	93
Figura 4.13 Perfil de modelación de caudal extraídos del HEC-RAS para quebrada Marín, condición actual periodo de retorno de 50 años. ....	94
Figura 4.14 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2 para condición futura. ....	95
Figura 4.15 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2 para condición futura. ....	96
Figura 4.16 Perfil de modelación de caudal extraídos del HEC-RAS para quebrada Marín, condición futura periodo de retorno de 100 años. ....	97
Figura 4.17 Distribución de cargas .....	100
Figura 4.18 Distribución de acero de refuerzo .....	101

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA Y PROPÓSITO



# PROBLEMA Y PROPÓSITO

## **1.Estado actual del objeto de estudio (antecedentes del problema)**

Según El Colegio de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, (CFIA, 2010) En vista de la urgencia que tiene el país de obtener un código sismo resistente y que este responda con una normativa adecuada para el diseño de puentes. La comisión considera pertinente obtener un lineamiento para el diseño de puentes sismorresistentes mientras se completa el Código Sísmico de Puentes de Costa Rica.

El análisis de un procedimiento que valga como guía de diseño de puentes hasta de 15m de longitud y las variables a considerar en el mismo diseño, como por ejemplo la hidrológica, la geológica, la geotécnica y estructural para así lograr un resultado optimo, garantizando una vida útil prolongada y cumpliendo con las exigencias de seguridad y comodidad para los usuarios. (Bonilla, 2012)

El Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales tiene como objetivo de armonizar las normas técnicas aplicables a las carreteras, con el propósito de mitigar los efectos de la reducción de vulnerabilidad del sistema vial ante desastres naturales. (SIECA, MOPT, 2004)

Este manual tiene como objetivo recaudar los deterioros en los puentes de nuestro país y aportar un mejoramiento de la calidad y estandarización de la información obtenida de bibliografías más apropiados para la inspección de puentes en nuestro país, tomando en consideración extensión del mismo y que tan graves son los daños que portan y obtener diferentes criterios de evaluación, las evaluaciones son de forma visual que permiten realizar informes que respeten realmente la condición del puente. (López, 2018)

Guía de diseño para puentes vehiculares en Costa Rica que permite estandarizar la preparación de especificaciones técnicas para la inclusión en carteles de licitaciones, está orientada en puentes de vigas en concreto reforzado, concreto presforzado y acero. La investigación arrojó el resulta que determina como el DOT de Washington es el más adecuado. Comparando los carteles de licitaciones que posee el país (Municipales y del CONAVI) se determinó que los que posee el país son mucho más deficientes comparados con el DOT. (Anchía, 2018) El sistema de administración de estructuras de puentes es una herramienta informática que permite obtener un registro del estado de los puentes en el país, pero para obtener los datos se requiere de inspecciones a los mismos por lo tanto el Ministerio de Obras publica y Transportes realizo un manual detallado para la inspección y recuperación de datos, como una guía con tareas definiciones y actividades para recaudar la mayor cantidad de datos posibles. (MOPT, 2007)

Las pruebas de carga que se realizaron en el río Purires en el Guarco Cartago tienen como objetivo evaluar el rendimiento estructural del puente y obtener parámetro para estimar su vida útil y saber cuál es momento de intervenir para mantenimiento preventivo. Las variables que se midieron fueron las más críticas tales como deformaciones desplazamientos y deformaciones, para obtener datos confiables se comparó con una simulación Monte Carlo. (Picado, Ortiz, 2017)

El programa de evaluación de puentes con el fin de crear bases sólidas para en el futuro obtener un sistema integro, se comparan procedimientos con un sistema más desarrollado como lo es el Sistema de manejo de puentes en Republica Checa. Se formó con fases de inventarios e inspecciones visuales, se obtuvieron dos factores que se

puede mejorar el proyecto los cuales son: La codificación de los miembros de los puentes y así mejorar el manejo de la información y el desarrollo de software para el almacenamiento futuro de datos referentes al historial de mantenimiento y reparación que estos conllevan a lo largo de su vida útil. (Ramírez, 2016)

Los principales daños causados por el sismo de Limón de 1991 en puentes vehiculares con esto verificar los procesos constructivos de puentes y tomarlos en cuenta para futuros diseños y así también modificar las prácticas constructivas de los puentes en regiones cercanas a fallas sísmicas activas. Dichas fallas encontradas en puentes y edificaciones dieron origen a grandes investigaciones en todos los ámbitos de la ingeniería costarricense para mejorar las practicas constructivas y de diseño. (Rodríguez, Lobo, 2021)

Esta investigación se desarrolló basándose en modelos basados en SAP2000 de puentes sesgados para determinar la longitud mínima de los bancos de apoyo y vigas, y así compararla con lo establecido por el American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO) y brindar recomendaciones pertinentes para el futuro Código Sísmico de Puentes de Costa Rica (CSPCR). El sesgo como respuesta sísmica de los puentes depende de largo y ancho de la superestructura ósea de la geometría del puente, así mismo su altura, rigidez de bastiones, el ángulo de sesgo y la combinación que se tenga del sismo.

Cuando la respuesta sísmica del puente aparece aumentar el número de modos no varía significativamente los que tienen gran impacto son los primeros que se presentan en la respuesta sísmica. Para puentes con sesgo de mayor complejidad en

donde se le da mayor prioridad al movimiento vertical si es importante aumentar el número de modos de modo que la masa que participe sea por lo menos el 85%. (Solís, 2010)

Se valoró el comportamiento en flexión de losas de puentes en concreto que fueron sometida a agrietamiento y posteriormente reparadas con polímeros reforzados con fibras de carbono. La condición de las losas es colocarla sobre tres apoyos simples y colocar cargas a cada noventa centímetros del apoyo central. Las losas sometidas a un 80% de su carga nominal las grietas tuvieron dimensiones de 0,3 mm por lo tanto requirieron reparación antes de aplicar los polímeros reforzados con fibras de carbono. El refuerzo con polímeros ayudó a aumentar la capacidad de la losa a flexión y por encima de la capacidad a cortante, más sin embargo este método no alcanzó la totalidad de su potencial ya que la falla de cortante se dio primero que la de flexión por lo tanto no se tuvo evidencia del comportamiento en flexión en su etapa crítica. (Fonseca, 2017)

## **2.Planteamiento del problema de estudio**

### **2.1. Enunciado del problema**

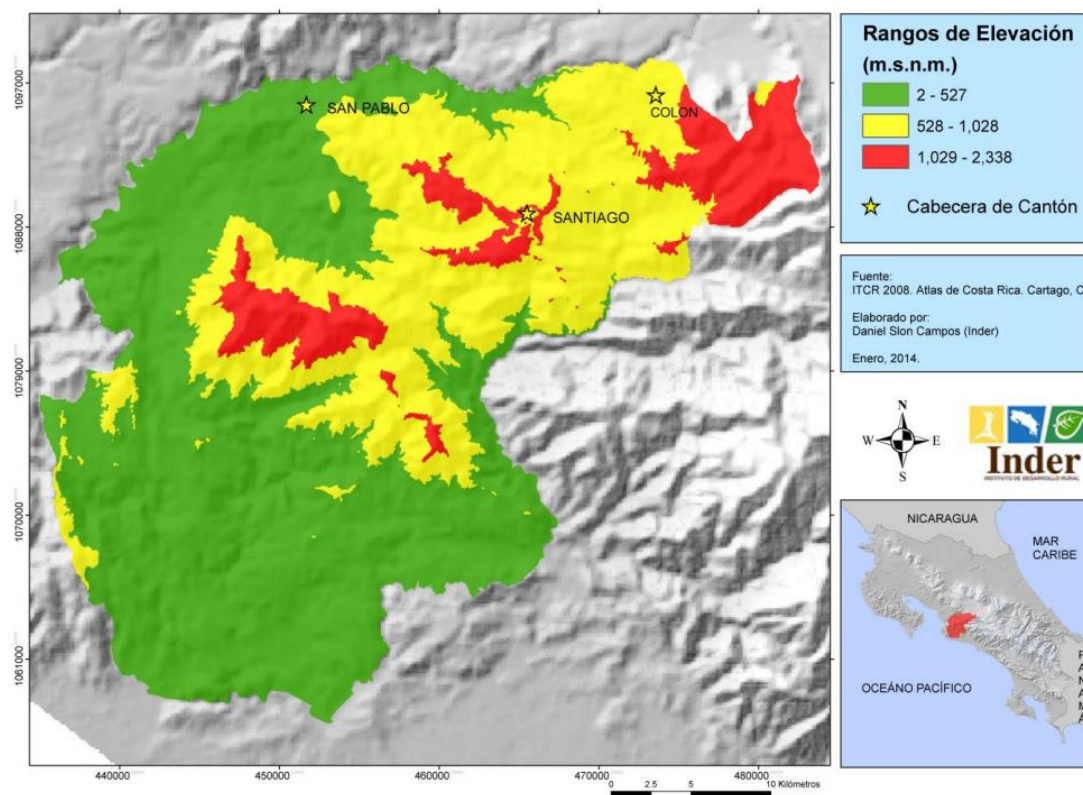
#### **2.1.1 Descripción del sitio**

El presente trabajo se desarrollará en la provincia de San José, Cantón Mora, Distrito Tabarcia, específicamente en ruta de Tabarcia-Piedra Blanca sobre las quebradas llamadas El salto y Marín. El nombre a la hoja cartográfica corresponde a la Abra y su número es la 3345-1.

La descripción de relieve y pendientes que se muestra en el Instituto de desarrollo Rural de Costa Rica (Inder, 2014) catalogan la zona de Turrubares, Puriscal, Mora y

Santa Ana como montañosa y muestra el punto de menor altitud a 2msnm y el mayor punto a 2338msnm. Como se puede observar en la Figura 1.1 de rangos de elevación.

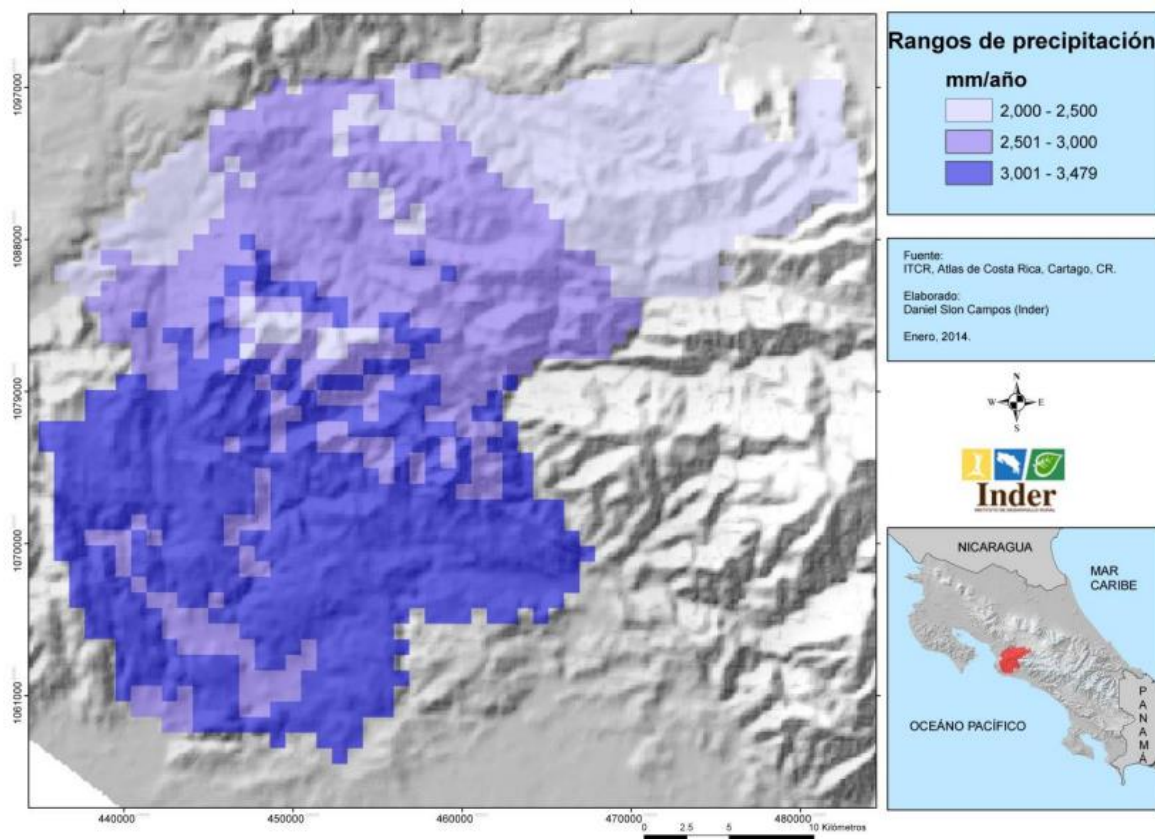
**Figura 1.1 Rangos de Elevación en Territorio de Turrubares, Puriscal, Mora y Santa Ana.**



Nota. Datos expresados en m.s.n.m. Instituto de Desarrollo Rural, 2014 (<https://www.inder.go.cr/puriscal-turrubares-mora-santa-ana/Caracterizacion-Puriscal-Turrubares-Mora-Santa-Ana.pdf> )

Las precipitaciones en la zona de Mora van desde los 2000mm/año en zonas secas, hasta los 2500mm/año en zonas más húmedas. Como se puede observar en la Figura 1.2 de rangos de precipitación.

**Figura 1.2 Rangos de Precipitación en Territorio de Turrubares, Puriscal, Mora y Santa Ana.**



Nota. Datos expresados en mm/año. Instituto de Desarrollo Rural, 2014  
(<https://www.indes.gov.cr/puriscal-turrubares-mora-santa-ana/Caracterizacion-Puriscal-Turrubares-Mora-Santa-Ana.pdf> )

### 2.1.2 Estado de los puentes

La Municipalidad de Mora en el 2016 contrató a el Laboratorio Nacional de Materiales (LanammeUCR) para realizar una inspección visual en cada uno de los puentes sobre las quebradas El Salto y Marín. El cual arrojó los siguientes resultados.

Puente Sobre Quebrada El Salto

**Cuadro 1.1 Superestructura Elementos de Acero**

Superestructura elementos de acero					
Elemento	Evaluación de grado de daño				
Vigas principales	Oxidación	Corrosión	Deformación	Pérdida de pernos	Grietas en sol/placa
	5	5	2	1	1
Pintura	Decoloración	Ampollas	Descascaramiento		
	5	5	5		

Nota. Inspección de puentes. LanammeUCR, 2016.

**Cuadro 1.2 Elementos Estructurales Principales**

Bastión (viga cabezal y aletones)	Grietas en una dirección	Grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Nidos de piedra
	1	1	1	1	5
Bastones (cuerpo principal)	Grietas en una dirección	Grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Nidos de piedra
	2	2	1	1	5

Nota. Inspección de puentes. LanammeUCR, 2016.

La losa en la parte superior presenta desgaste y una capa de lastre, en su parte inferior no se puede inspeccionar ya que un presenta formaleta. Como se puede observar en la Figura 1.3 más sin embargo se puede observar que la formaleta presenta polilla.

**Figura 1.3 Vigas del Puente Sobre la Quebrada El Salto**



Nota. Inspección visual. LanammeUCR, 2016.

**Figura 1.4 Fondo en Puente Sobre la Quebrada El Salto**





Nota. Inspección visual. LanammeUCR, 2016.

En la figura 1.4 se puede observar el fondo con nidos de piedra y el fondo presenta gran irregularidad en la superficie.

**Figura 1.5 Capa de rodadura del Puente Sobre la Quebrada El Salto**



Nota. Inspección visual. LanammeUCR, 2016.

En la figura 1.5 podemos observar la capa de lastre e la parte superior de la losa de rodadura.

**Figura 1.6 Vigas del Puente Sobre la Quebrada El Salto**



Nota. Inspección visual. LanammeUCR, 2016.

En la Figura 1.6 se puede visualizar la oxidación y corrosión de las vigas y la presencian de la formaleta.

**Figura 1.7 Rasante del Puente Sobre la Quebrada El Salto**



Nota. Inspección visual. LanammeUCR, 2016.

El LanammeUCR en calificación general lo catalogó como en estado crítico el puente sobre la quebrada El Salto.

Puente sobre quebrada Marín

### **Cuadro 1.3 Superficie Barandas y Accesorios**

Superficie barandas y accesorios
----------------------------------

Elemento	Evaluación de grado de daño					
Superficie de rodadura	Oxidación	Surcos	Agrietamiento	Baches	Sobre capas asfalto	
	1	1	1	1	3	
Juntas de expansión	Sonidos extraños	Filtración de agua	Faltante o deformación	Movimiento vertical	Obstruida	Acero expuesto
	1	1	1	1	1	1
Barda metálica	Deformación	Oxidación	Corrosión	Faltante		
	2	1	1	3		

Nota. Inspección de puentes. LanammeUCR, 2016.

#### **Cuadro 1.4 Superficie Elementos de Concreto**

Superestructura elementos de concreto						
Elemento	Evaluación de grado de daño					
Losa	Grietas en una dirección	Grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Nidos de piedra	Eflorescencia
	2	1	2	1	2	2

Nota. Inspección de puentes. LanammeUCR, 2016.

**Cuadro 1.5 Superestructura Elementos de Acero**

Elemento					
Vigas Principales	Oxidación	Corrosión	Deformación	Perdida de pernos	Grietas en sol/placa
	4	3	1	1	1
Pintura	Decoloración	Ampollas	Descascaramiento		
	3	5	4		

Nota. Inspección de puentes. LanammeUCR, 2016.

**Cuadro 1.6 Superestructura**

Superestructura						
Elemento	Evaluación de grado de daño					
Apoyos	Rotura de pernos	Deformación extraña	Inclinación	Desplazamiento		
	1	1	1	1		
Bastión (Viga cabezal y aletones)	Grietas en una dirección	Grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Nidos de piedra	Eflorescencia
	1	1	2	1	2	2
Bastión (Cuerpo principal)	Grietas en una dirección	Grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Nidos de piedra	Eflorescencia
	1	1	2	1	2	2



	Socavación	Protección de talud				
	3	1				

Nota. Inspección de puentes. LanammeUCR, 2016.

**Figura 1.8 Capa de rodadura del Puente Sobre la Quebrada Marín**



Nota. Inspección visual. LanammeUCR, 2016.

Al igual que en el caso del puente sobre la quebrada El Salto, en el puente sobre la quebrada Marín la capa de rodadura presenta desgaste y una capa de lastre como se puede observar en la figura 1.8

**Figura 1.9 Vigas del Puente Sobre la Quebrada Marín**



Nota. Inspección visual. LanammeUCR, 2016.

En el puente sobre la quebrada Marín sucede la misma situación las vigas presentan oxidación y corrosión como se puede observar en la figura 1.9 y también esta presente la formaleta.

**Figura 1.10 Bastión del Puente Sobre la Quebrada Marín**



Nota. Inspección visual. LanammeUCR, 2016.

En la figura 1.10 podemos observar que los aletones presentar gran cantidad de nidos de piedra como bien lo indicado en la inspección visual del LanammeUCR.

El LanammeUCR como criterio final catalogó el puente sobre le quebrada Marín en estado Crítico

## **2.2. Formulación del problema**

Según la información recaudada de las investigaciones previas, el presente trabajo pretende contestar la siguiente pregunta:

¿Cuál será el diseño ideal para la ampliación a dos carriles y un paso peatonal en los puentes sobre las quebradas El Salto y Marín?



### **3.Justificación**

Como se pudo observar y determinar en la sección 2.1.2, ambos puentes presentan un estado crítico según el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), por lo tanto, urge una solución ha dicho problema, pero observando el estado de estos, una posible solución es la construcción de nuevos puentes en el sitio, incluyendo una ampliación a dos carriles, uno por cada sentido y con ello dar fluidez al tránsito en lugar. Con la construcción de los nuevos puentes se contribuirá a la seguridad vial, ya que por esta ruta circulan vehículos de carga pesada como los son camiones repartidores, camiones ganaderos, vagonetas y autobuses.

El distrito de Tabarcia cuenta con alrededor de 3994 personas según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2011), sin embargo las personas que utilizan los puentes sobre las quebradas El Salto y Marín no son todas las que habitan el cantón, sino que solo las que pertenecen a los pueblos de Barrio San Juan, Piedra Blanca, Bajo Loaiza y otros pueblos cercanos como Bajos de Jorco, Bajo Calvo y Toledo, estos últimos pueblos pertenecen al cantón de Acosta, sin embargo por la ubicación geográfica hacen uso de esta ruta.

Para obtener un dato aproximado actual de la población que realmente utiliza los puentes se realizó un conteo de la casa que se pueden observar en Google earth en el cual se obtuvo un valor de 2193 habitantes. Este es un valor aproximado de la cantidad de personas que se verán beneficiadas por la ampliación de los puentes.

En caso de que los puentes se vean afectados, la ruta alterna que se utilizaría es Piedra Blanca-La fila de Palmichal lo cual se traduce a una distancia adicional de 5,8 km

según Google maps. Traduciendo esto a combustible y usando la conversión según (El Universal, 2020) con un modelo de auto de gama media a una velocidad constante se gastaría 0,48 litros de más. Un tiempo de viaje adicional de 16 min en automóvil, en autobús aproximadamente 40min.

Otra ruta alterna que se podría utilizar es la calle al cementerio, sin embargo, se debe pasar una quebrada la cual no porta con un puente para automóviles, solo cuenta con un paso peatonal, solo podrían transitar vehículos de doble tracción. El autobús de servicio público no conseguiría circular por esta ruta, el cual se le da prioridad en estos casos ya que mucha de la población que habita el lugar utiliza este medio como transporte.

La asociación de desarrollo de Piedra Blanca de Mora en el año 2012 se planteó como objetivo llevar a cabo la ampliación de los puentes, sin embargo, al no poseer el financiamiento necesario, dicho proyecto no se ha podido llevar a cabo hasta día de hoy.

## **4.Objetivos**

### **4.1. Objetivo general**

- Generar una propuesta de diseño para la ampliación de los puentes sobre las quebradas El salto y Marín para darle fluidez al tránsito en la comunidad de Tabarcia de Mora en un periodo de 50 años.

## **4.2. Objetivos específicos**

- Emplear un estudio hidrológico e hidráulico sobre las quebradas El salto y Marín en comunidad de Tabarcia de Mora.
- Realizar un análisis de la rasante y su posible replanteo.
- Crear los planos estructurales de la ampliación de los puentes sobre las quebradas El salto y Marín en la comunidad de Tabarcia de Mora.

## **5. Alcances y limitaciones**

### **5.1. Alcances**

Se cuenta con el transito promedio diario proveniente (TPD) del (LANAMME, 2016), para determinar el TPD actual se proyectará y se ajustará para obtener los datos del presente año.

Se tomará como referencia la estación meteorológica de la Universidad para la paz, la cual se encuentra a una distancia de 10 km de distancia, de la ubicación de los puentes.

Los puentes se diseñarán en alcantarillas cuadradas prefabricada para mayor facilidad constructiva y menor tiempo posible en la construcción de estos.

Se realizará un modelado de caudal con el programa HEC-RAS en conjunto con los programas de Civil Cad y Excel

Para obtener la topografía del lugar en el que se realizará el estudio hidrológico se tomarán las curvas de nivel del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

## **5.2. Limitaciones**

Costa Rica no porta un código sismorresistente de puentes, por lo tanto, se tomará en cuenta diseños propuestos del MOPT y los Lineamientos para el diseño de puentes por el CFIA. Así mismo tampoco porta con una guía o código para realizar estudios hidrológicos.

Para el caso del levantamiento topográfico se debe sincronizar los horarios de mi persona con la disponibilidad del Ingeniero en topografía, así mismo queda sujeto el levantamiento a el estado del clima.

Por consideraciones de tiempo no se diseñarán los aletones ni los muros necesarios que se colocan circundantes a las alcantarillas. Así mismo tampoco se realizará un estudio de costos según procesos constructivos ya sea con alcantarillas prefabricadas comparando con alcantarillas de concreto armado en sitio.

No se cuenta con estudio de suelos para el diseño de los puentes.

## **6.Delimitaciones**

### **6.1. Delimitación espacial**

Este proyecto se llevará a cabo en la provincia de San José, cantón Mora, distrito Tabarcia, específicamente en la ruta Tabarcia- Piedra Blanca.

### **6.2. Delimitación temporal**

El diseño de los puentes se hará con un periodo de retorno de 50 años.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 Ciclo hidrológico

Es un proceso natural del ciclo continuo del agua, conformado por diferentes estados de la misma (líquido sólido y gaseoso), existen diferentes fases, la primera inicia cuando el líquido cambia de estado como por ejemplo de estado líquido a gaseoso o de estados sólido a estado gaseoso por sublimación, y así nutriendo las nubes para posteriormente caer en forma de agua (precipitación) reincorporándose a los ríos y posteriormente a los mares en donde vuelve a evaporarse y continúa el ciclo. (L.Magalhañes, 2020)

**Figura 2.1 Ciclo Hidrológico**



Nota. Ciclo Hidrológico, 2016. Basic RGB Circulation cycle and water condensation, diagram showing the water cycle in nature, vector illustration and icon. (S)

## 2.2 Cuenca hidrográfica

Son zona que se encuentran en las partes altas de las montañas en donde se concentran las precipitaciones de las áreas cercanas a ella como ríos y arroyos que se unen y desembocan en un punto en común. Existe una dependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (Suelo ecosistemas acuáticos y terrestres, biodiversidad estructura geomorfológica y geológica).

Las cuencas de puede subdividir jerárquicamente como subcuencas y estas en microcuencas delimitadas por un parteaguas y donde se concentran los escurrimientos que desembocan en el curso principal del río. (H. Cotler et ál., 2013)

El número de orden de ramificación de una cuenca se inicia a partir del cauce más pequeño y va aumentando su valor en los órdenes de divortium aquarum (división de aguas). (F. Reátegui, 2010)

**Cuadro 2.1 Subdivisión de cuencas por rangos**

Subdivisión de cuencas por rangos			
Tipo de división	Área		N° de orden del curso del agua
	Km <sup>2</sup>	Has	
Microcuenca	10-100	1.000-10.000	1°, 2°, 3°
Subcuenca	100-700	10.000-70.000	4° y 5°
Cuenca	700-6.000	70.000-600.000	6° o más

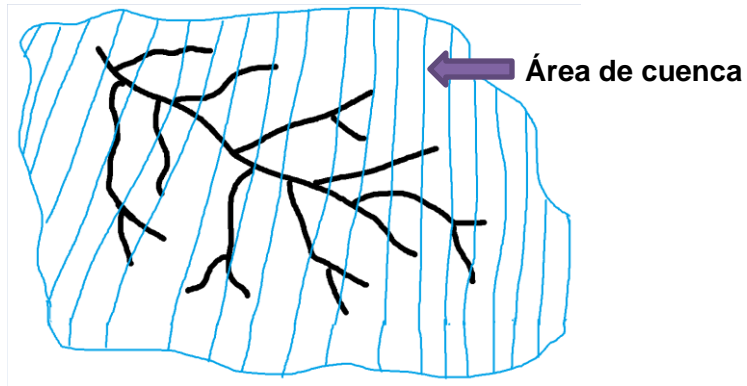
Nota: Subdivisión de cuencas por áreas Franklin Reátegui



## 2.3 Área de la cuenca

Son las áreas de alrededor que limita la cuenca y tributan el fluido hacia la misma, por lo general se da en m<sup>2</sup>

**Figura 2.2 Área de Cuenca**



Nota. Definición de una cuenca. 2022.

## 2.4 Caudal de diseño

Se deben calcular áreas tributarias y correspondiente ubicación en el proyecto.

Se deberá de calcular con la siguiente fórmula:

$$Q = (C * I * A) / 360$$

Donde:

Q=Caudal de escorrentía en (m<sup>3</sup>/s)

I=Intensidad de lluvia de diseño (mm/hora)

A=Área a drenar (hectáreas)

C=Coeficiente de esorrentía

**Figura 2.3 Coeficientes de esorrentía**

<b>TIPO DE ÁREA O DESARROLLO</b>	<b>C</b>
<b>TIPO DE AREA</b>	
Techos de edificios	0,80 - 0,95
Pavimentos de asfalto o concreto	0,70 - 0,95
Pavimentos de ladrillo	0,70 - 0,80
Suelos cubiertos de pasto:	
Pendientes de 2% o menos	0,05 - 0,10
Pendientes de 2 a 8%	0,10 - 0,16
Pendientes de 8% o más	0,16 - 0,20
Suelos arcillosos cubiertos de pasto	
Pendientes de 2% o menor	0,10 - 0,16
Pendientes de 2 a 8%	0,17 - 0,25
Pendientes de 8% o más	0,26 - 0,36
<b>TIPO DE DESARROLLO</b>	
Comercios urbanos	0,70 - 0,95
Oficinas comerciales	0,50 - 0,70
Casas unifamiliares	0,30 - 0,50
Condominios	0,40 - 0,60

Nota: Coeficientes de esorrentía dependiendo de tipo de área de desarrollo. (A.Y.A)

## **2.5 Intensidad de la lluvia de diseño**

La intensidad de lluvia se calcula en función de un periodo de retorno, y se utiliza ese denominado dato para realizar diseños de infraestructuras que soporten las lluvias en esos determinados intervalos de tiempo. Periodo de retorno se define como la probabilidad de que ocurra un evento en una determinada cantidad de años. (E. Montalar, 2012)

Para el cálculo de la intensidad de la lluvia de diseño se utilizan graficas generadas por el diseñador, que apliquen para la zona en la cual se llevará a cabo el diseño, pero sin embargo El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (A.Y.A.) alternativamente a este procedimiento acepta las formulas del Dr. Wilhelm-Günther Varson las cuales son diferentes para cada Provincia de Costa Rica. (A.Y.A., 2021)

En este caso como el diseño de los puentes se encuentra en la provincia de San José se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{San José I} = 166,1 - (29,6 * \ln(\text{dur})) + (20,3 - (2,279 * \ln(\text{dur}))) * \ln(\text{tn})$$

Fuente: A.Y.A.

Donde:

I: Intensidad de lluvia de diseño en mm

dur: Tiempo de concentración, duración de la lluvia, en minutos

tn: Periodo de retorno en años

## **2.6 Escorrentía**

Está definido como una lámina de agua sobre la superficie de un área específica que no se pudo infiltrar en el suelo por lo que escurre por la superficie hasta llegar a una cuenca y posteriormente al mar, en otros casos puede que el agua en la superficie se evapore y continúe el ciclo hidrológico.

El origen de esta lámina previamente mencionada se da en el momento que en el que culmina una tormenta, Cuando las tormentas son de gran intensidad y el agua llega al suelo una parte se infiltra y en el momento en el que el suelo se satura se acumula en la superficie y escurre. Por estas razones la escorrentía depende de la intensidad de las lluvias, la duración de estas, tipo de suelo, cobertura vegetal, pendiente del terreno y longitud de drenaje, entre otros factores.

## **2.7 Topografía de una cuenca**

La topografía está directamente relacionada al estudio de la tierra como globo terrestre en el área de su configuración específica correspondiéndole a la geodesia, más sin embargo la sociedad la utiliza para obtener estudios detallados de un área de terreno en específico, para desarrollarse diariamente y le permite la toma de decisiones en cuanto a invenciones en las cuales se necesite tener una relación cercana a el uso del suelo. (F. García, 1994)

En este caso se hará uso de la topografía para determinar las áreas circundantes que tributan el agua de escorrentía a la cuenca, se debe realizar un análisis de las curvas de nivel de un área determina alrededor de la cuenca a estudiar.

### **2.7.1 Curvas de nivel**

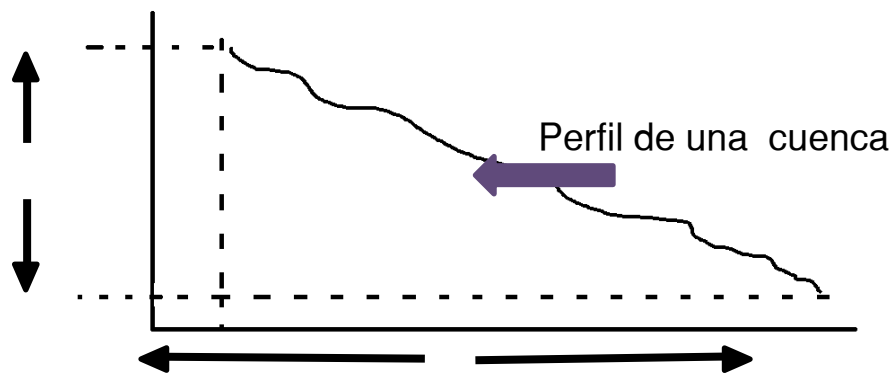
Una curva de nivel es una línea imaginaria, que une todos los puntos de una misma altura en un plano sobre el nivel del mar, la distancia entre línea y línea se le llama equis distancia y esta va a depender de la escala del plano, las curvas describen la topografía del terreno dándole una perspectiva clara al lector de las mismas de que tan empinado es el terreno.

Para la lectura es necesario incluir la cota de la curva al menos cada 5 curvas de nivel, esto facilita la lectura y las curvas que no poseen la denotación de obtiene contando ascendentes o descendente dependiendo de la escala en la que se encuentre la cual se debe incluir en cada plano. (P.G. Lizarraga, 2019).

### 2.7.2 Pendiente de la cuenca

Es el desnivel entre curvas de nivel por donde transita la cuenca. Estos valores se promedian ya que no se tiene una superficie constante a lo largo de la cuenca y se logra realizar un perfil, con los datos recolectados que describe la pendiente de la cuenca. (F. Reátegui, 2010)

**Figura 2.4 Pendiente de Cuenca**



Nota. Pendiente de una cuenca. 2022.

$$S = \frac{(HM - Hm)}{L} * 100$$

Donde:

S: Pendiente medio del río en %

L: Longitud de la cuenca en m

HM: Altura máxima en msnm

Hm: Altura mínima de la cuenca en msnm

## **2.8 Número de Manning**

El número de Manning se define como la oposición al flujo de un cauce, frena la velocidad del flujo en la sección del río. En los análisis hidráulicos es de suma importancia ya que esta define las velocidades del flujo y una mala determinación de esta podría llegar a ocasionar un riesgo para las poblaciones y bienes cercanos a la zona. (Fernández, 2018).

Para determinar el n de Manning en un cauce natural es de gran dificultad ya que la mayoría de las veces por no decir siempre se tienen superficies muy irregulares, y elementos que obstruye el paso como rocas de diferentes tamaños, troncos, raíces de árboles entre otros. Incluso el n de Manning podría ser un valor no constante.

Según (Fernández, 2018) para determinar este dicho valor se tienen varios métodos de cálculos, más sin embargo se hará uso del método Cowan este método se basa en función de algunos parámetros y características del cauce, empleando la siguiente fórmula:

Número de Manning

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Donde:

$n_0$ = Cause recto, uniforme o liso.

$n_1$ = Corrección de rugosidad de la superficie

$n_2$ = Variación de forma y tamaño de la sección transversal

$n_3$ = Considera las obstrucciones

$n_4$ = Considera la vegetación y condiciones de flujo

$m_5$ = Factor de corrección por efectos de meandros.

**Figura 2.5 Variables para determinación de número de Manning**

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	$n_0$	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	$n_1$	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	$n_2$	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	$n_3$	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	$n_4$	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de efectos por los meandros	Menor	$m_5$	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Nota: Variables para determinación de número de Manning (Fernández, 2018).

## 2.9 Métodos de determinación de caudales de diseño

Para la determinación del caudal de diseño que es necesario para saber las dimensiones de las alcantarillas que se necesitan para el debido diseño de los puentes. Para esta estimación de caudal se utilizará el programa HEC-Ras, este



programa genera una simulación de una crecida del cauce en una determinada lluvia de diseño y con su respectivo periodo de retorno.

El HEC-Ras fue lanzado en el año 1999, el cual proporciona una interfaz capaz de procesar datos geoespaciales, que permite la ubicación de secciones transversales y otras características para extraer información de las elevaciones de el lugar de estudio. (Y.E.C. Elera, 2017)

La interfaz posee integradas las fórmulas para el cálculo de análisis hidráulico. Es capaz de calcular flujos superficiales, cálculo de flujo uniforme y variado, también transporte de sedimento. Cada plan representa una simulación específica de datos geométricos y datos de flujo.

Después que las simulaciones son hechas los resultados pueden compararse simultáneamente en la forma tabular y gráfica.

## **2.10 Cálculo de secciones interpoladas en el HEC-RAS**

Según el manual básico de Hec-Ras 3.13 es de suma importancia definir secciones interpoladas antes y después de cada puente ya que estas definen la longitud de contracción agua arriba del puente y de expansión la cual se encuentra aguas debajo de cada uno de los puentes. Estas se pueden definir con las siguientes fórmulas. (S.Nanía, Moleno, 2007)

Longitud de expansión:

$$\frac{nob}{nc}$$

Donde:

nob= n de Manning de la planicie

nc= n de Manning del canal

$$\frac{b}{B}$$

Donde:

b= Ancho de la abertura

B=Ancho total de la zona inundada

$$S = S0 * 5280 \text{pie/milla}$$

Donde:

S= Pendiente en pie/milla

S0=Pendiente entre secciones de expansión

Razón de expansión

Se debe entrar a la tabla con los valores de las fórmulas anterior su respectivo nob/nc, b/B y S y determinar la razón de expansión.

**Cuadro 2.2 Valores para determinar Razón de expansión**

		nob/nc=1	nob/nc=2	nob/nc=4
b/B=0,10	S=1pie/milla	1,4-3,6	1,3-3,0	1,2-2,1
	S=5pie/milla	1,0-2,5	0,8-2,0	0,8-2,0
	S=10pie/milla	1,0-2,2	0,8-2,0	0,8-2,0
b/B=0,25	S=1pie/milla	1,6-3,0	1,4-2,5	1,2-2,0

b/B=0,50	S=5pie/milla	1,5-2,5	1,3-2,0	1,3-2,0
	S=10pie/milla	1,5-2,0	1,3-2,0	1,3-2,0
	S=1pie/milla	1,4-2,6	1,3-1,9	1,2-1,4
	S=5pie/milla	1,3-2,1	1,2-1,6	1,0-1,4
	S=10pie/milla	1,3-2,0	1,2-1,5	1,0-1,4

Nota: Valores para determinar Razón de expansión, (S.Nanía, Moleno, 2007)

Cuando se determina el rango de razón de expansión se debe de realizar un promedio de ambos valores.

Ejemplo:

$$RC = \frac{1 + 1,9}{2} = 1,45$$

La longitud promedio de la obstrucción lateral

$$Lobs = \frac{X1 + X2}{2}$$

Donde:

Lobs=Longitud promedio de la obstrucción lateral

X1=Distancia del borde 1 de la alcantarilla al inicio de la alcantarilla total

X2=Distancia del borde 2 de la alcantarilla al fin de la alcantarilla total

Longitud de expansión

$$Le = RE * Lobs$$

Donde:

Le=Longitud de expansión

Lobs= Longitud promedio de la obstrucción lateral

Longitud de contracción:

$$\frac{nob}{nc}$$

Donde:

nob= n de Manning de la planicie

nc= n de Manning del canal

$$S = S0 * 5280 \text{pie/milla}$$

Donde:

S= Pendiente en pie/milla

S0=Pendiente entre secciones de expansión

La longitud promedio de la obstrucción lateral

$$Lobs = \frac{X1 + X2}{2}$$

Donde:

Lobs=Longitud promedio de la obstrucción lateral

X1=Distancia del borde 1 de la alcantarilla al inicio de la alcantarilla total

X2=Distancia del borde 2 de la alcantarilla al fin de la alcantarilla total

Razón de contracción:

**Cuadro 2.3 Valores para determinar la razón de contracción**

	nob/nc=1	nob/nc=2	nob/nc=4
S=1pie/milla	1,0-2,3	0,8-1,7	0,7-1,3
S=5pie/milla	1,0-1,9	0,8-1,9	0,7-1,2
S=10pie/milla	1,0-1,9	0,8-1,4	0,7-1,2

Nota: Valores para determinar la razón de contracción, (S.Nanía, Moleno, 2007)

Cuando se determina el rango de razón de expansión se debe de realizar un promedio de ambos valores.

Ejemplo:

$$RC = \frac{1 + 1,9}{2} = 1,45$$

Longitud de contracción:

$$LC = RC * Lobs$$

Donde:

LC=Longitud de contracción

RC=Razón de contracción

Lobs= Longitud promedio de la obstrucción lateral

Se debe de observar que para el cálculo de la longitud de contracción de no debe de calcular el  $b/B$ .

Este procedimiento de debe realizar para ambos puentes.

## **2.10 Diseño estructural**

### **2.10.1 Cargas permanentes**

Es la carga que pertenece a todos los elementos que permanecen en la estructura y su propio peso, a esta carga también se le llama carga muerta. Para el peso de concreto reforzado de utilizará el dato de  $2400\text{kg/cm}^3$ . Se utilizará acero grado 60 que posee una resistencia a la fluencia de  $4200\text{kg/cm}^2$ , y el peso de este acero es de  $7850\text{kg/m}^3$ .

Por otro lado, como cargas permanentes se tiene el peso del relleno, más sin embargo como se detalló en las limitaciones de este trabajo no porta con un estudio de suelos que nos permita conocer el tipo de suelo, y el peso de este por lo tanto según el CSCR (Código Sísmico de Costa Rica 2010) de debe de asumir un suelo tipo  $S_3$ , con una velocidad de corte entre  $180\text{-}350\text{m/s}$  y una resistencia al corte de entre  $0,5\text{-}0,75\text{Kg/cm}^2$ , con peso volumétrico de  $15\text{-}17\text{KN/m}^3$  con un ángulo del suelo de  $22^\circ$ .

Otro punto para considerar son las barreras de acero inoxidable que se colocan en los extremos de los puentes, su función es la seguridad vial, por lo tanto, se tomará en cuenta como carga muerta con un valor de  $1100\text{g/m}^2$ .

### **2.10.2 Cargas de empuje**

Es la carga que produce el suelo sobre las paredes laterales de la alcantarilla. Este se obtiene a partir del coeficiente de empuje. Como se detalla en lo siguiente.

$$E0 = \frac{1}{2} * \gamma * K0 * H$$

Donde:

$\gamma$ = Peso específico del suelo

$K0$ = Coeficiente de reposo

$H$ =Nivel de desplante

### **2.10.3 Carga de relleno**

Esta carga se impone sobre la losa superior de la alcantarilla, entre más grande sea la columna de material más carga impondrá sobre la alcantarilla, esta carga está directamente relacionada al peso específico del suelo a utilizar. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \gamma * H * L$$

Donde:

$R$ =Carga de relleno

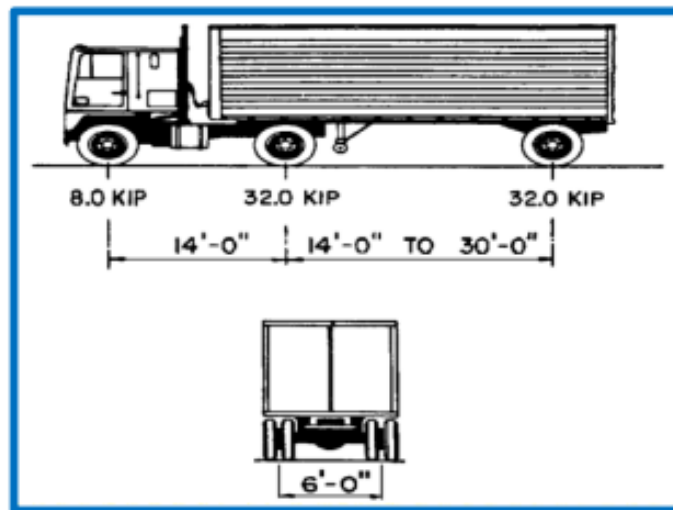
$\gamma$ =Peso específico del suelo

$H$ =Profundidad del relleno

$L$ =Longitud de la alcantarilla

### 2.10.4 Cargas temporales

Básicamente se refiere a la carga que le imponen los vehículos a la estructura. Este valor se le impone según las necesidades para las cuales se necesitará la estructura en este caso se utilizará una carga viva según la AASTHO un vehículo tipo tándem HS-25 con un peso máximo de 32,7ton.



Impacto: El impacto es el porcentaje que se adiciona a la carga viva, es un incremento que se adiciona a la carga de rueda estática para tomar en cuenta el golpe por las cargas de rueda. (AASHTO LRFD,2004) Esto se considera por el choque de las ruedas y las irregularidades de la superficie de ruedo. Para determinar este porcentaje se utilizará la siguiente formula:

$$I = \frac{50}{L} + 125$$

Donde:

I=Porcentaje de impacto



$L$ =Ancho de la losa superior

El resultado de la fórmula anterior no puede exceder el 30% ya que este es el máximo probable para impacto sobre la carga temporal, y se debe considerar que este solo se calcula para las estructuras que tienen de 0 a 2,5m de columna de relleno.

Distribución de carga viva:

Se sabe que cuando se utiliza un relleno sobre la alcantarilla esta sirve para disipar las cargas impuestas, entre más grande sea el relleno más disminuye la carga viva sobre la alcantarilla, lo que sucede es que la carga puntual por efecto del relleno cambia a carga distribuida en función de la profundidad. (AASHTO LRFD,2004)

Según la AASHTO de 0 a 0,6m de relleno se debe colocar la carga viva puntual, de 0,6 a 2,5m de relleno en este caso la carga se distribuye de forma triangular de forma que esta sigue la pendiente, entre más se acerque al valor del relleno ósea 2,5m el área de contacto se amplía hasta llegar a ser una carga uniforme.

### **2.10.5 Cargas de sismo**

Las cargas de sismo son vibraciones, que al combinar con el peso de una estructura se puede estimar la fuerza que actúa sobre la misma. En este caso en el momento en el sismo ocurre la alcantarilla se comporta como toda una sola estructura con las masas de relleno que están a su alrededor.

### **2.10.6 Combinaciones de carga**

Para este diseño se utilizará el método de Resistencia Última o LRFD. Esta metodología utiliza las propiedades de los materiales y sus propiedades mecánicas. Este

método toma las cargas y les asigna un factor, en donde se conforman las combinaciones de diseño.

Las combinaciones se escogerán las indicadas a utilizar las cuales son las siguientes:

- Resistencia I
- Resistencia II
- Resistencia IV
- Servicio III

Las fórmulas de las combinaciones son las siguientes:

Resistencia I

$$ResistenciaI = Y_{DC} + Y_{pEH} + Y_{pEV} + 1.75 * LS$$

Resistencia II

$$ResistenciaII = Y_{pDC} + Y_{pEH} + Y_{pEV} + 1.35 * LS$$

Resistencia IV

$$ResistenciaIV = 1.5DC + Y_{pEH} + Y_{pEV} +$$

Servicio III

$$Servicio III = 1.0DC + 1.0EH + 1.0EV + 0.8LS$$

Para utilizar las combinaciones la nomenclatura que se utiliza es la siguiente:

Carga permanente=DC

Carga temporal=LS

Carga de empuje=EH

Carga de relleno=EV

El LS se debe incrementar por el impacto, por lo tanto, la carga temporal final es:

$$LS = CV * (1 + I)$$

Seguidamente se debe escoger los valores de Yp los cuales se obtienen de la tabla 3.4.1-2 del AASHTO LRFD

#### **Cuadro 2.4 Factores de Carga**

Tipo de carga	Factor de carga	
	Máximo	Mínimo
DC: Elementos y accesorios	1,25	0,90
DD: Fricción negativa	1,80	0,45
DW: Superficie de rodamiento e instalaciones para servicios públicos	1,50	0,65
EH: Empuje horizontal del suelo		
-Empuje activo	1,50	0,90
-Empuje pasivo	1,35	0,90
EL: Tensiones de montaje	1,00	1,00
Ev: Empuje vertical del suelo		
-Estabilidad global		
-Muros de sostenimiento y estribos	1,00	NA
-Estructura rígida enterrada	1,35	1,00
-Marcos Rígidos	1,30	0,9
-Estructuras flexibles enterradas u otras excepto alcantarillas metálicas rectangulares	1,95	0,9
-Alcantarillas metálicas rectangulares flexibles	1,50	0,9
ES: Sobrecarga de suelo	1,50	0,75

Nota: Factores de carga (ASHTO)

El valor máximo es usado cuando las estructuras son consideradas estables y el valor mínimo se utiliza para los casos en donde la estructura puede sufrir vuelcos por ende en este proyecto se utilizarán los datos máximos al ser la alcantarilla una estructura estable y los criterios que nos interesa son los de la resistencia. Entonces para CP:1,25 para EH:1,35 y para Ev: Se usará estructura rígida enterrada por lo tanto el valor es de Yp:1,30.

### **2.10.7 Diseño de losas**

Las losas se diseñan comprobando que la alcantarilla resista los esfuerzos de flexión, compresión y cortante.

Flexión: Se debe de obtener el Mu del análisis estructural y con este se calcula la altura del bloque equivalente a.

$$a = d - d^2 - \frac{2Mu}{\phi * 0.85 * f_c * bw}$$

Donde

D=distancia de la fibra en compresión más alejada al centroide del área en tensión

Mu= Momento último

Φ=Factor de reducción de carga para flexión

f'c=Resistencia del concreto

bw=Ancho de la losa (para un metro de losa)

Una vez es obtenido a se dispone a calcular el acero requerido

$$A_s = \frac{0,85 * f'c * bw * a}{f_y}$$

Se comprueba que la sección este controlado por tensión de forma:

$$\beta_1 = \begin{cases} 0,85 \text{ si } f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2 \\ 0,85 - \frac{f'c - 280}{70} * 0,05 \text{ si } 280 \leq f'c \leq 560 \\ 0,65 \text{ si } f'c \geq 560 \end{cases}$$

y así calcular C

$$C = a/\beta_1$$

Y así poder comprobar que

$$\frac{C}{d} \leq 0.375$$

El número de varillas necesarias para la separación requerida se calcula:

$$\#Varillas = \frac{\rho * bw * espesor}{Avarilla}$$

$$Separación = \frac{bw - 2Rec}{\#Varillas - 1}$$

Compresión

En este caso no existe la compresión pura pues esta se da en conjunto con la flexión, estos esfuerzos son soportados por el material de concreto ubicados en la sección y no por la combinación concreto-acero. Para esta condición se tiene la siguiente expresión:

$$\phi P_n = \phi * 0,8 * 0,85 * f'_c * (A_g - A_s)$$

Donde:

$\Phi$ =Factor de reducción de carga para fuerza axial

$P_n$ =Axial última

$f'_c$ =resistencia al concreto

$A_g$ =área transversal bruta del elemento

$A_s$ =área transversal del acero.

Cortante

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_c = \phi_c * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$V_c \geq V_u$$

Donde:

$\Phi_c$ =Factor de reducción de carga por cortante (0.75)

$V_u$ =Cortante último del análisis estructural

Para obtener el espaciamiento transversal se determina por la siguiente fórmula:

$$R_{amas} = \frac{0,25 * L - Rec}{d} + 1$$

Donde:

L=longitud de luz

Rec= recubrimiento

d=distancia de la fibra en compresión más alejada al centroide del área en tensión

Para obtener la cantidad de ramas totales en un metro lineal de alcantarilla y así obtener el valor del esfuerzo que podría soportar el acero contra el cortante.

$$V_s = \frac{\#Ramas * Avar * f_y}{sep * b}$$

$$v_s = V_s * b * d$$

### 2.10.8 Diseño de paredes

En este apartado se consideran los mismos esfuerzos que en la losa y uno más adicional el cual es la flexo-compresión para saber si se debe contemplar dicho fenómeno se tiene que comprobar que:

$$P_u \leq 0,05 * f'_c * A_g$$

Si  $P_u$  es mayor que la relación anterior se debe comprobar que resista flexo-compresión, en un escenario contrario solo se diseñará a flexión como se realizó en el apartado anterior para losas. Y también los otros esfuerzos de tensión compresión y cortante se calculan igual al apartado anterior exceptuando el análisis de acero por cortante.

Las paredes deben soportar todos los esfuerzos de cortante por medio del concreto, ya que contractivamente es complicado colocar aros en las mismas. Si la ecuación anterior no se cumple se debe de comprobar flexo-compresión y se debe de analizar la pared como una columna, encontrando el diagrama de interacción que nos permite asegurar que la reacción entre fuerza axial y momento no se vayan a sobrepasar de la capacidad de la sección.

### Compresión pura

Se debe de conocer una coordenada de  $M=0$  y la otra se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_o = 0.85 * f'_c * b * h + f_y * (\bar{A}_s + A_s)$$

### Flexión pura

$$a = 0,85 * Cb$$

$$\epsilon'_s = 0,003 * \left( \frac{a - 0,85 * d'}{a} \right)$$

$$\epsilon_s = 0,003 * \left( \frac{0,85 * d - a}{a} \right)$$

$$E'_s = 0,003 * E_s * \left( \frac{a - 0,85 * d'}{a} \right)$$

$$E_s = 0,003 * E_s * \left( \frac{0,85 * d - a}{a} \right)$$

### Cálculo de punto de compresión



$$P_o = 0,85 * f'c * a * b + f's * A's - f_s * A_s$$

Donde:

$f_s$ =Esfuerzo del acero en tensión

$f's$ =Esfuerzo del acero en compresión

$A_s$ = Área de acero en tensión

$A's$ = Área de acero en compresión

La siguiente ecuación para el cálculo del momento a baja carga axial.

$$M_o = 0,85 * f'c * a * b * \left(\frac{h-a}{2}\right) + A's * f_s * \left(\frac{h}{2} - d'\right) + A_s * f_s * \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

Falla balanceada

Se debe de calcular el par que se relaciona en la falla balanceada

$$Cb = \frac{0,003 * d}{0,003 + \epsilon_y}$$

$$\epsilon_y = \frac{F_y}{E_s}$$

$$a = 0,85 * Cb$$

El punto de compresión se calcula usando la siguiente fórmula.

$$Pb = 0,85 * f'c * a * b * f's * A's * fs * As$$

El puto que toma en cuenta la parte en flexión es calculada usando la siguiente ecuación.

$$Mo = 0,85 * f'c * a * b * \left(\frac{h - a}{2}\right) + A's * \left(\frac{h}{2} - d'\right) + As * fs * \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

# CAPÍTULO III

## MARCO METODOLÓGICO

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Descripción del contexto del sitio en donde se lleva a cabo**

Los puentes que se diseñarán se encuentran en la zona de Tabarcia de Mora específicamente en la ruta de Tabarcia-Piedra Blanca, describiendo un poco más el lugar, es una zona muy rural en donde habitan personas que se dedican a la agricultura y a la producción de animales de consumo.

Dicha ruta pertenece a la clasificación de ruta cantonal, en donde los puentes y la ruta en general ha sido construida por los vecinos del lugar, por lo que no presenta una geometría adecuada y en caso de los puentes no presentan un adecuado diseño estructural.

### **3.2 Organismo, institución o empresa donde se realizará**

Al ser la ruta una vía cantonal la institución interesada es la Municipalidad de Mora, que está ubicada en el casco central del distrito de Colón, esta fue fundada en el 1848, la extensión del cantón es de 162,04km<sup>2</sup> colocándose como el noveno más grande de la provincia. Dicho cantón colinda con los cantones Alajuela al norte, al noroeste con Atenas y Turruabares al oeste con Puriscal, al sur con Acosta y al este con Escazú y Santa Ana.

Los distritos que presenta el cantón de Mora son, Colón, Guayabo, Tabarcia, Piedras Negras, Picares, Jaris y Quitirrisí. En donde este último distrito es una reserva o territorio indígenas Huetar. Anteriormente el Cantón llevaba el nombre de Pacaca o Pacacua que tiene como significado “Ciudad Real” “Lugar rodeado de aguas”. (P.Admi.Guías Costa Rica, 2015)

La subárea de la Municipalidad de Mora encargada de velar por los temas relacionados a este proyecto es la Unidad Técnica de Gestión Vial (UGTV), la cual nos facilitó el estudio el informe de la visita de inspección visual del LANAMME descrito en el capítulo 1 apartado 2.1.2 y también con referencia al anexo 1.

### **3.3 Las características de los participantes**

Ministerio de Obras Públicas y transportes (MOPT) al ser el Ministerio encargado de regular y controlar las infraestructuras públicas y servicios de transporte siendo eficientes y seguros, respondiendo a las necesidades de la población en general así mismo contribuyendo a la competitividad del país.

Asociación de desarrollo de Piedra Blanca de Mora, al estar directamente en contacto con la población que le da uso a la infraestructura vial de Piedra Blanca y en conocimiento de las necesidades de la población. Adicionando que la Asociación de desarrollo desde el 2012 desea llevar este proyecto de puentes a cabo, el cual no se ha podido desarrollar por no tener presupuesto disponible para ello.

### **3.4 Procedimiento metodológico para la realización del estudio de diagnóstico**

Al ser el proyecto un diseño de puentes el estudio Hidrológico que se realizará será el que indique como se debe realizar los diseños tanto de los puentes como de la rasante en los metros cercanos a las entradas de estos.

El estudio se llevará a cabo primeramente realizando un levantamiento topográfico de las secciones a cada metro de la cuenca, cien metros aguas arriba y cien metros aguas abajo de la ubicación actual de los puentes.

Posteriormente estas secciones obtenidas del levantamiento topográfico se introducen en el programa de HEC-Ras el cual nos brindará el caudal máximo en una determinada lluvia de diseño y con estos parámetros se llevará a cabo los diseños.

### **3.5 Procedimiento metodológico para la elaboración del proyecto propuesto**

Los pasos serán

- Realizar el diseño de los puentes con las alcantarillas de cuadro que se adapten a la geometría del cauce, utilizando toda la información recopilada del HEC-Ras, se diseñará los apoyos de las alcantarillas así mismo el diseño de un posible paso peatonal para cada uno de los puentes.
- Realizar la valoración de las entradas y salidas de los puentes y un posible replanteo de la rasante. Esto igualmente va a depender del estudio hidrológico ya que él determinará la altura que llevará los puentes, y esto se determinará para valorar un replanteo a la rasante y darles un excelente exceso a los puentes.

### **3.6 Cronograma de trabajo**

#### **Cuadro 3.1**

#### **Cronograma de Actividades**

Actividad	Semanas del cuatrimestre														
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1.Levantamiento topográfico															
2.Usar el programa Hec-ras															
3.Análisis de datos arrojados por el programa															
4.Determinación de cargas para el diseño															
5.Diseño de los puentes															
6.Análisis la rasante															
Entrega de borrador															

Nota. Cronograma de actividades según semanas del cuatrimestre, 2022.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS



## **4.1 Levantamiento topográfico y ejecución de superficie en Civil3D**

Al realizar los levantamientos topográficos del sitio se procedió a realizar ajustes de alturas para que coincidan un levantamiento con el otro posteriormente se introdujo los puntos en el Civil 3D, se realizó una superficie, un alineamiento y secciones transversales pertinentes, para posteriormente exportar al programa de HEC-RAS.

**Figura 4.1 Superficie de las quebradas El Salto y Marín**



Nota: Superficie generada a base de puntos del levantamiento topográfico y generada por el AutoCAD Civil 3D.

## **4.2 Modelación de caudal en las quebradas El Salto y Marín en el programa de HEC-RAS.**

### **4.2.1 Número de Manning (n) según la sección 2.5.7**

Según la figura 2.4 se seleccionó para  $n_0$  un valor de grava gruesa con un valor de 0,0288. Para  $n_1$  se consideró un valor de moderado de 0,020. Para  $n_2$  se eligió ocasionalmente alternante con un valor de 0,0013. Para  $n_3$  el efecto relativo de las obstrucciones se considera como menor con un valor de 0,050. En el parámetro de vegetación para  $n_4$  se elige media con un dato de 0,050. Por último, para la variable de  $m_5$  de selecciona un valor de 1,300 considerando que existen suficientes meandros.

$$n = 0,2103$$

El número de Manning se debe añadir al HEC-RAS en la sección de geometría, ya que esta es parte de esta y describe que tan rugosa es la superficie de las quebradas que queremos analizar.

### **4.2.2. Intensidad de lluvia**

Se debe realizar un Hidrograma con los datos recopilados de Instituto Meteorológico Nacional de las estaciones automáticas, específicamente con la que se encuentra en la Universidad para la Paz ya esta se encuentra cerca de la ubicación de los puentes en estudio.

Según la sección 2.5

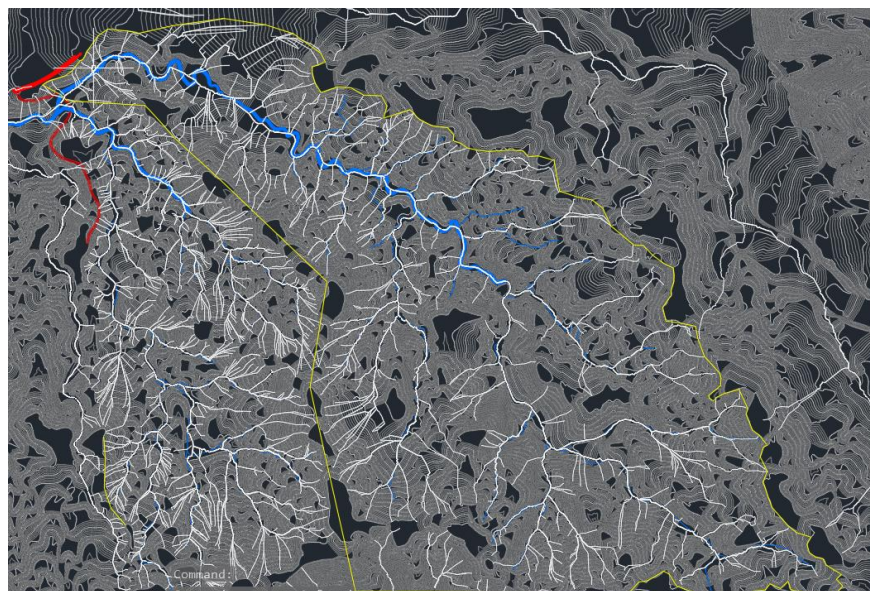
Se tomaron datos del Instituto meteorológico Nacional para calcular la esorrentía de la zona de Mora la cual arrojó un resultado de 199,0 mm, con un periodo de retorno para 50 años.

Para determinar el coeficiente de esorrentía se tomará de la tabla 2.4 con un valor de 0,16.

#### **4.2.3 Delimitación de las cuencas El Salto y Marín y cálculo de caudales.**

Para determinar las áreas tributarias se tomará en cuenta el SNIT y Google maps como referencia, exportando las curvas de nivel del sitio al Civil3D realizando una superficie, utilizando la herramienta “Water drop” el cual su función es delimitar la cuenca. Se obtuvo un valor de área para la cuenca de El salto de 193,32 hectáreas.

**Figura 4.2 Área de la cuenca El Salto**



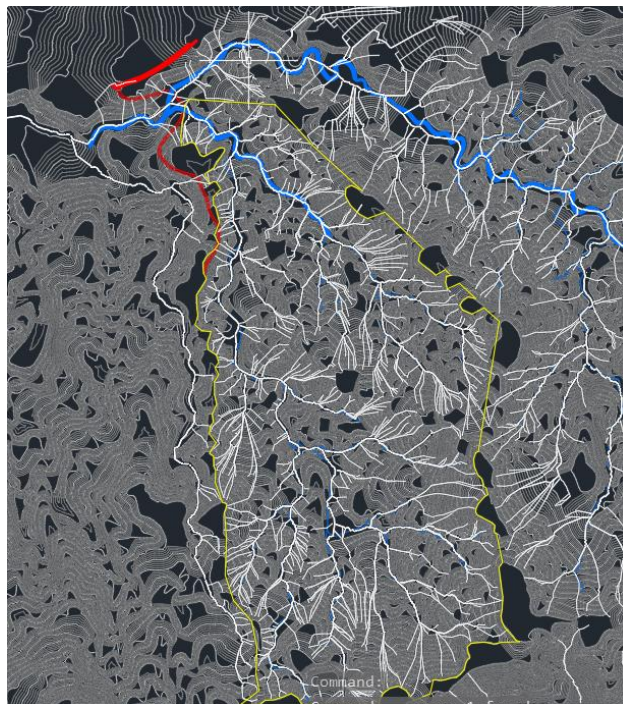
Nota: Superficie generada a base de curvas de SNIT y generada por el AutoCAD Civil 3D, para la determinación de áreas tributarias.

Determinando el caudal de diseño para la cuenca que pertenece a la quebrada El Salto.

$$Q = 17,10\text{m}^3/\text{s}$$

Por consiguiente, se realizó el mismo procedimiento para determinar las áreas de la cuenca Marín. Arrojando un valor de 83,26 hectáreas para la cuenca Marín.

**Figura 4.3 Área de la cuenca Marín**



Nota: Superficie generada a base de curvas de SNIT y generada por el AutoCAD Civil 3D, para la determinación de áreas tributarias.

Determinando el caudal de diseño para la cuenca que pertenece a la quebrada El Salto.

$$Q = 7,36\text{m}^3/\text{s}$$

Se determinó la esorrentía para un periodo de retorno como revisión de 100 años la cual arrojó una intensidad de lluvia de 546.71mm. la cual se volverá a determinar los caudales para el periodo de retorno antes mencionado para las dos cuencas.

El Salto

$$Q = 46,97\text{m}^3/\text{s}$$

Marín

$$Q = 20,23\text{m}^3/\text{s}$$

#### **4.2.4 Pendientes de tramos en las quebradas**

Para determinar las pendientes de los tramos he introducirlo en el programa de HEC-RAS se utilizó el levantamiento topográfico y el programa de Civil3D, utilizando como referencia la sección 2.7.2 Pendiente de una cuenca.

El salto

Aguas arriba

$$S = 7,97\%$$

Aguas abajo

$$S = 13,46\%$$

Marín

Aguas arriba

$$S = 1,14\%$$

Aguas abajo

$$S = 2,88\%$$

#### 4.2.5 Calculo de secciones adicionales en el HEC-RAS

Según la sección 2.10 descrita en el marco teórico

Secciones interpoladas para el puente sobre la quebrada El Salto

Longitud de expansión

Es una longitud determinada con una distancia  $x$  aguas abajo del puente.

Longitud de compresión es una distancia  $x$  aguas arriba del puente

$$n_{ob}/n_c$$

$$\frac{0,0718}{0,0718} = 1$$

$$b/B$$

$$\frac{3,5m}{8,73m} = 0.40$$

$$S = 696,40 \text{ pie/milla}$$

Razón de expansión

$$RE = \frac{1,3 + 2}{2} = 1,65$$

$$Lobs = 2,80$$

Longitud de expansión

$$Le = 4,62m$$

Longitud de contracción

$$nob/nc$$

$$\frac{0,0718}{0,0718} = 1$$

$$S = 264pie/milla$$

$$Lobs = 1,959$$

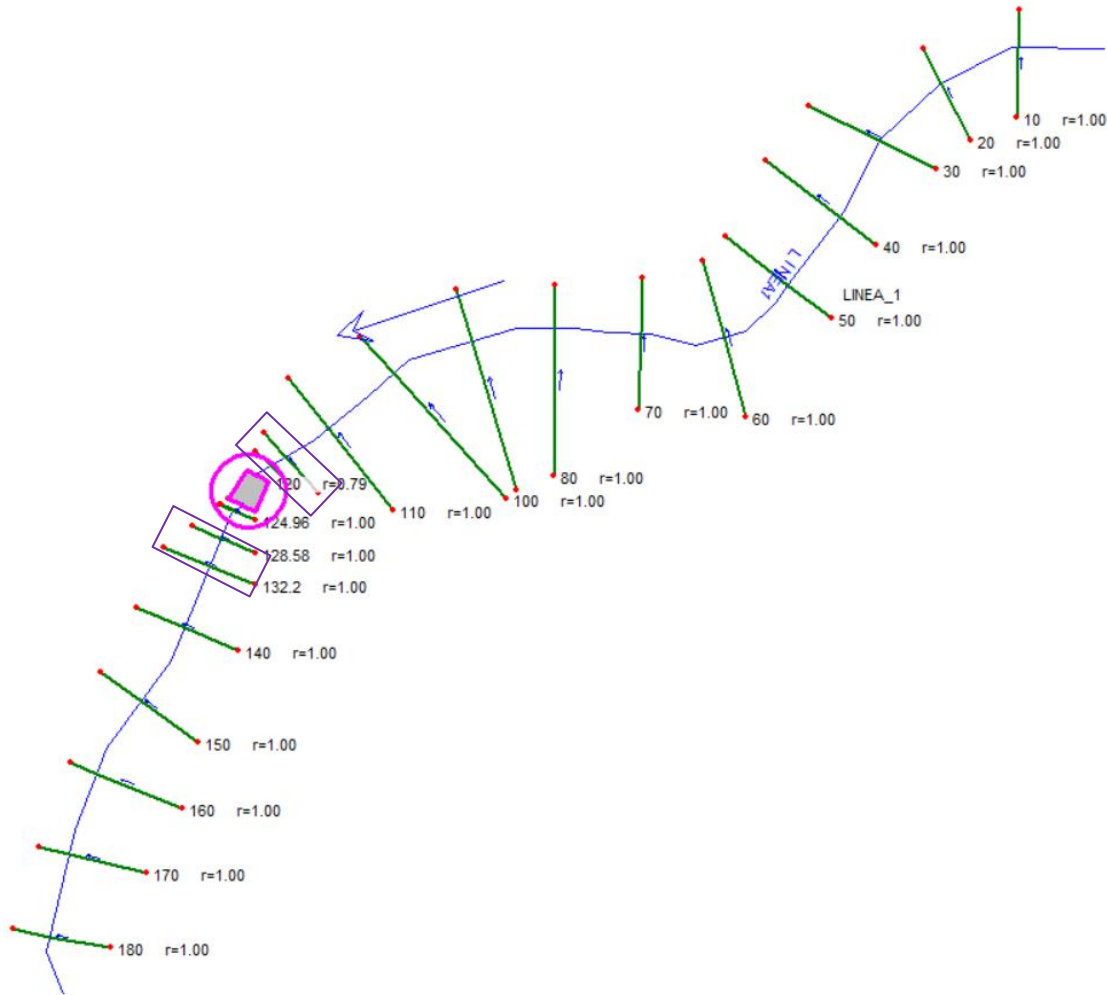
Razón de contracción

$$RC = \frac{1 + 1,9}{2} = 1,45$$

Longitud de contracción

$$Lc = 4,06m$$

**Figura 4.4 Secciones de contracción y expansión para puente sobre la quebrada El Salto**



Nota: Geometría con secciones de expansión y contracción.

Las secciones calculadas anteriormente para el puente sobre la quebrada El Salto se pueden observar en la figura 4.4 anterior en los cuadros color morado 2 secciones aguas arriba de la alcantarilla y 2 aguas debajo de la misma.

Secciones interpoladas para el puente sobre la quebrada Marín



$$nob/nc$$

$$\frac{0,0718}{0,0718} = 1$$

$$b/B$$

$$\frac{2,97m}{6,61m} = 0,44$$

$$S = 211,2pie/milla$$

Razón de expansión

$$RE = \frac{1,3 + 2}{2} = 1,65$$

$$Lobs = 1,959$$

Longitud de expansión

$$Le = 3,23m$$

Longitud de contracción

$$nob/nc$$

$$\frac{0,0718}{0,0718} = 1$$

$$S = S0 * 5280pie/milla$$

$$S = 985,24pie/milla$$

$$Lobs = 1,959$$

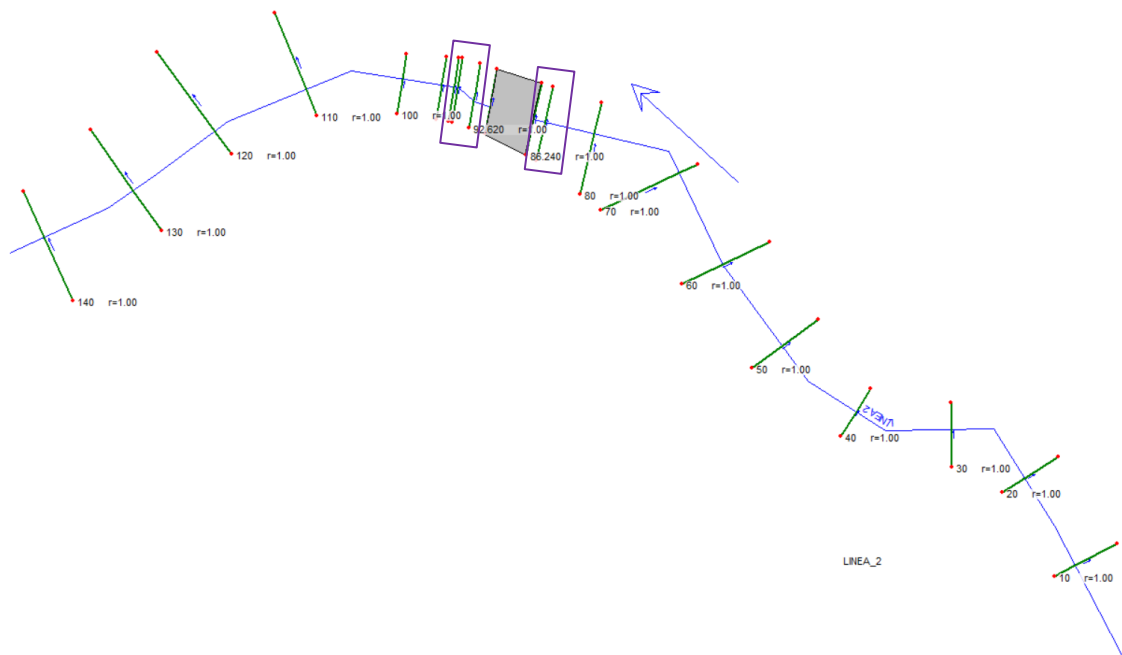
## Razón de contracción

$$RC = \frac{1 + 1,9}{2} = 1,45$$

### Longitud de contracción

$$Lc = 2,84m$$

**Figura 4.5 Secciones de contracción y expansión para puente sobre la quebrada Marín**



Nota: Geometría con secciones de expansión y contracción.

Las secciones calculadas anteriormente para el puente sobre la quebrada Marín se pueden observar en la figura 4.5 anterior en los cuadros color morado 1 secciones

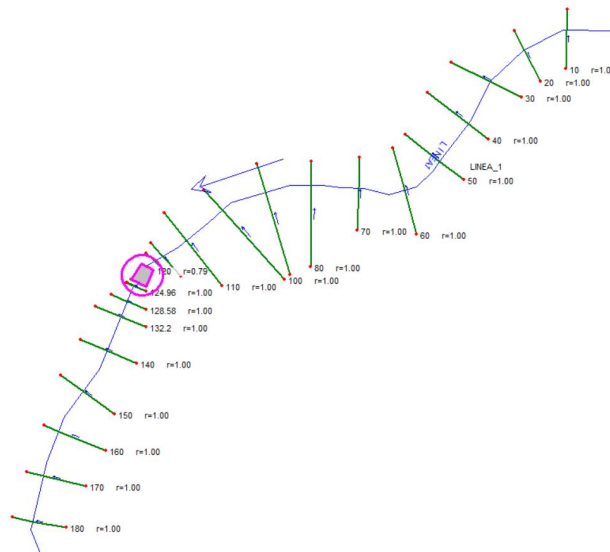
aguas arriba ya que el modelo tenía problemas para aceptar esta geometría se decidió solo colocar una sección aguas arriba de la alcantarilla y 2 aguas debajo de la misma.

#### 4.2.6 Resultados de la modelación en HEC-RAS

##### Quebrada El Salto

Modelado de caudal para la condición actual del puente sobre la quebrada El Salto, para un periodo de retorno de 50 años.

**Figura 4.4 Secciones transversales**



Nota: Geometría realizada en el en el HEC-RAS.

**Figura 4.5 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 1 para condición actual.**

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: LINEA1 Reach: LINEA_1 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
LINEA_1	180	PF 1	17.10	92.01	92.57	92.97	94.45	7.979263	6.09	2.81	9.03	3.49
LINEA_1	170	PF 1	17.10	92.69	93.66	93.66	93.96	0.548546	2.39	7.14	12.40	1.01
LINEA_1	160	PF 1	17.10	92.74	93.74	93.74	94.05	0.538235	2.48	6.90	11.26	1.01
LINEA_1	150	PF 1	17.10	92.91	93.82	93.82	94.09	0.545621	2.31	7.40	13.59	1.00
LINEA_1	140	PF 1	17.10	92.95	93.72	93.72	94.04	0.535958	2.47	6.93	11.32	1.01
LINEA_1	132.2	PF 1	17.10	94.05	95.10	95.10	95.46	0.514550	2.67	6.39	8.86	1.01
LINEA_1	128.58	PF 1	17.10	93.83	95.08	95.08	95.49	0.516097	2.83	6.04	7.44	1.00
LINEA_1	124.96	PF 1	17.10	93.61	95.19	95.19	95.78	0.656401	3.39	5.04	4.30	1.00
LINEA_1	124.86	PF 1	17.10	93.61	95.20	95.20	95.80	0.674494	3.43	4.98	4.21	1.01
LINEA_1	123.86	PF 1	17.10	94.08	95.49	95.49	96.18	0.001957	3.70	4.62	3.34	1.01
LINEA_1	121.93	Culvert										
LINEA_1	120	PF 1	17.10	94.08	95.32	95.46	96.19	0.002659	3.98	4.14	3.38	1.14
LINEA_1	117.94	PF 1	17.10	94.44	96.09	96.09	96.62	0.608562	3.22	5.31	5.06	1.00
LINEA_1	115.94	PF 1	17.10	94.53	96.03	96.03	96.49	0.533584	2.99	5.72	6.30	1.00
LINEA_1	110	PF 1	17.10	94.77	95.98	95.98	96.38	0.508084	2.80	6.11	7.66	1.00
LINEA_1	100	PF 1	17.10	95.28	96.44	96.44	96.76	0.539577	2.49	6.86	11.03	1.01
LINEA_1	90	PF 1	17.10	95.85	96.85	96.85	97.12	0.541604	2.33	7.33	13.21	1.00
LINEA_1	80	PF 1	17.10	96.02	96.90	96.90	97.21	0.528177	2.50	6.85	10.91	1.01
LINEA_1	70	PF 1	17.10	95.81	96.82	96.82	97.16	0.522996	2.60	6.56	9.64	1.01
LINEA_1	60	PF 1	17.10	96.61	97.31	97.31	97.60	0.544181	2.35	7.27	13.06	1.01
LINEA_1	50	PF 1	17.10	96.43	97.56	97.56	97.91	0.527559	2.63	6.51	9.43	1.01
LINEA_1	40	PF 1	17.10	97.30	98.24	98.24	98.57	0.519289	2.54	6.74	10.28	1.00
LINEA_1	30	PF 1	17.10	98.44	99.61	99.61	99.97	0.511227	2.64	6.47	9.11	1.00
LINEA_1	20	PF 1	17.10	99.60	100.80	100.80	101.19	0.520758	2.80	6.12	7.80	1.01
LINEA_1	10	PF 1	17.10	99.90	100.93	100.93	101.29	0.513607	2.67	6.41	8.86	1.00

Nota: Tabla generada por el HEC-RAS.

**Figura 4.6** Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2, para condición futura.

Profile Output Table - Standard Table 2

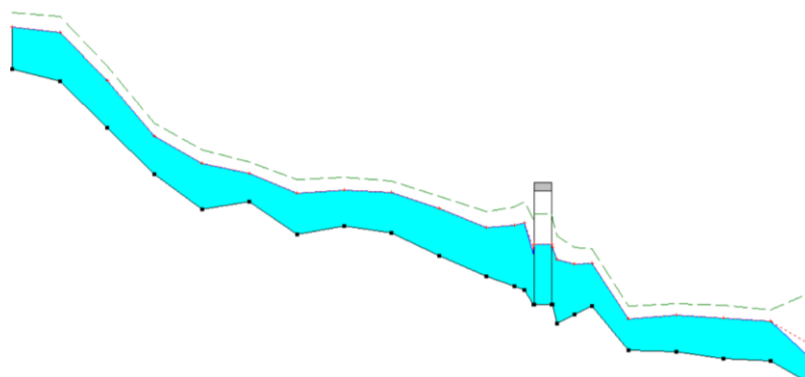
File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: LINEA1 Reach: LINEA\_1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
LINEA_1	180	PF 1	94.45	92.57	1.89	13.77	0.48		17.10		9.03
LINEA_1	170	PF 1	93.96	93.66	0.29	5.43	0.00		17.10		12.40
LINEA_1	160	PF 1	94.05	93.74	0.31	5.42	0.01		17.10		11.26
LINEA_1	150	PF 1	94.09	93.82	0.27	5.41	0.00		17.10		13.59
LINEA_1	140	PF 1	94.04	93.72	0.31	4.10	0.01		17.10		11.32
LINEA_1	132.2	PF 1	95.46	95.10	0.36	1.87	0.00		17.10		8.86
LINEA_1	128.58	PF 1	95.49	95.08	0.41	2.10	0.02		17.10		7.44
LINEA_1	124.96	PF 1	95.78	95.19	0.59	0.07	0.00		17.10		4.30
LINEA_1	124.86	PF 1	95.80	95.20	0.60	0.01	0.01		17.10		4.21
LINEA_1	123.86	PF 1	96.18	95.49	0.70				17.10		3.34
LINEA_1	121.93		Culvert								
LINEA_1	120	PF 1	96.19	95.32	0.87	0.02	0.10	9.71	7.39		3.38
LINEA_1	117.94	PF 1	96.62	96.09	0.53				17.10		5.06
LINEA_1	115.94	PF 1	96.49	96.03	0.46	3.09	0.03		17.10		6.30
LINEA_1	110	PF 1	96.38	95.98	0.40	5.23	0.02		17.10		7.66
LINEA_1	100	PF 1	96.76	96.44	0.32	5.41	0.01		17.10		11.03
LINEA_1	90	PF 1	97.12	96.85	0.28	5.35	0.00		17.10		13.21
LINEA_1	80	PF 1	97.21	96.90	0.32	5.26	0.00		17.10		10.91
LINEA_1	70	PF 1	97.16	96.82	0.35	5.33	0.02		17.10		9.64
LINEA_1	60	PF 1	97.60	97.31	0.28	5.36	0.01		17.10		13.06
LINEA_1	50	PF 1	97.91	97.56	0.35	5.23	0.01		17.10		9.43
LINEA_1	40	PF 1	98.57	98.24	0.33	5.15	0.00		17.10		10.28
LINEA_1	30	PF 1	99.97	99.61	0.36	5.16	0.00		17.10		9.11
LINEA_1	20	PF 1	101.19	100.80	0.40	5.17	0.01		17.10		7.80
LINEA_1	10	PF 1	101.29	100.93	0.36				17.10		8.86

Nota: Tabla generada por el HEC-RAS.

**Figura 4.7 Perfil de modelación de caudal extraídos del HEC-RAS para quebrada El Salto, condición actual periodo de retorno de 50 años.**



Nota: Perfil generado por el HEC-RAS.

Como se puede observar en la figura 4.7 el modelado de la alcantarilla sobre la quebrada El Salto para un periodo de retorno de 50 años, su tirante máximo alcanza más o menos la mitad de la altura de la alcantarilla, en una altura de 1,41m de la parte de baja de la alcantarilla, gracias a la figura 4.5 podemos observar en la sección de “W.S. Elev” su cota de tirante crítico por lo tanto, se puede tomar la decisión de utilizar las dimensiones de la alcantarilla actual para la reconstrucción y ampliación a dos carriles de esta.

Modelado de caudal para la condición futura del puente sobre la quebrada El Salto, para un periodo de retorno de 100 años.

**Figura 4.8 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 1 para condición futura.**

Profile Output Table - Standard Table 1												
File Options Std. Tables Locations Help												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: LINEA1 Reach: LINEA_1 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
LINEA_1	180	PF 1	46.97	92.01	92.84	93.63	96.79	7.985214	8.80	5.33	9.54	3.76
LINEA_1	170	PF 1	46.97	92.69	94.22	94.22	94.77	0.478788	3.30	14.25	12.91	1.00
LINEA_1	160	PF 1	46.97	92.74	94.34	94.34	94.87	0.454864	3.23	14.55	13.73	1.00
LINEA_1	150	PF 1	46.97	92.91	94.34	94.34	94.86	0.470993	3.19	14.71	14.11	1.00
LINEA_1	140	PF 1	46.97	92.95	94.32	94.32	94.88	0.458481	3.30	14.22	12.98	1.01
LINEA_1	132.2	PF 1	46.97	94.05	95.81	95.81	96.41	0.449277	3.42	13.73	11.53	1.00
LINEA_1	128.58	PF 1	46.97	93.83	95.87	95.87	96.64	0.496952	3.89	12.07	7.86	1.00
LINEA_1	124.96	PF 1	46.97	93.61	96.32	96.32	97.45	0.769415	4.70	10.00	4.49	1.01
LINEA_1	124.86	PF 1	46.97	93.61	96.35	96.35	97.49	0.780250	4.72	9.96	4.40	1.00
LINEA_1	123.86	PF 1	46.97	94.08	96.83	96.83	98.16	0.002443	5.11	9.18	3.46	1.00
LINEA_1	121.93		Culvert									
LINEA_1	120	PF 1	46.97	94.08	96.80	96.80	98.14	0.002426	4.82	9.20	3.45	0.93
LINEA_1	117.94	PF 1	46.97	94.44	96.73	97.08	98.11	1.105750	5.21	9.01	6.05	1.36
LINEA_1	115.94	PF 1	46.97	94.53	96.93	96.93	97.62	0.521355	3.70	12.70	9.25	1.01
LINEA_1	110	PF 1	46.97	94.77	96.77	96.77	97.42	0.450803	3.58	13.12	10.08	1.00
LINEA_1	100	PF 1	46.97	95.28	97.04	97.04	97.51	0.467378	3.03	15.48	16.54	1.00
LINEA_1	90	PF 1	46.97	95.85	97.39	97.39	97.85	0.461352	3.02	15.56	16.75	1.00
LINEA_1	80	PF 1	46.97	96.02	97.52	97.52	97.98	0.477030	3.02	15.57	17.07	1.01
LINEA_1	70	PF 1	46.97	95.81	97.49	97.49	98.07	0.456109	3.35	14.03	12.44	1.01
LINEA_1	60	PF 1	46.97	96.61	97.86	97.86	98.34	0.460526	3.08	15.27	16.02	1.01
LINEA_1	50	PF 1	46.97	96.43	98.25	98.25	98.83	0.451019	3.38	13.92	12.02	1.00
LINEA_1	40	PF 1	46.97	97.30	98.89	98.89	99.45	0.446851	3.32	14.14	12.59	1.00
LINEA_1	30	PF 1	46.97	98.44	100.31	100.31	100.88	0.446420	3.34	14.07	12.43	1.00
LINEA_1	20	PF 1	46.97	99.60	101.58	101.58	102.22	0.449816	3.54	13.27	10.38	1.00
LINEA_1	10	PF 1	46.97	99.90	101.64	101.64	102.28	0.458528	3.56	13.20	10.36	1.01

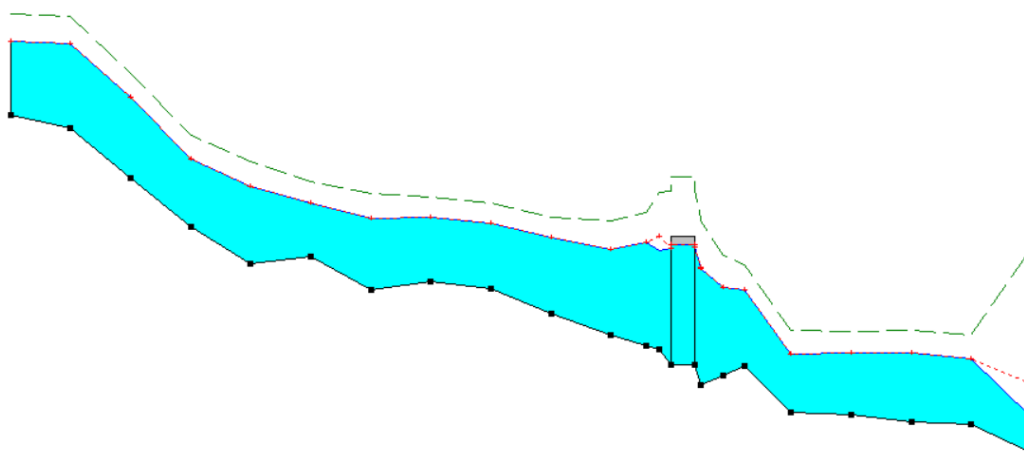
Nota: Tabla generada por el HEC-RAS.

**Figura 4.9 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2 para condición futura.**

Profile Output Table - Standard Table 2											
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: LINEA1 Reach: LINEA_1 Profile: PF 1											
Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
LINEA_1	180	PF 1	96.79	92.84	3.95	12.36	1.02		46.97		9.54
LINEA_1	170	PF 1	94.77	94.22	0.55	4.67	0.01		46.97		12.91
LINEA_1	160	PF 1	94.87	94.34	0.53	4.63	0.00		46.97		13.73
LINEA_1	150	PF 1	94.86	94.34	0.52	4.65	0.00		46.97		14.11
LINEA_1	140	PF 1	94.88	94.32	0.56	3.54	0.00		46.97		12.98
LINEA_1	132.2	PF 1	96.41	95.81	0.60	1.71	0.02		46.97		11.53
LINEA_1	128.58	PF 1	96.64	95.87	0.77	2.21	0.04		46.97		7.86
LINEA_1	124.96	PF 1	97.45	96.32	1.13	0.08	0.00		46.97		4.49
LINEA_1	124.86	PF 1	97.49	96.35	1.13	0.01	0.02		46.97		4.40
LINEA_1	123.86	PF 1	98.16	96.83	1.33				46.97		3.46
LINEA_1	121.93		Culvert								
LINEA_1	120	PF 1	98.14	96.80	1.34	0.02	0.00	27.33	19.64		3.45
LINEA_1	117.94	PF 1	98.11	96.73	1.39				46.97		6.05
LINEA_1	115.94	PF 1	97.62	96.93	0.70	2.88	0.02		46.97		9.25
LINEA_1	110	PF 1	97.42	96.77	0.65	4.59	0.06		46.97		10.08
LINEA_1	100	PF 1	97.51	97.04	0.47	4.64	0.00		46.97		16.54
LINEA_1	90	PF 1	97.85	97.39	0.46	4.69	0.00		46.97		16.75
LINEA_1	80	PF 1	97.98	97.52	0.46	4.66	0.01		46.97		17.07
LINEA_1	70	PF 1	98.07	97.49	0.57	4.58	0.03		46.97		12.44
LINEA_1	60	PF 1	98.34	97.86	0.48	4.56	0.01		46.97		16.02
LINEA_1	50	PF 1	98.83	98.25	0.58	4.49	0.01		46.97		12.02
LINEA_1	40	PF 1	99.45	98.89	0.56	4.47	0.00		46.97		12.59
LINEA_1	30	PF 1	100.88	100.31	0.57	4.48	0.01		46.97		12.43
LINEA_1	20	PF 1	102.22	101.58	0.64	4.54	0.00		46.97		10.38
LINEA_1	10	PF 1	102.28	101.64	0.65				46.97		10.36

Nota: Tabla generada por el HEC-RAS.

**Figura 4.10 Perfil de modelación de caudal extraídos del HEC-RAS para quebrada El Salto, condición futura periodo de retorno de 100 años.**



Nota: Perfil generado por el HEC-RAS.

Como se observa en la figura 4.10 el tirante crítico le faltan unos centímetros para rebasar la alcantarilla, aproximadamente 5cm, más sin embargo es para el periodo de revisión de 100 años, por lo tanto, este tipo de circunstancias no se consideran problema alguno con las dimensiones de la alcantarilla actual. En la actualidad hay evidencia clara de que en un año determinado y en periodo de invierno este puente rebasó la alcantarilla, más sin embargo tomando en cuenta este estudio hidrológico, no cabe la posibilidad de que haya ocurrido algo parecido, sin embargo podemos asumir o concluir que algún elemento como una tronco de un árbol u otro elemento, pudo haber obstruido el libre tránsito del caudal por la alcantarilla, También se puede asumir que en ese tiempo en específico pudo haber ocurrido una lluvia de un periodo de retorno de 100 años y adicionando la obstrucción de la sección de la alcantarilla, produjo el rebalse de la misma.

### Quebrada Marín

Modelado de caudal para la condición actual del puente sobre la quebrada Marín, para un periodo de retorno de 50 años.



**Figura 4.11 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 1 para condición actual.**

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: LINEA2 Reach: LINEA_2 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
LINEA_2	140	PF 1	7.36	91.68	92.29	92.29	92.48	0.659842	1.90	3.88	10.90	1.02
LINEA_2	130	PF 1	7.36	92.67	93.32	93.32	93.54	0.597494	2.08	3.54	8.20	1.01
LINEA_2	120	PF 1	7.36	92.93	93.89	93.89	94.18	0.582939	2.38	3.09	5.34	1.00
LINEA_2	110	PF 1	7.36	94.37	94.96	94.96	95.16	0.610876	1.99	3.70	9.33	1.01
LINEA_2	100	PF 1	7.36	93.98	95.03	95.03	95.36	0.594663	2.54	2.90	4.46	1.01
LINEA_2	96.090	PF 1	7.36	93.31	94.97	94.97	95.40	0.800700	2.92	2.52	2.92	1.00
LINEA_2	94.860	PF 1	7.36	93.11	94.90	94.90	95.36	0.907184	3.01	2.44	2.67	1.01
LINEA_2	94.48	PF 1	7.36	93.04	94.87	94.87	95.34	0.937250	3.03	2.43	2.60	1.00
LINEA_2	92.620	PF 1	7.36	93.93	95.25	95.25	95.67	0.721108	2.90	2.54	2.97	1.00
LINEA_2	90.860	PF 1	7.36	94.44	95.29	95.29	95.70	0.001755	2.83	2.60	3.21	1.01
LINEA_2	88.55		Culvert									
LINEA_2	86.240	PF 1	7.36	94.44	95.26	95.28	95.70	0.001964	2.93	2.51	3.11	1.04
LINEA_2	85.040	PF 1	7.36	94.50	95.81	95.81	96.25	0.787279	2.94	2.50	2.85	1.00
LINEA_2	80	PF 1	7.36	95.10	96.25	96.25	96.63	0.745760	2.76	2.67	3.48	1.01
LINEA_2	70	PF 1	7.36	95.12	95.77	95.77	95.98	0.619297	2.04	3.62	8.69	1.01
LINEA_2	60	PF 1	7.36	95.48	96.28	96.28	96.54	0.583727	2.28	3.23	6.23	1.01
LINEA_2	50	PF 1	7.36	96.45	97.24	97.24	97.50	0.575997	2.26	3.25	6.31	1.01
LINEA_2	40	PF 1	7.36	97.00	97.95	97.95	98.26	0.589019	2.48	2.97	4.84	1.01
LINEA_2	30	PF 1	7.36	98.49	99.28	99.28	99.58	0.622025	2.40	3.06	5.28	1.01
LINEA_2	20	PF 1	7.36	98.77	99.56	99.56	99.86	0.612214	2.42	3.04	5.21	1.01
LINEA_2	10	PF 1	7.36	99.37	100.13	100.13	100.42	0.624390	2.37	3.11	5.50	1.01

Nota: Tabla generada por el HEC-RAS.

**Figura 4.12 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2 para condición actual.**

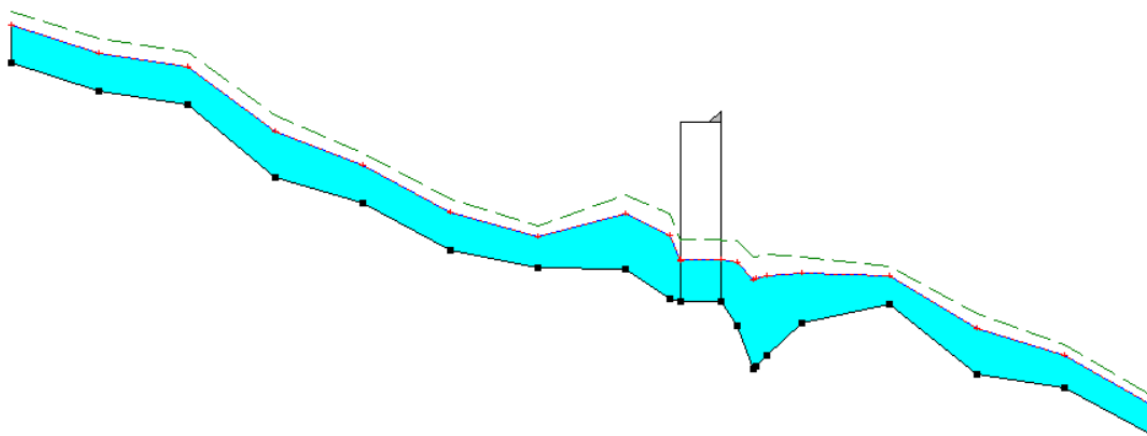
Profile Output Table - Standard Table 2

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: LINEA2 Reach: LINEA_2 Profile: PF 1											
Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
LINEA_2	140	PF 1	92.48	92.29	0.18	6.28	0.00		7.36		10.90
LINEA_2	130	PF 1	93.54	93.32	0.22	5.90	0.01		7.36		8.20
LINEA_2	120	PF 1	94.18	93.89	0.29	5.97	0.03		7.36		5.34
LINEA_2	110	PF 1	95.16	94.96	0.20	6.03	0.01		7.36		9.33
LINEA_2	100	PF 1	95.36	95.03	0.33	2.68	0.01		7.36		4.46
LINEA_2	96.090	PF 1	95.40	94.97	0.43				7.36		2.92
LINEA_2	94.860	PF 1	95.36	94.90	0.46				7.36		2.67
LINEA_2	94.48	PF 1	95.34	94.87	0.47	1.52	0.01		7.36		2.60
LINEA_2	92.620	PF 1	95.67	95.25	0.43	0.01	0.01		7.36		2.97
LINEA_2	90.860	PF 1	95.70	95.29	0.41				7.36		3.21
LINEA_2	88.55		Culvert								
LINEA_2	86.240	PF 1	95.70	95.26	0.44	0.01	0.00		7.36		3.11
LINEA_2	85.040	PF 1	96.25	95.81	0.44	3.86	0.03		7.36		2.85
LINEA_2	80	PF 1	96.63	96.25	0.39	6.78	0.05		7.36		3.48
LINEA_2	70	PF 1	95.98	95.77	0.21	6.01	0.01		7.36		8.69
LINEA_2	60	PF 1	96.54	96.28	0.26	5.80	0.00		7.36		6.23
LINEA_2	50	PF 1	97.50	97.24	0.26	5.82	0.01		7.36		6.31
LINEA_2	40	PF 1	98.26	97.95	0.31	6.05	0.01		7.36		4.84
LINEA_2	30	PF 1	99.58	99.28	0.29	6.17	0.00		7.36		5.28
LINEA_2	20	PF 1	99.86	99.56	0.30	6.18	0.00		7.36		5.21
LINEA_2	10	PF 1	100.42	100.13	0.29				7.36		5.50

Nota: Tabla generada por el HEC-RAS.

**Figura 4.13 Perfil de modelación de caudal extraídos del HEC-RAS para quebrada Marín, condición actual periodo de retorno de 50 años.**



Nota: Perfil generado por el HEC-RAS.

Como se puede observar en la figura 4.13 la alcantarilla el nivel del agua máxima alcanza una altura de 0,85 m desde la base de la alcantarilla, por lo tanto, igual que en el caso del puente sobre la quebrada El Salto se podría utilizar estas dimensiones de alcantarilla para realizar la ampliación del puente. Hasta se podría considerar que existe un sobre diseño en la alcantarilla actual.

Modelado de caudal para la condición actual del puente sobre la quebrada Marín, para un periodo de retorno de 100 años.

**Figura 4.14 Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2 para condición futura.**

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: LINEA2 Reach: LINEA_2 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
LINEA_2	140	PF 1	20.23	91.68	92.64	92.64	92.99	0.548147	2.62	7.72	11.17	1.01
LINEA_2	130	PF 1	20.23	92.67	93.74	93.74	94.11	0.520059	2.68	7.55	10.52	1.01
LINEA_2	120	PF 1	20.23	92.93	94.55	94.55	94.92	0.557365	2.69	7.52	10.21	1.00
LINEA_2	110	PF 1	20.23	94.37	95.34	95.34	95.69	0.522720	2.63	7.71	11.00	1.00
LINEA_2	100	PF 1	20.23	93.98	95.66	95.66	96.24	0.575611	3.37	6.01	5.28	1.01
LINEA_2	96.090	PF 1	20.23	93.31	95.83	95.83	96.49	0.716392	3.60	5.62	4.28	1.00
LINEA_2	94.860	PF 1	20.23	93.11	95.81	95.81	96.51	0.801960	3.70	5.46	3.93	1.00
LINEA_2	94.48	PF 1	20.23	93.04	95.80	95.80	96.51	0.830733	3.74	5.42	3.83	1.00
LINEA_2	92.620	PF 1	20.23	93.93	96.10	96.10	96.79	0.700327	3.68	5.50	3.98	1.00
LINEA_2	90.860	PF 1	20.23	94.44	96.10	96.10	96.82	0.001794	3.76	5.38	3.73	1.00
LINEA_2	88.55		Culvert									
LINEA_2	86.240	PF 1	20.23	94.44	95.97	96.10	96.87	0.002476	4.21	4.81	3.46	1.14
LINEA_2	85.040	PF 1	20.23	94.50	96.70	96.70	97.41	0.784057	3.73	5.42	3.84	1.00
LINEA_2	80	PF 1	20.23	95.10	96.99	96.99	97.61	0.699044	3.50	5.78	4.66	1.00
LINEA_2	70	PF 1	20.23	95.12	96.16	96.16	96.55	0.540264	2.75	7.36	9.75	1.01
LINEA_2	60	PF 1	20.23	95.48	96.80	96.80	97.21	0.500956	2.85	7.10	8.60	1.00
LINEA_2	50	PF 1	20.23	96.45	97.74	97.74	98.17	0.508971	2.90	6.98	8.14	1.00
LINEA_2	40	PF 1	20.23	97.00	98.54	98.54	99.09	0.556589	3.28	6.16	5.58	1.00
LINEA_2	30	PF 1	20.23	98.49	99.85	99.85	100.36	0.569130	3.14	6.43	6.40	1.00
LINEA_2	20	PF 1	20.23	98.77	100.14	100.14	100.67	0.565146	3.23	6.26	5.89	1.00
LINEA_2	10	PF 1	20.23	99.37	100.69	100.69	101.18	0.569494	3.10	6.52	6.72	1.01

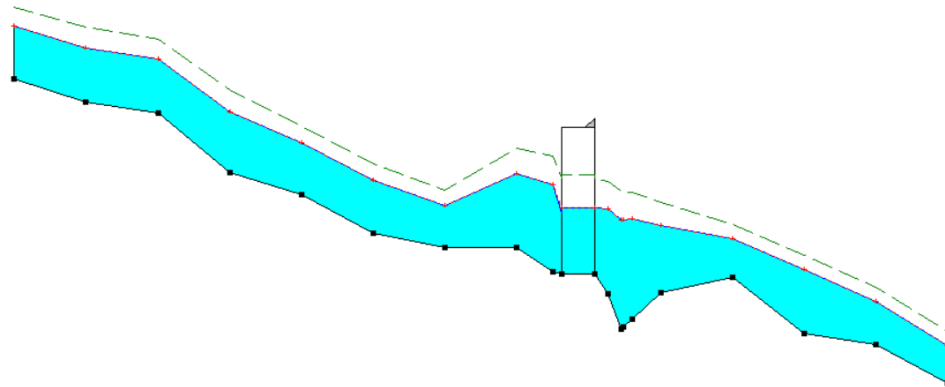
Nota: Tabla generada por el HEC-RAS.

**Figura 4.15** Tablas de resultados extraídos del HEC-RAS, tabla estándar 2 para condición futura.

Profile Output Table - Standard Table 2												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: LINEA2 Reach: LINEA_2 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)	
LINEA_2	140	PF 1	92.99	92.64	0.35	5.34	0.00		20.23		11.17	
LINEA_2	130	PF 1	94.11	93.74	0.37	5.38	0.00		20.23		10.52	
LINEA_2	120	PF 1	94.92	94.55	0.37	5.40	0.01		20.23		10.21	
LINEA_2	110	PF 1	95.69	95.34	0.35	5.48	0.02		20.23		11.00	
LINEA_2	100	PF 1	96.24	95.66	0.58	2.50	0.01		20.23		5.28	
LINEA_2	96.090	PF 1	96.49	95.83	0.66	0.93	0.00		20.23		4.28	
LINEA_2	94.860	PF 1	96.51	95.81	0.70	0.31	0.00		20.23		3.93	
LINEA_2	94.48	PF 1	96.51	95.80	0.71	1.42	0.01		20.23		3.83	
LINEA_2	92.620	PF 1	96.79	96.10	0.69	0.01	0.00		20.23		3.98	
LINEA_2	90.860	PF 1	96.82	96.10	0.72				20.23		3.73	
LINEA_2	88.55		Culvert									
LINEA_2	86.240	PF 1	96.87	95.97	0.90	0.01	0.06		20.23		3.46	
LINEA_2	85.040	PF 1	97.41	96.70	0.71	3.73	0.04		20.23		3.84	
LINEA_2	80	PF 1	97.61	96.99	0.62	6.12	0.07		20.23		4.66	
LINEA_2	70	PF 1	96.55	96.16	0.38	5.20	0.00		20.23		9.75	
LINEA_2	60	PF 1	97.21	96.80	0.41	5.05	0.00		20.23		8.60	
LINEA_2	50	PF 1	98.17	97.74	0.43	5.32	0.01		20.23		8.14	
LINEA_2	40	PF 1	99.09	98.54	0.55	5.63	0.01		20.23		5.58	
LINEA_2	30	PF 1	100.36	99.85	0.50	5.67	0.00		20.23		6.40	
LINEA_2	20	PF 1	100.67	100.14	0.53	5.67	0.01		20.23		5.89	
LINEA_2	10	PF 1	101.18	100.69	0.49				20.23		6.72	

Nota: Tabla generada por el HEC-RAS.

**Figura 4.16 Perfil de modelación de caudal extraídos del HEC-RAS para quebrada Marín, condición futura periodo de retorno de 100 años.**



Nota: Perfil generado por el HEC-RAS.

El modelado para la quebrada Marín con un periodo de retorno de 100 años nos revela que afectivamente las dimensiones de la alcantarilla actual posee un sobre diseño de la misma, más sin embargo más adelante se detallará la razón por la cual se utilizarán estas dimensiones para la ampliación. Con respecto a la figura 4.14 y 4.15 podemos deducir que el nivel al que alcanza el caudal para un periodo de retorno de 100 años es de 1,66m.

Teniendo en cuenta los análisis anteriores se hará el diseño de las alcantarillas con las siguientes dimensiones, 3m de ancho por 2,80m de alto y 10m de profundidad, para ambos puentes.

### **4.3 Determinación de cargas para el diseño de las alcantarillas de cuadro**

Condiciones generales iniciales para el diseño de las alcantarillas.

Tipo de suelo: Debido a una de las limitantes de este TFG al no poseer algún estudio de suelos del sitio a estudiar, no se puede saber el tipo de suelo que se tendría que utilizar, por consiguiente, en el CSCR 2010 dicta que en caso de no tener conocimiento de lo dicho anteriormente debe de asumir un suelo tipo S<sub>3</sub>, con una velocidad de corte entre 180-350m/s y una resistencia al corte de entre 0,5-0,75Kg/cm<sup>2</sup>, con peso volumétrico de 15-17KN/m<sup>3</sup> un ángulo del suelo de 22°.

Ancho de la calzada: El ancho de vía (derecho de vía) se tomará del levantamiento topográfico y mediciones en el sitio con un valor de 10m

Acera: La Ley 7600 dicta que las aceras deben de tener un ancho de 1,20m como mínimo para que pueda circular una silla de ruedas con total normalidad

Camión de diseño: El diseño se realizará con un Tándem HS20-44

Cálculo de carga muerta.

Losa de 15cm de concreto reforzado

Peso volumétrico del concreto reforzado es 2400kg/m<sup>3</sup>

$$PP = 2400 * 0,15$$

$$PP = 360kg/m^2$$

Acera de 26cm de espesor

$$PP = 2400 * 0,26$$

$$PP = 624kg/m^2$$

Según la CR-2010 las barreras de seguridad de acero tienen un peso volumétrico de 1100g/m<sup>2</sup>

Total, de carga muerta:

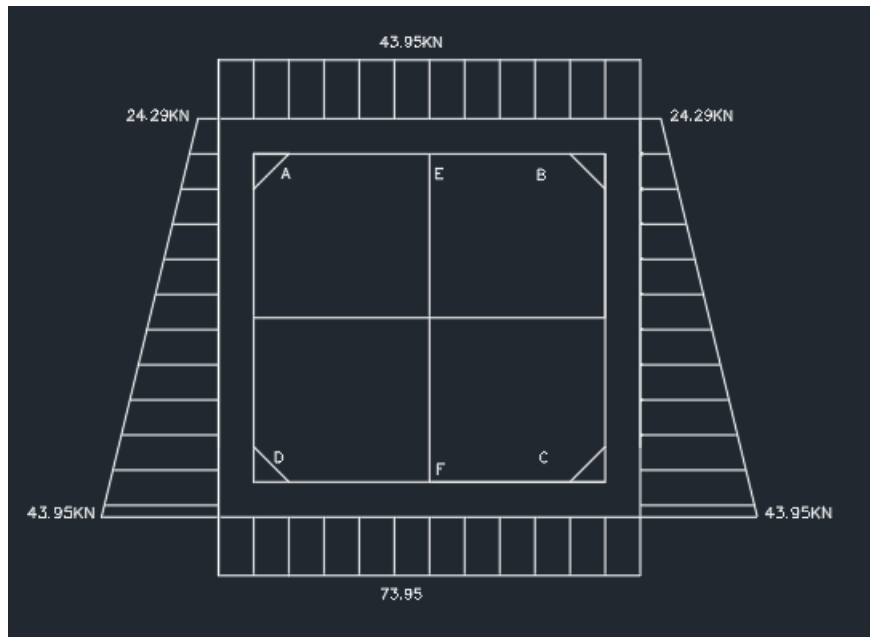
$$Total\ carga\ muerta = 360 \frac{kg}{m^2} + 624 \frac{kg}{m^2} + 1,1 \frac{kg}{m^2}$$

$$Total\ carga\ muerta = 985,1 \frac{kg}{m^2}$$

Para la determinación de las todas las cargas ultimas, como momentos últimos, cortantes últimos, se elaboró una hoja electrónica en el programa de cálculo Excel, con todas las fórmulas y condiciones que se detallaron en la fundamentación teórica (capitulo 2) específicamente de la sección 2.10.1 a la sección 2.10.8.

Aplicando el Excel descrito anteriormente y los cálculos de carga muerta descritas anteriormente se obtuvieron las siguientes cargas.

**Figura 4.17 Distribución de cargas**



Nota: Cargas de diseño elaboradas en una hoja de cálculo de Excel y dibujadas en el programa AutoCAD.

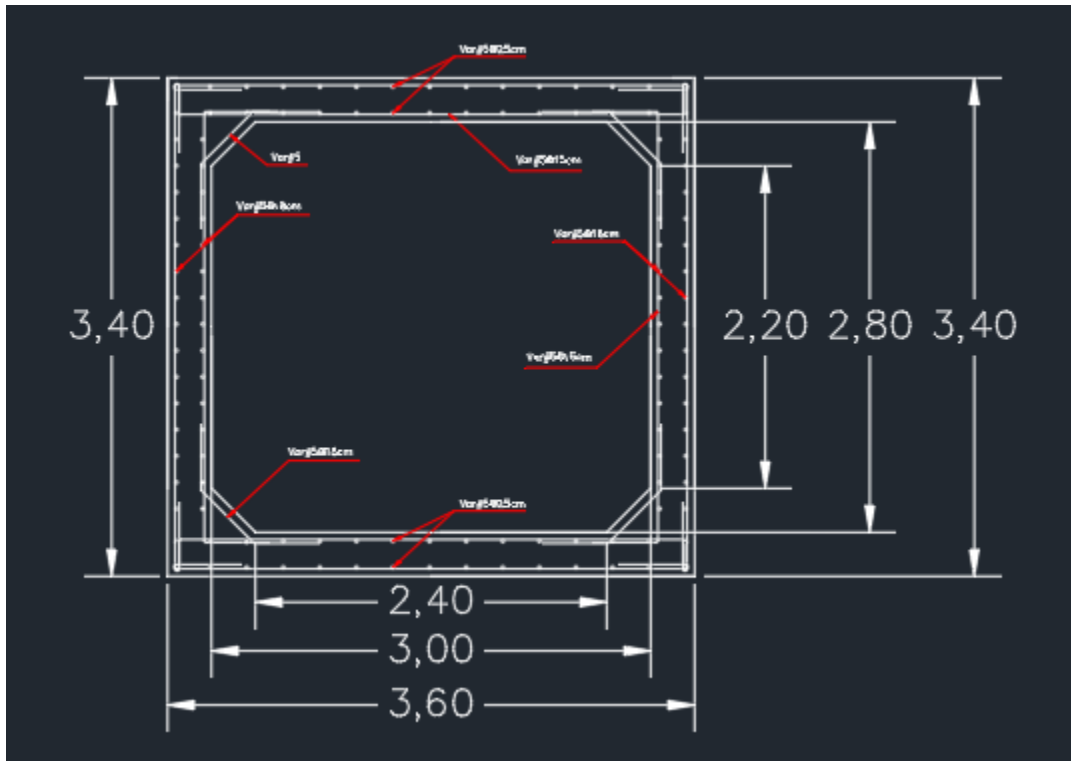
Debido a las deducciones que se obtuvieron del estudio hidrológico y tomando en cuenta la topografía del sitio real, se toma la decisión de utilizar dimensiones iguales para los 2 puentes, para darle continuidad de pendientes a la rasante y a la superficie de ruedo, y ya que uno está aproximadamente 100m del otro, y en ese tramo de carretera no se encuentran otras rutas de desvío por lo tanto el vehículo que ingrese por un puente está obligado a pasar por el otro, las cargas serán las mismas para ambos puentes.

Así mismo de igual manera que el caso anterior se elaboró una hoja de cálculo de Excel con fórmulas descritas en el capítulo 2, fundamentación teórica para determinar la cantidad de acero que se necesita para resistir las cargas descritas en la figura anterior (Figura 4.17) y la separación de aros adecuada. También se contemplaron ejemplos de



proyectos parecidos para tomar como referencia facilidades constructivas, para la elaboración del proyecto, dando como resultado la siguiente distribución de acero en la sección de las alcantarillas.

**Figura 4.18 Distribución de acero de refuerzo**



Nota: Cargas de diseño elaboradas en una hoja de cálculo de Excel y dibujadas en el programa AutoCAD.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizó el estudio hidrológico en ambas cuencas, en la cuenca de El Salto y en la cuenca Marín, dando resultados bastante importantes para el dimensionamiento de las alcantarillas a utilizar, el cual reveló que las dimensiones cumplen perfectamente para el caudal que transita por la alcantarilla sobre la quebrada El Salto más sin embargo se mencionó anteriormente que la alcantarilla sobre la quebrada Marín presenta un sobredimensionamiento, debido a este se tomó en cuenta la opinión del Ing. Cristhian Arroyo para un posible replanteo de la rasante, a lo que nos informó que no es posible dicho replanteo porque induciría el proyecto a aumentar considerablemente su costo de construcción. Adicionalmente la topografía del sitio no se presta para realizar dicho replanteo de la rasante. Por lo que se llega a la conclusión de considerar las mismas dimensiones para la ampliación, esto porque la alcantarilla no solo tiene función para que el agua transite a través de ella, sino que también de puente ya que la sección del puente en ese sector tiene una altura de aproximadamente 3m, cumple perfectamente con la necesidad de darle continuidad a la rasante. Ósea que tiene un propósito más estructural que hidráulico.

Se realizó una revisión del caudal de diseño a 100 años, y en el modelaje de este caudal se encontró que las dimensiones previstas para siguen cumpliendo para dicho caudal, por lo tanto, se determina definitivamente que esas dimensiones son las correctas para los diseños.

Se realizó los planos pertinentes de las alcantarillas a utilizar en los 2 puentes ya que portan las mismas dimensiones, tomando en cuenta las consideraciones anteriores y las especificaciones de AASHTO para consideración de cargas y diseño estructural para el refuerzo de estas.

## **5.1 Recomendaciones para continuar el trabajo**

- Diseño de pavimento.
- Diseño de muros y aletones para las alcantarillas.
- Análisis de costos en comparación con procesos constructivos de alcantarilla prefabricada vs alcantarilla de concreto armado y colado en sitio.
- Presupuesto total de la obra.

## REFERENCIAS

Admin, P. (2015, 15 noviembre). *Cantón de Mora – Guías Costa Rica*. Guías Costa Rica. Recuperado 25 de noviembre de 2021, de <https://guiascostarica.com/mora/>

Alvarado, P. F. (2017, marzo). *Desarrollo de un modelo de confiabilidad para el análisis del desempeño de puentes. Un caso de estudio en Costa Rica*. Desarrollo de un modelo de confiabilidad para el análisis del desempeño de puentes. Un caso de estudio en Costa Rica. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822017000100079](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822017000100079)

Barahona, C. R. (2019, 9 mayo). *Repositorio del SIBDI-UCR: Guía para el diseño de puentes vehiculares en Costa Rica*. Repositorio del SIBDI UCR. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/6306>

Barrantes, A. P. (2019, 9 abril). *Repositorio del SIBDI-UCR: Elaboración de un catálogo de deterioros en puentes para Costa Rica*. Repositorio del SIBDI UCR. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/5936>

Bonilla, H. (2012, diciembre). *Análisis diseño y proceso constructivo de un puente de hasta 15m*. Análisis diseño y proceso constructivo de un puente de hasta 15m. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3204/analisis\\_dise%F1o\\_proceso\\_constructivo\\_puente.pdf?sequence=1](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3204/analisis_dise%F1o_proceso_constructivo_puente.pdf?sequence=1)

Carro, N. A. (2019, 3 junio). *Repositorio del SIBDI-UCR: Comportamiento a flexión de losas de puentes de concreto, reforzadas externamente con fibras de carbono, luego de ser sometidas a precarga*. Repositorio del SIBDI UCR. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/6387>

CFIA. (2013, marzo). *Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes*. Diseño Sismorresistente de Puentes - Código Sísmico. <https://www.codigosismico.or.cr/images/lineamientos.pdf>

Chaves, C. F. E. (2017, 8 noviembre). *Repositorio del SIBDI-UCR: Determinación de la respuesta sísmica de puentes sesgados de un solo claro y con apoyos parcialmente restringidos*. Repositorio del SIBDI UCR. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3473>

Cotler, H. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo. Recuperado 8 de noviembre de 2021, de [https://www.produccion-animal.com.ar/agua\\_cono\\_sur\\_de\\_america/80-Cuencas\\_hidrograficas.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/80-Cuencas_hidrograficas.pdf)

Elera, Y. E. C. (2017, 20 junio). *HECRAS 5.1, una herramienta para estudiar más eficientemente los sistemas fluviales*. iAgua. Recuperado 30 de noviembre de 2021, de <https://www.iagua.es/blogs/yoel-esleiter-cordova-elera/hecras-51-herramienta-estudiar-mas-eficientemente-sistemas>

FERNANDEZ DE CORDOVA WEBSTER, Carlos Javier et al. Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales. *riha* [online]. 2018, vol.39, n.1 [citado 2022-03-28], pp.17-31. Disponible en: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382018000100002&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000100002&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1680-0338.

Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica. (2014). *Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica-INDER*. Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica-Inder. <https://www.inder.go.cr/puriscal-turrubares-mora-santa-ana/Caracterizacion-Puriscal-Turrubares-Mora-Santa-Ana.pdf>

L. Nanía, E. Molero (2007). *Manual básico de HEC-RAS 3.1.3 y HEC-GeoRAS 3.1.1*. Recuperado 23 de marzo de 2022, de [https://cemexico.groups.et.byu.net/vocabulary/ManualBasico\\_HEC-RAS313\\_HEC-GeoRAS311\\_Espanol.pdf](https://cemexico.groups.et.byu.net/vocabulary/ManualBasico_HEC-RAS313_HEC-GeoRAS311_Espanol.pdf)

Lizarraga, P. G. (2019, 22 octubre). *Importación de puntos topográficos: creación de curvas de nivel y triangulación en softwares mineros minesight y vulcan* / Repositorio UNISON. Repositorio Universitario. Recuperado 30 de noviembre de 2021, de <http://repositorioinstitucional.uson.mx/handle/unison/1835>

Magalhães, L. (2020, 27 julio). *Ciclo del agua: qué es, definición y etapas*. Toda Materia. Recuperado 21 de marzo de 2022, de <https://www.todamateria.com/ciclo-del-agua/>

Montalar, E., Montalar, E., & Montalar, E. (2012, 29 octubre). *¿Qué es el periodo de retorno y por qué se utiliza como una probabilidad?* – Enrique Montalar. Que es el periodo de retorno. Recuperado 27 de noviembre de 2021, de <https://enriquemontalar.com/que-es-el-periodo-de-retorno-probabilidad/>

MOPT. (2007, enero). *Manual de inspección de puentes*. MANUAL DE INSPECCION DE PUENTES - MOPT. [https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual\\_inspeccion2007.pdf?MOD=AJPERES](https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual_inspeccion2007.pdf?MOD=AJPERES)

Ramírez-Alméciga, C. A. (2016, septiembre). *Comparación entre el Programa de Evaluación de Puentes de “e-Bridge” en Costa Rica y el Sistema de Administración de Puentes en República Checa*. Comparación entre el Programa de Evaluación de Puentes de “e-Bridge” en Costa Rica y el Sistema de Administración de Puentes en República Checa. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822016000800079](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000800079)



Reátegui, F. (2010). *Aplicación del modelo HEC-RAS para el cálculo del caudal de diseño del puente vehicular sobre el río Crisnejas*. Aplicación del modelo HEC-RAS para el cálculo del caudal de diseño del puente vehicular sobre el río Crisnejas. Recuperado 9 de noviembre de 2021, de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2750>

Rodríguez-Roblero, M. J. (2021, 5 mayo). *Impacto del terremoto de Limón de 1991 en el diseño estructural de puentes* / *Revista Geológica de América Central*. Portal de revistas académicas. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/46880>

¿Sabes cuánta gasolina consume tu auto por kilómetro? (2020, 20 noviembre). El Universal. <https://www.eluniversal.com.mx/autopistas/como-calculas-cuanta-gasolina-consume-mi-auto-por-kilometro>

Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2018, 11 diciembre). *Repositorio Digital - MOPT*. Repositorio Digital MOPT. <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/4113>

S. (2019, 15 abril). *Fórmula para calcular el caudal (con y sin normativa)* / S&P. S&P Sistemas de Ventilación. Recuperado 9 de noviembre de 2021, de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/formula-caudal/>

Vargas-Alas, L. G. (2018b, enero 9). *Manual de puentes y alcantarillas de Costa Rica*. Manual de Puentes y Alcantarillas de Costa Rica. Recuperado 1 de diciembre de 2021, de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/932>

V.Gutierrez, F. Guillen (2021). *Estandarización del proceso de diseño de puentes de concreto reforzado para servicios Nacionales de aguas subterráneas, riego y avenamiento*. Recuperado 1 de diciembre de 2021, de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/932>

S. (s. f.). *Basic RGB Circulation cycle and water condensation, diagram showing the water cycle in nature. vector illustration and icon*. Adobe Stock. Recuperado 4 de diciembre de 2021, de [https://stock.adobe.com/cr/search?k=ciclo+hidrol%C3%B3gico&search\\_type=usertyped](https://stock.adobe.com/cr/search?k=ciclo+hidrol%C3%B3gico&search_type=usertyped)

## ANEXOS

### Lineamientos para la evaluación (calificación) del grado de deterioro del puente

Tabla 1. Grado de daño por ondulaciones	
Grado de daño	Descripción
1	Sin ondulación
2	La profundidad de la ondulación es de 2 cm
3	La profundidad de la ondulación es entre 2.0 y 4.0 cm
4	La profundidad de la ondulación es mayor que 4.0 cm
5	Es necesario detener el vehículo para detener la ondulación

Tabla 2. Grado de daño por surcos	
Grado de daño	Descripción
1	No hay surcos
2	La profundidad de los surcos es de 2 cm
3	La profundidad de la ondulación es entre 2.0 y 4.0 cm
4	La profundidad de los surcos es mayor que 4.0 cm
5	Es necesario detener el vehículo para detener los surcos

Tabla 3. Grado de daño por grietas ( pavimento)	
Grado de daño	Descripción
1	No se observan grietas
2	El espesor de la grieta es menor a 5.0 mm
3	El espesor de la grieta es entre 5.0 y 10.0 mm
4	Se observan grietas en red
5	Se observan grietas en red y en algunas partes hay desprendimiento del concreto

Tabla 4. Grado de daño por baches	
Grado de daño	Descripción
1	No se observan baches
2	La profundidad de los surcos es de 2 cm
3	El espesor de la grieta es entre 5.0 y 10.0 mm
4	Se observan grietas en red
5	Se observan grietas en red y en algunas partes hay desprendimiento del concreto

Tabla 5. Grado de daño por Sobrecapas de asfalto	
Grado de daño	Descripción
1	No se observan Sobrecapas de asfalto
2	No aplica
3	Se observa una sobrecopa de asfalto
4	No aplica
5	Se observa mas de una sobrecopa de asfalto

Tabla 6. Grado de daño por deformación (Baranda de acero)	
Grado de daño	Descripción
1	No se observan daños de deformación en el elemento
2	Deformación menor a 5 cm
3	Deformación entre 5 cm y 10 cm con respecto al original
4	Deformación entre 10 cm y 20 cm con respecto al original
5	Deformación mayor a 20 cm con respecto al original

Tabla 7. Grado de daño por oxidación (Baranda de acero)	
Grado de daño	Descripción
1	No se observa oxidación en el elemento
2	Se observa comienzos de oxidación
3	20% del elemento esta cubierto con oxidación
4	50% del elemento esta cubierto con oxidación
5	Mas del 50% del elemento esta cubierto con oxidación

Tabla 8. Grado de daño por corrosión (baranda de acero)	
Grado de daño	Descripción
1	No se observa corrosión en el elemento
2	Se observa el principio de la corrosión
3	La corrosión creció y ha ocasionado orificios en partes del elemento

4	<i>Algunas partes del elemento están reducidas por corrosión</i>
5	<i>Algunas partes del elemento se han perdido por la corrosión</i>

**Tabla 9. Grado de daño por baranda faltante (Acero o concreto)**

Grado de daño	Descripción
1	<i>Se cuenta con la totalidad de la baranda</i>
2	<i>Algunas partes de la baranda están dañadas</i>
3	<i>Hace falta menos del 10% de la baranda</i>
4	<i>Hace falta entre 10% y 30% de la baranda</i>
5	<i>Hace falta mas del 30% de la baranda</i>

**Tabla 10. Grado de daño por grietas (Baranda de concreto)**

Grado de daño	Descripción
1	<i>No hay grietas</i>
2	<i>Se observan algunas grietas</i>
3	<i>El espesor de la grieta es menor a 0.30 mm con intervalos de 50 cm</i>
4	<i>El espesor de la grieta es mayor a 0.30 mm con intervalos de 50 cm</i>
5	<i>Se observan grietas con espesores de varios mm</i>

**Tabla 11. Grado de daño por acero de refuerzo expuesto (Barandas de concreto)**

Grado de daño	Descripción
1	<i>Descascaramiento en al superficie de concreto</i>
2	<i>Se observan cascarras a lo largo del refuerzo principal</i>
3	<i>El refuerzo esta expuesto en pequeñas partes</i>
4	<i>Se observa el refuerzo principal expuesto y oxidado</i>
5	<i>Se observa el acero principal expuesto y con reducción de la sección</i>

**Tabla 12. Grado de daño por filtración de agua en las juntas de expansión**

Grado de daño	Descripción
1	<i>No hay filtración de agua proveniente de las juntas de expansión</i>
2	<i>Se observaron filtraciones en algunas partes de los asientos del puente</i>
3	<i>Se observan filtraciones en menos del 50% del muro y la viga cabezal</i>
4	<i>Se observan filtraciones en mas del 50% del muro y la viga cabezal</i>
5	<i>Las filtraciones cubren toda la pared frontal y la viga cabezal</i>

**Tabla 13. Grado de daño por faltante o deformación de juntas de expansión**

Grado de daño	Descripción
1	<i>No se observa faltante o deformación de juntas</i>
2	<i>Se observan pequeñas deformaciones</i>
3	<i>Algunas partes están deformadas</i>
4	<i>Algunas partes se han perdido</i>
5	<i>Los vehículos deben reducir la velocidad antes de pasar por la junta de expansión</i>

**Tabla 14. Grado de daño por movimiento vertical de la junta de expansión**

Grado de daño	Descripción
1	<i>No se observan movimientos</i>
2	<i>Se observan pequeños movimientos</i>
3	<i>Algunas partes se mueven verticalmente y se detectaron sonidos</i>
4	<i>Algunas partes se mueven considerablemente o se detectaron grandes sonidos</i>
5	<i>La velocidad del vehículo debe reducirse antes de pasar por la junta de expansión</i>

**Tabla 15. Grado de daño por juntas obstruidas**

Grado de daño	Descripción
1	<i>No se observan juntas obstruidas</i>
2	<i>No aplica</i>
3	<i>Se observa cierta obstrucción en la junta</i>
4	<i>No aplica</i>
5	<i>La junta esta cubierta por Sobrecapas de asfalto</i>

**Tabla 16. Grado de daño por grietas en una dirección en losas y vigas de concreto**

Grado de daño	Descripción
1	<i>No se observan grietas</i>
2	<i>El ancho de las grietas es menor a 0.20 mm en intervalos de mas de 1.0 m</i>
3	<i>El ancho de las grietas es mayor a 0.20 mm en intervalos de mas de 1.0 m</i>

4	<i>El ancho de las grietas es mayor a 0.20 mm en intervalos entre 1.0 m y 0.5 m</i>
5	<i>El ancho de las grietas es mayor a 0.20 mm en intervalos de menos de 0.5 m</i>

<b>Tabla 17. Grado de daño por grietas en dos direcciones en losas y vigas de concreto</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observan grietas</i>
2	<i>no aplica</i>
3	<i>El ancho de las grietas es menor a 0.20 mm con intervalos mayores a 0.5 m</i>
4	<i>El ancho de las grietas es mayor a 0.20 mm con intervalos menores a 0.5 m</i>
5	<i>El ancho de las grietas es mayor a 0.20 mm y el concreto se esta descascarando</i>

<b>Tabla 18. Grado de daño por descascaramiento en superficie de concreto</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observa descascaramiento en la superficie</i>
2	<i>Se observa el principio del descascaramiento</i>
3	<i>Ha crecido el descascaramiento en lagunas parte de la superficie de la estructura</i>
4	<i>Se observa un considerable descascaramiento</i>
5	<i>Se observa un considerable descascaramiento y oxidación</i>

<b>Tabla 19. Grado de daño por nidos de piedra</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observaron nidos de piedra</i>
2	<i>Se observaron nidos de piedra en algunos sitios</i>
3	<i>Se observaron mas de diez nidos de piedra</i>
4	<i>Se observan nidos de piedra en muchos sitios</i>
5	<i>No aplica</i>

<b>Tabla 20. Grado de daño por eflorescencia</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observó eflorescencia</i>
2	<i>Se observaron pequeñas manchas blancas en la superficie de concreto</i>
3	<i>Se observó eflorescencia a lo largo de la grieta en menos de la mitad del área de losa</i>
4	<i>Se observó eflorescencia en mas de la mitad del área de losa</i>
5	<i>Se observaron estalactitas en muchos lugares causadas por el cloruro de calcio</i>

<b>Tabla 21. Grado de daño por agujeros en la losa</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observaron agujeros</i>
2	<i>Se observaron escamas en la superficie de concreto</i>
3	<i>Se observan pequeños agujeros a lo largo del refuerzo de la losa</i>
4	<i>Se desarrollan agujeros con mas de 1.0 m<sup>3</sup> del área bajo la losa</i>
5	<i>Existen evidencias de que el agujero se extiende a través de la losa</i>

<b>Tabla 22. Grado de daño por perdida de pernos</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No faltan pernos</i>
2	<i>Se observa un faltante de 2 o menos pernos</i>
3	<i>Se observa un faltante de entre 3 y 5 pernos</i>
4	<i>Se observa un faltante de entre 6 y 10 pernos</i>
5	<i>Se observa un faltante de mas de 10 pernos</i>

<b>Tabla 23. Grado de daño por grieta en la soldadura o la placa</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observan grietas</i>
2	<i>No aplica</i>
3	<i>Se detectan varias grietas de menos de 1.0 cm</i>
4	<i>No aplica</i>
5	<i>Se detectan varias grietas de mas de 1.0 cm</i>

<b>Tabla 24. Grado de daño por oxidación en los elementos de arriostre</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observa oxidación en el elemento</i>
2	<i>Se observa oxidación en lugares determinados</i>



3	La oxidación comienza en los bordes filosos de la superficie de la estructura
4	20% del elemento esta cubierto con oxidación
5	Mas del 50% del elemento esta cubierto con oxidación

**Tabla 25. Grado de daño por deformación**

Grado de daño	Descripción
1	No se observa deformación en los elementos
2	Se observa una ligera deformación
3	Algunas partes de los elementos están deformados
4	Algunas partes de los elementos deberán remplazarse
5	El tablero o el elemento inferior de la cercha superior deberá ser sustituido

**Tabla 26. Grado de daño por rotura de conexiones**

Grado de daño	Descripción
1	No se observa ninguna rotura en la conexiones
2	No aplica
3	Se observa una ligera rotura en los conexión
4	No aplica
5	Algunas conexiones presentan gran rotura

**Tabla 27. Grado de daño por rotura de elementos**

Grado de daño	Descripción
1	No se observa rotura en los elementos
2	Se observa una ligera rotura
3	Algunas partes de los elementos están arruinados
4	Algunas partes de los elementos deberán reemplazarse
5	El tablero o el elemento inferior del diafragma superior deberá ser sustituido

**Tabla 28. Grado de daño por decoloración**

Grado de daño	Descripción
1	No se observa decoloración
2	No aplica
3	Se observa decoloración en un grado
4	No aplica
5	No se observa el color original

**Tabla 29. Grado de daño por ampollas en la pintura**

Grado de daño	Descripción
1	No se observan ampollas en la superficie
2	Se observan ampollas ligeras
3	Han crecido ampollas en algunas partes de la superficie
4	Se detectó oxido alrededor de la ampolla en algunas partes de la superficie
5	Se observa que el oxido socava mas de 10 cm3 en la superficie

**Tabla 30. Grado de daño por descascaramiento de la pintura**

Grado de daño	Descripción
1	No se observa descascaramiento de la pintura en la superficie
2	Se observa el principio del descascaramiento de la pintura
3	Ha crecido el descascaramiento de la pintura en algunas partes de la superficie
4	Se observa un considerable descascaramiento de la pintura
5	Se observa un considerable descascaramiento de la pintura con oxido

**Tabla 31. Grado de daño por rotura del perno de anclaje**

Grado de daño	Descripción
1	No se observa daño en los pernos de anclaje
2	La tuerca no se encuentra en su posición original
3	El pero de anclaje esta deformado
4	El perno de anclaje se desplazó mas de 5 cm
5	El perno de anclaje esta completamente cortado

**Tabla 32. Grado de daño por deformación del apoyo**

Grado de daño	Descripción
1	No se observan deformaciones
2	Se observa una ligera deformación
3	Se observan deformaciones pero todavía funciona

4	<i>El apoyo esta considerablemente deformado y deberá ser reemplazado</i>
5	<i>El apoyo esta completamente deforme no funciona como apoyo</i>

<b>Tabla 33. Grado de daño por inclinación del apoyo</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observa inclinación</i>
2	<i>No aplica</i>
3	<i>Ligeramente inclinado</i>
4	<i>No aplica</i>
5	<i>Esta considerablemente inclinado y no tiene función como apoyo</i>

<b>Tabla 34. Grado de daño por desplazamiento del apoyo</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No hay desplazamiento del apoyo</i>
2	<i>No aplica</i>
3	<i>El apoyo esta ligeramente desplazado</i>
4	<i>No aplica</i>
5	<i>El apoyo se desplazó mas del 5.0cm de su posición original</i>

<b>Tabla 35. Grado de daño por protección del talud</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No hay daños en el talud del relleno de aproximación</i>
2	<i>No aplica</i>
3	<i>El talud del relleno de aproximación colapso ligeramente</i>
4	<i>No aplica</i>
5	<i>El colapso del talud reduce el ancho de la vía</i>

<b>Tabla 36. Grado de daño por colapso de la protección</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No hay daño en el talud</i>
2	<i>No aplica</i>
3	<i>El talud en frente del bastión esta deformado ligeramente</i>
4	<i>No aplica</i>
5	<i>El talud en frente del bastión colapsó</i>

<b>Tabla 37. Grado de daño por inclinación del bastión</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observa movimiento</i>
2	<i>No aplica</i>
3	<i>Se confirma visualmente el movimiento ligero</i>
4	<i>No aplica</i>
5	<i>La inclinación es notable</i>

<b>Tabla 38. Grado de daño por socavación en la fundación</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
1	<i>No se observa socavación</i>
2	<i>No aplica</i>
3	<i>Se observa socavación pero no se extiende a la fundación</i>
4	<i>No aplica</i>
5	<i>Aparece socavación por la fundación</i>



"Lo que Costa Rica Produce en progreso se traduce"

## FICHA TÉCNICA

### Características generales:

Nombre del producto: Alcantarilla de cuadro

Descripción: Sección de concreto reforzado de sección rectangular o cuadrada para uso en alcantarillado pluvial, conducciones de aguas residuales y pasos de agua en carreteras.

### Características técnicas:

Resistencia concreto: 420kg/cm<sup>2</sup>

Peso: Según tipo y tamaño

Ancho: Disponible de 1.00m hasta 3.00m (\*\*)

Alto: Disponible de 1.00m hasta 3.00m (\*\*)

Longitud: 1.00 m longitud estándar

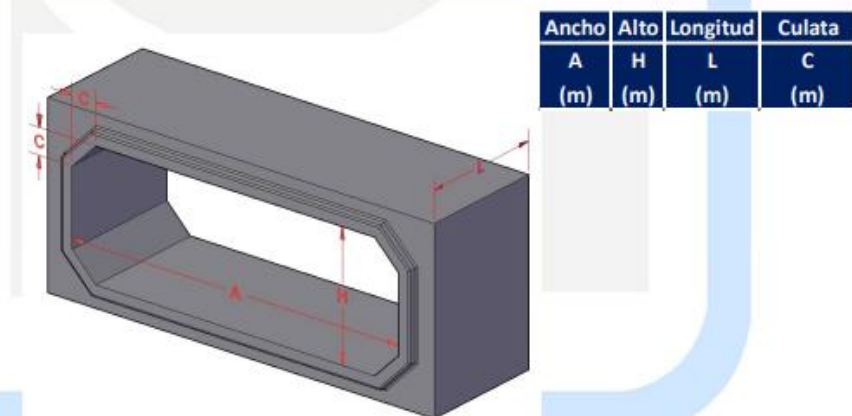
Espesor de pared: 20 – 25 – 30 cm

Conexión: Machimbrado

#### Notas:

(\*\*) Por solicitud especial y bajo revisión y aprobación de nuestro departamento técnico, las alcantarillas de cuadro también se pueden fabricar en otras medidas de mayor tamaño a las mencionadas.

### Dimensiones:



Ancho	Alto	Longitud	Culata
A	H	L	C
(m)	(m)	(m)	(m)



*“Lo que Costa Rica Produce en progreso se traduce”*

Ancho	Alto	Longitud	Espesores			Culata	Relleno superior		Caudal a sección llena (m³/s) n=0,013					
A (m)	H (m)	L (m)	Superior (mm)	Inferior (mm)	Lateral (mm)	C (m)	Mínimo (m)	Máximo (m)	Pend. 0,50%	Pend. 1,00%	Pend. 1,50%	Pend. 2,00%	Pend. 2,50%	Pend. 3,00%
1,00	1,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	2,61	3,70	4,53	5,23	5,85	6,41
1,00	1,25	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	3,42	4,84	5,93	6,85	7,65	8,38
1,00	1,50	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	4,24	6,00	7,35	8,49	9,49	10,39
1,00	1,75	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	5,07	7,17	8,78	10,14	11,34	12,42
1,00	2,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	5,91	8,35	10,23	11,81	13,21	14,47
1,00	2,25	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	6,74	9,54	11,68	13,49	15,08	16,52
1,00	2,50	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	7,59	10,73	13,14	15,17	16,96	18,58
1,00	2,75	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	8,43	11,92	14,60	16,86	18,85	20,65
1,00	3,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	9,28	13,12	16,07	18,55	20,74	22,72
1,25	1,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	3,60	5,09	6,23	7,19	8,04	8,81
1,25	1,25	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	4,74	6,71	8,21	9,48	10,60	11,61
1,25	1,50	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	5,91	8,36	10,24	11,82	13,22	14,48
1,25	1,75	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	7,10	10,03	12,29	14,19	15,87	17,38
1,25	2,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	8,29	11,73	14,36	16,58	18,54	20,31
1,25	2,25	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	9,50	13,43	16,45	18,99	21,24	23,26
1,25	2,50	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	10,71	15,14	18,55	21,42	23,94	26,23
1,25	2,75	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	11,92	16,86	20,65	23,85	26,66	29,21
1,25	3,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	13,14	18,59	22,76	26,29	29,39	32,19
1,50	1,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	4,64	6,56	8,03	9,28	10,37	11,36
1,50	1,25	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	6,15	8,70	10,66	12,31	13,76	15,07
1,50	1,50	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	7,71	10,90	13,35	15,42	17,24	18,88
1,50	1,75	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	9,29	13,14	16,09	18,58	20,78	22,76
1,50	2,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	10,89	15,41	18,87	21,79	24,36	26,68
1,50	2,25	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	12,51	17,69	21,67	25,02	27,97	30,64
1,50	2,50	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	14,14	19,99	24,48	28,27	31,61	34,63
1,50	2,75	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	15,77	22,30	27,32	31,54	35,26	38,63
1,50	3,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	17,41	24,62	30,16	34,82	38,93	42,65
1,75	1,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	5,73	8,10	9,92	11,45	12,81	14,03
1,75	1,25	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	7,64	10,81	13,24	15,28	17,09	18,72
1,75	1,50	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	9,62	13,60	16,65	19,23	21,50	23,55
1,75	1,75	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	11,63	16,45	20,14	23,26	26,00	28,49
1,75	2,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	13,67	19,34	23,68	27,35	30,57	33,49
1,75	2,25	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	15,74	22,26	27,26	31,48	35,19	38,55
1,75	2,50	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	17,82	25,20	30,87	35,65	39,85	43,66
1,75	2,75	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	19,92	28,17	34,50	39,84	44,54	48,79
1,75	3,00	1,00	200, 250, 300	200, 250, 300	200, 250, 300	200x200	0,00	10,70	22,03	31,15	38,15	44,05	49,25	53,95



Fotos actuales del puente sobre la quebrada Marín















Fotos actuales del puente sobre la quebrada El Salto







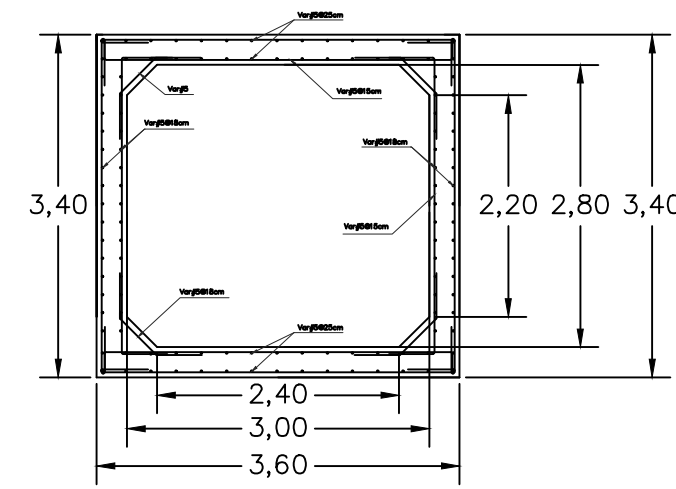




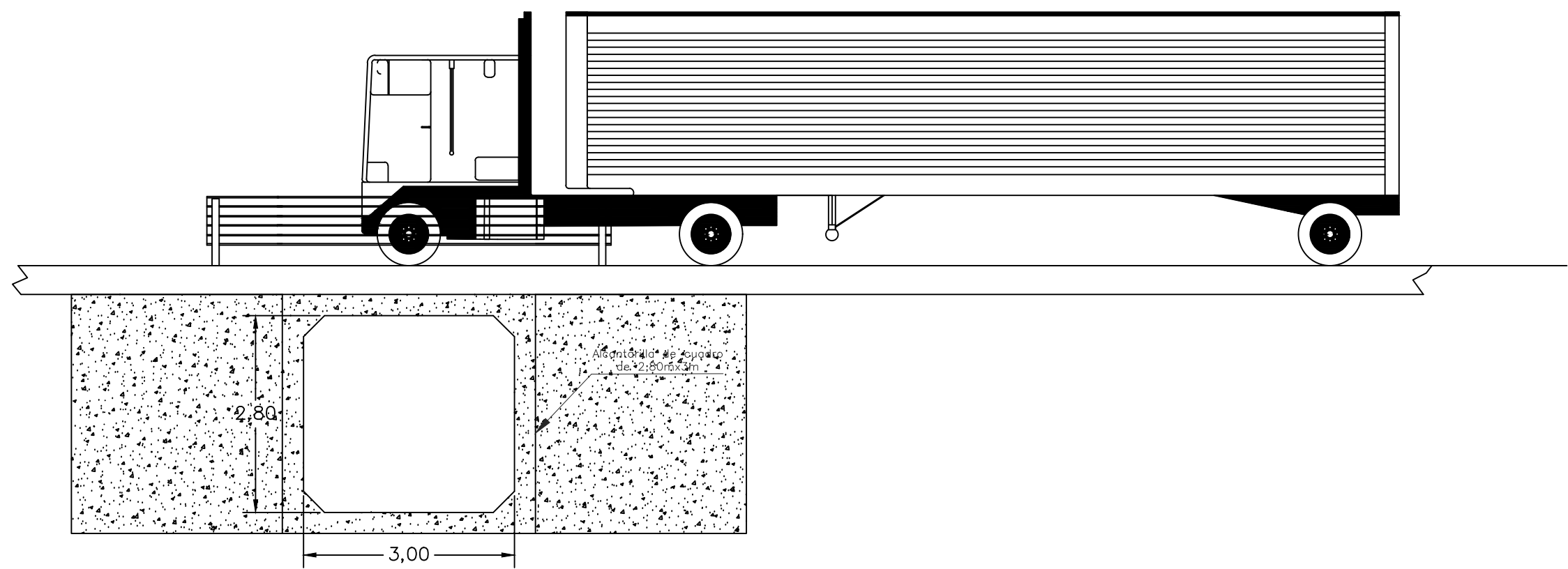




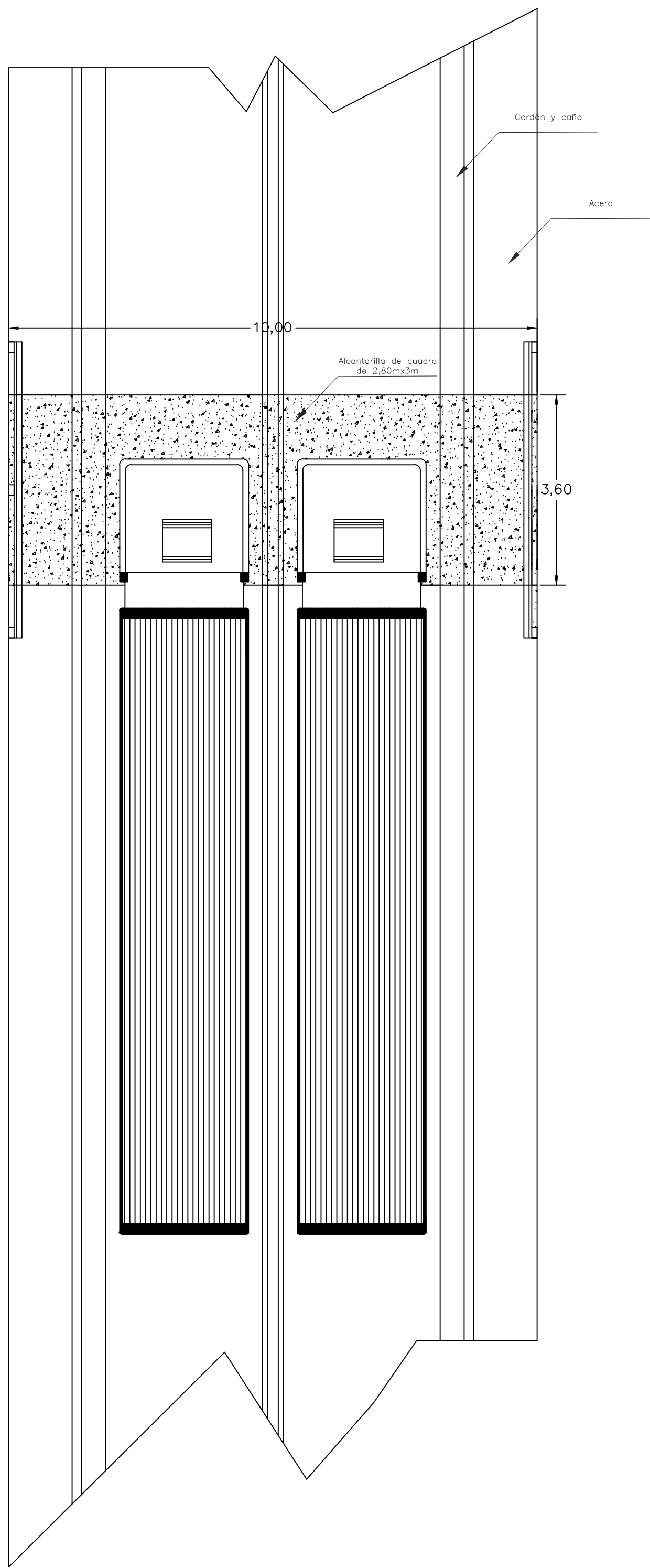




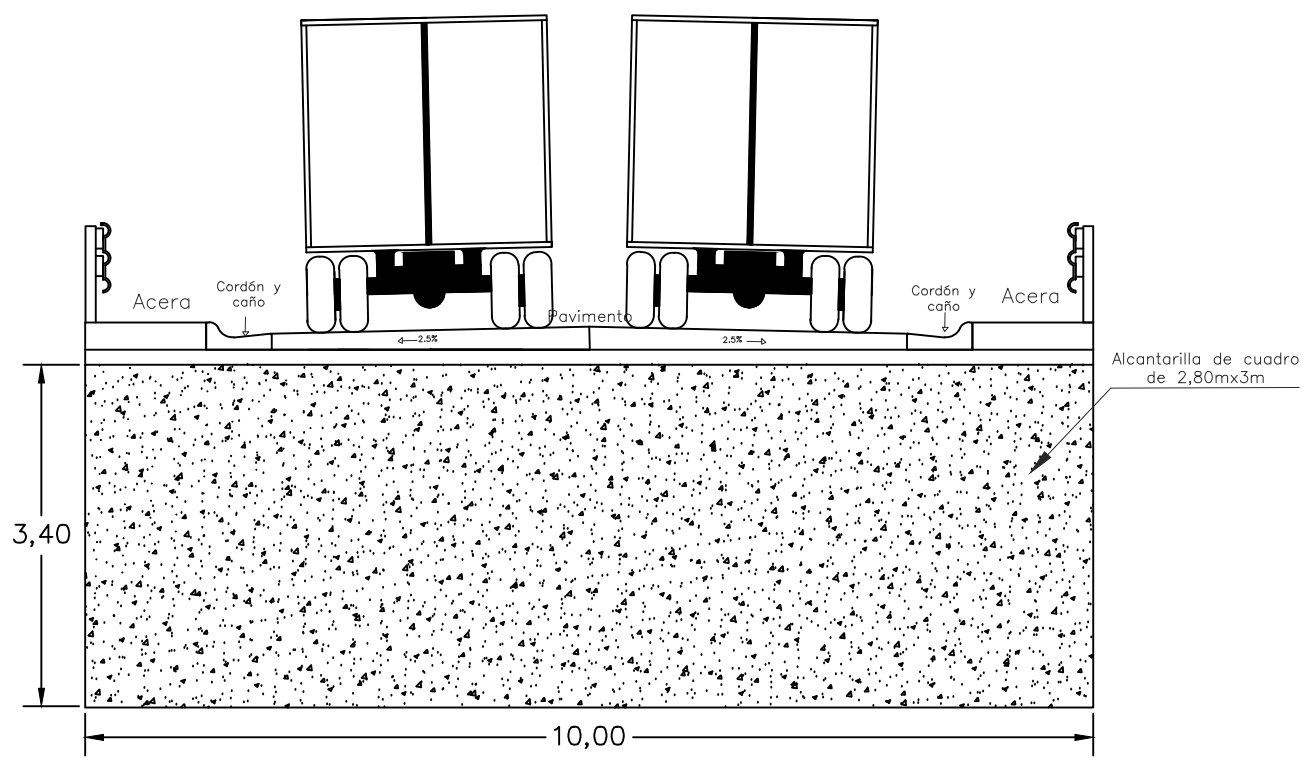
Detalle de alcantarilla



Perfil longitudinal



Planta de distribución



Vista transversal

PROYECTO:  
Ampliación de puentes  
El salto y Marín

PROPIETARIO:

PROVINCIA	CANTÓN	DISTRITO
San José	Mora	Tabarcia

RESPONSABLE DEL GRUPO:

INTEGRANTES DEL GRUPO  
DIRECCION TECNICA:  
DIRECCION TECNICA:

LOGO

INFORMACION REGISTRO PUBLICO

PROPIETARIO : XXXXXXXX  
N° CATASTRO : XXXXXXXX  
MATRICULA : XXXXXXXX

CONTENIDO:

ESCALA	FECHA	LÁMINA TIPO	LÁMINA/TOTAL
1:75	Mayo 2022	X	/

ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DEL PROFESIONAL  
RESPONSABLE. SE PROHIBE LA COPIA TOTAL O PARCIAL DE ESTA  
LÁMINA SIN AUTORIZACION DEL MISMO.