

**PUNTES INTEGRALES COMO SOLUCIÓN ECONOMICA PARA LAS ZONAS
RURALES Y LAS VÍAS TERCIARIAS DEL MUNICIPIO DE CUNDINAMARCA**

BRAYAN STEVENN BERMUDEZ DIAZ

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
INGENIERÍA CIVIL BOGOTÁ D.C**

2020

**PUENTES INTEGRALES COMO SOLUCIÓN ECONOMICA PARA LAS ZONAS
RURALES Y LAS VÍAS TERCIARIAS DEL MUNICIPIO DE CUNDINAMARCA**

BRAYAN STEVENN BERMUDEZ DIAZ

Monografía presentada como requisito para optar por el título de

Ingeniero Civil

Director:

Ing. Esp. ALEXANDRA MORALES REY

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
INGENIERÍA CIVIL BOGOTÁ D.C**

2020

NOTA DE ACEPTACION

FIRMA JURADO 1

FIRMA JURADO 2

Bogotá D.C, junio de 2020

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios, por brindarme la oportunidad de llegar a este punto en mi formación académica, y por abrirme las puertas para el desarrollo y crecimiento de mi carrera.

En segunda instancia este trabajo va dedicado a mi familia, que fueron un pilar de apoyo en todo momento, con sus consejos y motivación para seguir con mis estudios y no desistir en el camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada uno de los docentes de la facultad dado que, a las enseñanzas e instrucciones impartidas en las aulas de clase, fueron fundamentales para el desarrollo de esta monografía, además de mi tutor de anteproyecto el ingeniero EDISON OSORIO y a mi tutora de proyecto de grado la ingeniera ALEXANDRA MORALES, que fueron guías para llevar a cabalidad este trabajo

Contenido

Resumen	11
Abstract.....	12
1. Introducción	13
2. Objetivos	15
2.1. Objetivo General	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. Marco Conceptual	16
3.1. Puentes	16
3.1.1. Subestructura	17
3.1.1.1. Pilares	18
3.1.1.2. Estribos.....	18
3.1.1.3. Fundiciones o cimentación	19
3.1.2. Superestructura.....	21
3.1.3. Elementos de transición	22
3.2. Puentes Integrales.....	24
3.3. Vía.	26
4. Marco Normativo	28
5. Estado De Conocimiento.	28
6. Planteamiento Del Problema	39
7. Metodología.....	41
8. Vías Terciarias En Colombia.....	42
8.1. Estado de la red vial terciaria en Colombia	43
8.2. Estructuración de las vías terciarias y fase de uso	45
8.3. Afectación de las vías terciarias en las zonas rurales.....	48
9. Construcción De Puentes En Vías Terciarias en Colombia	50
9.1. Puente Vehicular Sobre la quebrada Agua Sal – Vereda Concubita Del Municipio De Sutatausa	55
9.2. Puente sobre la quebrada Chiquila de la vereda Checua y Cerro verde del municipio de Nemocon Cundinamarca.....	59
9.3. Puente en concreto vereda Cusaquin, sector puente cubierto en el municipio de Gacheta, Cundinamarca.	64

9.4.	Comparación de los tres puentes	68
10.	Construcción de puentes integrales	72
10.2.	Cimentación de estribos	74
10.3.	Unión tablero con el estribo	75
10.4.	Empalme de pilas y tablero	76
10.5.	Costo construcción de un puente integral	77
11.	Análisis de resultados	87
11.1.	Estructura	87
11.2.	Proceso constructivo	89
11.3.	Geología y topografía de la zona	89
11.4.	Análisis económico	91
11.4.1.	Mantenimiento preventivo y rehabilitación	92
11.4.3.	Relación beneficio costo	94
11.4.3.1.	Estimación de beneficio	94
12.	Conclusiones y recomendaciones	97
	Referencia bibliografía	101

Tabla de Figuras

Figura 1. Partes de un puente.....	17
Figura 2. Viaducto El Balseadero.....	18
Figura 3. Estribo puente.....	19
Figura 4. Cimentación de pila de puente sobre zapata.	20
Figura 5. Ilustración de cimentaciones superficiales.....	20
Figura 6. Pilote fundido	21
Figura 7 Tablero y estructura portante, puente Viga-Losa.....	22
Figura 8 Tablero y estructura portante, puente Viga-Losa.....	22
Figura 9 Esquema Junta de dilatación.....	23
Figura 10 Fotografía apoyos elastómeros	23
Figura 11 Puente integral.....	24
Figura 12. Puente mixto tablero de vigas múltiples	25
Figura 13. Puente mixto tablero continuo.	25
Figura 14. Puente mixto tablero empotrado a pilas	25
Figura 15 Puente de madera y cuerda conexión en la vereda Albania	30
Figura 16 Puente madera vehicular quebrada agua sal.	32
Figura 17 Puente vehicular en vereda Cusaquin	34
Figura 18 Deformación talud ene estribo de puente.....	36
Figura 19 Puente Integral De la ruta N-43 de la variante en Ossa de Montiel, España..	37
Figura 20 Recalce de zapatas mediante micro pilotes.....	38
Figura 21 Grafica de inversión en la red vial terciaria vs población rural	39
Figura 22 Grafica. Incidencia de la pobreza multidimensional.	40
Figura 23 Grafica de responsabilidad de la red vial terciaria en Colombia	42
Figura 24 Porcentaje del estado de la red vial terciaria en Colombia.	43
Figura 25 Densidad red terciaria Km/Km2	44
Figura 26 Fotografía de vía Junín - Barbacoas destapada y en malas condiciones del departamento de Nariño.....	45
Figura 27 Ilustración de comparación de la red vial terciaria de Colombia con el porcentaje de ruralidad y pobreza multidimensional en Colombia.	49
Figura 28 Ilustración de un puente en una vía terciaria.	51
Figura 29 Esquema de cargas eje camión de caga CC14 en vías terciarias.	52
Figura 30 Ubicación del puente quebrada agua sal, Municipio Sutatausa vereda Concubita.	56
Figura 31 Localización de puente vehicular en la vereda Cerro verde quebrada Chiquila, vereda Checua.....	60
Figura 32 Localización de puente vehicular en la vereda Cusaquin, sector puente cubierto del municipio de Gacheta.	64
Figura 33 Comparación de longitud y valor de los puentes de estudio.	69
Figura 34 Grafica de costos de mantenimiento puentes vehiculares en Colombia	71
Figura 35 Cuadro de actividades construcción de un puente integral.	72
Figura 36 Esquema losa de transición puente integral.	74

Figura 37 Esquema de estribo integral típico.	75
Figura 38 Detalle sección junta de la unión del estribo y la losa de transición.	76
Figura 39 Elementos puente integral.	77
Figura 40 Comparación de costo constructivo de un puente convencional y un puente integral en Colombia	92

Tabla de Tablas

Tabla 1 INVIAS (2009), Velocidad de diseño en vías colombianas tomado de Diseño geométrico de vías.....	43
Tabla 2 Autoría Propia. (2020). Estado de 142.284 Km de la red vial terciaria en Colombia	44
Tabla 3 Adaptación Propia. (2018). Presupuesto construcción puente vehicular vereda Concubita. tomado y aceptado del contrato de obra 105 de 2018.....	57
Tabla 4 Autoría Propia. Memorias de cantidades de elementos de la estructura del puente de la vereda Concúbito.	59
Tabla 5 Adaptación Propia. (2018). Presupuesto construcción puente vehicular vereda Checua y Cerro verde del municipio de Nemocon.	61
Tabla 6 Autoría Propia. Memorias de cantidades de elementos de la estructura del puente de la vereda Checua y Cerro verde del municipio de Nemocon.	64
Tabla 7 Adaptación Propia. (2020). Presupuesto de construcción del puente vehicula vereda Cusaquin, sector Puente cubierto en el municipio de Gacheta.	66
Tabla 8 Autoría Propia. Memorias de cantidades de elementos de la estructura del puente de la vereda Checua y Cerro verde del municipio de Nemocon.....	68
Tabla 9 Adaptación propia. (2020). Cuadro calculo promedio ML construcción de puente en una vía terciaria en Colombia.	69
Tabla 10 Valor de mantenimiento de puentes vehiculares en Colombia	71
Tabla 11 Autoría propia. (2020). Tabla de dimensiones de losa de transición puente integral	74
Tabla 12 Memoria de cantidades estribo puente integral.....	79
Tabla 13 Memoria de cantidades Losa de transición. Puente integral	80
Tabla 14 Memoria de cantidades Tablero puente integral	81
Tabla 15 Memoria de cantidad Pilas puente integral	82
Tabla 16 Análisis de precio unitario pilote de concreto pretensado.....	83
Tabla 17 Análisis de precio unitario junta de dilatación de 10 cm para la losa de transición	84
Tabla 18 Análisis de precio unitario Junta de relleno de 12 cm para continuidad del tablero.....	85
Tabla 19 Presupuesto puente integral para una vía terciaria en Colombia.....	87
Tabla 20 cuadro comparativo de la estructura de los puentes convencionales en Colombia y puentes integrales.....	89
Tabla 21 Tipo de suelo del perfil tomado de Noma CCP-14.....	90
Tabla 22 Presupuesto para el remplazo de las juntas de dilatación de un puente en una red terciaria. Adaptación propia	94
Tabla 23 Costo de beneficios total en el mejoramiento de vías terciarias en Cundinamarca, tomado de https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/viasterciarias/20.12.2017-Proyecto-mejoramiento-vial.pdf	95
Tabla 24 Índice e beneficio vs costo de la implementación de un puente convencional en el municipio de Cundinamarca.....	96
Tabla 25 Índice e beneficio vs costo de la implementación de un puente integral en el municipio de Cundinamarca	97

Resumen

En esta monografía describe la problemática que existe en las zonas verdales y municipales por el estado de las vías terciarias, enfocándose en la relación que tiene los puentes en estas vías y el desarrollo económico de las comunidades rurales. Para el desarrollo de este trabajo se realizara una comparación de los procesos constructivos y presupuestos de los siguientes tres puentes, el puente vehicular de la quebrada agua sal- de la vereda Concubita del municipio de Sutatausa, el puente sobre la quebrada Chiquila de las veredas Checuas y cerro del verde del municipio de Nemocon y el puente vehicular de la vereda Casaquín del sector Puente Cubierto en el municipio de Gacheta, esta estructura pertenece a la red terciaria del departamento de Cundinamarca. Con el fin de estudiar la implantación de puentes integrales y prefabricados en estas vías para evaluar las posibles soluciones que puede conllevar la construcción de estos elementos en estas vías.

El presente documento se elaboró conforme a un proceso de investigación y consulta de diferentes tipos de fuentes con un análisis cuantitativo, informativo y crítico. Con el fin de exponer las dificultades de comunicación que se presentan en las vías terciaras, y como esto afecta al crecimiento económico de las zonas rurales, con estos datos obtenidos de la investigación, y al realizar la comparación económica y constructiva de los tres puentes, objeto de estudio. Se verificará la viabilidad económica de realizar la implementación de puentes integrales y prefabricados, en la red terciará de Cundinamarca.

Palabras claves:

Vías terciarias, Puentes, Puentes integrales, Puentes prefabricados, Afirmado. Zona rural, crecimiento economico.

Abstract

In this monograph, he describes the problems that exist in the true and municipal areas due to the state of the tertiary roads, focusing on the relationship that bridges have on these roads and the economic development of rural communities. For the development of this work, a comparison will be made of the construction processes and budgets of the following three bridges: the vehicular bridge of the Quebrada Agua Sal- de la Concubita path in the municipality of Sutatausa, the bridge over the Chiquila creak of the Checuas lanes. And the green hill of the municipality of Nemocon and the vehicular bridge of the Casaquín sidewalk of the Puente Cubierto sector in the municipality of Gacheta, this structure belongs to the tertiary network of the department of Cundinamarca. In order to study the implantation of integral and precast bridges in these roads to evaluate the possible solutions that the construction of these elements in these roads may entail.

This document was prepared in accordance with a process of investigation and consultation of different types of sources with a quantitative, informative and critical analysis. In order to expose the communication difficulties that arise in the tertiary roads, and how this affects the economic growth of rural areas, with these data obtained from the research, and when making the economic and constructive comparison of the three bridges, the object of study. The economic viability of carrying out the implementation of integral and precast bridges will be verified in the tertiary network of Cundinamarca.

Keywords:

Tertiary roads, Bridges, Integral bridges, Prefabricated bridges, Affirmed. Rural area, economic growth

1. Introducción

Los puentes en Colombia son elementos con un ancho mayor de 6 m, y son un sistema de conexión de carretera, su función es mejorar la movilidad o eludir cuerpos de agua, o llanuras. En otra instancia los puentes integrales son estructuras, que en su totalidad son monolíticas, lo que quiere decir, que no cuenta con juntas y apoyos, lo que brinda una mayor vida útil a la estructura, y un menor costo en los manteamientos preventivos (Crespo, 2000).

En Colombia existen diferentes tipos de vías y se clasifican de acuerdo a su función y característica de terreno, las vías terciarias de Colombia son esas vías que comunican las cabeceras municipales con sus veredas o se comunican con otras veredas, (INVIAS, 2016). El instituto nacional de vías INVIAS revela que en total Colombia tiene 206.708 kilómetros de red vial, 142.284 km hacen parte de la red terciaria, aproximadamente el 68.83%. (Salcedo, 2019)

Del total de la red vial terciaria de Colombia el 40% se encuentra en mal estado, la inversión, en general es de solo el 0,03% del PIB, cuando el Banco Mundial pide no establecer menos de 0,4% del PIB anualmente en este rubro. Esto ha generado que la red vial de Colombia no sea competitiva con las demás redes viales de otros países, y el costo de inversión a los manteamientos y construcción de las estructuras que se presentan en esta red son deficientes, Estas estructuras viales, es un impulso económico de varias zonas rurales del país, dado que son territorios de gran actividad agropecuaria compuesta por el sector agrícola y ganadero.

Esta monografía que se encuentra en la línea de investigación, se desarrolla para analizar qué alternativa económica tiene la utilización de puentes integrales en las vías terciarias de Colombia, basándose en la comparación de la forma de construcción actual y análisis presupuestal de tres puentes construidos en vías terciarias de la zona de Cundinamarca, con el fin de evaluar la construcción de puentes integrales como solución a al problema económica que se evidencia en el mantenimiento y en la construcción de estas estructuras en las zonas rurales del País

2. Objetivos

2.1.Objetivo General

Originar una alternativa de la utilización de puentes integrales en la red terciarias del departamento de Cundinamarca, realizando una comparación del procedimiento de construcción de los puentes en Colombia, tomando como base tres puentes vehiculares de esa zona.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar el estado, forma de estructuración, y fase de uso en la red vial terciaria de Colombia y su afectación en las zonas rurales, a través de información expuesta por el DPN, el INVIAS, y hechos de importancia.
- Interpretar los procesos constructivos, costos, y mantenimientos del puente vehicular de la quebrada agua sal- de la vereda Concubita del municipio de Sutatausa, del puente sobre la quebrada Chiquila de las veredas Checguas y cerro del verde del municipio de Nemocon y el puente vehicular de la vereda Casaquín del sector Puente Cubierto en el municipio de Gacheta, para identificar el costo de inversión de estas estructuras.
- Examinar la fase de construcción de los puentes integrales, y determinar el costo de construcción o inversión de estos tipos de puentes.
- Evaluar los datos obtenidos de los procesos constructivos y costos de los puentes convencionales en Cundinamarca con los puentes integrales, con la finalidad de establecer los aspectos para establecer la viabilidad de la construcción de los puentes integrales en las vías terciarias de esta zona.

3. Marco Conceptual

Las zonas rurales son lugares con baja presencia poblacional y el gran movimiento económico es agropecuario compuesto por el sector agrícola y ganadero, y la única forma de acceder a estas zonas es gracias a la red terciaria, que se compone de vías con una especificación estructural y puentes con propiedades específicas.

3.1. Puentes

Los puentes son infraestructuras que se emplean desde orígenes remotos en la Historia. En el amanecer de la humanidad existieron puentes fabricados con un entramado de lianas y hierbas, hoy en día tenemos un ejemplo claro de esta construcción de puentes en el pasado en las zonas del Amazonas que pueden darnos una idea de la construcción de estas estructuras antiguas.

Posteriormente con el crecimiento y evolución de la humanidad los puentes se empezaron a construir con materiales de mayor resistencia como las rocas y una mezcla cohesiva con la finalidad de soportar las cargas. Con la aceleración de la revolución industrial el uso de concreto reforzado y acero en puentes comenzó a tener mayor importancia dado a las

El uso de puentes sin juntas y sin aparatos de apoyo entre tablero y pilas era muy común durante el siglo XIX. Pero el tipo de construcción de esta estructura cambio por la introducción de vigas de acero y pretensado, lo cual genero deformaciones de los tableros, lo que originó la utilización de juntas y aparatos de apoyos (AICE, 2012).

Un puente es una infraestructura diseñada para el tránsito de vehículos sobre obstáculos naturales como cuerpos fluviales, y zonas de vegetación, los elementos que conforman un puente como se puede evidenciar en la Figura 1 son los cimientos, los estribos y las pilas encargadas de soportar las cargas que transmite la **superestructura**, estos tramos cuenta con varias armaduras de apoyo, los cuales son elementos de fijación de los tableros del puente la cargas que recibe el tablero son transmitida a la **subestructura**, los cuales soportan diferentes tipos de cargar que se transmite a los estribos y pilas que, a su vez, las hacen llegar a los cimientos, donde la roca o terreno cumplen la función de realizar la carga opuesta (Amaru, 2017).

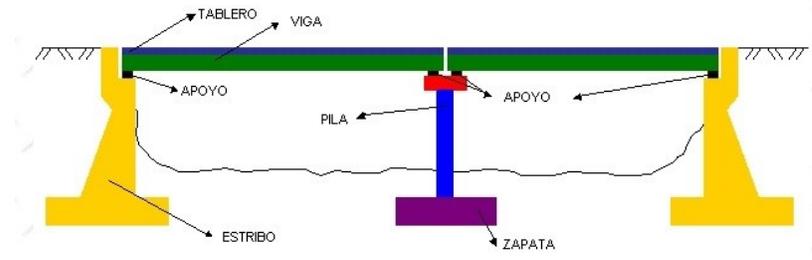


Figura 1. Erdozain N. (2015). Partes de un puente, recuperado de <https://sites.google.com/site/tendiendopuentes2015/conceptos-basicos>

3.1.1. Subestructura

La subestructura como anteriormente se mencionó son los componentes estructurales del puente que soportan una distancia horizontal, y está formada por pilares, estribos y fundiciones según (Coria, 2010)

3.1.1.1. Pilares

Son elementos que sirven de soporte en la estructura, su ubicación está determinada por los diseños y luces de acuerdo a la normatividad como se evidencia en la Figura 2 que se encarga de transmitir las cargas del tablero a las cimentaciones. Este elemento cumple la función de soportar las cargas por viento, presiones hidráulicas, y cargas externas, los pilotes generalmente son construidos en concreto reforzado; y tiene una versatilidad en formas en la sección transversal del elemento (Grupo Cagel Comunicaciones SA de CV., 2017)

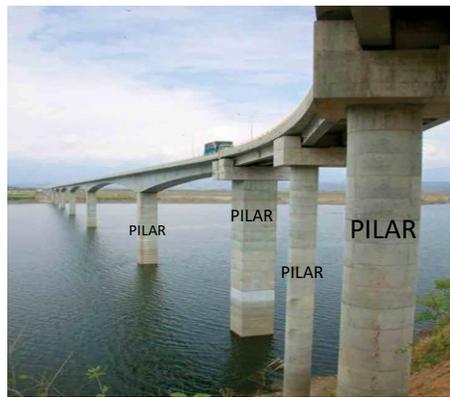


Figura 2. Enrique S. (2016), Viaducto El Balseadero, tomada y modificada de <https://www.carreteras-pa.com/noticias/inauguran-el-puente-el-balseadero-el-mas-largo-de-colombia/>

3.1.1.2. Estribos

Son elementos que suministran soporte a la superestructura, proporcionando unión entre la superestructura y el terraplén, estos soportan el peso de la superestructura y las cargas vehiculares transitadas sobre la losa, las cuales son transferidas a través de los elementos de apoyo (Figura 3), el peso de la losa de transición y las presiones del suelo según (Coria, 2010).

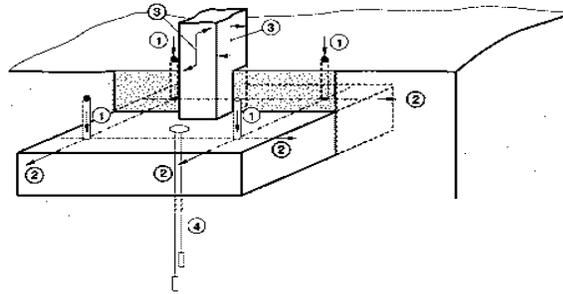


Figura 3. Momentos M. (2017). Estribo puente, fotografía tomada y modificada de <http://momentosdemohr.blogspot.com/2017/12/estribos-de-puentes.html>

Las principales funciones de los estribos, es contener y dar estabilidad al suelo, ser elemento de conexión de la calzada de la vía y el puente, contener el suelo de erosiones provocadas por el arrastre fluvial o pluvial en la zona y como se mencionaba anteriormente dar apoyo a la superestructura y transmitir las cargas.

3.1.1.3. Fundiciones o cimentación

Es el elemento que se encuentran embebido en el terreno se encarga de transferir los esfuerzos al terreno, el suelo al recibir estos esfuerzos, comienza a tener un factor de asentamientos. Este elemento tiene la función de que el asentamiento se encuentra entre los parámetros aceptables o rangos estipulados por el estudio del suelo, con la finalidad de evitar un colapso en la estructura. (Nilson, 1990), de acuerdo a lo anterior las cimentaciones de los puentes deben tener un área transversal congruente con las cargas que transmite la superestructura y la subestructura como se evidencia en la Figura 4 .



- NORMAL: 1. Referencia de nivelación y colimación.
 2. Direcciones de colimación.
 3. Control de inclinación.
 ESPECIAL: 4. Extensómetros de varilla (o de hilo).

Figura 4. Ingeniería y Construcción. (2013). Cimentación de pila de puente sobre zapata. Tomado de <https://facingyconst.blogspot.com/2013/04/equipos-de-auscultacion-en-puentes-y.html>

Existen dos tipos de cimentación en puentes, una superficial que es un elemento estructural donde la medida del área de planta es de dimensiones mayores con respecto a su altura, la función de este tipo de cimentación es transmitir las cargas a profundidades de terreno menores de 4m. (Vasquez, 2015) , por lo general estas cimentaciones están conformadas por zapatas aisladas, zapatas corridas y losas de cimentación como se muestra en la Figura 5

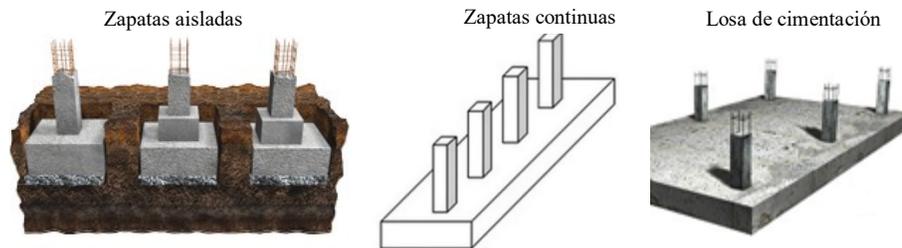


Figura 5. GE05. (2017). Ilustración de cimentaciones superficiales. tomado y adaptado de <https://www.finesoftware.es/software-geotecnico/soluciones/cimentaciones-superficiales/zapatas-aisladas/>

El otro tipo de cimentación es profunda, este tipo de cimentación es muy común en donde la estructura se encuentre ubicado sobre un cuerpo de agua o son de pilotes de elevaciones considerables, generalmente para la construcción de este tipo de cimentación se

utilizan los keyson como se muestra en la Figura 6 . este tipo de cimentaciones dan una ventaja económica. Este tipo de cimentación son empleadas cuando el terreno de cimentación es blando y poco resistente (Montoya, 2010)



Figura 6. Seminario de Proyecto ingeniería Universidad Nacional. (2016). Pilote fundido Imagen tomada de <https://marce-sweet24.wixsite.com/choco-late/blank-4>

3.1.2. Superestructura

La superestructura la componen los elementos de tramo horizontal como el **tablero**, que es una superficie para el tránsito de personas o automóviles y se encarga de transmitir las cargas a la subestructura, otro elemento que integra la superestructura son las **estructuras portantes**, que son los elementos de la estructural que aguanta los esfuerzos del tablero y descansa en sus extremos con los estribos como se evidencia en la Figura 7, es decir transmite las cargas procedentes del tablero a los estribos y/o pilas según (Coria, 2010).

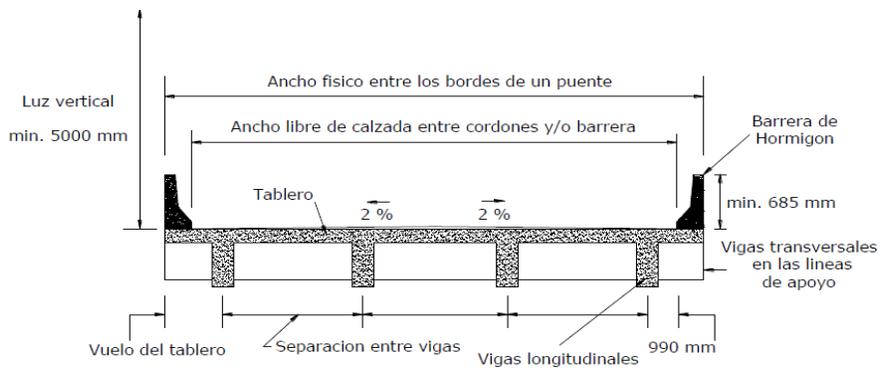


Figura 7 Elizabeth R. (2010). Figura Tablero y estructura portante, puente Viga-Losa. tomado de APOYO DIDACTICO EN LA ASIGNATURA DE PUENTES CIV 312

Otro elemento que hace parte de la superestructura son los accesorios del tablero, estos brindan funcionalidad al puente y seguridad tanto a los usuarios, los accesorios se componen de: cordón barrero, barandas, barreras como se muestra en la Figura 8

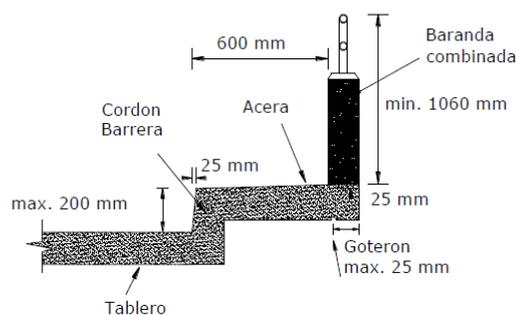


Figura 8 Elizabeth R. (2010). Figura Tablero y estructura portante, puente Viga-Losa. tomado de APOYO DIDACTICO EN LA ASIGNATURA DE PUENTES CIV 312

3.1.3. Elementos de transición

Los elementos de transición de un puente son los designados apoyos, juntas de dilatación junto con los drenajes, para la conducción de las aguas lluvias, las **juntas de dilatación** son elementos que permite que la estructura pueda soportar esfuerzos dinámicos, disminuyendo la rigidez de la estructura, lo que evita que los elementos presenten patologías de agrietamiento y fisuración, y los elementos en concreto no se sometan a fuerzas tensoras como se evidencia en la Figura 9.

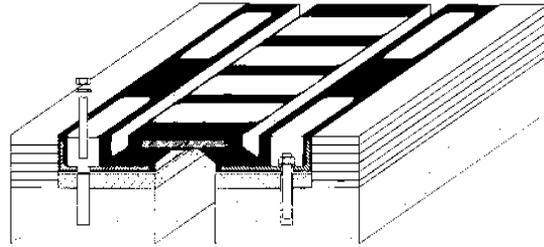


Figura 9 Grupo vikingo. (2020). Esquema Junta de dilatación tomado de <https://cauchosvikingo.com/juntas-de-dilatacion-para-puentes/>

Los **apoyos** cumplen la función de realizar la transferencia de las cargas que recibe el tablero a las pilas o del tablero a vigas longitudinales, permitiendo los movimientos multidireccional o rotacional. Los apoyos tienen la propiedad de soportar las cargas, absorber los movimientos, reducir la fatiga y resistencia a las condiciones de la intemperie (Seminario, 2004)



Figura 10 Ricardo C. (2020). Fotografía de apoyos elastómeros Tomada de <https://co.pinterest.com/pin/531284087286504857/>

Los drenajes son el sistema recolector de las aguas que escurren de forma longitudinal por el tablero, juntas de dilatación y estribos, y las conducen a través de cunetas a la estructura de drenaje de la vía o al elemento de descarga más cercano según (Carreteras, 1996).

3.2. Puentes Integrales

Los puentes integrales como se muestran en la Figura 11 son estructuras que no disponen de aparatos de apoyo ni juntas de dilatación, en pilas ni estribos, comprende cualquier tipo de tablero construido “in situ” o prefabricado, existen puentes de esta tipología que necesitan apoyos, se denominan puentes semi- integrales (Crespo, 2000)

De acuerdo a lo anterior, los puentes integrales son estructuras que no cuentan con los elementos que se emplean para la conexión entre el tablero y estribos, generalmente este tipo de puente se analiza como una estructura isostática (García, Procesos constructivos de puentes integrales cortos, 2012)

Dado las características de la estructura, esta trabaja como un solo conjunto ante la eventualidad de un sismo, la isostasia, que es la rigidez en una estructura le brinda un mejor comportamiento dinámico en estas eventualidades.

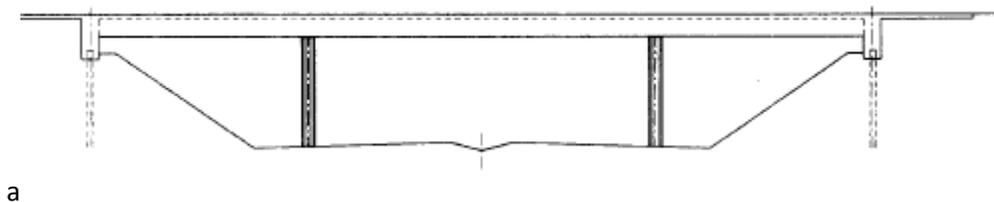


Figura 11 Rodríguez C. (2000), puente integral, ilustración, recuperado de Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras.

Estos Puentes integrales son una innovación para los puentes mixtos, en este trabajo se denominara al puente mixto como puente convencional, estos componen de un tablero isostático, con varios elementos de juntas y apoyos, estos puentes se clasifican de acuerdo a los elementos que lo integran, como se muestra en la Figura 12 un puente convencional suele

estar compuesto por un tablero de vigas múltiples que se integra por numerosos diafragmas transversales y en apoyos.

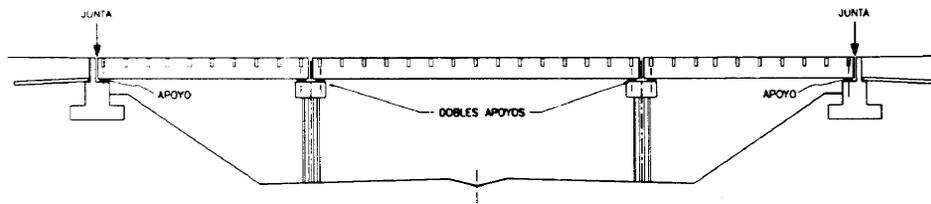


Figura 12. Rodríguez C. (2000), puente mixto tablero de vigas múltiples, ilustración, recuperado de Guía para la concepción de puentes en carreteras

En la Figura 13 se evidencia un puente convencional de tablero continuo con apoyos de neopreno en pilas y estribos.

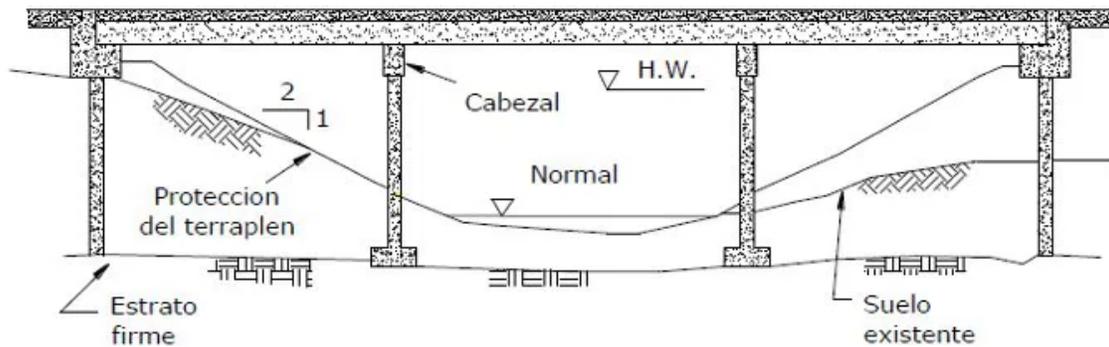


Figura 13. Ranirez C (2010), Puente mixto tablero continuo. ilustracion, recuperado de Apoyo didactico de oebtes CIV 312

En la Figura 14 se muestra un puente convencional de tablero continuo con empotramiento de pilar, y apoyos y juntas en estribos.

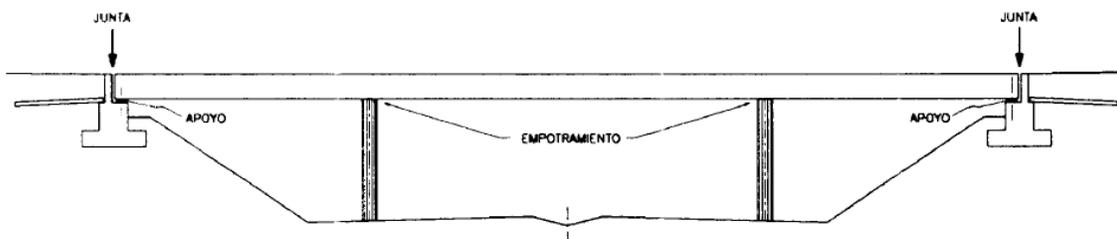


Figura 14. Rodríguez C. (2000), puente mixto tablero empotrado a pilas, ilustración, recuperado de Guía para la concepción de puentes en carreteras

Un puente integral se caracteriza por su monolitismo. El tablero de la superestructura esta embebido en las pilas. Sin ningún accesorio de unión o fijación. el estribo es una continuación y remate del tablero los estribos se cimientan con pilotes metálicos clavados en el terreno, donde tienen una flexibilidad transversal (Rui, 2005)

El ingeniero Javier Rui Wamba en el trabajo de puentes integrales y semi-integrales de ferrocarril describe que la losa de transición que es un elemento tipo en estas estructuras, es una continuación del tablero, esto brinda continuidad a los usuarios. Este elemento permite el remplazo de las juntas de dilatación lo que brinda una mayor durabilidad de la estructura, rellenos y el debido drenaje del agua que por lo general tiende a acumularse (Rui, 2005)

3.3. Vía.

Una vía es una estructura que se emplea para que los vehículos puedan moverse. Existen diferentes tipos de vías o carreteras, debido a su funcionalidad y a sus componentes estructurales (INVIAS, 2016).

La vía se compone de varios elementos uno de ellos son las cunetas o zanjas, que son construidas en concreto, paralelamente a la berma. La dimensión de la cuneta se deriva del estudio hidráulico teniendo en cuenta la intensidad pluvial de la zona, otros factores para el diseño de la cuneta es la topografía del terreno, pendiente y el área de drenaje. Este elemento tiene la función de recolectar y conducir longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración (INVIAS, 2016).

Otro elemento de las vías es el talud, que es una superficie inclinada que limita un corte o un terraplén. Las inclinaciones de los taludes son variables a lo largo de la vía según la calidad y propiedades de los suelos encontrados (INVIAS, 2016).

Otro elemento que posee la vía son los sendero, que es el espacio peatonal con un ancho de 0,75 m y garantizar la movilidad del peatón, la señalización es otro elemento que compone a la vía, y brinda la información al usuario, estas cumplen ciertas especificaciones técnicas que se encuentran en el manual de invias (INVIAS, 2016).

En Colombia existen tres tipos de clasificación de vías de acuerdo a la funcionalidad.

- **Carreteras primarias:** Este tipo de carreteras suelen tener varios carriles, y son estructuras en pavimentos.
- **Carreteras secundarias:** son elementos que une el área municipal entre sí y/o un área municipal una Carretera primaria. La estructura de la carretera puede ser pavimentada o en afirmado.
- **Carreteras terciarias:** son conexiones entre veredas o conexión entre veredas y el área municipal. Su estructura en afirmado. Si se pavimentan estas vías debe cumplir con las especificaciones de las vías secundarias.

4. Marco Normativo

En Colombia la construcción de puentes se rige de acuerdo con la norma colombiana de diseño de puentes CCP14, esta norma está basada en la norma americanas Ashto Lrfd 6^a la norma CCP14 dicta las medidas y directrices actuales de diseño y construcción de los puentes en gran parte de los países del mundo (AIS, 2015).

De acuerdo con la CCP14, la norma está establecida para el desarrollo del diseño, rehabilitación y evaluación de puentes viales en Colombia. Es de aclarar que esta norma son parámetros que guía al diseño para la construcción de puentes, sin embargo es de criterio de los diseñadores estructurales desarrollar todas las medidas de seguridad en el cálculo de cargas para la construcción del puente (AIS, 2015)

De acuerdo con lo anterior la norma establece que los puentes se diseñan para estados límite específicos, con el fin de obtener la objetividad de la estructura, seguridad, y servicio, tomando en consideración los aspectos relacionados para la estética del puente, facilidad de inspección e inversión economía (AIS, 2015)

5. Estado De Conocimiento.

A continuación, se expondrán algunos casos de estudios, artículos y noticias que hablan sobre la importancia de la inversión en puentes y mejoramiento de las vías terciarias, también se expondrán algunos datos de las virtudes del uso de puentes prefabricados e integrales. Se mencionarán algunos casos del uso de puentes prefabricados e integrales, y el uso de puentes para el mejoramiento de vías terciarias.

El instituto nacional de vías INVIAS revelan que en total Colombia tiene más de 200 mil kilómetros de red vial, 142.284 km hacen parte de la red terciaria. Según (Salcedo, 2019) según esta noticia Colombia cuenta con un 68.83% aproximadamente de vías terciarias. De acuerdo con la base del plan nacional de desarrollo, estas estructuras de movilidad son elementos para el desarrollo económico de las áreas rurales (Planeacion, 2018)

De acuerdo con lo anterior y abordando el tema de la inversión de puentes para el mejoramiento de las vías terciarias en Colombia, por medio de la **SGR** (Sistema general de regalías) se realizó un proyecto que tuvo la finalidad del fortalecimiento de la integración rural en el marco del postconflicto en el departamento del Caquetá, mediante la construcción de puentes en zonas verdales de Caquetá.

En esta zona se presenta una problemática en la conexión vial de la población, las vías terciarias se encuentran en mal estado, lo que ha creado una ineficiente movilidad esta problemática se ha generado dado que estas vías no fueron óptimamente diseñadas y construidas, para que puedan prestar un buen servicio en la población, lo que ha incrementado el tiempo de movilización de los pobladores de la zonas verdales, hacia el casco urbano del municipio, lo que ha generado la disminución de la comercialización de sus productos agrícolas y ganaderos, limitando así el crecimiento económico de las zonas por la deficiencia en movilización y en la entrega oportuna de bienes y servicios (SGR, 2017).

Según el informe del proyecto de la **SGR**, el mejoramiento y desarrollo de la infraestructura vial terciaria en el Departamento de Caquetá es un proyecto que tiene la

finalidad de dignificar las zonas rurales en Caquetá y reducir la brecha social que se genera en estas zonas.

Es así que este proyecto de inversión se constituye mediante la construcción de puentes, con la finalidad en mejorar las condiciones de vida de la población rural. se realizó la proyección de la construcción de varios puentes vehiculares en concreto reforzado, estos puentes se constituyen como puentes convencionales, dado a la presencia de diagramas, juntas y apoyos, estas estructuras tienen el objetivo de mejorar las especificaciones en estos puentes. Dado que el estado en el que se encuentran los puentes actuales es alarmante, como se muestra en la Figura 15. Se evidencia el estado en que se encuentran estos puentes de acuerdo con la gobernación se iniciará las labores en junio de 2019. Según (florencianos.com, 2019)



Figura 15 Gobernación del Caquetá. (2020), Puente de madera y cuerda conexión en la vereda Albania, ilustración, recuperado de <http://www.caqueta.gov.co/noticias/en-los-proximos-dias-inicia-la-construccion-de-10-puentes>

El proyecto involucra la participación de los pobladores de las zonas que se ven afectadas por la dificultad en estas vías terciarias, con la finalidad de tener veedores para realizar seguimiento a la fase constructiva de estos puentes. a fin de minimizar los riesgos de alteraciones al orden público e interrupción de las obras.

Continuando con la exposición de la inversión de puentes para el mejoramiento de las vías terciarias en Colombia, la alcaldía municipal de Sutatausa mediante el Contrato de obra pública 105 de 2018 cuyo objeto es construcción del puente vehicular sobre la quebrada agua sal vereda concúbito del municipio de sutatausa (en el marco del convenio ICCU – 1134 – 2017) tomado de (SECOP I, 2018), evidencia dentro de los pliegos de condiciones que las múltiples problemáticas que existen en el municipio, el progreso de vías es una de las prioridades, puesto que una adecuada estructura vial del municipio permite generar y promover el desarrollo, el progreso y la comunicación entre las comunidades; beneficiando a las veredas del municipio y proporcionando a todos una mejor movilidad, y una mayor accesibilidad a los recursos como a los servicios existentes en el casco urbano del Municipio de Sutatausa.

La alcaldía municipal de Satatausa, muestra que dentro de los casos más preocupantes se encuentra el puente vehicular ubicado sobre la Quebrada Agua Sal en la vía que conduce de la Vereda Concubita a la Vereda Salitre, el cual se encuentra construido en madera como se muestra la Figura 16, motivo por el cual se hace urgente y necesario reemplazarlo por uno construido con estructura en concreto, con el fin de garantizar el constante y seguro tráfico de vehículos que permita la comercialización de productos tanto agrícolas, como ganaderos que allí se producen, situación que promoverá el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la Vereda Concubita.



Figura 16 Alcaldía de Sutatausa. (2018), Puente madera vehicular quebrada agua sal. Ilustración, recuperada del Instituto de Concesiones de Cundinamarca ICCU

Por todo lo anterior el Municipio de Sutatausa, en uso de sus atribuciones realiza, por lo cual se adjudica y celebra este convenio contractual con el contratista de obra GPR CONSTRUCTORA INGENIERIA & ARQUITECTURA SAS, donde se estipula la fecha de finalización del proyecto en el día 8 de febrero de 2019.

El municipio del Nemocon del Departamento de Cundinamarca establece mediante el contrato de obra CO 081- 2018 de acuerdo al diagnóstico realizado al plan de desarrollo 0020 tomado de (SECOP 1, 2018), informa que existe la dificultad en la intercomunicación terrestre de la población de la vereda de Checua del municipio, debido a que el puente se encuentra en mal estado y con deficiente mantenimiento, presenta deterioro en la estructura, dado que no se han atendido los puntos críticos, de igual manera se presentan situaciones que generan el deterioro, tales como el hecho de que algunos tratamientos anteriores han sido realizado con deficiencia, y aunque existe un mantenimiento de los puentes por parte del municipio este no es periódico, debido a los costos que representa, de acuerdo a esto, estas

patologías generan aumento en los tiempos de viaje y baja comercialización de productos agropecuarios del municipio .

Por tal motivo se realiza el acuerdo contractual ente el municipio del Nemocon y el contratista de obra CONSORCIO LOKI, cuyo objeto es la construcción de puentes sobre la quebrada Chiquila de las veredas Checua y Cerro Verde del municipio de Nemocon Cundinamarca, en el marco de los convenios interadministrativos IICU No 1149 y 1150 de 2017”, el cual tendrá un plazo de 5 meses iniciando el 10 de agosto de 2018.

La alcaldía municipal de Gacheta, mediante el contrato de obra pública LP-010-2017, tomado de (SECPO I, Tomado de 2020), manifiesta mediante el estudio previo suscrito por la secretaria de planeación y seguimiento a la infraestructura del municipio, que durante los días 12 y 13 de mayo del año 2017, las altas precipitaciones pluviométricas, generaron crecientes súbitas de ríos y cursos de agua, lo que produjeron deslizamiento y colapso de la estructura del puente cubierto, esto género que 830 personas de las veredas Cusaquin – cuarto San Antonio y Zaque – cuarto San Pedro realizaran mayores recorridos y tiempos de viaje, además de la dificultad para las operaciones comerciales.



Figura 17 Alcaldía Municipal de Gacheta, (2018). puente vehicular en vereda Cusaquin, Recuperado de <http://www.gacheta-cundinamarca.gov.co/ejecucion-20162019/2017010-construccion-de-puente-en-concreto-vereda-cusaquin>

Por tal motivo se realiza la celebración del contrato LP-010-2017, cuyo objeto es la construcción del puente en concreto vereda Cusaquin, sector puente cubierto en el municipio de Gacheta, Cundinamarca. Lo cual tiene fecha de inicio el 26 de febrero de 2018 con una duración de 5 meses.

De acuerdo con lo anterior, se evidencia que se muestran varias problemáticas en la comunicación en las vías terciarias por la deficiencia en la estructura de los puentes, sin embargo, se evidencia que se genera una inversión para la solución de la comunicación de la red terciaria. Es innegable la importancia que tiene el desarrollo de las diferentes infraestructuras de transporte en el crecimiento armónico de la economía nacional y regional. En este contexto, la red terciaria tiene un papel fundamental, pues constituye la infraestructura de transporte de mayor extensión en el territorio nacional. Su funcionamiento

en óptimos niveles acelera el crecimiento económico de la población rural, permite articular los centros de producción rural con los centros de acopio urbanos y su eficiente distribución; fortalece la presencia del Estado en el territorio, promueve la oferta de servicios públicos, de salud, seguridad y educación. De acuerdo con (Narvaez, 2017).

Las inversiones que realizan otros países en sus redes viales evidencian una actividad generadora de empleo, y una reducción de pobreza, dado que una buena conectividad disminuye los mercados apartados, lo que aumenta la competencia y crecimiento económico en zonas verdes.(Ponce, 2011).

las virtudes del uso de puentes integrales como se mencionó anteriormente, es que se compone de un número reducido de apoyos y juntas de dilatación, estos elementos son causales de problemas durante la vida útil de la estructura, dado que resta rigidez al puente y puede generar varias patologías.

Mejoramiento de funcionalidad: Dado que el puente integral se limita en el uso de juntas, los usuarios dejan de percibir la existencia de irregularidades en el tablero, fundamentalmente en las altas velocidades.

Menor costo y frecuencia en mantenimientos y reparaciones: los apoyos y sobre todo las juntas tienen una vida útil inferior al resto de la estructura del puente, y son elementos que exigen una debida instalación, y están sometidos a esfuerzos dinámicos sistemáticos según (Crespo, 2000), aparte de estar sometidos a estos esfuerzos, también se encuentra a

afectaciones de intemperie, por lo que llevan un coste de mantenimiento, un puente integral donde no se tienen juntas, disminuye el costo de mantenimiento.

Menor deformabilidad: Dado que un puente integral es monolítico, se evita la conformación de puentes de tramos isostáticos o apoyos articulados en el extremo de los vanos laterales de tramos continuos, por lo cual evita daños en elementos auxiliares del puente.

Lo mismo ocurre en la zona de estribos, los puentes integrales, mejoran los problemas originados por la deformabilidad de los terraplenes de acceso y del terreno natural que lo soporta como se muestra en la figura.



Figura 18 Juan Eloy P. (2014). Deformación talud ene estribo de puente, Fotografía tomada de Trabajo de diplomado Título: Propuesta de reparación en estribos y aproches

Un ejemplo de las virtudes de los puentes integrales y funcionalidad que estos brindan, es el puente integral en la variante N-430 en Ossa de Montiel, Albacete, Como se puede ver en la Figura 19. Este puente fue elaborado por PROES Consultores, y fue habilitado en el año 2013.



Figura 19 Google Maps visualizada en (2020), Puente Integral De la ruta N-43 de la variante en Ossa de Montiel, España. Recuperado y Adaptado de Google Maps.

Es una estructura de puente integral. La losa, esta embebida en las pilas y con la configuración de estribos disponiendo continuidad con la losa de transición y apoyando en micro pilotes metálicos, para la ejecución de la estructura, se tomó como base la “Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras y autopistas”, editada por el Ministerio de Fomento en 1996 según (Ramos, 2014).

La construcción de este tipo de puente para el tránsito vehicular de la zona ha dado un resultado positivo en la viabilidad de estos tipos de puentes, Las labores de mantenimiento se disminuyen por la falta de elementos de apoyo y de juntas de dilatación, estos componentes

son un factor que reduce la durabilidad en puente convencional. Las reducciones del costo en puentes integrales se deben tener en consideración para su implementación (Ramos, 2014). además de que este tipo de estructuras otorgan un grado de estética por su esbeltez, y ligereza en estos tipos de puentes.

Las principales características de esta estructura

- 1) Tablero en concreto con un espesor de 0,70 m de canto, longitud de 44 m, un ancho de 8 m. Las pilas son en concreto con una sección 0,70x1,00 m.
- 2) Estribo se cimienta mediante micro pilotes como se muestra en la Figura 20 de diámetro de 30 cm con armadura tubular de diámetro de 15 cm y con camisa metálica perdida en la zona de relleno que se empotra 0,50 m en el terreno natural (Ramos, 2014)

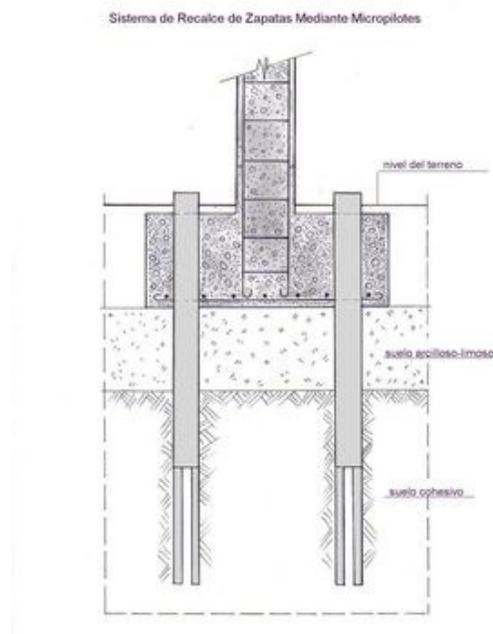


Figura 20 Construmatica, (2008). Recalce de zapatas mediante micro pilotes, Esquema, Tomado de <https://www.construmatica.com/construpedia/Archivo:Sistema-de-Recalce-de-Zapat.jpg>

6. Planteamiento Del Problema

Las vías terciarias en Colombia son impulsores económicos de las zonas rurales del país, dado a la conectividad que brinda de las zonas verdes a las cabeceras municipales es de gran importancia para el flujo económico que se presentan en estas zonas, sin embargo, según datos del DNP (departamento nacional de planeación) En las áreas veredales o rurales del país viven cerca de 11.800.000 de personas, aproximadamente el 26% de la población del país. Prácticamente el 62 % vive en la pobreza, y el 21,5% de la población de estas zonas rurales viven en pobreza extrema, o indigencia estos datos reflejan claramente que en las zonas rurales se evidencia un gran porcentaje de la población en condiciones vulnerables. Según (Perry, 2016).

Como se mencionaba al inicio del capítulo las vías terciaras juegan un factor importante en el desarrollo de una zona, en la Figura 21 se muestran unos datos que brinda el DPN acerca de la proporcionalidad de la inversión económica en la conectividad de la red terciaria y la población rural.

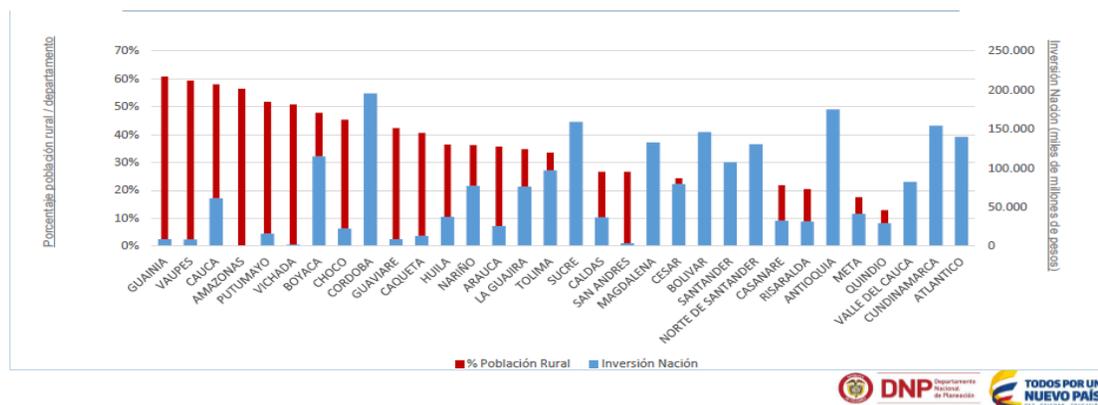


Figura 21 DPN (2017), Grafica de inversión en la red vial terciaria vs población rural, tomado de POLITICA PARA LA GESTION DE LA RED TERCIARIA

De acuerdo con esta grafica de inversión, y la Figura 22 que representa la gráfica del Raking de departamentos según la pobreza multidimensional, se evidencia que las regiones donde existe menor inversión en la red vial terciaria, son las zonas con los porcentajes de incidencia más altos de pobreza.

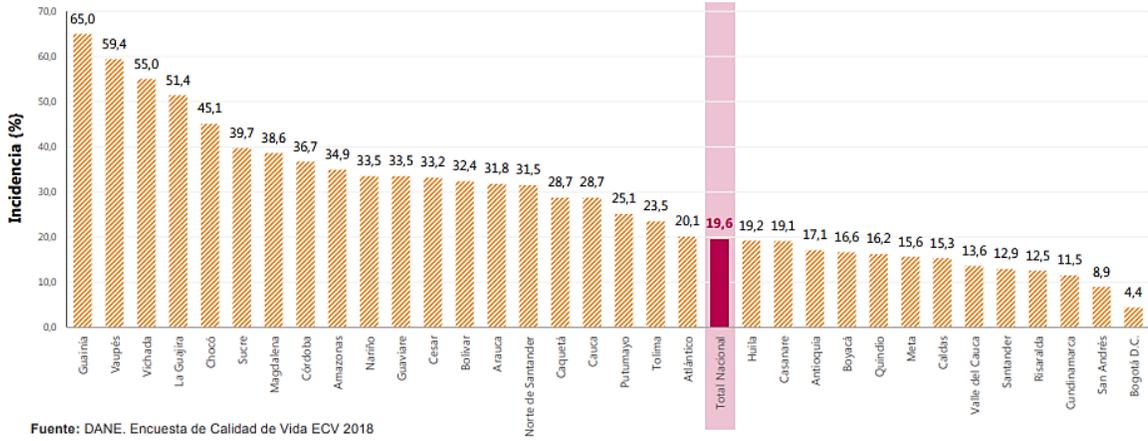


Figura 22 DANE. (2018). Grafica. Incidencia de la pobreza multidimensional. tomado de DANE encuesta de calidad y vida ECV 2018

De acuerdo con lo anterior y a los datos arrojado por el DPN, Colombia cuenta con uno de los índices más bajos de inversión del %PIB en la red vial terciaria, contando con e. 0.30% de inversión, cuando demás países latinoamericanos tienen porcentaje de inversión del 0.90% según (Planeacion D. N., 2018).

Este proyecto busca estudiar una alternativa económica con los puentes integrales evaluando los costó en la construcción y mantenimiento con la construcción de los puentes convencionales y así poder brindar conectividad en las vías terciarias con el fin de que estos elementos sirvan para la reactivación económica de las comunidades rurales de muy bajos recursos, debido a la falta de comunicación,

En otra instancia este proyecto podría brindar una mejor gestión en el registro de vías no conocidas en nuestro país al sistema público debido al control que se tengan sobre el proyecto de puentes integrales, el costo de inversión será menor, puesto que estas estructuras no se ejecutan con los patrones tradicionales de hormigón trenzado y no llevan juntas de unión, reducido el costo de la construcción y del mantenimiento periódico de la misma

Con este proyecto se evaluara la solución al mejoramiento de las vías terciarias y la reducción de la pobreza en las zonas rurales, con la utilización de puentes integrales y prefabricados, puesto que son infraestructura de menor costo, debido a que sus propiedades permiten una mayor durabilidad en su vida útil y disminuye el mantenimiento periódico de la estructura , brinda mejores conexiones de comunicación en la vías cuando se presenta un obstáculo natural, ya sea un cuerpo de agua, o una zona densa de naturaleza, facilita la comunicación entre las veredas y pueblos con las cabezas municipales y regionales del país, brindando una mayor cobertura en el transporte de mercancía, también ayuda a registrar las vías que no se encurtan en los sistemas públicos distritales. disminuye el porcentaje de pobreza y extrema pobreza, debido a que adaptando esta infraestructura se activara el desarrollo económico y social, abriendo puertas de crecimiento para el sector agropecuario de nuestro país, debido a la facilidad de acceso que brindan este proyecto.

7. Metodología

Para el desarrollo de cada uno de los objetivos planteado para este proyecto de investigación se abordarán secuencialmente como se proponen en la parte inicial del trabajo, y se puede apreciar el siguiente diagrama

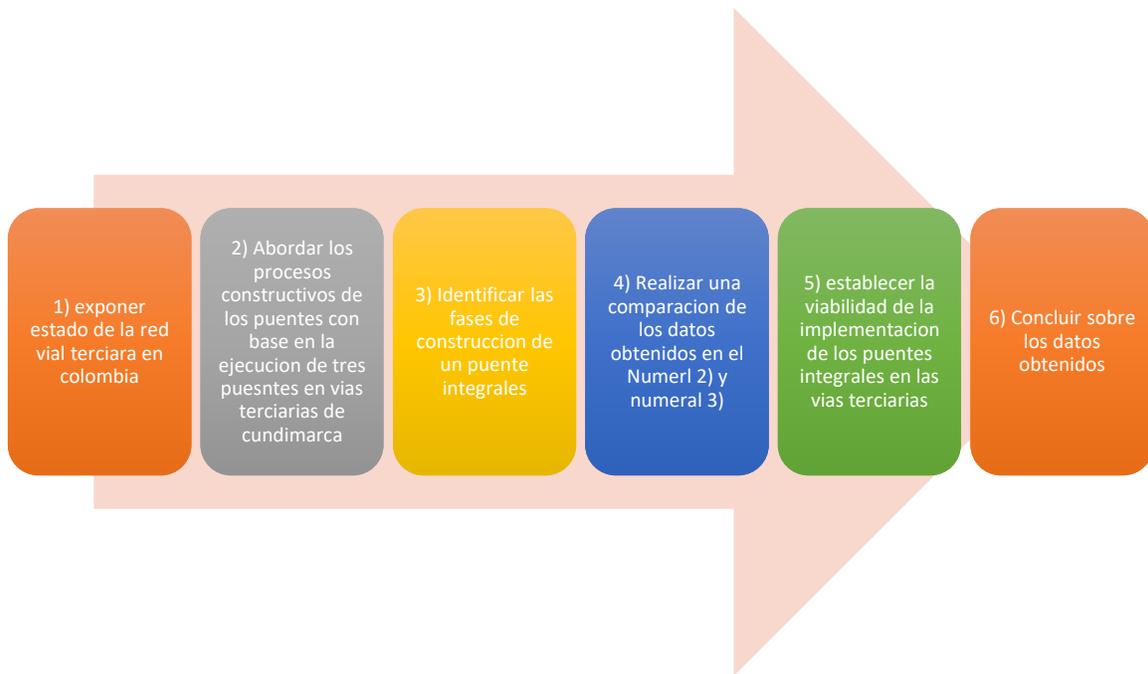


Diagrama 1 Autoría propia (2020). Diagrama de actividades del proyecto

8. Vías Terciarias En Colombia

En Colombia existen 142.284 km, lo cual corresponde al 67% de la malla vial total de Colombia según (Planeación, 2018), del total de esta red el INVIAS tiene bajo su cargo 27.577 km (19.38%), 100.748 km (70.80%) y 13.959 km (9.81%)

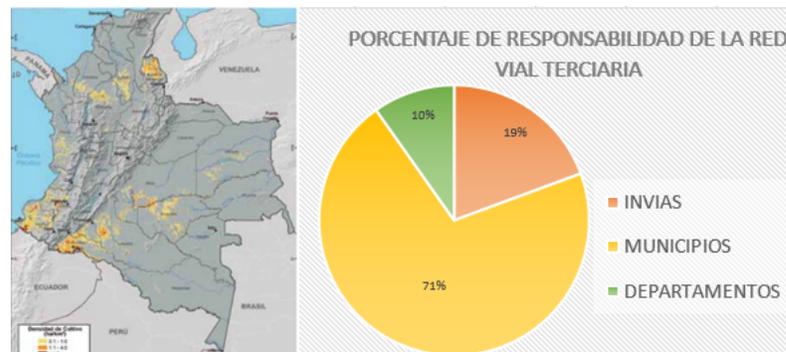


Figura 23 Autoría propia. (2020). grafica de responsabilidad de la red vial terciaria en Colombia

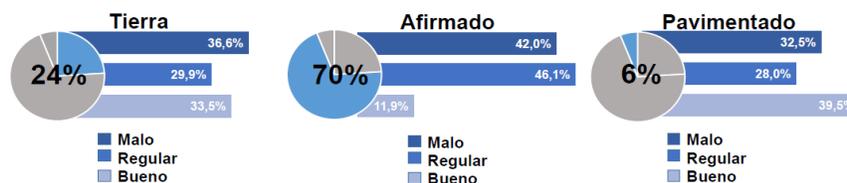
La vía terciaria de Colombia como se describía en el capítulo de marco conceptual, “son vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o una veredas entre sí” (INVIAS, 2016), La velocidad de diseño para este tipo de vías es de 20 a 40 km/h según la Tabla 1 como se muestra a continuación.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Primaria de una calzada	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Secundaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

Tabla 1 INVIAS (2009), Velocidad de diseño en vías colombianas tomado de Diseño geométrico de vías

8.1. Estado de la red vial terciaria en Colombia

En Colombia se estima que el 25% de la red vial terciaria se encuentra en buen estado, las vías terciarias se pueden encontrar en un 24% tierra, 70% afirmado y 6% pavimentada,



de acuerdo con la Figura 24, se muestra el estado de las vías en Colombia, clasificándolas en Malo, Regular y Bueno.

Figura 24 DPN. (2016). Porcentaje del estado de la red vial terciaria en Colombia. Tomado del instituto de desarrollo de Planeación.

De acuerdo a los datos obtenidos por el DPN, se obtiene que prácticamente el 40% de la red vial se encuentra en **mal estado**, un total de 57,124.18 Km de vías terciarias en mal estado. Y el 41 % de la red vial está en condiciones **regulares** lo que implica un total de 58,515 km de vías terciarias.

ESTADO DE 142.284 KM DE LA RED VIAL TERCIARIA EN COLOMBIA

ESTADO	TOTAL	MALO	REGULAR	BUENO
<i>TIERRA</i>	24%	36.60%	29.90%	33.50%
	34148.16 Km	12498.23 Km	10210.30 Km	11439.63 Km
<i>AFIRMADO</i>	70%	42.02%	46.10%	11.90%
	99598.80 Km	41851.42 Km	45915.05 Km	11852.26 Km
<i>PAVIMENTADO</i>	6%	32.50%	28%	39.50%
	8537.04 Km	2774.54 Km	2390.37 Km	3372.13 Km
TOTAL	142284.00 Km	57124.18 Km	58515.72 Km	26664.02 Km

Tabla 2 Autoría Propia. (2020). Estado de 142.284 Km de la red vial terciaria en Colombia

La calidad que presenta la red terciaria en general es deficiente esto afecta el tiempo de movilización, la calidad de vida de los pobladores de esta zona por falta de seguridad en la estructura de la vía además económico (Mejia, 2017). En la Figura 25. Se puede evidenciar la densidad de la red vial terciaria que se encuentra en estado deficiente.

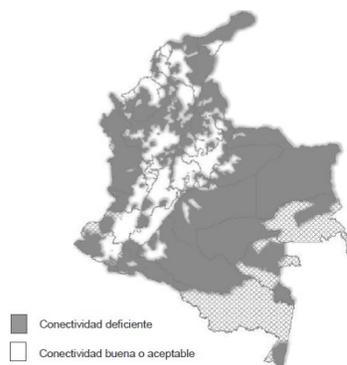


Figura 25 DPN. (2016). Ilustración. Densidad red terciaria Km/Km2 tomado del Departamento Nacional Poblacional.

Por otro lado, las vías que se encuentre en tierra no tendrá la estructura del pavimento compactada y estabilizada, y no tendrá un debido sistemas de drenaje para la contención; de modo que en etapas de altas precipitación y la deformidad del suelo por las cargas dinámicas de los vehículos estas el suelo es saturado y tiene un comportamiento inestable, a esto se le suma los escasos o inexistentes recursos para mantenimiento de estas vías, teniendo en cuenta que para vías en afirmado dicho mantenimiento se debe realizar asiduamente lo cual acarrea una problemática importante para las zonas que comunica esta vía, (Mejia, 2017) . En la Figura 26 se evidencia la problemática que se genera en estas vías .



Figura 26 Revista Semana. (2015). Fotografía de vía Junín - Barbacoas destapada y en malas condiciones del departamento de Nariño.

8.2. Estructuración de las vías terciarias y fase de uso

En otros países se evidencia un crecimiento en el sector rural debido a la inversión que estos países realizan en sus vías, esto brinda una adecuada comunicación para el sector de la agricultura, que es la principal actividad en las zonas veredales, las vías no solo

representa la comunicación para la comercialización de los productos de las zonas rurales, sino que presenta el acceso a sectores de salud, educación, maquinaria entre otros.

Por tal motivo es de suma importancia el conocimiento de la estructuración de la red vial terciaria nacional. En esta parte la estructuración se da cuando se tiene una consultoría en los diseños y materiales a implementar, En Colombia el proceso constructivo o de mantenimiento y mejoramiento de una vía terciaria se compone de acuerdo con el Diagrama 2 .



Diagrama 2 Autoría Propia. (2020). Diagrama para el proceso constructivo, mejoramiento o rehabilitación de una vía terciaria

Estas etapas en la conformación de una red terciaria, brinda la comunicación de las comunidades rurales entre sí o con las cabeceras municipales. Por ende, es de gran importancia el valor de la inversión que se le da a esta infraestructura.

Una infraestructura tiene un ciclo de vida y esta es compuesta inicialmente de la adquisición del proyecto, que en infraestructura comprende generalmente la fase de diseño y construcción. Después sigue la fase de operación del proyecto, que es el uso de la infraestructura. Continúa con la fase mantenimiento, que son las actividades destinadas a prevenir el desgaste parcial o total de la estructura y por último la demolición o reutilización de la estructura, en esta fase la infraestructura de servir a su propósito. En las redes viales terciarias se obtienen las mismas fases (Carmona, 2018).



Diagrama 3 Autoría Propia. (2020). Fases de la vida útil de una vía terciaria en Colombia.

De acuerdo con la estructuración de las vías terciarias en Colombia, y de acuerdo con el número de Kilómetros de la red vial que se encuentra en la estado, el INVIAS manifiesta que la intervención de estas zonas tendría un costo de \$600 a \$800 billones, es algo inviable en Colombia teniendo en cuenta que todo el presupuesto nacional del año 2019 solo llego hacer de \$258.9 billones, según (Perfetti, 2019).

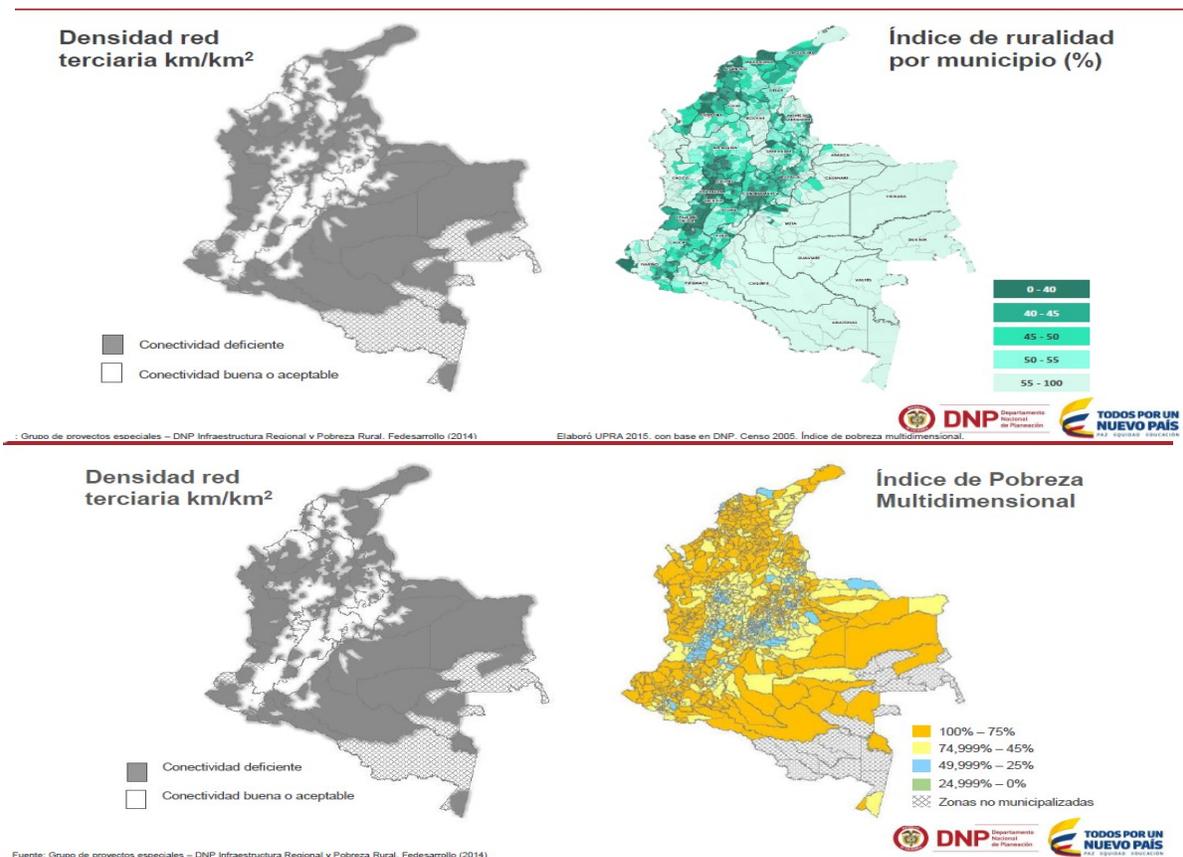
8.3. Afectación de las vías terciarias en las zonas rurales

Como se expuso anteriormente según datos del DNP (departamento nacional de planeación) en las zonas rurales del país viven aproximadamente el 26% de la población nacional. Donde más del 60% viven en pobreza (Planeacion D. N., 2018).

Las redes terciarias de un país mejoran la calidad de vida de la población rural. Las malas comunicaciones de las vías terciarias de las zonas rurales generan una baja productividad y competitividad de estas zonas. Debido a la deficiencia en estos corredores viales se presenta aumento en el tiempo de movilización de los pobladores. Esto puede conllevar a problemas en el sector de salud, educación y en la comercialización en la población (DNP, PROYECTOS TIPO, 2018).

Por eso es necesario que la población de las zonas rurales cuente con adecuadas vías para el desplazamiento en las diferentes zonas de los municipios, con lo cual se genera un mejor servicio en el transporte, y un incremento en la comercialización de productos, además de contar con una adecuada accesibilidad a los servicios de salud, educación entre otros. (DNP, PROYECTO TIPO DNP, 2016)

La relación que existe entre la red vial terciaria y las zonas rurales es de gran importancia, como se muestra a continuación en la Figura 27, se evidencia que las zonas donde existe mayor concentración de comunidad rural, son las zonas donde la conectividad de la red terciaria es deficiente, y se traslapa en estos lugares los índices más altos de pobreza multidimensional



Fuente: Grupo de proyectos especiales – DNP Infraestructura Regional y Pobreza Rural, Fedesarrollo (2014) Elaboró UPRA 2015, con base en DNP, Censo 2005, Índice de pobreza multidimensional.

Figura 27 DNP. (2016). Ilustración de comparación de la red vial terciaria de Colombia con el porcentaje de ruralidad y pobreza multidimensional en Colombia. tomado del departamento nacional de planeación

De acuerdo a lo anterior, gracias a una investigación realizada por la economista María Adelaida Ortega, de la universidad de los Andes, cuyo objetivo era estudiar una economía en desarrollo, con grandes diferencias intersectoriales de productividad y una geografía muy accidentada a través de un panel de hogares cuya sección rural estaba compuesta por pequeños productores representativos de cuatro microrregiones del país.

Según (Ortega, 2018) identifiqué los hogares cuya vía de acceso a la cabecera municipal tuvo alguna intervención (construcción o mantenimiento) entre los años de la encuesta. A partir de esto, realicé un análisis de diferencias en diferencias con efectos

heterogéneos según la cercanía a mercados locales y nacionales, sobre variables de producción, productividad, uso de insumos, comercialización, empleo e ingresos.

Por lo cual pudo concluir que el desarrollo económico depende del libre movimiento de los factores de producción, y muestra que el desarrollo rural del país no es posible sin una intervención profunda e integral de la red terciaria, que conecte zonas históricamente marginalizadas con los mercados y la red vial nacional (Ortega, 2018)

9. Construcción De Puentes En Vías Terciarias en Colombia

La construcción de puentes en Colombia esta normalizado por la norma de diseño de puente CCP 14. Como anteriormente se mencionaba es una guía donde describe los materiales, técnicas de construcción y métodos de análisis y diseños que se debe tener en cuenta para el diseño y construcción de todos los puentes en Colombia.

En la red vial terciaria, La construcción de puentes vehiculares tiene como objeto mejorar la intercomunicación terrestre de tramos de la red vial, para disminuir tiempo de viaje y costos de transporte según (DNP, PROYECTO TIPO DNP, 2016). Los puentes vehiculares son empleados para sobrepasar accidentes geográficos, cuerpos de agua y cualquier otro obstáculo. De acuerdo con el departamento nacional de planeación en la construcción de estas estructuras se debe complementar con programas de mantenimientos periódico y rutinario.

La dificultad para la comunicación terrestre de la población rural genera un deterioro en el crecimiento económico y aumenta la desigualdad de las regiones. Así mismo, el mal

estado de las vías y la falta de estructuras eficientes como puentes, genera un problema de movilidad. (DNP, PROYECTO TIPO DNP, 2016).

Por lo anterior se hace necesario mejorar la infraestructura vial que facilite la integración de las regiones para poner en contacto los productores, los comercializadores y los consumidores.

En la siguiente Figura 28 se puede evidenciar la estructura de un puente que conecta un tramo de red vial terciaria, estas estructuras en Colombia tienen las siguientes características. Tiene longitudes que van desde los 15m hasta los 35m generalmente. En la súper estructura el tablero es en concreto reforzado. Se implementan vigas reforzadas en longitudes de 15 m o vigas pos tensadas para longitudes de entre 25 a 35m, y cuenta en sus extremos con dos estribos (DNP, PROYECTO TIPO DNP, 2016).

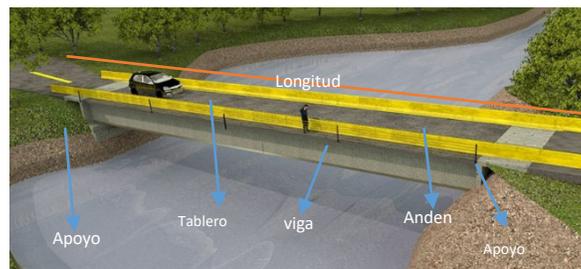


Figura 28 DPN. (2016) Ilustración de un puente en una vía terciaria. tomada y adaptada de https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=124&Itemid=206

Estos puentes cumplen con la necesidad de conectar dos tramos de una vía terciaria o secundaria, con la finalidad de salvar un obstáculo geográfico. Su transitabilidad es media-baja, y cuentan con una inclinación o Pendientado menor al 8% (correal, 2015)

Estas estructuras soportan una carga viva de CC-14, de acuerdo con la Norma de diseño de puentes CCP- 14. Este tipo de carga es una combinación de la normatividad ASHTO y la línea de carga, lo cual desarrolla un factor de carga con datos del tráfico de camiones del ministerio de transporte según (correal, 2015). Dando como resultado que estos puentes pueden soportar cargas puntales de 16 KN + una línea de carga distribuida de 10.3KNM, como se muestra en la Figura 29

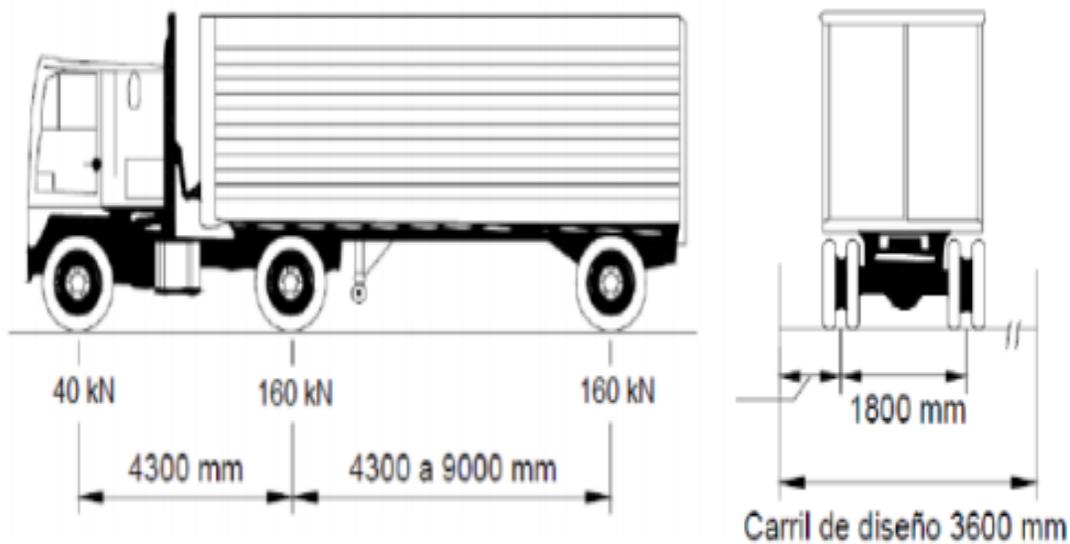


Figura 29 CCP 2014. (2014). Esquema de cargas eje camión de carga CC14 en vías terciarias. Tomado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10029/Pino2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

El proceso constructivo de estos puentes consistió en una fase de actividades preliminares, elaboración de la subestructura, elaboración de la súper estructura y obras adicionales. y a cada una de estas fases se complementan con la elaboración de actividades específicas, como se evidencia en la Diagrama 4 Autoría Propia. (2020). Proceso constructivo puente sobre quebrada agua sal.

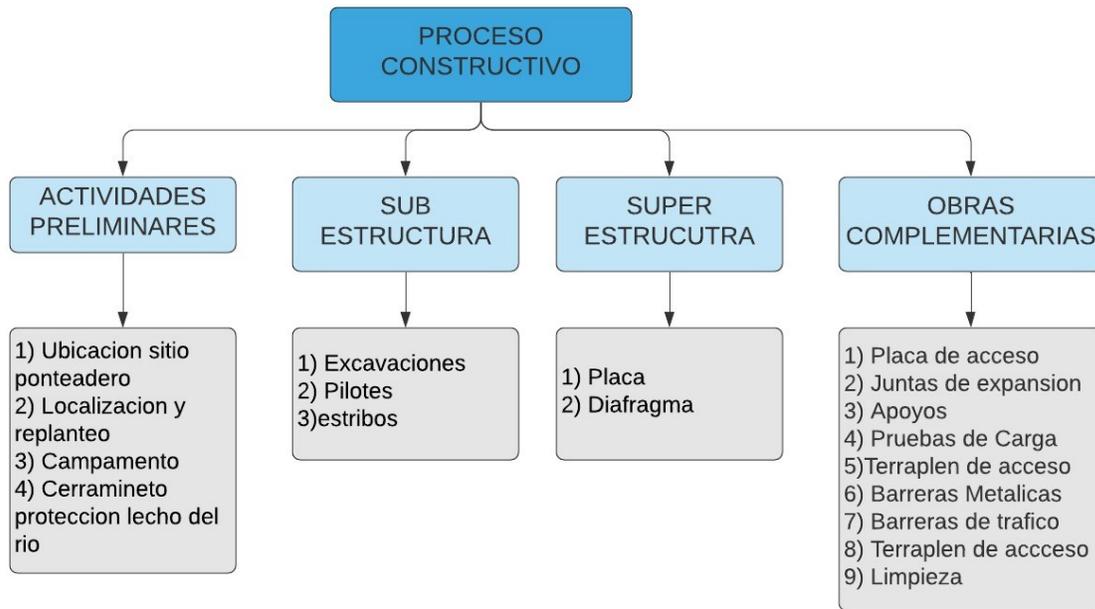


Diagrama 4 Autoría Propia. (2020). Proceso constructivo puente sobre quebrada agua sal.

Actividades preliminares: la actividad preliminar en la construcción de un puente vehicular en una red terciara son las actividades necesarias para el inicio de la construcción de la superestructura y subestructura. Se inicia con la ubicación en sitio ponteadero, que es la fase de ubicación y alineamiento del puente, y es la fase donde se considera las posibles y futuras variaciones en la alineación o en el ancho de la vía (Alcaldía Municipal de Sututausa, 2016).

Posterior a esto se realiza la localización y replanteo, que es la actividad que tiene por objeto el traslado fiel al terreno de las ubicaciones, dimensiones y alineamientos que se presenta en los planos (Nieto, 1968)

En las actividades preliminares es esencial contar con el campamento, que será el lugar que funcionará como oficina y bodega con el fin de tener en orden los materiales, herramienta menor, equipos e insumos almacenada en las mejores condiciones. (Galera, 2015). Se debe realizar una protección de la obra con un cerramiento mediante postes de madera de diámetro de 3”, ubicados cada 2 m y poli sombra en el lecho de río como medida de seguridad para evitar la cimentación del afluente (DNP S. T., 2015)

La **superestructura** y **subestructura** de los puentes en estas vías se realizan en concreto reforzado y se integran con juntas y apoyos. cumplen la función de transmisión de carga, como se ha expuesto anteriormente. (DNP, PROYECTO TIPO DNP, 2016)

Las **obras complementarias** son actividades que no son propias de los elementos del puente, pero son necesarias para el uso de la estructura. La placa de acceso es la actividad en que consiste en el suministro e instalación de concreto, para formar una placa para la accesibilidad de los vehículos al puente con el fin de proteger la estructura (Alcalaldia Municipal de Sututausa, 2016).

Las juntas de expansión y los apoyos son elementos que permite el movimiento de la estructura, como se expuso anteriormente, las pruebas de cargas es una actividad obligatoria donde se realiza una fase de carga estática, en donde consiste colocar una hilera de vehículos con una carga CC-14 de forma estacionaria, para mirar los efectos de la cargas puntuales en la estructura y una fase de carga dinámica, esta prueba consiste en utilizar un camión con las misma proporciones y debe transitar a diferentes velocidades sobre la estructura, para determinar los efectos dinámicos que se generan sobre el puente (Nemocon M. d., 2018)

El terraplén de acceso consiste en el perfilado, nivelación y conformación del terreno, con la finalidad de dar estabilidad a la estructura, la compactación que se requieren en estas estructuras es del 95% (Nemocon M. d., 2018), las barreras de tráfico y las barreras metálicas son elementos de seguridad para proteger al usuario, estos elementos son construidos de acuerdo a medidas y especificación de los diseños.

De acuerdo con el lineamiento y metodología de este trabajo se presentará los procesos constructivos, costos y mantenimientos de tres puentes de vías terciarias en el departamento de Cundinamarca. Con la finalidad de identificar el estado inicial de las estructuras. El estado de inversión e impacto en la zona con la finalidad de identificar la problemática que se genera en la actualidad por la falta de estas estructuras en las zonas rurales.

9.1. Puente Vehicular Sobre la quebrada Agua Sal – Vereda Concubita Del Municipio De Sutatausa

Este puente vehicular se localiza en el departamento de Cundinamarca en el municipio de Sutatausa en la vereda Concubita como se muestra en la Figura 30. Se realiza la construcción el día 10 de agosto de 2018 con una duración de 5 meses y finaliza su etapa de construcción el día 08 de febrero de 2019.



Figura 30 Autoría propia. (2020). Ubicación del puente quebrada agua sal, Municipio Sutatausa vereda Concubita.

La problemática que se evidenciaba en la red vial terciaria que conecta la vereda Concubita y la vereda Salitre era la deficiencia en la estructura de conexión del puente sobre la quebrada agua de sal de esta vía el cual se encontraba construido en madera; motivo por el cual era necesario el reemplazo por una estructura en concreto, con el fin de que garantizara un constante tráfico vehicular que permitiera la comercialización de productos tanto agrícolas, como ganaderos que allí se producen (Sutatausa, 2018)

De acuerdo con el contrato de obra de obra 105 de 2018, cuyo objeto es la construcción del puente sobre la quebrada de agua sal. Se establece el presupuesto para la construcción de esta estructura, como se evidencia en la Tabla 3.

ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	VALOR TOTAL
600.4	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	236.67	18,323.00	4,336,504.41
630.6	CONCRETO CLASE F, 2000 PSI PARA SOLADOS Y ATRAQUES	M3	6.76	339,948.00	2,298,048.48
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)	M3	28.65	523,103.00	14,986,900.95
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (elevaciones)	M3	27.65	613,572.00	16,965,265.80
630.3	CONCRETOS CLASE C, f'c =4000 psi (placas)	M3	20.7	729,841.00	15,107,708.70
630.3	CONCRETOS CLASE C, f'c =4000 psi (vigas en puentes)	M3	20	772,724.00	15,454,480.00

642.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APOYOS ELASTOMÉRICOS	U(DM3)	50	84,838.00	4,241,900.00
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	9732	4,290.00	41,750,280.00
XXX	DREN EN TUBERIA PVC SANITARIA , D=4" (PUNTES)	UN	8	16,445.00	131,560.00
16.8	RELLENO EN RECEBO COMÚN COMPACTADO MECÁNICAMENTE	M3	115.5	59,321.00	6,851,575.50
621.1 P	PILOTE EN CONCRETO DE 3000 PSI, DIÁMETRO 1.5M. CONSTRUCCIÓN MANUAL (INCLUYE EXCAVACIÓN EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL, REFUERZO Y ANILLOS)	ML	6	3,904,889.00	23,429,334.00
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	0.18	433,703.00	78,066.54
4.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT 1800 (ESTABILIZACIÓN, FILTRO Y SEPARACIÓN)	M2	6	7,050.00	42,300.00
673.1	MATERIAL GRANULAR FILTRANTE	M3	3.6	107,027.00	385,297.20
631.1	BARANDAS DE CONCRETO DE 3000 PSI, H=1.05 M, D= 0.35 M	ML	30	344,313.00	10,329,390.00
VALOR COSTO DIRECTO					156,388,611.58
AIU 30%					46,916,583.47
VALOR TOTAL					203,305,195.05

Tabla 3 Adaptación Propia. (2018). Presupuesto construcción puente vehicular vereda Concubita. tomado y aceptado del contrato de obra 105 de 2018.

De acuerdo con el presupuesto se realiza las memorias de cantidades con la finalidad de tener las dimensiones necesarias para el desarrollo del proyecto, se toma como base para medición el presupuesto oficial del contrato de obra y dimensiones de acuerdo a la metodología de construcción de puentes para las vías tercias proyecto TIPO.

MEMORIAS DE ELEMENTOS

DIMENSIONES DEL PUENTE					15 M
SUPER ESTRUCTURA					
VIGAS REFORZADAS M3	CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL



TABLERO M3



DIAFRAGMA M3



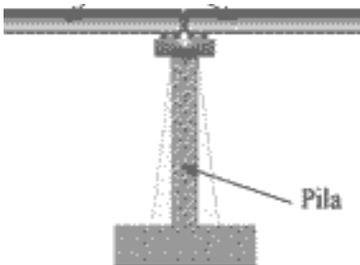
2	12.3	0.90	0.90	20
TOTAL M3				20
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPEJOR	TOTAL
1	15	6	0.23	20.7
TOTAL				20.7
CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
2	9	0.70	2.3	28.65
TOTAL M3				28.65

SUB ESTRUCTURA

EXCAVACIONES M3



PILAS ML



ESTRIBOS M3

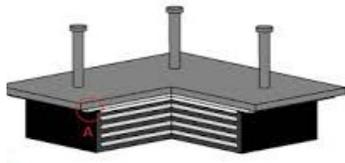


CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
1	15	1.43	11	236.67
TOTAL M3				236.67
CANT.	LONG.	DIAM.	ESPEJ.	TOTAL
2	3	1.5		6
TOTAL ML				6
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPEJOR	TOTAL
2	5	11	0.25	27.65
TOTAL M3				27.65

OBRAS ADICIONALES

APOYOS ELASTOMERICO U/M3

CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
-------	-------	------	-------	-------



JUNTAS DE DILATACION ML



CUNETA M3



DREN UND



BARANDA ML



50				50
TOTAL U/M3				50
CANT.	LONG.	DIAM.	ESPESES.	TOTAL
2	5			10
TOTAL ML				10
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPESESOR	TOTAL
1	30	0.15	CCY0.04	0.18
TOTAL M3				0.18
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPESESOR	TOTAL
8				8
TOTAL UND				8
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPESESOR	TOTAL
1	30			30
TOTAL ML				30

Tabla 4 Autoría Propia. Memorias de cantidades de elementos de la estructura del puente de la vereda Concúbito.

9.2. Puente sobre la quebrada Chiquila de la vereda Checua y Cerro verde del municipio de Nemocon Cundinamarca.

°Este puente vehicular se localiza en el departamento de Cundinamarca en el municipio de Nemocon en la vereda Checua y la vereda Cerro verde como se muestra en la Figura 31, Se realiza la construcción el día 02 de Mayo de 2018 con una duración total de 7 meses y 12 días, en este tiempo se contempló las fechas de suspensión y adición de tiempo al contrato debido a que el presupuesto inicial y diseño del puente no estaba acorde con las

necesidades actuales del proyecto. Por lo cual se da una finalización del proyecto el día 14 de diciembre de 2018.



Figura 31 Adaptación propia. (2020). Localización de puente vehicular en la vereda Cerro verde quebrada Chiquila, vereda Checua.

En el municipio de Nemocon en la vereda Checua y cerro verde, de acuerdo con el estudio de pliegos definitivos, se evidencia la dificultad en la comunicación en la vereda Checua, dado que el puente se encontraba en malas condiciones y se evidencio falta de mantenimientos en la estructura, lo cual genero la presencia de patologías en puntos críticos de la estructura, este problema se presentó por la falta de inversión que realiza el municipio en esta actividad, esto ha generado un aumento en los viajes y una disminución del sector comercial de productos agrícolas. Lo que proyecta un bajo desarrollo socio económico de la zona (Nemocon A. M., 2018)

De acuerdo con el contrato de obra de obra 081 de 2018, cuyo objeto es la construcción del puente sobre la quebrada Chiquila de las veredas Checua y Cerro verde del

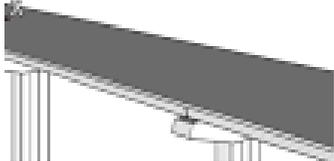
municipio de Nemocon Cundinamarca. Se establece el presupuesto para la construcción de esta estructura con la finalidad de resolver la problemática expuesta anteriormente, como se evidencia en la Tabla 3.

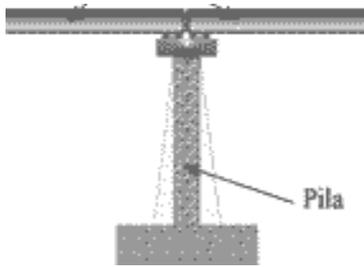
ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	VALOR TOTAL
600.4	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	232.48	18,295.81	4,253,409.91
630.6	CONCRETO CLASE F 2000 PSI PARA SOLADOS Y ATRAQUES	M3	6.04	329,347.40	1,989,258.30
630.4	CONCRETOS CLASE D f'c =3000 psi (bases)	M3	16.08	507,615.87	8,162,463.19
630.4	CONCRETOS CLASE D f'c =3000 psi (elevaciones)	M3	23.14	597,541.26	13,827,104.76
630.3	CONCRETOS CLASE C f'c =4000 psi (placas)	M3	16.1	715,415.00	11,518,181.50
630.3	CONCRETOS CLASE C f'c =4000 psi (vigas en puentes)	M3	8.4	757,936.68	6,366,668.11
642.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APOYOS ELASTOMÉRICOS	U(DM3)	45	82,128.85	3,695,798.25
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	5550	4,170.71	23,147,440.50
XXX	DREN EN TUBERIA PVC SANITARIA D=4" (PUNTES)	UN	8	15,853.29	126,826.32
16.8	RELLENO EN RECEBO COMÚN COMPACTADO MECÁNICAMENTE	M3	59.5	67,663.94	4,026,004.43
621.1 P	PILOTE EN CONCRETO DE 3000 PSI DIÁMETRO 1.5M. CONSTRUCCIÓN MANUAL (INCLUYE EXCAVACIÓN EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL REFUERZO Y ANILLOS)	ML	4	3,855,258.59	15,421,034.36
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	0.36	425,596.06	153,214.58
4.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT 1800 (ESTABILIZACIÓN FILTRO Y SEPARACIÓN)	M2	6	6,749.25	40,495.50
673.1	MATERIAL GRANULAR FILTRANTE	M3	1.8	75,882.33	136,588.19
631.1	BARANDAS DE CONCRETO DE 3000 PSI H=1.05 M D= 0.35 M	ML	20	336,970.85	6,739,417.00
VALOR COSTO DIRECTO					99,603,904.90
AIU 30%					29,881,171.47
VALOR TOTAL					129,485,076.37

Tabla 5 Adaptación Propia. (2018). Presupuesto construcción puente vehicular vereda Checua y Cerro verde del municipio de Nemocon.

De acuerdo con el presupuesto se realiza las memorias de cantidades con la finalidad de tener las dimensiones necesarias para el desarrollo del proyecto, se toma como base para medición el presupuesto oficial del contrato de obra y dimensiones de acuerdo a la metodología de construcción de puentes para las vías tercias proyecto TIPO.

MEMORIAS DE ELEMENTOS

DIMENSIONES DEL PUENTE				10 M	
SUPER ESTRUCTURA					
VIGAS REFORZADAS M3					
	CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
	2	9.97	0.65	0.65	8.4
TOTAL M3					8.4
TABLERO M3					
	CANT.	LONG.	ANCHO	ESPESOR	TOTAL
	1	12	6	0.23	16.08
TOTAL					16.08
DIAFRAGMA M3					
	CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
	2	5	0.70	2.3	16.1
TOTAL M3					16.1
SUB ESTRUCTURA					
EXCAVACIONES M3					
	CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
	1	14.77	1.43	11	232.48
TOTAL M3					232.48
PILAS ML					
	CANT.	LONG.	DIAM.	ESPES.	TOTAL



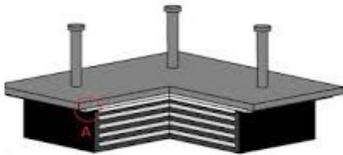
ESTRIBOS M3



2	3	1.5		6
TOTAL ML				6
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPEJOR	TOTAL
2	3.21	8	0.31	16.08
TOTAL M3				16.08

OBRAS ADICIONALES

APOYOS ELASTOMERICO U/M3



JUNTAS DE DILATACION ML



CUNETA M3



DREN UND



BARANDA ML

CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
45				45
TOTAL U/M3				45
CANT.	LONG.	DIAM.	ESPEJ.	TOTAL
2	5			10
TOTAL ML				10
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPEJOR	TOTAL
1	20	0.30	0.06	0.36
TOTAL M3				0.36
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPEJOR	TOTAL
8				8
TOTAL UND				8
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPEJOR	TOTAL



1	20			20
TOTAL ML				20

Tabla 6 Autoría Propia. Memorias de cantidades de elementos de la estructura del puente de la vereda Checua y Cerro verde del municipio de Nemocon.

9.3. Puente en concreto vereda Cusaquin, sector puente cubierto en el municipio de Gacheta, Cundinamarca.

La construcción del puente inicia el día 12 de junio de 2018 con una duración de 10 meses y 25 días, finaliza su etapa de construcción el día 18 de julio de 2019, el tiempo inicial de la construcción era de cinco meses, pero debido a una deficiente evolución presupuestal contractual, fue necesario la ampliación del contrato y la adición del valor en el contrato, la construcción del puente se localizó en el municipio de Gacheta del departamento de Cundinamarca, en la vereda Cusaquin, como se muestra en la Figura 32.



Figura 32 Adaptación propia. (2020). Localización de puente vehicular en la vereda Cusaquin, sector puente cubierto del municipio de Gacheta.

En el municipio de Gacheta en la vereda Cusaquin sector puente cubierto, de acuerdo con el estudio previo, se presentaron altas precipitaciones lo que generó una creciente súbita

en la zona, lo que ocasionó el colapso de la estructura del puente, por lo cual se vio afectada la comunicación de la población de la vereda Cusaquin, la cual alberga una población de 830 personas, este fallo en la estructura , genero una afectación en el tiempo de recorrido y dificultad en el crecimiento económico y desarrollo comercial de la zona, por ende la inversión de esta estructura fue esencial para minimizar los daños generados por el colapso de la estructura. (Gacheta, 2018)

De acuerdo con el contrato de obra de obra 010 de 2017, cuyo objeto es la construcción del puente en concreto en la vereda Cusaquin, sector Puente cubierto en el municipio de Gacheta, Cundinamarca. Se establece el presupuesto para la construcción de esta estructura, como se evidencia en la Tabla 7.

ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	VALOR TOTAL
600.1	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	377.6	18,320.00	6,917,632.00
630.6	CONCRETO CLASE F 2000 PSI PARA SOLADOS Y ATRAQUES	M3	7.552	346,140.00	2,614,049.28
630.4	CONCRETOS CLASE D f'c =3000 psi (bases)	M3	63	529,010.00	33,327,630.00
630.4	CONCRETOS CLASE D f'c =3000 psi (elevaciones)	M3	40.9	619,770.00	25,348,593.00
630.4	CONCRETOS CLASE C f'c =4000 psi (placas)	M3	31.8	741,717.00	23,586,600.60
630.4	CONCRETOS CLASE C f'c =4000 psi (vigas en puentes)	M3	39.2	784,840.00	30,765,728.00
642.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APOYOS ELASTOMÉRICOS	U(DM3)	50	87,643.00	4,382,150.00
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	20476	4,463.00	91,384,388.00
	DREN EN TUBERIA PVC SANITARIA D=4" (PUENTES)	UN	8	16,956.00	135,648.00
16.7	RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO COMPACTADO MECÁNICAMENTE	M3	112.5	18,202.00	2,047,725.00

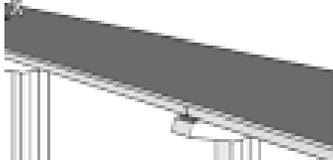
16.8	RELLENO EN RECEBO COMÚN COMPACTADO MECÁNICAMENTE	M3	84.1	66,000.00	5,550,600.00
621.1 P	PILOTE EN CONCRETO DE 3000 PSI DIÁMETRO 1.5M. CONSTRUCCIÓN MANUAL (INCLUYE EXCAVACIÓN EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL REFUERZO Y ANILLOS)	ML	4	3,951,725.00	15,806,900.00
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	2.4	442,489.00	1,061,973.60
4.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT 1800 (ESTABILIZACIÓN FILTRO Y SEPARACIÓN)	M2	120	7,268.00	872,160.00
673.1	MATERIAL GRANULAR FILTRANTE	M3	48	89,471.00	4,294,608.00
631.1	BARANDAS DE CONCRETO DE 3000 PSI H=1.05 M D= 0.35 M	ML	50	351,133.00	17,556,650.00
TOTAL COSTO DIRECTO					265,653,035.48
AIU 30%					79,695,911
TOTAL					345,348,946.12

Tabla 7 Adaptación Propia. (2020). Presupuesto de construcción del puente vehicula vereda Cusaquin, sector Puente cubierto en el municipio de Gacheta.

De acuerdo con el presupuesto se realiza las memorias de cantidades con la finalidad de tener las dimensiones necesarias para el desarrollo del proyecto, se toma como base para medición el presupuesto oficial del contrato de obra y dimensiones de acuerdo a la metodología de construcción de puentes para las vías tercias proyecto TIPO.

MEMORIAS DE ELEMENTOS

DIMENSIONES DEL PUENTE				30 M		
SUPER ESTRUCTURA						
VIGAS REFORZADAS M3		CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
		2	30	0.85	0.85	45
		TOTAL M3				
TABLERO M3		CANT.	LONG.	ANCHO	ESPESOR	TOTAL



DIAFRAGMA M3



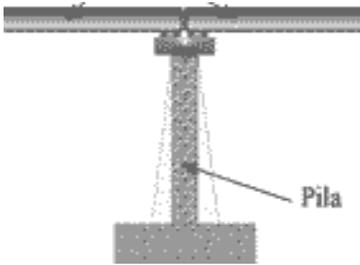
1	30	6	0.25	43.37
TOTAL				16.08
CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
2	6	1	3.4	41.22
TOTAL M3				41.22

SUB ESTRUCTURA

EXCAVACIONES M3



PILAS ML



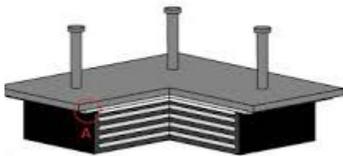
ESTRIBOS M3



CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
1	10	0.4	7	28
TOTAL M3				28
CANT.	LONG.	DIAM.	ESPESES.	TOTAL
2	5.5	1.5		11
TOTAL ML				11
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPESOR	TOTAL
2	5	8	0.5	39.16
TOTAL M3				39.16

OBRAS ADICIONALES

APOYOS ELASTOMERICO U/M3



JUNTAS DE DILATACION ML

CANT.	LONG.	ALTO	ANCHO	TOTAL
45				45
TOTAL U/M3				45
CANT.	LONG.	DIAM.	ESPESES.	TOTAL



CUNETA M3



DREN UND



BARANDA ML



2	5			10
TOTAL ML				10
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPESOR	TOTAL
1	50	0.40	0.06	1.2
TOTAL M3				1.2
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPESOR	TOTAL
8				8
TOTAL UND				8
CANT.	LONG.	ANCHO	ESPESOR	TOTAL
2	32			64
TOTAL ML				64

Tabla 8 Autoría Propia. Memorias de cantidades de elementos de la estructura del puente de la vereda Checua y Cerro verde del municipio de Nemocon.

9.4. Comparación de los tres puentes

Los datos que se obtuvieron con los tres puentes de estudio del municipio de Cundinamarca, nos brinda los siguientes resultados que se muestra en la

Figura 33, con estos datos, se logra identificar el costo de inversión por longitud que conlleva la construcción de estos puentes en las vías terciarias en Colombia.

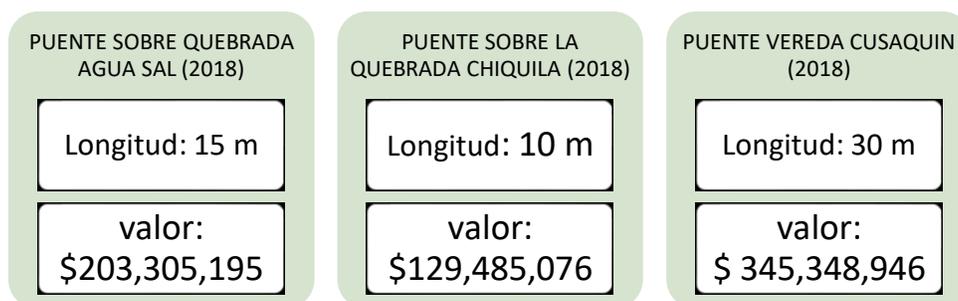


Figura 33 Adaptación propia, (2020). Comparación de longitud y valor de los puentes de estudio.

Con estos datos, podemos establecer que el costo de inversión por ML de un puente en una vía terciaria en Colombia a la fecha de hoy tiene un costo de \$ 14,394,165.87, de acuerdo con la corrección de IPC que se realizó a cada valor presupuestado de los distintos puentes a través de la Ecuación 1 Calculo de valor actual con valores de IPCy teniendo en cuenta el IPC del año de ejecución de cada puente.

$$\text{Valor final} = \text{Valor inicial} * \frac{\text{IPC final}}{\text{IPC inicial}}$$

Ecuación 1 Calculo de valor actual con valores de IPC

	LONG	VALOR	VALOR/ ML	VALOR PROM.
PUENTE SOBRE QUEBRADA AGUA SAL IPC 113.267	15 m	\$ 203,305,195.05	\$ 13,553,679.67	\$ 14,394,165.87
		\$ 217,759,561.98	\$ 14,517,304.13	
PUENTE SOBRE LA QUEBRADA CHIQUILA IPC 113.267	10 m	\$ 129,485,076.37	\$ 12,948,507.64	
		\$ 138,691,062.14	\$ 13,869,106.21	
PUENTE VEREDA CUSAQUIN IPC 108.825	25 m	\$ 345,348,946.12	\$ 11,511,631.54	
		\$ 369,902,181.85	\$ 14,796,087.27	

Tabla 9 Adaptación propia. (2020). Cuadro calculo promedio ML construcción de puente en una vía terciaria en Colombia.

Se evidencia que los municipios donde se dispusieron los rubros para la construcción de los puentes de estudio, no se contempla un presupuesto detallado para el mantenimiento respectivo de estos puentes, es algo común que en los presupuestos municipales no se priorice la actividad de mantenimiento de estas estructuras, sin embargo, mediante una consulta en la plataforma de contratación pública de Colombia, se pudieron tomar valores de contratos de mantenimiento y restauración en puentes vehiculares ubicados en zonas veredales como se muestran en la Tabla 10.

No proceso	Puente	Año	Actividades de mantenimiento	Valor
19-12-10237563	Puente ubicado en el sector de cardonal vereda centro municipio de Chiscas	2019	el mantenimiento incluye la limpieza y adecuación del mismo, el material producto de la limpieza debe ser depositado en sitios indicados para su descomposición.	\$2,500,000
19-13-10004969	Puente ubicado en la vereda del Cedro del municipio de la montaña Caquetá	2019	Construcción y refuerzo de alambre en muros y torres	\$8,000,000
19-13-10195790	Puente sobre la quebrada pichincha, vereda agua blanca del municipio de Suarez	2019	Demolición de placa superior, suministro e instalación de concreto de 3000 PSI Y acero de refuerzo	\$22,822,875
19-22-10791	Puente Rio avance que comunica la vereda laureles	2019	Alistamiento de vigas, arrastre de vigas, y armaje	\$18,920,000
198-13-9981648	Puente sobre rio Quinamayo, vereda la capilla del Municipio Santander de Quilichao	2019	Excavación manual y retiro de residuos, relleno de material, mejoramiento en concreto 300 psi de muro y losa, remplazo de baranda metálico, aplicación de anticorrosivo, aplicación total de pintura	\$23,132,000
19-11-9941375	puente sobre el río Cusiana vereda margaritas del municipio de pajarito Boyacá	2019	construcción, mejoramientos periódicos y rutinario del puente	\$35,901,718
19-13-9905584	puente sobre el río Quinamayó, vereda la capilla del municipio Santander de Quilichao.	2019	Mantenimiento y mejoramiento del puente	\$23,132,200

19-13-9887376	Puente sobre la quebrada Tenería, ubicado en la vereda tenería parte alta, sector los tanques, jurisdicción del municipio de floresta – Boyacá	2019	Mantenimiento y mejoramiento del puente	\$ 8,000,000
---------------	--	------	---	--------------

Tabla 10 Valor de mantenimiento de puentes vehiculares en Colombia

El valor del mantenimiento de un puente que conecta una red terciaria, varía de acuerdo a la necesidad que se evidencie en la estructura, dado que los municipios no cuentan con un rubro de mantenimiento rutinario o preventivo para estas estructuras, organizan el presupuesto de inversión con la necesidad que se evidencie en las infraestructuras de la zona, de acuerdo con los proyectos que se consultaron, se podría establecer un costo promedio de un mantenimiento rutinario de \$ 6,000,000 , que constaría en limpieza, actividades de pintura y resane de fisuras y se puede prever un costo promedio para un mantenimiento preventivo o rehabilitación un costo de \$24,000,000. Como se muestra en la Figura 34

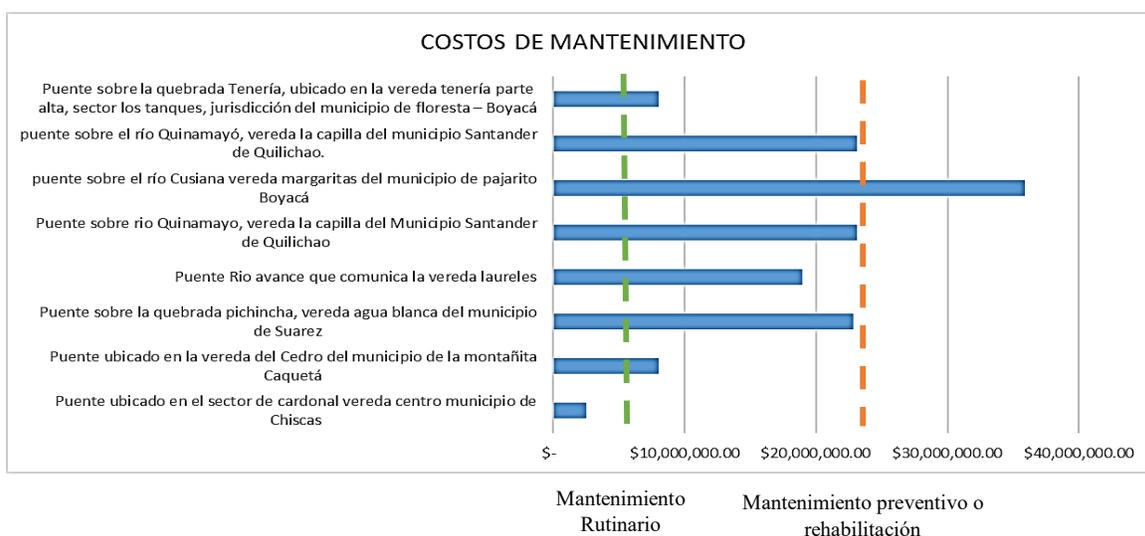


Figura 34 Grafica de costos de mantenimiento puentes vehiculares en Colombia tomado de SECOP I

De acuerdo con las actividades que se realizan en los mantenimientos de los puentes, se evidencia que no se tiene en cuenta el costo de limpieza y mantenimiento de las juntas y apoyos de los puentes de estas zonas, siendo un elemento que puede afectar la vida útil de la estructura.

10. Construcción de puentes integrales

La construcción de los puentes integrales es similar a los procesos constructivos de los puentes convencionales, cuenta con los mismos elementos en la superestructura y la subestructura, solo varía en los elementos del componente de las obras adicionales y su forma de construcción, como se evidencia en la Figura 35.

1. ACTIVIDADES PRELIMINARES <ul style="list-style-type: none">• Ubicación del ponteadero• Excavación• Localización y replanteo• Campamento• Cerramiento
2. SUBESTRUCUTRA <ul style="list-style-type: none">• Pilotes metálicos incados cimentación estribos• Cimentación de pilas• Pilares
3. SUPERESTRUCTURA <ul style="list-style-type: none">• Losa continua• Vigas• Diafragmas
4. OBRAS ADICIONALES <ul style="list-style-type: none">• Pruebas de carga• Terraplen de acceso• Limpieza

Figura 35 Autoría propia. (2020). Cuadro de actividades construcción de un puente integral.

Las **actividades preliminares**, que se requieren para la construcción de un puente integral, son similares a las actividades que se realizan para la construcción de un puente

convencional, como se expuso anteriormente en el capítulo No 9 Construcción De Puentes En Vías Terciarias en Colombia

Para la construcción de la subestructura de puente integral se debe considerar las siguientes partes que lo componen, losa de transición y unión del tablero con el estribo, aparte de los elementos convencionales que integra la superestructura de un puente, en cuanto a la subestructura se debe considerar la cimentación de los estribos, y empalme de las pilas con el tablero, además de los elementos que componen esta parte del puente y que se han mencionado con anterioridad.

10.1. Losa de transición

Las losas de transición tienen la funcionalidad de mitigar los esfuerzos que se generan entre la calzada de acceso del puente y el estribo por el peso de los vehículos que transitan sobre la estructura, lo que brinda comodidad y seguridad para el usuario. Este elemento que hace parte del puente integral, tienen la ventaja de evitar la filtración del agua al terraplén de acceso, lo cual favorece a la estructura, además de ser soporte para el anclaje de elementos que brinden seguridad a vehículos de tránsito. (Crespo, 2000)

La losa de transición se convierte un componente de proyección de la losa del tablero, y debido a esta proyección que se realiza de la losa, permite empalmar la diferencia de asientos entre el tablero y el terraplén como se muestra en la Figura 36 Crespo R. (2000). Esquema losa de transición puente integral. tomado de guía para la concepción de puentes integrales en carreteras

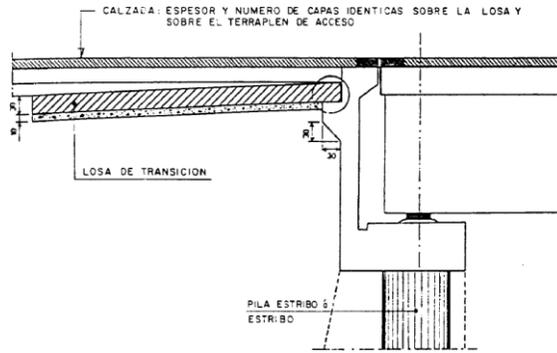


Figura 36 Crespo R. (2000). Esquema losa de transición puente integral. tomado de guía para la concepción de puentes integrales en carreteras

En estas losas de transición se realiza una rotula de hormigón lo que permite dar una capacidad rotacional, lo que permite dar un mejor comportamiento a largo plazo que las losas articuladas. En la Tabla 11 se muestran las dimensiones de una losa de transición.

DIMENSIONES LOSA DE TRANSICION		
	Mínimo	Máximo
longitud	3 m	6 m
Ancho	igual al del tablero	
Sobre ancho	0.50 m	1.00 m
Espesores	0.20 m	0.30 m

Tabla 11 Autoría propia. (2020). Tabla de dimensiones de losa de transición puente integral

10.2. Cimentación de estribos

En puentes integrales los estribos llevan una cimentación diferente a los puentes convencionales, la cimentación se realiza por medio de una hilera de pilotes hincados estos pilotes se encargan de transferir las cargas al terreno, estos elementos tienen el comportamiento de los apoyos articulados, brindando elasticidad a la estructura como se muestra en la Figura 37, por lo general estos pilotes tienen un diámetro de 0.30 m, y se

encuentran separados entre sí cada 2 m, la profundidad del pilote estará dispuesto por el estudio de suelos, por lo general no suelen ser mayores a 12 m (García, *Proceso constructivos de puentes integrales cortos*, 2012)

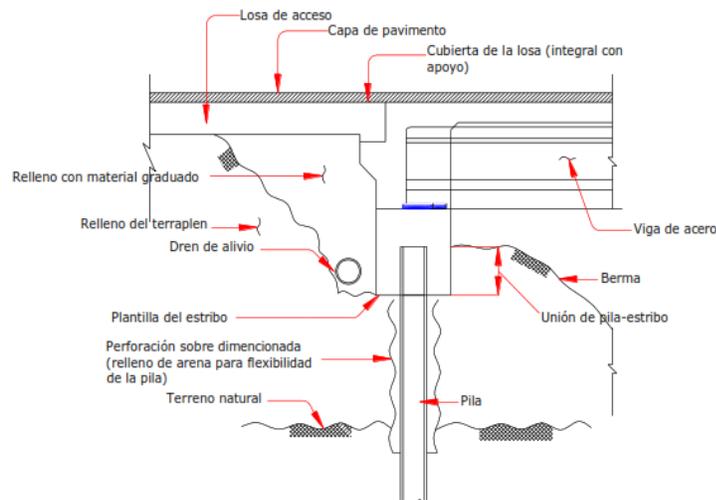


Figura 37 Sinue .V.G. (2012). Esquema de estribo integral típico. tomado de Proceso constructivo de puentes integrales cortos

Estos pilotes pueden ser en concreto pretensado, madera o metálicos, en general se emplean los metálicos dado a que tienen un comportamiento dúctil, lo cual le permite dar una propiedad rotacional lo que permite la generación de rotulas plásticas, esto hace que los estivos puedan adaptarse a los movimientos que se generan en el tablero. (Crespo, 2000).

10.3. Unión tablero con el estribo.

En el encuentro del tablero se debe realizar un durmiente en hormigón sobre el que descansa el tablero y la losa de acceso, en esta transición se dispone una separación de 30 mm para permitir el movimiento al tablero, y se complementa con una junta elástica que permite una separación de 60 mm, en este elemento se dispone de un drenaje para la

conducción de las aguas con el fin de evitar deterioros en la estructura a futuro. (Crespo, 2000).

En resumen, los puentes integrales y convencionales utilizan una junta de dilatación, la diferencia es que los puentes convencionales utilizan esta junta de dilatación como unión entre el estribo y el tablero, en los puentes íntegreles se utiliza a final de la losa de transición, esta posición genera una mayor vida útil a la estructura.

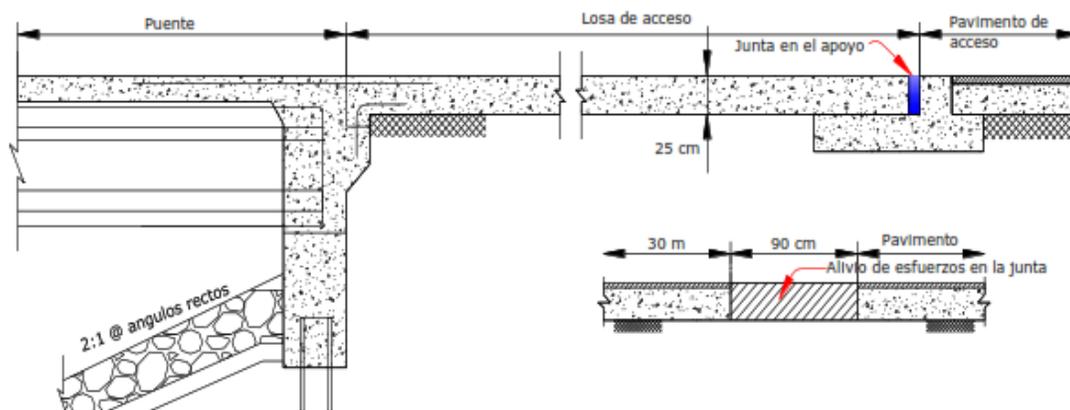
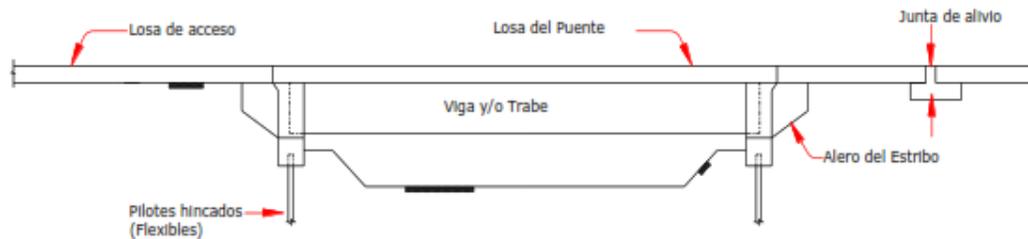


Figura 38 Sinue V.G. (2012). Esquema. Detalle sección junta de la unión del estribo y la losa de transición. tomado de Proceso constructivo de puentes integrales cortos.

10.4. Empalme de pilas y tablero

En los puentes integrales las pilas o pilares de la subestructura no se unen con un apoyo elastómero al tablero como los puentes tradicionales, si no que las pilas se encuentran embebidas en el tablero, esto reduce el número de apoyos, lo que brinda una reducción en el costo de mantenimiento, para la construcción de las pilas, se debe tener en cuenta los esfuerzos de movimiento a los que va hacer sometido la estructura, además de hacer el cálculo acertado del acero figurado con la finalidad de soportar los esfuerzos de rotación a los que se

somete el puente, la ventaja de esta estructura aparte de la disminución del costo de mantenimiento, es una estructura que tiene un comportamiento isostático, lo que le da una



mejor resistencia a los esfuerzos sísmicos. (García, Proceso constructivos de puentes integrales cortos, 2012) Un puente integral está compuesto por los elementos que se muestra en la Figura 39 Sinue V.G. (2012). Esquema. Elementos puente integral. tomado de Proceso constructivo de puentes integrales cortos

Figura 39 Sinue V.G. (2012). Esquema. Elementos puente integral. tomado de Proceso constructivo de puentes integrales cortos

10.5. Costo construcción de un puente integral

En Colombia existen diferentes tipos de puentes, pero no se encuentra una construcción de un puente integral que satisfaga las propiedades para la conexión de las vías terciarias, Por ende, para establecer el costo que conlleva un puente integral en Colombia en una red vial terciaria, se tomó como base los diseño que se presentan en el trabajo procesos construcción de un puente integrales cortos realizado por el señor Sinue de la vega García de la UNAM.

Se toma como base este trabajo dado que son diseños de puentes integrales cortos, que no supera una longitud de 30 m, lo cual es ideal para los tramos de conexión de las vías terciarias en Colombia, además de tomar para el desarrollo de los diseños un ancho de 6 m, lo cual permite adaptar este trabajo a las especificaciones que propone el DPN en la concepción de puentes para vías terciarias.

Para determinar el costo constructivo de un puente integral en Colombia, se parte del presupuesto de un puente convencional, dado que el proceso constructivo de estos dos puentes es similar y se realiza una evaluación de cantidad y Análisis de precios unitarios de los elementos adicionales que complementan al puente integral los cuales son la cimentación en estribos, losa de transición, durmiente de hormigón que permite la unión de la losa de transición y el tablero y el empalme de las pilas con el tablero.

Para la evaluación del costo constructivo del puente integral se establece un puente con una longitud de 30 m y un ancho de calzada de 6 m, el tablero se consideró por diseño un espesor de 30 cm, y se toma las dimensiones de los elementos de acuerdo al trabajo realizado por procesos construcción de un puente integrales cortos realizado por el señor Sinue de la vega García de la UNAM.

Para la constitución del presupuesto se realiza la cuantificación de cantidad de materiales a través de las memorias de cantidades de los elementos más representativos del puente integrales, en la Tabla 12 Memoria de cantidades estribo puente integral se especifica las cantidades de concreto de los estribos que va a utilizar el puente las dimensiones y cantidad de concreto que se va a utilizar en los pilotes de los estribos. En la Tabla 13 Memoria de cantidades Losa de transición. Puente integral Se relacionan los elementos de transición y la cantidad de concreto que este elemento necesitara para su construcción, en la Tabla 14 Se realiza el cálculo de concreto del tablero de acuerdo con las dimensiones y elementos necesarios del puente integral. En la Tabla 15 se realiza el dimensionamiento de la pilas que constituirían el puente.

CAPÍTULO	1	ESTRIBOS				
ITEM No.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN				ZONA O ÁREA DE UBICACIÓN
1.1	m3	CONCRETOS CLASE D f'c =3000 psi Estribos				SUB ESTRUCTURA
ÁREA O LUGAR ESPECIFICO	DIMENSIONES				MEDIDA TOTAL	PLANO O REGISTRO GRÁFICO O ESQUEMA
	LARGO	ANCHO	ALTO	CANT.		
DENTELION	6.00	0.90	0.30	2.00	3.24	
BASE ESTRIBO	6.00	0.90	0.90	2.00	2.16	
CUERPO ESTRIBO	6.00	0.90	3.00	2.00	9.72	
				Subtotal	47.52	
				TOTAL	47.52	
CAPÍTULO	1	ESTRIBOS				
ITEM No.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN				ZONA O ÁREA DE UBICACIÓN
1.2	UND	Pilote Concreto pretensado de diametro de Ø de 30 cm, separados cada 2 metros desde el eje del pilote con una profundidad de 12 m				SUB ESTRUCTURA
ÁREA O LUGAR ESPECIFICO	DIMENSIONES				MEDIDA TOTAL	PLANO O REGISTRO GRÁFICO O ESQUEMA
	LARGO	ANCHO	ALTO	CANT.		
PILOTES ESTRIBO SUR				3.00	3.00	
PILOTES ESTRIBO NORTE				3.00	3.00	
				Subtotal	6.00	
				TOTAL	6.00	

Tabla 12 Memoria de cantidades estribo puente integral

Para la realización del presupuesto, se desarrolló el análisis de precios unitarios de los ítems 1.2 Pilote Concreto pretensado de diámetro de Ø de 30 cm, como se muestra en la Tabla 16 , 2.2 Junta de dilatación de 10 cm como lo expone la Tabla 17 y 3.2 Junta de relleno de 1.2 como se evidencia en la Tabla 18 Esto se realiza dado que en los presupuestos base de los puentes convencionales, no se tenían contemplado estas actividades que son propias de los puentes integrales. Para el desarrollo de los APU, se tomó como base el listado de insumos IDU precios de referencia 2019 vigencia 2020 para el cálculo de los precios de actividades, insumos y mano de obra de las actividades descritas anteriormente.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - APU'S						
1	Pilote concreto pretensado de diámetro Ø de 30 cm, separados cada 2 metros desde el eje del pilote con una profundidad de 12 m				UNIDAD:	UND
I. EQUIPO						
	Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unitario	
	ALQUILER EQUIPO DE PERFORACION, INCLUYE JUEGO DE BROCAS. (Barrenadora. Incl. Tripod y elementoss e perforacion y extensio) incl. Operario y combustible. Incluye stand bay minimo de 5 horas diarias	hr	8,00	\$ 350.000,00	2.800.000,00	
	BOMBEO DE CONCRETO CON AUTOBOMBA (No incluye suministro ni instalacion de concreto)	m3	3,00	\$ 38.080	114.240,00	
SUBTOTAL					2.914.240,00	
	Descripcion	UNIDAD	Precio-Unit.	Cantidad	Valor Unitario	
	Concreto Fc 4000 psi tamaño maximo del agregado 12.5 mm	m3	409.182,00	0,84	343.712,88	
	aramado canasta para pilotes	kg	452,00	8.400,00	3.796.800,00	
SUBTOTAL					4.140.512,88	
III. TRANSPORTES						
	Material	Vol-Peso o Cant	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario
SUBTOTAL					-	
IV. MANO DE OBRA						
	Cuadrilla	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit		
	MANO DE OBRA CUADRILLA AA MAS PRESTACIONES MAESTRO + OFICIAL	\$ 18.290,00	8,00	146.320,00		
SUBTOTAL					146.320,00	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					7.201.072,88	

Tabla 16 Análisis de precio unitario pilote de concreto pretensado

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - APU'S						
2.2	Junta de dilatacion de 10 cm			UNIDAD:	UND	
I. EQUIPO						
	Descripción	Tipo	Rend.	Valor Unitario	Valor total	
	CORTADORA DE CONCRETO (SIN DISCO). INCLUYE COMBUSTIBLE	DIA	0.10	58,409.00	\$ 5,840.90	
				SUBTOTAL	5,840.90	
II. MATERIALES						
	Descripcion	UNIDAD	Precio-Unit.	Cantidad	Valor Unitario	
	JUNTA DE DILTACION ELASTOMERICA 250 TAMAÑO 64 X 70 MM	ML	68,033.00	3.00	204,099.00	
	SIKA FLEX 1 A DE 300 ML	UND	32,900.00	2.00	65,800.00	
				SUBTOTAL	269,899.00	
III. TRANSPORTES						
	Material	Vol-Peso o Cant	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario
				SUBTOTAL	-	
IV. MANO DE OBRA						
	Cuadrilla	H/JORNAL	Rendimiento	Valor-Unit		
	MANO DE OBRA CUADRILLA AA MAS PRESTACION MAESTRO + OFICIAL	\$ 18,290.00	2.00	36,580.00		
				SUBTOTAL	36,580.00	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				312,320.00	

Tabla 17 Análisis de precio unitario junta de dilatación de 10 cm para la losa de transición

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - APU'S					
3.2		Junta de relleno de 1.2 cm		UNIDAD:	UND
I. EQUIPO					
Descripción	Tipo	Rend.	Valor Unitario	Valor total	
CORTADORA DE CONCRETO (SIN DISCO). INCLUYE COMBUSTIBLE	DIA	0.10	58,409.00	\$	5,840.90
			SUBTOTAL	5,840.90	
II. MATERIALES					
Descripcion	UNIDAD	Precio-Unit.	Cantidad	Valor Unitario	
JUNTA DE DILTACION ELASTOMERICA 250 TAMAÑO 64 X70 MM	ML	68,033.00	3.20	217,705.60	
SIKA FLEX 1 A DE 300 ML	UND	32,900.00	2.00	65,800.00	
			SUBTOTAL	283,505.60	
III. TRANSPORTES					
Material	Vol-Peso o Cant	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario
			SUBTOTAL	-	
IV. MANO DE OBRA					
Cuadrilla		H/JORNAL	Rendimiento	Valor-Unit	
MANO DE OBRA CUADRILLA AA MAS PRESTACION MAESTRO + OFICIAL		\$ 18,290.00	2.40	43,896.00	
			SUBTOTAL	43,896.00	
TOTAL COSTOS DIRECTOS				333,243.00	

Tabla 18 Análisis de precio unitario Junta de relleno de 12 cm para continuidad del tablero.

Con las memorias de cantidades y los análisis de precios unitarios que se realizaron se conforma el presupuesto del puente integral, como se muestra en la Tabla 19, los datos obtenidos indican que el costo de construcción de este puente es de \$ 506,289,381.05

ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	VALOR TOTAL
EXCAVACION Y RELLENO					
600.1	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOB RANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	40.32	\$ 18,312.00	\$ 738,339.84
16.7	RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO COMPACTADO MECÁNICAMENTE	M3	738	\$ 18,202.00	\$ 13,433,076.00
16.8	RELLENO EN RECEBO COMÚN COMPACTADO MECÁNICAMENTE	M3	40.32	\$ 66,000.00	\$ 2,661,120.00
673.1	MATERIAL GRANULAR FILTRANTE	M3	14.4	\$ 89,471.00	\$ 1,288,382.40
CONCRETO					
1.1	CONCRETOS CLASE D f'c =3000 psi Estribos	M3	47.52	\$ 610,294.00	\$ 29,001,170.88
1.2	Pilote Concreto pretensado de diametro de Ø de 30 cm, separados cada 2 metros desde el eje del pilote con una profundidad de 12 m	UN	6	\$ 7,201.073	\$ 43,206.437
2.1	CONCRETOS CLASE C f'c =4000 psi (Losa de transición)	M3	27.12	\$ 728,991.00	\$ 19,770,235.92
630.6	CONCRETO CLASE F 2000 PSI PARA SOLADOS Y ATRAQUES	M3	4	\$ 346,140.00	\$ 1,384,560.00
630.4	CONCRETOS CLASE C f'c =4000 psi (vigas en puentes)	M3	60	\$ 901,951.00	\$ 54,117,060.00
3.1	CONCRETOS CLASE C f'c =4000 psi (Tablero)	M3	63.24	\$ 728,991.00	\$ 46,101,390.84
4.1	PILAS EN CONCRETO DE 3000 PSI DIÁMETRO 1.5M. CONSTRUCCIÓN MANUAL (INCLUYE EXCAVACIÓN EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL REFUERZO Y ANILLOS)	ML	20	\$ 3,951,725.00	\$ 79,034,500.00
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	1.44	\$ 442,489.00	\$ 637,184.16
ACERO DE REFUERZO					
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	4752	\$ 4,463.00	\$ 21,208,176.00
APOYOS Y JUNTAS DE DILATACION					
2.2	JUNTA DE DILATACION DE 10 CM	UN	2	\$ 312,320.00	\$ 624,640.00
3.2	Junta de relleno de 1.2 cm	UN	2	\$ 333,243.00	\$ 666,486.00
642.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APOYOS ELASTOMÉRICOS	UND	12	\$ 87,643.00	\$ 1,051,716.00
OTROS					
650	DREN EN TUBERIA PVC SANITARIA D=4" (PUEENTES)	UN	8	\$ 16,956.00	\$ 135,648.00
4.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT 1800 (ESTABILIZACIÓN FILTRO Y SEPARACIÓN)	M2	24	\$ 7,268.00	\$ 174,432.00
631.1	BARANDAS DE CONCRETO DE 3000 PSI H=1.05 M D= 0.35 M	ML	60	\$ 351,133.00	\$ 21,067,980.00

TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 339.813.865
AIU 30%	\$ 101.944.160
TOTAL	\$ 441.758.025

Tabla 19 Presupuesto puente integral para una vía terciaria en Colombia

Con estos datos, podemos establecer que el costo de inversión probable por ML de un puente integral en una vía terciaria en Colombia tiene un costo de \$ 14.725.267

11. Análisis de resultados

En este capítulo se realiza el análisis de los datos, propiedades, costos entre otros obtenidos del proceso constructivo de los puentes convencionales en Colombia y se realiza una comparación con los datos de los puentes integrales, con la finalidad de apreciar las ventajas y desventajas de cada una de las estructuras.

11.1. Estructura

El componente de la estructura, expone las propiedades físicas de los puentes convencionales en Colombia e integrales, como se muestra en la Tabla 20, dado que llevan los mismos elementos estos dos tipos de estructuras, los dos tipos de puentes cumplen con la función de salvar obstáculos y de soportar las cargas de uso, sin embargo las pequeñas diferencia en el puente integral, le brinda una ventaja a los puentes convencionales, dado que a su rigidez en la estructura le permite soportar mejor las fuerzas sísmicas, que a los puentes convencionales, y dado al que no cuenta con juntas de dilatación, reduce la problemática de corrosión y erosión de este elemento lo que le brinda una mayor vida útil a la estructura.

Elementos	Puente convencional Colombia	Puente integral
Súper estructura		
Tablero	El tablero tiene la función de transmitir las cargas de servicio a la sub estructura. Inicia y finaliza con la junta de dilatación.	El tablero tiene la función de transmitir las cargas de servicio a la sub estructura. Inicia y finaliza con una losa de transición, lo que da una continuidad con la losa de acceso y el tablero
accesorio tableros	<ul style="list-style-type: none"> • Baranda en concreto 	<ul style="list-style-type: none"> • Baranda en concreto • Losa de transición • Durmiente de hormigón
vigas	Reciben las cargas del tablero y las trasmite a la sub estructura	Reciben las cargas del tablero y las trasmite a la sub estructura
Sub estructura		
Pilas	Las pilas reciben las cargas de la súper estructura y las transmiten al terreno, están unidas al tablero mediante apoyos de neopreno elastómeros, lo que brinda un manejo de las cargas dinámicas generadas por los vehículos	reciben las cargas de la súper estructura y las transmiten al terreno, estas están embebidas en el tablero, lo que brinda rigidez a la estructura, lo que mejora la estructura ante las fuerzas sísmicas
Estribos	proveen soporte al tablero, y conecta el puente con el terraplén. Además de recibir y transmitir las cargas a la cimentación	proveen soporte al tablero, y conecta el puente con el terraplén. Además de recibir y transmitir las cargas del tablero y la losa de transición a la cimentación, este elemento tiene un comportamiento dinámico debido a la cimentación de pilotes que lo caracteriza
Cimentación	Reciben las cargas de la estructura y la transmite al terreno.	Reciben las cargas de la estructura y la transmite al terreno. En los estribos se maneja una cimentación por medio de pilotes hincados, que brinda el movimiento a la estructura
Obras adicionales		

Juntas de dilatación	Brinda movimiento a la estructura	No lleva junta de dilatación
Apoyos	Unión de elementos de la súper estructura y la subestructura	El número de apoyos es mucho menor que el de un puente convencional

Tabla 20 cuadro comparativo de la estructura de los puentes convencionales en Colombia y puentes integrales

11.2. Proceso constructivo

El proceso constructivo de un puente convencional en Colombia y un puente integral es igual, tienen las mismas actividades y fases constructivas, de acuerdo con el análisis de los puentes en Cundinamarca a través de los estudios previos, la etapa de ejecución de los puentes convencionales en Colombia es de 5 meses, por lo que se puede inferir que llevaría el mismo tiempo de construcción de un puente integral, solo se diferencia estos dos puentes en el número de instalación de apoyos e instalación de juntas, además que en un puente integral se adiciona la construcción de una losa de transición, y la cimentación por medio de pilotes hincados de los estribos.

11.3. Geología y topografía de la zona

Se evidencia que para la construcción de estos puentes ya sea convencional o integral, se debe realizar un estudio de suelos, topografía, cartografía, estudios hidráulicos e hidrológicos, entre otros, para realizar el debido análisis para el diseño de la estructura, sin embargo, el terreno de ubicación debe contar con unas características específicas según la CCP-14 para la implementación de estas estructuras.

Según la norma CCP-14 el suelo debe encontrarse en una clasificación del tipo de suelo de la A hasta la E, si el terreno no se encuentra en este rango como se muestra en la Tabla 21, no se puede implementar este tipo de estructura.

Tipo de Perfil de Suelo	Características del perfil
A	Roca competente con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s \geq 1500$ m/s.
B	Perfil de roca de rigidez media con \bar{v}_s en el intervalo $1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760$ m/s.
C	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda con velocidad medida de onda de cortante, \bar{v}_s en el intervalo $760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N} > 50$ golpes/pie, o $\bar{\sigma}_u > 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²).
D	Perfiles de suelos rígidos con velocidad medida de onda de cortante \bar{v}_s en el intervalo $360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: \bar{N} en el intervalo $50 \text{ golpes/pie} > \bar{N} \geq 15$ golpes/pie, o $\bar{\sigma}_u$ en el intervalo $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{\sigma}_u \geq 50$ kPa ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$).
E	Perfil de suelo con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s < 180$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N} < 15$ golpes/pie, o $\bar{\sigma}_u < 50$ kPa ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$), o
	cualquier perfil con $H > 3$ m de arcilla blanda, definida como un suelo con $IP > 20$, $w > 40\%$ y $\bar{\sigma}_u < 25$ kPa ($\approx 0.25 \text{ kgf/cm}^2$) (véase la Nota al final de la Tabla).

Tabla 21 Tipo de suelo del perfil tomado de Norma CCP-14

Para el estudio hidrológico para la implementación de este tipo de estructuras, la ubicación del ponteduro debe ser en una zona donde el cauce sea estable, sin que se presente actividades de socavación en las laderas, se debe implementar un control hidráulico para el cumplimiento de esta medida, la proyección de la socavaron de la ladera, debe ser paralelo al perfil de cauce, siempre y cuando el especialista determina otro enfoque para la implementación de la estructura, el nivel de la creciente no debe superar el nivel de la súper estructura, si esto ocurre, se debe implementar otro tipo de puente en esta zona, con la finalidad de la prevención de siniestros. (consultores, 2018)

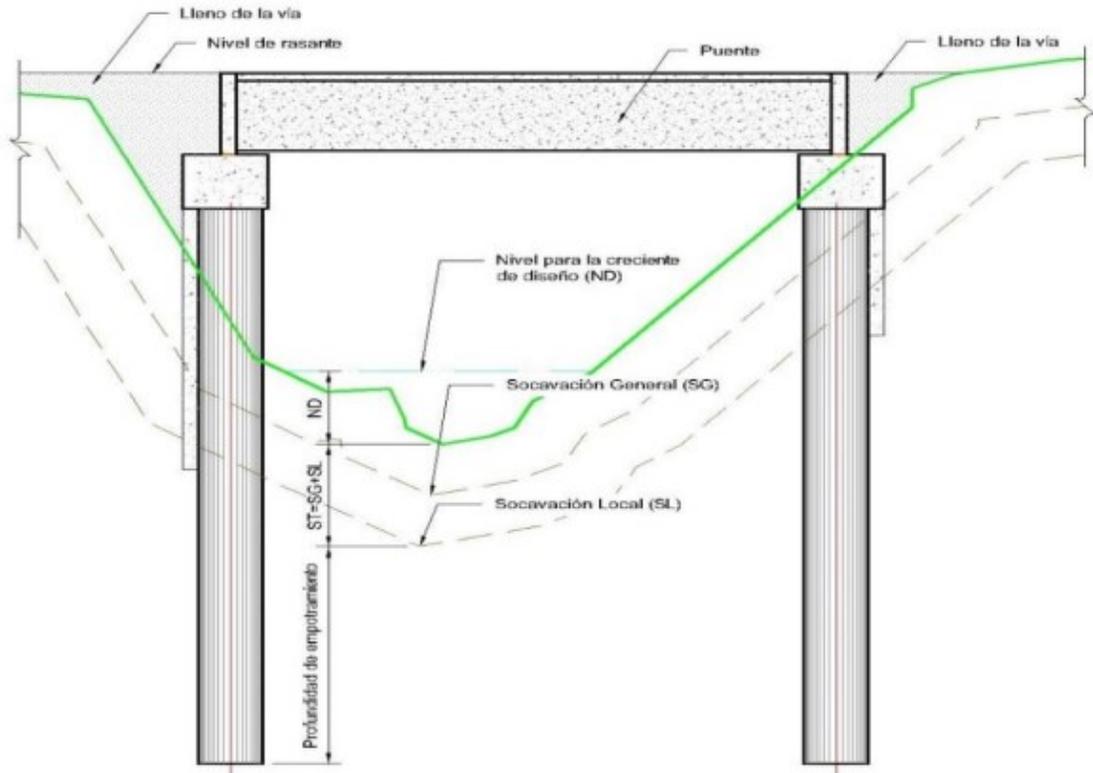


Figura 40 Esquema de la proyección de la socavación y planteamiento de la atura, tomado de consultores 2018

11.4. Análisis económico

El costo promedio del MI de un puente convencional en Colombia tiene un costo de \$ 14,394,165.87 y de acuerdo con la evaluación realizada para determinar el costo constructivo de

un puente integral en el país probablemente el MI tiene un costo de \$ 14.725.267. Lo cual tiene un incremento del 2.30% como se muestra en la Figura 41 .

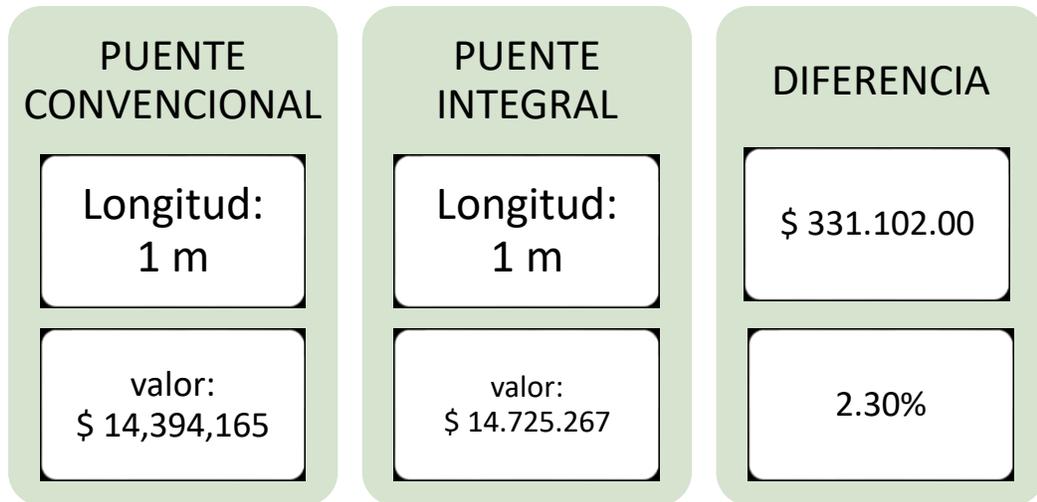


Figura 41 Comparación de costo constructivo de un puente convencional y un puente integral en Colombia.

11.4.1. Mantenimiento preventivo y rehabilitación.

El mantenimiento de un puente se puede clasificar en, mantenimientos rutinarios, que son actividades que previenen el deterioro de la estructura, está el mantenimiento preventivo o rehabilitación, constan de actividades para protección de la estructura, y aumentar la vida útil del mismo, en Colombia los puentes en vías terciarias no se cuenta con un presupuesto constante para llevar estos dos tipos de mantenimiento, por lo que las alcaldía municipales priorizan la inversión en otras actividades y el saldo lo utilizan para el mantenimiento preventivo de las estructuras, con la finalidad de no agotar el rubro presupuestal de los municipios (Yepez, 2014).

De acuerdo con lo anterior y con el estudio realizado a los diferentes contratos de mantenimiento en puentes de zonas veredales se estima que el costo de mantenimiento rutinario

de un puente de conexión de una red terciaria tiene un costo probable de \$ 6,000,000, y un mantenimiento preventivo o una rehabilitación tiene un costo de \$24,000,000. Pero se evidencia que en los presupuestos de estudio no se encontró el mantenimiento de las juntas de dilatación del puente, que son los elementos más susceptibles al deterioro y reducción de la vida útil de la estructura. (Rui, 2005)

11.4.2. Mantenimiento de juntas de dilatación

Se verifico el costo de mantenimiento de una junta de dilatación con la empresa Rehabtec S.A.S, sin embargo se obtuvo la siguiente respuesta “Generalmente a las juntas de dilatación elastoméricas no se les realiza mantenimiento, más allá de limpieza para eliminar residuos que puedan quedar dentro de las vetas de los neoprenos, y más aún cuando es necesario hacer refuerzo de las mismas, que en este caso sería más aconsejable la sustitución completa del elemento” (Rehabtec, 2020)

Por tal motivo, se decide realizar el cálculo presupuestal para el cambio de juntas de dilatación para un puente de una red terciaria, tomando como base un ancho de 6 m, que es el ancho de uno de los puentes de estudio en este trabajo, se toma referencia el capítulo 3 del presupuesto reemplazo y clausura juntas de dilatación. del contrato de obra Numero 1899 de 2014 cuyo objeto es “estudios, diseños y construcción de obras de mantenimiento y conservación en puentes vehiculares de Bogotá D.C.” con la finalidad de determinar el valor del remplazo de esta pieza, de acuerdo con el presupuesto adoptado a un puente de un ancho de 6 m y ajustando el tipo de junta de dilatación a una de 80 movimientos de 80 mm seccionada cada 2 metros, cuyo valor se toma del listado de insumos 2019 vigencia 2020 del IDU, el costo de esta actividad es de \$

18,155,002.3. como se muestra en la Tabla 22 Presupuesto para el remplazo de las juntas de dilatación de un puente en una red terciaria

Tabla 22 Presupuesto para el remplazo de las juntas de dilatación de un puente en una red terciaria. Adaptación propia

11.4.3. Relación beneficio costo

En el presente proyecto, para determinar la viabilidad de la implementación de los puentes integrales en el municipio de Cundinamarca se realiza la evaluación y cálculo de la relación beneficio coste B/C, donde se evidenciará que el $B/C > 1$ indicará que el beneficio supera el costo de inversión por lo que el proyecto debe ser considerado, $B/C=1$ este resultado indicara que el beneficio es igual al costo de inversión, lo que indica que no se presentaría ninguna ganancia con el proyecto, y cuando el resultado sea menor que 1, indicara que el proyecto no es viable. (Moncayo, 2015)

11.4.3.1. Estimación de beneficio

Se realizó la estimación de los beneficios de la construcción del puente integral se realiza tomando los siguientes supuesto:

- El periodo de análisis se establece desde el inicio de obra, finalización del proyecto y vida útil de la estructura, por lo que se establece un tiempo de 50 años de acuerdo a la vida útil de estructuras en concreto.
- Recursos liberados por la disminución del mantenimiento.
- Mejora en la transitabilidad de los usuarios

- Mejoramiento del comportamiento de la estructura bajo cargas sísmicas.

Adicional a eso se establece el costo social por operación y mantenimiento sobre la inversión de la obra civil cada 5 años, se toma como indicadores las siguientes actividades que se muestran en la Tabla 23 Costo de beneficios total en el mejoramiento de vías terciarias en Cundinamarca, tomado de <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/viasterciarias/20.12.2017-Proyecto-mejoramiento-vial.pdf> como costo beneficio de la construcción de un puente en una vía terciaria de Cundinamarca.

INDICADORES	
Beneficio	Costo/ Anual
Disminución de tiempo de viaje	
Acceso a servicios médicos	
Disminución de costo de transporte de carga y pasajera	
Reducción de riesgo de deserción escolar	\$ 199.460.966
Aumento de comercialización de productos de la entidad territorial	
Disminución de precios de alimentos	
Disminución de pérdidas de cosecha	

Tabla 23 Costo de beneficios total en el mejoramiento de vías terciarias en Cundinamarca, tomado de <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/viasterciarias/20.12.2017-Proyecto-mejoramiento-vial.pdf>

De acuerdo con lo anterior, se establece el estudio costo beneficio de un puente convencional en Colombia con una longitud de 30 m.

PUENTE CONVENCIONAL	
COSTO ML	\$ 14.394.165
LONG	30
INVERSION	\$ 431.824.950
INFLACUION PROMEDIO ANUAL PROYECCIO SUPUESTA	3.5%

FLUJO DEL PROYECTO

AÑOS	INVERSION	COSTO MANENIMIENO RUTINARIO	COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANTENIMIENTO DE JUNTAS	TOTAL COSTO ANUAL	BENEFICIO
0	\$ 431.824.950				\$ 431.824.950	\$ 199.460.966
5		\$ 6.955.644			\$ 6.955.644	\$ 236.897.058
10		\$ 8.063.498			\$ 8.063.498	\$ 281.359.391
15		\$ 9.347.804		\$ 30.415.961	\$ 39.763.765	\$ 334.166.696
20		\$ 10.836.667			\$ 10.836.667	\$ 396.885.209
25			\$ 50.250.670		\$ 50.250.670	\$ 471.375.127
30		\$ 14.563.575		\$ 50.957.345	\$ 65.520.920	\$ 559.845.784
35		\$ 16.883.174			\$ 16.883.174	\$ 664.921.171
40		\$ 19.572.226			\$ 19.572.226	\$ 789.717.768
45		\$ 22.689.575		\$ 85.371.328	\$ 108.060.903	\$ 937.936.979
50			\$105.213.744		\$ 105.213.744	\$ 1.113.974.906
TOTAL					\$ 862.946.162	\$ 1.113.974.906
B/C			1,29			

Tabla 24 Índice e beneficio vs costo de la implementación de un puente convencional en el municipio de Cundinamarca

En otra instancia se establece el estudio costo beneficio de un puente integral en Colombia con una longitud de 30 m.

PUENTE INTEGRAL

COSTO ML	\$ 14.725.267
LONG	30
INVERSION	\$ 441.758.025
INFLACUION PROMEDIO ANUAL PROYECCIO SUPUESTA	3.5%

FLUJO DEL PROYECTO					
AÑOS	INVERSION	COSTO MANENIMIENO RUTINARIO	COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TOTAL COSTO ANUAL	BENEFICIO
0	\$ 441.758.025			\$ 441.758.025	\$ 199.460.966
5		\$ 6.955.644		\$ 6.955.644	\$ 236.897.058
10		\$ 8.063.498		\$ 8.063.498	\$ 281.359.391
15		\$ 9.347.804		\$ 9.347.804	\$ 334.166.696
20		\$ 10.836.667		\$ 10.836.667	\$ 396.885.209
25			\$ 50.250.670	\$ 50.250.670	\$ 471.375.127
30		\$ 14.563.575		\$ 14.563.575	\$ 559.845.784
35		\$ 16.883.174		\$ 16.883.174	\$ 664.921.171
40		\$ 19.572.226		\$ 19.572.226	\$ 789.717.768

45		\$ 22.689.575		\$ 22.689.575	\$ 937.936.979
50			\$ 105.213.744	\$ 105.213.744	\$ 1.113.974.906
TOTAL				\$ 706.134.603	\$ 1.113.974.906

B/C 1,578

Tabla 25 Índice e beneficio vs costo de la implementación de un puente integral en el municipio de Cundinamarca

De acuerdo con lo anterior, se evidencia que la construcción de un puente es viable para el incremento económico en los municipios de Cundinamarca, sin embargo, se puede corroborar que el costo beneficio de un puente integral es mucho mayor que el costo beneficio de un puente convencional en estas zonas.

12. Conclusiones y recomendaciones.

Se evidencia que en Colombia las vías terciarias son un elemento que impulsa el sector económico del país, dado que tiene una relación proporcional en cuanto a calidad de vida en las zonas rurales y el mejoramiento de esta estructura, la adecuada comunicación en esta red implica

un aumento en el transporte de elementos agrícola, ganadero, entro otros, lo cual genera desarrollo en las zonas veredales.

De acuerdo a lo anterior se puede concluir que la inversión en la red terciaria y en las estructuras de conexión como los puentes para una buena comunicación, es una actividad que reduce la pobreza en las zonas rurales del país, lo que generaría un país con igualdad.

Con la investigación que se realizó a los tres puentes de estudio en el municipio de Cundinamarca, se puede deducir que los procesos constructivos de estas estructuras en vías terciarias de Colombia siguen procedimientos similares, en cuanto a la construcción del tablero, estribos, vigas de apoyo, juntas de dilatación y apoyos elastómeros, en la evaluación de los presupuestos de los puentes de la vereda Checua, Puentes de la quebrada agua sal y el puente de la vereda Casaquín se evidencio que la construcción de un puente convencional en Colombia tiene un costo probable de \$14,394,165 por metro lineal para el presente año, se evidencia que los rubros presupuestales para el mantenimiento de estas estructuras es escaso en los municipios dado que a lo planes de desarrollo y de ordenamiento territorial priorizan la inversión en otras sectores como educación, salud, saneamiento y compra de equipos tecnológicos y un pequeño porcentaje lo destinan para el mantenimiento de puentes que comunican a las zonas veredales.

Se evidencia que los presupuestos de estudio que se utilizaron en este trabajo para determinar el costo de mantenimiento de un puente convencional para una vía terciaria, no contemplan el mantenimiento rutinario o preventivo de las juntas de dilatación, de acuerdo con

el análisis que se realizó el costo completo del mantenimiento incluyendo las juntas de dilatación tiene un costo promedio del 9.76% del valor total de la construcción de esta estructura.

En cuanto a los puentes integrales, de acuerdo con el estudio se evidencia que son puentes que presentan una alternativa en cuanto a la duración y reducción en los costos de mantenimiento, dado que no cuentan con juntas de dilatación que unan el tablero con la zona de acceso, que es el punto donde más se deteriora este elemento en los puentes convencionales, en cuanto a su estructura monolítica le permite soportar con mayor eficiencia las cargas sísmicas, y dado a la cimentación de los estribos por medio de pilotes hincado, permite darle movimiento a la estructura para reducir la rigidez de la misma . lo que genera una ventaja con respecto a los puentes convencionales.

Se puede concluir que la utilización de estos puentes que tienen un valor menor del 12.65% respecto al valor de los puentes convencionales incluyendo el costo de mantenimiento, generan una mayor vida útil en estas estructuras, también tiene la ventaja de prevenir el desgaste y corrosión en la estructura, lo que aumenta el potencial de cumplir con los requisitos y exigencias estructurales, en una comparación que se realiza en la India, de los puentes convencionales con los puentes integrales, evidencian que el concepto de puente integral no es más que un excelente opción para el reemplazo del método de puente convencional. Dado que este puente es mejor en cuanto a costo de mantenimiento y las actividades que este requiere para su duración, se reducen los daños debido a las fugas y corrosión, y brinda una ventaja en cuanto a la respuesta sísmica y distribuye mejor las cargas. Por tal motivo en ese país han aceptado la utilización de estos puentes,

así como también en Europa y en USA se llevan implementando este tipo de estructura desde 1995. (Bamnali, 2018)

La implementación de los puentes integrales en la red terciaria de Colombia como estructura de conexión es una alternativa que probablemente mejora las condiciones actuales de los municipios y zonas verdales, dado que se pueden realizar estructuras a menor costo, con una duración mucho mayor que las estructuras convencionales, reduciendo así el costo de mantenimiento, esto afectaría de forma positiva a la comunidad rural y al desarrollo económico del país, ya que se puede emplear una estructura de menor costo, con mejores especificación, y que tendrá una durabilidad mayor, esto aparte de ser un propuesta que reduce el costo de inversión, tiene un trasfondo mucho más amplio, dado que reduciría la brecha social y de pobreza en las zonas rurales al tener estructuras duraderas en la conexión de esta red vial.

Para finalizar, este proyecto deja las bases necesarias, para que la persona que se interese en el tema, pueda utilizar estos datos, y enfocarlos en la relación diseño y presupuesto de un puente integral para un punto de conexión específico en una red vial terciaria en Colombia y desarrollar una propuesta económica de inversión para un municipio, siendo este puente una gran opción en estas zonas del país.

Referencia bibliografía

- AICE. (2012). *LA INGENIERIA QUE VIENE*. CHILE: CONGRESO AICE.
- AIS, A. C. (2015). *NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES CCP 14*. COLOMBIA : AIS.
- Amaru, J. (2017). DISEÑO DE PUENTES AASHTO. En J. Amaru, *DISEÑO DE PUENTES AASHTO* (pág. 23).
- Bamnali, A. (2018). *INTEGRAL ABUTMENT BRIDGE- A Review and Comparison of the*. India: IRJET.
- Carmona, F. (12 de diciembre de 2018). *El ciclo de vida en las infraestructuras*. Obtenido de Expnada Management.: <https://expanda.es/blog/el-ciclo-de-vida-en-las-infraestructuras>
- Carreteras, D. G. (1996). *Manual de carreteras*. Honduras: RH.
- Coria, P. E. (2010). APOYO DIDACTICO EN LA ASIGNATURA DE PUENTES CIV 312. Cochabamba, Bolivia: Universidas Mayor de San Simon.
- correal, J. F. (2015). *Presentacion De La Norma Colombiana De Diseño De Puentes LRFD CCP 14*. Cali: AIS.
- Crespo, R. P. (2000). Guia Para La Concepcion De Puentes Integrales En Carreteras . En R. P. Crespo, *Guia Para La Concepcion De Puentes Integrales En Carreteras* (pág. 7). Madrid: Minisiterio de Fomento.
- DNP. (14 de Marzo de 2016). *PROYECTO TIPO DNP*. Obtenido de https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=124&Itemid=206
- DNP. (2018). *BASES DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO*. COLOMBIA : DNP.
- DNP. (2018). *BASES DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2014-2018*. COLOMBIA: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION.
- DNP. (23 de ABRIL de 2018). *PROYECTOS TIPO*. Obtenido de https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=157:mejoramiento-de-vias-terciarias-vias-de-tercer-orden&Itemid=113
- DNP, S. T. (2015). *CONSTRUCCION DE PUENTES VEHICULARES PARA VIAS SECUNDARIAS*. Colombia: Todo por un nuevo pais.
- ECHEVERRY, V. (29 de MARZO de tomado en el año 2020). *360 CONCRETO*. Obtenido de CONSTRUCCION DE PUENTES CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/construccion-puentes-prefabricado-concreto>

- florencianos.com*. (16 de mayo de 2019). Obtenido de <https://www.florencianos.com/en-junio-se-inician-trabajos-de-construccion-de-11-puentes-vehiculares-en-el-departamento-del-caqueta/>
- Gacheta, A. M. (2018). *Estudios Previos para la contratacion de la licitacion publica*. Cundinamarca: ICCU.
- Galera, A. L. (2015). *Manual de gestion y organizacion de obras*. Madrid.: UPM.
- Garcia, S. D. (2012). *Proceso constructivos de puentes integrales cortos*. MEXICO D.F.: UNAM.
- Garcia, S. D. (2012). *Procesp constructivos de puentes intergales cortos*. Mexico D.F: UNAM.
- Grupo Cagel Comunicaciones SA de CV. (10 de abril de 2017). *Las partes que conforma un puente*. Obtenido de Revista construye: <https://revistaconstruye.com.mx/ingenierias/2047-las-partes-de-que-conforman-un- puente.html>
- Hue, F. (Tomado en el 2020). *ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGON EN PUENTES*. España: ANDECE.
- INVIAS. (2016). *MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO*. COLOMBIA: TECNICO, MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS SUBD. DE APOYO.
- Mejia, A. A. (2017). *ANÁLISIS DE LA CANTIDAD Y EL ESTADO DE LAS VÍAS Terciarias EN COLOMBIA Y LA OPORTUNIDAD DE LA INGENIERÍA CIVIL PARA SU CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO*. Bogota: U.CATOLICA.
- Montoya, J. &. (2010). Academia. En *Cimentaciones*. Venezuela: Universidad de los Andes.
- Narvaez, L. (2017). *VÍAS Terciarias: MOTOR DEL DESARROLLO ECONOMICO RURAL*. Bogota D.C.: Revista de ingeniería .
- Nemocon, A. M. (2018). *Contrato de obra 081 de 2018*. Colombia: ICCU.
- Nemocon, M. d. (2018). *Proceso constructivo* . COLOMBIA : ICCU.
- Nieto, A. T. (1968). *Topografía*. Bogota: Norma.
- Nilson, A. H. (1990). *Diseño de Estructuras de Concreto Preesforzado*. Mexico D.F.
- Ortega, M. A. (2018). *Conectando mercados: vías rurales*. Bogota: Univerdiad de los Andes Edicion electroncia .
- Perfetti, J. J. (5 de diciembre de 2019). Por qué hay que construir y mejorar las vías terciarias en Colombia. *Semana*, págs. <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/sobre-ruedas/articulo/por-que-hay-que-construir-y-mejorar-las-vias-terciarias-en-colombia/615782>.

- PERRY, S. (DICIEMBRE de 2010). LA POBREZA RURAL EN COLOMBIA . *RIMISP*, pág. 4.
- Perry, S. (2016). *LA POBREZA RURAL EN COLOMBIA*. Colombia: RIMISP.
- Petursson, H. (2002). *Composite Bridges with Integral Abutments Minimizing Lifetime Cost*. USA: Lulea University of technology.
- Ponce, A. V. (2011). *Inversión en*. Rio de Janeiro: Konrad Adenauer Stiftung.
- Ramos, A. J. (junio de 2014). Puentes integrales en la variante N-430 en Ossa de Montiel, Albacete. *Dialnet. plus*, pág. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6778867>.
- Rehabtec, C. A. (13 de Mayo de 2020). Solicitud de cotizacion de mantenimiento de junta de dilatacion. (S. bermudez, Entrevistador)
- Rui, J. (2005). *PUENTES INTEGRALES Y SEMI-INTEGRALES DE FERROCARRIL*. Madrid: ESTEYCO.
- Salcedo, C. R. (15 de FEBRERO de 2019). *Del total de la red vial terciaria con la que cuenta Colombia, 96% está en mal estado*. Obtenido de LA REPUBLICA : <https://www.larepublica.co/infraestructura/del-total-de-la-red-vial-terciaria-con-la-que-cuenta-colombia-96-esta-en-mal-estado-2828335>
- Salcedo, C. R. (15 de febrero de 2019). *La Republica*. Obtenido de La Republica : <https://www.larepublica.co/infraestructura/del-total-de-la-red-vial-terciaria-con-la-que-cuenta-colombia-96-esta-en-mal-estado-2828335>
- SECOPI*. (16 de Abril de 2018). Obtenido de <https://colombialicita.com/licitacion/69580727>
- SECOPI*. (14 de ABRIL de 2018). Obtenido de <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=18-11-7968892>
- SECPO I*. (17 de Abril de Tomado de 2020). Obtenido de colombialicita.com/search?proceso=&s=AUNAR+ESFUERZOS+TECNICOS%2C+ADMINISTRATIVOS+Y+FINANCIEROS+PARA+CONSTRUCCION+DE+PUENTE+VEHICULAR+PARA+LA+VEREDA+POTRERO+LARGO+%2C+SECTOR+EL+COLGIO&sort=ufecha&entidadA=1817&estadoA=4&fecha=&detected=
- Seminario, E. (2004). *Guía para el diseño de puentes con vigas y losas*. Peru: UDEP.
- SGR. (2017). *FORTALECIMIENTO DE LA INTEGRACION RURAL EN EL MARCO POSTCONFLICTO EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETA, MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PUENTES EN ZONAS VEREDALES CAQUETA*. CAQUETA: SGR.
- SISMICA, A. (. (2014). *NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES CCP 14*. COLOMBIA: AIS.

Sutatausa, A. M. (2018). *Contrato de obra publica 105 DE 2018*. Municipio Sutatausa: ICCU.

Sutatausa, A. M. (2016). *Pliego de condiciones*. Colombia: AMS.

Vasquez, L. G. (Tomado en el año 2020). Diseño de estructuras de cimentacion de acuerdo a NSR-10. medellin: UN.

Yepez, T. (2014). *Inversion requerida para infraestructura en colombia* . Medellin: ARGOS, CCI,Fedesarrollo.