



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**



**TEMA:**

**ESTUDIO COMPARATIVO VIAL ENTRE EL NUEVO PUENTE DE  
GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN VS UN CORREDOR DEL SISTEMA DE TRANVÍA  
DE GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN.**

**UBICACIÓN:**

**GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN**

**PRESENTADO POR:**

**ARCOS AZUERO DARWIN FERNANDO**

**PINO PLÚAS JEFFERSON AUGUSTO**

**TUTOR DE TESIS**

**ING. CIVIL EDGAR CALDERÓN CAÑAR, MSC**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2018**



## REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TITULO Y SUBTITULO: ESTUDIO COMPARATIVO VIAL ENTRE EL NUEVO PUENTE DE GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN VS UN CORREDOR DEL SISTEMA DE TRANVÍA DE GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN.		
AUTOR/ES: ARCOS AZUERO DARWIN FERNANDO PINO PLÚAS JEFFERSON AUGUSTO		REVISORES: NOMBRES Y APELLIDOS DEL SU TUTOR
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL		FACULTAD: ADMINISTRACIÓN
CARRERA: Ingeniería Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN: DEJAR VACÍO		N. DE PAGS: 135
ÁREAS TEMÁTICAS: <b>PALABRAS CLAVE:</b> Tranvía, congestiónamiento vehicular, sistema vial.		
RESUMEN: Uno de los problemas que más incide a quienes habitan en la zona de Samborondón y Guayaquil, sin lugar a dudas es el congestiónamiento vehicular que se genera en diversas horas del día a la altura de La Puntilla, situación que ha traído consigo una serie de inconvenientes para quienes tratan de movilizarse en ambos sentidos, ya sea hacia sus trabajos, centros educativos o negocios. Ante aquello, el objetivo de la investigación se enfocó en el análisis de las propuestas viales constituidas por la construcción del puente Guasamda que uniría ambas poblaciones, así como el planteamiento de una red de tranvía que cubra la misma ruta. La metodología utilizada responde a una investigación documental, estadística y bibliográfica, ya que se recabó datos técnicos proporcionados por los responsables de ambas estructuras viales, llegando a la conclusión que, la construcción del puente se constituye en una de las soluciones más factibles a ser construidas.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):		N. DE CLASIFICACIÓN:
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO URL (tesis en la web): DEJAR VACÍO		
ADJUNTO PDF:		SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTORES/ES: ARCOS AZUERO DARWIN FERNANDO PINO PLÚAS JEFFERSON AUGUSTO		Teléfono: 0997691061  0989161777 E-mail: alvarezbarreno@gmail.com  jeffersonpino20@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:		MSC. ROSA HINOJOSA DE LEIMBERG, DECANA Teléfono: 2596500 EXT. 201 DECANATO E-mail: rhinojosal@ulvr.edu.ec  AGREGAR EL NOMBRE DEL DIRECTOR DE LA CARRERA Teléfono: 2596500 EXT. XXX Correo electrónico

**Quito:** Av. Whymper E7-37 y Alpallana, edificio Delfos, teléfonos (593-2) 2505660/ 1; y en la Av. 9 de octubre 624 y carrión, Edificio Prometeo, teléfonos 2569898/ 9. Fax: (593 2) 2509054

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

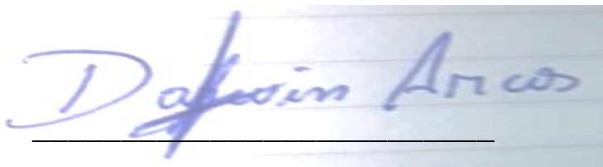
## PATRIMONIALES

Los/Las estudiantes/egresados(as) Arcos Azuero Darwin Fernando y Pino Plúas Jefferson Augusto, declaro (amos) bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los/las suscritos(as) y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador.

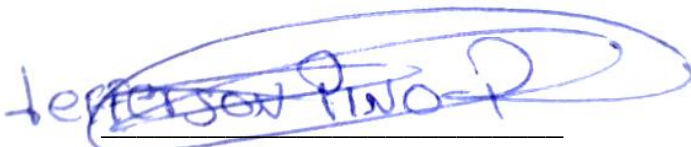
Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar (ESTUDIO COMPARATIVO VIAL ENTRE EL NUEVO PUENTE DE GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN VS UN CORREDOR DEL SISTEMA DE TRANVÍA DE GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN.).

Autor(es)(as):



Arcos Azuero Darwin Fernando

C.I. 092148842-5



Pino Plúas Jefferson Augusto

C.I. 092847604-3


## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Investigación ESTUDIO COMPARATIVO VIAL ENTRE EL NUEVO PUENTE DE GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN VS UN CORREDOR DEL SISTEMA DE TRANVÍA DE GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN. nombrado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Administración de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y analizado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “ESTUDIO COMPARATIVO VIAL ENTRE EL NUEVO PUENTE DE GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN VS UN CORREDOR DEL SISTEMA DE TRANVÍA DE GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN.”, presentado por los estudiantes **Arcos Azuero Darwin Fernando y Pino Plúas Jefferson Augusto** como requisito previo a la aprobación de la investigación para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación

Firma:



ING. CIVIL LEONARDO ECHEVERRIA FABRE, MSC

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

## URKUND

---

### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Tesis Civil 20082018.docx (D41204985)  
**Submitted:** 9/6/2018 2:03:00 AM  
**Submitted By:** jeffersonpino20@hotmail.com  
**Significance:** 6 %

#### Sources included in the report:

20170322 Luis Cuenca & Juan Vargas PUENTE RÍO LA ROCA.pdf (D26671470)  
<https://dokumen.tips/documents/apuntes-de-puente.html>  
<http://docplayer.es/86725975-Universidad-del-azuay-facultad-de-ciencia-y-tecnologia.html>  
<https://www.slideshare.net/romelhrea1/mc-ingarturorodriguezserquen>

Instances where selected sources appear: 

16

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios sobre todas las cosas, por la vida y la familia que me ha dado, de la cual me siento muy feliz; mis padres, esposa e hijos.

Arcos Azuero Darwin Fernando

Un agradecimiento sincero a todas y cada una de las personas, que sin aparecer sus nombres en esta obra, nos brindaron todo su apoyo para alcanzar el objetivo deseado.

Pino Pluas Jefferson Augusto.

## **DEDICATORIA**

A Dios, Creador eterno y poderosa luz de mi vida. Además, dedico este logro con todo mi amor a aquellas personas que son la razón de mi vida. A mi madre Norma Georgina Azuero Alvarado. Mi padre, Medardo Arcos Urgilés; a mis hermanas, Carolina y Nicol Arcos. Bendiciones a todos.

Arcos Azuero Darwin Fernando.

Esta tesis está dedicada a Dios, por darme la fuerza, sabiduría y entendimiento para poder culminar esta etapa en mi vida. A mi Padre, Sr. Augusto Pino por darme su confianza y credibilidad. A mi Madre, Sra. Delir Plúas que aunque hoy ya no está presente terrenalmente, sé que desde el cielo siempre ha estado guiando mis pasos. A mi hermano, Sr. Santiago Pino por haber estado conmigo en cada instante. A mis tíos, primos y demás familia que han estado conmigo directa e indirectamente con esta meta por cumplir. A todos ellos les dedico este logro bendiciones.

Pino Plúas Jefferson Augusto.

## ÍNDICE GENERAL

<i>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</i> .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.....	iii
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR .....	iv
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1 .....	2
Aspectos Generales .....	2
1.1 Tema.....	2
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Formulación del problema .....	4
1.4 Sistematización del problema .....	5
1.5 Objetivo de la Investigación .....	5



1.5.1 Objetivo General .....	5
1.5.2 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Justificación de la Investigación.....	6
1.7 Delimitación de la investigación .....	6
1.8 Hipótesis de la investigación.....	7
1.9 Identificación de las variables .....	7
1.10. Operacionalización de las variables.....	7
CAPÍTULO 2 .....	9
Marco Teórico .....	9
2.1. Antecedentes de la investigación.....	9
2.2. Marco Teórico Referencial.....	12
2.2.1. Fundamentaciones teóricas .....	13
2.2.1.1 Tránsito vehicular .....	14
2.2.1.2 Densidad vehicular .....	14
2.2.1.3 Topografía .....	14
2.2.1.4 Hidrografía .....	16
2.2.1.5 Geología .....	19
2.2.1.6 Geotécnica.....	20
2.2.1.7 Riesgos sísmicos para la construcción de puentes .....	21
2.2.1.8 Peligrosidad Sísmica .....	23
2.2.1.9 Sismicidad .....	26
2.2.1.10 Geometría.....	30

2.2.1.11 Datos geométricos .....	30
Socavones .....	30
2.2.2. Aspectos Generales de las Normas AASHTO LRFD .....	33
2.2.3. Factores y combinaciones de carga (Normas AASHTO LRDF) .....	35
2.2.4. Análisis técnico de los tranvías .....	36
2.2.4.1 Tranvías.....	37
2.2.4.2 Características del tranvía .....	37
2.2.4.3 Ventajas del tranvía .....	40
2.2.4.4 Rol del corredor del tranvía en el descongestionamiento vehicular en la vía Samborondón-Guayaquil .....	41
2.3 Marco Legal .....	42
2.3.1. Normativa técnica.....	43
2.4. Marco conceptual.....	43
CAPÍTULO 3 .....	45
Marco Metodológico .....	45
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	45
3.1.1. Tipo de investigación.....	45
3.1.2. Diseño de la investigación.....	45
3.2. Métodos de Investigación .....	46
3.2.1. Métodos inductivo-deductivos .....	46
3.2.2. Método analítico-sintético.....	46

3.2.3. Método estadístico .....	47
3.3. Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	47
3.3.1 Entrevista realizada a experto .....	47
CAPÍTULO 4 .....	49
Propuesta .....	49
4.1. Tema.....	49
4.2. Justificación de la propuesta.....	49
4.3. Objetivo general.....	49
4.4. Objetivos específicos .....	50
4.5. Desarrollo de la propuesta: Análisis comparativo en base a las dos propuestas viales .....	50
4.5.1. Datos técnicos del puente Guasamda sobre el río Daule .....	50
4.5.2. Características del trazado en el lado de Guayaquil .....	54
4.5.2.1 Alineación Horizontal .....	54
4.5.2.2. Alineación Vertical .....	55
4.5.2.3. Características del trazado en el lado Samborondón .....	56
4.5.2.4 Intersecciones de las vías de acceso con la av. Narcisa de Jesús y con la av. Samborondón .....	56
4.5.2.5 Rampa de subida Guayaquil-Samborondón.....	59
4.5.2.5.2. Alineación vertical.....	59
4.5.2.6. Rampa de bajada Samborondón-Pascuales .....	60
4.5.2.7 Sector Samborondón.....	61

4.5.2.8. Consideraciones complementarias .....	62
4.4.2.9. Alternativa de solución a desnivel en intersección de la av. Samborondón .....	63
4.5.2.10. Diseño del Sistema de Iluminación .....	65
4.5.2.11. Datos técnicos del Tranvía Guayaquil-Samborondón...	68
4.5.2.14. Aspectos generales .....	68
4.5.2.12. Rutas del Tranvía .....	69
4.5.3. Costos Fijos.....	75
4.5.3.1. Descripción .....	75
4.5.2.2. Mano de obra.....	75
4.5.3.3. Legalización .....	76
4.5.3.4. Costo y depreciación por unidades.....	76
4.5.3.5. Plan de Depreciación Anual.....	77
4.5.2.6. Gastos Administrativos .....	78
4.5.4. Costos Variables .....	81
4.5.4.1. Descripción .....	81
4.5.4.2. Consumo .....	81
4.5.4.3. Ruedas .....	84
4.5.4.4. Costo de buses eléctrico.....	85
4.5.4.5. Mantenimiento preventivo .....	91
4.5.4.6. Mantenimiento correctivo .....	92
4.5.5. Determinación del costo operativo del tranvía.....	92

4.5.6. Contraste del sistema de tranvía con el sistema de buses convencionales.....	96
4.5.7. Análisis de la oferta del transporte público en la ciudad de Guayaquil .....	103
4.5.8. Análisis de los efectos del Puente Guasamda en la Av. Samborondón .....	107
4.6. Validación de la propuesta.....	109
4.7. Impacto/Beneficio/Resultado .....	110
CONCLUSIONES.....	112
RECOMENDACIONES .....	115
BIBLIOGRAFÍA .....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	7
Tabla 2 Valores del factor Z en relación a la zona sísmica adoptada. ....	29
Tabla 3 Densidad de materiales. Norma AASHTO LRDF.....	34
Tabla 4 Características Técnicas del tranvía .....	38
Tabla 5 Cuadro de curvas del eje de la vía de acceso y puentes. ....	55
Tabla 6 Ventajas y desventajas del tranvía.....	69
Tabla 7 Análisis financiero de la mano de obra .....	75
Tabla 8 Análisis de costos y depreciación de las unidades .....	77
Tabla 9 Plan de depreciación anual.....	78
Tabla 10 Gastos administrativos.....	79
Tabla 11 Requerimiento de personal .....	79
Tabla 12 Descripción de los Costos Fijos .....	80
Tabla 13 Descripción de otros gastos administrativos .....	81
Tabla 14 Uso energético del tranvía .....	82
Tabla 15 Descripción del consumo por ciclos .....	83
Tabla 16 Descripción del rendimiento energético .....	84
Tabla 17 Descripción del mantenimiento preventivo de las ruedas .....	85
Tabla 18 Modelo del bus eléctrico .....	86
Tabla 19 Especificaciones técnicas del bus eléctrico .....	86
Tabla 20 Coste unitario por kilómetro del bus eléctrico .....	88
Tabla 21 Tiempo de recarga del bus eléctrico .....	89
Tabla 22 Requerimientos para el parque automotor en la ruta Samborondón-Guayaquil y viceversa.....	89
Tabla 23 Requerimiento de mano de obra.....	89

Tabla 24 Costo unitario de la unidad .....	90
Tabla 25 Consumo del bus eléctrico .....	90
Tabla 26 Determinación del costo operativo del bus eléctrico .....	90
Tabla 27 Determinación del costo operativo del tranvía .....	93
Tabla 28 FLUJO DE CAJA ECONOMICO SOCIAL NETO DE TRANVIA CON FINANCIAMIENTO LOCAL .....	94
Tabla 29 FLUJO DE CAJA ECONOMICO SOCIAL NETO DE PUENTE CON FINANCIAMIENTO LOCAL .....	95
Tabla 30 Tabla de Red vial de Guayaquil .....	100
Tabla 31 CUADRO DE COSTO DE MANTENIMIENTO DE TRANVÍA ...	111
Tabla 32 CUADRO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL PUENTE	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Zonas sísmicas del Ecuador para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z. ....	29
Figura 2 Cargas permanentes Normas AASHTO LRFD.....	33
Figura 3 Cargas Transitorias Normas AASHTO LRFD.....	34
Figura 4 Resistencia- Normas AASHTO LRFD.....	35
Figura 5 Servicio- Normas AASHTO LRFD .....	36
Figura 6 Características del tranvía .....	37
Figura 7 Ventajas del tranvía .....	40
Figura 8 Sección transversal del puente.....	53
Figura 9 Intersección tipo “T” av. Narcisca de Jesús con vía de acceso a puente .....	57
Figura 10 Solución a desnivel en la intersección de la av. Narcisca de Jesús y la vía de acceso al puente.....	58
Figura 11 Proyección de la intersección de la av. Narcisca de Jesús y la vía de acceso al puente. ....	59
Figura 12 Intersección tipo “T” av. Samborondón con vía de acceso a puente .....	61
Figura 13 retorno típico.....	63
Figura 14 Diseño del ramal.....	65
Figura 15 Terminal de tranvía (Guayaquil).....	70
Figura 16 Parada de Base Naval Norte (Guayaquil).....	71
Figura 17 Troncal 1 - Tramo 1 de la Troncal de Tranvía.....	72
Figura 18 Troncal 2 - Tramo 2 de la Troncal de Tranvía.....	73
Figura 19 Troncal 3 Tramo 3 de la Troncal de Tranvía .....	74



Figura 20 Gráfica de Costo y depreciación por unidades .....	77
Figura 21 Uso energético del tranvía .....	83
Figura 22 Bus eléctrico K9G .....	85
Figura 23 Equipamiento generadores de tráfico .....	99
Figura 24 Troncal Guasmo-Río Daule .....	104
Figura 25 Troncal 25 de julio-Río Daule.....	104
Figura 26 Troncal Bastión Popular-Centro Urbano .....	105
Figura 27 Sistema Metrovía de la ciudad de Guayaquil.....	106

## RESUMEN

Uno de los problemas que más incide a quienes habitan en la zona de Samborondón y Guayaquil, sin lugar a dudas es el congestionamiento vehicular que se genera en diversas horas del día a la altura de La Puntilla, situación que ha traído consigo una serie de inconvenientes para quienes tratan de movilizarse en ambos sentidos, ya sea hacia sus trabajos, centros educativos o negocios. Ante aquello, el objetivo de la investigación se enfocó en el análisis de las propuestas viales constituidas por la construcción del puente Guasamda que uniría ambas poblaciones, así como el planteamiento de una red de tranvía que cubra la misma ruta. La metodología utilizada responde a una investigación documental, estadística y bibliográfica, ya que se recabó datos técnicos proporcionados por los responsables de ambas estructuras viales, llegando a la conclusión que, la construcción del puente se constituye en una de las soluciones más factibles a ser construidas.

**Palabras Claves:** Tranvía, congestionamiento vehicular, sistema vial.

## **ABSTRACT**

One of the problems that most affects those who live in the area of Samborondón and Guayaquil, without a doubt is the vehicular congestion that is generated in various hours of the day at the height of the picot, a situation that has brought a number of drawbacks to Q Uienes try to mobilize in both directions, either towards their jobs, schools or businesses. In view of that, the objective of the research focused on the analysis of the road proposals constituted by the construction of the Guasamda bridge that would unite both populations, as well as the approach of a tram network covering the same route. The methodology used responds to a documentary, statistical and bibliographic investigation, since it collected technical data provided by those responsible for both road structures, concluding that, the construction of the bridge is constituted in one of the most feasible solutions to be built.

Keywords: tram, vehicular congestion, road system

## INTRODUCCIÓN

Los problemas viales para las ciudades de Samborondón y Guayaquil, especialmente a la altura del sector La Puntilla, genera una serie de inconvenientes para las personas que se tienen que trasladar de manera cotidiana hacia diversos puntos, donde se movilizan para ejecutar tareas profesionales, comerciales o de estudio; en este caso, la presente propuesta investigativa pretende un análisis entre dos sistemas viales, los mimos que se proyectan como una solución al congestionamiento vial en el sector.

Bajo este contexto, el objetivo de la investigación fue realizar un análisis entre la construcción del puente Guasamda, así como la propuesta vial enfocada en el diseño e implementación de un sistema de tranvía que minimice el flujo vehicular a la altura de la Aurora en el lado de Samborondón, así como el paso elevado a la altura de la av. Narcisa de Jesús Martillo Moran en el lado de Guayaquil.

Ante aquello, el estudio realizó un análisis técnico y financiero de los sistemas viales propuestos como alternativa para descongestionar la zona. Cabe mencionar que, los datos presentados en el estudio fueron recabados de las memorias técnicas que proporcionó la Asociación del Puente Guasamda; mientras que para el análisis del tranvía se recabó datos técnicos, teniendo como fuente de información el diseño de tranvía propuesto en la ciudad de Cuenca.

Por tanto, la estructuración de la investigación se encuentra fijada a través de capítulos donde se fija un estudio debidamente estructurado y de fácil análisis.

# CAPÍTULO 1

## Aspectos Generales

### 1.1 Tema

Estudio comparativo vial entre el nuevo puente de Guayaquil-Samborondón vs un corredor del Sistema de Tranvía de Guayaquil-Samborondón.

### 1.2 Planteamiento del problema

La dificultad del flujo vehicular en la vía Guayaquil-Samborondón, específicamente en el sector de “La Puntilla” causa malestar a quienes se dirigen a sus lugares de trabajo, sumándose a la problemática la necesidad de traslado y movilidad que tienen alrededor de 42 mil familias que habitan en esta ciudadela privada, basándose en el último censo poblacional realizado por el INEC, teniendo como promedio una circulación de 35 mil vehículos diarios, donde la tasa de vehículo por hogar es de 1,5 y su incremento fluctúa en un 13% durante los últimos 10 años.

Ante aquello, la creciente escala del flujo vehicular entre estas dos poblaciones, sumadas a la afluencia de otras provincias genera una problemática que ha incidido en el planteamiento de diversos estudios para dar solución al congestionamiento que se ocasiona especialmente en las horas picos, tomando en consideración el informe del Estudio de Aforos en la Red Estatal 2011-2016 realizado por la consultora *Geoplades* y avalado por la Coordinación General de Planificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, donde

se establece la estimación del Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) en la provincia del Guayas evidenciando que, la vía Guayaquil-Samborondón soporta alrededor de 35.000 vehículos, información contrastada con el registro del Municipio de Samborondón (2017), mientras que las cifras estadísticas demuestran que en el sector de la Puntilla habitan aproximadamente 42.000 familias, situación que demuestra la necesidad de mejorar el flujo vehicular, ya que existe el requerimiento de movilización y desplazamiento desde otras provincias a estos sectores antes mencionados.

Una de las propuestas consistía en la creación de un grupo de buses flotantes entre las poblaciones de Guayaquil, Durán y Samborondón, que para muchos disminuiría la circulación de éstos vehículos públicos que prestan sus servicios a la población.

Ante aquello el incremento de la población en las orillas del río entre ambas localidades, así como la creación de varias urbanizaciones como parte de los proyectos habitacionales del sector privado asentadas en Daule y Samborondón, han intensificado el uso de los puentes que en la actualidad están ubicados entre la Puntilla y Guayaquil, ocasionando un congestionamiento vehicular de grandes magnitudes, especialmente en la hora donde ciento de personas salen y entran de sus lugares de trabajo (Martínez Almeida, 2013).

La problemática se centra por el constante embotellamiento que se genera en la avenida Samborondón, causando malestar a cientos de personas, cuyo

trayecto de 10 km hasta el puente de la Unidad Nacional de manera regular y con un flujo vehicular semipesado dura alrededor de 20 a 30 minutos, mientras que en situaciones del flujo vehicular pesado, éste viaje llega a durar una hora.

Los frecuentes congestionamientos vehiculares en la vía Guayaquil-Samborondón, especialmente en el sector de la Puntilla, hace que el problema vial se agudice, ocasionando que el tráfico se haga más intenso en las horas picos, provocando malestar a las personas que normalmente las frecuentan.

Bajo este contexto, surge la necesidad de plantear nuevas alternativas viales que permita un flujo adecuado del tránsito en este sector, por lo que la construcción del puente de Guayaquil-Samborondón vs un corredor del sistema de tranvía de Guayaquil-Samborondón debe ser analizado como parte del proceso de mitigación de la problemática antes planteada.

### **1.3 Formulación del problema**

¿Cómo el estudio comparativo vial entre el nuevo puente de Guayaquil-Samborondón vs un corredor del Sistema de Tranvía de Guayaquil-Samborondón contribuiría al análisis de la mejor alternativa para mejorar el flujo vehicular en el sector?

## **1.4 Sistematización del problema**

¿Cuál es el nivel de flujo vehicular que soportaría el nuevo puente de Guayaquil-Samborondón?

¿En qué medida se establece la factibilidad del flujo vehicular en el corredor del sistema de tranvía de Guayaquil-Samborondón?

¿Cuál es el impacto ambiental de cada una de las propuestas viales en relación al descongestionamiento vehicular en la vía Guayaquil-Samborondón?

## **1.5 Objetivo de la Investigación**

### **1.5.1 Objetivo General**

Realizar un estudio comparativo a evaluar en función de los socio económico, entre el nuevo puente “*Guasamda*” sobre el río Daule vs un corredor del sistema de tranvía que cubra la ruta Guayaquil-Samborondón en ambos sentidos.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar el nivel de flujo vehicular que soportaría el puente “*Guasamda*” sobre el río Daule en la ruta de Guayaquil-Samborondón en ambos sentidos.

2. Establecer la factibilidad del flujo vehicular en el corredor del sistema de tranvía de Guayaquil-Samborondón.



3. Establecer el impacto ambiental de cada una las propuestas viales en relación al descongestionamiento vehicular en la vía Guayaquil-Samborondón.

### **1.6 Justificación de la Investigación**

El desarrollo del estudio comparativo permitirá ponderar las dos alternativas viales que une a las poblaciones de Guayaquil y Samborondón, donde se presenta una serie de inconvenientes por la intensidad vehicular debido al traslado masivo de personas a estos puntos geográficos con la finalidad de cumplir sus jornadas diarias, cabe mencionar que la finalidad de estas infraestructuras viales es mitigar el colapso en puntos críticos de la movilidad y desplazamiento del tránsito, que en muchos de los casos ocasiona siniestros vehiculares.

De la misma forma, el estudio es relevante, ya que determinará el aporte positivo a la solución vial del tránsito que confluye entre Guayaquil y el sector de la Puntilla, donde se descongestionará el puente de la Unidad Nacional, considerándose las dos alternativas propuestas como un aporte a la seguridad vial.

### **1.7 Delimitación de la investigación**

**Área:** Transporte y movilidad.

**Campo de acción:** Infraestructura vial.

**Ubicación Geoespacial:** Vía Guayaquil-Samborondón.

Ubicación temporal: Año 2017.

**Alcance:** Contraste de las dos opciones viales para determinar la mejor alternativa.

**Logro:** Estudio comparativo para mejorar el tráfico vehicular.

### 1.8 Hipótesis de la investigación

El análisis oportuno de las propuestas viales contribuiría a mejorar el flujo vehicular en la ruta Guayaquil-Samborondón.

### 1.9 Identificación de las variables

Variable dependiente: flujo vehicular

Variable independiente: alternativas viales

### 1.10. Operacionalización de las variables

Tabla 1 Operacionalización de las variables

<b>Variables</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Indicadores</b>
	<b>conceptual</b>	<b>ones</b>	
<b>Variable dependiente</b>	Se le denomina al fenómeno que se	Volumen vehicular	- Tránsito vehicular

<b>Flujo vehicular</b>	crea por el gran volumen de vehículos en una vía.	Densidad vehicular	- Análisis del flujo vehicular
<b>Variable independiente Alternativas viales</b>	Se le califica alternativa vial a las distintas infraestructuras que se realizan con el objetivo de ofrecer de forma segura y cómoda el tránsito de vehículos.	Puentes  Corredores viales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Topografía</li> <li>- Hidrografía</li> <li>- Geología</li> <li>- Geotécnica</li> <li>- Geometría</li> <li>- Cargas permanentes y cargas variables en puentes.</li> <li>- Análisis técnico de tranvías.</li> <li>- Ventajas.</li> <li>- Rol de corredor del tranvía.</li> </ul>

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

## **CAPÍTULO 2**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Una de las problemáticas viales que ha afrontado por muchos años la vía que une a Guayaquil con el cantón Samborondón es el exhaustivo incremento del tránsito vehicular, el mismo que en determinadas horas llega a colapsarse ocasionando los llamados puntos negros dentro de los términos de tránsito.

Para Cristhian Bazán (2017), “la sobreoferta colapsa La Puntilla”, es decir el asentamiento de once centros comerciales y la posible construcción de otros cuatro, así como los conjuntos habitacionales a lo largo de la vía incide en la movilidad del sector. de la misma manera, miles de personas en la mañana sienten la necesidad de trasladarse a sus lugares de trabajo o estudios, donde su recorrido diario tiende a ser un martirio, sea éste de ida o vuelta debido al colapso vehicular en las horas picos.

Dicha problemática es atribuida al pesado tráfico que se genera como consecuencia de la mala ubicación de los centros comerciales antes mencionados, así como la masiva afluencia vehicular por el puente de la Unidad Nacional, considerada como una vía colectora vial de gran significancia. No obstante, es meritorio citar que, alrededor de 35 mil vehículos circulan diariamente por esta vía, la misma que va en aumento en concordancia con las cifras de población vehicular existentes en el país.

Por otra parte, la vía Guayaquil-Samborondón es considerada como la única ruta de acceso a la parroquia urbana, por lo que su flujo vehicular es constante, sumándose a esto la afluencia de personas a los once centros comerciales apostados en el sector provoca que el tránsito vehicular colapse a la altura de la avenida Samborondón.

De la misma manera, el criterio de Lissette Mena (2017), menciona que “la tendencia de construcción empezó hace ocho años, la misma que no se encontraba debidamente regulada por las autoridades municipales”. Sin lugar a dudas esta problemática es muestra de una planificación urbanística deficiente o errónea por parte del GAD Municipal, adicionando un escaso control y aporte del órgano de Planificación Territorial.

Como parte de la problemática, se menciona la ligereza en la emisión de permisos de construcción, donde las visiones emprendedoras de inversionistas se encargaron de matizar la zona, incidiendo en la concentración de servicios sin analizar las afectaciones futuras. Muestra de aquello, es una simple planificación estratégica comercial, así como una planificación urbana con problemáticas latentes, donde el caso ocasionado por este tipo de infraestructura incurre en la aglomeración de vehículos y personas que colapsan en tráfico de la zona y la saturación de los espacios de estacionamiento.

Cabe mencionar, que el colapso vehicular en la vía, además de estar sujeta al incremento de vehículos, esta responde al mal diseño urbanístico y comercial

en el sector, donde es notorio el asentamiento de decenas de restaurantes, tiendas de ropa, centros estéticos entre otros. De tal manera, que para muchos expertos en urbanidad y movilidad, una de las soluciones sería el diseño de un proyecto que permita la ampliación de las calles o a su vez la creación de una vía alterna que apacigüe la congestión vehicular, sumándose la idea de proyectar la construcción de un colector de tranvía que aporte a la transportación de personas hacia la ciudad de Guayaquil de manera ordenada y exclusiva, dando fluidez vehicular en el sector.

Sin embargo, el criterio de José Yunez (2013), Alcalde del cantón Samborondón hace alusión al diseño de las vías, las mismas que se encuentran establecidas de acuerdo a la proporción de los habitantes que hay en la zona, mientras que el colapso vehicular lo atribuye a los vehículos que provienen de cantones aledaños y usan a La Puntilla como vía de paso, situación que forma parte de la realidad, sustentada en el TPDA citado con antelación.

Por otra parte, el representante del GAD en aquel entonces mencionó que otro factor incidente a la problemática vehicular es ocasionado por el sistema de transportación pública que ingresa al sector de Samborondón, entre las que se encuentran la Cooperativa Panorama y Santa Ana, por lo que es meritorio reformas al tránsito vehicular.

Para Luis Lalama, comandante del Cuerpo de Vigilancia de la CTE en el 2013 menciona que “la congestión de la avenida Samborondón se ocasiona por el

exceso de los retornos en dicha red vehicular”, por lo que su criterio se basa en la reducción de los mismos y la ejecución de un plan vial paralelo a la zona que desvíe parte de los vehículos que circulan diariamente en el sector.

## **2.2. Marco Teórico Referencial**

Como parte de la revisión bibliográfica y documental de la presente investigación, se encontraron trabajos realizados con antelación y, que guardan relación con la temática abordada en el presente estudio, la misma que se fija en un Estudio comparativo vial entre el nuevo puente de Guayaquil-Samborondón vs un corredor del Sistema de Tranvía de Guayaquil-Samborondón.

Para el diseño estructural del puente, el autor hizo uso del programa CSI BRIDGE 2016, considerado como una herramienta informática que permite moldear, analizar y diseñar las estructuras del puente en base a las condiciones de eficiencia, eficacia y calidad para la obtención de los resultados, sujetos a las necesidades requeridas por la construcción.

De la misma manera, el estudio de *factibilidad técnico-Económico para construir el puente Tenglo*, muestra la posibilidad de urbanizar el sector, donde se realizan obras complementarias de carácter estructural y vial para unir la isla con la ciudad, donde se estima necesario ponderar el flujo vehicular, la denominación de las cargas, los factores y combinaciones de cargas basadas en las normas AASHTO LRFD, entre otros. Los resultados del análisis

demuestra la necesidad de implantar la construcción de un puente que combine vigas metálicas con losas colaborantes y un puente con características de arco Network, cuya disponibilidad de tramos se ajustan a 9, lo que da el paso a embarcaciones de rango menor.

Por otra parte, el estudio realizado por Ruiz Castillo & Villacreces Novillo (2015) en base al análisis de los costos operativos entre el sistema de Transporte Público Urbano y el Tranvía de la Ciudad de Cuenca en el 2014, tiene como finalidad justificar los costos que incurre en estos dos tipos de sistemas de transportes públicos. Debido a esto, el aporte de esta investigación se ajusta al análisis de los costos operativos por kilómetros del tranvía Citadis 302 a implantarse en la ciudad de Cuenca, donde se establece un costo de 1.66 USD.

Los resultados demostraron que, la inversión en una flota de 475 buses que cubran la demanda de la población se estima en 18 millones de dólares, mientras que la operatividad de 14 tranvías alcanza un total de 22 millones de dólares, encontrando una diferencia del 14.43% entre ambas soluciones viales.

### **2.2.1. Fundamentaciones teóricas**

Para el diseño de un proyecto relacionado a la construcción de puentes, es preciso considerar una serie de estudios básicos que permite la adquisición de información, lo que implica tener pleno conocimiento de la zona circundante



donde se realizará la obra civil para lograr el cumplimiento del objetivo encaminado a la satisfacción vial que requiere un colectivo social.

### ***2.2.1.1 Tránsito vehicular***

Se denomina como tránsito automovilístico, en el cual se origina un fenómeno que emerge por el flujo de vehículos, que tienen como fin desplazarse de un sitio a otro, este puede causar una situación de conflicto cotidiano para peatones, en caso de no tomar en consideración las normas de cumplimiento, para un ambiente más confortable tanto para transeúnte como para usuarios abordo de vehículos.

### ***2.2.1.2 Densidad vehicular***

Se le denomina al número de vehículos que ocupan cierta longitud de una vía, en un lapso de tiempo determinado, este término se usa dentro de la ingeniería de tránsito, en la misma se emplea una fórmula, que toma en consideración dos factores, el primero la razón de flujo que es medida por la unidad de velocidad del vehículo por hora y el segundo que es la velocidad promedio de viaje, siendo medida por medio de kilometro por hora.

### ***2.2.1.3 Topografía***

Esquema que permite tener información sobre las condiciones básicas, donde se estima el diseño mínimo de un plano de ubicación, planimetría con

curvas de nivel en cada metro, así como la comparación debida que permita determinar el nivel de profundidad de la quebrada. De la misma forma, establece la planicie del terreno, las secciones transversales en el eje propuesto enlazado con el eje de la vía, las aguas arriba y abajo situadas cada 10 ó 20 metros según la necesidad, las condiciones topográficas longitudinales inherentes a la obra.

Los objetivos topográficos son los siguientes:

- a) Realizar los trabajos de campo que permitan elaborar los planos topográficos correspondientes.
- b) Proporcionar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de los elementos estructurales.
- c) Establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.
- d) Proporcionar información de base para los estudios de hidrología e hidráulica, geología, geotecnia, así como la ecología y sus efectos en el medio ambiente.

Bajo este contexto, los estudios topográficos deben comprender, los siguientes aspectos: El levantamiento topográfico general de la zona del proyecto, documentado en planos a escala entre 1:500 y 1:2000 con curvas de nivel a intervalos de 1m y comprendiendo por lo menos 100 m a cada lado del puente en dirección longitudinal (correspondiente al eje de la carretera) y en dirección transversal (la del río u otro obstáculo a ser transpuesto).

Definición de la topografía de la zona de ubicación del puente y sus accesos, con planos a escala entre 1/100 y 1/250 considerando curvas de nivel a intervalos no mayores que 1 m y con secciones verticales tanto en dirección longitudinal como en dirección transversal. Los planos deberán indicar los accesos del puente, así como autopistas, caminos, vías férreas y otras posibles referencias. Deberán indicarse igualmente con claridad la vegetación existente.

En el caso de puentes sobre cursos de agua deberá hacerse un levantamiento detallado del fondo. Será necesario indicar en planos la dirección del curso del agua y los límites aproximados de la zona inundable en las condiciones de aguas máximas y mínimas, así como los observados en eventos de carácter excepcional. Cuando las circunstancias lo ameriten, deberán indicarse los meandros del río.

Ubicación e indicación de cotas de puntos referenciales, puntos de inflexión y puntos de inicio y término de tramos curvos; ubicación y colocación de Bench Marks. Levantamiento catastral de las zonas aledañas del puente, cuando existan edificaciones u otras obras que interfieran con el puente o sus accesos o bien que requieran ser expropiadas.

#### ***2.2.1.4 Hidrografía***

El objetivo de este estudio es establecer las características hidrológicas de los regímenes de avenidas máximas y extraordinarias, así como de los factores hidráulicos que conllevan a una real apreciación del comportamiento hidráulico del río que permiten definir los requisitos mínimos del puente y su ubicación

optima en función de los niveles de seguridad o riesgos permitidos o aceptables para las características particulares de la estructura.

Los estudios de hidrología e hidráulica para el diseño de puentes deben permitir establecer lo siguiente:

- Ubicación optima del cruce
- Caudal máximo de diseño hasta la ubicación del cruce
- Comportamiento hidráulico del rio en el tramo que comprende el cruce
- Área de flujo a ser confinada por el puente
- Nivel máximo de aguas(NMA) en la ubicación del puente (considerándose las embarcaciones pequeñas existentes en la zona)
- Nivel mínimo recomendable para el tablero del puente
- Profundidades de socavación general, por contracción y local
- Profundidad mínima recomendable para la ubicación de la cimentación según su tipo
- Obras de protección necesarias
- Previsiones para la construcción del puente.

El programa de este tipo de estudios debe considerar la recolección de información, los trabajos de campo y los trabajos de gabinete, cuya cantidad y alcance será determinado con base a la envergadura del proyecto, en términos de su longitud y riesgo considerado

Los estudios hidrológicos e hidráulicos deben comprender lo siguiente:

- Evaluación de estudios similares realizados en la zona de ubicación del puente; en el caso de un reemplazo de un puente colapsado es conveniente utilizar los parámetros de diseño anteriores.
- Recolección y análisis de información hidrométrica y meteorológica existente
- Caracterización hidrológica de la cuenca, considerada hasta el cruce del curso del agua con base a la determinación de las características de las respuestas de lluvia-escorrentía, y considerando aportes adicionales en la cuenca.
- Selección de los métodos de estimación del caudal máximo de diseño.
- Estimación de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno y según distintos métodos; en todos los casos se recomienda llevar a cabo una prueba de ajuste de los distintos métodos de análisis para la selección del mejor.
- Selección de secciones transversales representativas del cauce y la obtención del perfil longitudinal.
- Determinación de las características hidráulicas del flujo
- Determinación de las profundidades de socavación general por contracción total y local
- Recomendaciones de protección y/o consideraciones de diseño adicionales

Los puentes ubicados en el cruce con un curso de agua deben ser diseñados de modo que las alteraciones y obstáculos que estos representen

ante este curso de agua sean previstos y puedan ser admitidos en el desempeño de la estructura a lo largo de su vida útil o se tomen medidas preventivas. Para esto deben establecerse las características hidrogeodinámicas del sistema fluvial con el objeto de determinar la estabilidad de la obra respecto al comportamiento del cauce.

### **2.2.1.5 Geología**

Los objetivos de los estudios geológicos son establecer las características geológicas, tanto local como general de las diferentes formaciones geológicas que se encuentran identificando tanto su distribución como sus características geotécnicas correspondientes.

El programa de estudios deberá considerar exploraciones de campo, cuya cantidad será determinada con base a la envergadura del proyecto.

Los estudios geológicos comprenderán:

- Descripción geomorfológica
- Zonificación geológica de la zona
- Identificación y características de fallas geológicas
- Definición de zonas de deslizamientos y aluviones sucedidos en el pasado y de potencial ocurrencia en el futuro

### **2.2.1.6 Geotécnica**

Los objetivos de estos estudios son establecer las características geotécnicas, es decir, la estratigrafía, la identificación y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el diseño de cimentaciones estables. El estudio debe considerar exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, cuya cantidad será determinada con base a la envergadura del proyecto en términos de su longitud y las condiciones del suelo. Los estudios deberán comprender la zona de ubicación del puente, estribos, pilares y accesos. Ante aquello, los estudios geotécnicos deberán comprender lo siguiente:

- Ensayos de campo en suelos y/o rocas
- Ensayos de laboratorio en muestras de suelo y/o roca extraídas en la zona
- Descripción de las condiciones del suelo, estratigrafía e identificación de los estratos de suelo o base rocosa
- Definición de tipos y profundidades de cimentación adecuados, así como parámetros geotécnicos preliminares para el diseño del puente al nivel de anteproyecto
- Presentación de los resultados y recomendaciones sobre especificaciones constructivas y obras de protección.

### **2.2.1.7 Riesgos sísmicos para la construcción de puentes**

Se llama riesgo sísmico a la probabilidad de ocurrencia dentro de un plazo dado, de que un sismo cause, en un lugar determinado, cierto efecto definido como pérdidas o daños determinados. En el riesgo influyen el peligro potencial sísmico, los posibles efectos locales de amplificación, la vulnerabilidad de las construcciones (e instituciones) y las pérdidas posibles (en vidas y bienes).

El riesgo sísmico depende fuertemente de la cantidad y tipo de asentamientos humanos y de la cantidad e importancia de las obras que se encuentran localizados en el lugar. Ante aquello, es necesario que la construcción de puentes tenga previsto un análisis sísmico local, donde se incluya una exploración geofísica en relación a la refracción de carácter sísmico del suelo donde se tiene proyectado el puente, donde se debe tener en cuenta la dureza de la roca, así como el contacto entre capas; los porcentajes de continuidad del modelo imperativo, velocidad en las compresiones, velocidad del corte, incluyendo el análisis de los modos de subsuelo y su tendencia a pequeñas transformaciones, módulos de elasticidad del subsuelo o de *Young* ( $E$ ), módulo de corte máximo ( $G_0$ ), módulo de deformaciones volumétricas ( $K$ ), relación de Poisson y las correlaciones halladas en la geología local (Asociación de Ingeniería Sísmica, 2014).



De la misma forma, el estudio previo para la construcción de puentes demanda un análisis de la refracción sísmica distribuidas en 7 líneas de 55m de longitud de manera individual o grupal, cuya finalidad se enfoca en conocer las características geotécnicas, sísmicas y módulos de elasticidad que poseen los materiales. Ante aquello, los resultados obtenidos de los análisis propuestos permiten identificar las posibles amenazas sísmicas, así como las posibles respuestas dinámicas del sitio donde se construye el puente, así como los efectos generados en el suelo y la topografía, lo que resulta relevante el contraste de los materiales frente a la fuerza de expresión topográfica (Johnson, 2013).

La metodología de medición sísmica propuesta para el análisis de la zona requiere un examen de la zona de influencia de manera circular en un radio de 200 km, cuyo centro es el puente, de ahí que, el análisis somete a la estructura geológica a la exposición de espectros para determinar su respuesta ante las variantes geológicas.

Según (Huerta, López Cela, & Alarcón, 2013) considera que: “en la actualidad los análisis sísmicos son relevantes para conocer la respuesta dinámicas de las estructuras en construcción” (p. 12), de ahí que, los estudios realizados de manera previa permite conocer los niveles de compresión de los diversos mecanismos de respuestas sísmicas que existen, que gracias a la aplicación de ordenadores y sistemas de medición informáticos han permitido superar el impacto de las variantes sísmicas que abarca la zona de influencia.

Bajo este contexto, las dificultades presentadas son llamativas en el proceso de construcción de puentes, donde se estima una respuesta positiva por parte de la superestructura, la misma que se encuentra ligada a la infraestructura. Sin embargo, es preciso hacer uso de los Análisis Modales Espectrales, considerado como un método de cálculo lineal, los mismos que son obtenidos por métodos de carácter simplificado muy relevante al momento de comparar las cargas sísmicas en contraste con las cargas del diseño que establecen las Normas de Cálculo de Puentes.

De la misma forma, los riesgos sísmicos se convierten en consecuencias de carácter social y económico como resultado de la eventual ocurrencia de un terremoto producto de las fallas estructurales, donde la capacidad resistente fue excedida por un terremoto. Por lo tanto, se debe considerar en el análisis los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad sísmica para la construcción de puentes viales, donde se estimen los elementos inherentes a la zona con cierta peligrosidad que pueden generar un nivel de afectación de pequeña o gran magnitud que depende exclusivamente del grado de vulnerabilidad, lo que establece el nivel de riesgo sísmico.

#### ***2.2.1.8 Peligrosidad Sísmica***

La peligrosidad sísmica hace referencia a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de carácter físico como consecuencia de un terremoto, el mismo que puede generar el movimiento del terreno, así como el proceso de licuefacción, deslizamiento de tierra, inundaciones, ruptura de fallas, entre

otras, a lo que se puede considerar como parte de los efectos colaterales del terremoto.

Debido a esto, es preciso estimar que el tamaño y la localización de este grupo de efectos colaterales depende en gran medida de diversos factores, entre los que destaca las de índole geológicas y geotécnicas del lugar, pero principalmente las relacionadas al terremoto, entre las que se encuentran: el epicentro, mecanismo, nivel de intensidad, escala de magnitud, tiempo de duración, etc. (Newmark N., 2013).

Para realizar un proceso efectivo que permita un análisis óptimo del nivel de peligrosidad sísmica, se debe caracterizar las zonas sismo-tectónicas, para poder entender las características únicas que poseen los terremotos. Para aquello, es preciso hacer uso de métodos o modelos probabilísticos simplificados para el cálculo, los mismos que se encuentran basados en la disposición de leyes estadísticas que facilite definir el comportamiento sísmico de una zona, las fuentes sísmicas y el proceso de atenuación generado como resultado del movimiento del suelo (Johnson, 2013).

Por lo tanto, los resultados logran ser expresados a manera de probabilidad de ocurrencia ante distintos tamaños de terremotos, así como la probabilidad de excedencia de los diversos niveles de intensidad relacionadas al movimiento o, en su caso los valores máximos de aceleración que pueden esperarse en una determinada zona, incluyendo el intervalo de tiempo sobre la eventualidad sísmica (Newmark N., 2013).

Cabe recalcar, que la aplicación de estos modelos y métodos simplificados requieren del involucramiento de un gran número de incertidumbres, lo que direcciona inevitablemente a un cálculo específico a partir de la extrapolación de datos, así como el nivel de adaptabilidad de los estudios a otras regiones, para que de ésta manera los modelos sean complementados de manera funcional o simplificados en relación a sí mismo.

Un factor importante en el análisis de la peligrosidad sísmica, lo constituye los niveles de incertidumbre, las mismas que pueden ser de gran tamaño en zonas con una actividad sísmica esporádica, en donde los catálogos sísmicos, así como las bases de datos de movimientos fuertes son mínimos y en mucho de las situaciones escasas, por lo tanto, las diversas teorías geofísicas logran llegar a un proceso de sustitución de los datos, pero en el caso de las predicciones de ocurrencia de sismos y de los niveles de propagación de ondas sísmicas no llegan a ser suficientemente avanzadas para lograr obtener simulaciones teóricas que se acepten como una norma establecida correctamente para la observación de sismos en la zona local.

Esta situación deriva a obtener el criterio de expertos en el ajuste a los modelos que permiten evaluar la peligrosidad sísmica, de tal manera, que su aporte sea considerado como la parte integral del proceso de evaluación o análisis. Para aquello, es preciso contar con el historial de redes sísmicas generadas en la zona utilizando de manera efectiva el historial macro sísmicos que se tenga a primera mano, especialmente de las zonas, cuyas características son de largo retorno. Ante aquello, es preciso tomar en

consideración la presencia de problemas futuros relacionados a la interpretación de los datos históricos, debido a que éstos son cualitativos y su procedencia es de eventos pasados muy diferentes a la época, donde no se hacía uso de la escala macro sísmica común. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un proceso de valoración sísmica en relación a su intensidad, donde se estime el cálculo de probabilidades asociándolas a cada grado de intensidad (Tanner & Sobrino, 2012).

#### **2.2.1.9 Sismicidad**

En la actualidad, los avances científicos y tecnológicos han permitido optimizar el nivel de conocimiento del origen, evaluación del tamaño y su radio de propagación de los terremotos, los mismos que son efectuados en la corteza terrestre. Bajo este contexto, es preciso mencionar que las ocurrencias de un terremoto es producto del esfuerzo en la tierra, la misma que alcanza el nivel mayor de resistencia de la roca, dando origen a que los lados opuestos de la misma colapsen repentinamente y lleguen a deslizarse de manera inesperada pasando de un lado a otro.

Ante aquello, se debe considerar, que estos esfuerzos pueden tener un modo de acción perpendicular a la falla, lo que implica el empuje de las rocas entre sí, o en su caso moviéndolas paralelamente a la falla, dando origen a que las rocas se muevan unas con otras. Por consiguiente, la falla se encuentra relacionada con el tamaño de los esfuerzos, así como del coeficiente de fricción del material con el que está formado (Newmark N., 2013).

Cuando se logra un nivel de acumulación de esfuerzos de manera muy grande que sobrepasa la resistencia de la falla, tiende a dar origen a un terremoto, situación que provoca un chasquido en las rocas perdiendo el equilibrio y dándose un efecto de liberación de energía que se encontraba almacenada en forma de ondas sísmicas, las cuales mueven las rocas a su alrededor provocando daños materiales en la superficie terrestre como consecuencia del posible deslizamiento de las placas tectónicas.

Bajo estas perspectivas, el análisis sísmico deben considerar que un terremoto tiene sus inicios en un punto denominado *foco o hipocentro*, en él se origina la ruptura de la falla que es ubicada técnicamente a través de la latitud, longitud y profundidad, y su proyección a la superficie de la tierra, conocida como *epicentro* cuyas coordenadas son estimadas en los parámetros de latitud y longitud exclusivamente.

En Ecuador, se pone en consideración para el análisis de las cargas sísmicas la Norma Ecuatoriana de la Construcción-NEC-SE-DS, que facilita la construcción de estructuras sismo resistente, que su debida aplicabilidad permite mitigar las pérdidas de vidas generadas por el colapso de estructuras, así como la durabilidad de las mismas.

El análisis sísmico se centra en el caso de la variedad de estructuras que poseen las edificaciones, donde se incluyen a los tanques, reservorios, puentes, torres de transmisión, entre otros, cuyo comportamiento dinámico es variado en relación a la edificación. Debido a esto se debe emplear los siguientes niveles de frecuencia y amenaza sísmicas:

- Frecuente (nivel menor).
- Ocasional (nivel moderado)
- Raro (severo) sismo presentado en un lapso de 475 años.
- Muy raro (extremo) período de retorno estimado en 2500 años.

Por consiguiente, en Ecuador, las zonas sísmicas donde se pretende construir la estructura debe considerar los siguientes puntos: factor de la zona  $Z$  correspondiente, y las curvas de peligro sísmico; así como las características del suelo del sitio de emplazamiento, el tipo de uso, destino y relevancia de la estructura. De la misma forma, la resistencia técnica en los diseños estructurales deben basarse en los diversos niveles de fuerzas sísmicas de diseño, consideradas en:

- El nivel de desempeño sísmico.
- Tipo de sistema y configuración estructural.
- Métodos de análisis a ser empleados.

De manera general, en Ecuador la construcción de edificaciones normales, se requiere el uso del valor  $Z$ , que tiende a representar la aceleración máxima en roca que se espera para el diseño sismológico, que es expresado en fracciones de aceleración de gravedad. Por lo tanto, el sitio donde se construirá la estructura determina una de las seis zonas sísmicas del país, cuya caracterización es establecida por el factor  $Z$ , como lo muestra el siguiente mapa:

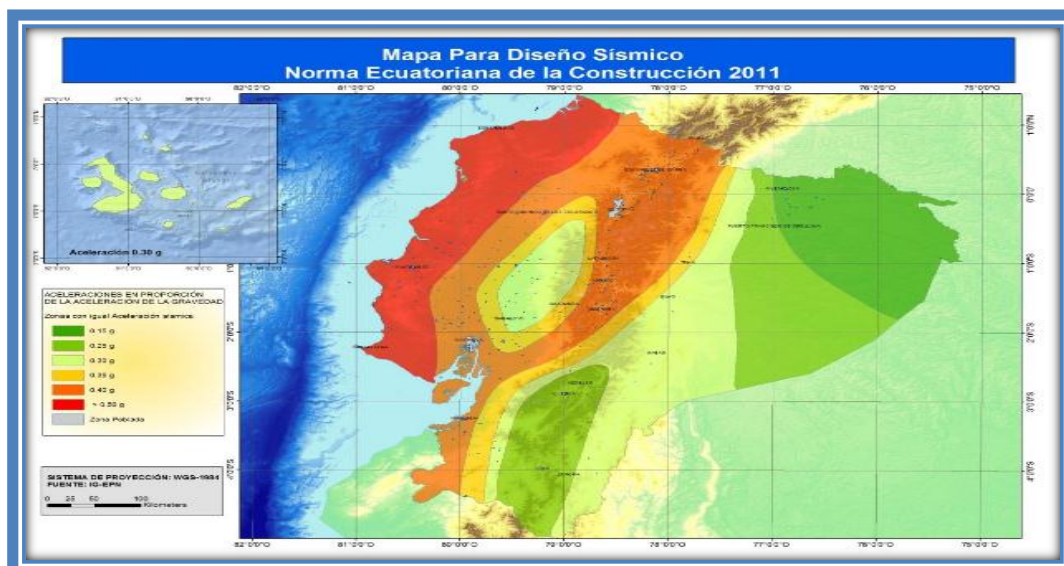


Figura 1 Zonas sísmicas del Ecuador para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.  
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Bajo este contexto, el mapa de sismicidad o determinación de la zona sísmica para el diseño es resultado del estudio de peligro sísmico establecido en un 10% de excedencia en una línea de tiempo de 50 años, donde se logra incluir una saturación bajo nivel de 0.50 de los valores de aceleración sísmica en roca en la zona del litoral ecuatoriano que representa a la zona VI, en relación a la siguiente tabla:

Tabla 2 Valores del factor Z en relación a la zona sísmica adoptada.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

De manera general, basándose en lo expuesto por la tabla, se considera que toda la superficie ecuatoriana es considerada como una zona sísmica alta, con excepción del Nororiente que se encuentra en zona sísmica intermedia, así como el litoral ecuatoriano que se encuentra en una categorización sísmica muy alta.



### **2.2.1.10 Geometría**

El diseño geométrico es importante. Si son adecuadamente utilizadas, las figuras geométricas pueden crear puentes extremadamente fuertes. Aunque algunos puentes pueden utilizar más conceptos geométricos que otros, todos los diseños de puentes distribuyen de manera pareja el peso para un soporte adecuado.

### **2.2.1.11 Datos geométricos**

Como parte de los datos geométrico, se considera los siguientes aspectos:

- Ancho de la calzada (número de vías)
- Dimensiones de la vereda, barandas, etc.
- Peralte, sobre ancho, pendientes, curvatura, gálibo.
- Espaldón.
- Carriles de circulación.
- Separación de flujos.
- Barreras de protección.
- Ancho de la sección transversal.
- Carga del diseño
- Largo del puente
- Carpeta de rodado
- Uniones de tope

### **Socavones**

Uno de los aspectos de alto riesgo en la estabilidad de los puentes, son las socavaciones, que están íntimamente ligadas a las características de los ríos. En general la topografía terrestre presenta una gran variedad de ríos con una diversidad de problemas, sin embargo por razones prácticas se agrupan en los dos tipos siguientes:

- a) Ríos de caudal bruscamente variable o torrencial
- b) Ríos de caudal relativamente constante (varían más o menos lentamente).

Los ríos de caudal relativamente constante, no dan problemas de índole hidráulico pero en cambio, los ríos de caudal bruscamente variable los cuales son los que normalmente se encuentran en las regiones bajas, con caudal más o menos reducido durante la mayor parte del año, incrementándose enormemente y súbitamente en la época de lluvias y durante los deshielos. Presentan problemas de variabilidad de lecho, inundaciones, y socavaciones, para lo cual hay que tener muchos cuidados.

Para prever la variabilidad del lecho del río frecuentemente se construyen tramos de descarga o más alcantarillas en los terraplenes de acceso para que por ahí pasen las aguas que se desprenden del curso principal. Tramos de descarga que deberán merecer continua y celosa vigilancia para evitar desastres por encauzamiento de los caudales principales.

En los terrenos llanos, especialmente en la época de las grandes crecidas, el nivel de las aguas sube considerablemente, llegando en algunos casos a cubrir la calzada de las vías, provocando destrozos, deterioros y la anulación

temporal de la vía, y en la época de mayor necesidad. Razones que nos muestran la necesidad de prever sistemas de drenaje que permitan el libre desfogue de estas aguas, y cota de rasante fijada en concordancia, y previsión con estos hechos.

La determinación de la cota de fundación, es una tarea compleja, y difícil. Si bien se tiene información sobre el tema, este es apenas referencial, depende de muchas variables y ocurrencias durante las propias crecidas.

Existen diversidad de fórmulas empíricas que nos permiten estimar la profundidad de las socavaciones, el solo seleccionar la ecuación de mejor comportamiento es difícil, aun cuando hay autores que recomiendan el uso de una y otra fórmula en los diversos tipos de ríos. En última instancia, siempre será el profesional el responsable de la decisión, en base a su buen criterio y fundamentalmente en base a su experiencia y experiencias de hechos similares. Sin embargo, se puede decir que la cota de fundación, en ningún caso deberá ser mayor a la cota de socavación menos 3 metros. En última instancia y si la inversión así lo indica, deberá recurrirse a modelos a escala, o modelos matemáticos de simulación.

Las informaciones históricas y profesionales del área indican que las mayores socavaciones que se han registrado en nuestro país bordean los 5 m. habiéndose constatado que guardan relación con la profundidad del agua, su velocidad y la dureza del terreno, y el tipo de material del lecho.

## 2.2.2. Aspectos Generales de las Normas AASHTO LRFD

Este tipo de normas es utilizado generalmente para la construcción óptima de puentes, ya que brinda una mayor seguridad por tomar en consideración los factores de carga y resistencia dentro de los aspectos límites que se deben exigir, lo que conlleva a generar una seguridad en el diseño del mismo.

El diseño de los puentes en base a este tipo de normativas realiza un contraste de información en base a los factores antes mencionados, donde se ejecuta el diseño por cargas de servicio (SLD) o el diseño ajustable a los esfuerzos admisibles (ADS), lo que condiciona el análisis de la carga sobre la estructura de la misma manera que la variabilidad estática. Por otra parte, esta normativa ampara el análisis de los factores de carga (LFD) mencionadas en el diseño como las cargas vivas y las cargas muertas.

Bajo este contexto, es meritorio tomar en relación la estimación de las cargas, las mismas que pueden ser permanentes o transitorias, subdivididas de la siguiente manera.

Cargas Permanentes						
DC = peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales	DW= peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos	EH = empuje horizontal del suelo	EL = tensiones residuales acumuladas resultantes del proceso constructivo, incluyendo las	fuerzas secundarias del postensado	ES = sobrecarga de suelo	EV = presión vertical del peso propio del suelo de relleno

Figura 2 Cargas permanentes Normas AASHTO LRFD

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

# Cargas Transitorias

BR = fuerza de frenado de los vehículos	CT = fuerza de colisión de un vehículo	EQ = sismo	FR = fricción	LL = sobrecarga vehicular	LS = sobrecarga de la carga viva	PL = sobrecarga peatonal	WA = carga hidráulica y presión del flujo de agua	WL = viento sobre la sobrecarga	WS = viento sobre la estructura
---	--	------------	---------------	---------------------------	----------------------------------	--------------------------	---	---------------------------------	---------------------------------

Figura 3 Cargas Transitorias Normas AASHTO LRFD

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Ante aquello, los estándares para la construcción de puentes basados en la Norma AASHTO LRDF estima la densidad de los materiales, fijados de la siguiente manera:

Tabla 3 Densidad de materiales. Norma AASHTO LRDF

Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Concreto</b>	1925
<b>Agregados de baja densidad y arena</b>	2320
<b>Normal, con <math>f'c \leq 357</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	$2240 + 2.29 f'c$
<b>Normal, con <math>357 &lt; f'c \leq 1071</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	Densidad Concreto
<b>Armado</b>	Simple + 72 kg/m <sup>3</sup>
<b>Superficies de rodamiento bituminosas</b>	2250
<b>Acero</b>	7850
<b>Hierro fundido</b>	7200
<b>Aleaciones de aluminio</b>	2800
<b>Arena, limo o arcilla compactados</b>	1925
<b>Arena, limo, grava sueltos</b>	1600
<b>Arcilla blanda</b>	1600

<b>Grava, macadán o balasto compactado a rodillo</b>	2250
<b>Madera dura</b>	960
<b>Madera blanda</b>	800
<b>Rieles para tránsito, durmientes y fijadores por vía</b>	300 kg/m

Fuente: Norma AASHTO LRFD

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

### 2.2.3. Factores y combinaciones de carga (Normas AASHTO LRDF)

El análisis de los factores y combinaciones de carga establece los estados de límites de la siguiente manera:

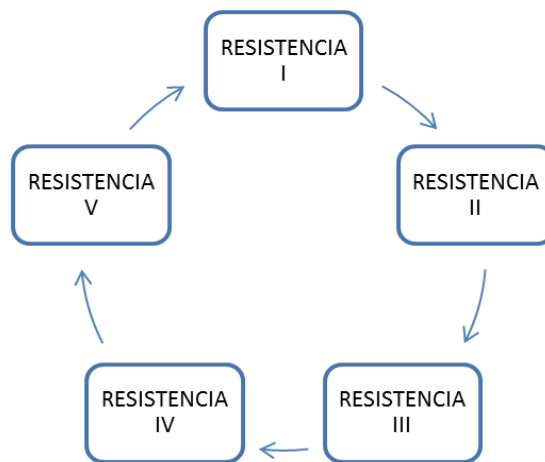


Figura 4 Resistencia- Normas AASHTO LRFD

Fuente: Norma AASHTO LRFD

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

La Resistencia I hace referencia a la combinación básica de cargas que se presentan en el uso vehicular cotidiano del puente en relación al viento. Mientras que la Resistencia II, estima la combinación de las cargas que se ajustan al uso del puente de vehículos con diseños especiales especificados por el propietario, vehículos cuya circulación es restringida.

Por otra parte la Resistencia III combina las cargas que se presentan en un puente expuesto a una gran velocidad de viento que supera los 90 km/h. la Resistencia IV se encarga del análisis de las combinaciones que representa la relación elevada de las cargas permanentes y las que son provocadas por la sobrecarga. Mientras que la Resistencia V combina las cargas que se genera con el uso del puente por parte de los vehículos estándares a una velocidad inherente a los 90 km/h.

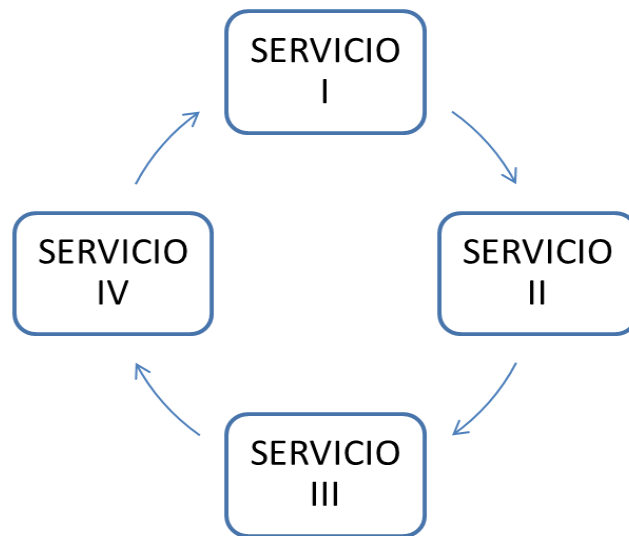


Figura 5 Servicio- Normas AASHTO LRFD  
Fuente: Norma AASHTO LRFD  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 2.2.4. Análisis técnico de los tranvías

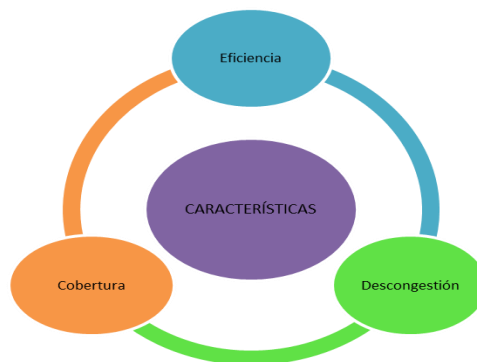
El tranvía, es considerado como un sistema de transporta público que permite el descongestionamiento vehicular en zonas de mayor incidencia como consecuencia del incremento de vehículos que alcanza el 8% anual a nivel país, donde la congestión de las vías es frecuente, así como los niveles de ruido y molestias, sumadas a éstas la contaminación ambiental que genera grandes problemas sociales.

### 2.2.4.1 Tranvías

El tranvía es considerado como un vehículo que transita a través de rieles, los mismos que son instalados en la vía y que permite una alternabilidad en la movilidad de las personas, aportando de manera eficiente al descongestionamiento vehicular y los efectos contaminantes causadas por la emisión de CO2 del transporte convencional.

### 2.2.4.2 Características del tranvía

Entre las características a considerar en los tranvías, se encuentran:



*Figura 6 Características del tranvía*  
*Fuente: Escuela Politécnica del Litoral*  
*Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)*

Dentro de los parámetros de eficiencia, el tranvía tienen la finalidad de brindar un transporte óptimo a los usuarios convirtiéndose en una alternativa de movilidad que incide de manera positiva en el descongestionamiento vehicular ocasionados por los sistemas de transportación convencional. Debido a esto, el sistema de tranvía, genera un impacto positivo para el medio ambiente ya que reduce en gran medida los efectos contaminantes de los combustibles fósiles utilizados por los vehículos tradicionales.



Ante aquello, el tranvía se convierte en un sistema eficiente, donde los usuarios pueden movilizarse de manera cómoda y segura cubriendo las vías y zonas donde la transportación convencional genera retraso en la movilidad. Sin embargo, existen factores que inciden negativamente en su aplicabilidad, uno de ellos se centra en su alcance, es decir no cubren la totalidad de los sectores de la población, y solo se centran en troncales viales condicionadas a un crecimiento paulatino.

Bajo este contexto, su cobertura se centra en proyectos específicos de movilidad dentro de las ciudades donde asumen la aplicación del sistema de tranvía, considerándose de muy poca frecuencia en sectores alejados, ya que la inversión en este tipo de proyectos provoca acciones de infraestructura civil con gran impacto medioambiental y financiero.

Según Lánacara (2012) los tranvías poseen las siguientes características técnicas:

*Tabla 4 Características Técnicas del tranvía*

<b>COMPONENTES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Composición autónoma</b>	Bidireccional, módulos articulados y cabinas de conducción
<b>Tensor de electricidad</b>	750 V Corriente continua
<b>Motores</b>	120 kW de potencia unitaria (total 4)
<b>Velocidad comercial</b>	Máxima 70 km/h y media 20 km/h
<b>Capacidad de transportación</b>	300 personas
<b>Dimensión total</b>	32,55 m, Ancho: 2,65 m., Altura: 3,47 m
<b>Diámetro de ruedas</b>	590 mm nuevas; 530 mm con desgaste
<b>Peso del tranvía</b>	40 T vacío y 56,55 T cargado
<b>Libertad del ancho de las puertas</b>	800 m en los modelos sencillos y 1.300 m en las dobles

<b>Material de la estructura</b>	Aluminio y acero
<b>Composición</b>	Modular
<b>Piso</b>	Estructural, bajo integral
<b>Frenos</b>	Eléctrico Emergencia Estacionamiento Anti patinaje y antideslizamiento

*Fuente: Láncara (2012)*

*Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)*

La construcción de un corredor de tranvía amerita una adecuada planeación urbana, por el simple hecho de generarse cambios en la movilidad, situación que provoca efectos en el ámbito vial donde se va a implementar las vías, y que se relaciona con la calidad del servicio de transporte público en la localidad donde se ejecuta el proyecto.

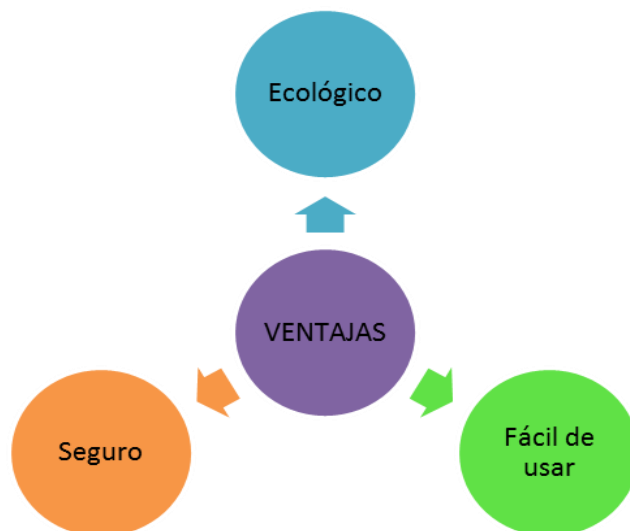
Resulta importante mencionar, que el sistema de tranvía posee características amigables con el medio ambiente, el mismo que goza de gran aceptación en otras ciudades a nivel mundial, considerándolo como un medio de transporte de gran relevancia, por lo que su funcionamiento requiere de una infraestructura especial y propia, entre los que se pueden mencionar:

- Rieles de tranvía, cuyo material es elaborado de acero y puede ser colocado sobre la calzada compartiendo la viabilidad con los medios de transportes convencionales.
- Sistema de corriente o toma de energía, el mismo que puede originarse a través de un conductor de energía soterrado que implica que los cables van por debajo de la tierra. De la misma manera, existe la posibilidad para dotar de energía a las locomotoras mediante cables aéreos propagado por un sistema llamado pantógrafo.

- Vialidades, denominado al aglutinamiento de infraestructura que integran la red vial urbana y rural por donde se desarrolla el tráfico de vehículos. Debido a esto, se debe hacer énfasis a las diversas normativas y actividades relacionadas a la construcción y mantenimiento de las avenidas y carreteras por donde se pretende aplicar el proyecto.

### **2.2.4.3 Ventajas del tranvía**

La construcción de un corredor de tranvía dentro de las ciudades que poseen un nivel de incidencia significativo relacionado a la congestión vehicular se proyecta como una alternativa para la transportación pública, más allá del proceso de modernización y amplitud de la movilidad vehicular, por lo que amerita mencionar las ventajas que posee el mismo:



*Figura 7 Ventajas del tranvía  
Fuente: Escuela Politécnica del Litoral  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)*

El tranvía posee una gran ventaja en la parte ecológica, ya que se lo considera como un sistema sostenible, cuyos niveles de ruido y contaminación es mínimo, por no contar con motores que ameritan la combustión de

hidrocarburos, es decir son completamente eléctricos. En lo referente a la facilidad de uso, el sistema posee las paradas a nivel de piso, tomando en consideración los espacios destinados a la inclusión y garantía de la movilidad para personas con capacidades diferentes, es decir que el medio de transporte ayuda al proceso de inclusión social. De la misma forma, la seguridad dentro de los vagones de transporte público posee cámaras con circuito cerrado y un sistema infrarrojo que imposibilita la abertura manual de las puertas mitigando posibles accidentes.

#### **2.2.4.4 Rol del corredor del tranvía en el descongestionamiento vehicular en la vía Samborondón-Guayaquil**

Sin lugar a dudas, el aporte a la movilidad que genera la posibilidad de ejecutar la construcción del corredor del tranvía en la vía Samborondón-Guayaquil se enfoca en engranar esta vía, la misma que en horas consideradas picos se convierte en inaccesible, ocasionado problemas y molestias a los usuarios que transitan en la misma. Por otra parte, el rol de eficiencia es medido en la implementación de paradas estratégicas, donde los usuarios pueden programar sus salidas y llegadas considerando la exactitud en el tiempo.

En lo referente a la descongestión vial, el rol se especifica en la apertura de nuevas vías derivando las cargas de transportes públicos y privados a otras zonas, dotando de preferencia al tranvía por parte de los usuarios.

## 2.3 Marco Legal

### ➤ Ley de tránsito y transporte terrestre

**Art. 2.-** La presente Ley se fundamenta en los siguientes principios generales: el derecho a la vida, al libre tránsito y la movilidad, la formalización del sector, lucha contra la corrupción, mejorar la calidad de vida del ciudadano, preservación del ambiente, desconcentración y descentralización interculturalidad e inclusión a personas con discapacidad.

**Art. 7.-** Las vías de circulación terrestre del país son bienes nacionales de uso público, y quedan abiertas al tránsito nacional e internacional de peatones y vehículos motorizados y no motorizados, de conformidad con la Ley, sus reglamentos e instrumentos internacionales vigentes. En materia de transporte terrestre y tránsito, el Estado garantiza la libre movilidad de personas, vehículos y bienes, bajo normas y condiciones de seguridad vial y observancia de las disposiciones de circulación vial.

### ➤ Reglamento de ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial

**Art. 3.-** El sistema de gestión de la Agencia Nacional de Tránsito de la Comisión de Tránsito del Ecuador se sustentará en un proceso continuo de planeamiento estratégico; de gestión por procesos; de medición y control de calidad; de sistemas de mejora continua que incluyan auditorías de gestión; de autonomía de gestión administrativa, económica, funcional y operativa; de desarrollo sustentable del medio ambiente; de responsabilidad social; y de sistemas de transparencia y rendición de cuentas respecto de la gestión y servicios que ofrece a la ciudadanía.

### 2.3.1. Normativa técnica

Para determinar la construcción de las alternativas viales entre el nuevo puente de Guayaquil-Samborondón vs un corredor del sistema de tranvía de Guayaquil-Samborondón, es preciso tomar en consideración una serie de normativas legales que rigen en el país, entre las que se encuentra:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas).
- NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas: Diseños Sismo Resistentes.  
NEC-SE-RE: Rehabilitación Sísmica de Estructuras.
- NEC-SE-GM: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones.
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado.
- NEC-SE-MP: Estructuras de Mampostería Estructural
- Norma Ecuatoriana Vial-NEVI-12
- Procedimientos para proyectos viales.
- Normas para estudios y diseños viales.
- Estudio y criterios ambientales para proyectos viales y puentes.

### 2.4. Marco conceptual

**ANCHO DEL PUENTE:** se denomina como el ancho total de la superestructura, la que incluye, calzadas, veredas, ciclovías, barreras y/o barandas.

**ASENTAMIENTO:** se le conoce al desplazamiento vertical o el hundimiento de cualquier elemento de la vía.

**BADÉN:** se designa como la estructura construida con piedra o concreto que se hace para permitir el paso vehicular sobre quebradas de flujo estacional o de flujos de agua menores.

**ELEMENTOS VIALES:** es el conjunto de elementos físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y obras complementarias.

**EMPALME:** se conoce como la conexión de una carretera con otras, realizada para acondicionar el tránsito vehicular.

**GÁLIBO:** se denomina como la luz o distancia libre entre la parte inferior de la superestructura del puente y el nivel de aguas máximas del río.

**GEODINÁMICA EXTERNA:** Conjunto de componentes geológicos de perfil dinámico, que actúan sobre el terreno materia del estudio geológico y geotécnico.

**LUZ DEL PUENTE:** Distancia longitudinal entre los ejes de apoyo de cada tramo de un puente

**MANTENIMIENTO VIAL:** Grupo de actividades técnicas designadas a resguardar en forma continúa y sostenida el estado óptimo de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio de calidad al usuario; esta puede ser de acuerdo a su naturaleza como: rutinaria o periódica.

**PILAR:** se denomina como apoyo intermedio de un puente, que tiene como principal finalidad, soportar parte de la superestructura y transmitir las cargas al terreno.

**SEGURIDAD VIAL:** Serie de acciones destinadas a incrementar la seguridad y la calidad de protección en las redes viales, en favor de los usuarios de las vías

## **CAPÍTULO 3**

### **Marco Metodológico**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Para el desarrollo de la siguiente propuesta investigativa, fue necesario el uso de diversos tipos de investigación, entre los que se encuentran la investigación de campo, que permite la revisión de datos técnicos relativos a la construcción de las dos ofertas viales, así como los diversos análisis sísmicos y geológicos realizados en la zona de influencia. De la misma forma, la investigación bibliográfica facilitó la revisión de datos teóricos que permite fundamentar los conceptos propuestos en el estudio como un preámbulo para una revisión futura, los mismos que se convierten en la pauta para estudios dentro de este campo.

##### **3.1.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación se basa en un estudio cualitativo, que permite determinar las diferencias técnicas, estructurales y financieras, analizando una evaluación socio económica para determinar cuál de las dos alternativas es la más adecuada, tomando en consideración la diversidad de la misma, donde el impacto de la inversión tiende a variar según los requerimientos de las obras,



así como de los factores socioeconómicos que ampare la construcción de la obra.

## **3.2. Métodos de Investigación**

### **3.2.1. Métodos inductivo-deductivos**

La adecuada aplicación de este método permitió el análisis de la información en relación al contraste de las dos soluciones viales propuestas como parte complementaria a mejorar el tránsito vehicular existente en la vía Guayaquil-Samborondón, donde la recopilación de datos partieron desde la perspectiva general hasta llegar a la particularización de la misma, donde se estima el de mejor envergadura y proyección económica, así como su mínimo impacto al medio ambiente.

### **3.2.2. Método analítico-sintético**

El uso de este método permitió el análisis y cálculos técnicos-financieros relacionados a la construcción del puente *GUASAMDA* sobre el río Daule, así como el del tranvía que cubran la vía Guayaquil-Samborondón, de ahí que los resultados obtenidos de la investigación determinó el de mayor probabilidad, ventaja técnica, mínima inversión, calidad de servicio y mínimo impacto ambiental, cuya finalidad se enfoque en un proyecto de largo alcance con mejoras significativas en la movilidad de las personas que hacen uso frecuente de esta vía.

### **3.2.3. Método estadístico**

El análisis estadístico permitió la obtención de información en relación al criterio de la población sobre las ofertas viales, las mismas que son contrastadas con el análisis técnico de ingeniería, donde los resultados estimen la viabilidad de cualquiera de las propuestas viales consideradas con antelación en el proyecto investigativo.

### **3.3. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

Entre las técnicas utilizadas para el levantamiento de información se encuentra la revisión bibliográfica, la misma que permite fundamentar cada uno de los conceptos propuestos en el desarrollo investigativo, así como el uso una entrevista a expertos en temas de Ingeniería Civil, cuyo aporte permite la construcción de criterios basados en las experiencias en construcciones de esta magnitud.

#### **3.3.1 Entrevista realizada a experto**

1-. ¿Cómo considera usted la implementación de un puente que conecte a dos localidades como lo es Guayaquil y Samborondón?

El puente a resultado con el paso de los años una de las mejores infraestructuras para la conexión de localidades, estos no solo se consideran

de gran embergadura sino además de un estudio ingenieril importante, ya que para el mismo se toma a consideración varios aspectos.

2-. ¿Cómo califica usted a un sistema de tranvía para unir a dos ciudades?

El uso de un sistema vial resulta beneficioso pero siempre y cuando sea de gran necesidad, donde es importante la conexión y trasportación de recursos, se puede calificar como importante siempre que su construcción y desarrollo traiga consigo más beneficios que costos a mediano y largo plazo, de lo contrario sería una infraestructura innecesaria.

3-. ¿Cuál de las dos alternativas viales anteriormente mencionadas, considera más adecuada para conectar la ciudad de Guayaquil con Samborondón?

De ambas alternativas como el puente y el sistema de tranvía el más idóneo sin lugar a dudas es el puente.

4-. ¿Qué aspectos considera usted fundamentales para la construir un corredor de sistema de tranvía?

El aspecto más importante está relacionado con la inversión económica y sobre todo con el beneficio que trae, para ello es importante también tomar en consideración si la puesta en marcha del sistema permite la recaudación de una parte de la inversión y si la implementación resulta ser suficiente para sustentable para el mismo sistema.

## **CAPÍTULO 4**

### **Propuesta**

#### **4.1. Tema**

Estudio comparativo vial entre el nuevo puente de Guayaquil-Samborondón vs un corredor del sistema de tranvía de Guayaquil-Samborondón.

#### **4.2. Justificación de la propuesta**

Esta propuesta se realiza en base al tráfico vehicular que se origina en la vía Samborondón y en la necesidad de comunicar dos localidades como lo es Guayaquil y Samborondón, para ello se considera realizar un estudio comparativo de alternativas viales y de ese modo considerar desde un aspecto técnico y económico cuál es el más apropiado a desarrollar, tomando a consideración los distintos factores de estudio y sobre todo la opinión de expertos en el tema de ingeniería civil, para así considerar el resultado desde un punto de vista más profesional y técnico.

#### **4.3. Objetivo general**

Realizar un estudio comparativo a evaluar en función de los socio económico, entre el nuevo puente "*Guasamda*" sobre el río Daule vs un corredor del sistema de tranvía que cubra la ruta Guayaquil-Samborondón en ambos sentidos.

#### **4.4. Objetivos específicos**

1. Determinar el nivel de flujo vehicular que soportaría el puente “*Guasamda*” sobre el río Daule en la ruta de Guayaquil-Samborondón en ambos sentidos.
2. Establecer la factibilidad del flujo vehicular en el corredor del sistema de tranvía de Guayaquil-Samborondón.
3. Establecer el impacto ambiental de cada una de las propuestas viales en relación al descongestionamiento vehicular en la vía Guayaquil-Samborondón.
4. Realizar un estudio comparativo de dos alternativas viales de acuerdo al flujo vehicular respecto al puente de Guayaquil-Samborondón y el corredor del sistema de tranvía de Guayaquil-Samborondón.

#### **4.5. Desarrollo de la propuesta: Análisis comparativo en base a las dos propuestas viales**

##### **4.5.1. Datos técnicos del puente Guasamda sobre el río Daule**

El gran desarrollo urbanístico que mantienen los sectores de la parroquia satélite La Puntilla del cantón Samborondón, y el sector Noreste de Guayaquil al norte de la av. Narcisca de Jesús, generan diariamente una gran cantidad de viajes vehiculares, que en la actualidad se reflejan en constantes problemas de congestionamientos viales especialmente durante las horas pico del día sobre la av. Samborondón en el sector de Samborondón así como también en la av. Pedro Menéndez Gilbert en Guayaquil, consecuentemente, los Municipios de

Samborondón y Guayaquil, tomaron la decisión de contratar los estudios de factibilidad y diseños definitivos para la construcción de los puentes que unirán los cantones de Guayaquil y Samborondón.

La primera parte del estudio fue seleccionar posibles localizaciones que permitan cruzar el río Daule, y establecer una conexión entre el cantón Guayaquil con el cantón Samborondón.

La selección para la ubicación de los puentes se basó en la disponibilidad de lotes vacíos sin edificaciones y coincidentes en ambos lados del río Daule que permitan la implantación del puente minimizando expropiaciones, así como también minimizando las distancias entre el río y las vías de enlace con el puente, finalmente también se tomó en consideración la disposición de áreas cercanas la av. Samborondón y la autopista Narcisca de Jesús, donde se pueda implantar un distribuidor de tráfico que facilite los accesos de los puentes.

Una vez seleccionados los sitios, se trazaron varias alternativas de las vías de acceso y los puentes, las mismas que fueron barajadas en las reuniones del comité de supervisión con los representantes del Municipio, llegando a la selección que se detalla a continuación.

Basados en los análisis de capacidad de planificación y diseño que forman parte de los estudios de tráfico, se determinó que para mantener nivel de servicio aceptable por lo menos por 13 años se debería contar con una sección transversal de 4 carriles, la misma que se detalla a continuación.

Tanto Para las vías de acceso como para puente se ha considerado la siguiente sección transversal: (*Ver figura 1*)

- 4 carriles de circulación vehicular, 2 en cada sentido, de 3.6m cada uno  
14.4m
- Espaldón de 2.5m de cada lado y vereda 5.0m
- Vereda peatonal de 1m, ciclovía de 1.5m 3.0m
- Separación de flujos, muro tipo Jersey de 0.8 m en la base, 0.40 libre.  
2.0m
- Barreras de protección de puente 0.30 m de cada una 0.6m
- Ancho total de sección transversal = 26.6 m

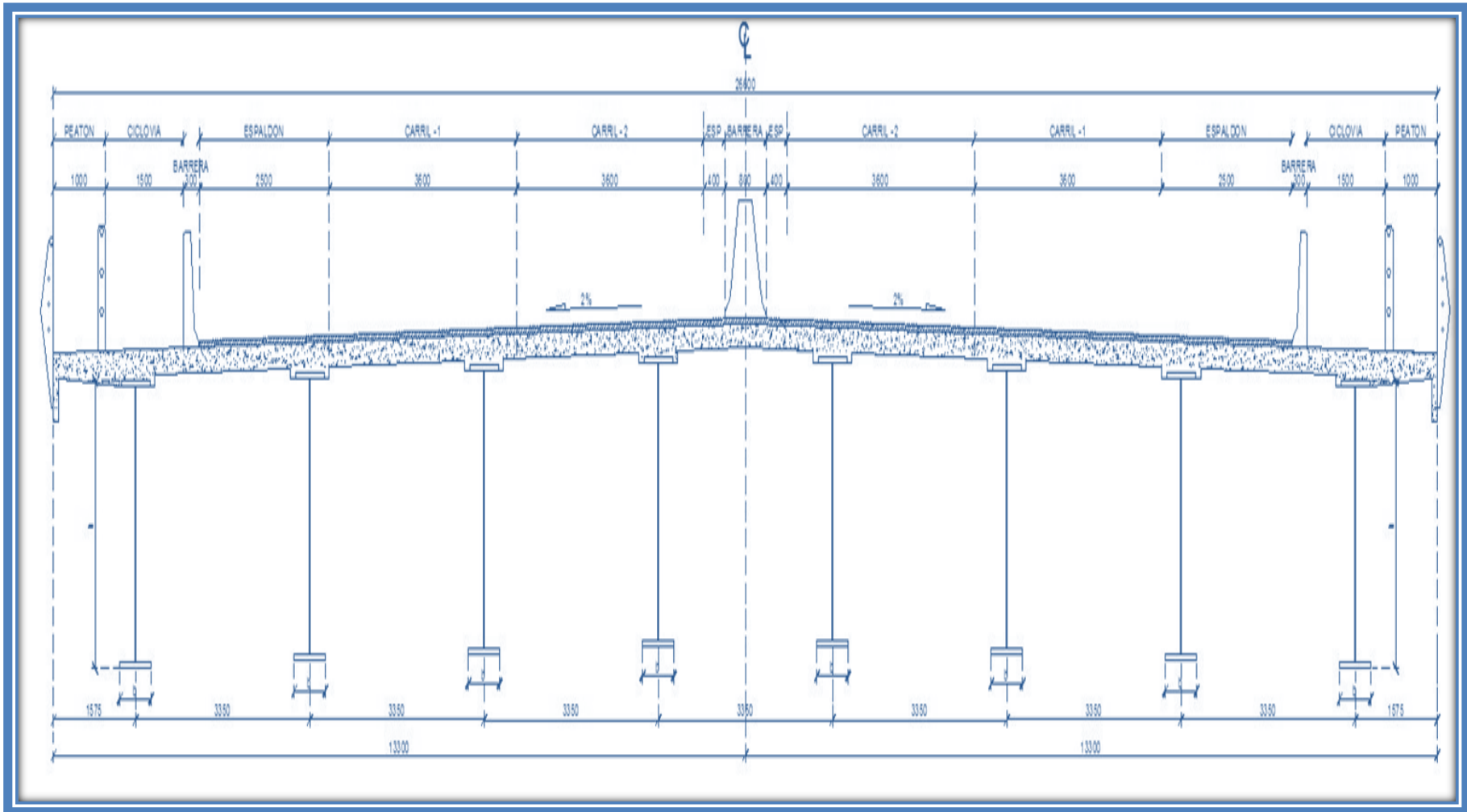


Figura 8 Sección transversal del puente  
 Fuente: Asociación Puente GUASAMDA



#### **4.5.2. Características del trazado en el lado de Guayaquil**

Sobre el lado de Guayaquil, se proponen dos alternativas, una a nivel y otra solución a desnivel que inicia en la av. José María Egas, pasa por encima de la av. Narcisca de Jesús, continuando como un viaducto hasta el puente sobre el Río Daule, pasado el río, el viaducto desciende hasta llegar a nivel y concluir en una intersección con la av. Samborondón.

La vía de acceso desde Guayaquil, hacia el puente sobre el río Daule, inicia en la intersección con la av. Narcisca de Jesús, el tramo inicial es una tangente de 130.36 m de longitud, seguido de una curva horizontal con, radio de 300m, arco de 55.21 m y rumbo S 84° 39' 43.08", que termina en el PT de abscisa 0+185.57, en la abscisa 0+180 inicia la rampa hacia el puente.

##### ***4.5.2.1 Alineación Horizontal***

La alineación horizontal de la rampa de acceso al puente inicia en la abscisa, 0+180, en la abscisa 0+185.57 termina la curva horizontal de radio 300m, hasta el PT en la abscisa 0+254.08, de ahí en adelante continua con una tangente de 1051.63m hasta la abscisa 1+237.17

Tabla 5 Cuadro de curvas del eje de la vía de acceso y puentes.

CUADRO DE CURVAS							
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	AREA BAJO CUERDA	RUMBO CUERDA
<b>C1</b>	33'20'45.53"	200.000	116.399	59.900	114.764	646.075	N 65'48'32.31" E
<b>C2</b>	22'16'49.37"	500.000	194.433	98.460	193.210	1,215.835	S 71'20'30.39" W
<b>C3</b>	07'3'23.12"	400.000	49.263	24.663	49.232	24.888	N 63'43'47.26" E

Fuente: Asociación Puente GUASAMDA  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 4.5.2.2. Alineación Vertical

En lo referente al trazado vertical, el PVC de la rampa de acceso hacia el puente sobre el río Daule inicia en la abscisa 0+180, cota 3.95 con una curva vertical de subida de 100m de longitud, hasta el PVT de la curva en la abscisa 0+280, cota 6.60, seguido de una pendiente de 4.79% por 60 m hasta el PVC de la segunda curva vertical de 100m en la abscisa 0+340, cota 9.47 con esta curva culmina la pendiente de subida en el PVT, en la abscisa 0+440, cota 11.97, de ahí en adelante el puente continua con una pendiente longitudinal de 0.2% por 175m hasta el PVC de la tercera curva vertical de 100 m en la abscisa 0+615 cota 12.32, esta curva tiene el PVI en la abscisa 0+664.99, cota 12.42, siendo este el punto más alto del puente, la curva termina en el PVT, abscisa 0+715, cota 12.32, de este punto en adelante tenemos una pendiente de bajada de -0.2% hasta el PVC de la cuarta curva en la abscisa 0+890, cota 11.97, la curva finaliza en el PVT, abscisa 0+990, cota 9.47, seguido de una pendiente de -4.79% por 60m hasta el PVC de la quinta curva vertical que inicia en el PVC, abscisa 1+050, cota 6.60, terminando en el PVT, abscisa 1+150, cota 3.93.

#### **4.5.2.3. Características del trazado en el lado Samborondón**

La vía de acceso en el lado de Samborondón inicia en la abscisa 1+150 donde culmina la rampa de acceso al puente, se enlaza una tangente hasta la segunda curva en el PC abscisa 1+237.17, con radio 400 m, arco de 133.96m, y rumbo N 69° 47' 44.06" y termina en el PT en la abscisa 1+371.14, continua con una tangente de 394.29m hasta el PC de la tercera curva en la abscisa 1+765.43, la curva tiene radio de 400m, arco de 49.26m y rumbo N 63° 43' 47.26, la misma que termina en PT en la abscisa 1+814.70, de este punto en adelante sigue con una tangente de 143.54m hasta la abscisa 1+958.24.

#### **4.5.2.4 Intersecciones de las vías de acceso con la av. Narcisa de Jesús y con la av. Samborondón**

##### **4.5.2.4.1. Sector Guayaquil**

Se estima la intersección de la Av. Narcisa de Jesús y vía de acceso a puente sobre el río Daule.

Considerando soluciones viales a nivel, se propone una intersección en "T" la misma que mantendrá los flujos existentes en sentido este-oeste y oeste-este, y se incorporaran los flujos en sentido este-norte (GYE-Puente) con un carril desaceleración de giro continuo hacia la derecha, así mismo se propone giro continuo con carril de aceleración para el flujo norte-oeste (Puente-Pascuales). Los dos cuadrantes tendrán radio de giro de 30m que permite a los vehículos girar entre 30 y 35 km/h.

#### 4.5.2.4.2. Flujos de la intersección

- a) Flujo norte-sur (flujo recto de av. Narcisa de Jesús hacia Guayaquil)
- b) Flujo sur-norte (flujo recto de av. Narcisa de Jesús hacia Pascuales)
- c) Flujo este-norte (giro derecha desde Samborondón hacia Pascuales.)
- d) Flujo sur-este (giro derecho desde av. N. de J. hacia puente

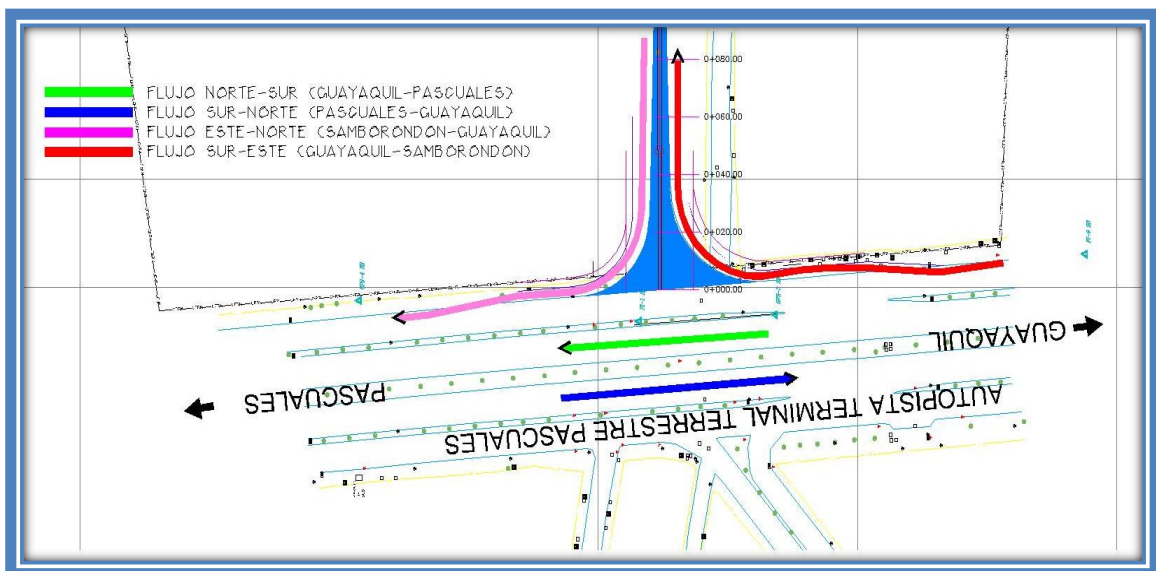


Figura 9 Intersección tipo "T" av. Narcisa de Jesús con vía de acceso a puente  
Fuente: Asociación Puente GUASAMDA  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

En razón de optimizar los flujos de la intersección de la av. Narcisa de Jesús con la vía de acceso al puente, se propone una solución a desnivel, con un paso elevado sobre la av. Narcisa de Jesús que sería a continuación del puente sobre el río Daule. Esta solución llevara con dos carriles el flujo que viene de Samborondón directamente hacia oeste por la av. José María Egas,

pasando sobre la av. Narcisa de Jesús, con la intención de reducir la intensidad de los usuarios a utilizar la av. de las Américas, para complementar la solución también se propone una rampa de un carril de bajada para el flujo que se dirija hacia el norte por la misma avenida. Para el flujo de Guayaquil hacia Samborondón se proponen dos soluciones, una el acceso de dos carriles desde la av. José María Egas en sentido oeste-este pasando sobre la av. Narcisa de Jesús, complementado con una rampa de un carril de subida que se enlazaría con los dos carriles que vienen desde la av. Egas.

La av. Egas se modifica la sección transversal para acomodar los dos carriles de bajada, dos de subida hacia el puente y un carril a nivel en sentido este-oeste para el tráfico local, se reduce el parterre central a 0.5m y la acera a 1.5m



Figura 10 Solución a desnivel en la intersección de la av. Narcisa de Jesús y la vía de acceso al puente.  
Fuente: Asociación Puente GUASAMDA



Figura 11 Proyección de la intersección de la av. Narcisca de Jesús y la vía de acceso al puente.  
 Fuente: Asociación Puente GUASAMDA  
 Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### **4.5.2.5 Rampa de subida Guayaquil-Samborondón**

##### **4.5.2.5.1. Alineación horizontal**

La rampa de subida hacia el puente desde la av. Narcisca de Jesús, inicia con una transición de 20m hacia un carril de desaceleración, este carril inicia en la abscisa 0+000, hasta el PC de la curva horizontal de radio 50 m hasta el PT en la abscisa 0+128.80, seguido de una tangente hasta la abscisa 0+300, donde inicia la transición de 42.6m para unir la rampa con el puente hacia Samborondón.

##### **4.5.2.5.2. Alineación vertical**

Inicia en la abscisa 0+00 cota 3.18, hasta el PVC en abscisa 0+120.09, cota 3.42, seguido de una curva vertical de 40m hasta el PVT en la abscisa

0+160.09 cota 4.29, seguido de una tangente de 96.58 m con pendiente de 4.18%, hasta el PVC de la segunda curva vertical de 40m en la abscisa 0+256.57 cota 8.64, la curva finaliza en la abscisa 0+296.57 cota 8.43, seguido de una pendiente de 1.007% por 16.01m donde se une al puente que viene desde la av. Egas.

#### **4.5.2.6. Rampa de bajada Samborondón-Pascuales**

##### **4.5.2.6.1. Alineación horizontal**

Inicia en la abscisa 0+000, con una transición de ensanchamiento hacia la rampa de bajada hasta el PC de la curva en la abscisa 0+48.81, en este punto inicia una curva horizontal de radio 80.15m hasta el PT en la abscisa 0+172.35, seguido de una tangente hasta la abscisa 0+269.93 donde inicia la transición de reducción para unir la rampa con la av. Narcisca de Jesús.

*Alineación vertical.* Inicia en la abscisa 0+000, cota 8.06, con una pendiente de 1.872% por 44.81m hasta el PVC de la curva vertical de 40m en la abscisa 0+44.81 cota 8.90, hasta el PVT en la abscisa 0+84.81 cota 89.29, seguido de una pendiente de bajada al 4.913% por 57.98m hasta el PVC de la segunda curva vertical en la abscisa 0+142.78 cota 5.44, que termina en el PVT en la abscisa 0+202.78 cota 4.05, seguido de una pendiente de 0.26525 por 57.21m terminando en la abscisa 0+263 cota 4.20

#### 4.5.2.7 Sector Samborondón

Intersección de av. Samborondón y vía de acceso a puente sobre río Daule. Considerando soluciones viales a nivel, se propone una intersección en “T” la misma que mantendrá los flujos existentes en sentido norte-sur y sur-norte, y se incorporaran el flujo en sentido oeste-sur (Guayaquil-Puntilla) con una curva de 43m de radio de giro continuo hacia la derecha. Así mismo para el flujo norte-este (Samborondón-Guayaquil) se propone giro continuo hacia la derecha con carril de desaceleración de 40 m, y radio de giro de 43m hacia el puente. Los radios de giro indicados permiten a los vehículos girar a velocidades entre 30 y 35 km/h (Asociación de Puente Guasamda, 2017).

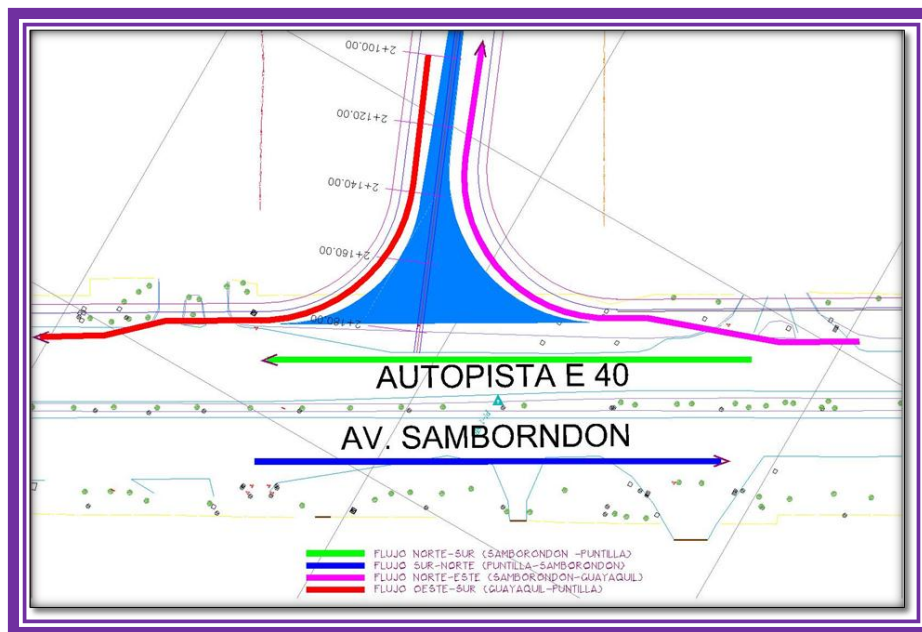


Figura 12 Intersección tipo “T” av. Samborondón con vía de acceso a puente  
Fuente: (Asociación de Puente Guasamda, 2017).  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)



#### **4.5.2.7.1. Flujos de la intersección**

- Flujo norte-sur (flujo recto de av. Samborondón de Samborondón a la puntilla)
- Flujo sur-norte (flujo recto de av. Samborondón de la puntilla hacia Samborondón)
- Flujo norte-este (giro derecho desde Samborondón hacia puente)
- Flujo oeste-sur (giro derecho desde puente hacia la puntilla)

#### **4.5.2.8. Consideraciones complementarias**

##### **4.5.2.8.1 Retornos en Av. Principal**

Las intersecciones tipo “T” serán complementadas con un retorno del lado este y otro sobre lado oeste de la intersección. Los retornos estarán ubicados aproximadamente a 1 km de la intersección, para facilitar el entrecruzamiento vehicular, para el caso de los vehículos que cruzan el puente, y giran hacia la derecha deberán entrecruzar 3 carriles para acceder al retorno, para el caso de los vehículos que quieren tomar el puente, pasaran la intersección para tomar el retorno debiendo entrecruzarse 3 carriles para acceder al carril de giro derecho hacia el puente.

##### **4.5.1.8.2 Diseño de retornos**

Aproximadamente 590m hacia el oeste de la intersección de la av. Principal con la vía de acceso al puente, inicia la transición de ensanchamiento del parterre central de 6.0m hasta 16.8m, esta ampliación es necesaria para crear

los carriles de giro protegidos del retorno, la longitud de transición será de 150m, seguido de un tramo recto de 70m, a partir del tramo recto inicia la transición de reducción de ensanchamiento del parterre con una longitud de 70m, finalizando esta reducción inician los dos carriles de almacenamiento que tendrán una longitud de 150m que tendrá capacidad para almacenar, 60 vehículos livianos simultáneamente sin bloquear el flujo en sentido este-oeste de la av. principal. La nariz del retorno tendrá inicialmente un radio de 6.25, seguido de uno de 3m, y finalizando con un radio de 36m hasta coger la tangente hacia el este. 3 radios para facilitar el giro simultáneo de un vehículo pesado y un liviano. La salida del retorno tendrá 2 carriles de aceleración de 80m, luego iniciara la reducción a un carril por un tramo de 50m, seguidamente inicia la transición para incorporar el flujo del retorno al flujo en sentido oeste-este (Asociación de Ingeniería Sísmica, 2014).

#### 4.4.2.9. Alternativa de solución a desnivel en intersección de la av. Samborondón

Para facilitar el flujo desde el puente hacia el norte de la av. Samborondón se propone un ramal elevado direccional hacia el norte desde la vía de acceso hacia Samborondón.

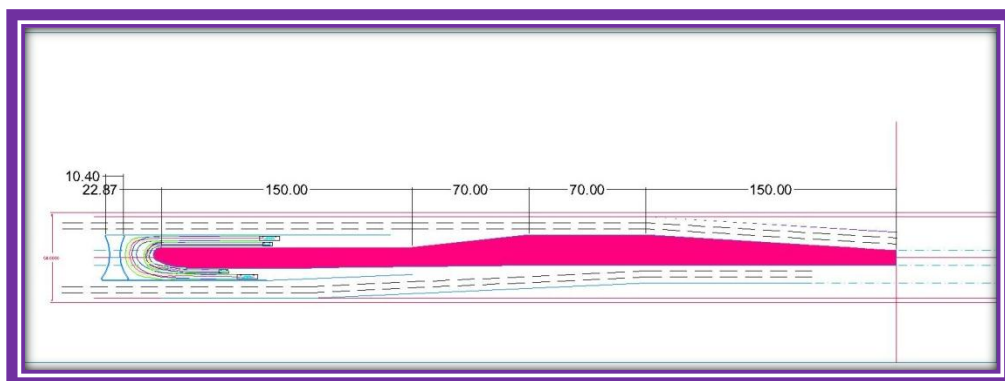


Figura 13 retorno típico.  
Fuente: (Asociación de Puente Guasamda, 2017).  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

**Alineación horizontal.** El ramal elevado sobre la av. Samborondón inicia en la abscisa 0+00 que coincide con la abscisa 1+980 del eje principal TTP-Samborondón, en la abscisa 0+234.67 se encuentra el PC de la curva horizontal de radio 80m, la misma que termina en la abscisa 0+360.97, seguido de una tangente hasta la abscisa 0+560.

El ramal ocupara parte del parterre central de la av. Samborondón, que deberá ser ensanchada 220 m. antes del punto donde el ramal se une con la avenida. La ampliación se mantiene por el tramo hasta donde terminal el ramal, para de ahí iniciar la transición de reducción hasta llegar la sección transversal existente.

**Alineación vertical.** La alineación vertical inicia en la abscisa 0+00, cota 3.83 con una pendiente de -0.9392% hasta la abscisa 0+20, con cota 3.65, que es el PVC de la curva vertical de 60m, que termina en el PVT, abscisa 0+80, cota 4.93, seguido de una pendiente de 5.2059% por 110m hasta el PVC de la segunda curva vertical en la abscisa 0+190, cota 10.65, la curva tiene una longitud de 60m hasta el PVT en la abscisa 0+250 cota 12.26, sigue una pendiente de 0.15% por 37.46m hasta la abscisa 0+287.46, seguido de una pendiente de -0.15% hasta la el PVC de la curva vertical de bajada en la abscisa 0+324.93 cota 12.26, que termina en el PVT con abscisa 0+384.93 cota 10.64, sigue una pendiente de -5.2419% por 103.90 m hasta el PVC de la última curva vertical en la abscisa 0+488.83 cota 5.2, que termina en el PVT con abscisa 0+548.83 cota 3.62, sigue una tangente de 9.34m hasta la abscisa 0+560 cota 3.62

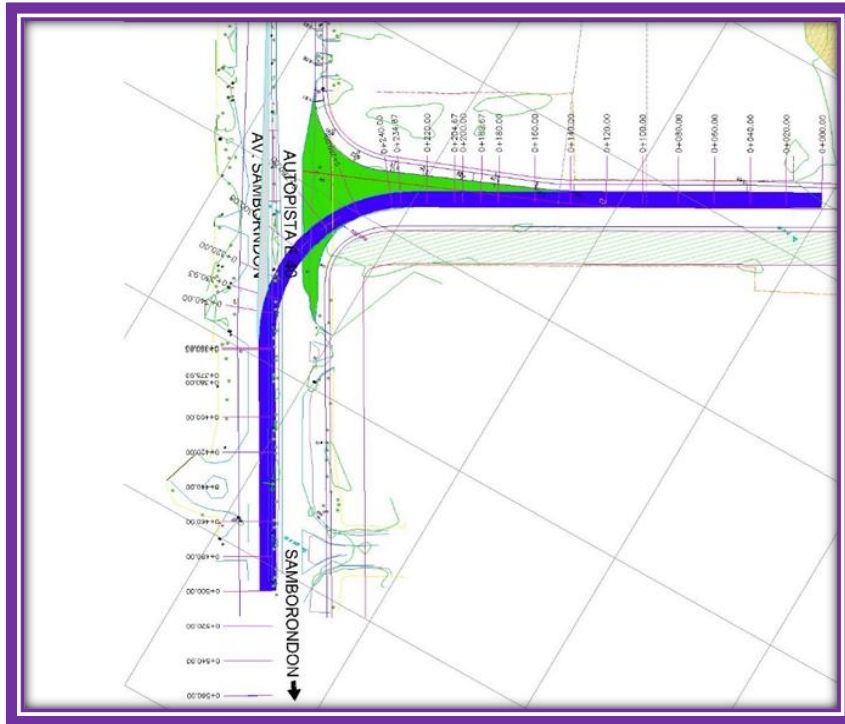


Figura 14 Diseño del ramal  
 Fuente: (Asociación de Puente Guasamda, 2017).  
 Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 4.5.2.10. Diseño del Sistema de Iluminación

El intercambiador de tráfico perteneciente a la obra del puente Guayaquil – Samborondón estará en el lado de Samborondón y tendrá una longitud aproximada de 400mts. El comienzo de la vía que une estos dos puntos son los siguientes en la vía a La Puntilla con las siguientes coordenadas zona: 17M abscisa: 626142.00 m. E. y norte: 9765393.00 m. S. El diseño de iluminación actual, ha sido realizado de acuerdo a los criterios modernos de Ingeniería que garantizan la confiabilidad, seguridad y continuidad del servicio de energía eléctrica con el fin de obtener un funcionamiento satisfactorio del sistema y reducir al mínimo los peligros de incendio, accidentes, etc., y a su vez contempla las mejoras del rendimiento económico de las inversiones,

estableciendo una provisión de dimensiones y capacidad proporcionada al crecimiento previsible de consumo.

## MEDICIÓN

Se realizará un (1) cuarto eléctrico con medición independiente, el CE#1 estará ubicado en Samborondón. El cuarto tendrá su propio medidor de clase 200 en baja tensión con las respectivas seguridades.

## TRANSFORMADOR

Los transformadores deberán ser similar características a los fabricados por Ecuatran o Inatra, deberá especificarse las pérdidas en vacío y a plena carga, de acuerdo a norma **INEN 2115:04**.

## CUARTO ELÉCTRICO

En la Memoria Técnica se indican las características completas relacionadas a los transformadores en mención.

El transformador que alimentará el sistema de iluminación será:

Un Transformador monofásico tipo PADMOUNTED de capacidad 25KVA con las siguientes características básicas:

Voltaje primario	7960 V
Voltaje secundario	240-120 V
Fases	1
Frecuencia	60 Hz
Conexión	Paralelo - Serie (neutro accesible)
BIL A.T.	95 KV
Taps	±2x2.5%

## TABLERO DE CONTROL

El tablero de distribución y control de iluminación se encuentran ubicados en el cuarto eléctrico según los planos del diseño, sus dimensiones se indican en los planos. El tablero controlará los circuitos de iluminación ubicados en postes.

Será de estructura metálica de acero inoxidable. La cubierta y tapa metálica será sujeta a la estructura mediante bisagra torneada y chapa.

En su interior contendrá barras de cobre, para el sistema de fuerza las barras tendrán un 25% más de la capacidad nominal del disyuntor principal, barras para neutro y tierra, estas barras tendrán una capacidad de conducción igual al 70% del disyuntor principal.

Adicional a las barras se instalarán un Autómata programable LOGO, contactores, disyuntores de protección de los circuitos, borneras de conexión y reservas en espacio para incremento futuro.

Los contactores serán tipo AC3 con bobinas a 120V. El tablero estará protegido contra contactos accidentales, así como contra la penetración de cuerpos extraños en su interior.

#### **4.5.2.11. Datos técnicos del Tranvía Guayaquil-Samborondón**

El tranvía propuesto como alternativa vial para la vía Guayaquil-Samborondón en doble sentido se ajusta a un modelo Citadis 302 provisto por la empresa Alstom, cuyo costo se encuentra estimado en alrededor de 232 millones de dólares, los mismos que forman parte del proyecto de mejora de la movilidad ajustada para descongestionar el tránsito vehicular en la ruta antes mencionada.

#### **4.5.2.14. Aspectos generales**

Dentro de las características generales, los tranvías circulan en base al impulso eléctrico que es transmitido desde una acometida aérea o catenaria al vehículo mediante el uso de un dispositivo conocido con el nombre de pontógrafo. Ante aquello, la propuesta vial se ajusta a los siguientes aspectos:

- Eficiencia
- Descongestión
- Cobertura

Aspectos relevantes a considerar dentro de la proyección vial, ya que dichas dimensiones tratan de mitigar problemas inherentes a la transportación, donde el tranvía se ajustaría a las necesidades urbanas del cantón Samborondón, el mismo que es afectado por el colapso vehicular que atraviesa La Puntilla.

#### 4.5.2.12. Rutas del Tranvía

Para establecer las dimensiones antes mencionadas, el estudio establece las siguientes rutas del tranvía donde se fijó los puntos negros de mayor colapso vehicular fijados por el Departamento de Operaciones de la CTE de la siguiente manera.

Tabla 6 Ventajas y desventajas del tranvía

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Mejora la accesibilidad y el tiempo de llegada al centro de la ciudad.</b>	El tranvía hará perder todas las líneas de autobús y con ello diferentes conexiones directas.
<b>Reducción de contaminación acústica.</b>	El tranvía es un método de transporte anticuado
<b>No emite partículas contaminantes.</b>	Perjudica la fluidez del tráfico
<b>Aportaciones de los tranvías al medio ambiente</b>	El tranvía provoca accidentes

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)





Figura 15 Terminal de tranvía (Guayaquil)

Fuente: Mapa de latinvienda.com con señalética nuestra dé por donde va a pasar el tranvía  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)



Figura 16 Parada de Base Naval Norte (Guayaquil)

Fuente: Ubica Ecuador

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)



Figura 17 Troncal 1 - Tramo 1 de la Troncal de Tranvía  
Fuente: Mapa de latínvienda.com con señalética nuestra dé por donde va a pasar el tranvía  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)



Figura 18 Troncal 2 - Tramo 2 de la Troncal de Tranvía  
Fuente: Mapa de latínvienda.com con señalética nuestra de por donde va a pasar el tranvía  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)



Figura 19 Troncal 3 Tramo 3 de la Troncal de Tranvía  
Fuente: Mapa de latínvienda.com con señalética nuestra dé por donde va a pasar el tranvía  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Para el análisis de costos operativos inherentes a esta propuesta vial se establecen los costos fijos y costos variables, subdivididos de la siguiente manera:

### 4.5.3. Costos Fijos

#### 4.5.3.1. Descripción

Ante aquello, el análisis conlleva a realizar las siguientes estimaciones:

- Mano de obra
- Legalización
- Depreciación
- Gastos Administrativos

#### 4.5.2.2. Mano de obra

Dentro de este aspecto se asume los gastos generados por el personal que labora aproximadamente 16 horas/días, es decir que se necesitan de dos operadores de tranvía para cubrir los dos turnos en el que estaría operativo este medio de transporte.

Tabla 7 Análisis financiero de la mano de obra

CARGO	INGRESOS			TOTAL INGRESOS	DEDUCCIONES				TOTAL DEDUCCIONES	FONDO RESERVA	LIQUIDO A RECIBIR
	Sueldo	Horas Extras	Comisiones		9,35% AP. PERS	Multas	Anticipos Sueldos	Comis ariato			
	A	B	C	D=A+B+C	E=D*9. 35%	F	G	H	I=E+F+G+ H	J=D*8,33 %	K=D+I+J
Operador	386	0	0	772	36,00	0	0	0	36,00	32,15	382,15

Fuente: Proyecciones de acuerdo a la FAO  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Como se puede observar, el costo incurrido en un operador que trabaja 8 horas diarias durante un mes es de \$ 382,15, en la presente propuesta se hace énfasis en un total de 8 unidades, lo que representa un requerimiento de 16 operadores.

#### ***4.5.3.3. Legalización***

Por considerarse un proyecto que beneficiará a la movilidad de la población, el mismo que es propuesto por las autoridades municipales y Gobierno Central, no se estiman costos de legalización, por lo que se prevé la exoneración de impuestos.

#### ***4.5.3.4. Costo y depreciación por unidades***

En lo referente al costo por unidad, se considera como vida útil del tranvía un tiempo estipulado de 15 años, cuyo valor de adquisición fluctúa alrededor de \$ 2,478 millones de dólares, de donde se procede a sacar el valor residual, el mismo que se basa en el 20% de costo de adquisición sujeto a la FAO, 2013 para este tipo de vehículos o maquinarias, teniendo que el valor depreciable es de \$ 1.982.400, mientras que el valor residual por unidad es de \$ 495,600. De la misma manera el costo total de la operación en base a las ocho unidades asciende a \$ 528.640 del gasto de depreciación anual.

Tabla 8 Análisis de costos y depreciación de las unidades

COSTO POR UNIDADES								
Modelo	Número de Unidades	Costo Unitario	Vida Útil	Depreciación (FAO)	Valor Depreciable	Gasto de la Depreciación Anual	Valor Residual	Costo Total
CITADIS	8	\$2.478.000,00	15	20%	\$1.982.400,00	\$66.080,00	\$495.600,00	\$528.640,00

Fuente: Proyecciones de acuerdo a la FAO  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

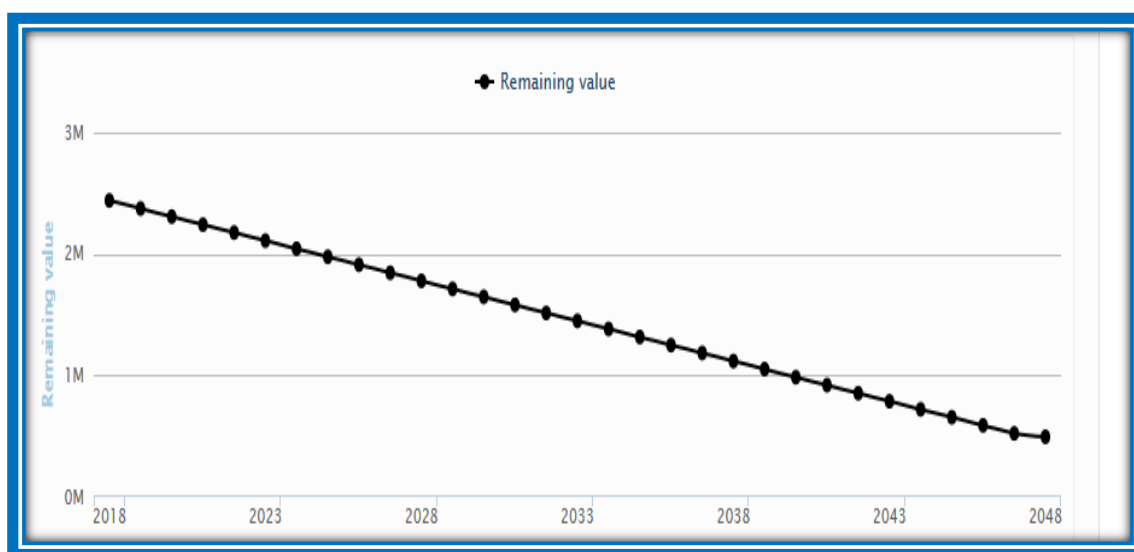


Figura 20 Gráfica de Costo y depreciación por unidades  
Fuente: Análisis de costo y depreciación por unidad  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 4.5.3.5. Plan de Depreciación Anual

Para el análisis de la depreciación, se toma en consideración el método de la suma de dígitos donde se introduce el valor histórico del activo depreciable y el número de años para depreciar en base a las normas legales vigentes.



Tabla 9 Plan de depreciación anual

Año	Activo	Porcentajes	Depreciación	Valor Neto
0				2,478,000.00
1	2,478,000.00	12.50	309,750.00	2,168,250.00
2	2,478,000.00	11.67	289,100.00	1,879,150.00
3	2,478,000.00	10.83	268,450.00	1,610,700.00
4	2,478,000.00	10.00	247,800.00	1,362,900.00
5	2,478,000.00	9.17	227,150.00	1,135,750.00
6	2,478,000.00	8.33	206,500.00	929,250.00
7	2,478,000.00	7.50	185,850.00	743,400.00
8	2,478,000.00	6.67	165,200.00	578,200.00
9	2,478,000.00	5.83	144,550.00	433,650.00
10	2,478,000.00	5.00	123,900.00	309,750.00
11	2,478,000.00	4.17	103,250.00	206,500.00
12	2,478,000.00	3.33	82,600.00	123,900.00
13	2,478,000.00	2.50	61,950.00	61,950.00
14	2,478,000.00	1.67	41,300.00	20,650.00
15	2,478,000.00	0.83	20,650.00	0.00

Fuente: Proyecciones de acuerdo a la FAO  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 4.5.2.6. Gastos Administrativos

Para el normal funcionamiento del tranvía, se considera la implementación de 20 estaciones que estarán distribuidas a lo largo de las tres troncales en el sector de la Av. Samborondón. Ante aquello se proyecta el requerimiento del siguiente personal:

Tabla 10 Gastos administrativos

Descripción	Requerimiento	Turnos	Sueldo	Total	Total de personas (20 estaciones)	Costo total
<b>Controladores</b>	2	2	\$382,15	\$764,30	40	\$30.572,00
<b>Guardianes</b>	2	2	\$500,00	\$1.000,00	40	\$40.000,00
<b>Total</b>	4	4	\$882,15	\$1.764,30	80	\$70.572,00

Fuente: Proyecciones de acuerdo a la FAO  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Cada una de las estaciones contará con un controlador y un guardia, los mismos que trabajaran en dos turnos de ocho horas cada uno, teniendo una jornada normal de 18 horas, por lo que el cálculo para cubrir el número de estaciones antes mencionadas es de 40, basándose en la siguiente explicación:

$$2 \text{ controladores} * 20 \text{ estaciones}$$

$$= 40 \text{ controladores distribuidos en dos turnos de 8 h/d}$$

$$2 \text{ guardias} * 20 \text{ estaciones} = 40 \text{ guardias distribuidos en dos turnos de 8 h/d}$$

De la misma manera se requiere de personal para las centrales de transferencias y la estación primaria del tranvía situada al final de la troncal 3 distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 11 Requerimiento de personal

Descripción	Requerimiento	Turnos	Sueldo	Total
<b>Controladores</b>	3	2	\$382,15	\$2.292,90
<b>Guardia</b>	3	2	\$500,00	\$3,000,00
<b>Total</b>	6	4	\$882,15	\$5,292,90

Fuente: Proyecciones de acuerdo a la FAO  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Para determinar los costos fijos que incurren en el funcionamiento anual del tranvía se estima los siguientes valores:

*Tabla 12 Descripción de los Costos Fijos*

<b>Tipo de costo</b>	<b>Rubro</b>	<b>USD</b>
<b>Costos Fijos</b>	Gastos Administrativos por estaciones	\$7.057.200,00
	Gastos Administrativos por centrales de transferencias y estación primaria	\$529.290,00
	Depreciación de Unidades	\$396.480.000,00
<b>Total</b>		<b>\$404.066.490,00</b>

*Fuente: Proyecciones de acuerdo a la FAO  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)*

De la misma manera se estiman los gastos de mantenimientos, entre los que se encuentran los preventivos y correctivos, para lo cual, el proyecto de tranvía requiere de personal altamente capacitado y que conozca de su funcionamiento y operatividad, por lo que se estima la contratación de personal técnico conformado por 1 Jefe de Taller y 4 Mecánicos, para lo cual se toma como referencia el proyecto de Santiago de Chile, quienes utilizaron alrededor de 60 mecánicos para sesenta unidades de tranvía (Arteaga, 2007).

Por otra parte, a los rubros generados como parte administrativa, se debe incorporar los costos de luz, agua, internet, limpieza de oficinas y estaciones, útiles de oficina, entre otros, los mismos que ascienden a un total de \$ 23.832,00 anuales, considerada como una proyección en base a ejercicios prácticos consultados en la Asociación de Cooperativas “Milagro” (2017).

Tabla 13 Descripción de otros gastos administrativos

Otros Gastos Administrativos	Mensual (30 días)	Anual (USD)
Servicios y mantenimientos de inmuebles	\$ 1986,00	\$ 23.832,00

Fuente: Proyecciones de acuerdo a la FAO  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 4.5.4. Costos Variables

##### 4.5.4.1. Descripción

- Consumo
- Ruedas
- Mantenimiento de carácter preventivo
- Mantenimiento de carácter correctivo

##### 4.5.4.2. Consumo

Por tratarse de un medio de transportación eléctrico, es considerado como un vehículo amigable para el medio ambiente, ya que no genera la emisión contaminante de gases, de ahí que su implementación con equipos nuevos reduce los niveles de contaminación por ruido, por lo que su consumo energético también tiende a disminuir significativamente. Ante aquello, Plaza (2016) asegura que “el consumo de electricidad estimado de los tranvías de marca Citadis se encuentra fijado en un valor relativo de 5.25 kwh/km, donde su velocidad máxima alcanza los 70 km/h, de ahí que su velocidad comercial se ubica en los 20km/h.

Sin embargo, cabe recalcar que el consumo de energía no depende exclusivamente del vehículo, sino de la actividad a la que este se dedique, ya que un mismo vehículo puede generar variaciones en su consumo en base a la carga y velocidad que requiera utilizar.

El tranvía se encuentra caracterizado por una infraestructura establecida por los elementos de la velocidad máxima, perfil de operatividad, capacidad de carga y estimado de carga, sumándose a esto su funcionalidad durante el recorrido, donde el número de paradas, márgenes de tiempo, niveles o períodos de desaceleración del servicio, entre otros determinan el consumo efectivo del sistema por unidad, de tal manera que los valores estimado se encuentran fijados cuando el tranvía circula con carga máxima, carga media y carga mediana, donde el uso energético fijado como proyección es el siguiente:

*Tabla 14 Uso energético del tranvía*

<b>Carga (pasajeros máximos)</b>	<b>Consumo Mínimo (kwh/km)</b>	<b>Medio (kwh/km)</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo (kwh/km)</b>	<b>Mínimo</b>
<b>57</b>	1.84 kwh/km	3.86 kwh/km		5.25 kwh/km	

*Fuente: Revisión crítica de consumo de energía y emisiones en medios de transporte públicos (Plaza, 2016).*

*Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)*



Figura 21 Uso energético del tranvía  
 Fuente: Revisión crítica de consumo de energía y emisiones en medios de transporte públicos (Plaza, 2016).  
 Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

De manera adicional se procedió al análisis del consumo por ciclo resultante de la operación de multiplicar el consumo por el kilómetro y el kilometraje del ciclo. De tal manera que, el kilometraje diario es obtenido a través de la multiplicación de ciclos por 23.4 km, teniendo como resultado final.

Tabla 15 Descripción del consumo por ciclos

Horario	Frecuencia	Números De Ciclos	km por ciclo	Consumo por kilómetro (KW h/km)	Consumo por ciclo (KWh)	Kilómetros diarios
<b>Samborondón</b>	5	6	23.4 km	5.25	122.85	140.40
<b>Guayaquil</b>	11	8	23.4 km	4.86	113.72	187.20
<b>Total</b>	11	14	23.4 km	----	----	327.60

Fuente: Tranvía Ciudad de Cuenca, (2017).  
 Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Por otra parte se calcula el rendimiento energético del tranvía en base a los kilómetros por kilovatios consumidos, así como el precio por kilovatio hora, costos por km, costos diarios, mes y año. Costo de consumo anual al 70% y costo de energía regenerada al 30%, distribuido en la siguiente tabla:

Tabla 16 Descripción del rendimiento energético

Hora	Hora	Rendimiento ( Kw/h)	Precio Kw/h (USD)	Costo por km (USD)	Costo diario (USD)	Costo mes (USD)	Costo año (USD) Costo consumo anual 70%	Costo energético regenerado 30%
<b>Samborondón</b>	0.19	0.09	0.49	40.4316	1212.95	41904.03	29332.82	12571.21
<b>Guayaquil</b>	0.25	0.09	0.36	759685	227906	41904.03	29332.82	12571.21

Fuente: Tranvía Ciudad de Cuenca, (2017).  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 4.5.4.3. Ruedas

Como parte del mantenimiento preventivo, se estima el control progresivo de los desgastes de la rueda, el mismo que representa un porcentaje reducido en relación a los costos asociados a la conservación de cada una de las unidades, teniendo como factor de desgaste al perfil o banda de rodadura. Sin embargo, las ruedas dañadas como resultado del efecto de desgaste de la fatiga mecánica del material.

Ante aquello, como un elemento indispensable para reducir los costos de mantenimiento, se considera la detección temprana de los efectos de

rodamiento diario, donde los procesos de seguridad realizados a diario brindan mayores índices de seguridad y eliminación mediante el perfilado (Plaza, 2013).

Para reducir los tiempos determinados a la supervisión de desgastes de la rueda, el mantenimiento puede ser realizado a través del uso de sistemas automáticos, los mismos que se realizan de manera diaria, planteando un seguimiento en la evolución de los defectos antes de que aumente los niveles de defectos por caso de la operatividad de las unidades.

Tabla 17 Descripción del mantenimiento preventivo de las ruedas

Modelo de la Unidad	No. Ruedas	Tiempo de duración (Rueda/mes)	Precio Unitario Rueda	Rendimiento Rueda (km)	Kilometraje diario
<b>CITADIS 302</b>	12	48	\$550	422.619.4	293.4
				2	9

Fuente: Tranvía Ciudad de Cuenca, (2017).  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 4.5.4.4. Costo de buses eléctrico



Figura 22 Bus eléctrico K9G  
Fuente: BYD Ecuador  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)



Tabla 18 Modelo del bus eléctrico

Modelo de la Unidad	Combustible	Capacidad	Precio Unitario Bus
BYD K9G	Electricidad	De pie: 49- sentados:31+1 chofer	\$500.000

Fuente: BYD Ecuador

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 4.5.4.4.1 Datos técnicos del buses eléctrico

Tabla 19 Especificaciones técnicas del bus eléctrico

DATOS DEL PRODUCTO		
Marca	BYD	
Modelo	K9G	
Tipo	Bus urbano	
Categoría (clase)	M3 (Clase II)	
Combustible	Electricidad	
MOTOR	K9G-S	K9G-I
Tipo de motor	AC síncrono de imanes permanente	
Familia y modelo	BYD-2912TZ-XY-A	
Potencia máxima	150 kWx2 (201HPx2)	
Torque	550 Nm x2	
Autonomía	300 km	
Velocidad máxima (km/h)	80 km/h	
DIMENSIONES EXTERNAS	K9G-S	K9G-I
Longitud total (mm)	12540 mm	

Ancho total (mm)	2550 mm	
Alto total (mm)	3411 mm	
Distancia entre ejes (mm)	6150 mm	
Voladizo delantero (mm)	2700 mm	
Voladizo posterior (mm)	3690 mm	
Trocha eje delantero (mm)	2110 mm	
Trocha de eje posterior (mm)	1904 mm	
Altura mínima del suelo (mm)	153 mm	
Radio de giro (mm)	<= 12000 mmm	
<b>PESOS Y CAPACIDADES</b>	<b>K9G-S</b>	<b>K9G-I</b>
Peso bruto vehicular (PBV) (kg)	19500 kg	19500 kg
Peso en vacío (kg)	13850 kg	14130 kg
Capacidad de carga (kg9	5650 kg	5370 kg
Economía de combustible (km/kWh)	0.93 km/kWh	
Capacidad de pasajeros, de pie y sentados (incluye chofer)	De pie: 49-sentados:31+1 chofer	
Área útil disponible para pasajeros de pie (m2)	8 (m2)	

Fuente: BYD Ecuador  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### **4.5.4.4.2 Análisis de la implementación de buses eléctricos en la vía Samborondón-Guayaquil**

Los principales factores de referencia del transporte público con los que se puede contemplar la conformación del sistema son los siguientes:

- Longitud de la línea, que puede ser medida de distintas maneras: kilómetros de una cabecera, otra por kilómetros totales del recorrido circular completo, por tramos, etc.
- Velocidad comercial de la línea (denominado  $V_c$ ), que se circula dividiendo el tiempo total que tardan los vehículos en recorrer la línea (incluyendo las paradas para cargar y descargar viajeros y las propias del tráfico) entre la longitud.

En este sentido, el coste unitario por kilómetro del bus eléctrico se encuentra determinado de la siguiente manera:

*Tabla 20 Coste unitario por kilómetro del bus eléctrico*

<b>Costo unitario temporal del bus eléctrico</b>	<b>35.82 USD la hora</b>
<b>Costo unitario espacial del bus eléctrico</b>	<b>0.18 USd por kilómetro</b>

*Fuente: BYD Ecuador*

*Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)*

El modelo de buses eléctricos proporcionados por el empresa Byd presentan una autonomía de 249.4 km. En este sentido, para la recarga de batería diurna se estima un lapso de 3 horas, mientras que para la recarga nocturna el tiempo es de 5 horas como máximo.

Tabla 21 Tiempo de recarga del bus eléctrico

<b>Tiempo de recarga eléctrica en la cabecera de las paradas</b>	<b>7.4 min/cabecera</b>
<b>Tiempo de recarga eléctrica en cada paradas</b>	25 seg/parada

Fuente: BYD Ecuador

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Tabla 22 Requerimientos para el parque automotor en la ruta Samborondón-Guayaquil y viceversa

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio/unitario</b>	<b>Total de la inversión en unidades</b>
<b>20</b>	Bus eléctrico BYD modelo K9G	\$ 500.000	\$ 10'000.000

Fuente: BYD Ecuador

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Tabla 23 Requerimiento de mano de obra

<b>Descripción</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Turnos</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Total mensual</b>
<b>Operadores</b>	40	2	\$382,15	\$15.286,00
<b>Guardia</b>	3	2	\$500.00	\$3.000,00
<b>Total</b>	43	4	\$882,15	\$18.286,00

Fuente: BYD Ecuador

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Tabla 24 Costo unitario de la unidad

Descripción	Consumo/hora (USD)	Total/día (USD) 15 horas diarias
<b>Costo unitario temporal del bus eléctrico</b>	35.82 USD la hora	\$ 537,30
<b>Total</b>	-----	\$ 537,30

Fuente: BYD Ecuador

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Tabla 25 Consumo del bus eléctrico

Consumo/hora (USD)	Total/día (USD) 15 horas diarias	Total mes (30 días)	Consumo total de las unidades (20) al mes
<b>15 horas</b>	\$ 537,30	\$ 16.119,00	\$ 322.380,00
<b>Total</b>	-----	-----	\$ 322.380,00

Fuente: BYD Ecuador

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### 4.5.4.4.3 Determinación del costo operativo del bus eléctrico

En base al análisis previo realizado en el presente estudio, tomando como punto de referencia el proyecto los costos proporcionados de BYE Ecuador, proveedor del Bus Eléctrico K9G

Tabla 26 Determinación del costo operativo del bus eléctrico

Descripción del costo	Rubro	Citadis 302 (USD)
<b>Inversión Inicial en flota de buses</b>	20 unidades	\$ 10'000.000
<b>Requerimiento de mano de obra</b>	43 personas	\$18.286,00
<b>Consumo eléctrico por unidad x mes</b>	15 horas diarias	\$ 322.380,00
<b>Total</b>		\$ 10'340.666

Fuente: BYD Ecuador

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### **4.5.4.5. Mantenimiento preventivo**

Según Rodríguez (2013) el mantenimiento preventivo se constituye en el proceso para poder encontrar y corregir problemas menores antes de que estos puedan generar fallas graves. Ante aquello, el mantenimiento preventivo tiene que ver con una lista completa de actividades, cada una de ellas realizadas por los usuarios, operadores de las unidades, y personal de mantenimiento, para de esta manera asegurar la operatividad del tranvía en cada una de sus jornadas diarias.

Ante aquello, dentro de las especificaciones técnicas del mantenimiento preventivo del Tranvía, se dispone de:

- Inspecciones Generales de Seguridad (IS) planteadas en cada 10.000 km.
- Intervenciones de mantenimientos por cada 30.000 km (IM). Cabe mencionar que las diversas intervenciones relacionadas a la prevención de fallas se ejecutan de manera diferente en cada tranvía, tiempo y costos.
- Por último se fija una intervención a los 500.000 km, llamadas Grandes Revisiones (GR).

En lo referente a los costos de mantenimientos preventivos, se toma como fuente de información a la empresa Alstom, quien proporciona formatos de fichas de mantenimientos para una IS y una IM, donde las Gr son realizadas cada 120.000km (Sineus, 2017). De tal manera que el valor requerido fluctúa entre el \$ 15.248.25 USD, valor que cubre la mano de obra, así como los repuestos que este necesite

#### **4.5.4.6. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo hace mención a los procesos de corrección de fallas observados en el equipamiento o instalaciones del Tranvía, por lo que se constituye en una forma básica de mantenimiento que permite localizar los defectos y corregirlos de manera separada para garantizar la adecuada operatividad de las unidades.

Cabe mencionar que, el tranvía se encuentra en condiciones de trabajar con elementos parados debido a los equipos redundantes que poseen su infraestructura y diseño. Por consiguiente, la detección de las averías en los sistemas de tranvía se lleva a cabo a través de sistemas informáticos conectados a diversos sensores encargados de emitir la alerta en relación a la avería de una pieza. Por otra parte, es indispensable mencionar que la experiencia del conductor puede coadyuvar a que un sistema electrónico encargado de la detección de fallas optimice sus resultados, de ahí que los tiempos de fallas no pueden ser estimados en el presente estudio, ya que existen factores o variantes que influyen en el mismo.

#### **4.5.5. Determinación del costo operativo del tranvía**

En base al análisis previo realizado en el presente estudio, tomando como punto de referencia el proyecto de tranvía implementado en la ciudad de Cuenca, los costos operativos se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 27 Determinación del costo operativo del tranvía

<b>Descripción del costo</b>	<b>Rubro</b>	<b>Citadis 302 (USD)</b>
<b>Costos Fijos</b>	Mano de Obra & operadores)	\$ 73.372,80
	Legalización	\$ 0,00
	Depreciación	\$ 396.480.000,00
	Gastos Administrativos	\$ 404.066.490,00
<b>Total del Costo Fijo</b>		<b>\$ 800.619.862,80</b>
<b>Costos Variables</b>	Energía	\$ 29.332,8200
	Ruedas	\$ 1.540,0000
	M. Preventivo	\$ 15.248,2500
	M. Correctivo	\$ 28.892,2200
<b>Total del Costo Variable</b>		<b>\$ 75.013,2900</b>
<b>Costos Operativos</b>	<b>C Fijos + C. Variables</b>	<b>\$ 800.694.876,09</b>

Fuente: Tranvía Ciudad de Cuenca, (2017).  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)



Tabla 28 FLUJO DE CAJA ECONOMICO SOCIAL NETO DE TRANVIA CON FINANCIAMIENTO LOCAL

FLUJO DE CAJA ECONOMICO SOCIAL NETO DE TRANVIA CON FINANCIAMIENTO LOCAL									
PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
AÑOS	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>BENEFICIOS</b>		2511644,25	2566900,42	2623372,23	2681086,42	2740070,32	2800351,87	2861959,61	2924922,72
<b>COSTOS</b>		-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432
<b>INVERSIONES</b>	-232000000								
<b>FLUJO NETO</b>	-232000000	1952212,25	2007468,42	2063940,23	2121654,42	2180638,32	2240919,87	2302527,61	2365490,72

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
2989271,02	3055034,98	3122245,75	3190935,16	3261135,73	3332880,72	3406204,1	3481140,59	3557725,68	3635995,64	3715987,55	3797739,27
-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432	-559432
2429839,02	2495602,98	2562813,75	2631503,16	2701703,73	2773448,72	2846772,1	2921708,59	2998293,68	3076563,64	3156555,55	3238307,27

<b>TASA SOCIAL DE DESCUENTO</b>	<b>0,12</b>
<b>VANS</b>	<b>-214655345</b>
<b>TIRS</b>	<b>-0,84030687</b>

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Tabla 29 FLUJO DE CAJA ECONOMICO SOCIAL NETO DE PUENTE CON FINANCIAMIENTO LOCAL

<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO SOCIAL NETO DE PUENTE CON FINANCIAMIENTO LOCAL</b>									
<b>PERIODO</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>AÑOS</b>	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>BENEFICIOS</b>		2453978,81	2507966,35	2563141,6	2619530,72	2677160,4	2736057,92	2796251,2	2857768,73
<b>COSTOS</b>		67590	67590	67590	67590	67590	67590	67590	67590
<b>INVERSIONES</b>	-77000000								
<b>FLUJO NETO</b>	-77000000	2521568,81	2575556,35	2630731,6	2687120,72	2744750,4	2803647,92	2863841,2	2925358,73

<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>2027</b>	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
<b>2920639,64</b>	2984893,71	3050561,37	3117673,72	3186262,54	3256360,32	3328000,25	3401216,25	3476043,01	3552515,96	3630671,31	3710546,07
<b>67590</b>	67590	67590	67590	67590	67590	67590	67590	67590	67590	67590	67590
<b>2988229,64</b>	3052483,71	3118151,37	3185263,72	3253852,54	3323950,32	3395590,25	3468806,25	3543633,01	3620105,96	3698261,31	3778136,07

<b>TASA SOCIAL DE DESCUENTO</b>	<b>0,12</b>
<b>VANS</b>	<b>-55465997,7</b>
<b>TIRS</b>	<b>-0,01840307</b>

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

#### **4.5.6. Contraste del sistema de tranvía con el sistema de buses convencionales**

Una de las problemáticas que más afronta la ciudad de Guayaquil en relación a la movilidad de las personas, es sin lugar a dudas el generado por el tráfico vehicular, especialmente en las zonas donde convergen unidades de transporte público y privados provenientes de otras poblaciones, tales como los que provienen de Samborondón, Durán, así como los interprovinciales.

En la actualidad, la ciudad porteña cuenta con un sistema integrado de Metrovía, la misma que tiene operativa tres troncales de las siete que se tienen proyectados poner en funcionamiento. Sin embargo, dos de ellas operan a capacidad, entre las que se puede destacar la 1 y 3 sometidas a un proceso de mejoramiento en su capacidad de servicio, mientras que la tercera troncal que corresponde a la 2, mantiene una operatividad en buenas condiciones, proveyendo de un servicio aceptable cuya calidad es aceptada por los usuarios.

Por otra parte, estudios de movilidad en la ciudad de Guayaquil han demostrado que, el 75% de los viajes motorizados se efectúan utilizando el sistema convencional de transportación, notándose que el mismo presenta deficiencias en la atención debido a la alta demanda de los usuarios que se ven plasmadas en la baja calidad de atención a la ciudadanía, horarios y

frecuencias no distribuidas de manera técnicas, situación que conlleva a una decadencia total en el servicio que oferta de manera general.

En consecuencia, el servicio convencional es proporcionado por una flota excesiva en el número de buses que la integra y que salen a laborar preferentemente en las horas picos y se retiran temprano durante los horarios nocturnos, situación que trae consigo una perniciosa competencia con el sistema de transporte que proporciona la Metrovía.

Ante aquello, el número excesivo de unidades del sistema tradicional genera problemas adicionales derivados en el congestionamiento en varias zonas de la ciudad, especialmente en la zona central, vía perimetral (Causarina), avenida Francisco de Orellana, Puente Naval, Terminal Terrestre, entre otras, dejando entre ver una organización insipiente por parte del sistema de transporte convencional, lo que conlleva a la afectación de la estabilidad y seguridad laboral de los operarios.

Sin embargo, las autoridades competentes a la regulación del tránsito y seguridad vial no ha logrado racionalizar la operación de este sistema de transporte que sin el afán de incidir en la oferta de trabajo para quienes las conducen se debe buscar alternativas que minimicen el impacto del excesivo número de unidades de servicio, frecuencias y recorridos, lo cual afecta severamente al sistema Metrovía y por ende a la ciudadanía en general.

En relación al tráfico vehicular proveniente de la zona de Samborondón existen horas picos en las cuales la circulación del transporte público y privado colapsa en diversos tramos del sector de La Puntilla y avenida Samborondón, por lo que han surgido múltiples propuestas para minimizar este tipo de problemáticas.

El uso del servicio convencional ya sea dentro de Guayaquil o aquellos que provienen de Samborondón, Durán o interprovinciales implica que los usuarios se afrontan a dos tipos de riesgos, el primero relacionado a los altos índices de accidentes y exposición frecuente al accionar delincuencia, situación que genera una baja en la calidad del servicio.

Dentro de los estudios de movilidad y transportación se ha detectado principales equipamientos urbanos que generan una gran cantidad de viajes, entre los que se pueden incluir a los centros comerciales, universidades, liceos, colegios y hospitales, situación que genera una alta demanda de los usuarios. Debido a esto, a partir del 2002, la municipalidad de Guayaquil ha centrado todos sus esfuerzos en mejorar el transporte público, por lo que fue sometido a un proceso de planificación cuya primera fase se concluyó con la implantación de tres troncales basadas en un sistema BRT (*Bus Rapid Transit*) al cual se denominó *Metrovía*, cuyos componentes resultaron innovadores de manera internacional al momento de la inicialización de sus operaciones.

Cabe mencionar que, en relación a la viabilidad la *Metrovía* ha logrado jerarquizar la red de transporte público, especialmente en las vías donde la

demanda de usuarios es elevada mejorando la movilidad de las personas que optan por el transporte público, liberando de esta manera vías importantes del transporte convencional, que al igual que en otras ciudades latinoamericanas mantienen su características caóticas de operación informal, peligrosa y contaminante del transporte público.



Figura 23 Equipamiento generadores de tráfico  
Fuente: Metrovía, (2017)

En la actualidad, la ciudad de Guayaquil posee una longitud vial de 5.000 kilómetros, la misma que se encuentra catalogada como redes viales fundamentales conformadas por V1 autopistas, V2 expresas, V3 arteriales, PV par vial; así como las secundarias integradas por V4 colectoras, V5 colectoras, CSF colectoras según su función y la vialidad terciaria V6 local y vías sin pavimentar.

Tabla 30 Tabla de Red vial de Guayaquil

<b>RED VIAL DE GUAYAQUIL</b>			
<b>Categoría vial</b>	<b>Nombre de la Categoría</b>	<b>Longitud</b>	<b>%</b>
<b>V1</b>	Autopistas	50	1,00
<b>V2</b>	Expresas	68	1,36
<b>V3</b>	Auxiliares	84	1,67
<b>V4</b>	Colectoras	82	1,65
<b>V5</b>	Colectoras	35	0,70
<b>PV</b>	Par vial	35	0,70
<b>CSF</b>	Colectoras según función	45	0,92
<b>V6</b>	Locales	3601	72,02
<b>Sin pavimentar</b>		1000	20,00
<b>Total</b>		5000	100,00

Fuente: Plan de Movilidad de Guayaquil, (2017).  
Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

El sistema de transportación convencional de buses desde las perspectivas técnicas presenta una serie de falencias, cuyas deficiencias y malas condiciones en el confort, edad de las unidades y estados de seguridad no son las más aceptables. En base aquello, el último inventario de rutas realizado por el AMT (Autoridad Municipal de Tránsito), la flota de buses que comprende este medio de transporte se encuentra integrada por 2732 unidades, divididas en 2059 buses con una capacidad de 80 pasajeros y 673 busetas de 35 pasajeros, lo que promedia un total de 650 pasajeros diarios en buses y 500 pasajeros diarios en busetas basados en un día normal de trabajo.

De la misma manera, el sistema convencional se encuentra agrupado en 70 empresas y cooperativas de carácter privado, cuya tarifa normal en relación a este sistema convencional es de US\$ 0,25 para todos sus recorridos y 0,12

centavos para estudiantes menores de 18 años, tercera edad y personas con capacidades especiales.

Desde las perspectivas técnicas de operatividad y seguridad vial, el número de accidentes registrados en este sistema convencional de transporte es alto, notándose que en el 2011 las cifras ascendían a 4735 accidentes con un total de 182.471 pasajeros transportados por esta eventualidad, en comparación al sistema Metrovía con 497.916 pasajeros transportados por accidentes.

El sistema convencional ha sido sujeto a una serie de estudios, quienes han demostrado que presentan un desequilibrio en las operaciones de sus líneas, por lo que es notorio observar un déficit de unidades en el sector del suburbio, mientras que en otros sectores existen excesos de unidades, por ejemplo la ciudadela Kennedy, avenida de las Américas, ciudadela las Acacias, sector del terminal terrestre, sector hospital del IESS, entre otros, lo que provoca la creación de embotellamiento, contaminación del aire, exceso de ruido e inseguridad vial, por lo que el sistema de tranvía propuesto en el presente estudio permitiría proveer una nueva alternativa a la transportación y movilidad de personas, especialmente en la vía Guayaquil-Samborondón.

Por otra parte, el sistema de taxis es otro de los factores que acarrear problemas en la transportación dentro de la ciudad de Guayaquil, contribuyendo al caos vehicular debido a su excesiva oferta; por ejemplo, la ciudad cuenta con alrededor de 2.350.915 habitantes, mientras que la flota de taxis asciende a 9.000 unidades y 9.000 vehículos dedicados a la informalidad



(Fundación Metrovía, 2017), que transportan alrededor de 20 pasajeros diarios (CTE, 2017).

Ante aquello, la participación de este tipo de transportación en el sistema de transporte público es del 13%, evidenciándose que la edad promedio de las unidades es de 12 años, por lo que la flota de taxis presenta una edad alta de utilidad reflejada en las malas condiciones de mantenimiento, debido a esto, los taxis operan como un sistema complementario al sistema de buses. Por tanto, el excesivo número de taxis que fluctúa entre 1500 y 18000 unidades contribuye al embotellamiento, contaminación ambiental e inseguridad, lo que conlleva a un análisis del tiempo de vida de las unidades, las mismas que aportan a la saturación de calles en los sectores más conflictivos vehicular antes mencionados.

Diversos estudios técnicos han permitido evidenciar el incremento en la congestión vehicular, las mismas que se encuentran focalizadas en múltiples centralidades que fueron mencionadas con antelación en el presente estudio, por lo que estos sectores se ven agolpados por la visita constante de usuarios, de ahí que la congestión sufre una alza paulatina desde hace 10 años y esta ha logrado afectar a la transportación pública, especialmente en las vías provenientes de Samborondón donde el colapso del sector La Puntilla en las horas picos es considerada como crítica por las autoridades competentes, de ahí que la propuesta de implementar un sistema de tranvía en esta ruta, más la operatividad del puente Guasamda contribuyan de manera positiva al descongestionamiento vehicular en esta zona.

#### **4.5.7. Análisis de la oferta del transporte público en la ciudad de Guayaquil**

Guayaquil cuenta con tres líneas troncales de Metrovía, cuya longitud de cobertura es referente a los 47.1 km divididos en 16.1 km para la troncal Guasmo-Río Daule; 16.5 para la troncal Bastión-Centro y 13.5 km para la troncal 25 de julio-Río Daule. Debido a esto, las dos primeras troncales mantienen una frecuencia de transportación alrededor de 310.000 pasajeros diarios, mientras que la totalidad de flujo entre las tres troncales cubren alrededor de 460.000 pasajeros/día, lo que significa un aproximado de 79.5 millones de personas por año y 8.7 millones de vehículos kilómetros recorridos (VonBuchwald, 2017).

Bajo estos parámetros, existen un promedio de 205 buses articulados y 200 buses alimentadores en las tres troncales, por lo que se estima que alrededor de 2.2 millones de viajes diarios son realizados por este medio de transporte público, lo que significa que el sistema Metrovía cubre el 21% del total de viajes en este medio de movilización dentro de la ciudad.



Figura 24 Troncal Guasmo-Río Daule  
 Fuente: DOIT-Fundación Metrovía, (2017)

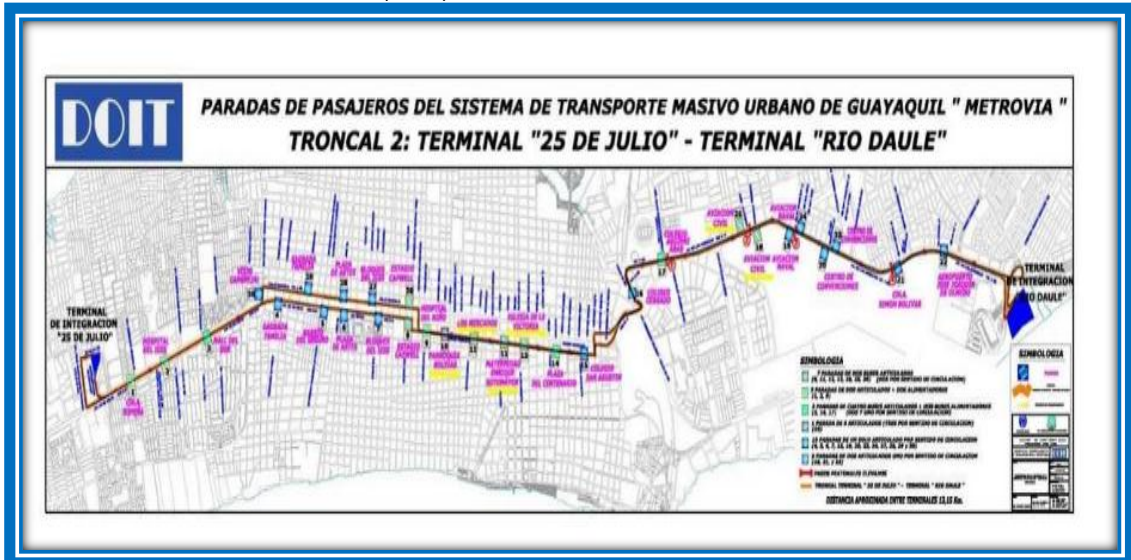


Figura 25 Troncal 25 de julio-Río Daule  
 Fuente: DOIT-Fundación Metrovía, (2017)



Figura 26 Troncal Bastión Popular-Centro Urbano  
 Fuente: DOIT-Fundación Metrovía, (2017)

Cabe mencionar, que dentro del Plan de Movilidad de la ciudad de Guayaquil, se estima la construcción de dos troncales que servirán al suburbio oeste denominada Suburbio-Centro que tienen los números 4 y 5.



Figura 26 Troncal Suburbio Oeste-Centro  
 Fuente: DOIT-Fundación Metrovía, (2017)

De manera adicional, la propuesta tiende a dotar la construcción de la troncal 6 del sistema Metrovía que cubriría su servicio a lo largo de la avenida

Juan Tanca Marengo, así como la troncal 7 sobre la avenida Francisco de Orellana.

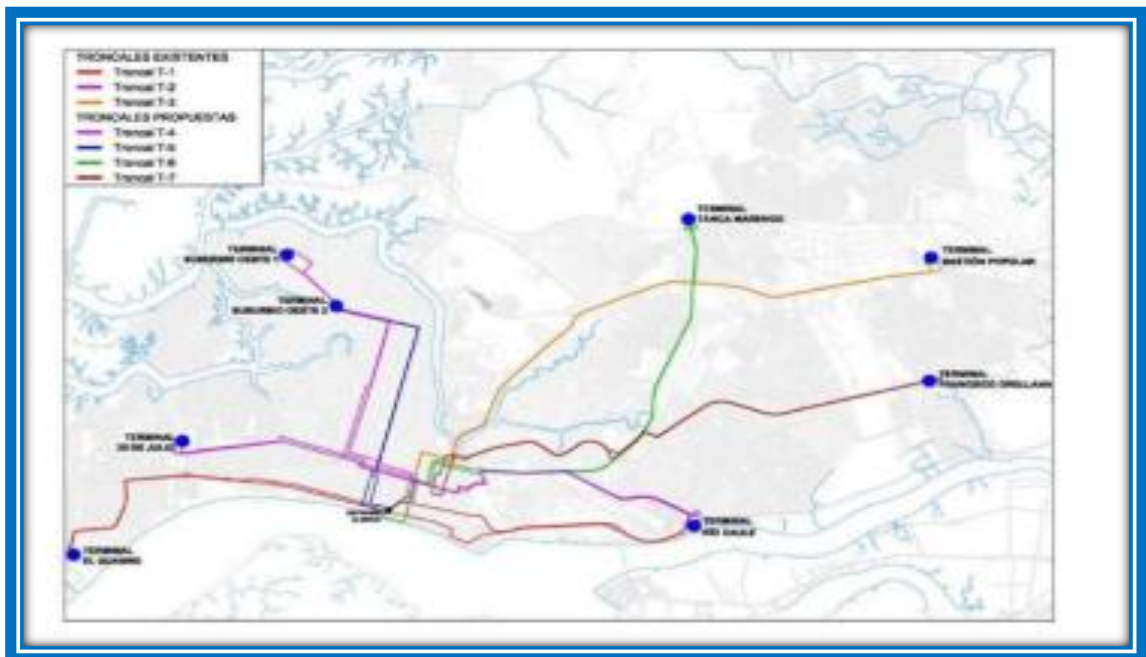


Figura 27 Sistema Metrovía de la ciudad de Guayaquil  
Fuente: DOIT-Fundación Metrovía, (2017)

Uno de los parámetros más importantes considerados en el presente estudio, lo constituye el aporte positivo generado por la construcción del nuevo puente Guasamda, que sumado a la propuesta del tranvía que cubra la ruta Guayaquil-Samborondón y viceversa proporcionaría a la disminución del congestionamiento vehicular en la avenida Samborondón, La Puntilla, avenida León Febres-Cordero, en la Aurora entre otras, donde el tráfico no solo se caotiza en las horas picos, sino que es el resultado de la excesiva demanda de vehículos por esta zona, estimando que alrededor de 35.000 vehículos circulan por día en estas vías convirtiéndose en una odisea para quienes deben circular de manera frecuente hacia sus respectivos trabajos, centros de estudios o a realizar diligencias personales.

#### **4.5.8. Análisis de los efectos del Puente Guasamda en la Av. Samborondón**

De manera general, dentro del análisis y revisión documental realizada en este trabajo investigativo, cabe acotar los efectos que genera el puente Guasamda e la av. Samborondón, cuyo proyecto estuvo a cargo del consorcio Enlace 780, donde el monto aproximado de la inversión fluctúa en alrededor de los \$ 72 millones, de los cuales las dos terceras partes son netamente financiadas por el Municipio de Samborondón y el restante por el Municipio de Guayaquil.

Informes técnicos explican que la obra unirá a estas dos poblaciones con un tramo vial de 2,5 km de longitud, cuyo inicio fue previsto en Samborondón, con una vía de acceso desde el km 35 de la av. Samborondón hasta el puente, la misma que tiene una longitud de 780 metros, para finalizar en Guayaquil, cruzando sobre la pista Narcisa de Jesús, a la altura del km 13, cuya desembocadura se la realiza en la av. José María Egas y sus ramales.

Uno de los factores positivos a destacar, es su estructura acoplada a cuatro carriles, sumándose a ello dos de servicios, una ciclovía y un carril peatonal en cada sentido, por el cual circularan alrededor de 35.000 vehículos, diariamente y en ambos sentidos. Ante aquello, su objetivo principal es descongestionar el tráfico que se genera en la av. Samborondón, dándole mayor fluidez a la circulación de vehículos que se dirigen al tramo del sector de La Puntilla y su respectivo ingreso al puente de la Unidad Nacional, así como en las vías de

acceso como la Pedro Menéndez y Plaza Dañín, ambas situadas al norte de la urbe porteña.

De manera adicional, se puede mencionar que, en el sector de Samborondón existen alrededor de 34 conjuntos residenciales, los mismos que se encuentran distribuidos en 92 urbanizaciones. Estos proyectos inmobiliarios mantienen un margen poblacional de 150.000 habitantes, siendo la parroquia urbana satélite La Aurora, con mayor densidad poblacional, donde residen aproximadamente 120.000 ciudadanos.

Ante aquello, el crecimiento poblacional y los problemas de movilización, la construcción del nuevo puente sobre las aguas del río Daule contribuye a la solución de múltiples factores que inciden a la población, especialmente en lo referente a movilidad. En consecuencia, al entrar en funcionamiento el puente lograría reducir el tiempo de traslado desde Samborondón a Guayaquil y viceversa, sumándose a ello el descongestionamiento del complejo vial de la Unidad Nacional.

Uno de los factores a mencionar, es lo manifestado por Enlace 780 (2018), quien asegura que los estudios hacen referencia a un direccionamiento del tráfico que soporta actualmente la av. Samborondón en un 17% al 20%, cifras que contrastan a lo proyectado inicialmente como justificativo a la realización de la obra, donde se mencionaba que el porcentaje a ser aliviado era del 40%, notándose que aún existe una carga vial considerable en la av.

Samborondón, donde los conductores buscan salir por el complejo vial de la Unidad Nacional.

Otro factor a mencionar, es el congestionamiento vehicular posterior a la obra, el mismo que se está propiciando en la vía a la costa, donde el flujo de carro aumenta progresivamente. Debido a esto, las planificaciones y análisis posterior a la inauguración del puente conlleva a la necesidad de ampliar otro carril a la salida de la zona comercial en la Av. Samborondón, en el tramo donde actualmente lo usa como paradero buses interprovinciales, así como la construcción de una vía detrás de la cooperativa Portete de Tarqui.

De la misma manera en La Aurora se proyecta a ser una zona que cubra todos los servicios, cuya tendencia se debe a la gran demanda de la población y el potencial crecimiento de la misma, por lo que se convierte en una colectoras de tráfico vehicular, de aquellos que provienen de otros cantones y desean acortar distancia en su llegada a Guayaquil, lo que implica que en un futuro muy previsto, este sector también sucumba en el congestionamiento vehicular.

#### **4.6. Validación de la propuesta**

De acuerdo con la información investigada en el marco teórico y todo lo relacionado a el estudio comparativo, tomando en consideración la opinión de los expertos y sobre todo los aspectos más importantes como lo son los análisis que se deben considerar al momento de realizar dicho estudio, se pudo establecer que en vista de los factores que influyen y crean desventaja, es más



viable la implementación y uso del puente, a diferencia del corredor del sistema de tranvía entre Guayaquil y Samborondón.

#### **4.7. Impacto/Beneficio/Resultado**

Respecto al impacto que este puede generar se pudo ver que resulta más beneficiosa la construcción del puente, que a pesar de la intervención ambiental que se produce no resulta tan dañino. De acuerdo al beneficio se puede considerar que la implementación del puente es más beneficioso ya que agiliza el flujo vehicular y el tránsito resulta más rápido y con menos congestión.

Como ya se mencionó anteriormente el resultado que se obtuvo del estudio comparativo arroja que la implementación de un sistema de tranvía en distintos aspectos como a nivel social, económico y gubernamental trae consigo un gasto elevado en comparación del puente, ya que el mismo solo será de un gasto establecido y a largo plazo generaría un mantenimiento, a diferencia que el tranvía genera al costo de mantenimiento de los mismos, de rieles, de personal de operaciones, construcción de paradas y otras adicionales, según sea necesario, sin tomar en cuenta el poco uso que puede presentar el mismo ya que la ruta que recorrería pertenece a un sector de estatus alto que posee medios propios para moverse, como autos.

Tabla 31 CUADRO DE COSTO DE MANTENIMIENTO DE TRANVÍA

<b>COSTO DE MANTENIMIENTO DE TRANVÍA</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>Servicio y Mantenimiento de inmuebles</b>	23,832
<b>Costos Administrativos por controles de transferencias y estación primaria</b>	529,000
<b>Ruedas</b>	6,600
<b>Total, costos de Mantenimiento</b>	559,432
<b>MONTO TOTAL DE TRANVÍA</b>	232'000,000

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

Tabla 32 CUADRO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL PUENTE

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL PUENTE</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>PINTURA</b> Pintura en pavimento blanca y amarilla, centrales y laterales.	8000	0,93	7,440
<b>RECAPEO</b> Capa de rodadura de hormigón asfáltico	3000	8,80	26,400
<b>ILUMINACIÓN</b> Revisión de luminarias de sodio alta presión de 150 w	50	675	33,750
<b>Total, costo Mantenimiento</b>			67,590
<b>MONTO TOTAL DEL PUENTE</b>			77'000,000

Elaborado por: Arcos D.; Pino J. (2018)

## CONCLUSIONES

Como parte de las conclusiones, se puede establecer que:

- La investigación pudo establecer un análisis comparativo entre dos alternativas viales, el uno que hace referencia a la construcción de un puente sobre el río Guayas, encargad de unir a las poblaciones de Samborondón-Guayaquil y el puente de la Unidad Nacional desde una perspectiva vehicular, mientras que el otro análisis se enfocó al aporte de la construcción de un sistema troncalizado de Tranvía y su relación con los sistemas de transportación existentes en las dos poblaciones, En este análisis comparativo que se hizo de los dos sistemas llegamos a la conclusión de que el puente es la alternativa porque genera menos costo que el tranvía y transporta mayor cantidad de personas en el
- Por otra parte, el análisis permitió estimar en base al informe presentado por el Estudio de Aforos en la Red Estatal 2011-2016 realizado por la consultora *Geoplades* y avalado por la Coordinación General de Planificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, que la estimación del Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) en la provincia del Guayas evidencia que la vía Guayaquil-Samborondón soporta alrededor de 35.000 vehículos, información contrastada con el registro del Municipio de Samborondón (2017).
- En relación a la factibilidad de flujo vehicular dispuesto en el corredor del sistema de tranvía y sistema troncalizado de Guayaquil-Samborondón, se proyecta que la misma modificaría la transportación ya que las unidades de transportes que cubren esta ruta modificarían su recorrido, ya que por donde circula este sistema no la harían.

- De la misma manera, el contraste de la información deja entrever que, el sistema de transporte vehicular que cruzaría el puente Guasamda genera un nivel elevado de emisión de gases, lo que contribuye a la contaminación del medio ambiente, que según el informe presentado por la OMS, 2016, las grandes ciudades soportan la emisión de gases de vehículos motorizados, do 95% hace referencia al monóxido de carbono y el 70% al óxido de nitrógeno. Mientras que el sistema de tranvía contribuiría a la reducción de la contaminación.
- No obstante, los costos operativos de puesta en marcha del tranvía son elevados, los mismos que se hacen relación a los gastos en mantenimientos de las instalaciones, pagos del personal en todas las áreas, mantenimientos correctivos y preventivos del tranvía, entre otros. Mientras que la construcción del puente se convierte en una alternativa viable a largo plazo, donde la obra lograría disminuir el nivel de tráfico vehicular en la vía tradicional, cuyos gastos solo representaría la obra inicial, así como los costos de mantenimientos son progresivos y concesionados.
- En lo referente a la construcción del puente sobre el río Daule (Guasanda) este permitirá el flujo vehicular de las personas que habitan en este sector de Samborondón, así como aquellos que provienen de sectores aledaños y tienen como objetivo la ciudad de Guayaquil.
- En el caso del tranvía, este permitirá la transportación de las personas que se tienen que movilizar por este sector de las poblaciones de Samborondón-Guayaquil, a pesar de aquello el estilo de vida de las

familias que habitan en el sector, tomando en consideración la gran afluencia de conjuntos habitacionales y la magnitud del parque automotor no lograría su fin deseado, ya que su preferencia de uso sería mínima.

- En base al TIRS – VANS realizado, llegamos a la conclusión que la oferta del puente es una de las opciones más viables para mejorar el tráfico vehicular.

## RECOMENDACIONES

Como parte de las recomendaciones, se sugiere que:

- Para dar solución al problema del tráfico vehicular que une a la vía Guayaquil-Samborondón, entre las dos soluciones viales propuestas, la construcción del puente Guasamda brindaría un mejor tráfico vehicular, cuyo impacto financiero, medioambiental y social sería menor al generado con la construcción del tranvía, ya que existiría un reordenamiento vial que provocaría sacar de circulación a muchas unidades de transportes, afectando de manera conjunta a cientos de familias.
- Por otra parte, es recomendable educar a la ciudadanía para que la construcción del puente Guasamda se convierta en una alternativa vial que disminuya el tráfico vehicular en la zona.
- De la misma manera, es indispensable tener presente que los costos operativos del tranvía son elevados, por lo que se debería realizar una oferta pública para que el servicio que este prestaría sea concesionado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asociación de Ingeniería Sísmica. (2014). *Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes*. Bogotá: Ediciones AIS.
- Asociación de Puentes Guayas. (2017). *Construcción del Puente sobre el río Daule*. Guayaquil.
- Huerta, C., López Cela, J., & Alarcón, E. (2013). *Calculo sísmico de puentes. Estudio comparativo*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Johnson, R. (2013). *An earthquake spectrum prediction technique*. Medellín, Colombia: Bulletin of the Seismological Society of America.
- Martínez Almeida, J. (2013). *El río, una alternativa para resolver el caos vehicular*. Obtenido de Diario Expreso: [http://www.expreso.ec/historico/articulo-ICGR\\_5222587](http://www.expreso.ec/historico/articulo-ICGR_5222587)
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). Norma Ecuatoriana Vial- NEVI 12 MTOP. *Especificaciones Generales para la Construcción de caminos y puentes*.
- Newmark N., M. (2013). *Earthquake spectra and design*. California: EERI monograph.
- Tanner, P., & Sobrino, J. (2012). *Metodología de Evaluación Estructural de Puentes Existentes*. Barcelona, España: UPC. IV Trimestre.