



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO
DEL ACCESO A LA RUTA RD-GUA-52, KM 19.2 CA-01 OCCIDENTE**

José David López Tán

Asesorado por la Mtra. Inga. Damaris Monzón

Guatemala, septiembre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO
DEL ACCESO A LA RUTA RD-GUA-52, KM 19.2 CA-01 OCCIDENTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ DAVID LÓPEZ TÁN

ASESORADO POR LA MTRA. INGA. DAMARIS MONZÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. José Mauricio Arriola Donis
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL ACCESO A LA RUTA RD-GUA-52, KM 19.2 CA-01 OCCIDENTE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de noviembre de 2022.



José David López Tán



EEPFI-PP-1980-2022

Guatemala, 12 de noviembre de 2022

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingenieria Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL ACCESO A LA RUTA RD GUA 52, KM 19.2 CA 01 OCCIDENTE**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Planificación Operación y Mantenimiento - Propuestas para la ordenación, regulación y control del tráfico**, presentado por el estudiante **José David López Tán** carné número **201213568**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Vial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Damaris Noemi Monzón Méndez
MSc. EN INGENIERIA VIAL
COLEGIADO No. 8,239

Mtra. Damaris Noemi Monzón Méndez De Tzic
Asesor(a)

Mtro. Armando Fuentes Roca
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

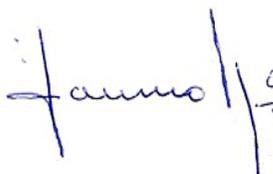




EEP.EIC.1625.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL ACCESO A LA RUTA RD GUA 52, KM 19.2 CA 01 OCCIDENTE**, presentado por el estudiante universitario **José David López Tán**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingenieria Civil

Guatemala, noviembre de 2022





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.71.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL ACCESO A LA RUTA RD-GUA-52, KM 19.2 CA-01 OCCIDENTE**, presentado por: **Jose David Lopez Tan** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 14/09/2023 05:58:01
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, septiembre de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 71 CUI: 2104871350101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía en cada etapa de la vida, ser mi fortaleza y por darme la bendición de desarrollarme académicamente.
Mi esposa	Sara Castellanos, por ser la mujer idónea para mi vida, por complementarme en todo sentido, por su apoyo y amor incondicional, sus alientos, sus consejos y su comprensión.
Mis padres	A mi padre José López por inculcarme sus valores y principios, por enseñarme el camino del bien, por exhortarme a seguir adelante con mis sueños, a mi madre Angelica de López por su amor incondicional su apoyo, sus consejos y su confianza.
Mis hermanos	Por apoyarme incondicionalmente, en especial a Geovany López.
Mis abuelas	María Francia Cifuentes Gómez. (q. e. p. d.) y Mercedes Guzmán de Tán.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma mater</i> .

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser de importante influencia en nuestra carrera profesional y ser mi *alma mater* que me inspiro para continuar mis estudios.

**Escuela de Estudios de
Postgrado de la
Facultad de Ingeniería**

Por la oportunidad de adquirir y expandir nuestros conocimientos, a la vez de enseñarnos a ser creativos, a pensar de una manera diferente creando emoción e interés en nuestras vidas, ya que cuando hay emoción e interés lo aprendido no se olvida y con eso podemos cambiar el mundo y asumir nuestra responsabilidad de dejar un legado.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos técnicos y científicos para poder desarrollarme y ser competitivo en el ámbito profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Descripción del problema	7
3.2. Formulación del problema	8
3.2.1. Pregunta central	8
3.2.2. Preguntas auxiliares	8
3.2.3. Delimitación del problema	8
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Componentes de una vía.....	15
7.2. Clasificación de las vías	16

7.2.1.	Partes de una vía	17
7.2.2.	Derecho de vía	18
7.2.3.	Sección típica de una carretera.....	18
7.3.	Características del tránsito.....	19
7.3.1.	Volumen de tránsito	20
7.3.2.	Densidad del tránsito.....	21
7.3.3.	Factor de hora pico	21
7.3.4.	Volúmenes de tránsito promedios diarios.....	22
7.3.5.	Volumen horario de proyecto o diseño (VHP)	23
7.3.6.	Velocidad promedio de operación	24
7.3.7.	Velocidad de diseño	24
7.3.8.	Velocidad promedio de viaje	25
7.3.9.	Distribución direccional.....	26
7.3.10.	Composición de tránsito.....	26
7.4.	Aforo vehicular	27
7.5.	Características de diseño geométricas	28
7.5.1.	Alineamiento vertical	28
7.5.2.	Pendiente máxima.....	30
7.5.3.	Intersecciones a nivel.....	31
7.5.4.	Retornos.....	34
7.5.5.	Isletas	35
7.5.6.	Carriles de aceleración y desaceleración	37
7.5.7.	Distancia de visibilidad de parada	41
7.5.8.	Intersecciones a desnivel	41
7.6.	Seguridad vial	42
7.6.1.	Señalización.....	42
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO	47

9.	METODOLOGÍA.....	51
9.1.	Enfoque	51
9.2.	Diseño de investigación.....	51
9.3.	Tipo de estudio	52
9.4.	Alcance.....	52
9.5.	Variables e indicadores	52
9.6.	Variables independientes	52
9.7.	Variables dependientes	53
9.8.	Fases de la investigación	54
9.9.	Plan de muestro	55
9.10.	Resultados esperados	55
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	57
11.	CRONOGRAMA.....	61
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	63
	REFERENCIAS	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1. Esquema de solución.....	14
Figura 2. Sección transversal típica mixta, pavimentada en recta	19
Figura 3. Intersección en T.....	32
Figura 4. Intersección en Y	33
Figura 5. intersección en cruz	33
Figura 6. Rotondas.....	34

TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales	30
Tabla 2. Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales.....	30
Tabla 3. Longitudes mínimas para terminales de entrada de rampas con pendientes del 2 por ciento o menos	38
Tabla 4. Cuadro de ajustes de la longitud del carril de aceleración en función de la pendiente longitudinal.....	39
Tabla 5. Longitudes mínimas desaceleración para las terminales de salida de rampa, con pendiente de 2 % o menos	40
Tabla 6. Ajuste de la longitud del carril de desaceleración, en función de la pendiente longitudinal	40
Tabla 7. Cronograma de actividades	61
Tabla 8. Presupuesto necesario	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
km	Kilómetro
km²	Kilómetro cuadrado
km/h	Kilómetro por hora
m	Metro
m²	Metro cuadrado
min	Minutos
%	Porcentaje
Q	Quetzales, moneda guatemalteca

GLOSARIO

Abordaje	Acción de abordar.
Aforo vehicular	Es el conteo de vehículos que se realiza en un punto de interés.
Bulevar	Calle o avenida muy ancha, que en su arriate central tiene árboles.
Carril	Parte de una vía de circulación destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.
CEPREDENAC	Centro de Coordinación para la prevención de los Desastres en América Central y República Dominicana.
Congestión vial	Condición del flujo vehicular saturado debido al exceso de la demanda de las vías.
Densidad vial	Es la longitud de la red vial por unidad de superficie en un tiempo determinado.
Derecho de vía	Franja de terreno propiedad del estado que tiene un uso limitado por una reglamentación de carácter local o nacional.

INE	Instituto Nacional de Estadística.
Intersección	Lugar específico donde se unen o encuentran dos vías o rutas viales.
SEGEPLAN	Secretaría de planificación y programación de la presidencia de la Republica de Guatemala
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centro Americana
Siniestralidad	Conjunto de siniestros ocurridos en un lugar en común.
TPDA	Transito promedio diario anual.
Trafico	Movimiento o tránsito de personas, mercancías, etc., por cualquier medio de transporte.
Transito	Movimiento o actividad de personas o vehículos que pasan por una calle o carretera.

RESUMEN

Este protocolo plantea el problema que se origina en el acceso a la ruta RD-GUA 52 ubicado sobre la ruta CA-01 occidente a la Altura del km 19.2, que da acceso a la zona 09 de Mixco. Actualmente existe una creciente demanda inmobiliaria en la zona, esto aumenta el tráfico sobre esta ruta.

En esta intersección se han registrado innumerables accidentes de tránsito de alta siniestralidad, afectando directamente a los pobladores del área, la falta de un acceso adecuado a la ruta RD-GUA 52 ha sido uno de factores provocadores de estos hechos, esto afecta directamente a la población del área ya que cada vez que utilizan esta ruta arriesgan su vida realizando maniobras peligrosas, por lo que se pretende plantear una solución a este problema, teniendo en cuenta diferentes factores como el derecho de vía, señalización horizontal y vertical, topografía, etc. El estudio se delimita en el acceso a la ruta RD-GUA 52 y sus retornos, para plantear una solución técnica y viable. Se asigna en la línea de Investigación de Planificación y Mantenimiento.

El objetivo principal es analizar la intersección por medio de un estudio de tránsito para proponer una solución técnica y viable, esta investigación tiene como objeto dejar un precedente para una futura ejecución de la solución propuesta o ampliación de la investigación, por lo que en el presente protocolo se encontrará el esquema de solución que se utilizará para encontrar una solución técnica y viable además encontrará la metodología y técnicas a utilizar.

1. INTRODUCCIÓN

Una intersección se define como un punto que conecta dos o más vías. Existen diferentes tipos de intersecciones en las que podemos mencionar dos grandes grupos intersecciones a nivel e intersecciones a desnivel, las primeras son obras viales económicas normalmente se utilizan para TPDA bajo en ambas vías, por el contrario, las intersecciones a desnivel son obras de costo monetario alto pero muy eficientes ya que estas permiten un flujo sin interrupciones.

El buen diseño de una intersección tiene una relación directa con el nivel de servicio de la vía, al referirse a diseño se habla de los factores que esto engloba como diseño geométrico, nivel de servicio, seguridad vial, entre otros. Un indicador importante en una intersección es la señalización vertical y horizontal, debido que es la guía de transitabilidad y delimitación de espacios de los conductores e incluso de los peatones.

El presente trabajo analizará los factores que influyen en la intersección del KM 19.2 sobre la Ruta CA-01 occidente que conduce a la RD-GUA 52 para proponer una solución técnica y viable, este análisis se realizará por medio de un estudio de tránsito que incluye conteos vehiculares, análisis del derecho de vía, diseño geométrico, señalización horizontal y vertical, etc., entre las limitaciones que se tienen es el área para la readecuación de la intersección.

2. ANTECEDENTES

El municipio de Mixco se encuentra ubicado al oeste del municipio de Guatemala siendo uno de los 340 municipios del país, su cabecera se encuentra ubicada en las coordenadas longitud oeste 90°36'23" y latitud norte 14°37'59", cuenta con un área total de 132 km² (Mollinedo, 2016).

Debido a su cercanía con la ciudad capital y las dinámicas sociales y especiales que presenta, Mixco es un municipio que se encuentra conurbado a la ciudad de Guatemala, formando parte de las dinámicas territoriales del área metropolitana de Guatemala (SEGEPLAN, 2018).

Según SEGEPLAN (2018), Mixco tiene una red vial con una longitud total de 1,104 km lineales, entre esta red existen diferentes tipos de carreteras que van desde calles vecinales hasta carreteras Centro Americanas, sin embargo, entre ellas sé destacan la CA-01 y la Calzada Roosevelt debido a que estas rutas conectan al Municipio de Mixco con la Ciudad Capital además de ser la puerta de acceso para el tráfico de personas y de todo tipo de mercancía que se dirige a la ciudad capital o bien que van de paso y se dirige al oriente del país.

El Boulevard San Cristóbal es otra ruta que desfoga el tránsito proveniente del occidente a la parte sur de la capital, esta ruta atraviesa toda la zona 08 de Mixco y conecta con la zona 11 y 12 de la Ciudad, también da acceso al Boulevard Sur de San Cristóbal que conecta con la carretera CA-09.

Las dos rutas mencionadas anteriormente tienen un punto de partida en común en la zona 09 de Mixco de donde se derivan con dirección a la zona central y sur de la Ciudad Capital.

Según el censo realizado por Instituto Nacional de Estadística (INE, 2018), Mixco cuenta con una población 465,773 habitantes de los cuales el 47.47 % son hombres y el 53.53 % son mujeres, mayormente su población es urbana teniendo únicamente un 0.59 % de población rural.

Según datos de Plan de Desarrollo Municipal Con Enfoque Territorial:

Las centralidades XV y XVI ubicadas en los centros poblados de Ciudad Satélite y Minerva en las zonas 9 y 11 respectivamente, presentan altos índices de presión inmobiliaria dada la disponibilidad de áreas por urbanizar, cuentan con equipamientos y servicios importantes para el sector. (SEGEPLAN, 2018, p. 23)

El sistema vial del territorio se ha visto afectado según SEGEPLAN (2018), indica que esto se debe al crecimiento sin control del parque vehicular además del deficiente servicio de transporte público, también a la escasa planificación urbana, estos factores han generado problemas en la movilidad, haciendo que las vías no satisfagan de manera adecuada el desfogue de los vehículos, incrementando así el congestionamiento vehicular, los índices de accidentalidad, degradación del medio ambiente, la contaminación auditiva, pérdida de tiempos de circulación, pérdidas económicas e inequidad social.

Según encuesta digital Origen Destino realizada por el Departamento de Movilidad Urbana y Transporte de la Municipalidad de Mixco en el año 2016, Las zonas 4 y 8 son polos de atracción que crean relaciones dependientes de otras zonas hacia ellas, mientras que las zonas 2 y 3 evolucionan a nuevos puntos de atracción, por las actividades comerciales que se tienen dentro, las zonas 7, 9 y 10. Teniendo un total 5 vialidades primarias, identificadas así por el flujo vehicular que transita sobre estas, y 30 vialidades secundarias o alimentadoras que se encargan de interconectar las primarias (SEGEPLAN, 2018, p. 30)

La carretera CA-1 occidente es una de las rutas más transitadas en la republica de Guatemala, de la misma forma es una de las más peligrosas para transitar. En los últimos años se han producido siniestros fatales en diferentes puntos de la ruta CA-01. Un artículo de Sánchez (2016), indica que en los 10 primeros meses de 2016 se contabilizaron 920 hechos en las principales rutas, de ese total la carretera que más incidentes registró fue el trayecto de la CA-9 Sur, el segundo puesto lo ocupa la CA-01 Occidente, o ruta Interamericana, en especial en los kilómetros 19 y 170 (Cumbre de Alaska), con un total de 220 hechos. Los meses con más accidentes fueron junio, julio y agosto.

El estado de las carreteras y las prácticas conductivas contribuyen a la congestión, según Thomson y Bull (2002) uno de estos factores que contribuyen a dicho efecto es el mal diseño vial de las ciudades y su mala conservación esto provoca congestión innecesaria.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

Actualmente la intersección que conecta a la carretera RD-GUA 52 con la CA-01 Occidente es un punto peligroso debido a la falta de elementos viales y controles de tránsito que permitan la incorporación segura a cualquiera de las dos vías además el diseño geométrico no permite tener un radio de giro adecuado por lo que los vehículos deben realizar distintas maniobras para incorporarse a la CA-01, también existe invasión de la vía por parte de taxistas y ventas de comida, existe una parada de buses la cual no es utilizada por los usuarios y el abordaje lo realizan en cualquier punto de la calzada, todo esto hace que esta intersección no cuente con la seguridad vial adecuada y sea punto de siniestros.

La influencia de este acceso afecta la CA-01 Occidente es en ambos sentidos, ya que para ingresar a la RD-GUA-52 se debe hacer uso del retorno ubicado aproximadamente en el km 19.4 sobre la CA-01, este retorno a nivel no tiene la capacidad para distribuir el tránsito y provoca congestión en la zona. Otro aspecto que afecta es la señalización deficiente esto se evidencia en horario nocturno o cuando existen condiciones climáticas adversas.

3.2. Formulación del problema

En este apartado se formulan las preguntas a partir del problema a analizar y también se delimita su alcance, con el fin de identificar claramente los objetivos planteados.

3.2.1. Pregunta central

- ¿Qué solución técnica viable se puede proponer a partir de un análisis de tránsito para mejorar el acceso a la RD-GUA 52 en el km 19?2 CA-01 Occidente y que costo estimado tendría dicha propuesta?

3.2.2. Preguntas auxiliares

- ¿Qué factores influyen en la intersección?
- ¿Qué solución técnica puede implementarse para mejorar la intersección?
- ¿Qué costo estimado tendrá la solución propuesta?

3.2.3. Delimitación del problema

El problema se delimitará en el km 19.2 de la ruta CA-01 Occidente, se analizará la intersección de ingreso a la ruta RD-GUA 52 y sus respectivos retornos los cuales se encuentran sobre la ruta CA-01.

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación de la maestría en la cual se presenta el estudio es Planificación, Ejecución y Mantenimiento, debido a que es un tramo existente en el cual se necesita mejorar las condiciones geométricas, rehabilitación de señalización horizontal y vertical, recuperación del derecho de vía y colocación de controles de tránsito.

Desde la concepción de la zona 9 de Mixco el acceso a la ruta RD-GUA 52 ha sido deficiente, esto ha provocado que se genere un problema de congestión que ya viene de varios años atrás y que se ha incrementado debido a los proyectos inmobiliarios que se encuentran en desarrollo, la población que vive en el área se ha visto afectada por los múltiples accidentes que van desde siniestralidad baja hasta alta siniestralidad por lo que este punto se ha señalado por la población como un punto peligroso.

La población que vive en el área expone su vida al integrarse a la CA-01 occidente debido a que no existe un control de tránsito que les permita incorporarse a dicha ruta de una forma segura y viceversa que permita ingresar a la ruta RD-GUA 52.

De este problema se tiene conocimiento desde ya varios años sin embargo no se ha realizado una propuesta concreta viable, por lo que los entes de gobierno han tratado de mitigar la situación sin llegar a darle una solución definitiva.

Con este estudio se espera tener un precedente de investigación y en un futuro su posible ejecución para que la población que vive en el área no tenga que realizar maniobras inseguras que pongan en riesgo su vida, además de darle fluidez controlada a la CA-01 en esa intersección, esto también ayudaría a disminuir la cantidad de accidentes viales en el área, retenciones o demoras que aumentan la cantidad de combustible necesario para poder realizar el recorrido. Los beneficiados directos serían los pobladores de la zona 09 de Mixco, también la población de las colonias y aldeas aledañas, los beneficiarios indirectos serían usuarios de la CA-01 occidente que transitan por el área.

5. OBJETIVOS

General

Analizar la intersección del acceso a la carretera RD-GUA 52 por medio de un estudio de tránsito para proponer una solución técnica y viable.

Específicos

1. Analizar qué factores influyen en las condiciones actuales del acceso.
2. Proponer una solución técnica para mejorar la intersección del acceso a la carretera RD-GUA 52.
3. Determinar el costo estimado que tendrá la ejecución de una propuesta de solución técnica y viable.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

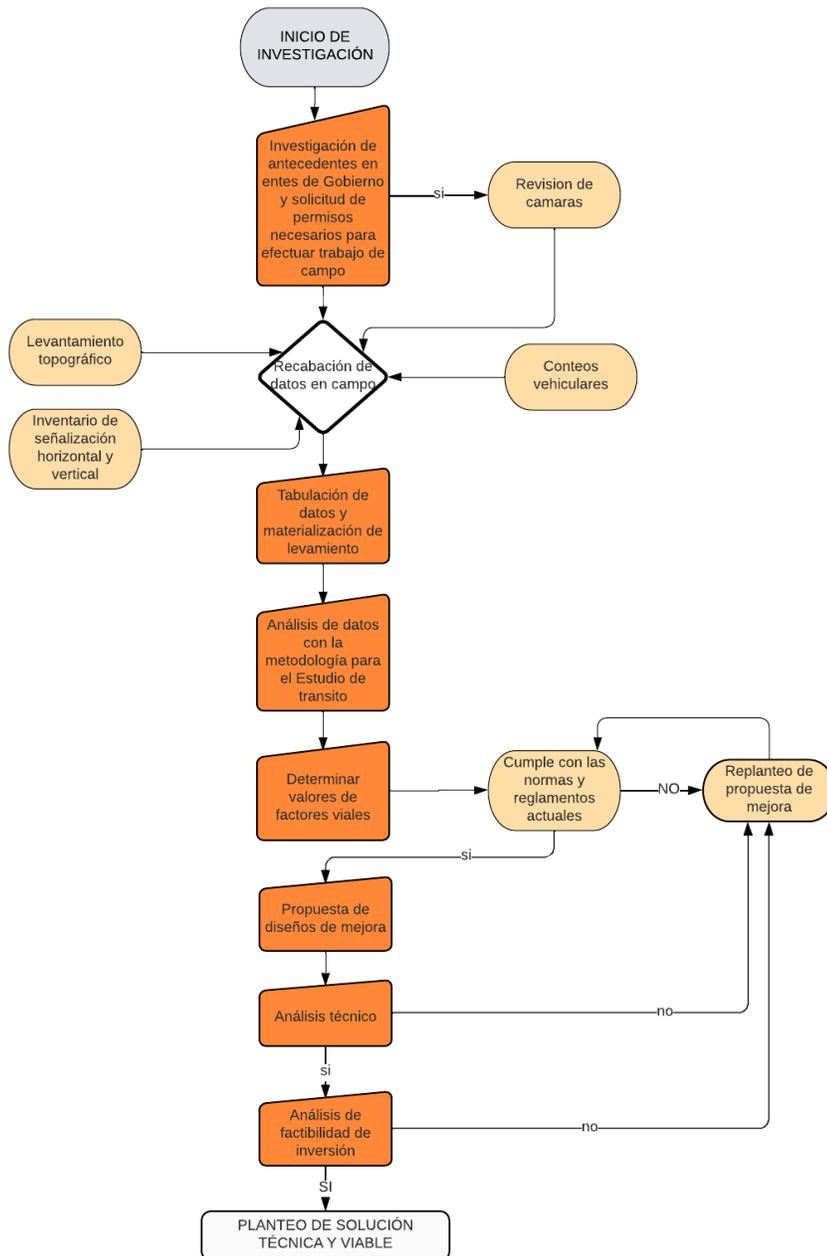
El presente estudio está dirigido a dejar un precedente para poder cubrir la necesidad que existe por parte de los usuarios de contar con una intersección adecuada para la clasificación de vehículos que ingresa de la CA-01 occidente a la carretera RD-GUA 52, con esto se pretende mejorar la fluidez de la CA-01 y así evitar conflictos viales en dicha intersección.

Se realizará el levantamiento topográfico del área, inventario de señalización y aforos vehiculares.

Se pretende solicitar apoyo a la Municipalidad de Mixco con aforos vehiculares que se tengan del punto a estudiar para realizar un análisis previo, además de solicitar acceso a las cámaras que se encuentran en el lugar para realizar el aforo y análisis de movimientos.

Se analizarán diferentes propuestas para evaluar la más viable, como se indica en el diagrama de flujo de solución.

Figura 1.
Esquema de solución



Nota. Presentación del esquema de solución. Elaboración propia, realizado con Visio.

7. MARCO TEÓRICO

A continuación, se darán conceptos esenciales para la comprensión y análisis del problema a estudiar. Se definen conceptos importantes que ayudaran a plantear la solución del problema.

7.1. Componentes de una vía

Son aquellos que parte fundamental de la vía. Según Leiva (2003), los elementos que intervienen en la ingeniería de tránsito son:

- El Peatón: se denomina peatón a las personas que hacen uso de algún elemento dentro de la zona de la vía, sea está de cualquier tipo o clasificación.
- El conductor: es toda aquella persona que está en el mando de un vehículo motorizado o no motorizado. Este representa uno de los factores más importantes en el estudio de los accidentes, ya que este está influenciado de forma directa por las condiciones climáticas y físicas de la vía, ya que el diseño de las carreteras como el de los automotores están construidos para ofrecerle comodidad y seguridad a este individuo.
- El vehículo: corresponde a cualquier medio de transporte que sea capaz de transportar personas o mercancía, este puede ser motorizado o no motorizado.

- La tipología de los vehículos que transitan sobre una carretera, ya sea urbana o rural, se divide en un extremo a los vehículos livianos, que son los más numerosos en la corriente, mientras que los vehículos pesados, en el otro extremo de la clasificación vehicular. Las características del diseño geométrico de una carretera, está relacionado al tipo de vehículos que predominan en la vía, ya que este diseño depende de las características del vehículo de diseño y de la exigencia del que se desplaza por las calles y carreteras.
- La vía: se le denomina así al conjunto de elementos que están destinados para el tránsito de vehículos y también cuenta con espacios para el tránsito de peatones.

7.2. Clasificación de las vías

Anleu (2015), indica que la clasificación de carreteras se puede realizar dependiendo el servicio que esta provee y los divide en tres:

- Arterial: esta provee el mayor nivel de servicio con mayor velocidad en distancias de viaje ininterrumpido, con cierto control de accesos. (velocidades de 110 KPH)
- Colector: provee un menor nivel de servicio que la arterial. Las velocidades permitidas son menores por servir de colector de trafico de caminos locales y los conecta con las arteriales. (velocidad de 80 – 100 KPH)

- Local: lo integran todas las carreteras no definidas como arteriales o colectoras; su principal servicio es proveer acceso a la mayoría de lugares y sirve a los viajes en distancias cortas.

7.2.1. Partes de una vía

Las vías están conformadas por diferentes elementos destinados a un tipo de que normalmente se refieren al peatonal, automotor y vehículos sin motor.

Agudelo (2002), define los elementos de una vía como:

- Plataforma: es una zona que permite solo la movilización de vehículos. Está formada la calzada, andenes, berma y demás partes de la vía.
- Calzada: este es el espacio que está dedicado a la circulación y de los vehículos. además, se compone de cierta cantidad de carriles.
- Acera: esta es la zona paralela a la carretera puede estar elevada o a nivel, esta zona está destinada para uso de los peatones.
- Carril: se refiere a la franja por donde está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales.
- Carril de bicicleta protegido: no hay que confundirlo con una ciclo vía. Estos tipos de carriles son construidos comúnmente en las grandes ciudades.

- Ciclovía: estas son las vías o secciones de calzada reservada para el tránsito de vehículos no automotores, principalmente para bicicletas, exceptuando los de tracción animal.
- Separador: franja que independiza dos calzadas de una vía.

7.2.2. Derecho de vía

Es la franja destinada en el que se construyen las carreteras, estas deben ser inscritas en el Registro de la Propiedad del inmueble, si se refiere a carreteras de primer o segundo orden serán inscritas a favor del estado y las de tercer orden como carreteras de herradura o vecinales a favor de las municipalidades, por regla general en ella se comprenden dos paredes o cercas, dos banquetas, dos cunetas y un pavimento que es la carretera (Casa del Gobierno, 1942).

La longitud de derecho de vía para las diversas clases de camino se tomará de la siguiente manera (Casa del Gobierno, 1942):

- Carreteras Nacionales, 25 metros; 12.50 metros de cada lado.
- Carreteras Departamentales, 20 metros; 10.00 metros de cada lado.
- Carreteras Municipales, 15 metros; 7.50 metros de cada lado.
- Caminos vecinales o de herradura, 6 metros; 3.00 metros de cada lado.

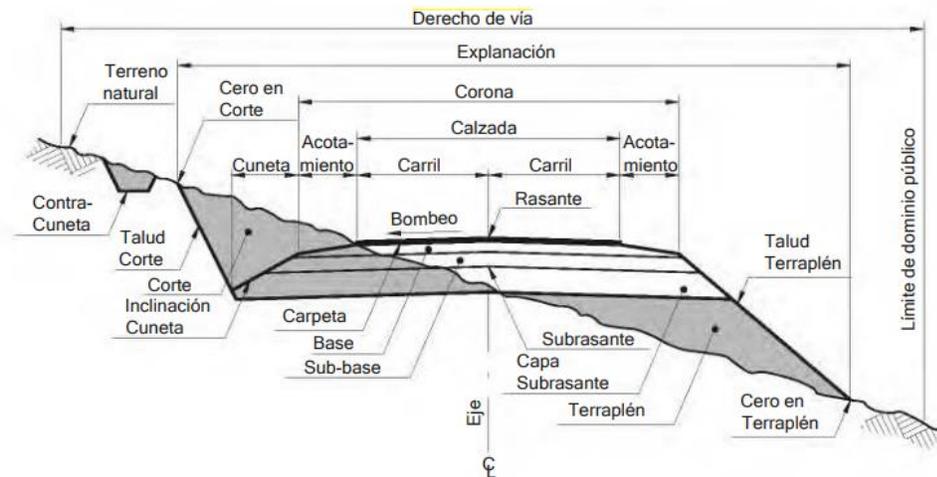
7.2.3. Sección típica de una carretera

También llamada sección transversal de una carretera, es un gráfico donde se indica la composición de una carretera, en ella podemos verificar el perfil de la misma, la conformación y dimensiones con las que fue diseñada, es

importante conocer que la calzada o superficie de rodamiento es la franja que se ha acondicionado para el tránsito de vehículos, esta puede ser acondicionada con diferentes materiales, pero en el caso de las carreteras de primer orden cuenta con una superficie de pavimento. Por su parte Cal y Cárdenas (2018), define un carril como aquella parte de la calzada que tiene un ancho suficiente para la circulación de un vehículo. En la figura 2 se muestra un gráfico de la sección típica transversal:

Figura 2.

Sección transversal típica mixta, pavimentada en recta



Nota. Se muestran de manera grafica todos los componentes de una sección típica de una carretera. Obtenido de Cal y Cárdenas. (2018). *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones.* (p. 87.) Alfaomega Grupo Editor S.A.

7.3. Características del tránsito

Son las cualidades que caracterizan el flujo vehicular de una zona, un punto de control, una intersección o una sección elegida a discreción sobre una

sección de la carretera, estas cualidades nos sirven para conocer el comportamiento del tránsito durante diferentes horas y temporadas y a partir de ello definir el diseño del proyecto.

7.3.1. Volumen de tránsito

Cal y Cárdenas (2018) definen el volumen de tránsito como la cantidad de vehículos que pasan por un punto durante un tiempo específico.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q= Flujo vehicular

N= Numero de vehículos que pasan

T= Periodo definido (unidad de tiempo)

El diseño geométrico de una vía interactúa con el entorno en el que se encuentra. Para la construcción de una vía es esencial realizar un estudio de tránsito para determinar la demanda a partir de un volumen de tránsito actual, del cual se realiza una proyección de cantidad de vehículos que transitan por la nueva vía en un lapso determinado y a partir de ello se realizará el diseño de la vía. (Correa, Forero y Martínez, 2015).

Dependiendo de la duración del tiempo que se está midiendo, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito (Cal y Cárdenas, 2018):

- TA: es la cantidad total de vehículos que pasan en un período de un año.
t= 1 año.
- TM: es la cantidad total de vehículos que pasan en un periodo de un mes
t=1 mes.
- TS: es la cantidad total de vehículos que pasan en un periodo de una semana t=1 semana.
- TD: es la cantidad total de vehículos que pasan en un periodo de un día
t=1 día.

7.3.2. Densidad del tránsito

La densidad de tránsito se refiere a la cantidad de vehículos que transita en una longitud previamente establecida de una carretera, esta unidad se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km) e influye en la habilidad que tiene un piloto para maniobrar o cambiar en los carriles de circulación y se puede calcular con la siguiente ecuación (Anleu, 2015):

$$D = \frac{v}{s} \text{ veh/km/carril}$$

Donde:

D= Densidad (veh/km/carril)

v= Razón de flujo (veh/h), de la estación critica en horario pico

S=velocidad de viaje (Km/h)

7.3.3. Factor de hora pico

La hora pico según SIECA (2011) la define como el rango horario donde la intensidad de tránsito registra las demandas máximas en un periodo de 24

horas. Estas demandas servirán como base más apropiada para el diseño geométrico de las carreteras. Por su parte Anleu (2015) indica que el dato representativo de máxima demanda se observa en la estación considerada como crítica, durante el período de aforo.

$VHMD = Vehiculos\ hora\ pico$

$$FHP = \frac{VHDM}{Nq_{max}}$$

Donde:

FHP= Factor Hora Pico

N= Número de periodos durante la hora de máxima demanda (para periodos de 15 minutos se toma el numero 4).

qmáx= Flujo máxima (número de vehículos en intervalos de 15 minutos).

7.3.4. Volúmenes de tránsito promedios diarios

Los volúmenes de tránsito se definen “Como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período” (Cal y Cárdenas, 2018, p. 22).

Esto se puede expresar de manera general como:

$$TPD = \frac{N}{1\ dia < t \leq 1\ año}$$

Donde:

N= Número de vehículos que pasan en la sección en estudio

t= el periodo en días.

De acuerdo al número de días del periodo en estudio se identifican los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, esto están dados en vehículos por día (Cal y Cárdenas, 2018).

Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TM}{365}$$

Tránsito promedio diario anual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

Tránsito promedio diario anual (TPDS)

$$TPDS = \frac{TM}{7}$$

7.3.5. Volumen horario de proyecto o diseño (VHP)

Es el factor de tránsito utilizado como base para determinar cuáles son las características geométricas de la vialidad. Este factor normalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. Se debe tener en consideración un volumen de tránsito horario.

Es el volumen de tránsito horario se utiliza como base para determinar las características geométricas de la vialidad. Normalmente se proyecta con un

volumen horario pronosticado. Se considera un volumen horario que se puede presentar un número máximo de veces en el año (Cal y Cárdenas, 2018).

7.3.6. Velocidad promedio de operación

Según Leiva (2003), indica que la velocidad de operación es la máxima velocidad a la cual un vehículo puede viajar por una vía, bajo condiciones climáticas y de tránsito favorables. De forma técnica se interpreta que es la medición de la velocidad que se realiza cuando los conductores se transitan en condiciones favorables y por su parte SIECA (2011) indica: El 85 percentil de la distribución de velocidades observadas es la más frecuente medida usada de las velocidades de operación asociadas con un particular localización o característica geométrica.

7.3.7. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño se establece como la velocidad máxima a la que se permite viajar y para la cual está diseñada un tramo de la carretera en condiciones de seguridad favorables. Las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles a niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia tomando las restricciones económicas, ambientales, estéticas y los impactos políticos y sociales. Para seleccionar una adecuada velocidad de diseño se debe considerar los siguientes aspectos (SIECA, 2011):

- Distribuciones de velocidades
- Tendencias de las velocidades
- Tipo de área
 - Rural
 - Urbana

- Condiciones de terreno
 - Plano
 - Ondulado
 - Montañoso
- Volúmenes de tránsito
- Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias.
- Condiciones ambientales.

7.3.8. Velocidad promedio de viaje

Es la velocidad a la que actual un vehículo se desplaza sobre la carretera. Se define una longitud de tramo a analizar y se determina la velocidad promedio a la que viajan los vehículos.

Según Anleu (2015), es la velocidad promedio a la que los vehículos viajan en una vía, esta velocidad se mide en la estación crítica y horario pico, se discretiza en intervalos de 15 min. Por otra parte, SIECA (2011) indica que “puede calcularse en campo, cuando el flujo vehicular sea bajo, pero mayor que 200 veh/hr” con la fórmula siguiente:

$$FF = S_{FM} + 0.0225\left(\frac{V_f}{f_{HV}}\right)$$

Donde:

S_{FM} = Velocidad estimada de flujo libre (km/h).

f_{HV} = Velocidad principal del tránsito medida en campo (km/h).

V_f = Observación del volumen en el período en el cual se obtuvo la medición de campo (veh/h).

f_{HV} = Factor de ajuste de vehículos pesados, determinado como se muestra en la ecuación.

7.3.9. Distribución direccional

Este concepto se refiere a la distribución porcentual del volumen de tránsito sobre una vía, en el caso de una carretera de dos carriles indica el valor del volumen porcentual sobre sus dos direcciones y para carreteras de más de dos carriles su distribución es considerada en cada carril de la vía, también se toma en cuenta los puntos importantes como intersecciones o donde se aumenta la cantidad de carriles, conocer la distribución direccional es importante para el diseño de una carretera.

SIECA (2011) indica que la distribución direccional en las horas pico es consistente y se replica año con año y día a día, con excepción de algunas carreteras que sirven como áreas turísticas, estas mediciones se realizan de forma directa en campo por medio de un observador que va tomando datos para luego ser analizados por el Ingeniero Vial.

7.3.10. Composición de tránsito

Es importante conocer cómo se compone el tránsito del tramo a estudiar o a diseñar, ya que para poder diseñar el nivel de servicio de la carretera es necesario conocer que tipos y cantidades de vehículos circularán por la misma, por ejemplo si se requiere diseñar una intersección es importante conocer cuál es el vehículo más complejo que ingresará y que cantidad de ellos lo harán para dimensionar la intersección, este dato normalmente se representa en porcentaje

y se realiza tomando la cantidad total de un tipo de vehículos y se divide en la cantidad total de los vehículos aforados y se representa en porcentaje.

7.4. Aforo vehicular

Se le llama aforo vehicular a la recabación de datos que se realiza para conocer las características del tránsito, como la cantidad de vehículos, distribución vehicular, composición del tránsito, densidad y volumen, existen diferentes metodologías para realizar este estudio como:

- Metodología de medición manual
- Contadores mecánicos
- Sistema de medición WIM, *Weigh in Motion*

Anleu (2015,) indica que en Guatemala se suelen utilizar cuatro tipos de estaciones para el aforo vehicular, las cuales se menciona a continuación:

- Estaciones sumarias
- Estaciones Tipo A
- Estaciones Tipo B
- Estación permanente o fronteriza

También da criterios para la ubicación de las estaciones antes mencionadas y resalta que se deben ubicar en condiciones favorables de: visibilidad, seguridad y buenas condiciones climáticas.

7.5. Características de diseño geométricas

Son aquellas condiciones con las que es diseñada una carretera para su construcción, estas definen su geométrica, estructura de la carretera, diseño de pavimentos, entre otros. dichas características se diseñan posterior a los estudios de tránsito.

7.5.1. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical es prácticamente el perfil del eje de una carretera, en este alineamiento se presenta el perfil del terreno, el perfil de la carretera terminada, así como la subrasante y la rasante, lo mencionado anteriormente se representa por medio de planos y se dibujan las curvas verticales con sus componentes, así como sus pendientes (SIECA, 2011, p. 115)

Según SIECA (2011) refiere que el alineamiento de una carretera está controlado principalmente por lo siguiente:

- Clasificación Funcional del Camino y Composición
- Topografía del área que atraviesa
- Diseño del alineamiento horizontal y su velocidad de diseño correspondiente
- Distancias de Visibilidad
- Drenaje
- Valores Estéticos y Ambientales
- Costos de Construcción

La topografía de terreno donde se ubicará la carretera tiene influencia directa en el alineamiento, para caracterizar sus variaciones SIECA (2011) clasifica el terreno en tres tipos de acuerdo con la pendiente del terreno de la siguiente manera:

- Terreno plano: es esa condición donde las distancias de visibilidad de diseño vial, en cuanto están gobernadas por las restricciones horizontales y verticales, son generalmente largas o podrían ser así, sin ocasionar mayores dificultades ni grandes gastos de construcción o grandes gastos de construcción.
- Terreno ondulado: es la condición donde las pendientes naturales son ascendentes y descendentes y en consecuencia las pendientes de la calle o carretera se elevan y bajan, y donde ocasionalmente las pendientes fuertes provocan algunas restricciones a los alineamientos horizontal y vertical.
- Terreno montañoso: es aquel que presenta dificultades y altos costos de construcción por la frecuencia de cortes y rellenos, los cuales se requieren para lograr alineamientos horizontales y verticales aceptables.

La siguiente tabla muestra una clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.

Tabla 1.*Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales*

Tipo de Terreno	Rango de pendientes P(%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \geq 30$

Nota. La tabla muestra la clasificación de los terrenos en función de su pendiente topográfica. Obtenido de Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (2011). *Gestión de riesgos y seguridad vial.* (p. 116.) SIECA, PCGIR, CEPREDENAC.

7.5.2. Pendiente máxima

Las pendientes de las carreteras ya construidas tienen una influencia relevante en la operación de los vehículos que operan por ellas, por lo general las pendientes máximas son sugeridas en función de la velocidad y del tipo de terreno, SIECA (2011), sugiere la selección de la pendiente con la siguiente tabla:

Tabla 2.*Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales*

Tipo de terreno	Maxima Pendiente (%) para la Velocidad de Diseño Especificado, KPH							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	7	7	7	7	7	6	6	5
Lomerío	10	10	9	8	8	7	7	6
Montañoso	12	11	10	10	10	9	9	8

Nota. Tabla de máxima pendiente para velocidades de hasta 100 k/h. Obtenido de Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (2011). *Gestión de riesgos y seguridad vial.* (p. 118.) SIECA, PCGIR, CEPREDENAC Alineamiento horizontal.

El alineamiento horizontal está compuesto por una serie de líneas rectas, que define una línea preliminar, esta enlazada por curvas circulares o curvas de curvatura variable de tal modo que permitan una transición adecuada y segura al pasar de tramos rectos a tramos curvos y por el contrario de tramos curvos a rectos. (Agudelo, 2002, p. 135)

Por su parte SIECA (2011) indica que las principales consideraciones que controla el diseño del alineamiento horizontal son:

- Categoría de la carretera
- Topografía
- Velocidad del proyecto
- Distancias d visibilidad
- Coordinación con el perfil
- Costos de construcción, operación y mantenimiento

7.5.3. Intersecciones a nivel

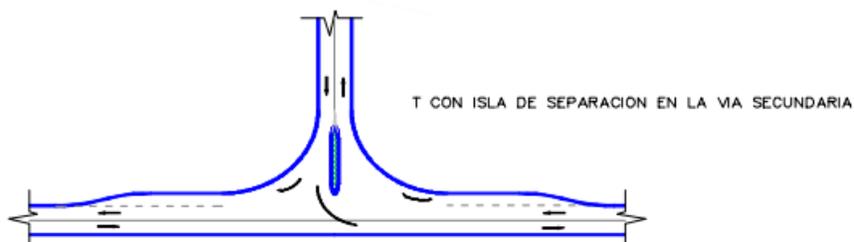
Las intersecciones son puntos de conexión entre diferentes carreteras, sin importar su orden, su nivel de servicio ni su dirección, normalmente las intersecciones son las que definen la capacidad de las vías ya que para crear el flujo de vehículos entre ellas es necesario alternarse y esto provoca puntos de conflicto, los cuales generan retenciones que influyen en el resto de la vía. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe por medio de su compilador indica que las intersecciones más

comunes son las intersecciones en Y, T, las múltiples y las rotondas, a continuación, se definirán las que intersecciones típicas. (Bull, 2003, p. 51)

- Intersecciones en T o en Y, estas son canalizaciones que están conformadas por tres ramales, su forma geométrica es como lo indica su nombre.

Figura 3.

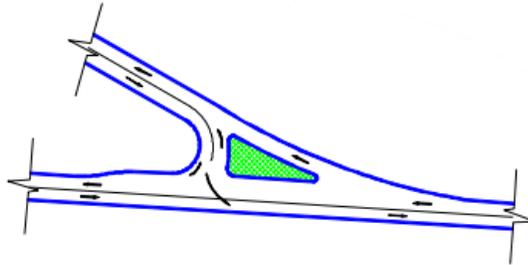
Intersección en T



Nota. Representación gráfica de una intersección en T, con isleta de separación en el ingreso de la vía secundaria. Obtenido de A. Bull. (2003). *Congestión de tránsito, el problema y como enfrentarlo.* (p. 53.) Cepal.

Figura 4.

Intersección en Y

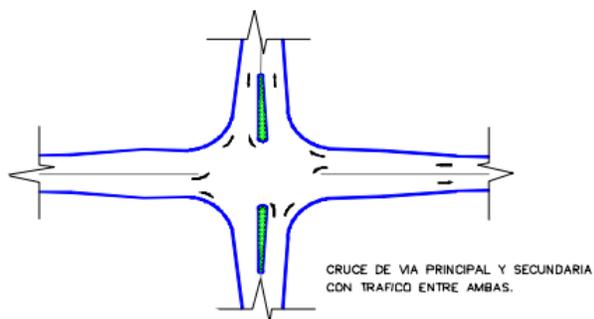


Nota. Representación gráfica de una intersección en Y, con isleta para distribución. Obtenido de A. Bull. (2003). *Congestión de tránsito, el problema y como enfrentarlo.* (p. 53.) Cepal.

- Intersecciones en cruz, son conformadas como su nombre lo indica en forma de cruz y tienen cuatro ramales estas son comunes en ciudades urbanas.

Figura 5.

intersección en cruz

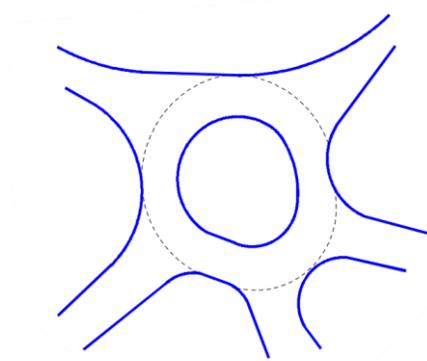


Nota. Representación gráfica de una intersección en cruz, con isletas en sus vías secundarias. Obtenido de A. Bull. (2003). *Congestión de tránsito, el problema y como enfrentarlo.* (p. 55.) Cepal.

- Las rotondas, son componentes horizontales de distribución a nivel, que sirven para empalmar diferentes ramales sobre un anillo circular, elíptico o similar.

Figura 6.

Rotondas



Nota. Representación esquematizada de una rotonda. Obtenido de A. Bull. (2003). *Congestión de tránsito, el problema y como enfrentarlo.* (p. 5.) Cepal.

7.5.4. Retornos

Son elementos que generalmente se utilizan en calzadas de doble carril como un giro a la izquierda para volver en dirección contraria, estos elementos por ser peligrosos normalmente van acompañados de carriles de aceleración y desaceleración, Se debe garantizar lo siguiente (Correa, 2021, p. 100).

En los retornos (tradicionales) se debe garantizar que el vehículo de diseño no haga maniobras forzadas o invasiones de carriles adyacentes. Se

debe hacer un diseño buscando concatenaciones que asimilen la trayectoria del vehículo de diseño, por este motivo el diseño no es un solo radio, sino una secuencia de arcos o espirales que se adecuen a esta trayectoria. Además, se debe garantizar el sobreancho para evitar invasiones del carril o el separador.

7.5.5. Isletas

Son elementos auxiliares pero muy importantes para una buena canalización vehicular, su objetivo principal es guiar los movimientos de los automóviles, evitar conflictos viales, restringir movimientos, favorecer giros predominantes entre otros, también sirven como paso y refugio del peatón además de generar más espacio público y de jardinería, estos deben estar señalizados correctamente para no crear confusión. Correa (2021) da consideraciones generales para el diseño de estos elementos:

- Cuando haya una isleta, el ancho mínimo del carril que genera debe ser 4.50 m El ancho mínimo de las isletas que dividen flujos opuestos es de 2.40 m. Este ancho permite que los peatones crucen de forma segura estos flujos.
- El área mínima para una isleta es de 4.50 m², preferiblemente 7.0 m². (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008).
- La dimensión de las isletas está condicionada por las consideraciones que se vayan a tener para peatones y ciclistas.
- Las narices (los extremos de las isletas) deben tener un ochave de forma tal que sean elementos seguros para los conductores y no elementos

contundentes. Este ochave debe tener un radio mínimo de 0.50 m para las salidas y mínimo de 1.0 m para los ingresos.

- Los extremos de entrada (narices) deben de estar precedidos por marcas gradualmente ensanchadas que adviertan al conductor y lo guíen hacia la trayectoria correcta de circulación.
- El diseño debe ser tal que se adapte a la trayectoria natural de los vehículos y que no constituya un riesgo para los conductores.
- Un buen diseño de una o varias isletas que canalicen el tránsito de manera segura y ordenada en una intersección puede evitar el uso de semáforos.
- El interior de las isletas puede ser de concreto o relleno con tierra. Si se decide plantar es recomendable utilizar arbustos bajos que no obstruyan la visibilidad.
- Los bordillos no remontables deben tener la cara externa vertical o una inclinación de menos de 20 grados con respecto a la vertical de modo que los vehículos no se suban sobre estos.
- Cuando se utilizan estoperoles estos deben de sobresalir de 2.5 a 7 centímetros por encima del nivel de la calzada de modo que si un vehículo entra en la zona demarcada este no resulte averiado ni ocasione la pérdida de control.

- Las isletas deben de estar acompañadas de la suficiente iluminación nocturna de modo que se pueda observar el contorno general de esta y de las trayectorias inmediatas que deben de seguir los vehículos.
- Se recomienda que los bordillos sean pintados en su cara lateral para que puedan ser visualizados.

7.5.6. Carriles de aceleración y desaceleración

La función principal de los carriles de aceleración y desaceleración es poder reducir o aumentar la velocidad para incorporarse a la vía con una velocidad adecuada, estos elementos son funcionales para mantener el flujo de vehículos constante en una vía y evitar retenciones sobre las vías principales también dan seguridad al usuario debido a que evita conflictos por diferencia de velocidades.

SIECA (2011) indica que construir intercambios sin carriles de aceleración y desaceleración es un indicativo claro del fracaso funcional de las soluciones a corto y mediano plazo, por lo que proponen la siguiente tabla para el criterio de construcción de carriles de aceleración y desaceleración:

Tabla 3.

Longitudes mínimas para terminales de entrada de rampas con pendientes del 2 por ciento o menos

Longitud de Aceleración, L_a , en metros Para la Velocidad de Diseño (km/h) de la Curva de Entrada									
Velocidad de Diseño de la Carretera, en km/h	Velocidad de Incorporación a la Carretera, en km/h V_a	0	20	30	40	50	60	70	80
		Velocidad en Inicio de Carril de Aceleración, $V'a$ km/h							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	37	60	50	30	-	-	-	-	-
60	45	95	80	65	45	-	-	-	-
70	53	150	130	110	90	65	-	-	-
80	60	200	180	165	145	115	65	-	-
90	67	260	245	225	205	175	125	35	-
100	74	345	325	305	285	255	205	110	40
110	81	430	410	390	370	340	290	200	125

NOTA: SE RECOMIENDA TRANSICIÓN UNIFORME DE 50:1 A 70:1 SI LA LONGITUD DE ACELERACIÓN EXCEDE 400 m

Nota. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (2011). *Gestión de riesgos y seguridad vial*. (p. 253.) SIECA, PCGIR, CEPREDENAC Alineamiento horizontal.

Tabla 4.

Cuadro de ajustes de la longitud del carril de aceleración en función de la pendiente longitudinal

Velocidad de Diseño de la Carretera KPH	Relación de la Longitud en Pendiente a la Longitud a Nivel para la Velocidad de Diseño de la Curva de la Rampa de Giro de Entrada a la Carretera, en Km/h (Cuadro 6.5)					
	40	50	60	70	80	Todas las Velocidades
+3 a +4 % pendiente			-3 a -4 %			
60	1.3	1.4	1.4	-	-	0.70
70	1.3	1.4	1.4	1.5	-	0.65
80	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	0.65
90	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	0.60
100	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	0.60
110	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	0.60
+5 a +6 % pendiente			-5 a -6 %			
60	1.5	1.5	-	-	-	0.60
70	1.5	1.6	1.7	-	-	0.60
80	1.5	1.7	1.9	1.8	-	0.55
90	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	0.55
100	1.7	1.9	2.2	2.4	2.5	0.50
110	2.0	2.2	2.6	2.8	3.0	0.50

Nota. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (2011). *Gestión de riesgos y seguridad vial*. (p. 25.) SIECA, PCGIR, CEPREDENAC Alineamiento horizontal.

Tabla 5.

Longitudes mínimas desacceleración para las terminales de salida de rampa, con pendiente de 2 % o menos

		Longitud de Desacceleración, L, en metros, para la Velocidad de Diseño de la Curva de Salida, km/h							
Velocidad de Diseño de la Carretera, en km/h	Velocidad de Ruedo de la Carretera, en km/h	0	20	30	40	50	60	70	80
		Velocidad de Ruedo, en km/h							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	47	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	63	110	105	95	85	70	55	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	55	-
90	77	145	140	135	120	110	100	75	60
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	91	180	180	170	160	150	140	120	105

Nota. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (2011). *Gestión de riesgos y seguridad vial*. (p. 25.) SIECA, PCGIR, CEPREDENAC Alineamiento horizontal.

Tabla 6.

Ajuste de la longitud del carril de desacceleración, en función de la pendiente longitudinal

Velocidad de Diseño de la Carretera, KPH	Relación de la Longitud en Pendiente a la Longitud de la Velocidad de Diseño de la Curva de Entrada, en kilómetros por hora	
Todas	+3 a +4 % 0.9	-3 a -4 % 1.2
Todas	+5 a +6 % 0.8	-5 a -6 % 1.35

Nota. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (2011). *Gestión de riesgos y seguridad vial*. (p. 260) SIECA, PCGIR, CEPREDENAC Alineamiento horizontal.

7.5.7. Distancia de visibilidad de parada

SIECA (2011) define la distancia de parada como:

La distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado. (p. 363)

Cal y Cárdenas (2018) define que es la distancia total necesaria para detener un vehículo, depende de la percepción, de reacción y de frenado. Se expresa como:

$$D_p = d_p + d_r + d_f$$

Donde:

D_p = Distancia recorrida durante el tiempo de percepción

D_r = Distancia recorrida durante el periodo de reacción

D_f = Distancia recorrida durante el tiempo de frenado

7.5.8. Intersecciones a desnivel

Estos son los tipos de intersecciones elevadas o subterráneas donde no existen conflictos en el punto de intersección, por lo general el flujo de vehicular no se detiene. Estas son obras costosas pero efectivas, existe gran variedad de

este tipo de intersecciones que se pueden adaptar para solucionar un problema vial como cuellos de botella, congestiones puntuales, reducir demoras, aumentar el nivel de servicio de una carretera.

Aguilar (2005), define el paso a desnivel como un sistema para interconectar dos o mas vias formando por rampas y estructuras que permitan la separacion de dlos diferentes movimientos de tránsito, de manera que los puntos de conflicto desaparezcan o se alejen entre si, tambien menciona los tipos de intersecciones a desnivel tipicos:

- Diamante
- Intersección urbana de un solo punto
- Intersección tipo trompeta
- Tréboles completos
- Trébol parcial

7.6. Seguridad vial

La seguridad vial engloba el estudio de los elementos viales necesarios que ayudan al conductor y al peatón a transitarse de forma segura en la vía, alertándolo sobre eventos o situaciones de peligro o riesgo antes de llegar al punto de conflicto, también sirve como una guía para los usuarios en situaciones adversas, ya sea climáticas, topográficas, estado de la carretera, trabajos de construcción, entre otros.

7.6.1. Señalización

Existen diversos tipos de señalización, estos se dividen esencialmente en dos grandes grupos que son la señalización horizontal y señalización

vertical, la primera se refiere a los elementos colocados sobre la cinta asfáltica horizontalmente los cuales actúan de guía para el conductor, por otra parte, está el grupo de señalización horizontal esto por lo general son señales preventivas, restrictivas, informativas de servicios, entre otros.

- Requisitos

Cal y Cárdenas (2018), contemplan una serie de requisitos fundamentales que debe de cumplir la señalización en general, a continuación, se mencionan:

Satisfacer una necesidad importante para la circulación vial.

- Llamar la atención de los usuarios que transitan por carreteras y calles.
- Transmitir un mensaje claro y conciso al usuario.
- Imponer respeto a los usuarios de las calles y carreteras.
- Estar ubicado en el lugar apropiado con el fin de dar tiempo al usuario para reaccionar en casos de emergencia.

Los dispositivos de control de tránsito deben de cumplir con los requisitos técnicos de forma, color, Dimensiones y reflexión, por lo general el ingeniero de es el encargado de determinar la necesidad de los dispositivos de control en base a los factores de diseño, ubicación, uniformidad y conservación, (Cal y Cárdenas, 2018). La señalización se subdivide en los siguientes grupos.

- Señales preventivas

El objetivo de estas señales es prever al usuario anticipadamente de alguna situación de peligro o riesgo potencial, la señal debe de incentivar al usuario a tomar medidas de precaución y estar alerta para realizar alguna maniobra peligrosa o reducir su velocidad, estas deben ser pintadas de color amarillo para el fondo y negro para el símbolo, con su borde redondeado, serán de forma cuadrada pero se colocaran en diagonal y si fuera necesario colocar una leyenda adicional se instalara un tablero adicional en la parte inferior de elemento con su mayor dimensión en forma horizontal. Deberán señalarse siempre que exista un peligro potencial y que pueda justificar el uso de la misma, entre las justificaciones Cal y Cárdenas (2018) menciona las siguientes:

- Cambio del alineamiento horizontal o vertical.
- Intersecciones próximas.
- Cambio de cantidad de carriles, ya sea que aumente o disminuyan la cantidad de carriles.
- Pendientes pronunciadas
- Proximidad de cruce donde se debe realizar un alto o exista un semáforo
- Paso peatonal, como cruces escolares y cruces de ciclo vías
- Condiciones deficientes en el estado de la carretera, como baches o falla en la estructura.
- Potencial de derrumbe.
- Obras de construcción próximas.

- Señales restrictivas

El objetivo principal de estas señales es expresar en la vía alguna restricción básica del reglamento de tránsito, para su cumplimiento por parte de los usuarios, por lo regular tienden a restringir movimientos, pasos, velocidades estas se subdividen en grupos de derecho de paso de vía, de inspección de velocidad de circulación o dirección, restricciones o prohibiciones, de estacionamiento, por lo que infringir alguna de estas señales conllevará a una sanción de acuerdo a la ley de tránsito vigente.

El color del fondo de las señales restrictivas será blanco en acabado reflejante. El anillo y la franja diagonal en rojo, y el símbolo, letras y filete en negro, excepto las señales de “alto”, “ceda el paso” y “sentido de circulación”. la señal de “alto” llevará fondo rojo con letras y filete en blanco. la señal de “ceda el paso” llevará fondo blanco, con letras en negro y el contorno en rojo. la señal de “sentido de circulación” llevará fondo de color negro y la flecha de color blanco reflejante. El tablero adicional debe tener fondo de color blanco reflejante, con letras y filetes de color negro. El color del reverso del tablero y de la estructura de soporte, debe ser gris mate o acabado galvanizado. La ubicación longitudinal de las señales restrictivas será en el punto mismo donde existe la restricción o prohibición, eliminando cualquier objeto que pudiera obstruir su visibilidad. En sentido lateral las señales se fijarán en uno o dos postes colocados a un lado del acotamiento en carreteras y

sobre la banqueta en calles, a las distancias (Cal y Cárdenas, 2018, p.149).

- Señales informativas

Las señales informativas suelen guiar al usuario, a lo largo de las carreteras urbanas, e informarme sobre la ubicación de las comunidades, ciudades o lugares de interés. Estas señales se clasifican de acuerdo a la información que proporcionan como de identificas, de destino, de recomendación, de información general, de servicios o turísticas.

- Señalización vertical
- Señalización horizontal
- Paradas de buses
- Puentes peatonales
- Utilización de dispositivos para el control del tránsito

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

OBJETIVOS

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO

1.1 Componentes de una vía

1.2 Clasificación de las vías

1.2.1 Partes de una vía

1.2.2 Derecho de vía

1.2.3 Sección típica

1.3 Características del tránsito

1.3.1 Volumen de tránsito

1.3.2 Densidad del tránsito

1.3.3 Factor de hora pico

1.3.4 Volúmenes de promedios diarios

1.3.5 Volumen horario de diseño

1.3.6 Velocidad de operación

1.3.7 Velocidad de diseño

1.3.8 Velocidad promedio del viaje

- 1.3.9 Distribución direccional
- 1.3.10 Composición de la velocidad

2. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

- 2.1 Alineación vertical
 - 2.1.1 Pendiente máxima
 - 2.1.2 alineación horizontal
- 2.2 Intersecciones a nivel
 - 2.2.1 Retornos
 - 2.2.2 Isletas
 - 2.2.3 Carriles auxiliares para aceleración y desaceleración
- 2.3 Distancia de visibilidad de parada
- 2.4 Intersecciones a desnivel

3. SEGURIDAD VIAL

- 3.1 Señalización vertical
- 3.2 Señalización horizontal
- 3.3 Puentes peatonales
- 3.4 Paradas de buses

4. DATOS OBTENIDOS

5. ANÁLISIS DE DATOS OBTENDIOS

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

8. COSTO DE SOLUCIÓN

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA

9. METODOLOGÍA

9.1. Enfoque

El enfoque de la investigación Análisis y Propuesta de Mejoramiento del acceso a la RD-GUA 52, KM 19.2 CA-01 Occidente es de carácter mixto debido a que se utilizarán métodos cuantitativos y cualitativos para el análisis de las variables.

Es cuantitativo porque se realizará la medición y recolección de datos para determinar el origen del problema que existe en el acceso a la carretera RD GUA-52 de los cuales podemos mencionar: aforos vehiculares, velocidades de diseño, replanteo geométrico y cantidad de conflictos viales.

Cualitativo porque se realizará una investigación documental de antecedentes viales, desarrollo del área, tipos de vehículos, inventario y cumplimiento de señalización horizontal y vertical en el tramo.

9.2. Diseño de investigación

La investigación presentada es de carácter no experimental ya que no se utilizarán ensayos de laboratorio debido a que las variables a analizar no las requieren. El procedimiento consiste en recolectar la información en campo por medio de encuestas, mediciones directas y revisión documentación de antecedentes

9.3. Tipo de estudio

El tipo de estudio es Explicativo ya que se pretende cumplir con el objetivo de determinar cuáles son los factores que influyen en la complejidad de la intersección esto con el fin de generar un sentido de entendimiento y poder proponer una solución viable.

El estudio se documentará por medio de aforos vehiculares, replanteo topográfico de la intersección, inventario de señalización horizontal y vertical, velocidad de diseño y revisión de antecedentes, entre otros.

9.4. Alcance

El alcance de esta investigación consiste en determinar cuáles son los factores que influyen en la complejidad del acceso a la RD-GUA-52, cuáles son los efectos del actual acceso, proponer una solución técnica y viable e indicar un costo estimado de dicha solución.

9.5. Variables e indicadores

Con la finalidad de mejorar el ingreso a la ruta RD-GUA 52, se analizarán las variables que nos ayudaran a definir los parámetros que influyen en la problemática del acceso a la RD-GUA 52 y cuáles son los efectos para su entorno.

9.6. Variables independientes

Volúmenes de tránsito en la RD-GUA 52 y Ruta CA-01 ambas rutas en sus dos direcciones.

- Indicadores
 - Conteo o aforo vehicular
 - Intensidad de tránsito
 - Velocidad de diseño
 - Velocidad de operación
 - Velocidad de ruedo

9.7. Variables dependientes

Diseño geométrico de la intersección y retornos en el km 19.2 CA-01 Occidente:

- Indicadores
 - Distancia de visibilidad de parada y decisión
 - Capacidad de maniobra
 - Señalización horizontal y vertical
 - Topografía
 - Controles de tránsito
 - Pendientes topográficas
 - Cantidad de conflictos viales
 - Elementos de complemento al acceso (carriles de incorporación y desaceleración)

Entorno vial en el km 19.2 de la CA-01 occidente:

- Indicadores
 - Crecimiento poblacional
 - Derecho de vía
 - Obstrucciones en el derecho de vía

- Elementos peatonales (pasarelas, aceras, paradas de buses, entre otros)
- Accesos a colonias y comercios en el área

9.8. Fases de la investigación

El proceso para cumplir con los objetivos planteados debe realizarse de la siguiente manera:

- Fase 1: recopilación de información documental como marco teórico y antecedentes. Se realizará una investigación documental en la municipalidad de Mixco con el fin de verificar si cuentan con algún estudio o aforo en ese punto, también se solicitarán los permisos a la DGC y municipalidad. Se realizará una solicitud a la municipalidad de Mixco para tener acceso a las cámaras que están en el punto y poder realizar conteos vehiculares con la ayuda del equipo de vigilancia.
- Fase 2: verificación de contexto en el punto de intersección, comercios, señalización horizontal y vertical, observación de maniobras viales, entrevistas.
- Fase 3: se realizarán aforos vehiculares aforos vehiculares en el punto de intersección, se realizará un replanteo topográfico de la situación actual para verificar espacio para el desarrollo de la solución.
- Fase 4: se realizará la tabulación de datos con la ayuda de paquete de office Excel y se realizará el análisis de información por medio de indicadores comparándolos con las normas actuales.

- Fase 5: se realizará la propuesta de solución técnica para mejorar el acceso de la intersección, se evaluará si es económicamente viable y de no serlo se procederá proponer otra solución técnica hasta encontrar el equilibrio entre lo técnico y viable con el fin de tener la mejor solución.
- Fase 6 se procederá plasmar la propuesta por medio de planos, conclusiones y recomendaciones.

9.9. Plan de muestro

Se analizarán muestras cuantitativas, por medio de mediciones directas las cuales se enfocarán en los usuarios de la carretera RD-GUA 52.

- Conteo y aforo vehicular.
- Se realizará un levantamiento topográfico de lo que es el derecho de vía.
- Se realizará un diagrama de cruce para evidenciar los posibles conflictos.
- Se realizará la toma de muestra de velocidades en intervalos de 15 min, marcando dos puntos y verificando el tiempo que tarda en llegar de un punto al otro.
- Se realizará un ensayo de demora entre dos puntos.
- Se realizará un replanteo visual del contexto vial.

9.10. Resultados esperados

Conocer las causas y consecuencias que genera la intersección, definir los parámetros que influyen y brindar una propuesta técnicamente viable para mejorar el acceso a la RD-GUA 52, que cumpla con las normativas actuales,

que sea segura para los automovilistas y peatones, además que ayude a mejorar la transpirabilidad sobre la ruta CA-01.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para el análisis de datos recopilados se utilizarán métodos estadísticos descriptivos aplicados a la ingeniería vial para determinar las características del tránsito, estos se presentarán por medio de tablas y gráficos que ayuden a comprender de forma analítica los datos recabados.

- Técnicas de recopilación de datos

Para la recopilación de datos se utilizarán las siguientes herramientas.

- Observaciones: consiste en visitas de campo para observar la manera en que los vehículos realizan las maniobras para integrarse a las diferentes trayectorias, también se observara por medio de cámaras existentes en el punto. Se utilizarán el formato propio para recopilar la información.
- Encuestas físicas: se realizará para el conteo vehicular, se utilizarán los formatos de caminos, así como formatos propios, se realizará por medio de aforistas capacitados para una toma de datos acertadas, se realizará una encuesta de origen destino. La información recolectada será tabulada para posteriormente ser analizada.
- Aforo de velocidades: se realizará el aforo de velocidades por medio del método de placas, con formato propio se tomarán diferentes muestras en diferentes horarios.

- Encuestas electrónicas: se realizarán encuestas de origen destino, esto se realizará a través de formularios electrónicos, a la población beneficiada, con la intención de conocer a donde se dirigen, el horario en que realizan su viaje, que cantidad de personas se moviliza por automóvil, tiempo promedio de viaje, además de conocer la percepción de las personas al momento de hacer uso de la carretera en estudio.
- Recopilación de antecedentes: consulta y recopilación de datos históricos como crecimiento, accidentes, mejoras, entre otros.
- Técnicas de análisis de información

Para el análisis de la información el primer paso a realizar es el ordenamiento de datos, esto se realizará con la ayuda del paquete computacional de Excel, ordenándolo en tablas dinámicas con el fin de poder filtrar la información en función de los diferentes parámetros, se realizarán tablas de resumen de datos, para manipular los datos más fácilmente.

Para describir las características del tránsito se utilizará la estadística descriptiva donde se dará a conocer velocidades promedio, tránsito promedio diario anual, velocidad de resistencia, TPDA, TDPS, flujo vehicular, entre otros. para realizar este análisis se utilizarán medidas de centralización y medias de dispersión.

Las características del tránsito se representarán de forma gráfica para la comodidad de su análisis.

- Diagrama de barras: gráfico de la representación de distribuciones de frecuencia. Con esta herramienta se analizarán los datos obtenidos de las encuestas.
 - Diagrama de arco: gráfico que se utilizará analizar la información de estudio de destinos.
 - Gráfico de densidad: gráfico que se utilizará para representar la densidad de tránsito, así como las horas punta de tránsito.
 - Gráfico circular: grafico se utilizará para analizar y comparar información obtenida sobre ejecución, ejemplo: cantidad de reportes proactivos abiertos comparados con la cantidad de reportes proactivos cerrados.
- Técnicas cualitativas
 - Investigación documental: obtención de información teórica para ser utilizada como fuente de consulta y aplicación para el desarrollo de la investigación. se consultarán temas relacionados a la congestión vial, impacto vial, estudio de tránsito, diseño vial, características del tránsito, entre otros.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Esta investigación es factible, debido a que se cuentan con los recursos económicos y físicos para ejecutar cada fase indicada.

- Recursos necesarios

En esta investigación será necesario los siguientes recursos para llevar a cabo cada fase de la metodología.

Recurso Humano: se necesitarán 4 personas encargadas de realizar aforos en las ubicaciones seleccionadas.

- Materiales:

- Mobiliario: toldo para colocar la estación de aforo, conos anaranjados de precaución, sillas plásticas para tomar descansos e ir rotándose, oasis de agua pura.
- Librería: se necesitarán lapiceros, tablas para anotar con pisa papel, hojas de formatos propios.
- Equipo de seguridad: chaleco reflectivo, casco, lentes de seguridad.
- Identificación: se proporcionará un gafete a cada integrante del equipo.

- Tecnológicos: celular para la grabación y registro fotográfico, radios para la comunicación entre el personal del equipo, facilitara internet en los celulares de los auxiliares.
- Equipo: se rentará un equipo de topografía para realizar el replanteo de la zona.

Los recursos financieros para realizar la investigación será un aporte del ingeniero investigados y se presenta a continuación.

Tabla 8.

Presupuesto necesario

No.	Recurso	Descripción	Costo	Porcentaje
1	Humano	Tiempo de investigador	Q15,000.00	30.81%
2	Humano	Auxiliares de campo	Q 4,000.00	8.22%
3	Humano	Digitador de información	Q 1,200.00	2.46%
4	Humano	Asesor	Q 2,700.00	5.55%
5	Material	Papelería	Q 300.00	0.62%
6	Transporte	Combustible	Q 1,200.00	2.46%
7	Transporte	depreciación de vehículo	Q 1,500.00	3.08%
8	Alimentación	Alimentación	Q 1,500.00	3.08%
9	Tecnológico	Internet	Q 1,500.00	3.08%
10	Mobiliario	Toldo	Q 1,250.00	2.57%
11	Equipo	Radios transmisor	Q 1,400.00	2.88%
12	Equipo	celular	Q 1,800.00	3.70%
13	Equipo	Alquiler de equipo de topografia	Q12,000.00	24.65%
14	Varios	Imprevistos	Q 3,335.00	6.85%
		total	Q48,685.00	100.00%

Nota. Descripción del presupuesto utilizado para la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

REFERENCIAS

- Agudelo, J. (2002). *Diseño Geométrico de Las Vías*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital https://www.academia.edu/17226201/Dise%C3%B1o_Geom%C3%A9trico_de_V%C3%ADas_John_Jairo_Agudelo
- Aguilar, L. (2005). *Criterios de ingeniería de Tránsito para el diseño de la intersección del bulevar a la colonia Lourdes y la Calzada La Paz*. [Tesis de grado, Universidad San Carlos de Guatemala]. Archivo digital https://www.academia.edu/760510/Universidad_de_San_Carlos_de_Guatemala_Facultad_de_Ingenier%C3%ADa_Escuela_de_Postgrado
- Anleu, J. (2015). Estudio de tránsito del Periférico, iniciando en la zona 7 y finalizando en la zona 8 de la ciudad de Quetzaltenango, Quetzaltenango. [Tesis de Maestría, Universidad San Carlos de Guatemala]. Archivo digital <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5522/1/Julianne%20Mcdamara%20Anleu%20Hern%C3%A1ndez.pdf>
- Bull, A. (2003). *Congestión de tránsito el problema de cómo enfrentarlo*. Cepal.
- Cal, R. y Cardenas, M. (2018). *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega Grupo Editor S.A.

Casa del Gobierno. (1942). *Reglamento sobre el derecho de vía de los caminos públicos y su relación con los predios que atraviesan*. CAMINOS. <https://www.caminos.gob.gt/Descargas/Reglamentos/Reglamento%20de%20Derecho%20Via.pdf>

Correa, E., Forero J. A. y Martínez P. (2015). *Estudio de tránsito y diseño geométrico para la intersección de la calle 26 con carrera 40, como alternativa de trompeta deprimida con todos los movimientos*. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Archivo digital <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3740/ForeroSastreJohnAlfredo2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Correa, M. (2021). *Manual de diseño de vías URBANAS*. [Tesis de grado, Universidad EAFIT]. Archivo digital <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/29835>

Instituto Nacional de Estadística. (2018). *CENSO 2018*. INE. <https://www.censopoblacion.gt/>

Leiva, J. (2003). *Análisis de accidentes viales aplicando la ingeniería de tránsito*. [Tesis de grado, Universidad San Carlos de Guatemala]. Archivo digital http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2324_C.pdf

Manual Centro Americano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (2011). *Gestión de Riesgos y Seguridad Vial*. SIECA, PCGIR, CEPREDENAC.

Mollinedo, F. (6 de junio de 2016). *Historia de Mixco*. <https://guatehistoria.com/historia-de-mixco/>

Sánchez, G. (26 de noviembre 2016). *En cuatro rutas ocurre el 87% de accidentes.* Prensa Libre.

<https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/en-cuatro-rutas-ocurre-el-87-de-accidentes/>

SEGEPLAN. (2018). *Plan de Desarrollo Municipal con enfoque Territorial, Mixco 2017-2032.* <https://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/planes-2018-2019-departamento-de-guatemala/file/1300-plan-de-desarrollo-municipal-con-enfoque-territorial-mixco-2032?tmpl=component>

SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras.* Caecid.

<https://intercoonecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Manual%20Centroamericano%20de%20normas%20para%20el%20dise%C3%B1o%20geometrico%20de%20carreteras%202011.pdf>

Thomson, I. y Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista de la Cepal*, 109-121.

