



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

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO DEL CONFLICTO VEHICULAR Y ADAPTACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE
LA INTERSECCIÓN EN EL KILÓMETRO 132 EN LA CA-14 Y RN-17, CUMBRE DE SANTA
ELENA EN EL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**

Luis Yovany Cuellar Raymundo

Asesorado por MSc. Julianne Mcdamara Anleu Hernández

Guatemala, mayo de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DEL CONFLICTO VEHICULAR Y ADAPTACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE
LA INTERSECCIÓN EN EL KILÓMETRO 132 EN LA CA-14 Y RN-17, CUMBRE DE SANTA
ELENA EN EL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA DIRECCIÓN DE LA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POR

LUIS YOVANY CUELLAR RAYMUNDO

ASESORADO POR MSC. JULIANNE MCDAMARA ANLEU HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERÍA CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2024

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	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

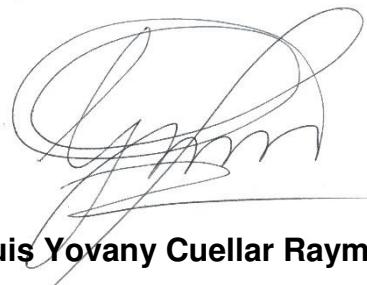
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. José Estuardo Galindo Escobar
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADORA	Inga. Karla Giovanna Peréz Loarca
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO DEL CONFLICTO VEHICULAR Y ADAPTACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN EN EL KILÓMETRO 132 EN LA CA-14 Y RN-17, CUMBRE DE SANTA ELENA EN EL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 22 de abril del 2024.



Luis Yovany Cuellar Raymundo



EEPFI-PP-0816-2024

Guatemala, 24 de abril de 2024

Director

Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingenieria Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

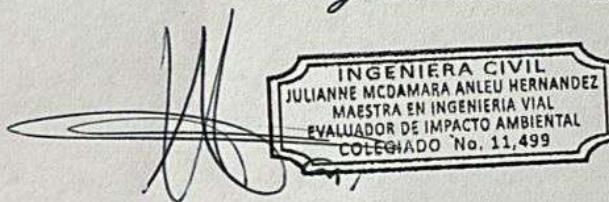
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **ESTUDIO DEL CONFLICTO VEHICULAR Y ADAPTACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN EN EL KILÓMETRO 132 EN LA CA 14 Y RN 17, CUMBRE DE SANTA ELENA EN EL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**, 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 **Luis Yovany Cuellar Raymundo** carné número **201708058**, 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 Ingenieria Vial.

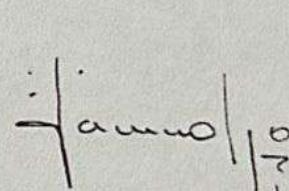
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para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

Atentamente,

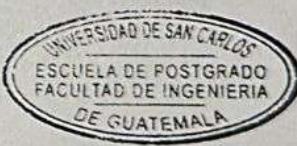
"Id y Enséñad a Todos"



Mtra. Julianne McDamara Anleu Hernández
Asesor(a)



Mtro. Armando Fuentes Roca
Coordinador(a) de Maestría



Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual

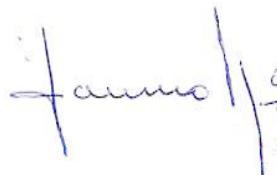




EEP.EIC.0816.2024

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: **ESTUDIO DEL CONFLICTO VEHICULAR Y ADAPTACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN EN EL KILOMÉTRO 132 EN LA CA 14 Y RN 17, CUMBRE DE SANTA ELENA EN EL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario **Luis Yovany Cuellar Raymundo**, 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, abril de 2024



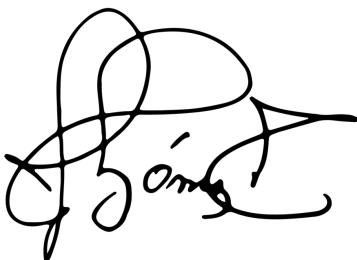
Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.248.2024

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: **ESTUDIO DEL CONFLICTO VEHICULAR Y ADAPTACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN EN EL KILÓMETRO 132 EN LA CA-14 Y RN-17, CUMBRE DE SANTA ELENA EN EL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**, presentado por: **Luis Yovany Cuellar Raymundo** 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: Informe final PREGRADOPOSTGRADO
Fecha: 05/06/2024 16:01:14
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, junio de 2024

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: 2024 Correlativo: 248 CUI: 3149478761501

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos (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 acompañarme en todo momento, darme sabiduría en las decisiones que he tomado, por proveer lo que he necesitado.

Mis padres

Ramiro Yovany Cuellar y Maria Luisa Raymundo, por haberme otorgado la vida y apoyarme incondicionalmente.

Mi hermana

Maria Alejandra Cuellar Raymundo por apoyarme cada vez que la he necesitado.

Mis abuelos paternos

Elido Cuellar y Rigoberta Mayén, por su apoyo emocional cuando las cosas van mal, siempre estar a mi lado cuando los necesito.

Mis abuelos maternos

Luis Raymundo (q. e. p. d.) y Maria Hortencia Urbina (q. e. p. d.). Por su apoyo emocional, acompañamiento y estar pendiente de mí mientras pudieron.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por darme la oportunidad de crecer académica y socialmente, por brindarme los conocimientos necesarios para desenvolverme en el campo profesional.
- Mis padres** Por su apoyo incondicional durante toda mi carrera académica, por brindarme los recursos necesarios para que me pueda desenvolver como una mejor persona, por estar presentes en todos los eventos de importancia personal.
- Mi familia** Por estar conmigo en los momentos más difíciles, por su apoyo emocional y sentimental cuando las cosas se ponen difíciles.
- Mis amigos** Por apoyarme emocional y mentalmente durante mi carrera, amigos que siempre estuvieron a mi lado para poder apoyarme y hacer que mi estancia en la universidad fuera agradable. Mis amigos laborales, que me apoyaron para poder desarrollarme como un mejor profesional.
- Mi asesora** Inga. Julianne Anleu por brindarme sus conocimientos profesionales y personales durante la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
INTRODUCCIÓN.....	VII
1. ANTECEDENTES	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1. Descripción del problema	3
2.2. Causales del problema	3
2.3. Pregunta principal.....	4
2.4. Preguntas secundarias	4
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. OBJETIVOS.....	7
4.1. General.....	7
4.2. Específicos	7
5. ALCANCES.....	9
6. MARCO TEÓRICO.....	11
6.1. Ingeniería Vial.....	11
6.1.1. Alcances y objetivos de la ingeniería vial	11
6.2. Reseña histórica de la CA-14	12
6.3. Conflicto vehicular	13
6.4. Características del tránsito	15

6.4.1.	El usuario	15
6.4.2.	El camino.....	17
6.5.	Clasificación vehicular.....	17
6.6.	Estudio de tránsito	21
6.6.1.	Estudio de velocidad	22
6.7.	Estudio de origen y destino	25
6.7.1.	Método de encuestas domiciliarias	25
6.7.2.	Método de ascenso y descenso de pasajeros en una ruta de transporte público.	27
6.8.	Diagramas de conflictos	27
6.9.	Estaciones de control para estudio de tránsito	28
6.9.1.	Tipos de estaciones de control para estudio de tránsito	29
6.10.	Aforo vehicular	30
6.10.1.	Tipos de aforos vehiculares	31
6.11.	Volúmenes de tránsito.....	32
6.11.1.	Volúmenes de tránsito absolutos o totales	33
6.11.2.	Volúmenes de tránsito horarios (VH)	34
6.12.	Capacidad y niveles de servicio	35
6.13.	Estudios topográficos	37
6.13.1.	Levantamiento de áreas	38
6.13.2.	Levantamiento de perfiles topográficos	38
6.13.3.	Estudios topográficos en carreteras	38
6.14.	Intersección.....	39
6.14.1.	Clasificación y tipos de intersecciones.....	39
6.14.2.	Selección del diseño de la intersección	44
6.15.	Derecho de vía.....	46
6.16.	Señalización de las intersecciones.....	47

7.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	54
8.	METODOLOGÍA	57
8.1.	Unidades de análisis.....	58
8.2.	Fases.....	58
9.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	61
10.	CRONOGRAMA.....	63
11.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	65
11.1.	Recursos físicos	65
11.2.	Recursos tecnológicos.....	65
11.3.	Recursos humanos.....	66
	REFERENCIAS	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Construcción de carretera CA-14 en Cumbre Santa Elena	13
Figura 2.	Gráfica piramidal de la clasificación de los conflictos vehiculares.....	14
Figura 3.	Clasificación vehicular	20
Figura 4.	Pistola radar para la toma de velocidades en ruta	24
Figura 5.	Diagrama de conflictos	28
Figura 6.	Variedad de intersecciones convencionales a nivel	41
Figura 7.	Características básicas de una intersección tipo glorieta o rotonda	44
Figura 8.	Tipos de intersección para diferentes volúmenes de tránsito	46
Figura 9.	Señales de reglamentación más comunes.....	49
Figura 10.	Señales de prevención más comunes	50
Figura 11.	Señales informativas más comunes	51
Figura 12.	Dispositivos de señalización turística y de servicios.....	52

TABLAS

Tabla 1.	Abreviaciones y definición de vehículos.....	19
Tabla 2.	Niveles de servicio en una carretera de dos carriles	36
Tabla 3.	Cronograma de actividades	63
Tabla 4.	Recursos físicos necesarios para la investigación	65
Tabla 5.	Recursos tecnológicos necesarios para la investigación.....	66
Tabla 6.	Recursos humanos necesarios para la investigación.....	66

Tabla 7. Resumen financiero para realizar la investigación 67

INTRODUCCIÓN

La necesidad de transportar objetos o personas por medio de calles y carreteras ha crecido de manera exponencial en los últimos años, sin embargo, se ha prestado atención al mantenimiento estructural de las carreteras, pero se ha olvidado en gran medida el estado operacional.

El tránsito tiene varias características que dependen tanto de los vehículos como de los usuarios, características como la velocidad, el volumen, tiempos de recorrido y demoras, la capacidad de las calles y carreteras, al conocer estas características se pueden analizar puntos de conflicto en la carretera para proponer soluciones como señalizaciones, pasos a desnivel, intersecciones canalizadas, terminales, entre otras.

Es evidente que en Guatemala muchas veces no se realizan estos estudios para determinar estas características, por lo que las soluciones que se proponen no son la mejor opción o ya se encuentran descontinuadas, por lo que se busca analizar un punto de conflicto.

El punto de conflicto seleccionado para esta investigación se encuentra en el km 132, en la intersección de la CA-14 y RN-17, en el municipio de San Jerónimo, del departamento de Baja Verapaz.

Este punto es de mucha importancia para los departamentos de Alta y Baja Verapaz, pues es el punto crítico para la economía de los departamentos. La mercadería, tanto de artesanías, como de productos agrícolas de estos municipios dependen de esta ruta para poder llevarlos a la ciudad capital,

además, es importante resaltar que es la ruta principal por donde ambos departamentos se unen.

Para el presente trabajo de investigación se necesitan implementar herramientas que nos permitan ayudar a mitigar el conflicto vehicular de la intersección, beneficiando a los usuarios que transitan en la vía, por lo que se incluye en el capítulo uno, un marco teórico de la ingeniería de tránsito y vialidad.

En el capítulo dos del índice propuesto se desarrollará todo el trabajo de campo, que incluye un aforo vehicular, estudio de velocidades, diagrama de flujos y estudio origen y destino. Para poder determinar el estado actual de la ruta.

En el capítulo tres, se prosigue a efectuar la tabulación de datos, los cuales se representarán con la ayuda de tablas, diagramas de barra, gráficas circulares, entre otros. Para poder visualizar, los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación.

En el cuarto capítulo, luego de haber realizado la tabulación de los resultados se efectúa el análisis de los mismos y la proyección, posteriormente se discuten los resultados obtenidos con base a la literatura descrita en el marco teórico.

En el capítulo cinco se plantearán soluciones a corto, mediano y largo plazo, proponiendo medidas que mejoren la movilidad, seguridad vehicular y peatonal, finalizando con conclusiones y recomendaciones de la ruta en estudio.

1. ANTECEDENTES

La red vial en Guatemala se encuentra en un estado deteriorado, tal es el caso de la CA-14 a la altura del kilómetro 132, en donde se encuentra la intersección con la RN-17 en la que años anteriores se han realizado trabajos de mantenimiento físico, pero nunca se ha realizado un mantenimiento operacional para conocer el funcionamiento actual de la carretera.

El municipio de San Jerónimo es el más pequeño del departamento de Baja Verapaz, con 464 kilómetros cuadrados. Este municipio colinda al norte con la cabecera departamental de Salamá, Baja Verapaz, al este con San Agustín Acasaguastlán y Morazán, El Progreso, al Sur con Morazán y Salamá, y al oeste con Salamá. Su clima principalmente es templado (Herrera, 2004).

San Jerónimo es conocido debido a ser una de las primeras plantaciones azucareras de la región, en el año de 1601 se estableció el primer ingenio azucarero, la hacienda azucarera fue una de las principales productoras de azúcar para el Reino Español en América Central, después de la Independencia de Centroamérica y la expulsión de los frailes dominicos la hacienda ya no presentó la disciplina de producción por lo que empezó a decaer (Oliva, 2021).

No fue hasta 1964 que dio inicio la construcción de la carretera CA-14 que es conocida como Ruta a la Verapaces. Su construcción fue de vital importancia para los departamentos de Baja y Alta Verapaz, pues es la principal vía de comercio y transporte (Cabrerá, 2016).

En el kilómetro 132 de la CA-14 se encuentra la intersección conocida como La Cumbre de Santa Elena que conduce a la cabecera municipal de Salamá, sobre la ruta la RN-17, la cual dio inicio su construcción inmediatamente después de finalizada la CA-14.

Esta intersección es de mucha importancia para el municipio como para el departamento de Baja y Alta Verapaz, pues es una fuente de ingresos debido a los turistas que se abastecen en la zona, sin embargo, en los últimos años ha disminuido esta producción.

En el mismo punto se encuentra un portal del Instituto Guatemalteco de Turismo, pero el mismo fue abandonado por INGUAT (Grave, 2013).

En dicha intersección ha aumentado el índice de accidentabilidad debido a la poca visibilidad que se tiene por los vehículos de carga y pasajeros que circulan y se detienen en la intersección, para su inspección o para abastecerse de insumos, lo que provoca accidentes en el área.

El municipio de San Jerónimo cuenta con su propio Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial PDM-OT, en el cual se recalca que las carreteras en mal estado son un impedimento que limita el desarrollo del crecimiento municipal (Consejo Municipal de San Jerónimo, Baja Verapaz, 2018).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

El problema incurre en la poca visibilidad que se tiene en la intersección, así como a la geometría existente de la vía. Se suma a esto un punto de registro del CONAP el cual obliga a los camiones madereros a detenerse a revisión el cual bloquea el paso y la visibilidad.

2.2. Causales del problema

La intersección a analizar se encuentra en la ruta principal de ambos departamentos, por lo que la afluencia vehicular es alta y variada, al ser variada provoca que los vehículos pesados que transitan en la región utilicen espacios para parqueo, espacios que no fueron previstos para esa función, esto a su vez provoca que los demás vehículos no tengan la visibilidad adecuada de la carretera, provocando accidentes.

Debido al diseño geométrico de la carretera la visibilidad en la intersección es bastante complicada, en especial la vía que se dirige hacia Salamá, debido a los giros a la izquierda que presenta, como se puede denotar en la ilustración dos y tres, la afluencia de camiones madereros, como camiones que se dedican al abastecimiento de bienes y servicios a ambos municipios se detienen en la intersección provocando puntos ciegos para la visibilidad de otros pilotos.

Los camiones que paran a comprar alimentos o por revisión de CONAP, en el caso de los camiones madereros, tardan más de 45 minutos detenidos en

la intersección por lo que se puede apreciar hasta 3 camiones en fila esperando para retirarse del lugar.

La señalización en la intersección es limitada, pues podemos encontrar algunas señales verticales, pero la señalización horizontal es nula, por lo que en horarios nocturnos es una tarea difícil para el conductor saber en dónde continúa la carretera.

A pesar de ser un lugar lluvioso no se cuenta con el sistema de drenajes adecuados, tanto longitudinal como transversal, lo que en días lluviosos se mantiene agua en la cinta asfáltica provocando que los vehículos pierdan fricción al suelo y provocando accidentes.

2.3. Pregunta principal

¿Cuáles son las condiciones de la vialidad en el km 132 de la intersección CA-14 y RN 17 que generan congestionamiento vial?

2.4. Preguntas secundarias

- ¿Cuáles son las directrices actuales que afectan el flujo vehicular en la intersección?
- ¿Qué alternativas técnicas se proponen para mejorar la movilidad vehicular en el punto de conflicto?
- ¿Cuál es la propuesta vial que puede mejorar la fluidez del tránsito y reducir el congestionamiento existente?

3. JUSTIFICACIÓN

La carretera CA-14, es la carretera principal para los departamentos de Alta y Baja Verapaz, en ella transitan los principales bienes de las personas de los municipios lo que da movimiento a la economía de la región, beneficiando de esta manera a más de 1.5 millones de personas.

Actualmente la carretera ha demostrado un índice de accidentabilidad más alto que en los años anteriores, los vecinos se han quejado de los vehículos pesados que se detienen a altas horas de la noche en lugares indebidos cerrando la visibilidad de los demás pilotos.

Los pilotos han comentado en múltiples ocasiones que tienen el problema de la visibilidad restringida en los giros para cambiar de carreteras, en especial para continuar hacia Baja Verapaz, mientras la afluencia vehicular va aumentando en el día se crean largas colas de vehículos en la intersección.

En horario nocturno existen más posibilidades de accidentabilidad debido a la nula señalización horizontal que se tiene en el lugar, además, la señalización vertical que se tiene es señalización de información, no se cuenta con señalización preventiva.

En el lugar no se cuenta con pasarelas para los peatones, por lo que cruzarse es un problema para el peatón, especialmente cuando no se puede observar de manera clara para ambos lados de la vía, creando problemas de percepción de los peatones y pilotos.

En la zona transitan buses tanto de Alta Verapaz como de Baja Verapaz, sin embargo, no se cuenta con estaciones de buses para que los peatones puedan abordar sin complicaciones, por lo que los buses se detienen en donde encuentran espacio sin importar los vehículos que se estén aproximando a la zona.

4. OBJETIVOS

4.1. General

Analizar las condiciones actuales que afectan el flujo vehicular, a fin de determinar una propuesta de solución para mejorar el flujo vehicular en el km 132, en la intersección de las rutas CA-14 y RN-17.

4.2. Específicos

1. Determinar las condiciones de circulación que afectan el flujo vehicular en la intersección CA-14 y RN-17
2. Evaluar alternativas que mejoren las condiciones de circulación vehicular.
3. Desarrollar una propuesta de solución vial que podrían implementarse para mejorar la movilidad en el lugar.

5. ALCANCES

La investigación se basa en el análisis de la intersección en la CA-14, Cumbre de Santa Elena con la carretera RN-17, en la cual posee niveles de congestionamiento críticos que han suscitado varios accidentes, por lo que se analizará el comportamiento vehicular en ese sector. En este sentido, se realizarán aforos vehiculares y estudio de flujos vehiculares para saber el tipo de desplazamiento del usuario.

Se busca proponer una solución geométrica que satisfaga las necesidades vehiculares en la zona, beneficiando de manera directa a más de 1.5 millones de usuarios en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, en especial a los vecinos de la comunidad de Cumbre Santa Elena.

Se realizará el diseño de la señalización del lugar, buscando proteger la seguridad del peatón, por lo que se propondrá el diseño tanto vertical como horizontal, además, se propondrá la posición estratégica de pasarelas, paradas de bus y áreas de parqueo para los transportistas de la zona.

La implementación de esta solución geométrica ayudaría de manera directa a los pobladores de la comunidad de Cumbre Santa Elena, jurisdicción del Municipio de San Jerónimo, como a los pobladores de los departamentos de Alta Verapaz y Baja Verapaz, además, beneficiará de manera indirecta a los pobladores de los departamentos del área norte del país, por lo que se estudiará el beneficio e impacto que esta solución tenga sobre la población de la comunidad de Cumbre Santa Elena, especialmente en el área de turismo.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Ingeniería Vial

La ingeniería vial se encarga de gestionar el desarrollo de una carretera en todas sus fases, tanto fases constructivas como cuando la carretera se encuentra en servicio, por lo cual definirá los requerimientos de mantenimiento y uso, estará atenta a la exigencia de la seguridad vial de los usuarios que en ella transiten (Nogueira, 2017).

6.1.1. Alcances y objetivos de la ingeniería vial

El estilo de vida de los habitantes de una ciudad está afectado de manera directa por las actividades de un ingeniero vial, tanto como urbanismo, plan de ordenamiento territorial, intersecciones, señalización y otros dispositivos, la correcta operación de los sistemas de transporte.

Los principales objetivos de la ingeniería vial es construir vías de comunicación para poder transportar bienes y personas con el fin del crecimiento económico, para lograr esta meta es necesario cumplir con ciertos objetivos que la ingeniería vial se ha propuesto (Guzmán, 2015).

Es necesario que el ingeniero vial diseñe vías que sean para óptimas en el flujo de tránsito en las redes arteriales y autopistas, sean seguras para poder transportar los bienes y servicios sin ponerlos en riesgo, además el ingeniero vial debe coordinar las operaciones de los organismos de tráfico/transito, proporcional la señalización a las carreteras para que los circulan en ellas tengan

información precisa y oportuna, gestionar los trabajos de mantenimiento y construcción (Permanent International Association of Road Congresses, 2016).

6.2. Reseña histórica de la CA-14

En el siglo XVI se inició la construcción del primer ingenio azucarero en Centroamérica, el ingenio se construyó en el municipio de San Jerónimo del departamento de Baja Verapaz, además de azúcar producían vino, aguardiente y otros productos que eran exportados a la Capitanía General del reino español (Tax, 2001).

El principal medio de transporte de esta época fue el ganado bovino y equino, el cual era el encargado de transportar las grandes cantidades de azúcar, vinos y aguardiente por medio de caminos de herradura y veredas, en el que aún es conocido como el antiguo camino a Santa Bárbara.

La carretera CA-14 también conocida como ruta a las Verapaces, es una carretera pavimentada con pavimento flexible que inició su construcción en el año de 1964, la carretera inicia en el kilómetro 86 de la carretera CA-9 oriente en El Rancho de la Ruta al Atlántico. La CA-14 constituye una longitud de 128 kilómetros y tiene un ramal hacia Salamá.

En el kilómetro 132 de la CA-9 se encuentra la conocida cumbre de Santa Elena, gracias a la nueva carretera, aumentaron los negocios debido a que los viajeros se detenían para comprar alimentos, abastecerse de combustible (Grave, 2013).

Figura 1.

Construcción de carretera CA-14 en Cumbre Santa Elena



Nota. En la fotografía se puede observar el proceso constructivo de la CA-14 en el km 132, 1964. Obtenida de Prensa Libre. (2013). *La Cumbre pierde atractivo.* (<https://www.prenslibre.com/ciudades/alta-verapaz/cumbre-pierde-atractivo-0-981501876/>), consultado el 16 de marzo de 2024. De dominio público.

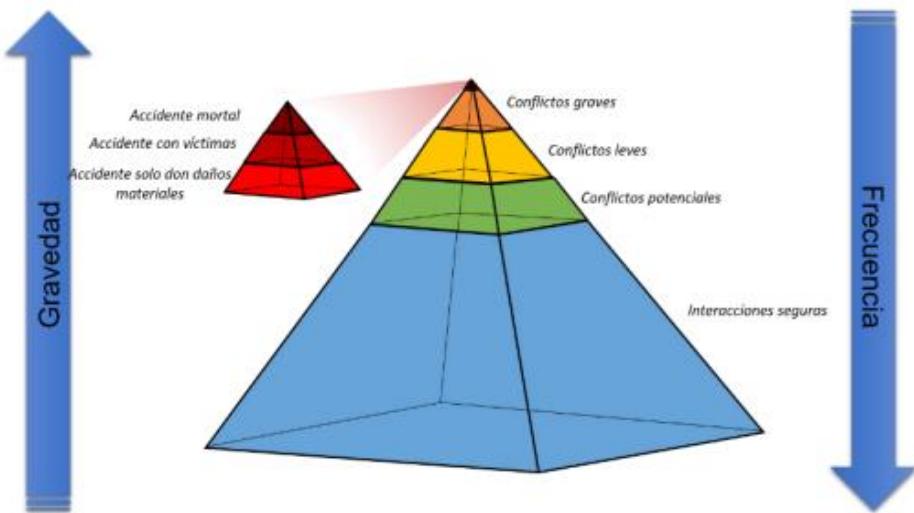
6.3. Conflicto vehicular

Un conflicto vehicular es una situación en donde dos o más usuarios de la carretera se aproximan entre sí creando un riesgo de colisión en sus movimientos. Los conflictos vehiculares pueden clasificarse según su gravedad, en caso de un hipotético accidente, según los usuarios involucrados, entre otros (Pérez, Camacho, y López, s.f.).

Es importante evitar los conflictos vehiculares con el fin de salvaguardar las vidas, para lograr evitarlos es importante contar con un diseño de carreteras adecuado que brinde seguridad a los usuarios de la carretera (Pérez, Camacho, y López, s.f.).

Figura 2.

Gráfica piramidal de la clasificación de los conflictos vehiculares



Nota. En la imagen se observa los niveles de conflictos vehiculares. Obtenido de Universitat Politècnica de València. (s.f.). *Conflictos vehiculares.* (<https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/122617/P%C3%A9rez%3BCamacho%3BL%C3%B3pez%20-%20Conflictode%20Tr%C3%A1fico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>), consultado el 18 de mayo de 2024. De dominio público.

Como se puede observar en la figura 2, los accidentes aumentan en la pirámide según su gravedad, pero disminuye su frecuencia, por lo que son menos probables.

En las intersecciones se pueden presentar conflictos vehiculares dependiendo el tipo de giros que se presenten, este tipo de conflicto se conoce también como maniobras de cruce.

Las maniobras de cruce son altamente peligrosas, pues en la ruta principal comúnmente los vehículos van a más altas velocidades, principalmente el cruce a la izquierda puede provocar una colisión en los laterales del vehículo.

6.4. Características del tránsito

La relación de ciertas características que interactúan entre sí forma el tránsito, este puede definirse como el movimiento de circulación que generan los usuarios para trasladarse en la vía pública.

6.4.1. El usuario

El usuario en una carretera es quien hace uso de la carretera, puede ser un peatón o conductor. Al ser una de las características más importantes en el flujo vehicular, siempre se deberá tomar en cuenta las habilidades, el comportamiento y las limitaciones que éste presente.

- El peatón

El peatón es el usuario más vulnerable en la carretera, se encuentra en riesgo de un sinnúmero de peligros, siendo de vital importancia la protección de estos, típicamente se presentan tres métodos para proteger al peatón.

- Métodos técnicos

Son métodos que se construyen desde el diseño de la carretera buscando proteger al peatón, como lo son las banquetas, los cruces peatonales, isletas de seguridad, iluminación, señalización entre otras.

- Métodos educacionales

Son métodos que se usan para concientizar y enseñar al peatón acerca de las normas de seguridad y buscan ser claros y objetivos, como el radio, la prensa, la televisión, folletos, entre otras.

- Métodos correctivos

Son métodos que buscan corregir al peatón para crear conciencia en los demás usuarios, como normas, reglamentos y leyes.

- El conductor

El conductor es el que tiene la responsabilidad de las decisiones del vehículo, bajo las condiciones que presente la carretera de circulación. Las decisiones del conductor están relacionadas a sus capacidades físicas naturales, como la percepción, la reacción, factores psicológicos entre otros.

Además, el conductor tiene dos limitaciones principales: la visión y la reacción, por lo que ambas limitaciones deben ser tomadas en cuenta en el diseño geométrico de cualquier carretera.

La visión de los sentidos del hombre es de los más importantes en el acto de conducción, pues es como el hombre percibe cómo se comporta el entorno alrededor de él, los principales factores de la visión para el conductor son; la agudeza visual, la visión periférica, la recuperación al deslumbramiento y la profundidad de la percepción.

- El vehículo

El vehículo es el principal elemento que se debe considerar al diseñar las vías y servicios en la carretera. Una carretera tiene el objeto de permitir la circulación eficiente de los vehículos (González, 2001).

6.4.2. El camino

El camino es la superficie de rodamiento estructuralmente construida con materiales seleccionados para el correcto desempeño a pesar de su uso, además con un alineamiento vertical y alineamiento horizontal adecuado para que los vehículos transiten de una manera segura, cómoda y rápida.

Es importante que el camino se haya construido de una manera planeada para su óptimo funcionamiento durante su vida útil y se mantenga conservado, pues es el recurso más valioso de un país (González, 2001).

6.5. Clasificación vehicular

La gran variedad de vehículos que circulan en la red vial de Guatemala permite clasificaciones en relación a muchos aspectos tales como; el peso, dimensiones, usos, capacidad, potencia, entre otros. Cada uno de estos tipos de clasificación recibe un nombre en específico el cual varía respecto al país en el que se haga la mención, a veces se confunden en el léxico común (Departamento de Tránsito Guatemala, 2020).

La Ciudad de Guatemala clasifica los vehículos respecto a su uso y a su peso. La primera clasificación, por su uso, corresponde de la siguiente manera:

- Particulares
- Mercantiles y comerciales
- Oficiales
- Cuerpo diplomático, organismos, misiones y funcionarios internacionales.
- De emergencia
- De aprendizaje

Además, clasifica también a los vehículos por su peso, como se puede ver a continuación.

- Ligeros, de hasta 3.5 toneladas de peso bruto máximo, en esta clasificación se encuentran; bicicletas, moto bicicletas, motocicletas, automóviles, paneles, pickups, microbuses y automóviles, paneles y pickups con remolque.
- Pesados, con más de 305 toneladas métricas de peso bruto máximo, en esta categoría podemos encontrar los autobuses, los camiones, remolcadores o cabezales y camiones con remolque.
- Especiales, con pesos y dimensiones de autorización especial, en esta clasificación podemos encontrar los vehículos agrícolas y vehículos especiales móviles con o sin grúa.

Está clasificación se encuentra en el acuerdo gubernativo número 273-98, en el título II, capítulo I, clasificación de los vehículos. Es común encontrar las clasificaciones de los vehículos principalmente por su peso, en el caso de los camiones por el número de ejes que esté tenga, por lo que en Guatemala se creó el Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores

de carga y sus combinaciones, este se creó bajo el Acuerdo Gubernativo 379-2010.

Tabla 1.

Abreviaciones y definición de vehículos

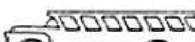
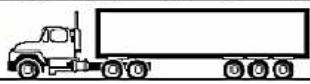
C-2	Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble (eje de tracción).
C-3	Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de doble o Tándem (eje de tracción).
C-4	Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).
T-2	Es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje simple de rueda doble (eje de tracción).
T-3	Es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje doble o Tándem (eje de tracción).
T-4	Es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).
S-1	Es un semi-remolque con un eje trasero simple de rueda doble.
S-2	Es un semi-remolque con un eje trasero doble o Tándem.
S-3	Es un semi-remolque con un eje trasero triple.
S-4	Es un semirremolque con un eje trasero cuádruple.
R-2	Es un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero simple o de rueda doble.
R-3	Es un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero doble Tándem.
R-4	Es un remolque con dos ejes de rueda doble o Tándem en cada uno de sus extremos.

Nota. La tabla muestra la clasificación de los vehículos y su definición. Adaptada de Ministerio de Comunicación, Infraestructura y Vivienda. (2010). *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones.* (<https://www.caminos.gob.gt/Descargas/Reglamentos/Reglamento%20para%20el%20Control%20de%20Pesos%20y%20Dimensiones.pdf>), consultado el 13 de abril de 2024. De dominio público.

La tabla 1 muestra las categorías de vehículos que circulan en Guatemala, pero es importante hacer notar que esta clasificación se puede combinar con otros tipos de vehículos, sin embargo, se deben respetar los pesos máximos de combinaciones.

Figura 3.

Clasificación vehicular

TIPO DE VEHÍCULOS		DESCRIPCIÓN
AUTOMÓVILES Y MICROBUSES		   
BUSES		
CAMIONES	C2P	
	C2G	
	C3	
	C4	
	C5	
	>C5	

Nota. La imagen muestra la clasificación de los vehículos más comunes en Latinoamérica. Obtenida de Universidad Libre. (2010). *Evaluación técnica mediante procesos de micro simulación en tres intersecciones en Montería, Córdoba.* (<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/253/201>), consultado el 18 de mayo de 2024. De dominio público.

6.6. Estudio de tránsito

Un estudio vehicular nos sirve para conocer y resolver problemas de movilidad en ciudades, municipios o caminos.

Las categorías de los estudios de tránsito se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Inventarios

Un estudio de tránsito de inventario se utiliza para conocer las condiciones de operatividad y funcionalidad de una vía, se debe realizar una descripción detallada de sus condiciones físicas, como lo puede ser geométricas y de diseño. El estudio de este tipo se suele realizar mediante una inspección visual de la carretera, que consiste que se debe realizar un reconocimiento de toda la carretera para cuantificar y calificar sus condiciones. Las tres principales características a describir en un estudio de inventario son; Descripción de la vía, geometría de la vía y el estado superficial del pavimento y obras complementarias. (Quintero, 2011)

- Administrativos

La administración y gestión de los transportes implica el proceso de planificación, coordinación y control de todas las actividades relacionadas al transporte de bienes o servicios. Su principal objetivo es optimizar la eficiencia, reducir costos y mejorar el servicio a los clientes finales.

- Dinámicos

Los estudios dinámicos en la ingeniería vial representan todos los estudios que son variables y solo son exactos en el momento justo de su toma de datos, sin embargo, las variaciones que estos tienen son generalmente rítmicas y repetitivas. Los estudios dinámicos se pueden dividir en estudios de velocidad, estudios de tiempo y demoras de viaje, y estudios de aparcamiento (Méndez, 2009b).

6.6.1. Estudio de velocidad

Un estudio de velocidad se debe realizar para estimar la velocidad de los vehículos que circulan en una carretera, esto con el objetivo de estimar algunas características de la ingeniería de tránsito como lo son la capacidad y los niveles de servicio de vía que se encuentra en análisis, la velocidad de los vehículos se suele medir en millas por hora (mph) o kilómetros por hora (kph) (Villegas, 2017).

Para conocer la velocidad de los vehículos existen dos clasificaciones, los métodos manuales y los métodos automáticos (Rodríguez, García y Gálvez, 2022).

Sin importar que método se utilice para realizar los estudios de velocidad, es importante llenar los formatos con los siguientes datos por lo menos, estos datos nos servirán en el proceso de la tabulación de los resultados.

- Lugar, vía donde se realiza el estudio
- Fecha, el día, mes y año que se realiza el estudio
- Hora, hora de comienzo de estudio
- Entre, se refiere a la posición en donde se realiza el estudio

- Sentido, se refiere a la dirección a la que se dirigen los vehículos
- Equipo, se refiere al equipo con el que se realizan los estudios
- Medición de velocidad con pistola radar

Los aforistas capacitados deberán dividirse en parejas, uno de estos será quien tome la velocidad con la pistola radar y será denominado radista, mientras el otro irá anotando las velocidades en el formato previamente trabajado.

En este estudio se medirá la velocidad de 120 vehículos. Si al cabo de dos horas no se realiza dicho estudio es importante cambiar el punto de estación al lado contrario de la vía.

Al realizar cualquier clase de estudio en carretera es importante tomar en consideración ciertas precauciones, el radista debe estar cercano a la carretera, pero nunca estar sobre ella. El anotador puede estar en otro punto, pero definitivamente debe estar cercano al radista.

Figura 4.

Pistola radar para la toma de velocidades en ruta



Nota: El modelo de las pistolas radar es variable. Obtenida de El debate motor. (2020). *Nadie escapa de las nuevas pistolas radar de la Policía norteamericana que ya multan en España.* (https://www.eldebate.com/motor/20220819/nadie-escapa-nuevas-pistolas-radar-policia-norteamericana-multan-espana_54924.html), consultado el 12 de abril de 2024. De dominio público.

- Medición de velocidad por medio de enoscopio

Al igual que el método por pistola de radar este método lo que busca es conocer la velocidad de los vehículos que se conducen en determinado punto.

Se debe realizar la inspección visual para observar que la vista en el punto se encuentre libre y fuera de peligros. El enoscopio se sitúa a 50 m del observador, en tramos rectos, cuando el observador percibe al vehículo en la primera línea enciende el cronómetro para detenerse en la segunda línea trazada. Cuando el tráfico es demasiado intenso no es posible medir la velocidad de los vehículos (Rodríguez, García y Gálvez, 2022).

6.7. Estudio de origen y destino

Para que el flujo vehicular sea eficiente es importante que el diseñador conozca las necesidades y deseos de locomoción de los usuarios. Esta incógnita se despeja de acuerdo a un estudio específico denominado origen y destino. Este estudio se limita a conocer el punto de partida del usuario y su destino.

- Un estudio de origen y destino nos permite conocer la demanda de transporte que existe en la localidad.
- Nos permite conocer y localizar la estimación óptima de uno o varios pasos a través de una falla geológica o barrera natural.
- Permite fijar las rutas de mayor necesidad a través de ciudades, mejorando las rutas existentes o creando nuevas rutas.
- Permite justificar la construcción de un nuevo camino.

Para los estudios origen destino existen varios métodos de encuestas que se pueden realizar, la elección de los métodos dependerá de los alcances de la investigación, algunos de estos métodos están acompañados de otros métodos complementarios para su correcta aplicación.

6.7.1. Método de encuestas domiciliarias

Este método consiste en realizar las encuestas directamente a los domicilios de los usuarios que pertenecen a la muestra de la población a investigar, busca obtener la información sobre los viajes del día anterior a la encuesta (Ministerio de Transporte, 2011).

Los métodos complementarios que apoyan a estos métodos son:

- Método de aforo vehicular.

En donde los vehículos son detenidos a un lado de la vía y se le pregunta al conductor sobre su origen, su destino y algunos otros datos que se necesiten acerca de su viaje para la realización de la investigación (Ministerio de Transporte, 2011).

- Método de registro de placas de los vehículos en tránsito

Este método se busca guardar las tres últimas cifras alfanuméricas de las placas, para poder anotar monitorear los viajes del vehículo en periodos cortos, mientras el vehículo va pasando en las estaciones de estudio se van anotando para monitorear su viaje, por lo que sirve mayoritariamente en estudios de tramos de gran longitud (Ministerio de Transporte, 2011).

- Método de encuestas en centros generadores de viajes

Este método se trata de visitar los lugares dentro del área de estudio para encuestar a los usuarios que visitan estos lugares, como pueden ser empleados en la zona, así como a los usuarios del transporte público en paradas, así como también en lugares o centros turísticos para conocer su procedencia (Ministerio de Transporte, 2011).

6.7.2. Método de ascenso y descenso de pasajeros en una ruta de transporte público.

Se recurre a este método cuando es necesario conocer la movilización de los pasajeros en una determinada ruta. El método se utiliza cuando es necesario conocer el origen y el destino de los usuarios que utilizan una ruta específica de transporte público, se utiliza para reestructurar las líneas de servicio en el transporte urbano o rural, de esta forma el transporte se vuelve más efectivo para los usuarios (Ministerio de Transporte, 2011).

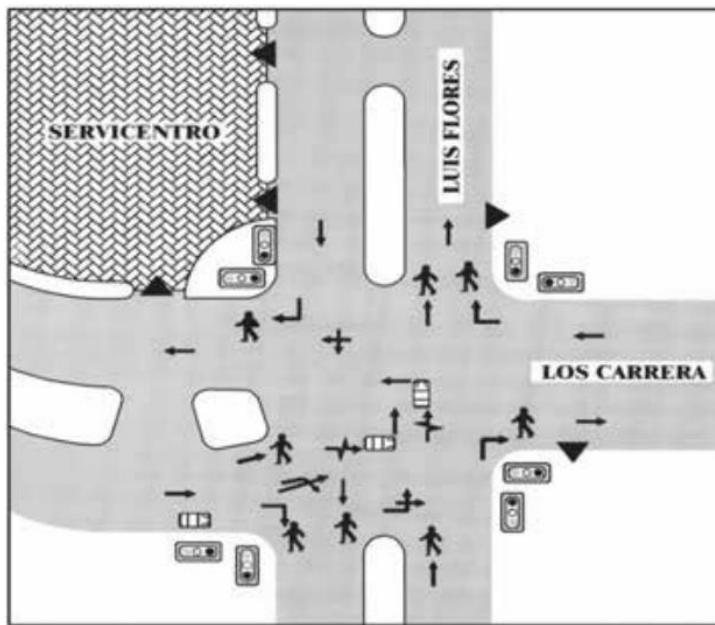
6.8. Diagramas de conflictos

Un diagrama de conflicto es un diagrama donde demarca el flujo de los vehículos remarcando los puntos de conflictos o puntos negros. El objetivo de los diagramas de conflicto es identificar los conflictos que se puedan presentar en cierto tramo de la carretera en análisis.

Para elaborarlo es necesario realizar visitas de campo, registrar las maniobras y conflictos entre vehículos y peatones, debe contener dimensiones y sentidos de las vías, elementos de control y señalización, cruces peatonales, accesos, mobiliario urbano (Ministerio de Salud, 2013).

Figura 5.

Diagrama de conflictos



Nota. La imagen muestra un diagrama de conflictos de ejemplo. Obtenido de Ministerio de Salud de Perú. (2013). *Criterios técnicos para la identificación de puntos negros de accidentes de tránsito en la jurisdicción del distrito.* (https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/capacita/guia_ptos_negros.pdf), consultado el 12 de abril de 2024. De dominio público.

6.9. Estaciones de control para estudio de tránsito

Para poder controlar la ordenación urbana y realizar un estudio de tráfico de carreteras es necesaria la colocación de por lo menos una estación de control. Suelen haber varias estaciones de control distribuidas en el área a analizar, ya que permiten conocer datos importantes sobre transporte y la movilidad de los vehículos (Ingartek Consulting, 2022).

6.9.1. Tipos de estaciones de control para estudio de tránsito

Según el tipo de estudio que se necesite hacer se debe elegir un tipo de estación el cual nos brinde los datos necesarios para el estudio.

- Estaciones permanentes

En este tipo de estaciones se realizaron los aforos dos veces al año durante 24 horas, de esta manera se conoce la intensidad de tráfico en verano y en invierno, además, este tipo de estación permite conocer el comportamiento de los vehículos durante el año identificando las variaciones que se tienen, de igual manera nos permiten conocer las tendencias en las tasas de crecimiento del tránsito a largo plazo (Méndez, 2009a).

- Estaciones de control

Las estaciones de control permiten conocer las variaciones en tránsito diario, semanales y estacionales para establecer los parámetros que puedan establecerse en estaciones similares.

- Estaciones sumarias

Las estaciones sumarias permiten la realización de un aforo como mínimo de doce horas diarias, en periodos de tres días, esto una vez en el transcurso del año.

Sirven cuando se realizan aforos en caminos que no han sido pavimentados, pero que tienen una afluencia vehicular moderada (Méndez, 2009a).

6.10. Aforo vehicular

Un aforo vehicular es el conteo de los vehículos que transitan en un punto de una carretera en diferentes periodos. Existen diferentes tipos de aforos dependiendo el lapso en el cual se cuenten los vehículos que transitan en cierto punto.

- Tránsito anual (TA)

Se refiere al número de vehículos que transitan en cierto punto de la carretera durante un periodo de un año.

- Tránsito mensual (TM)

Se refiere a la porción de vehículos que circulan en cierto punto de la carretera durante un lapso de un mes.

- Tránsito diario (TD)

Se refiere a la cantidad total de vehículos que transitan en cierto punto de la carretera durante el intervalo de un día.

- Tránsito horario (TH)

Es la suma de vehículos que circulan en cierto punto de la carretera en una hora.

Para realizar estos aforos vehiculares existen diferentes métodos, entre los cuales resaltan los métodos manuales y mecánicos.

6.10.1. Tipos de aforos vehiculares

- Aforo direccional en intersección

Se proporcionan todos los posibles movimientos de giro, se aforan los peatones y bicicletas.

- Caracterización de flujo en glorietas

Se afora la glorieta o rotonda, y se debe proporcionar el flujo vehicular incluyendo todos los accesos.

- Aforo de corredor

Se aforan las intersecciones que se tengan en un corredor siendo coordinadas al mismo tiempo se debe proporcionar el flujo vehicular en las intersecciones.

- Estudios de flujo o umbral de cola

Se aforan los intervalos de cola en décimas por segundo.

- Reconocimiento de placas

Este sirve para realizar el conteo de placas e identificar de mejor manera el origen y destino dentro de una serie de estaciones.

- Estudios de estacionamientos

Este aforo nos permite conocer los vehículos que entran y salen en los estacionamientos con horas exactas, de esta forma conocer qué tan eficiente es el estacionamiento.

6.11. Volúmenes de tránsito

Los estudios de volúmenes de tránsito se realizan con el objetivo de obtener información relacionada con el desplazamiento de los vehículos sobre puntos específicos dentro de una red vial.

El volumen de tránsito se define como la porción de vehículos que circulan por un punto o sección específico durante un período determinado (Arevalo, Gomez, Morales, Russi, Osorio y Suarez, 2014).

$$Q = \frac{N}{t} \quad (1)$$

Donde:

Q = porción de vehículos que circulan por unidad de tiempo (vehículos/hora).

N = suma total de vehículos que pasan (vehículos).

t = período determinado (horas)

- Características de los volúmenes de tránsito

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, estos solo son precisos para el período de duración de aforo. Debido a que sus variaciones son generalmente cíclicas, es necesario conocer sus características, para así poder programar los aforos, relacionar volúmenes en un

tiempo y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar (Arevalo, Gomez, Morales, Russi, Osorio y Suarez, 2014).

6.11.1. Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Son volúmenes de tránsito que se clasifican según el período determinado para su cálculo, el período podría ser una hora, un día, un mes o hasta un año.

- Volúmenes de tránsito promedio diarios (TPD)

Se define como la porción total de vehículos que circulan por un punto determinado durante el lapso de tiempo establecido, esta medida es conocida como TPD y es una medida de tránsito fundamental.

El lapso de tiempo debe estar comprendido en días completos y se deben encontrar entre 1 a 365 días. Los volúmenes de tránsito promedio diario se clasifican según la duración del periodo establecido (Tapia y Veizaga, 2006).

- Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad (2)$$

- Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad (3)$$

- Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad (4)$$

6.11.2. Volúmenes de tránsito horarios (VH)

Se pueden clasificar según la hora seleccionada, la unidad de medida de los volúmenes son los vehículos por hora. Estos pueden ser.

- Volumen horario máximo anual (VHMA)

Es el volumen máximo horario que pasa por una sección de la carretera durante un periodo de un año, es decir, 1 de las 8760 horas que hay en un año, en la que se registra el mayor volumen de tráfico.

- Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Es la cantidad máxima de vehículos que pasan por una sección transversal de una vía durante un período de 60 minutos consecutivos, es el período de máxima demanda vehicular registrada en un día.

- Volumen horario-décimo (10 VH), vigésimo (20 VH), trigésimo anual (30VH)

Es aquel que se excede por 9 volúmenes horarios durante un periodo de un año determinado. El volumen horario vigésimo anual es aquel que es excedido por 19 volúmenes horarios. El volumen horario trigésimo anual que es excedido por 29 volúmenes horarios.

- Volumen horario de proyecto

El volumen de horario de proyecto también es conocido como horario de diseño y es el volumen que se proyecta para conocer las características geométricas de una vía.

La experiencia en otras regiones demuestra que no se utiliza el volumen máximo debido a que se elevaría el costo del proyecto, por lo que se utiliza el horario trigésimo anual como el seleccionado para el diseño.

6.12. Capacidad y niveles de servicio

La capacidad es la tasa máxima de flujo vehicular que pueda soportar una carretera, es decir, la capacidad es el máximo número de vehículos que transitan en una sección de una calle durante un lapso dado. El principal objetivo de la capacidad es calcular la cantidad de vehículos que una carretera puede distribuir con suficiente seguridad durante un lapso específico, según la calidad de operación se coloca la capacidad en un nivel de servicio.

El nivel de servicio es la medida cualitativa que describe las condiciones de servicio de una carretera. Se presenta en función de velocidad, tiempo de recorrido, libertad de maniobra, comodidad, conveniencia y seguridad vial.

Los factores que afectan los niveles de servicio son internos y externos. Los factores internos son los que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, el flujo del tránsito, en el porcentaje de movimientos. En los factores externos están las características físicas, como la distancia lateral, las pendientes, la anchura de carriles entre otros.

El highway capacity manual 2000 define seis niveles de servicio (NDS), estos especificados en letras desde A hasta F, siendo el nivel de servicio A el de mejores condiciones de operación, y el F el peor nivel, donde las condiciones de circulación son desgastantes para los conductores por la alta densidad y flujo lento.

Tabla 2.

Niveles de servicio en una carretera de dos carriles

Niveles de servicio			
Nivel de servicio	Condición de flujo	Velocidad de operación (kph)	Descripción técnica
A	Flujo libre	80	Alta calidad de servicio, flujo libre sin retrasos ni restricciones.
B	Flujo razonable	70	Flujo vehicular estable, sin retrasos y pocas restricciones.
C	Flujo cercano	60	Flujo vehicular estable, pérdida de libertad, retrasos mínimos.
D	Flujo medio	50	Flujo vehicular inestable, maniobrabilidad inestable, poca libertad de movimiento, retrasos mínimos.
E	Tope de capacidad	40	Flujo vehicular inestable, las velocidades cambian rápidamente, retrasos significativos.
F	Congestionamiento	15	Flujo vehicular totalmente congestionado, la demanda excede la capacidad de la carretera, retrasos considerables

Nota. Descripción de los niveles de servicio de las carreteras de dos carriles. Adaptada de L. Díaz. (2009). *Ánálisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo Terrapuerto de Piura.* (<https://hdl.handle.net/11042/1349>), consultado el 29 de marzo de 2024. De dominio público.

Existen condiciones ideales para que una carretera funcione como un flujo sin interrupciones, por lo menos a 70 mi/h (113 km/h). Las condiciones de ideales para el flujo sin interrupciones son las siguientes:

- Ancho de carril de 3.65m
- Flujo de tráfico compuesto solamente de vehículos ligeros o livianos.
- Diez o más carriles
- Niveles de terreno con pendientes no mayores a 2 %.
- Población de conductores regulares familiarizados con la vialidad
- Intercambio de densidades con espacios de por lo menos 3.2 km
- Distancias laterales libres de obstáculos mínimo de 1.8m, medidas desde el borde de la calzada hasta el obstáculo y objeto. Las barreras situadas en la faja separadora a una distancia mínima de 0.6 m (Tapia y Veizaga, 2006).

6.13. Estudios topográficos

Los estudios de topografía son trabajos que se ejecutan de manera anticipada al proyecto para obtener la representación gráfica del terreno donde se ejecutará la obra. La topografía se divide en dos ramas principales;

- Planimetría

Se encarga de las mediciones del terreno en un área plana respecto a la horizontal, midiendo únicamente las distancias horizontales de un terreno sin tomar en cuenta las variaciones verticales.

- Altimetría

Toma en cuenta las diferencias de elevación que existen en un terreno respecto al plano horizontal de este, proyectando el relieve del terreno de manera cuantitativa a los planos del diseñador (Nájera, 2014).

6.13.1. Levantamiento de áreas

El levantamiento de áreas en topografía se puede entender como un proceso con el fin de conocer las características topográficas y detalles de una superficie. Contiene características como vegetación, urbanización y obras civiles.

De acuerdo con la ley reglamentaria de agrimensura, Decreto Gubernativo No. 1186, si el terreno supera los 111,450 km² se deberán utilizar métodos geodésicos para su medición (Nájera, 2014).

6.13.2. Levantamiento de perfiles topográficos

Un levantamiento de un perfil representa un corte de un terreno, una proyección de sus elevaciones verticales. Se puede presentar como un corte longitudinal o un corte transversal. Comúnmente se realizan las mediciones verticales cada 20 m, sin embargo, se pueden realizar más cercanas si el estudio topográfico así lo pide (Nájera, 2014).

6.13.3. Estudios topográficos en carreteras

Es importante realizar la topografía correcta en obras viales, ya que es la manera en la que se suele asegurar la correcta construcción de la carretera

respetando las líneas que se muestran en los planos, pues estas líneas fueron analizadas y corregidas para que la construcción de la carretera sea óptima (Global Mapping, 2024).

El levantamiento topográfico permite conocer y estudiar la superficie de un terreno teniendo en cuenta los accidentes geográficos y otras características naturales como las fabricadas por el hombre.

En la elaboración del área destinada para la obra, las características geométricas son la base del ingeniero vial, de esta manera puede distribuir de mejor manera el trabajo a realizar, diseñar de acuerdo a lo que el estudio topográfico le plantea.

6.14. Intersección

Una intersección es el punto donde se unen o intersectan dos o más carreteras, ya sea uniéndose o simplemente cruzándose.

6.14.1. Clasificación y tipos de intersecciones

Una intersección es el punto donde se unen o intersectan dos o más carreteras, ya sea uniéndose o simplemente cruzándose.

El diseño de las intersecciones de una carretera corresponde completamente a su función, respondiendo de manera favorable a las necesidades de los vehículos que transitan en el área de encuentro.

La seguridad de una intersección depende en gran medida de cómo perciben los usuarios que la utilizan, la facilidad de los virajes y el funcionamiento de esta.

Por lo que resulta esencial el mantenimiento de la intersección y de sus alrededores para que sea percibida de una manera homogénea todo el conjunto de carreteras cercanas.

Desde el punto de vista geométrico es importante que se establezcan los radios de giro con cierta exactitud, esto en función del vehículo de diseño considerado, de igual manera proyectar las islas y contornos de la intersección.

Elegir el tipo de intersección en un cruce, es la clave para el correcto diseño de carreteras, estas proporcionan la seguridad de su funcionamiento tanto para peatones como para los usuarios y la integración correcta de ellas al medio en donde se localizan (Díaz, 2009).

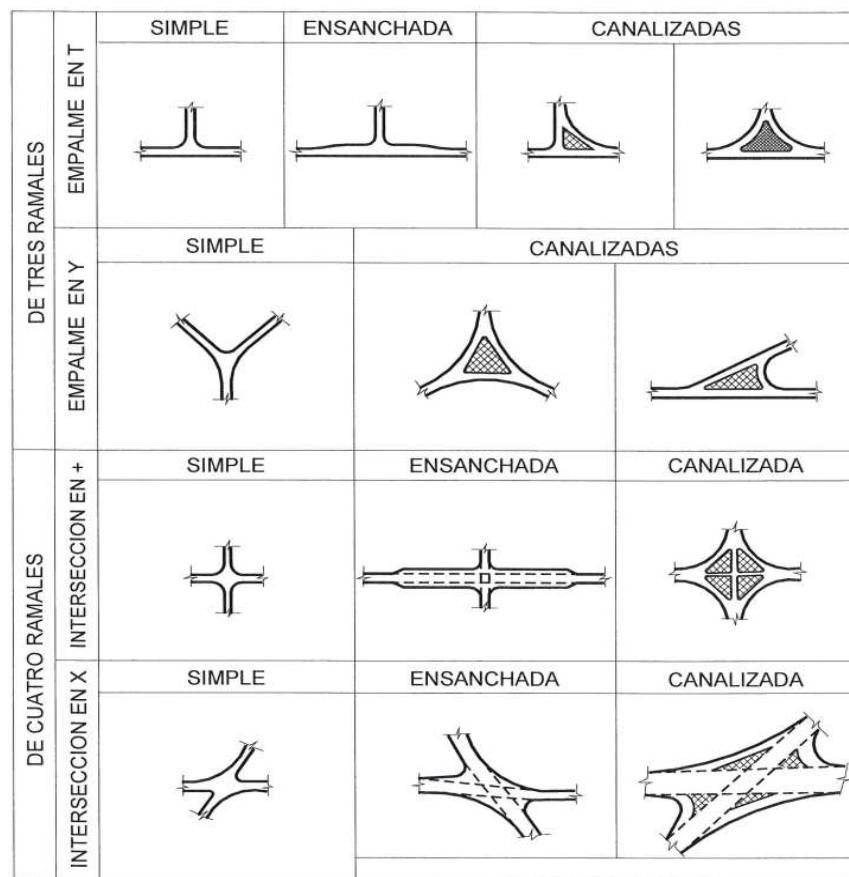
La intersección varía en complejidad, puede ser desde un simple crucero con solo dos caminos que se cruzan entre sí, hasta intersecciones complejas, por lo que se presenta una clasificación de intersecciones (Díaz, 2009).

- Intersecciones convencionales al mismo nivel
- Intersecciones canalizadas
- Intersecciones controladas por semáforos
- Rotondas o intersecciones giratorias
- Intersecciones a distinto nivel e intercambios
- Intersecciones convencionales y canalizadas

Es el tipo más común de diseño de cruces en carreteras, pero van siendo sustituidas por intersecciones más complejas, cuando los volúmenes de tránsito aumentan se justifican las modificaciones (Díaz, 2009).

Figura 6.

Variedades de intersecciones convencionales a nivel



Nota. Se puede observar algunos de los diferentes tipos de intersecciones convencionales a nivel que se pueden presentar. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018.* (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf), consultado el 19 de abril de 2024. De dominio público.

No son recomendables en carreteras pues no tienen ningún sistema de prioridad, son peligrosas cuando el volumen de tránsito y su distribución en una carretera principal dificulta el acceso a los vehículos de la vía secundaria (Díaz, 2009).

Las intersecciones a nivel canalizadas o no, pueden utilizarse cuando los recorridos no tienen un marcado carácter de tránsito a larga distancia, cuando no se trata de un único cruce a nivel, cuando el tránsito es menor acierto volumen, algunas literaturas establecen menos de 250 a 350 vehículos por hora en la vía secundaria y de 900 vehículos en la vía principal, cuando el diseño de la señalización es cuidadoso en legibilidad y comprensión de los pilotos y peatones.

Cuando las intensidades de tránsito son superiores a los 5000 vehículos promedio por día se recomienda utilizar islas canalizadoras sobre la vía secundaria y crear una vía especial para los giros a la izquierda.

Existen varios tipos de intersecciones convencionales al mismo nivel, entre las más básicas tenemos; la intersección tipo T, que es conocida como la intersección de tres vías; la intersección cuatro vías o tréboles, esta intersección como su nombre lo indica tiene cuatro accesos; intersección de vías múltiples, estas intersecciones tienen cinco o más accesos (Díaz, 2009).

- Intersecciones controlador por semáforo

Es la intersección más utilizada en zonas urbanas a partir de ciertos volúmenes de tránsito, debido a sus ventajas; proporcionan reglas simples y universales, pueden adaptarse modificando sus ciclos, facilitan el paso de peatones, la ocupación de su superficie es mínima se integran bien a la textura urbana (Díaz, 2009).

Por otro lado, también presentan desventajas, como puede ser el mantenimiento continuo que requieren los aparatos conectados a la red, aumentan los tiempos de espera en momentos de escasa o nula circulación y no permiten el cambio de sentido (Díaz, 2009).

Por lo que se recomienda utilizar este tipo de intersecciones cuando la afluencia peatonal supera los 100 peatones por hora y un tránsito rodado de 100 vehículos por hora, o tiene una fuente focal de peatones o cuando la visibilidad es insuficiente o se plantean problemas de peligro para los peatones.

- Rotondas o intersecciones giratorias

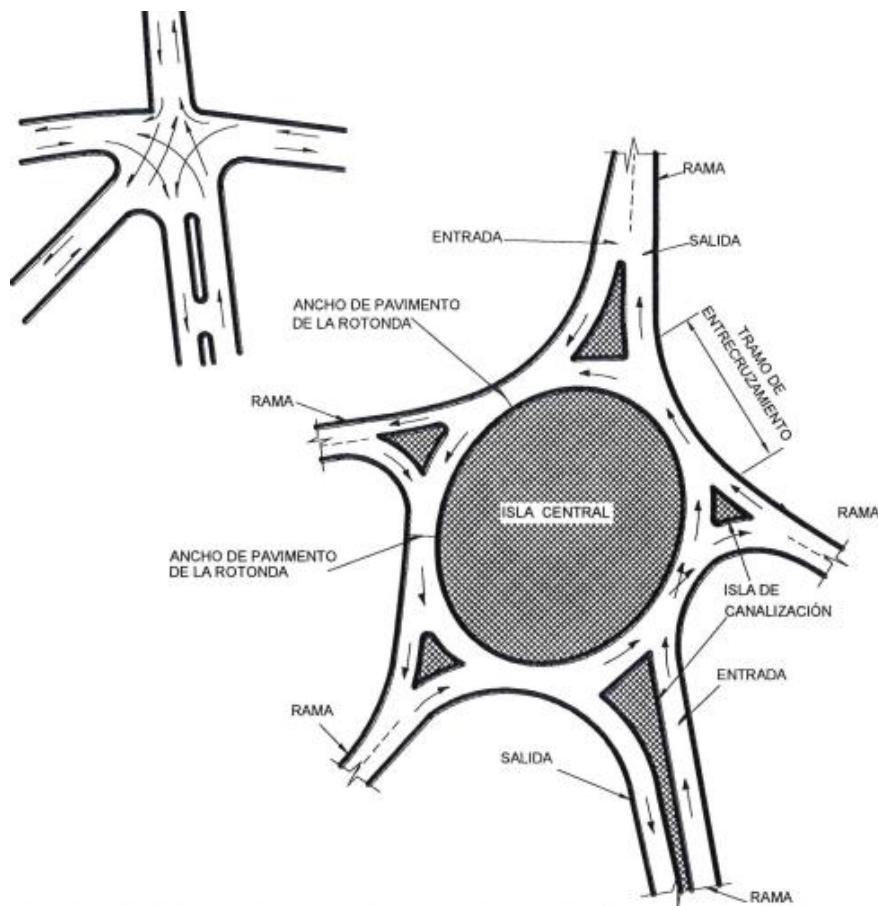
Son sistemas viales que se conforman de uniones o arcos unidireccionales que se conectan unos con otros, esto mejora la posibilidad de que el tránsito circule por uno o más enlaces antes de poder salir del sistema (Yanaguaya, 2016).

Las rotondas son efectivas en el manejo de los flujos direccionales, dependiendo de las condiciones de espacio y volúmenes de tránsito en un área específica. Es importante mencionar que las rotondas se manejan bajo la regla que establece lo siguiente; los vehículos que se encuentran circulando dentro de la rotonda tienen prioridad de paso sobre los flujos que llegan de los brazos o aproximaciones.

Para poder proponer una intersección es necesario conocer los límites del entorno y establecer parámetros y objetivos en base a este, por lo que se deben conocer los derechos de vía de las carreteras y conocer si alrededor hay lugares públicos para proponer la intersección en esa área.

Figura 7.

Características básicas de una intersección tipo glorieta o rotonda



Nota. En la imagen se observan las características básicas de una intersección de glorieta o rotonda. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018.* (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual_de_Carreteras.DG-2018.pdf), consultado el 19 de abril de 2024. De dominio público.

6.14.2. Selección del diseño de la intersección

En la selección de intersecciones es importante tomar en cuenta aspectos de la zona, estos aspectos se irán considerando en diferentes fases:

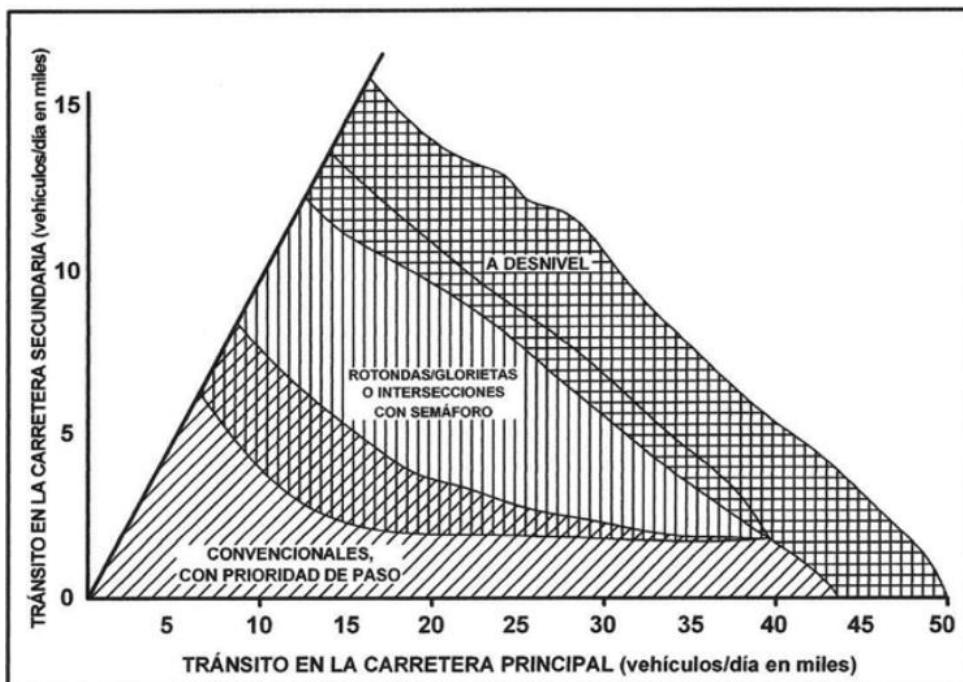
Estudio del tránsito de vehículos en la intersección, se deben realizar conteos para conocer los volúmenes que transitan, los movimientos direccionales de los vehículos, la distribución horaria y datos en hora pico, además de considerar la composición del tránsito por el tipo de vehículo que circula, los datos obtenidos de los estudios actualizados se deben proyectar a un futuro lejano para que la intersección funcione de manera óptima durante mucho tiempo.

- Estudio de los movimientos peatonales que se realicen en la zona, tomando en cuenta la seguridad de los peatones, de esta manera salvaguardar la vida de todos los usuarios.
- Definir los objetivos de la intersección en relación al entorno y al funcionamiento de la carretera.
- Estudio de posibles opciones dentro de los parámetros fijados en los objetivos planteados para el funcionamiento de la carretera y el entorno, tomando en cuenta la capacidad, el nivel de servicio, los costos de la construcción y el mantenimiento.

Para el diseño de intersecciones se utiliza la siguiente gráfica para conocer las posibles soluciones variando las soluciones posibles en función del volumen de tránsito en la vía principal como de la vía secundaria.

Figura 8.

Tipos de intersección para diferentes volúmenes de tránsito



Nota. Se presenta una gráfica de los tipos de intersección y su variación con respecto al tránsito de la intersección. Obtenido de SIECA. (2001). *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial.* (<https://interconecta.aecid.es/Gestion%20del%20conocimiento/Manual%20Centroamericano%20de%20normas%20para%20el%20dise%C3%B1o%20geom%C3%A9trico%20de%20carreteras%202011.pdf>), consultado el 9 de abril de 2024. De dominio público.

6.15. Derecho de vía

Según el reglamento sobre el derecho de vía de los caminos públicos y su relación con los predios que atraviesa en su artículo 2º. indica que “Derecho de vía es el que tiene el Estado o las Municipalidades, según el caso, sobre la faja de terreno en que se construyen los caminos, y por regla general, en ella se

comprenderán dos paredes o cercas, dos banquetas, dos cunetas y un pavimento que es la carretera propiamente dicha.”

- El derecho de vía depende del tipo de carretera al que se esté refiriendo
- Para carreteras nacionales, veinticinco metros; 12.50 metros cada lado
- Para carreteras departamentales, veinte metros; 10.00 metros cada lado
- Para carreteras municipales, quince metros; 7.50 metros cada lado
- Para caminos de herradura y vecinales, seis metros. 3.00 metros cada lado.

6.16. Señalización de las intersecciones

El correcto diseño de la señalización vial permite determinar cuáles son las señales y demarcaciones viales necesarias para guiar a los usuarios por la red vial (Vialco, 2019).

El usuario depende mayormente de la señalización para ser avisado antes de las condiciones que encontrará en el camino, en el caso de las intersecciones hacia donde cruzar o dependiendo el tipo de intersección que vía tiene la prioridad de paso.

El diseño de los dispositivos afecta directamente la percepción que los usuarios tengan del mismo, por lo que es importante asegurar que cada característica como el tamaño, contraste, colores, figura, composición y reflectividad.

La forma, los colores y sencillez del mensaje deben ser combinados de una manera adecuada para que el mensaje que se desea transmitir sea claro y conciso.

Según el Acuerdo Centroamericano sobre dispositivos de control de tránsito uniforme, el cual se formó junto al Manual Interamericano de 1991, los dispositivos de señalización se pueden clasificar según su función en tres categorías:

- Dispositivos de reglamentación

El principal objetivo de las señales reglamentarias es indicar al usuario el uso correcto de las vialidades, marcando las restricciones o prohibiciones que regalan la vía, además, suministrar indicaciones exactas para que los usuarios de la vía actúen de una forma determinada (Agencia de Infraestructura para la Movilidad, 2020).

Generalmente se utilizan como complemento señales bajas, que se fijan adicionalmente en los postes. Se forman por un tablero principal que contiene un pictograma y/o leyenda, y en algunas ocasiones un tablero secundario.

Figura 9.

Señales de reglamentación más comunes



Nota. La imagen nos muestra las señales de reglamentación que son más usuales de observar en una carretera. Obtenido de SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*. (<https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+Centroamericano+de+Dispositivos+Uniformes+para+el+Control+de+Tr%C3%A1nsito.pdf/c8ad7423-31fd-9140-ed24-54f82878c8a2?t=1559256915707>), consultado el 18 de abril de 2024. De dominio público.

- Dispositivos de prevención

Son señales con pictogramas las cuales tienen como objetivo prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de peligros o riesgos que pueda haber en la carretera. De ser necesario se adjunta un tablero adicional con la distancia para complementar o especificar la información, usualmente se utiliza el color amarillo (Agencia de Infraestructura para la Movilidad, 2020).

Figura 10.

Señales de prevención más comunes



Nota. Se muestran las señales de prevención más comunes. Obtenido de SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.* (<https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+Centroamericano+de+Dispositivos+Uniformes+para+el+Control+de+Tr%C3%A1nsito.pdf/c8ad7423-31fd-9140-ed24-54f82878c8a2?t=1559256915707>), consultado el 18 de abril de 2024. De dominio público.

- Dispositivos de informativos

Los dispositivos informativos son señales que guían al usuario indicando nombres de las vialidades, destinos y distancias, comúnmente son señales bajas o elevadas con símbolos, leyendas, flechas y diagramas. Se colocan en el lugar al cual hacen referencia y son de color verde (Agencia de Infraestructura para la Movilidad, 2020).

Figura 11.

Señales informativas más comunes



Nota. Se muestran las señales informativas más utilizadas. Obtenido de SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.* (<https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+Centroamericano+de+Dispositivos+Uniformes+para+el+Control+de+Tr%C3%A1nsito.pdf/c8ad7423-31fd-9140-ed24-54f82878c8a2?t=1559256915707>), consultado el 18 de abril de 2024. De dominio público.

- Dispositivos turísticos y de servicio

Los dispositivos turísticos y de servicios son tableros que contienen pictogramas y leyendas las cuales informan acerca de un atractivo, servicio o lugar turístico (Agencia de Infraestructura para la Movilidad, 2020).

Estás señales se encuentran a lo largo de las carreteras turísticas o principales de las diferentes carreteras, con el objetivo de que las puedan ubicar tanto locales como extranjeros.

Figura 12.

Dispositivos de señalización turísticas y de servicios.



Nota. Se muestran las señales turísticas y de servicios más comunes. Obtenido de SIECA. (2000).

Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.

(<https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+Centroamericano+de+Dispositivos+Uniformes+para+el+Control+de+Tr%C3%A1nsito.pdf/c8ad7423-31fd-9140-ed24-54f82878c8a2?t=1559256915707>), consultado el 18 de abril de 2024. De dominio público.

7. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTADO DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Ingeniería vial

1.1.1. Alcances y objetivos de la ingeniería vial

1.2. Reseña histórica de la CA-14

1.3. Conflicto vehicular

1.4. Características del tránsito

1.4.1. El usuario

1.4.2. El camino

1.5. Clasificación vehicular

1.6. Estudio de tránsito

1.6.1. Estudio de velocidad

1.7. Estudio de origen y destino

1.7.1. Método de encuestas domiciliarias

1.7.2. Método de ascenso y descenso de pasajeros en una ruta de transporte público

1.8. Diagrama de conflictos

- 1.9. Estaciones de control para estudio de tránsito
 - 1.9.1. Tipos de estaciones de control para estudio de tránsito
 - 1.10. Aforo vehicular
 - 1.10.1. Tipos de aforos vehiculares
 - 1.11. Volúmenes de tránsito
 - 1.11.1. Volúmenes de tránsito absolutos o totales
 - 1.11.2. Volúmenes de tránsito horarios
 - 1.12. Capacidad y niveles de servicio
 - 1.13. Estudios topográficos
 - 1.13.1. Levantamiento de áreas
 - 1.13.2. Levantamiento de perfiles topográficos
 - 1.13.3. Estudios topográficos en carreteras
 - 1.14. Intersección
 - 1.14.1. Clasificación y tipos de intersecciones
 - 1.14.2. Selección del diseño de la intersección
 - 1.15. Derecho de vía
 - 1.16. Señalización de las intersecciones
-
2. Desarrollo de la investigación
 - 2.1. Aforo vehicular
 - 2.2. Tabulación de datos
 - 2.3. Análisis de información recabada
 - 2.4. Estudio de velocidad
 - 2.5. Estudio de origen – destino

 3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS
 - 3.1. Resultados de aforo vehicular
 - 3.2. Resultados de estudio de velocidades
 - 3.3. Resultados de estudio origen destino

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

- 5.1. Propuesta de solución a corto plazo
- 5.2. Propuesta de solución a mediano plazo
- 5.3. Propuesta de solución a largo plazo

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

8. METODOLOGÍA

Se busca recopilar información por medio de conteos vehiculares en la zona, estos conteos se realizarán de manera manual. Con los datos recopilados de los conteos vehiculares, se guiarán los resultados a partir de la teoría definida para llegar al resultado deseado, por lo que esta investigación se considera como una investigación no experimental. Además, es necesario contar con una oficina temporal para la recolección y tabulación de los datos recolectados en el conteo vehicular.

Con el conteo vehicular se busca contabilizar el total de vehículos que transitan en la intersección, así como la dirección que toman en la intersección, el conteo se realizará en las tablas de datos que se encuentran previamente diseñadas.

El conteo vehicular se comparará con gráficas generadas con modelos matemáticos y de esta manera conocer la capacidad y nivel de servicio de la intersección estudiada.

Con los resultados obtenidos se busca analizar para discutir y de esta manera basado con los criterios que presenta la ingeniería de tránsito, como lo son los niveles de servicio, y las intersecciones según su TPDA una solución sustentable a la intersección en conflicto, mejorando así la calidad de vida de los usuarios.

8.1. Unidades de análisis

El tránsito promedio diario se busca recolectar mediante formatos para la toma de datos de los vehículos que transitan en la intersección a analizar. Se busca recolectar el tránsito promedio diario de las vías que integran la intersección, esto realizado con ayuda de personal calificado, para analizar las 3 vías en horas pico de funcionamiento.

Se analizará los datos obtenidos haciendo uso de escalas de comparación y tipologías de tránsito observadas en otras localidades y documentadas, con esto comparar los resultados obtenidos con otras posibles intersecciones que funcionen de manera similar.

Mediante análisis con estadística descriptiva e inferencias se busca analizar los datos tanto cualitativos (tipos de vehículos, destinos de las personas) como cuantitativos (velocidades, TPDA, porcentajes O-D) obtenidos para poder proponer una solución sustentable a la intersección.

Se realizará encuestas a los habitantes de la comunidad para conocer cómo esta intersección afecta su manera de vivir en un contexto socioeconómico y proyectar las mejoras a su estilo de vida que puede alcanzar la solución a la intersección.

8.2. Fases

La propuesta de la investigación se dividirá en 5 fases principales en las cuales se recolectarán datos, se analizarán y se propondrá la solución al problema presente en la intersección.

- **Fase 1. Análisis de diseño geométrico**

Se busca analizar el diseño geométrico actual de la intersección para conocer cómo funciona actualmente y cuáles son las complicaciones que se tiene en el lugar, este análisis se realizará de manera visual, de igual manera se revisará el estado actual de la carretera.

Con los datos obtenidos de la inspección visual se procederá a proponer la estación de estudio pertinente a la investigación.

- **Fase 2. Estudio de tránsito**

Se realizarán los estudios pertinentes para conocer el tráfico actual en la intersección, conocer su capacidad y su nivel de servicio.

Mediante estadística descriptiva e inferencial se realizarán el análisis de datos cualitativos y cuantitativos recolectados, estos datos se compararán con modelos matemáticos y gráficas utilizadas por la ingeniería de tránsito.

- **Fase 3. Estudio origen destino y estudio de velocidad**

Los datos de las encuestas realizadas se tabulan y se analizan mediante estadística descriptiva, estos datos nos darán indicadores para conocer los flujos vehiculares. Con esto podremos realizar las encuestas para conocer el origen y destino de los usuarios que utilizan la intersección.

Al tener los volúmenes de tránsito se conocerán las horas pico de la intersección para realizar los estudios de velocidad en los diferentes lapsos y así tener datos reales de la intersección en horas pico.

- Fase 4. Estudio topográfico

Se realizará un estudio topográfico en la intersección para conocer cómo se comporta la orografía del lugar y tener una mejor idea del planteamiento de la solución, donde se puede respetar los anchos de vía y las colindancias con los vecinos.

- Fase 5. Discusión de los resultados y propuesta de solución a la intersección

Los resultados que se obtengan de los conteos vehiculares y volúmenes obtenidos se compararán con los resultados obtenidos en intersecciones parecidas para proponer soluciones óptimas y eficientes a la intersección.

Mediante los resultados obtenidos del análisis estadístico y comparación con modelos matemáticos se procederá a proponer una solución geométrica a la intersección, la solución que se plantea buscará solucionar de manera eficiente los problemas presentados por los pilotos de la ruta, así como los problemas de los habitantes de la comunidad.

9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información que se recolecté servirá para conocer el TPDA de la intersección, sin embargo, es necesario acudir a entidades gubernamentales para obtener información, entidades como el Instituto Nacional de Estadística (INE) proporcionará datos del crecimiento poblacional en los municipios principales, lo que nos indicará un estimado del crecimiento de los vehículos en la intersección.

Para obtener el tránsito promedio diario es necesario realizar el conteo vehicular el cual consiste en contar el número de vehículos que circulan en determinado punto de la vía en distintas horas representativas del día en días representativos.

El TPDA obtenido se ingresará a modelos matemáticos que nos presentará una estimación del TPDA en un futuro, con esto, será posible comparar los resultados con gráficas y modelos matemáticos que se analizarán de manera computarizada.

Al conocer los modelos presentados se podrá elegir la opción óptima para el funcionamiento de la intersección.

10. CRONOGRAMA

En el siguiente cronograma de ejecución se muestran las actividades planificadas para el proceso de investigación. Se presenta una estimación de los tiempos de secuencia de las actividades

Tabla 3.

Cronograma de actividades

Nombre	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Selección y diseño del título de la investigación	■				
Estructura de investigación		■			
Revisión de literatura y elaboración del marco teórico			■		
Visita de campo				■	
Elaboración de formatos de aforo vehicular					■
Calibración a aforistas					
Conteos vehiculares				■	
Tabulación de datos					■

Continuación de la Tabla 3.

Nombre	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Estudio de origen y destino					
Estimación de velocidades					
Discusión de resultados					
Conclusiones y recomendaciones					
Redacción del informe final					

Nota. Los tiempos estipulados en este cronograma son proyectados con base a los tiempos trabajados hasta la fecha. Elaboración propia, realizado con Excel.

11. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

11.1. Recursos físicos

A continuación, se muestran los recursos físicos que serán necesarios en la investigación, tomando en cuenta el costo de estos recursos.

Tabla 4.

Recursos físicos necesarios para la investigación

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
2	Cronómetro	Q 150	Q 300.00
2	Flexómetro 50m	Q 90	Q 180.00
1	Equipo topografía	Q 750	Q 750.00
Total			Q 930.00

Nota. En la tabla se presentan los recursos físicos que se necesitaran en la investigación.
Elaboración propia, realizado con Excel.

11.2. Recursos tecnológicos

Para poder tabular los datos recopilados en la investigación, como para formular la investigación es necesario contar con recursos tecnológicos que se presentan a continuación.

Tabla 5.*Recursos tecnológicos necesarios para la investigación*

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	Laptop HP Pavilion Core i7	Q 3750.00	Q 3750.00
1	Impresora y fotocopiadora EPSON L320	Q 1500.00	Q 1500.00
1	Celular Redmi Note 12s	Q 1750.00	Q 1750.00
1	Instalaciones provisionales	Q 1300.00	Q 1300.00
Total			Q 8300.00

Nota. En la tabla se presentan los recursos tecnológicos necesarios para la investigación, así como los costos que estos representan. Elaboración propia, realizado con Excel.

11.3. Recursos humanos

Para recolectar los datos, como para ejecutar la investigación es necesario contar con personal, por lo que a continuación se presenta el personal necesario.

Tabla 6.*Recursos humanos necesarios para la investigación.*

Cantidad	Tiempo (mes)	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	5	Asesor de investigación	Q 500.00	Q 2500.00
3	0.25	Aforista	Q 3634.59	Q 2725.94
TOTAL				Q 5225.94

Nota. En la tabla se presentan los recursos humanos necesarios para la investigación y los costos que estos representan. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con la información de las tablas anteriores, se obtiene el siguiente resumen financiero:

Tabla 7.

Resumen financiero para realizar la investigación.

Recurso físico	Q 930.00
Recursos tecnológico	Q 8,300.00
Recurso humano	Q 5,225.94
Total	Q 14,455.94

Nota. En la tabla se muestran los diferentes recursos que se utilizarán en la investigación y los costos totales que estos representan. Elaboración propia, realizado con Excel.

En base a la tabla 7, la investigación es viable, ya que el maestrante será quien cubra los costos de la investigación.

REFERENCIAS

- Agencia de Infraestructura para la Movilidad. (julio de 2020). *Manual de señalamiento vial para el AMG*. <https://amim.mx/pdf/MANUAL-SEÑALAMIENTO-DIGITAL.pdf>
- Arevalo, L., Gomez, K., Morales, D., Russi, J., Osorio, M., y Suarez, S. (2014). *Ánálisis de volúmenes de vehículos y solución a problemática de tránsito*. Universidad Libre.
- Cabrera, M. (2016). *Historia de las Carreteras de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Consejo Municipal de San Jerónimo, Baja Verapaz. (2018). *Plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial, municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz 2018-2032*. Municipalidad de San Jerónimo.
- Departamento de Tránsito Guatemala. (2020). *Glosario de tipología vehicular*. Dirección General de la Policía Nacional Civil.
- Díaz, L. (2009). *Ánálisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a Nuevo Terrapuerto de Piura*. Universidad de Piura.
- Global Mapping. (2024). *Topografía en obras viales*. Recuperado el abril de 2024, de Global Mapping: <https://globalmapping.biz/servicio/topografia-en-obras-viales/#:~:text=La%20topograf%C3%A3a%20en%20obras%20viales%20>

0es%20aquella%20que%20se%20ejecuta,entre%20otros%20elementos%20de%20referencia

González, L. N. (2001). *Estudios de Ingeniería de Tránsito*. [Tesis de pregrado, Universidad de Sonora, de México]. Archivo digital. <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/2369>

Grave, C. (26 de agosto de 2013). *La Cumbre pierde atractivo*. Prensa Libre. <https://www.prensalibre.com/ciudades/alta-verapaz/cumbre-pierde-atractivo-0-981501876/>

Guzmán, A. (05 de diciembre de 2015). *La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país*. Universidad de Piura. <https://www.udep.edu.pe/hoy/2015/12/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>

Herrera, J. (octubre de 2004). *Instituto Experimental de Educación Básica con Orientación Agropecuaria San Jerónimo, Baja Verapaz*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1254.pdf

Ingartek Consulting. (29 de septiembre de 2022). *¿Para qué sirve un estudio de tráfico para carreteras?* <https://www.ingartek.com/es/para-que-sirve-un-estudio-de-trafico-para-carreteras/>

Méndez, D. (2009a). *Maestría en vías terrestres propedéutico*. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/volumenes-ingenieria-de-transito.pdf>

Méndez, D. (abril de 2009b). *Volúmenes de ingeniería de tránsito*.
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/volumenes-ingenieria-de-transito.pdf>

Ministerio de Salud. (2013). *Criterios técnicos para identificación de puntos negros en la jurisdicción del distrito*.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/capacita/guia_ptos_negros.pdf

Ministerio de Transporte. (19 de septiembre de 2011). *Manual para estudios de origen y destino de transporte de pasajeros y mixto en áreas municipales, distritales y metropolitanas*.
<https://mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=4299>

Nájera, L. (2014). *Especificaciones técnicas para estudios topográficos en Guatemala*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3807_C.pdf

Nogueira, Á. (04 de mayo de 2017). *Funciones de la ingeniería vial*.
<https://eadic.com/blog/entrada/funciones-de-la-ingenieria-vial/>

Oliva, C. (Abril de 2021). *Diseño de un plan de gestión ambiental para San Jerónimo, Baja Verapaz*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/15977/1/Cristhian%20Jos%C3%A9%20Oliva%20Gonz%C3%A1lez.pdf>

Pérez, A., Camacho, F., y López, G. (s.f.). *Conflictos vehiculars*. Universitat Politècnica de València.

<https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/122617/P%C3%A9rez%3BCamacho%3BL%C3%B3pez%20-%20Conflictos%20de%20Tr%C3%A1fico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Permanent International Association of Road Congresses. (20 de octubre de 2016). *Explotación de la red vial y sistemas inteligentes de transporte. Conceptos Básicos de RNO*. <https://rno-its.piarc.org/es/conceptos-basicos-rno>

Quintero, J. (2011). Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte. *Revista Facultad De Ingeniería*, 20(30), 64-77.
<https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/1413/1408>

Rodríguez, Y., García, R., y Gálvez, L. (22 de diciembre de 2022). Procedimiento para determinar la velocidad promedio de viaje en carreteras rurales de dos carriles, Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 17(1), 1-12.
<https://www.redalyc.org/journal/1939/193974540002/html/#:~:text=Seg%C3%B3n%20el%20Manual%20de%20Trabajo,de%20no%20disponer%20del%20equipo.>

Tapia, J. G., y Veizaga, R. D. (2006). *Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Simón de Bolivia]. Archivo digital.
https://www.academia.edu/12633873/Apoyo_did%C3%A1ctico_para_la_ense%C3%B1anza_y_aprendizaje_de_la_asignatura_de_Ingenier%C3%ADa_de_Tr%C3%A1fico

Tax, Á. (diciembre de 2001). *El Trapiche de San Jerónimo*. Prensa Libre.

https://www.prensalibre.com/guatemala/trapiche-san-jeronimo-0_41396532/

Vialco. (2019). *Diseño de señalización vial*.

<https://www.vialcoingenieria.com/senalizacion-vial/>

Villegas, E. (19 de enero de 2017). *Estudios de ingeniería de tránsito*.

<https://prezi.com/gx26cnzw8k7t/estudios-de-ingenieria-de-transito/#:~:text=Los%20tipos%20de%20estudios%20que,realizados%20por%20ingenieros%20de%20transito.>

Yanaguaya, W. (2016). *Principios para el diseño de sistemas rotatorios*.

Universidad Mayor de San Andrés.

<https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-panama/composicion-y-teoria-del-color/principios-para-el-diseno-de-sistemas-rotatorios-ivc/93287358>