



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

**ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR E INICIATIVA DE SOLUCIÓN EN LA  
11 CALLE VISTA HERMOSA III, ZONA 15 CIUDAD DE GUATEMALA**

**Mario David Arriola Salazar**

Asesorado por la Mtra. Inga. Damaris Noemí Monzón Méndez

Guatemala, abril de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR E INICIATIVA DE SOLUCIÓN EN LA  
11 CALLE VISTA HERMOSA III, ZONA 15 CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

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

**MARIO DAVID ARRIOLA SALAZAR**

ASESORADO POR LA MTRA. INGA. DAMARIS NOEMÍ MONZÓN MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL 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**

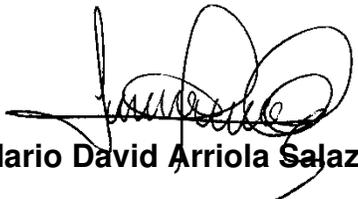
DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. José Mauricio Arriola Donis
EXAMINADOR	Ing. Yefry Valentin Rosales Juárez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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:

**ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR E INICIATIVA DE SOLUCIÓN EN LA  
11 CALLE VISTA HERMOSA III, ZONA 15 CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de noviembre 2022.



**Mario David Arriola Salazar**



**EEPFI-PP-1976-2022**

Guatemala, 12 de noviembre de 2022

**Director**  
**Armando Fuentes Roca**  
**Escuela De Ingeniería Civil**  
**Presente.**

**Estimado Mtro. Fuentes**

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

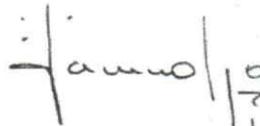
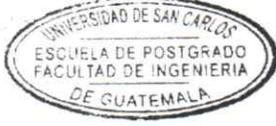
El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR E INICIATIVA DE SOLUCIÓN EN LA 11 CALLE VISTA HERMOSA III, ZONA 15 CIUDAD DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Planificación Operación y Mantenimiento - Propuestas para la ordenación, regulación y control del tráfico**, presentado por el estudiante **Mario David Arriola Salazar** carné número **201503891**, 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.

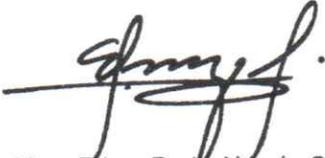
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para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

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Mtra. Damaris Noemi Monzón Méndez De Izic  
Asesor(a)  
**Damaris Noemi Monzón Méndez**  
MSc. EN INGENIERIA VIAL  
COLEGIADO No. 8,239

  
Mtro. Armando Fuentes Roca  
Coordinador(a) de Maestría  


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

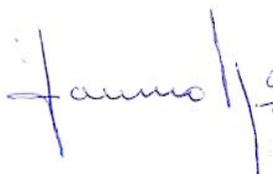




EEP.EIC.1621.2022

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 DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR E INICIATIVA DE SOLUCIÓN EN LA 11 CALLE VISTA HERMOSA III, ZONA 15 CIUDAD DE GUATEMALA** , presentado por el estudiante universitario **Mario David Arriola Salazar**, 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.155.2024

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: **ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR E INICIATIVA DE SOLUCIÓN EN LA 11 CALLE VISTA HERMOSA III, ZONA 15 CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Mario David Arriola Salazar** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.



Guatemala, abril 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: 155 CUI: 2745475890301

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 padre, mi guía, mi todo; gracias a sus infinitas bendiciones he logrado tener las fuerzas para lograr mis metas.

### **Mi madre**

Ana Noelia Salazar Mendoza de Arriola, por ser uno de mis grandes ejemplos, una de las personas que más admiro por su paciencia y apoyo que me brindó no solo durante mis años de estudiante, sino en todo momento.

### **Mi padre**

Jorge Mario Arriola Gordiano, por enseñarme que los sueños se trabajan día a día, por ser mi ejemplo de valores intachables y de esfuerzo constante y que gracias a su esfuerzo me permitió avanzar en mis estudios.

### **Mis hermanos**

José Emmanuel y Ana Sofía Arriola Salazar, por ser no solo mis hermanos sino mis amigos, les deseo lo mejor para sus vidas.

### **Mi abuelo**

Carlos Humberto Salazar, por ser un ejemplo de paciencia y de ayuda al prójimo sin recompensa alguna.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Dios**

Por darme los dones de sabiduría, perseverancia y gratitud en todo momento, por estar conmigo y mi familia en cada momento.

### **Mis padres**

Por su apoyo incondicional y amor que me han brindado a lo largo de mi vida y ser ejemplo de gratitud, honestidad y responsabilidad con las metas propuestas. Dios los guarde y bendiga siempre.

### **Mis amigos de la facultad**

Por haberme brindado su amistad y compañía durante nuestro proceso de formación profesional.

### **Ing. Damaris Monzón**

Por haberme brindado un acompañamiento con paciencia, tiempo y consejos durante la elaboración de este documento. Que Dios la bendiga a usted y a su familia.

### **Mi novia**

Por ser la persona que me alentó en todo este proceso y así finalizar esta meta que un día me propuse.

**Facultad de ingeniería**

Por darme la oportunidad de haber recibido en sus aulas una formación académica profesional y el día de hoy sentirme orgulloso de ser un ingeniero egresado de tan gloriosa facultad.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser el *alma máter* que me permitió formar mis estudios a nivel superior y vivir muchas experiencias que contribuyeron a mi vida y crecimiento personal. Grande entre las grandes.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1. Descripción del problema .....	7
3.2. Formulación del problema .....	8
4. JUSTIFICACIÓN .....	9
5. OBJETIVOS .....	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos .....	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Diferencia entre tránsito y tráfico .....	15
7.1.1. Tránsito.....	15
7.1.2. Tráfico.....	15
7.2. Generalidades del volumen vehicular.....	16
7.2.1. Volumen de tránsito.....	16
7.2.2. Unidades para medir el volumen vehicular.....	16

7.2.3.	Tránsito promedio diario TPD.....	17
7.2.4.	Tránsito promedio diario anual TPDA .....	17
7.2.5.	Tránsito promedio de hora pico.....	18
7.2.6.	Volumen de tránsito horario .....	19
7.3.	Congestionamiento vehicular .....	20
7.3.1.	Definición de congestionamiento vehicular .....	21
7.3.2.	Causas del congestionamiento vehicular .....	21
7.3.3.	Efectos del congestionamiento vehicular .....	23
7.4.	Intersecciones .....	24
7.4.1.	Definición de intersección.....	25
7.4.2.	Tipos de intersección .....	27
7.4.3.	Elección del tipo de intersección .....	30
7.5.	Plan de ordenamiento territorial (P.O.T.).....	33
7.5.1.	Conceptos generales .....	33
7.5.2.	Conceptualización del POT .....	34
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO .....	37
9.	METODOLOGÍA .....	41
9.1.	Enfoque.....	41
9.2.	Diseño de la investigación.....	41
9.3.	Alcances.....	42
9.4.	Variables e indicadores .....	42
9.4.1.	Variables independientes .....	42
9.4.2.	Variables dependientes .....	42
9.5.	Fases de la investigación .....	43
9.6.	Plan de muestreo .....	44
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	45

10.1.	Técnicas de análisis de información .....	45
10.2.	Técnicas cualitativas .....	46
10.3.	Técnicas de recopilación de datos .....	46
11.	CRONOGRAMA.....	49
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	51
	REFERENCIAS .....	55



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Esquema de solución.....	14
<b>Figura 2.</b>	Cronograma de actividades .....	49

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Presupuesto del estudio de inversión .....	54
-----------------	--	----



# 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes retos que tienen las ciudades en vías de desarrollo es tratar de garantizar que la movilidad de los habitantes sea lo más fluida posible, sin embargo, cuando no se tiene una planificación de las vías a largo plazo sucede que quedan obsoletas en tiempos muy cortos, provocando que se genere congestión vehicular. Por otra parte, cuando se tienen centros educativos, comercios, y centros de recreación sobre una vía se tiende a tener una mayor cantidad de vehículos en el área, lo cual de igual forma contribuye a que se genere congestión vehicular.

Este es el caso de la 11 calle de Vista Hermosa III de la Ciudad de Guatemala, ya que sobre esta calle se encuentran dos centros educativos contiguos que en los horarios de ingreso y salida de los estudiantes se llega a presentar un fuerte congestión vehicular en el área.

Dentro de la presente investigación se analizarán los factores que ocasionan el congestión vehicular en el área y con los resultados obtenidos se pretende proponer una solución que ayude a disminuir el congestión vehicular.

El diseño de esta investigación será no experimental debido a que no se necesitan ensayos de laboratorio para analizar la información que nos ayudará a realizar las propuestas que disminuyan el congestión vehicular del área.



## 2. ANTECEDENTES

Uno de los factores que influyen en la baja fluidez de los vehículos dentro de un centro educativo es la poca capacidad de espacios para parqueo dentro de las instalaciones para una cantidad determinada de usuarios, este es uno de los análisis que indican en el ensayo *¿Cómo resolver el congestionamiento vial en el campus universitario?* (Sagastume, 2021).

Otra alternativa que en muchos centros educativos han optado es el destinar un área para que los estudiantes puedan abordar y descender de los vehículos que los transportan, normalmente se destinan carriles auxiliares para poder brindar este servicio, el único inconveniente que este método presenta es el tiempo de espera que se requiere para que los estudiantes puedan abordar y descender de los vehículos, cuando el tiempo de espera es muy prolongado ocasiona que los demás vehículos se acumulen y esto provoca filas de vehículos en espera.

Según Bull (2003), una de las causas que genera congestión vehicular en las ciudades en vías de desarrollo es el creciente poder adquisitivo de las diversas clases socioeconómicas, así como el creciente mercado de los vehículos usados que ingresan al país y la escasa aplicación de políticas estructuradas para el buen funcionamiento del transporte público. Debido a ello es que la congestión se ha convertido en un flagelo para las ciudades industrializadas y en vías de desarrollo.

La Ciudad de Guatemala no es la excepción, ya que ha tenido un crecimiento acelerado en la expansión territorial ya que, si hacemos una

comparación, en el año 2,000 el área metropolitana de Guatemala tenía una extensión entre 22,500 y 35,000 hectáreas, pero según registros actuales se ha producido más suelo urbano que en los últimos 218 años de ocupación urbana desde que se fundó la ciudad luego del traslado, siguiendo el crecimiento espacial a un ritmo proyectado del 4.4 % anual. A raíz de este crecimiento acelerado y a falta de un control sobre las áreas utilizadas para vivienda, industria y comercio es que se decide realizar un plan de ordenamiento territorial (POT), en el cual pretende establecer zonas adecuadas para cada una de las actividades de la ciudad, manteniendo un equilibrio entre cada una de ellas (Municipalidad de Guatemala, 2004).

El objetivo del ordenamiento territorial era tener un mejor control de las zonas que se utilizarían para vivienda, industria, comercio y de la mano se pretendía tener un mejor control del tráfico vehicular, sin embargo, no ha sido posible mantener una calidad de vida para los habitantes de la ciudad debido a la centralización de los servicios públicos y privados, haciendo que habitantes del interior del país migren hacia la ciudad para obtener mejores oportunidades.

El principal generador de congestión vehicular es la cantidad de automóviles que circulan diariamente, esto se debe a que este es un medio de transporte seguro, cómodo y versátil para la movilidad de las personas; por otro lado, una de las desventajas es que en promedio dentro de un vehículo viajan 1.5 personas, mientras que dentro de un autobús viajan en promedio 45 personas; esto quiere decir que, aunque un autobús ocupe más espacio físico que un automóvil genera menos carga vehicular ya que circulan menos automóviles y se logra transportar un número mayor de personal (Thomson & Bull, 2001).

Una de las percepciones que se tiene de los autobuses es que debido a sus dimensiones son los ocasionadores del congestionamiento vehicular, sin embargo, si se aumentará la cantidad de autobuses y se redujera la cantidad de vehículos particulares se podría ver un cambio significativo en la reducción de la carga vehicular.

Según un estudio realizado por Gasteiz (2007), en la ciudad de Barcelona, España una de las acciones a tomar para mejorar la movilidad urbana se puede concentrar en cuatro puntos, los cuales son:

- Reorganización de la red para el vehículo privado, la cual se basa en una red de supermanzanas.
- Redefinición completa de la red de transporte público, con la incorporación de un sistema de transporte subterráneo.
- Consolidación de una red de carriles de bici carriles.
- Configuración de una red peatonal que permita conectar los principales puntos de interés de la ciudad.

En la publicación se indica que tomando como base esos cuatro ejes se espera que se mejore la movilidad urbana para brindar una mejor calidad de vida a los habitantes de la ciudad.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Descripción del problema**

En el constante crecimiento del parque vehicular que circula a diario dentro de la ciudad de Guatemala sobre todo en las horas pico, las calles y avenidas sobrepasan el límite para conducir el tránsito vehicular a una velocidad cómoda para los usuarios.

Este problema de movilidad se incrementa en zonas donde existen alta afluencia comercial o educativa como lo son los ingresos a centros comerciales, plazas recreativas, universidades, colegios, escuelas, entre otros.

Este es el caso de la 11 calle de Vista Hermosa III de la zona 15 de la Ciudad de Guatemala, ya que por dicha calle se encuentra ubicado el ingreso a la Universidad del Valle de Guatemala y Colegio Americano de Guatemala. Además, también se encuentran varios ingresos a residenciales privados que se unen a esta misma calle y contribuyen a que el tránsito sea pausado y lento.

De igual forma se une la 19 Ave que conecta con Ciudad Cayalá, por lo que en horas pico se vuelve un verdadero caos poder transitar por el sector ya que no existe ningún tipo de regulador vial que pueda ordenar los flujos vehiculares que circulan por dicha área.

### 3.2. Formulación del problema

A continuación, se presentan las preguntas que nos ayudarán a entender el problema a estudiar.

- Pregunta central:

¿Cómo mejorar la fluidez vehicular en el ingreso a la Universidad del Valle de Guatemala y Colegio Americano de Guatemala?

- Preguntas auxiliares:
  - ¿Qué factores son los que provocan que se genere congestión vehicular en el ingreso de dichos establecimientos?
  - ¿Es factible obtener derechos de vía en dicha zona?
  - ¿Cuál será el costo estimado al desarrollar un método para disminuir el congestión vehicular en dicha zona?

## **4. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente en el sector de la 11 calle de Vista Hermosa III se tiene un inconveniente con la afluencia vehicular que sobrepasa la capacidad de la vía, esto a causa de los vehículos que se quedan detenidos en el ingreso al Colegio Americano generando largas filas de vehículos que salen de las colonias Lomas de Ciudad Vieja I y II, así como de los residenciales que se encuentran en el sector.

De igual forma los vehículos que van hacia el lado contrario, es decir, que van hacia la Universidad Rafael Landívar o hacia las colonias Lomas de Ciudad Vieja I y II se ven afectados por este conflicto.

Esto genera estrés a los usuarios que utilizan dicha ruta para dirigirse hacia el lugar de trabajo o hacia un centro educativo fuera de la zona, también se genera pérdida de tiempo al permanecer demasiado tiempo dentro de una misma área, así como irritación y malestar a los automovilistas por transitar en dicho sector.

Debido a esto y con el fin de poder contribuir a la reducción del congestionamiento vehicular sobre la 11 calle de Vista Hermosa III se plantea realizar un análisis para poder determinar las causantes de tal situación y así poder realizar recomendaciones para una posible solución a dicho problema que afecta a dicho sector de la Ciudad de Guatemala.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Determinar los factores que provocan el congestionamiento vehicular para implementar una propuesta que disminuya el congestionamiento en el área de estudio.

### **5.2. Específicos**

1. Determinar los factores que provocan que se genere congestionamiento vehicular en los ingresos a dichos centros educativos.
2. Analizar la factibilidad de adquirir derechos de vía en la zona.
3. Determinar el costo estimado de la propuesta de solución para disminuir el congestionamiento vehicular en dicha zona.



## 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Uno de los principales retos de las ciudades es poder brindarles a los habitantes una movilidad fluida y con la menor cantidad de tiempo de espera durante su movilización de un punto A hacia un punto B, por lo que la necesidad a cubrir con este trabajo de investigación es reducir el congestionamiento vehicular en el área de interés.

Para poder realizar el siguiente trabajo de investigación se propone el siguiente esquema de trabajo investigativo.

- Diagnóstico: se observará la situación vehicular y su comportamiento durante el día para poder identificar los horarios de mayor conflicto, tomando en cuenta la metodología y los recursos a emplearse, los cuales se mencionan en el presupuesto, personal, entre otros.
- Análisis: se establecerán los factores prioritarios para mejorar la vialidad en el área a través de los datos vehiculares obtenidos. También se analizarán los resultados de los conteos vehiculares y los diferentes escenarios que puedan mejorar la circulación en el área.
- Propuesta: según los resultados obtenidos del análisis se desarrollarán las propuestas a corto, mediano y largo plazo que puedan generar un alivio al tránsito vehicular en el área de interés.

**Figura 1.**  
*Esquema de solución*



*Nota.* Esquema de solución de la investigación. Elaboración propia, realizado con Word.

## **7. MARCO TEÓRICO**

A continuación, podremos encontrar los conceptos necesarios para poder interpretar y entender el problema que se busca mitigar.

### **7.1. Diferencia entre tránsito y tráfico**

Existen dos términos que se utilizan cotidianamente para referirse al movimiento de vehículos sobre una calle o carretera, por una parte, se tiene la palabra “tránsito” y por otra parte se tiene la palabra “tráfico”. Dichas palabras tienden a utilizarse como sinónimas sin antes saber su significado.

#### **7.1.1. Tránsito**

Según la Real Academia Española, tránsito se refiere a la “actividad de personas y vehículos que pasan por una calle, una carretera, entre otros” (Real Academia Española, s.f., párr. 1).

#### **7.1.2. Tráfico**

Según la Real Academia Española (s.f.), tráfico se refiere a “circulación de vehículos” (párr. 2).

Otra definición es “movimiento o tránsito de personas, mercancías, entre otros, por cualquier medio de transporte”. (Real Academia Española, s.f., párr. 3).

Por lo tanto, cuando se habla de tránsito se está refiriendo a la actividad de personas y vehículos que pasan por una calle, una carretera, un camino, entre otros. Es decir, que existe una movilidad debido a la actividad que cada persona realiza en su día a día. Por otra parte, cuando se habla de tráfico se está refiriendo al movimiento de personas y mercancías por cualquier medio de transporte, por lo que en este término se contempla la movilidad no solo de personas si no también el de mercadería.

## **7.2. Generalidades del volumen vehicular**

Al realizar análisis de flujos vehiculares se puede entender el comportamiento y las características del tránsito vehicular de un área en particular. Con la ayuda de otras ciencias como lo son la física y las matemáticas, el análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, pudiendo determinar velocidades, tipos de vehículos, cantidad de giros, entre otros. Todos estos análisis nos ayudan a determinar el nivel de eficiencia de operación de la vía (Mozo, 2011).

### **7.2.1. Volumen de tránsito**

Refiriéndose a vehículos se puede definir como el número de vehículos que transitan por un punto en específico de una calzada o un camino durante un periodo de tiempo determinado. Su unidad de medida es “cantidad de vehículos por unidad de tiempo” (Gramajo, 2014, p. 35).

### **7.2.2. Unidades para medir el volumen vehicular**

Dentro de la realización de un conteo vehicular se toman en cuenta toda clase de vehículos: automóviles, buses, camiones, bicicletas, motocicletas y

peatones. Pero con el objetivo de simplificar la nomenclatura dentro de este trabajo de investigación se entenderá que volumen se refiere únicamente a vehículos. Existen varias dimensionales para clasificar los volúmenes realizados, estos están en dependencia de la duración del tiempo en que se requiera dicho análisis, dentro de los más utilizados tenemos los siguientes volúmenes de tránsito (Gramajo, 2014).

- Volumen horario: vehículos / hr
- Volumen diario: vehículos / día
- Volumen semanal: vehículos / sem
- Volumen anual: vehículos / año.

### **7.2.3. Tránsito promedio diario TPD**

Según Gramajo (2014), indica que los estudios de tránsito promedio diario son normalmente usados para realizar trabajos de planeación y lo define como el número total de vehículos que circulan durante un periodo dado, que en este caso se trata de días completos igual o menor a un año y mayor que un día dividido entre el número de días del periodo.

### **7.2.4. Tránsito promedio diario anual TPDA**

La unidad de medida más utilizada para realizar estudios de tránsito sobre una carretera es el volumen del tránsito promedio diario anual (TPDA), el cual según la Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA] (2011), define como el volumen total durante un periodo determinado de tiempo (en general días), mayor que un día y menor o igual que un año, dividido por el número de días comprendido en ese periodo de tiempo.

El conocer la cantidad promedio de vehículos que circulan por un punto en un lapso de un año nos puede ayudar en como base para varios propósitos, como por ejemplo justificar los gastos propuestos para el mantenimiento de una carretera, así como diseñar elementos estructurales de la misma. Sin embargo, para el diseño geométrico de carreteras no es apropiado debido a que se trata de una medida proyectada, se podrá hacer uso de esta medida para realizar diseños geométricos de carreteras colectoras o calles con relativamente bajos volúmenes de tránsito (SIECA, 2011).

#### **7.2.5. Tránsito promedio de hora pico**

Debido a que el TPDA es una medida muy genérica de la intensidad del tránsito a lo largo de un día, es necesario tomar en cuenta las variaciones extremas que se pueden registrar en el movimiento de vehículos a lo largo de las veinticuatro horas del día, esto se realiza para seleccionar las horas de máxima demanda que requerirá la vía, por lo que se toma como base más apropiada para el diseño geométrico de las carreteras (SIECA,2011).

Lo que nos quiere dar a entender este tipo de análisis es que debido a que el TPDA toma datos muy generales sobre la intensidad del tránsito a lo largo de un día, no se puede tomar como referencia para el diseño de una carretera y es donde surge la necesidad de determinar cuál será la mayor cantidad de vehículos que circularan sobre la vía durante un tiempo en específico.

Lo que nos quiere dar a entender SIECA (2011), es que el tránsito de la hora pico es necesario conocerlo para referir el diseño no a la hora máxima que se registra en un año ni a la hora promedio, sino a una hora intermedia que admita cierto grado de tolerancia a la ocurrencia de demandas horarias extremas que pueden quedar con menores niveles de comodidad para la conducción eficiente.

### **7.2.6. Volumen de tránsito horario**

El volumen de tránsito horario representa la demanda del tránsito en el punto de estudio y corresponde a la capacidad de la vía que se desea analizar. El realizar el análisis de los volúmenes de tránsito horarios podremos proyectar detalles geométricos de la vía, también podremos efectuar análisis de circulación y regular el tránsito (Gramajo, 2014).

A continuación, se definen los volúmenes de tránsito horarios más utilizados, tomando como base en la hora seleccionada.

- Volumen horario máximo anual (VHMA)

Según Maquera (2019), el volumen horario máximo anual es el máximo volumen horario que ocurre en un punto de una calzada durante un año determinado. Dicho de otra manera, es la hora de mayor volumen de las 8,760 horas del año.

- Volumen horario de máxima demanda (VHMD) o Volumen de hora pico (VHP)

Este es uno de los análisis que tienen mayor impacto a la hora de realizar un diseño geométrico de una carretera, Maquera (2019), lo define como el máximo número de vehículos que pasan por un punto durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

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

Se trata del volumen horario que ocurre en un punto durante un año determinado, que es excedido por 9, 19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina volumen horario de la 10ava, 20ava y 30ava hora de máximo volumen. (Maquera, 2019, p. 30)

- Volumen horario de proyecto (VHP)

Este es el volumen de tránsito horario que servirá de base para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. Dentro de este análisis no se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año, ya que exigiría inversiones demasiado costosas, por lo que se presenta un volumen horario que pueda dar un número máximo de veces en el año. (Maquera, 2019, pp. 30-31)

### **7.3. Congestionamiento vehicular**

Uno de los retos que presentan las grandes ciudades es generar la movilidad fluida de sus habitantes consiguiendo así una calidad de vida estable, sin embargo, debido al incremento de la población y a su vez el incremento del parque vehicular, las vías destinadas para la movilidad se ven afectadas superando su capacidad de diseño inicial provocando que el tiempo de movilización se eleve considerablemente y genere malestar a los automovilistas que circulan por dicha vía.

### **7.3.1. Definición de congestamiento vehicular**

La causa fundamental de la congestión es la fricción entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, entre otros. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. (Thomson & Bull, 2001, p. 8)

### **7.3.2. Causas del congestamiento vehicular**

El problema del congestamiento vehicular según Martínez (2016), es consecuencia que durante las últimas décadas se ha privilegiado el diseño de las vías hacia el automóvil, generando más proyectos para aumentar su infraestructura pensando que así se va a solucionar el problema.

Es por ello que Martínez (2016), considera siete factores que causan el congestamiento vehicular dentro de una ciudad.

- La capacidad vial está sobrepasada: las calles fueron diseñadas para recibir una capacidad de autos en particular, pero cuando esta cantidad se excede, las calles colapsan de manera inmediata.
- No existen alternativas reales a conducir: en los sectores donde no existe servicio de transporte público o es escaso debido a que se encuentran

alejados de los centros urbanos, los habitantes son más dependientes de los automóviles particulares para transportarse y desarrollar sus rutinas.

- Peajes en efectivo: el sistema de pago televía es destacado no solo porque permite evitar los tiempos de viajes y los accidentes, principalmente choques por alcance, sino porque permite evitar un 20 % de las emisiones contaminantes en comparación con los pagos en efectivo.
- La conducta de los automovilistas: crear condiciones para que los conductores transiten a una velocidad adecuada es posible con la instalación de resaltos en la calzada. Estas pequeñas intervenciones traen grandes beneficios, entre ellos, evitar el riesgo de accidentes, reducir las emisiones contaminantes y una gran regulación dinámica del tráfico.
- No se prioriza el transporte público: en muchas ciudades los buses del transporte público deben circular junto con los vehículos particulares, a pesar de que llevan a muchos más pasajeros. Esto ocasiona que debido al mayor tamaño de las unidades se necesite mucho más espacio dentro de las filas.
- Los semáforos no están optimizados: una causa de la congestión está dada por los semáforos que no están coordinados para ajustarse en tiempo real permitiendo así la óptima movilización.
- Automovilistas que buscan dónde estacionar: está comprobado que un 30 % de los automóviles que son parte de una fila de espera están buscando un estacionamiento. Nuevamente en Los Ángeles destaca una medida aún en fase piloto en la que, si bien no se eliminan los estacionamientos en superficie, algo que si están haciendo otras ciudades busca desincentivar

el uso de este medio de transporte. Esta consiste en aplicar una tarifa dinámica en el costo de los estacionamientos para que entre un 10 % y 30 % de estos se mantengan libres durante el día.

Como conclusión diremos que, en base a las siete razones descritas por Martínez en su publicación, los problemas de congestión vehicular en las ciudades se deben a que la infraestructura se prioriza para los automóviles y no para generar sistemas de transporte eficientes que hagan que los habitantes decidan utilizar el transporte público antes que sus vehículos particulares.

### **7.3.3. Efectos del congestionamiento vehicular**

Los efectos del congestionamiento vehicular abarcan a todos los habitantes de una ciudad, ya que de una u otra manera todos son perjudicados por los embotellamientos y retrasos en la movilidad dentro de una ciudad.

Algunos de los efectos causados por el congestionamiento vehicular son:

- El incremento del costo de vida
- Contaminación ambiental
- Oportunidad para el crimen
- Disminuye la productividad laboral
- Causa estrés y problemas de salud

Cuando se habla de riesgos para la salud asociados al tráfico siempre nos centramos en las muertes y discapacidades asociados a los accidentes de circulación. Sin embargo, estudios realizados en varios países de la Comunidad Europea demuestran que la contaminación producida por el

tráfico es responsable de más muertes que las producidas por los accidentes. (Madrid salud, 2018, párr. 1)

La contaminación causada por la acumulación de vehículos es un problema que afecta directamente sobre todos los habitantes de una ciudad debido a que quedan inmersos dentro de una especie de atmósfera llena de gases nocivos, a raíz de esto los habitantes están propensos a padecer con más frecuencia de enfermedades respiratorias, problemas de ojo seco, así como el hecho de poder desarrollar algún tipo de cáncer con el pasar de los años.

Otro problema a la salud que es causante por el congestionamiento vehicular es el ruido, ya que con la acumulación de vehículos la cantidad de decibeles que, ocasionados por las bocinas de los automóviles, el ruido de los motores encendidos y en ocasiones el ocasionado por los silbatos de los agentes reguladores de tránsito pueden ocasionar problemas en la audición.

En relación al ruido, un estudio realizado por el Instituto del Ruido de Londres demuestra que el 80 % del producido en las grandes ciudades se debe al tráfico rodado de vehículos a motor y en Madrid, es la variable ambiental que presenta mayor asociación con los ingresos hospitalarios según diversos estudios realizados. (Madrid salud, 2018, párr. 7)

#### **7.4. Intersecciones**

En el siguiente apartado se brindarán los conceptos de intersecciones, tipos de intersecciones y las consideraciones necesarias para definir el tipo de intersección a elegir en el lugar de conflicto.

#### **7.4.1. Definición de intersección**

Una intersección vial hace referencia a aquellos elementos de la infraestructura vial donde se cruzan dos o más caminos en un punto. Dichas infraestructuras permiten a los conductores el intercambio entre caminos y de destinos, estos cruces de caminos se pueden dar con una intersección a nivel o con una intersección a desnivel.

Según una publicación realizada por Pinos Mata (s.f.), una intersección es el área donde se encuentran dos o más vías en las que se producen movimientos de tráfico, de igual manera expone que una intersección es la parte más importante de la red vial urbana, ya que permite controlar la seguridad, el costo de operación, la eficiencia y la velocidad de circulación sobre una vía.

Otro punto que debemos de tomar en cuenta es la seguridad en las intersecciones y esta depende en gran medida de su percepción por los usuarios, de la facilidad con que la geometría y el funcionamiento de la misma es percibida desde lejos y en sus proximidades, a su vez estas deben ser comprendidas por automovilistas y peatones.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta en el diseño de una intersección es la velocidad de circulación y su entorno debe reflejarse en su geometría, por otra parte, debe ser complementada por una señalización clara y concisa. (SIECA, 2011, p. 163)

Dentro del área de una intersección, se realizan maniobras de separación, integración y cruce, a las cuales se deben añadir las maniobras de entrecruzamiento. Por lo que todas estas maniobras son fuente de conflictos, no sólo para el conductor que realiza la maniobra misma, sino que puede abarcar también a otros vehículos que se aproximan a la zona de conflicto (SIECA, 2011).

La separación de un flujo es la maniobra más sencilla y, por lo tanto, la menos conflictiva de las que se realizan en una intersección. El área de conflicto comienza en el punto donde se reduce la velocidad del vehículo que se separa de la corriente, afectando al vehículo que va detrás de él a distancia prudencial, hasta que completa la maniobra.

La integración hacia un flujo no puede realizarse a voluntad del conductor, sino que debe ser diferida hasta que exista un espacio adecuado entre dos vehículos que circulen por el carril al cual se va a incorporar. El área de conflicto se extiende hasta donde el vehículo que se integra alcanza la velocidad de la corriente del tránsito en dicho carril.

Bajo la denominación de entrecruzamiento se identifica el cruce de dos corrientes de tránsito que circulan en un mismo sentido y que se efectúa mediante sucesivas maniobras de incorporación y separación. La zona de entrecruzamiento la constituye un camino de un sentido de circulación, cuya longitud y ancho determina la posibilidad de que en forma

segura se realicen las maniobras de convergencia en un extremo y de divergencia en el extremo opuesto. (SIECA, 2011, p. 164)

#### **7.4.2. Tipos de intersección**

Según SIECA (2011), las intersecciones en general se clasifican de la siguiente manera, mencionadas en orden creciente de importancia y complejidad en su diseño.

- 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: este es el tipo de intersecciones más utilizadas en el diseño de cruces de carreteras que se vienen utilizando desde hace mucho tiempo. Hoy en día, continúan siendo el tipo de intersección más común en áreas urbanas, suburbanas y rurales de Centroamérica, sin embargo, están siendo sustituidas de manera gradual y quizá un poco lenta por otros tipos de intersecciones más complejas (SIECA, 2011).
  
- Consideraciones sobre las intersecciones semaforizadas: este es el tipo de regulación de intersecciones más común en las ciudades urbanas en todo el mundo según la cantidad de vehículos que circulan diariamente. Según SIECA (2011), las intersecciones semaforizadas presentan las siguientes ventajas.

- Proporcionan unas reglas simples y universales para el paso de vehículos.
- Pueden adaptarse a través de modificaciones del ciclo y fases de los semáforos a distintas condiciones de tránsito.
- Facilitan el paso de peatones, otorgándoles tiempo propio dentro del ciclo usual de los semáforos.
- Su ocupación de superficie es mínima, donde usualmente el valor del terreno es alto y grandes las limitaciones para su adquisición.
- Permiten la coordinación de los recorridos principales mediante la coordinación de los semáforos en cascada, para mayor efectividad de la circulación del tránsito.
- Se integran bien en la textura urbana.

De igual manera sus desventajas más claras según SIECA (2011), son:

- Aumentan los tiempos inútiles de espera donde se presentan condiciones de escasa o nula circulación durante prolongados periodos.
- Requieren un mantenimiento continuo y complejo si forman parte de una red centralmente operada por computadoras.
- Su complejidad aumenta notablemente si se trata de asegurar todos los movimientos en la intersección y, en concreto, los giros a la

izquierda. Estos últimos entran en conflictos con los pasos de peatones.

- No permiten el cambio de sentido.

Por lo que tomando en cuenta las ventajas y desventajas que presentan las intersecciones semaforizadas, y según la experiencia internacional sobre este tipo de operación, resultan adecuadas su implementación siempre y cuando se realicen mejoras con el tiempo con el fin de ir eficientando los tiempos de espera y generar mejor movilidad.

Otros aspectos que debemos de tomar en cuenta a la hora de decidir implementar un sistema de semáforos según SIECA (2011), son.

- Cuando la visibilidad es insuficiente o se plantean problemas de peligro para los peatones, por dificultades de comprensión de la intersección.
- Cuando existe una afluencia peatonal importante (superior a los 100 peatones por hora, para un tránsito rodado de 100 vehículos por hora, o de 250 peatones por hora para un tránsito de 600 vehículos por hora) o una fuente focal de peatones importante (escuelas, hospitales, centros comerciales, entre otros).
- A partir de ciertos umbrales de tránsito en las vías confluyentes, que pueden establecerse en mínimos en torno a los 350 vehículos por hora en cada una.
- Cuando se pretenda regular el régimen y la velocidad de la circulación, con objeto de reducir el impacto en el entorno.

- Como una norma general, para que un semáforo sea por los automovilistas, debe responder a una verdadera necesidad que sea claramente perceptible. La tendencia a no respetar los semáforos se agudiza cuando los conductores comprueban que son escasas las personas o vehículos que atraviesan la intersección.
- Cuando se proyectan intersecciones operadas con semáforos sobre un trayecto suburbano, debe estudiarse la supresión de algunos movimientos en algunas de ellas, en particular los giros a la izquierda, para simplificar su funcionamiento.

#### **7.4.3. Elección del tipo de intersección**

Para realizar el proceso de selección del tipo de intersección a utilizar, existen aspectos generales que debemos de considerar, donde el proceso de estudio podría incorporar las siguientes fases.

- Un estudio del tránsito de vehículos en la intersección, actuales y proyectados, que incluya volúmenes por acceso, movimientos direccionales, distribución horaria y datos en hora pico y composición del tránsito por tipos de vehículos.
- Estudios especiales del movimiento peatonal, donde el caso lo justifique.
- Definición previa de los objetivos de la intersección en relación al funcionamiento de la carretera.

En una intersección común de cuatro ramales o accesos y circulación en ambos sentidos, se eleva a 32 el número de puntos de conflicto,

reduciéndose dicho número a 8 cuando se presenta la misma condición anterior, pero bajo el control de semáforos que operan en un ciclo de dos fases y cada una con giro izquierdo permitido. El número de conflictos se reduce aún más, a un total de 5, cuando los cuatro accesos operan con un solo carril de un sentido de circulación. En una intersección en T ósea con tres ramales y circulación en ambos sentidos, el número de conflictos potenciales se eleva a un total de 9. En una intersección de seis ramales y circulación en ambos sentidos, afortunadamente poco usual, se eleva a un total de 172 los puntos de posible conflicto. (SIECA, 2011, p. 169)

El tipo de intersección a escoger dependerá de la cantidad de vehículos que transiten por dicho punto, la velocidad promedio a la que operan los diferentes ramales, el entorno en el que se encuentre el punto de conflicto, la factibilidad de obtener los derechos de vía, entre otros.

- Las intersecciones en T

Este tipo de intersecciones sin canalizaciones son las más comunes.

En situaciones de alta velocidad y significativos volúmenes de giros, se necesita mayor área para la maniobrabilidad de los vehículos, motivo por el cual se utilizan carriles auxiliares que aumentan la capacidad y seguridad de los vehículos que giran a la derecha o a la izquierda. Cuando existe presencia de vehículos lentos, los carriles auxiliares permiten al tránsito directo o de frente, maniobrar con facilidad para evitar dificultad.

Existen diferentes tipos de configuraciones geométricas que contribuyen a mejorar el funcionamiento de estas intersecciones a nivel, utilizando el recurso de semaforizarlas, canalizarlas y operarlas sin canalización alguna, lo cual depende de las condiciones de los volúmenes de tránsito, de consideraciones económicas y de los aspectos ambientales.

Las intersecciones de cuatro accesos o ramales, que pueden ser canalizadas o no, siguen los mismos principios generales y enfrentan la misma situación de tránsito que las intersecciones de tres accesos o en T. (SIECA, 2011, p. 170)

- Las intersecciones de cuatro ramales

Las intersecciones sencillas de cuatro ramales resultan apropiadas para cruces de caminos de bajos volúmenes de tránsito, también son apropiadas para caminos de poco tránsito que interceptan carreteras de mucho volumen, pero donde las maniobras de giro son de menor significación relativa.

Una intersección con isletas en los cuatro cuadrantes es adecuada para los sitios donde haya suficiente espacio disponible y elevados volúmenes de tránsito de giro, particularmente en áreas suburbanas donde la presencia de peatones puede ser importante. (SIECA, 2011, p. 172)

Las intersecciones más comunes son las mencionadas anteriormente, de tres ramales o en T y las de cuatro ramales, existen otros tipos de intersecciones más complejas sin embargo son muy poco probables que se lleguen a presentar.

## **7.5. Plan de ordenamiento territorial (P.O.T.)**

A continuación, se describe que es un plan de ordenamiento territorial y el por qué es necesario su implementación dentro de una ciudad.

### **7.5.1. Conceptos generales**

Según la Federación Nacional de Comerciantes Empresarios (2013), el plan de ordenamiento territorial es una herramienta de planeación para el desarrollo físico del territorio de una ciudad ya que en base a ciertas necesidades que vaya requiriendo la ciudad así será la distribución de los espacios para tratar de mantener un orden en general. Por otra parte, un POT se puede definir como un conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo.

La idea de realizar y planificar un POT para una ciudad es precisamente el poder crecer ordenadamente de tal manera que los recursos existentes puedan ser aprovechados de manera eficiente y puedan ser utilizados para el desarrollo de la comunidad y que dichos recursos puedan ser sostenibles a lo largo del tiempo.

El plan de ordenamiento territorial POT como un cuerpo normativo básico de planificación y regulación urbana las cuales están formadas por normas

técnicas, legales y administrativas que la municipalidad establece para regular y orientar el desarrollo de su territorio.

El POT se basa en la categorización del territorio en zonas generales que van de lo rural a lo urbano, tomando en consideración la oferta de transporte para determinar las intensidades de construcción y reduciendo la misma en zonas ambientales valiosas y de alto riesgo.

### **7.5.2. Conceptualización del POT**

Para poder conceptualizar y poder desarrollar las directrices que se deberán de seguir en el ordenamiento territorial de una ciudad es necesario conocer e identificar cuáles son las áreas de potencial crecimiento poblacional, ya que ese será el punto de partida para poder realizar los análisis de crecimiento poblacional y este será la base para realización del plan de ordenamiento territorial y poder optimizar los recursos.

Como primer paso en la formulación del POT por parte de la unidad Plan de Desarrollo Metropolitano, se definieron en 2004 los diez objetivos básicos que debía cumplir el POT, esto para dejar bien claro el sentido que se debía de seguir.

En su momento se consideraron diez objetivos que el plan de ordenamiento territorial debería de cumplir para el municipio de Guatemala, por lo que la dirección de planificación urbana de la Municipalidad de Guatemala, establecieron los siguientes objetivos.

- Incentivar acceso a la vivienda y diversidad en la oferta de la misma.
- Promover altas intensidades de construcción donde exista una adecuada oferta de transporte.

- Limitar construcciones en zonas de alto riesgo y proteger zonas naturales e históricamente valiosas.
- Garantizar la participación ciudadana en el ordenamiento territorial local.
- Garantizar la compatibilidad entre edificaciones y usos de inmuebles cercanos.
- Incentivar usos del suelo mixtos.
- Crear espacios públicos con alta vitalidad urbana.
- Promover una red vial interconectada.
- Dar certeza al propietario y al inversionista, promoviendo además las prácticas urbanísticas deseadas a través de incentivos.
- Asegurar los recursos necesarios para la inversión municipal.

El principal problema que afrontará el municipio de Guatemala en el futuro próximo según la Municipalidad de Guatemala, es la reducción de la población que vive en su territorio ya que tiene implicaciones negativas desde la perspectiva económica y ambiental, pero principalmente social para el municipio. Sin embargo, no solo se trata de un tema orden cuantitativo, sino cualitativo en el sentido de proveer distintas opciones de vivienda, por lo que es parte de los objetivos del POT incentivar la mezcla de viviendas de distinto tamaño dentro de cada proyecto individual.

Lo que quiere dar a entender lo descrito anteriormente es que originalmente se planteó que los espacios de suelo fueran ocupados por tipos de vivienda mixta, esto para proveer distintos tipos de vivienda para que se puedan adaptar al estilo de vida de cada uno de los diferentes núcleos sociales de la ciudad.

Recurrentemente los vecinos manifiestan su inconformidad por los efectos negativos de usos del suelo relativamente fuertes (comercio, oficinas, escuelas,

entre otros) sobre usos débiles (vivienda, hospitales, entre otros). El ruido, el tráfico, el tamaño de las edificaciones, la contaminación visual son solo algunas de estas externalidades negativas que el POT tiene que regular y controlar para permitir la convivencia armónica entre distintos usos.

Aunque pareciera que el mezclar los usos de suelo relativamente fuertes con los más débiles no es una buena idea, existen dos razones para realizar este tipo de combinación; La primera razón es porque se garantiza que a lo largo de las distintas horas del día siempre haya actividad urbana en todos los barrios y zonas, reduciendo así el tiempo de zonas muertas que invitan a la inseguridad y el vandalismo.

La segunda razón es que al existir una variedad de usos del suelo puede eliminar la necesidad de realizar largos viajes que requieran algún tipo de vehículo motorizado, pudiendo sustituirse por viajes a pie, en bicicleta o en transporte colectivo. Lógicamente el objetivo no es provocar la mayor variedad en todas partes, sino normalizar los desbalances más obvios que existen en la ciudad, particularmente atrayendo vivienda a donde ahora no la hay y empleo/educación a donde escasean.

El hecho de tener zonas con mayor afluencia de personas también implica que existirá una mayor afluencia de vehículos de todo tipo, por lo que el fin es tener una red vial interconectada que forme una ciudad virtual separada entre sí entre 1,000 y 2,000 m. Estas dimensiones no son coincidencia, pues permiten incluir en su interior barrios de tamaño adecuado, que permiten distancias que un peatón está dispuesto a caminar. Esta red vial primaria, cuyos ejes en su mayoría atravesarían todo el municipio, permitirían que los viajes interzonales se realicen fuera de los barrios y con una multiplicidad de opciones de elección de ruta.

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO: GENERALIDADES

#### 1.1. Definiciones

##### 1.1.1. Diferencia entre tránsito y tráfico

###### 1.1.1.1. Tránsito

###### 1.1.1.2. Tráfico

##### 1.1.2. Generalidades del volumen vehicular

###### 1.1.2.1. Volumen de tránsito

###### 1.1.2.2. Unidades para medir el volumen vehicular

###### 1.1.2.3. Tránsito promedio diario TPD

###### 1.1.2.4. Tránsito promedio diario anual TPDA

###### 1.1.2.5. Tránsito de hora pico

###### 1.1.2.6. Volumen de tránsito horario

###### 1.1.2.6.1. Volumen horario máximo anual (VHMA)

- 1.1.2.6.2. Volumen horario de máxima demanda (VHMD) o volumen de hora pico (VHP)
    - 1.1.2.6.3. Volumen horario de proyecto (VHP)
  - 1.1.3. Congestionamiento vehicular
    - 1.1.3.1. Definición de congestionamiento vehicular
    - 1.1.3.2. Causas del congestionamiento vehicular
    - 1.1.3.3. Efectos del congestionamiento vehicular
  - 1.1.4. Intersecciones
    - 1.1.4.1. Definición de intersección
    - 1.1.4.2. Tipos de intersección
    - 1.1.4.3. Elección del tipo de intersección
      - 1.1.4.3.1. Las intersecciones en T
      - 1.1.4.3.2. Las intersecciones de cuatro ramales
  - 1.1.5. Plan de ordenamiento territorial (POT)
    - 1.1.5.1. Conceptos generales
    - 1.1.5.2. Conceptualización del POT
- 2. ESTUDIO DE TRÁNSITO DEL ÁREA
  - 2.1. Localización del área
  - 2.2. Ubicación del área a analizar
  - 2.3. Metodología de aforo
    - 2.3.1. Tipo de estaciones utilizadas
    - 2.3.2. Ubicación de los aforos realizados
- 3. RESULTADOS ESPERADOS
  - 3.1. Digitación de los datos obtenidos de los aforos realizados

- 3.2. Cálculo de fórmulas
  - 3.2.1. Volumen de tránsito
  - 3.2.2. Tránsito promedio diario semanal (TPDS)
  - 3.2.3. Volumen horario máxima demanda (VHMD)
  - 3.2.4. Factor de hora pico
  - 3.2.5. Velocidad promedio de viaje
  - 3.2.6. Velocidad de flujo libre
  - 3.2.7. Densidad
  - 3.2.8. Tasa de flujo ( $q$ )
  - 3.2.9. Flujo vehicular
  - 3.2.10. Capacidad
  - 3.2.11. Nivel de servicio
  - 3.2.12. Proyecciones

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- 4.1. Interpretación de resultados
- 4.2. Propuestas de solución

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS



## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Enfoque**

El enfoque de esta investigación es mixto porque recolecta, analiza y unifica los datos cuantitativos y cualitativos que ayudarán a identificar los factores que proporcionen una mejora a la movilidad y ayuden a disminuir el congestionamiento vehicular en la 11 calle de Vista Hermosa III de la Ciudad de Guatemala.

- Cuantitativo porque utiliza la medición y recolección de datos para identificar los diferentes flujos vehiculares que circulan sobre la 11 calle de Vista Hermosa III de la Ciudad de Guatemala.
- Cualitativo porque se realizan consultas y se revisan documentos y archivos sobre los antecedentes del problema, también se realizan consultas sobre los planes de urbanización original del sector dentro del POT de la Municipalidad de Guatemala.

### **9.2. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es de forma no experimental debido a que no se requieren ensayos de laboratorio para analizar la información obtenida. El procedimiento consiste en recolectar la información de campo a través de consultas bibliográficas y por medio de un conteo vehicular en diversos horarios para obtener un TPDA actualizado que nos ayude a identificar las variables o indicadores que describan al problema.

### **9.3. Alcances**

Determinar los factores que provocan el congestionamiento vehicular en la 11 calle Vista Hermosa III, Zona 15 de la Ciudad de Guatemala y de esta manera proponer una iniciativa de solución para mejorar la movilidad por dicha calle en los horarios de mayor afluencia vehicular.

### **9.4. Variables e indicadores**

Para identificar los factores que causan el congestionamiento vehicular en la 11 calle Vista Hermosa III, Zona 15 de la Ciudad de Guatemala se consideran las siguientes variables:

#### **9.4.1. Variables independientes**

- Rutas alternas
- Ubicación de las instituciones educativas (UVG, CAG)
- Acceso a residenciales cercanas

#### **9.4.2. Variables dependientes**

- Aforos vehiculares
- Identificación de flujos vehiculares en diversos horarios durante el día
- Señalización
- Ubicación de paradas de buses
- Horarios de ingreso de los estudiantes UVG y CAG
- Tipo de vehículo predominante en el área

Con la ayuda de los volúmenes de tránsito se podrá obtener información actualizada sobre los diversos tipos de flujos vehiculares que circulan por el sector y de esta manera poder brindar una iniciativa de solución para mejorar la movilidad.

## **9.5. Fases de la investigación**

Para lograr los objetivos esperados la presente investigación se realizará de la siguiente manera:

- Fase 1: recolección de información documental, antecedentes sobre estudios realizados sobre congestiónamiento vehicular dentro de grandes ciudades y marco teórico relacionado al tema.
- Fase 2: verificación de las rutas alternas que conectan con la 11 calle, identificación de ingresos a residenciales privados, cantidad de locales comerciales en el sector, señalización horizontal y vertical actual.
- Fase 3: realizar conteo de vehículos en la intersección de la 11 calle y la 19 Avenida, identificar el tipo de vehículos predominante en el área.
- Fase 4: analizar los datos obtenidos del conteo vehicular para poder obtener un TPDA actualizado identificando los flujos predominantes en los diversos horarios.

## **9.6. Plan de muestreo**

Para este trabajo de investigación se realizará una muestra cuantitativa obteniendo datos de cantidad de vehículos que transitan en la 11 calle de Vista Hermosa III de la Ciudad de Guatemala:

- Aforo vehicular
- Tiempos de espera de autobuses en las paradas definidas
- Tiempo de espera para la incorporación hacia el Bulevar Rafael Landivar.

## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Dentro de la presente investigación se aplicarán técnicas para el análisis de los datos obtenidos en campo, así como el trabajo de campo con la realización de aforos vehiculares para conocer la cantidad de vehículos que circulan por el sector y cuáles son los horarios de tráfico máximo, así como para identificar el o los flujos vehiculares predominantes para poder realizar la recomendación del tipo de solución a aplicar.

### **10.1. Técnicas de análisis de información**

Para el análisis de datos se cuenta con diversidad de herramientas estadísticas tales como:

- Medida de tendencia central: se utilizará para realizar el análisis de los porcentajes de vehículos que se estacionan para dejar estudiantes y los vehículos que solamente pasan por el lugar. También se puede considerar para analizar el comportamiento de los vehículos que se incorporan por los diferentes accesos que dan al área de estudio.
- Diagrama de líneas de tendencia: este se utilizará para representar las horas promedio de los días analizados en la estación de aforo, este tipo de diagrama nos ayudará a representar la tendencia de los vehículos en un tiempo determinado.
- Diagrama de barras: se utilizará para representar la distribución del tránsito a lo largo de los días de obtención de datos del aforo vehicular.

- Gráfico circular: servirá para representar de forma clara y detallada los porcentajes de vehículos que paran para dejar estudiantes y los vehículos que únicamente pasan por el área.

## **10.2. Técnicas cualitativas**

- Investigación documental: es la obtención de información de tipo teórica para su uso como fuente de consulta y aplicación para poder desarrollar la investigación en el lugar. Se abordarán temas de seguridad industrial, medio ambiente, toma de datos, eficiencia, entre otros.

## **10.3. Técnicas de recopilación de datos**

Para el trabajo en campo se utilizarán las siguientes herramientas para la recolección de los datos:

- Observación: se realizará una observación de forma ordenada y detallada a lo largo de la 15 avenida desde el Boulevard Rafael Landívar hasta la 19 avenida para poder identificar los puntos posibles para ubicar las estaciones de aforo, las cuales permitirán identificar la cantidad de vehículos, así como la clasificación por rango de tiempo para posteriormente procesar los datos para su análisis e interpretación.
- Toma de datos por medio de estaciones de aforo: una vez establecida la ubicación de las estaciones de aforo se procederá a llenar las hojas con el formato para realizar aforos vehiculares durante el transcurso de una semana, posteriormente dichos datos se digitalarán para su respectivo análisis.

- Registros: se consultará la documentación de antecedentes de datos e investigaciones anteriormente realizada que puedan servir de guía para la elaboración de la siguiente investigación.

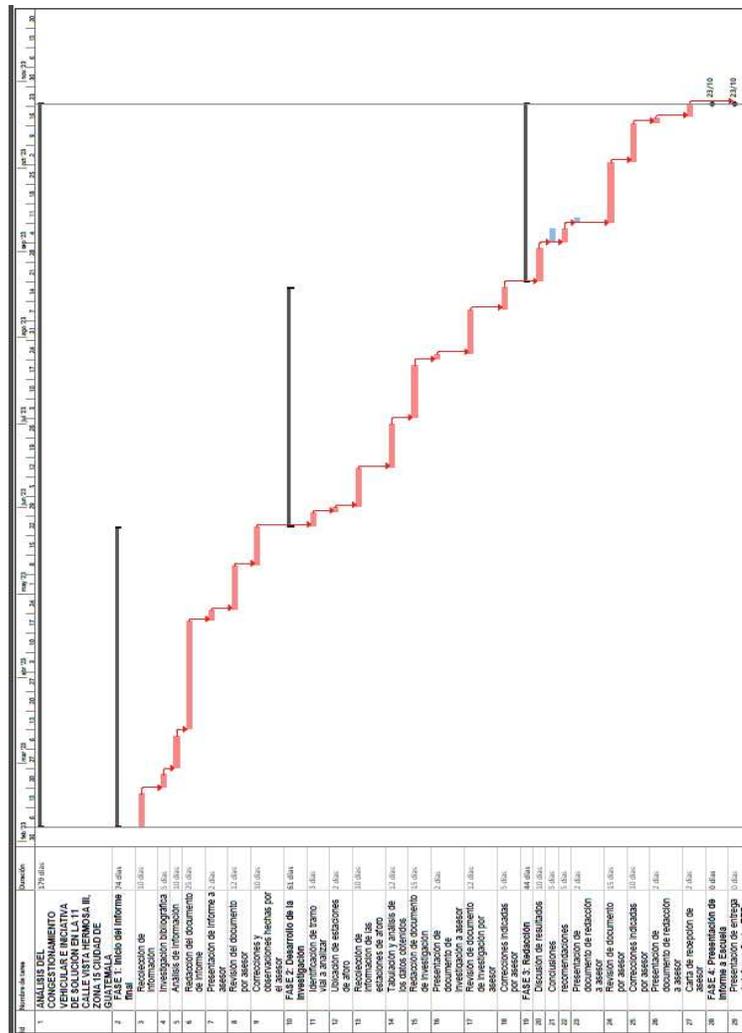
El presente trabajo de investigación es no experimental porque no se realizarán ensayos de laboratorio, esto debido a que se pretende analizar los datos obtenidos de los aforos vehiculares para posteriormente poder obtener una proyección de TPDA y TPD, por lo tanto, se pretende seguir el siguiente esquema:

- Recolección de antecedentes e investigaciones anteriores
- Ubicación de las estaciones de aforo
- Toma de datos en campo en 3 fechas diferentes
- Recopilación de datos de las estaciones de aforo
- Digitación de los datos obtenidos en campo
- Análisis estadístico de los datos obtenidos en campo
- Representar gráficamente los resultados obtenidos para su mayor comprensión
- Proponer en base a los resultados obtenidos una solución factible y viable.



# 11. CRONOGRAMA

**Figura 2.**  
Cronograma de actividades



Nota. Cronograma del desarrollo de la investigación. Elaboración propia, realizado con Project.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para poder desarrollar la presente investigación y poder alcanzar los objetivos descritos para el presente estudio, es de vital importancia contar con recursos humanos, económicos, tecnológicos, equipos, servicios, entre otros, los cuales facilitarán el desarrollo de cada una de las actividades que se contempla realizar para este trabajo de investigación.

A continuación, se presentan los recursos identificados para poder desarrollar la siguiente investigación:

- Humano
  - Investigador (estudiante): es la persona encargada de investigar, consultar y analizar toda información necesaria para el desarrollo del presente trabajo, con el objetivo de redactar un documento que contenga todas las fases de la investigación planteada.
  - Asesor: es la persona encargada de asesorar, orientar, revisar, recomendar y darle seguimiento al documento de investigación a cargo del investigador, también tiene la tarea de velar por el cumplimiento de los tiempos planteados para que dicha investigación se realice de una forma ordenada.

- Económicos
  - Viáticos: son los recursos necesarios para que el investigador pueda realizar visitas de campo, toma de datos, entre otros. Estos recursos son los necesarios para el tema de movilización, alimentación, hospedaje y algún otro gasto económico que se requiera para poder obtener la información en campo.
  
- Tecnológicos:
  - Equipo de cómputo: se trata del equipo necesario para poder desarrollar de forma rápida el procesamiento de la información.
  - *Software*: son las herramientas informáticas necesarias para poder redactar, evaluar, diseñar y analizar los diferentes temas planteados para este documento de investigación.
  - Papelería y útiles: son los recursos necesarios para poder desarrollar la investigación en campo y para la presentación del documento de investigación final al asesor para su revisión y posteriormente la entrega a la escuela.
  - PlagScan: este será el *software* en línea indispensable para realizar el análisis de plagio al documento de investigación.

- Maquinaria
  - Vehículo y combustible: este se trata del medio de transporte para poder realizar las visitas de campo, así como el traslado de documentos a la hora de su presentación final.
  
- Servicios
  - Internet: este será el recurso necesario para realizar consultas en páginas *web*, búsqueda de información, envío de documento por medio de correo electrónico para revisión por parte del asesor y la recepción del mismo con las correcciones u observaciones indicadas.
  
  - Energía eléctrica: este será el recurso indispensable para poder realizar la redacción del documento final, este recurso es el complemento de los recursos tecnológicos ya que sin esta fuente no es posible desarrollar el documento de investigación.
  
  - Línea telefónica: este será el recurso necesario para mantener la comunicación con el ingeniero asesor, la escuela de postgrado y otras personas que se involucren dentro del desarrollo de la investigación.
  
- Otros:
  - Imprevistos: estos recursos son tomados en cuenta para poder cubrir gastos que no se contemplaron en el presupuesto para el desarrollo del estudio de investigación.

**Tabla 1.***Presupuesto del estudio de inversión*

<b>PRESUPUESTO ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN</b>							
<b>No.</b>	<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
1	Humano	Tiempo propio de inversión	1.00	global	Q 16,500.00	Q 16,500.00	47.62 %
2	Humano	Auxiliares de campo para realización de aforos	1.00	global	Q 3,000.00	Q 3,000.00	8.66 %
3	Humano	Asesor	1.00	global	Q 2,500.00	Q 2,500.00	7.22 %
4	Material	Papelería y librería	1.00	global	Q 500.00	Q 500.00	1.44 %
5	Material	Impresiones	1.00	global	Q 250.00	Q 250.00	0.72 %
6	Transporte	Combustible y depreciación	1.00	global	Q 3,500.00	Q 3,500.00	10.10 %
7	Viaticos	Alimentación	1.00	global	Q 1,000.00	Q 1,000.00	2.89 %
8	Servicios	Internet	1.00	global	Q 1,500.00	Q 1,500.00	4.33 %
9	Servicios	Energía eléctrica	1.00	global	Q 1,000.00	Q 1,000.00	2.89 %
10	Tecnológico	Depreciación computadora	1.00	global	Q 1,500.00	Q 1,500.00	4.33 %
11	Tecnológico	PlagScan	1.00	global	Q 250.00	Q 250.00	0.72 %
12	Varios	Imprevistos (10 %)	1.00	global	Q 3,150.00	Q 3,150.00	9.09 %
<b>TOTAL</b>						<b>Q 34,650.00</b>	<b>100.00 %</b>

*Nota.* Presupuesto. Elaboración propia, realizado con Excel.

## REFERENCIAS

Bull, A. (2003). *Congestión de tránsito, el problema y cómo enfrentarlo*. CEPAL  
[https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/27813/S0301049\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/27813/S0301049_es.pdf)

Federación Nacional De Comerciantes Empresarios. (24 de julio de 2013). *¿Qué es un plan de ordenamiento territorial y para qué sirve?*.  
<https://www.fenalcobolivar.com/desarrollo-sectorial/que-es-un-plan-de-ordenamiento-territorial-y-para-que-sirve-1487>

Gasteiz, A. d. (2007). *Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público*.  
<https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/39/21/23921.pdf>

Gramaj, R. (2014). *Evaluación del servicio vial, en tramo de 4 calle y avenida las américas zona 3, Quetzaltenango, Guatemala*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3770\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3770_C.pdf)

Madrid Salud. (11 de septiembre de 2018). *Efectos del tráfico sobre la salud*.  
<https://madridsalud.es/efectos-del-trafico-sobre-la-salud/>

Maquera, P. (2019). *Evaluación del nivel de servicio de flujos vehiculares, en dos intersecciones semaforizadas de la Av. Jorge Basadre G. Intersección con Av. Tarata y Av. Internacional, Alto Alianza – Tacna, 2018*. [Tesis de

maestría, Universidad privada de Tacna de Perú] Archivo digital.  
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/962/Maque-ra-Cruz-Pedro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez, C. (1 de noviembre de 2016). *Las 7 causas más típicas de congestión vial y las estrategias (exitosas) para enfrentarla*. Plataforma Urbana.  
<https://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/11/01/las-7-causas-mas-tipicas-de-congestion-vial-y-las-estrategias-exitosas-para-enfrentarla/>

Mozo, J. (2011). *Análisis de nivel de servicio y capacidad de segmentos básicos de autopistas, segmentos trenzados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000 aplicando MathCad*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de México]. Archivo digital.  
<http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/417>

Municipalidad de Guatemala. (2004). *Objetivos del POT*.  
[http://pot.muniguate.com/docts\\_soporte/04\\_objetivos\\_del\\_pot.php](http://pot.muniguate.com/docts_soporte/04_objetivos_del_pot.php)

Pinos, V. (s.f.). *Diseño de intersecciones en vías urbanas*. Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5901/1/12221.pdf>

Real Academia Española (Madrid). Tráfico. Diccionario panhispánico de dudas. Recuperado el 14 de febrero de 2023 de <https://dle.rae.es/tr%C3%A1fico>

Real Academia Española (Madrid). Tránsito. Diccionario panhispánico de dudas. Recuperado el 14 de febrero de 2023 de <https://dle.rae.es/tr%C3%A1nsito>

Sagastume, A. L. (2021). *¿Cómo resolver el congestionamiento vial en el campus*

*universirio?* Agencia Universitaria de Noticias.

Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA]. (2011). *Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras.*

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

Thomson, I., & Bull, A. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales.* CEPAL.

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6381/1/S01060513\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6381/1/S01060513_es.pdf)