

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERIA CIVIL



INFORME FINAL DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:
FORMULACIÓN DE CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE
TRÁFICO

TÍTULO DEL INFORME FINAL:

“ANÁLISIS SEMAFORICO EN LA INTERSECCION AVENIDA JOSE
SIMEON CAÑAS-AVENIDA ROOSEVELT”

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:

INGENIERIA CIVIL

PRESENTADO POR:

EDUARDO JOSE MARQUINA GUERRERO N° CARNET (MG17085)

FRANCISCO ALEXANDER SOTO RIVAS N° CARNET (SR18026)

DOCENTE ASESOR:

ING. RIGOBERTO LÓPEZ

NOVIEMBRE DE 2024

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

RECTOR

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFRAN MATA

VICERRECTOR ACADEMICO

M.SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. FRANCISCO ALARCON

SECRETARIO GENERAL

LIC. LUIS ANTONIO MEJIA LIPE

DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIO

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARIN

FISCAL GENERAL

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES**



M.SC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO

DECANO

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA

VICEDECANA

LIC. CARLOS DE JESÚS SÁNCHEZ

SECRETARIO

MTRO. EVER ANTONIO PADILLA LAZO
DIRECTOR GENERAL DE PROCESO DE GRADO

ING. RIGOBERTO LOPEZ
DIRECTOR DE LA ESCUELA O JEFE DE DEPARTAMENTO

ING. MILAGRO DE GARCÍA
COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

INDICE

RESUMEN	7
SUMMARY	8
INTRODUCCIÓN.....	9
Intersecciones	11
Los Niveles de Servicio (LOS).....	11
Señales de tránsito.....	12
PTV Vissim (AASHTO, 2004)	14
METODOLOGIA	14
Unidades de análisis.....	15
Variables y medición.....	15
Variables independientes.	15
Variables dependientes	16
Indicadores y su medición.	17
TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS A EMPLEARSE EN LA RECOPIACION DE DATOS	19
PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.	20
Datos de entrada.....	20
Ubicación Geográfica	20
Geometría de la intersección.....	20
Composición del tránsito	27
Numero de conflictos en la intersección.	31

Simulación con Software VISSIM:	32
Tiempos de semaforización en situación actual.....	32
Tiempo de semaforización (Ciclo de tres fases)	33
Comparativa del ciclo semafórico de dos fases con el ciclo de tres fases de acuerdo al software Vissim.	36
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
CONCLUSIONES	38
REFERENCIAS.....	40

RESUMEN

El estudio evalúa la implementación de un semáforo de tres fases en la intersección José Simeón Cañas-Roosevelt en San Miguel, El Salvador, que actualmente opera con un sistema de dos fases. La investigación surge debido a los altos niveles de congestión y problemas de seguridad, especialmente en los giros a la izquierda, que presenta esta importante intersección urbana.

La metodología empleada fue cuantitativa y descriptiva, utilizando observación directa y conteos manuales de tráfico durante las horas pico (5:00 PM - 6:00 PM). Se recolectaron datos sobre volumen vehicular, composición del tránsito y geometría de la intersección. El software PTV VISSIM se utilizó para simular y comparar ambas configuraciones semaforicas.

Los resultados de la micro simulación mostraron que el sistema de tres fases logró reducir los puntos de conflicto y mejoró la gestión de los giros a la izquierda. Sin embargo, también se observó un incremento en los tiempos de espera promedio por vehículo. La redistribución de los tiempos semaforicos permitió equilibrar mejor el flujo vehicular, especialmente en la arteria que conduce de la Avenida José Simeón Cañas hacia Metrocentro, que presenta mayor volumen vehicular.

El estudio concluye que, si bien la implementación de tres fases mejora la seguridad y el ordenamiento vial, el crecimiento exponencial del tráfico sugiere que a futuro será necesario considerar alternativas como una rotonda o un paso a desnivel para manejar mayores volúmenes de tráfico.

Palabras claves: Flujo vehicular, Capacidad vehicular, Puntos de conflicto Tiempos semaforicos, Diseño geométrico, Volumen de tráfico, Nivel de servicio

SUMMARY

The study evaluates the implementation of a three-phase traffic signal at the José Simeón Cañas-Roosevelt intersection in San Miguel, El Salvador, which currently operates with a two-phase system. The research arose due to the high levels of congestion and safety problems, especially in left turns, at this important urban intersection.

The methodology employed was quantitative and descriptive, using direct observation and manual traffic counts during peak hours (5:00 PM - 6:00 PM). Data were collected on vehicle volume, traffic composition and intersection geometry. PTV VISSIM software was used to simulate and compare both traffic signal configurations.

Micro-simulation results showed that the three-phase system achieved a reduction in conflict points and improved left-turn management. However, an increase in average waiting times per vehicle was also observed. The redistribution of traffic signal timing allowed for a better balance of traffic flow, especially on the artery leading from Avenida José Simeón Cañas to Metrocentro, which has a higher volume of vehicles.

The study concludes that while the implementation of three phases improves safety and road management, the exponential growth of traffic suggests that in the future it will be necessary to consider alternatives such as a traffic circle or an overpass to handle higher traffic volumes.

Key words: Vehicular Flow, Signal road, , Vehicle capacity, Conflict points, Level of service.

INTRODUCCIÓN.

La intersección entre José Simeón Cañas Sur y Avenida Roosevelt, situada en el municipio San Miguel, El Salvador, es un punto clave en la red vial de la zona oriental, trasladados a nivel nacional e interdepartamental. Sin embargo, presenta serios problemas de congestión vehicular, conflictos vehiculares y peligros para la seguridad en las vías que impactan su funcionamiento. Desde los que se incluyen problemas más notables destacan los giros a la izquierda, cuya complejidad incrementa las zonas de disputa y disminuye la fluidez del tráfico. Un sistema semafórico de dos etapas es insuficiente para administrar el tránsito de manera eficiente, prolongando los tiempos de espera y generando disputas.

La situación se intensifica por múltiples factores, como los estacionamientos inadecuados, paradas de autobuses incorrectamente situadas y el rápido incremento de vehículos, que supera la capacidad de las arterias que componen la intersección. Estas dificultades generan frustración y retrasos para los conductores. Ante este panorama, el presente estudio se propone analizar las fases del ciclo semafórico de esta intersección y su influencia en la circulación de vehículos.

El objetivo principal es el análisis de sistema semafórico en la intersección y como objetivos secundarios se determinará la composición vehicular mediante aforos, la evaluación de la capacidad de la intersección, considerando el nivel de servicio actual y la identificación-cuantificación de los conflictos viales que surgen en los diferentes movimientos. Además, se intenta sugerir una solución técnica que sea efectiva y optimice su operación, como la puesta en marcha de un sistema semafórico de tres fases.

En esta intersección se destaca el uso de controladores de tránsito, tales como los semáforos de dos fases. Por ello, es importante realizar la evaluación y determinar las causas

que generan el congestionamiento, aun cuando existen estos dispositivos, diseñados supuestamente para mejorar la circulación vial.

El continuo crecimiento de la flota vehicular y el colapso de las carreteras hacen necesario que se realice un análisis de dicha problemática, con el objetivo de aportar a la búsqueda de soluciones. Esta propuesta, respaldada por simulaciones realizadas en software especializado, permitirá evaluar su impacto en términos de reducción de conflictos, mejora de la fluidez y aumento de la seguridad vial.

El análisis de esta problemática no solo tiene como fin plantear una solución específica para la intersección José Simeón Cañas Sur-Roosevelt, sino también contribuir al diseño de estrategias de movilidad sostenible en áreas urbanas con desafíos similares. Los resultados del estudio ofrecerán información valiosa para la planificación y gestión de proyectos viales, con miras a garantizar un tránsito más seguro, eficiente y adaptado a las demandas crecientes de la población

Intersecciones

Se denomina como intersección a un área que es compartida por dos o más caminos, y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta.

La intersección más común en el que dos carreteras se cruzan tiene cuatro arterias. No se recomienda que una intersección tenga más de cuatro arterias.

Cada intersección implica movimientos a través de los cruces de tráfico en una o varias de las carreteras y puede involucrar movimientos de giro entre estas carreteras.

Intersecciones de 4 vías o tréboles

Existen diferentes niveles de números de carriles para una intersección de 4 vías.

Intersecciones reguladas por semáforos

Este tipo de intersecciones se ha convertido en la forma de regulación más común de las intersecciones urbanas en todo el mundo, a partir de ciertos volúmenes de tránsito. (SIECA , 2011)

Los Niveles de Servicio (LOS).

El flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar, sin que el grado de congestión alcance los niveles preseleccionados por el diseñador, tras conciliar los intereses de los conductores, dispuestos quizá a tolerar un mínimo de congestión; los estándares de diseño vigentes, que predeterminarán algunos requerimientos básicos según la clasificación funcional de la vía; y los recursos disponibles para atender estas necesidades.

Como criterio de análisis, se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño debe

ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño. (SIECA , 2011)

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación (90 km/h o más). La demora de los conductores no es mayor del 35% del total de tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 490 veh/hr.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito (80 km/h). La demora de los conductores no es mayor al 50% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 780 veh/hr.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad (70 km/h). La demora de los conductores alcanza el 65% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 1,190 veh/hr.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar. La velocidad se mantiene alrededor de 60 km/h. La demora de los conductores es cercana al 80% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 1,830 veh/hr.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos. La velocidad cae hasta 40 km/hr. La demora de los conductores es mayor al 80% del total del tiempo de viaje.
F	Flujo forzado, condiciones de "pare y siga", congestión de tránsito.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, 2011, pág. 60

Tipo de carretera	Tipo de Área y Nivel de Servicio Apropriado			
	Rural Plano	Rural Ondulado	Rural Montañoso	Urbano y Suburbano
Autopista	B	B	C	C
Arterial	B	B	C	C
Colectora	C	C	D	D
Locales	D	D	D	D

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Rural Highways and Streets, 2004, p. 85

Señales de tránsito

Las señales de tránsito tienen como objetivo el de advertir a los usuarios sobre anomalías en las carreteras, regular el tránsito e informar sobre aspectos relevantes que intervienen en la circulación vía.

Señales de tránsito horizontales

Las señales de tránsito horizontales o marcas sobre el pavimento sirven para prevenir, guiar y establecer un excelente medio de señalización para el conductor sin distraer su vista sobre el camino. (JINEZ TAPIA, 2021)

Señales verticales

Las señales verticales, como dispositivos instalados a nivel del camino ó sobre él, destinados a reglamentar el tránsito, advertir o informar a los usuarios mediante palabras o símbolos determinados.

Las señales verticales, como dispositivos de control del tránsito deberán ser usadas de acuerdo a las recomendaciones de los estudios técnicos realizados.

Se utilizarán para regular el tránsito y prevenir cualquier peligro que podría presentarse en la circulación vehicular. Asimismo, para informar al usuario sobre direcciones, rutas, destinos, centros de recreo, lugares turísticos y culturales, así como dificultades existentes en las carreteras.

Las señales se clasifican en:

- Señales reguladoras o de reglamentación
- Señales de prevención
- Señales de información

Las señales de reglamentación tienen por objeto notificar a los usuarios de la vía de las limitaciones, prohibiciones o restricciones que gobiernan el uso de ella y cuya violación constituye un delito.

Las señales de prevención tienen por objeto advertir al usuario de la vía de la existencia de un peligro y la naturaleza de éste.

Las señales de información tienen por objeto identificar las vías y guiar al usuario proporcionándole la información que se pueda necesitar. (Gavilanes Conteron, 2013).

PTV Vissim (AASHTO, 2004)

Software de simulación multimodal del tráfico

Vissim es un software de simulación de tráfico que evalúa y mejora el rendimiento de infraestructuras de transporte, sirviendo como base para la planificación y resolución de problemas como congestión y emisiones.

El software modela digitalmente nodos y corredores urbanos, incorporando vehículos, transporte público, peatones y ciclistas, para simular sus interacciones y movimientos. Además, permite crear escenarios hipotéticos personalizados y sistemas de gestión del tráfico, mejorando el flujo y la seguridad vial. (PTV GROUP, 2024).

METODOLOGIA

Metodología de Investigación

Tipo de Investigación

La Metodología de la Investigación es Cuantitativa y de naturaleza descriptiva ya que se pretende recaudar información de valores numéricos, así como la utilización de fórmulas estadísticas

La Investigación se llevará a cabo mediante la Observación y el estudio de variables, además la descripción de todo lo observado. Dada la naturaleza de la situación planteada,

y habiendo varias variables a estudiar lo ideal es realizar observaciones y analizar los datos obtenidos para realizar comparaciones y establecer conclusiones veraces.

Unidades de análisis.

Las unidades de análisis serán:

Flujo Vehicular.

Se analizan todos los vehículos provenientes de la Avenida Roosevelt, y la José Simeón Cañas, para describir la forma como circulan los vehículos en la intersección.

Capacidad Vehicular.

Se estudian por el número máximo de vehículos que puedan esperar para atravesar la intersección durante un período de tiempo de una hora.

Conflictos viales.

Por ser la causa principal de los congestionamientos.

Variables y medición.

Definición de variables

Una vez conociendo las características que presenta el área de estudio podremos determinar la mejor opción a utilizar para solucionar este problema. Las variables de mayor importancia que se tomaran en cuenta son las siguientes:

Variables independientes.

Flujo Vehicular

Definición conceptual: Es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía,

calle o autopista. Es la tasa horaria equivalente a la cual transitan los vehículos por un punto, en una carretera durante un periodo de tiempo menor a una hora.

Definición Operacional: Es la cantidad de vehículos que hacen uso de la intersección en estudio, de la cual se tomará una muestra y en consecuencia se proyectará a futuro a través de procesos estadísticos tales como el TPDA, y así se obtendrá la propuesta más factible.

Tipos de vehículos

Definición Conceptual: Los controles claves en el diseño geométrico de las carreteras son las características físicas y las proporciones de los vehículos de distinto tamaño.

Definición Operacional: Se efectúa la clasificación de los vehículos de acuerdo a su peso y tamaño mediante conteos manuales y mecánicos para el diseño geométrico con referencia específica a los requerimientos de los radios de giro, ancho de carriles, etc.

Infraestructura existente

Definición Conceptual: Son las características actuales que posee la intersección o arteria en estudio, anchos de carriles, geometría, etc.

Definición Operacional: Aquí se consideran las condiciones físicas en las que se encuentra la intersección que se estudia a través de inspecciones visuales.

Variables dependientes

Señales de tránsito.

Definición Conceptual: Son los signos usados en postes o pintados en la calle ubicados en el lado de caminos para impartir la información necesaria a los usuarios que transitan por un camino o carretera, en especial los conductores de vehículos.

Definición Operacional: Aplicar los instrumentos necesarios para controlar los conflictos viales y dirigir los derechos de vía en la intersección entre dos o más arterias.

Diseño Geométrico

Definición Conceptual: El Diseño Geométrico de Carreteras es la parte más importante de una carretera. Se debe tomar muy en cuenta el tipo de Topografía del terreno porque de esta se determina la funcionalidad, el costo, la seguridad y otros aspectos importantes de ella.

Definición Operacional: En el diseño geométrico se presentará un esquema de lo que contendrá la alternativa seleccionada, la cual estará en función de las condiciones del relieve de la zona, geológicas, etc.

Indicadores y su medición.

FLUJO VEHICULAR

Sus indicadores principales son:

.

Capacidad de la carretera.

El dimensionamiento de la capacidad resulta crucial para el diseño de cualquier carretera, tanto para establecer el tipo a que corresponde diseñarla, como para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones, tales como número y ancho de carriles.

TIPOS DE VEHICULOS

Sus indicadores principales son:

Clasificación vehicular

Se analizan los tipos de vehículos haciendo una clasificación de acuerdo al peso, la capacidad de carga, el tamaño, el uso, etc.

Movimientos por carril

Se analiza la maniobra que cada vehículo efectúa en un carril tomando en cuenta el tipo de vehículo que lo realiza.

Anchos y números de carriles

Los anchos y el número de carriles se diseñan tomando en cuenta el tipo de vehículos y la cantidad que harán uso de estos.

SEÑALES DE TRANSITO

Sus indicadores principales son:

Niveles de servicio

Las señales de tránsito indicarán el nivel de servicio.

Tipos de vehículos

De acuerdo al tipo y cantidad de vehículo que transita en la intersección así se instalarán las señales de tránsito.

DISEÑO GEOMÉTRICO

Sus indicadores principales son:

Estudio de tránsito

Son los estudios realizados en el punto de interés para determinar el parque vehicular y así obtener parámetros para definir una solución geométrica adecuada.

TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS A EMPLEARSE EN LA RECOPIACION DE DATOS

Se realizó un estudio de tráfico haciendo una clasificación vehicular (consiste en colocar un aforo en cada arteria que converge con la intersección y ordenar de acuerdo al tipo y cantidad de vehículo que transita en la intersección).

Los aforos se hicieron en horas de 5:00 p.m. a 6:00 p.m., correspondientes al día miércoles 13 de noviembre de 2024; los aforos servirán para el conteo de los vehículos que cruzan en la cada intersección y los que se detienen por los cambios de luz en los semáforos. La medición de tiempos de espera y los tiempos del semáforo se hizo con un cronómetro manual. Para la revisión del diseño geométrico, como las medidas de anchos de carril se utilizó un distanciómetro.

Se hizo un inventario vial de forma esquemática, que comprende los tipos de señales viales (horizontales y verticales).

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Datos de entrada.

Ubicación Geográfica

La intersección de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de San Miguel, Departamento de San Miguel, sobre la avenida Roosevelt en dirección oeste-este que conduce al departamento de La Unión y la avenida José Simeón Cañas en dirección norte-sur.



Imagen 1. Intersección Avenida Roosevelt con Avenida Simeón Cañas

Fuente: AutoCad Civil 3D

Geometría de la intersección

Los datos presentados a continuación en la imagen 2 fueron obtenidos en campo

utilizando un distanciómetro y la observación directa, con el cual se recopiló información precisa sobre la geometría de las intersecciones. Entre los datos obtenidos se incluyen:

- Ancho de carriles en calles y avenidas.
- Condiciones actuales de las intersecciones, como señalización vial, drenaje e iluminación.

Esta información constituye una base fundamental para analizar y evaluar las intersecciones en el contexto de este estudio.

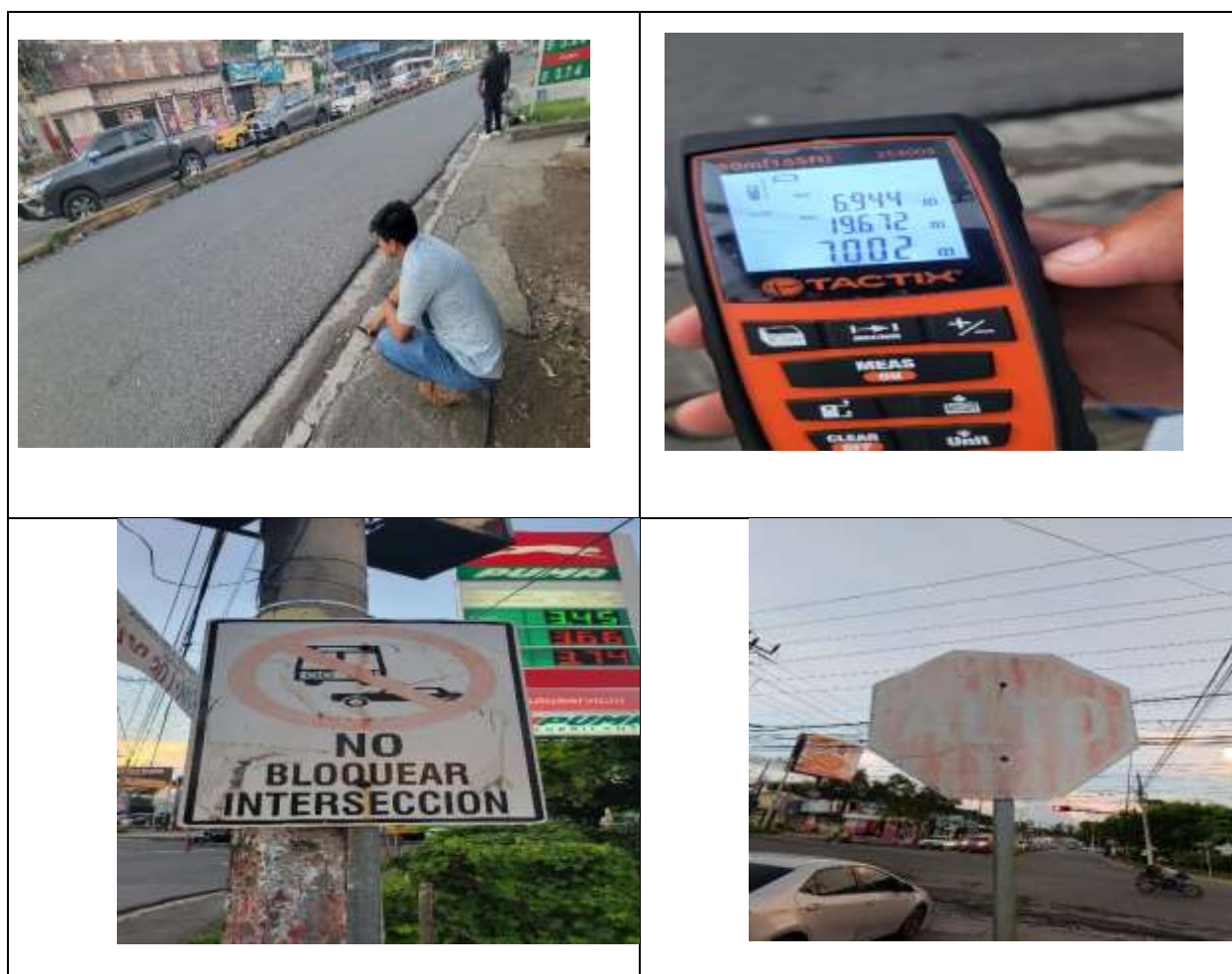


Imagen 2. Ancho de arterias y señales existentes en Avenida Roosevelt

Fuente: Elaboración propia

Observación Directa y Conteo Manual:

Se llevará a cabo observación directa en la intersección para documentar el volumen de tráfico, los tiempos de espera, el comportamiento de los conductores y el uso de las fases semafóricas. Se emplearán hojas de registro para documentar manualmente cada observación relevante, incluyendo el tipo de vehículo (automóvil, camión, motocicleta).

En la imagen 3 se observa la cantidad total de vehículos aforados en una hora, de 5 pm a 6pm, especificando la cantidad de vehículos que componen cada una de las arterias de la intersección.

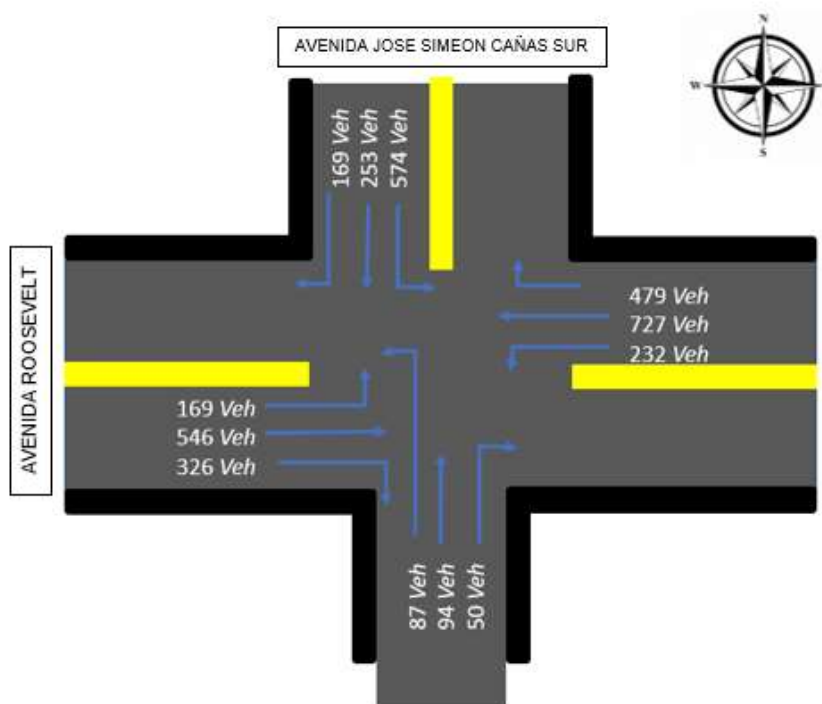


imagen 3. Movimientos identificados en cada acceso

Tabla 1.0 Volumen en hora pico en el tramo Avenida Roosevelt- Metro centro

Periodo	Bicicleta	Moto	Automóvil	Pick up	Microbús	Bus	C2	C3	C2- S1	C4	T2- S1	T2- S2	T2- S3	T3- S1	T3- S2	T3- S3	TOTAL
5:00 pm a 5:15 pm	1	73	125	11	0	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224
5:15 pm a 5:30 pm	0	74	141	15	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240
5:30 pm a 5:45 pm	2	100	140	13	1	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	270
5:45 pm a 6:00 pm	0	101	190	6	1	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	307
Total	3	348	596	45	2	4	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1041

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.1 Volumen en hora pico en el tramo Metro centro – Avenida José Simeón Cañas Sur

Periodo	Bicicleta	Moto	Automóvil	Pick up	Microbús	Bus	C2	C3	C2- S1	C4	T2- S1	T2- S2	T2- S3	T3- S1	T3- S2	T3- S3	TOTAL
5:00 pm a 5:15 pm	3	113	194	11	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	335
5:15 pm a 5:30 pm	2	144	205	15	10	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	385
5:30 pm a 5:45 pm	0	133	210	7	6	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	363
5:45 pm a 6:00 pm	1	120	218	5	5	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	355
Total	6	510	827	38	30	10	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1438

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.2 Volumen en hora pico en el tramo Avenida José Simeón Cañas Sur – Metro Centro

Periodo	Bicicleta	Moto	Automóvil	Pick up	Microbús	Bus	C2	C3	C2- S1	C4	T2- S1	T2- S2	T2- S3	T3- S1	T3- S2	T3- S3	TOTAL
5:00 pm a 5:15 pm	0	62	154	4	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	228
5:15 pm a 5:30 pm	0	70	130	5	13	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225
5:30 pm a 5:45 pm	1	78	158	8	7	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	257
5:45 pm a 6:00 pm	0	87	175	8	11	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	286
Total	1	297	617	25	37	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	996

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.3 Volumen en hora pico en el tramo Avenida José Simeón Cañas Sur – Avenida Roosevelt

Periodo	Bicicleta	Moto	Automóvil	Pick up	Microbús	Bus	C2	C3	C2- S1	C4	T2- S1	T2- S2	T2- S3	T3- S1	T3- S2	T3- S3	TOTAL
5:00 pm a 5:15 pm	2	4	47	2	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
5:15 pm a 5:30 pm	0	3	46	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
5:30 pm a 5:45 pm	0	1	48	1	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
5:45 pm a 6:00 pm	0	1	53	2	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
Total	2	9	194	6	0	3	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	236

Fuente: Elaboración propia

Composición del tránsito

Dependiendo del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados, pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular, influenciando según su relevancia porcentual, en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras.

Los vehículos pesados serán la sumatoria de la clasificación C2, C3, C2-S1, C4, T2-S1, T2-S2, T2-S3, T3-S2 y T3-S3 y los buses serán la sumatoria de estos más los microbuses ya que las rutas de microbuses se contaron en esta clasificación, estos datos los sacaremos de la tabla anterior y haciendo la sumatoria respectiva.

Para calcular el porcentaje de automóviles, motocicletas, bicicletas, buses, microbuses, vehículos pesados se utilizará una regla de tres:

% de automóviles en el tramo Avenida Roosevelt- Metro centro

$$\frac{\text{Total de vehiculos que pasan en la hora pico}}{\text{Total de tipo de vehiculos}} = \frac{100\% \text{ de vehiculos que pasan}}{\% \text{ de tipo de vehiculos}}$$

$$\% = \frac{(596 \text{ veh})100\%}{1041 \text{ veh}}$$

$$\% = 57.25\%$$

$$\frac{1041 \text{ veh}}{596 \text{ veh}} = \frac{100\%}{\%}$$

$$\% = \frac{(596 \text{ veh})100\%}{1041 \text{ veh}}$$

$$\% = 57.25\%$$

% de bicicletas en el tramo Avenida Roosevelt- Metro centro

$$\frac{1041 \text{ veh}}{3 \text{ veh}} = \frac{100\%}{\%}$$

$$\% = \frac{(3 \text{ veh})100\%}{1041 \text{ veh}}$$

$$\% = 0.3 \%$$

% de motocicletas en el tramo Avenida Roosevelt- Metro centro

$$\frac{1041 \text{ veh}}{348 \text{ veh}} = \frac{100\%}{\%}$$

$$\% = \frac{(348 \text{ veh})100\%}{1041 \text{ veh}}$$

$$\% = 33.43 \%$$

% de Pick up en el tramo Avenida Roosevelt- Metro centro

$$\frac{1041 \text{ veh}}{45 \text{ veh}} = \frac{100\%}{\%}$$

$$\% = \frac{(45 \text{ veh})100\%}{1041 \text{ veh}}$$

$$\% = 4.32 \%$$

% de Microbuses en el tramo Avenida Roosevelt- Metro centro

$$\frac{1041 \text{ veh}}{2 \text{ veh}} = \frac{100\%}{\%}$$

$$\% = \frac{(2 \text{ veh})100\%}{1041 \text{ veh}}$$

$$\% = 0.2 \%$$

% de Buses en el tramo Avenida Roosevelt- Metro centro

$$\frac{1041 \text{ veh}}{4 \text{ veh}} = \frac{100\%}{\%}$$

$$\% = \frac{(4 \text{ veh})100\%}{1041 \text{ veh}}$$

$$\% = 0.38 \%$$

% de Camiones grandes y pequeños de 2 ejes en el tramo Avenida Roosevelt- Metro centro

$$\frac{1041 \text{ veh}}{43 \text{ veh}} = \frac{100\%}{\%}$$

$$\% = \frac{(43 \text{ veh})100\%}{1041 \text{ veh}}$$

$$\% = 4.12 \%$$

De la misma manera se calcularán los % para las demás arterias de la intersección:

Arteria	Bicicleta	Moto	Automóvil	Pick up	Microbús	Bus	C2
Avenida Roosevelt- Metro centro	0.30%	33.43%	57.25%	4.32%	0.20%	0.38%	4.12%
Metro centro – Avenida José Simeón Cañas Sur	0.43%	35.46%	57.51%	2.64%	2.09%	0.69%	1.18%
Avenida José Simeón Cañas Sur – Metro Centro	0.10%	29.82%	61.95%	2.51%	3.72%	1.20%	0.70%
Avenida José Simeón Cañas Sur – Avenida Roosevelt	0.86%	3.81%	82.20%	2.54%	0%	1.27%	9.32%

Tabla 1.4 Resumen de composición vehicular en cada arteria

Numero de conflictos en la intersección.

En la siguiente imagen se detalla un esquema con los conflictos presentes en la intersección de estudio.

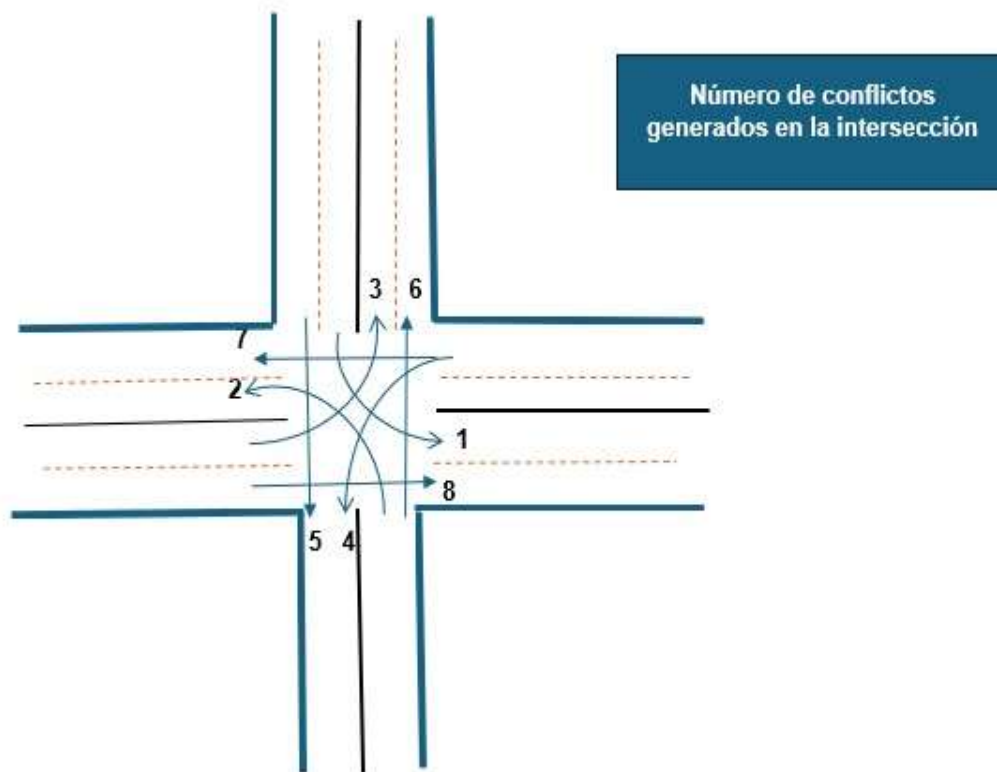


Imagen 3. Conflictos en la intersección

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la imagen 3, se generan 8 conflictos en la intersección.

Simulación con Software VISSIM:

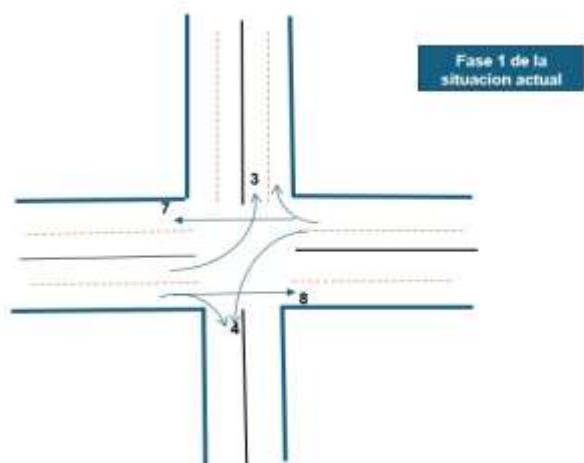
Los datos observados se ingresarán en VISSIM, un software de simulación de tráfico que modelará la intersección bajo condiciones de tráfico variadas. Esto permitirá probar diferentes configuraciones de semáforos y proponer ajustes en el diseño geométrico de la intersección. Con esta simulación se evaluará el impacto potencial de cambios en los tiempos semafóricos, diseño vial, y otras medidas de gestión de tráfico sobre el flujo vehicular.

Tiempos de semaforización en situación actual

A continuación, se muestran las fases semafóricas, el cual se construye con un numero de barras que representan los semáforos ubicados en la intersección de estudio; tienen la longitud de un ciclo completo, en la cual se representa mediante los colores verde, amarillo y rojo los tiempos en los que el semáforo presenta dichos colores.

Fase 1 del ciclo semafórico (situación actual)

En esta fase se generan los conflictos numerados como 3,4,7 y 8 véase en la imagen 4.



CICLO	80 s		
FASE 1	53s	3s	24s
FASE 2	56s	21s	3s

Imagen 4. Conflictos en la fase 1.

Fuente: Elaboración propia

Fase 2 del ciclo semafórico (situación actual)

En esta fase se generan los conflictos numerados como 1,2,5 y 6 véase en la imagen 5.

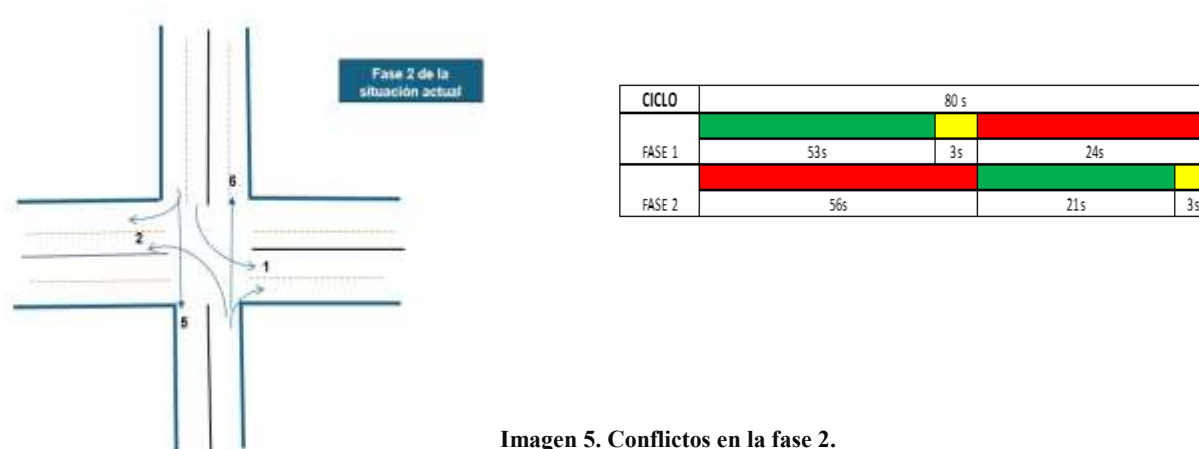


Imagen 5. Conflictos en la fase 2.

Fuente: Elaboración propia

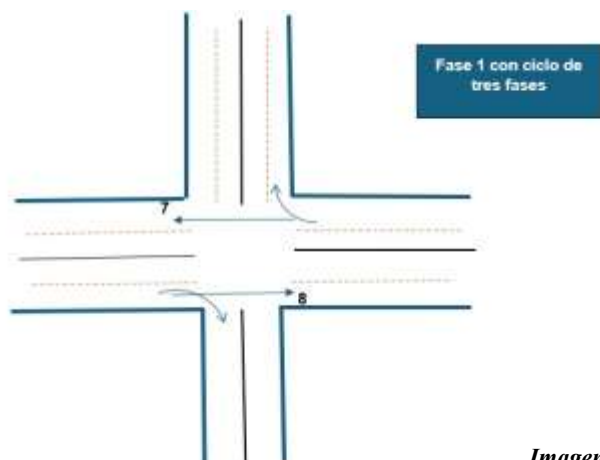
Tiempo de semaforización (Ciclo de tres fases)

Con un ciclo de 3 fases se tiene como objetivo disminuir los conflictos en la intersección, alargando el tiempo de verde en la fase 2, para el giro a la izquierda de los vehículos que provienen de la Avenida Simeón Cañas hacia metrocentro. En la tercera fase se les asigna a los vehículos provenientes de la residencial Megapolis y Monte grande.

En los siguientes esquemas se presentan los conflictos solventados en cada fase y al final cuales quedan sin resolver.

Fase 1 del ciclo semafórico (3 fases)

Esta fase es asignada a los 2 tramos de la Av. Roosevelt, se solventan los conflictos numerados como 7 y 8 véase en la imagen 6.

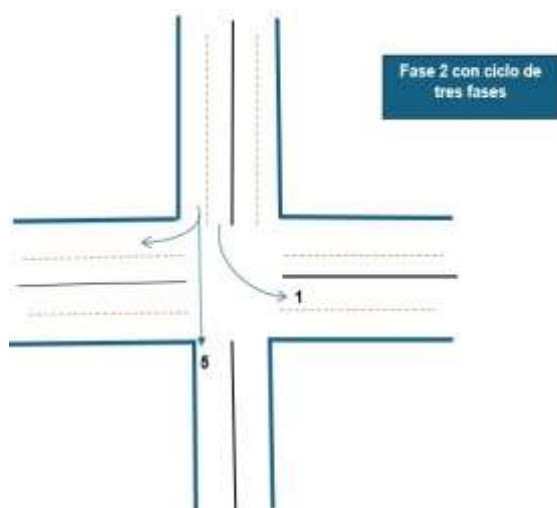


CICLO	120 s		
FASE 1	60	3s	57s
FASE 2	63s	44s	3s
FASE 3	110s	10s	

Imagen 6. Conflictos solventados en la fase 1. Fuente: Elaboración propia

Fase 2 del ciclo semafórico (3 fases)

Esta fase es asignada al tramo de la Av. José Simeón Cañas Sur, se solventan los conflictos numerados como 1 y 5 véase en la imagen 7.



CICLO	120 s		
FASE 1	60	3s	57s
FASE 2	63s	44s	3s
FASE 3	110s	10s	

Imagen 7. Conflictos solventados en la fase 2.

Fuente: Elaboración propia

Fase 3 del ciclo semafórico (3 fases)

La tercera fase se les asigna a los vehículos provenientes de la residencial Megapolis y Monte grande, se solventan los conflictos numerados como 2 y 6 véase en la imagen 8.

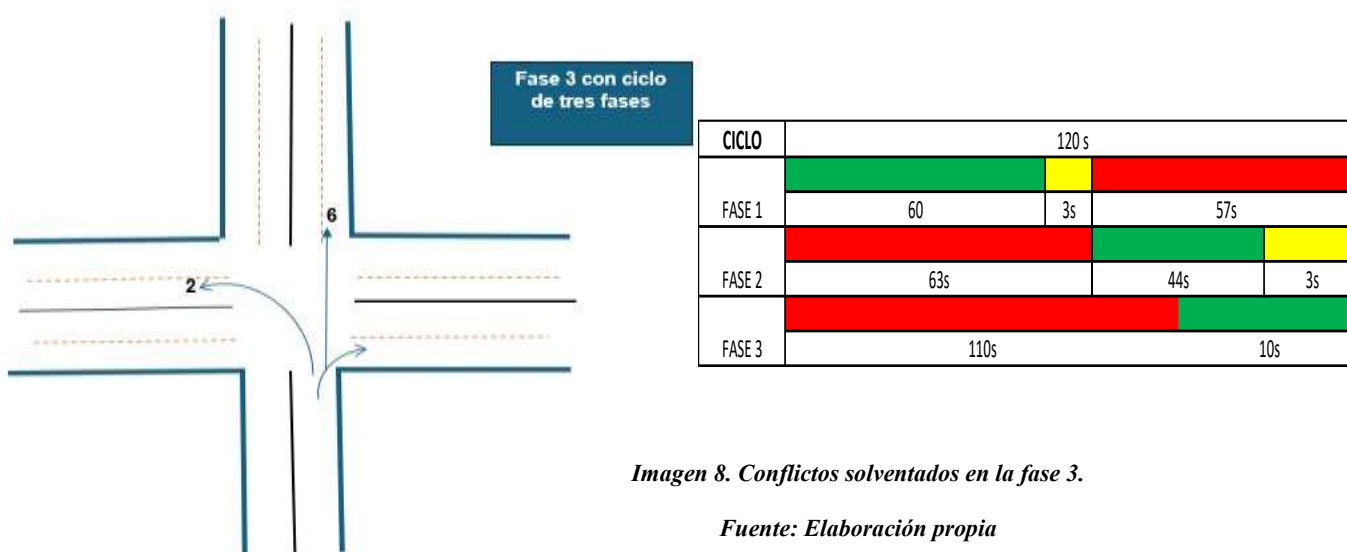


Imagen 8. Conflictos solventados en la fase 3.

Fuente: Elaboración propia

Conflictos que no se resuelven en el ciclo semafórico de 3 fases

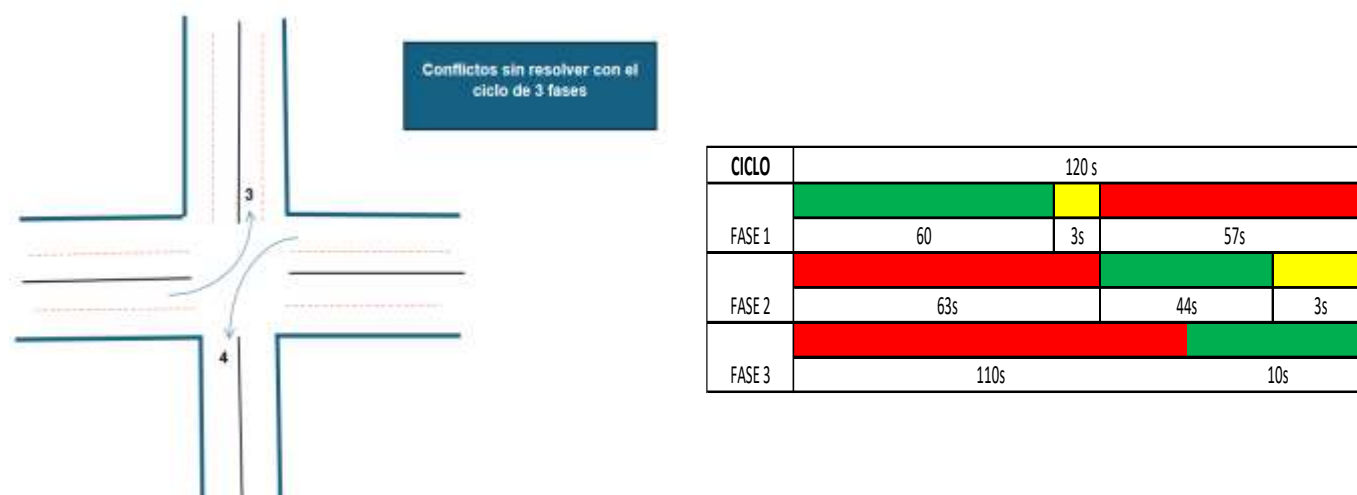


Imagen 9. Conflictos sin resolver con el nuevo ciclo semafórico

Fuente: Elaboración propia

Comparativa del ciclo semafórico de dos fases con el ciclo de tres fases de acuerdo al software Vissim.

Tramos	Longitud de cola (min)	Longitud de cola (MAX)	Veh. que pasan	Nivel de servicio	Tiempo de demora(S)	Tiempo estatico (s)	Detencion prom.(%)
1-1: Metrocentro-Av.Roosevelt	66.72	124.9	60	LOS_C	34.83	16.06	1.53
1-1: Av.Roosevelt -Av.Simeon Cañas Sur	66.72	124.9	91	LOS_D	40.91	18.74	1.99
1-1: Av.Roosevelt -Av.Simeon Cañas Sur	66.72	124.9	29	LOS_D	41.69	21.57	2.07
1-2:Av. Roosevelt -Metrocentro	5.06	42.04	87	LOS_A	5.37	2.68	0.23
1-2: Av.Roosevelt -Av.Simeon Cañas Sur	5.06	42.04	27	LOS_A	8.59	4.61	0.37
1-2:Av.Roosevelt -Av.Simeon Cañas Sur	5.06	42.04	52	LOS_A	6.84	3.09	0.37
1-3:Av. Simeon Cañas Sur -Av. Roosevelt	3.76	39.25	7	LOS_B	15.38	11.53	0.5
1-3: Av.Simeon Cañas Sur -Av. Roosevelt	3.76	39.25	4	LOS_B	12.71	7.01	0.5
1-3: Av.Simeon Cañas Sur	3.76	39.25	8	LOS_B	19.24	12.19	0.6
1-4: Av.Simeon Cañas Sur -Av. Roosevelt	67.42	130.92	20	LOS_E	65.33	53.36	1.65
1-4: Av.Simeon Cañas Sur -Av. Roosevelt (Metrocentro)	67.42	130.92	68	LOS_E	68.18	56.01	1.59
1-4: Av. Simeon Cañas Sur -Megapolis	67.42	130.92	30	LOS_D	46.42	36.86	1.17
total	35.74	130.92	483	LOS_C	32.54	20.72	1.18

Tabla 1.5 Datos de situación actual (ciclo de dos

Tramos	Longitud de cola (min)	Longitud de cola (MAX)	Veh. que pasan	Nivel de servicio	Tiempo de demora(S)	Tiempo estatico (s)	Detencion prom.(%)
1-1: Metrocentro-Av.Roosevelt	89.47	119.22	31	LOS_F	105.98	77.56	3.71
1-1: Av.Roosevelt -Av.Simeon Cañas Sur	89.47	119.22	46	LOS_E	69.92	49.96	2.24
1-1: Av.Roosevelt -Av.Simeon Cañas Sur	89.47	119.22	16	LOS_F	129.53	95.8	5.69
1-2:Av. Roosevelt -Metrocentro	28.1	96.29	80	LOS_C	24.38	18.11	0.64
1-2: Av.Roosevelt -Av.Simeon Cañas Sur	28.1	96.29	25	LOS_D	46.28	28.35	2.2
1-2:Av.Roosevelt -Av.Simeon Cañas Sur	28.1	96.29	47	LOS_C	25.18	17.34	0.74
1-3:Av. Simeon Cañas Sur -Av. Roosevelt	21.52	51.79	5	LOS_E	73.2	63.75	1
1-3: Av.Simeon Cañas Sur -Av. Roosevelt	21.52	51.79	4	LOS_E	67.85	59.94	1.25
1-3: Av.Simeon Cañas Sur	21.52	51.79	7	LOS_F	109.7	99.36	1.43
1-4: Av.Simeon Cañas Sur -Av. Roosevelt	56.28	123.54	26	LOS_D	47.04	35.66	1.27
1-4: Av.Simeon Cañas Sur -Av. Roosevelt (Metrocentro)	56.28	123.54	71	LOS_D	50.36	37.89	1.58
1-4: Av. Simeon Cañas Sur -Megapolis	56.28	123.54	35	LOS_D	36	26.87	1.11
total	48.84	123.54	393	LOS_D	51.73	38.22	1.66

Tabla 1.6 Datos de propuesta de semaforización con ciclo de tres

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la micro simulación con el software VISSIM muestran una mejora significativa en la reducción de los puntos de conflicto en la intersección José Simeón Cañas-Roosevelt al implementar un sistema de semáforos de tres fases, quedando solo 2 conflictos sin resolver de los 8 totales. Sin embargo, comparando los datos entre el cuadro actual de dos fases y la propuesta de tres fases, se observa un incremento en los tiempos de espera promedio por vehículo, una mayor longitud de cola, así mismo los niveles de servicio pasan de ser clasificación C a D, debido a que se acerca a un flujo inestable y los conductores tienen poca libertad para maniobrar en la carretera.

Además, la redistribución de los tiempos semafóricos permitió equilibrar el flujo vehicular en la arteria que conduce de la Avenida José Simeón Cañas hacia Metrocentro debido que posee un volumen vehicular mayor en comparación de los que provienen de la Megapolis. Esto se tradujo en una reducción del número de interacciones conflictivas, especialmente en los movimientos cruzados y giros conflictivos, sin embargo, el ordenamiento vial alarga el tiempo de espera, lo que ocasiona que los tiempos de viaje y demora incrementen, sobrepasando los niveles de servicio de diseño. Estos cambios son necesarios para garantizar la seguridad vial de la intersección.

Un aspecto a tener en consideración es que el flujo vehicular aumenta exponencialmente con el pasar de los años, sobrepasando la capacidad de la intersección, por lo que es necesario optar por otras alternativas para mayores volúmenes de tráfico, tales como una rotonda o un paso a desnivel.

CONCLUSIONES

- La redistribución de los tiempos semafóricos permitió un mejor manejo del flujo vehicular, particularmente en la arteria que conecta la Avenida José Simeón Cañas con Metrocentro, que presentaba mayor volumen de tráfico.
- Los análisis realizados mediante el software VISSIM demostraron que, aunque el sistema de tres fases mejora la organización del tráfico, los niveles de servicio decaen de categoría, también resulta en mayores tiempos de demora que exceden los niveles de servicio de diseño ideales.
- Aunque la implementación del semáforo de tres fases representa una mejora sobre el sistema actual, debe considerarse como una solución a mediano plazo, siendo necesario planificar soluciones más robustas para el futuro crecimiento del tráfico vehicular.
- La solución implementada responde exclusivamente a los problemas vehiculares detectados, cumpliendo así con los objetivos planteados al inicio del estudio. Sin embargo, no se realizaron modificaciones en la infraestructura o tiempos semafóricos para la movilidad peatonal. Esto constituye una limitación del estudio que podría abordarse en investigaciones futuras para garantizar una solución integral.
- Con el desarrollo urbano en las zonas adyacentes a la intersección específicamente a la Avenida José Simeón Cañas sur, se proyecta un aumento significativo en el flujo vehicular hacia la intersección José Simeón Cañas-Roosevelt. Esta situación podría generar una

nueva saturación del tramo en horas pico, disminuyendo la efectividad de la solución actual.

REFERENCIAS

AASHTO. (2004). *Policy on Geometric Design of Rural Highways and Streets*.

Gavilanes Conteron, R. C. (2013). *Diseñar una propuesta de señalización vial horizontal y vertical para el centro de la ciudad de Latacunga*. Quito: Bachelor's thesis.

JINEZ TAPIA, J. L. (7 de julio de 2021). *Repositorio digital UNACH*. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7846>

PTV GROUP. (8 de enero de 2024). Obtenido de <https://www.ptvgroup.com/es/areas-de-aplicacion/simulacion-del-traffic>

SIECA . (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geometrico de Carreteras*.