



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL

Optimización semafórica del ramal principal E40 de la ciudad de Cañar

AUTORES:

Anderson Paul Ayala Patiño

Kevin Armando Narvárez Dutan

DIRECTOR:

Dr. Diego Correa Barahona.

CUENCA – ECUADOR

2023

Resumen:

El presente estudio tiene como objetivo la evaluación de las intersecciones semafóricas del Eje- E40 (Panamericana), que atraviesa la ciudad de Cañar. Para lo cual se realizan aforos vehiculares clasificados, mediante cámaras de video instaladas en puntos estratégicos dentro de cada intersección, con una duración de 12 horas diarias. Se levanta información de campo sobre los ciclos semafóricos y geometría de cada intersección. Los datos obtenidos son procesados y analizados mediante la utilización de un software de simulación, basado en la metodología del Highway-Capacity-Manual 2010. Las demoras promedio y los niveles de servicio actuales, son comparados con dos propuestas. La primera optimiza las fases y ciclos semafóricos cambiando la planificación actual; y, la segunda incorpora parámetros de seguridad vial, la cual mejora la dinámica de giros en el corredor. Los resultados obtenidos muestran que las dos propuestas reducen las demoras y mejoran el nivel de servicio actual de “D” a “B”.

Palabras clave: Palabras clave: capacidad de intersecciones, demoras, nivel de servicio, optimización, semáforos, simulación de tráfico.

Abstract:

The objective of this study is to evaluate the signalized intersections along the E40-Axis (Panamericana) that runs through the city of Cañar. For this purpose, classified vehicle counts are conducted using video cameras installed at strategic points within each intersection, with a duration of 12 hours per day. Field information is collected regarding signal cycles and intersection geometry. The obtained data is processed and analyzed using simulation software based on the methodology of the Highway Capacity Manual 2010. The current average delays and service levels are compared with two proposals. The first proposal optimizes the signal phases and cycles by changing the current planning, while the second proposal incorporates road safety parameters, improving the turning dynamics along the corridor. The results show that both proposals reduce delays and improve the current service level from "D" to "B".

Keywords: delays, intersections capacity, level of service, optimization, traffic lights, traffic simulation.



Este certificado se encuentra en el repositorio digital de la Universidad del Azuay, para verificar su autenticidad escanee el código QR

DEDICATORIAS

Con gran gratitud y admiración, dedico este trabajo a mis queridos padres, Manuel y Janeth. Su amor incondicional, paciencia y sacrificio han sido la fuerza motriz detrás de cada paso que he dado en mi camino. Gracias a ustedes, he aprendido valiosos valores que llevaré conmigo durante toda mi vida. A mis abuelos, Ángel y Julia, les dedico este logro con profundo agradecimiento, ya que su apoyo y sabiduría han sido fundamentales en mi éxito. También quiero extender mi agradecimiento a mis hermanos y a toda mi familia, quienes han estado a mi lado en los momentos difíciles y también para compartir mis alegrías. Este logro es también suyo. Con amor, gratitud y una inmensa felicidad, dedico este trabajo a todos ustedes.

Andersson Paul Ayala Patiño.

Dedico este trabajo a mis padres, Jorge y Betty, que han sido un pilar fundamental en mi formación académica al largo de todos estos años, gracias por todo su apoyo y amor a pesar de la distancia. A mi hermana Sheila y a mi cuñado Mauricio, quienes siempre han estado pendiente de mi para que cumpla mis metas. Agradezco a Gissel por siempre estar conmigo en toda esta etapa y apoyarme en todo. A mis amigos y compañeros de los cuales nunca faltó un momento de gracia y de ánimos. A todos ustedes les dedico este logro con todo mi amor y agradecimiento.

Kevin Armando Narváez Dutan.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestro director de Tesis, el Ingeniero Diego Correa Barahona. Su compromiso, dedicación y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de este proyecto. A lo largo de todo el proceso, él ha sido una guía excepcional, brindándonos orientación, motivación y apoyo incondicional. Su profundo conocimiento y visión nos han inspirado y enriquecido nuestro trabajo de manera invaluable. Agradecemos su disposición constante para escucharnos, su paciencia para resolver nuestras dudas y su habilidad para transmitirnos sus conocimientos de manera clara y concisa. Este logro no habría sido posible sin su valiosa contribución.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen:.....	i
Abstract:.....	i
Introducción	1
Antecedentes	2
Problemática	2
Justificación	3
Objetivos General	4
Objetivos Específicos.....	4
1.Marco Teórico.....	4
1.1 Definición de semáforo.....	4
1.2 Intersección semafórica	4
1.3 Flujo, capacidad y densidad.....	6
1.3.1 Flujo:.....	6
1.3.2 Capacidad:.....	6
1.3.3 Densidad:	6
1.4 Aforos vehiculares	7
1.5 TPDA	7
1.6 Niveles de servicio.....	8
1.6.1 Niveles de servicio en intersecciones:	8
1.7 Señalización vertical y horizontal.....	10
1.7.1 Señalización horizontal.....	10
1.7.2 Señalización vertical:	10
2. Diagnostico actual.....	11
2.1 Localización geográfica	11
2.1.1 Localización de intersecciones semaforizadas:	11
2.2 Tiempos fijos de los semáforos actuales.....	18
2.2.1 Intersección 1:.....	18
2.2.2 Intersección 2:	18
2.2.3 Intersección 3:.....	19
2.2.4 Intersección 4:.....	19
2.2.5 Intersección 5:.....	20
2.2.6 Intersección 6:.....	20

2.3 Toma de datos actualizados	21
2.3.1 Horario seleccionado	21
2.3.2 Geometría de las vías	22
2.3.2 Aforo Vehicular	25
2.3.3 Conteos Manuales	26
3. Metodología y modelación	33
3.1. Metodología HCM 2010 para Niveles de servicio:	33
3.2 Estudio de Tráfico vehicular.	42
4. Análisis de Propuestas y Resultados.....	50
4.1 Propuestas planteadas	50
4.2 Resultados	68
4.3 Conclusiones	73
4.4 Bibliografía	74
Anexos	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa de la Ciudad de Cañar.....	11
Ilustración 2: E40-Bolivar Quezada.....	12
Ilustración 3: Clasificación semafórica	12
Ilustración 4: E40-Avenida San Antonio.....	13
Ilustración 5: Clasificación Semafórica.....	13
Ilustración 6: E40-Entrada a Narrio.....	14
Ilustración 7: Clasificación Semafórica.....	14
Ilustración 8: E40-Avenida Paseo de los Cañaris-Calle Guayaquil-Calle 9 de octubre.....	15
Ilustración 9: Clasificación semafórica	15
Ilustración 10: E40-Avenida Ingapirca.....	16
Ilustración 11: Clasificación Semafórica.....	16
Ilustración 12: E40-Av 24 de Mayo.....	17
Ilustración 13: Clasificación Semafórica.....	17
Ilustración 14: Geometría de la intersección 1.....	22
Ilustración 15: Geometría de la intersección 2.....	23
Ilustración 16: Geometría de la intersección 3. a.....	23
Ilustración 17: Geometría de la intersección 4.....	24
Ilustración 18: Geometría de la intersección 5.....	24
Ilustración 19: Geometría de la intersección 6.....	25
Ilustración 20: Cámara instalada para el aforo vehicular	25
Ilustración 21: Tabla de aforo vehicular manual	26
Ilustración 22: Red tráfico vehicular.....	42
Ilustración 23: Niveles de servicio Intersección 1.	43
Ilustración 24: Niveles de servicio Intersección 1.	43
Ilustración 25: Niveles de servicio Intersección 2.	44
Ilustración 26: Niveles de servicio Intersección 2.	44
Ilustración 27: Red tráfico vehicular 3.....	45
Ilustración 28: Niveles de servicio intersección 3.....	45
Ilustración 29: Niveles de servicio intersección 3.....	46
Ilustración 30: Red de tráfico vehicular 4.....	46
Ilustración 31: Niveles de servicio intersección 4.....	47
Ilustración 32: Niveles de servicio intersección 4.....	47
Ilustración 33: Red de tráfico vehicular 5 y 6.....	48

Ilustración 34: Niveles de servicio intersección 5.....	48
Ilustración 35: Niveles de servicio intersección 5.	49
Ilustración 36: Niveles de servicio intersección 6.....	49
Ilustración 37: Niveles de servicio intersección 6.	50
Ilustración 38: Diagrama de fases plan A para intersección 1.	52
Ilustración 39: Diagrama de fases plan A para intersección 1.	54
Ilustración 40: Diagrama de fases plan A y B para intersección 3.	56
Ilustración 41: Diagrama de fases plan A para intersección 4.	59
Ilustración 42: Diagrama de fases plan B para intersección 4	59
Ilustración 43: Diagrama de fases plan A para intersección 5.	62
Ilustración 44: Diagrama de fases plan B para intersección 5.....	63
Ilustración 45: Diagrama de fases plan A para intersección 6.....	66
Ilustración 46: Diagrama de fases plan B para intersección 6.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ciclo semafórico Intersección 1.	18
Tabla 2. Ciclo semafórico Intersección 2.	18
Tabla 3. Ciclo semafórico Intersección 3.	19
Tabla 4. Ciclo semafórico Intersección 4.	19
Tabla 5. Ciclo semafórico Intersección 5.	20
Tabla 6. Ciclo semafórico Intersección 6.	20
Tabla 7. Horarios y días seleccionados para cada intersección.	21
Tabla 8. Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 1	27
Tabla 9. Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 2.....	28
Tabla 10: Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 3.....	29
Tabla 11: Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 4.....	30
Tabla 12: Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 5.....	31
Tabla 13: Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 6.....	32
Tabla 14. Descripción de paso 1 y 2.....	33
Tabla 15. Descripción paso 3.	34
Tabla 16. Descripción paso 4 (determinación de la tasa de flujo de saturación).	35
Tabla 17. Factor de ajuste por ancho de carril.	35
Tabla 18. Factores de ajuste.	35
Tabla 19. Factores de ajuste.	36
Tabla 20. Descripción paso 5.	37
Tabla 21. Tipos de llegada.	38
Tabla 22. Descripción paso 6.	38
Tabla 23. Descripción paso 7.	39
Tabla 24. Demoras.	41
Tabla 25. Niveles de servicio.	42

Tabla 26. Volumen total de vehículos por acceso 1.....	51
Tabla 27. Propuesta intersección 1.....	52
Tabla 28. Volumen total de vehículos por acceso 2.....	53
Tabla 29. Propuesta intersección 2.....	55
Tabla 30. Volumen total de vehículos por acceso 3.....	55
Tabla 31. Propuesta lunes a sábado intersección 3.....	57
Tabla 32. Propuesta Domingo intersección 3.....	57
Tabla 33. Volumen total de vehículos por acceso 4.....	58
Tabla 34. Propuesta lunes a sábado intersección 4.....	60
Tabla 35. Propuesta Domingo intersección 4.....	60
Tabla 36. Volumen total de vehículos por acceso 5.....	61
Tabla 37. Propuesta lunes a sábado intersección 5.....	63
Tabla 38. Propuesta Domingo intersección 5.....	64
Tabla 39. Volumen total de vehículos por acceso 6.....	64
Tabla 40. Propuesta lunes a sábado intersección 6.....	67
Tabla 41. Propuesta lunes a sábado intersección 6.....	67
Tabla 42. Resultados intersección 1.....	68
Tabla 43. Resultados intersección 2.....	68
Tabla 44. Resultados intersección 3.....	69
Tabla 45. Resultados intersección 4.....	69
Tabla 46. Resultados intersección 5.....	70
Tabla 47. Resultados intersección 6.....	70

Introducción

La optimización semafórica de un eje vial es un proceso importante para mejorar la fluidez del tráfico, reducir la congestión y garantizar un movimiento eficiente de vehículos a lo largo de la vía. El eje vial principal que atraviesa la ciudad de Cañar, Ecuador, es la Transversal Austral E40, o Panamericana E35/E40, la cual tiene varias intersecciones semaforizadas aisladas.

Las intersecciones semaforizadas fueron diseñadas para facilitar el tránsito vehicular y de peatones. Estas tienen incorporados planes que varían dependiendo de la hora del día y el día de la semana. Durante las horas pico, los conductores y peatones experimentan largos tiempos de espera, producto de las congestiones producto del tráfico. Además, la situación puede ser más complicada en ciertas épocas del año, como durante las temporadas de lluvia.

Para mejorar la situación, las autoridades locales de Cañar, trabajan para encontrar soluciones innovadoras, tomando medidas para mejorar la movilidad y seguridad vial. Implementando campañas de educación vial, así como mejoras en la señalización horizontal y vertical; y, la instalación de señales de tráfico en las intersecciones semaforizadas. Estas medidas buscan reducir las demoras, pero sobre todo mejorar la seguridad vial para todos los usuarios de este importante eje vial.

En años recientes en Cañar, se ha dado un crecimiento significativo del parque automotor. El aumento en la población de la ciudad de Cañar (INEC) ha llevado a un desarrollo en el transporte vial que, desafortunadamente, ha provocado un incremento en los y demoras de tránsito. En la ciudad a menudo surgen problemas de congestionamiento vehicular a lo largo de todo el sistema vial, en donde en las intersecciones suelen darse los mayores problemas. Por tal razón en este trabajo de titulación se realizará un estudio a las intersecciones del eje E40 de la ciudad de Cañar para optimizar sus ciclos semafóricos evaluando el nivel de servicio a lo largo del corredor vial principal y en cada una de las intersecciones.

El corredor vial de Cañar es muy importante para el comercio local, cantonal y nacional. Por él, circulan vehículos pesados que transportan mercancías, lo que lo convierte en una de las vías más transitadas de la provincia. Es por esta razón que es fundamental reducir las demoras en que actualmente experimentan en cada una de las intersecciones semaforizadas, reduciendo los tiempos de viaje y facilitando el transporte de productos y servicios, y disminuyendo los costos de transporte, beneficiando al desarrollo económico y social de Cañar y la región.

Antecedentes

. En la ciudad de Cañar, la tasa de matriculación del parque automotor del año 2021 a nivel nacional fue de 143 vehículos matriculados por cada mil habitantes. Se registró la séptima provincia con mayor tasa de matriculación (159 vehículos matriculados por cada mil habitantes) todo esto según el anuario de estadísticas de transporte del 2021 (INEC). Además, en el eje E40 se registra un alto volumen de tráfico, dado que constituye la arteria principal de la ciudad, lo cual genera desafíos significativos en términos de movilidad, como la obsolescencia de los ciclos semafóricos. Cabe destacar que el flujo de ciudadanos durante las horas de máxima demanda intensifica el problema de congestión vial.

A nivel global se ha demostrado que un correcto estudio de los ciclos semafóricos disminuye las demoras de los vehículos tal es el caso el estudio realizado por (Samuel, 1996) quien con 512 detectores de vehículos logró determinar el funcionamiento en 200 intersecciones semaforizadas y como resultado disminuyó los tiempos de viaje de los usuarios. Estos estudios se realizan con software los cuales ayudan a el ingeniero de tránsito para modelar y optimizar el tránsito vehicular.

Calibrar de una manera efectiva los ciclos semafóricos impactan de manera positiva en especial en las intersecciones conflictivas ya que ayudan a reducir las demoras y grandes filas de congestión vehicular. Utilizando correctamente un software de modelamiento y simulación de tráfico se logrará el objetivo final esperado.

Problemática

En la ciudad de Cañar existen varias intersecciones semafóricas especialmente en el eje E40, el cual es la arteria principal de la ciudad y presenta varios conflictos. Entre los conflictos más destacados se puede identificar la congestión vehicular durante las horas de máxima demanda, comúnmente conocidas como horas pico. Este problema surge debido a la falta de un control eficiente y constante en las intersecciones viales. El crecimiento de la ciudad, que se estima en un 0.5% anual según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), se adjunta una población actual de 18,335 habitantes según la proyección demográfica del INEC 2010, se encuentra estrechamente relacionado con el aumento del parque automotor, el cual experimenta un crecimiento anual del 7.35% (Ortiz, 2018). Por lo mencionado, es indispensable que los planes semafóricos se desarrollen de manera continua, ya que la dinámica de la ciudad cambia constantemente. Es así como ciertas intersecciones se

tornan conflictivas, ocasionando en la ciudadanía molestias y demoras al momento de trasladarse a realizar sus actividades diarias.

En el corredor vial circula todo el comercio que abastece a la ciudad tanto de entrada como salida y el paso a ciudades del sur del país. Las demoras en las intersecciones generan pérdidas económicas a toda la ciudad, ya que en sus horas pico llegan a congestionarse.

La falta de atención en el manejo de las intersecciones da como consecuencia demoras e incrementos en los tiempos de viaje. El ente que regula el tránsito en Cañar es la ANT (Agencia Nacional de Tránsito), los mismos podrían ayudar a fortalecer el control del flujo vehicular. La señalización vertical y horizontal dentro de las intersecciones es mínima lo cual es un problema que afrontar, esta señalización debe ser optimizada para dar un correcto funcionamiento a las intersecciones que están sobrecargadas en sus horas pico.

El efecto de no realizar una actualización incrementará la existencia de una constante crecida de problemáticas en las intersecciones lo que significa que habrá más pérdidas económicas y más demoras. Además, como adición con la señalización se busca dar seguridad a los usuarios vulnerables como son peatones, ciclistas y motociclistas.

Justificación

Por lo mencionado anteriormente es imprescindible evaluar estas intersecciones conflictivas y proponer una implementación de estrategias para priorizar las mejoras de los flujos vehiculares evitando demoras, reduciendo los tiempos de viaje y a su vez ayudando a la movilidad de los peatones, de una manera segura que mediante un conjunto de estrategias, acciones y medidas que garanticen el correcto funcionamiento del tránsito, evitando accidentes y resguardando la seguridad vial.

Actualmente, los semáforos son una solución de movilidad ante el creciente flujo vehicular. Por lo cual este estudio aportaría a reducir la congestión en las intersecciones en general que pueden llegar a ser muy densas.

Mientras el mantenimiento de los semáforos sea óptimo y los carriles seguros, habrá una reducción del tiempo de recorrido, disminución de demoras con el resto de las ciudades y cantones y, además, se obtendrá una eficiencia en seguridad vial. Cabe recalcar que este ámbito es importante para el desarrollo económico de la ciudad y del cantón.

Objetivos General

Optimizar el sistema semaforizado en el eje E40 Panamericana en la ciudad de Cañar, para minimizar las demoras, facilitando el flujo vehicular que atraviesa la ciudad utilizando y mejorando la señalización horizontal y vertical.

Objetivos Específicos

1. Determinar el flujo vehicular que pasa por las intersecciones mediante aforos vehiculares y peatonales.
2. Analizar y organizar los datos obtenidos para calcular la influencia de cada intersección a lo largo del eje vial.
3. Elaborar una alternativa para mejorar el nivel de servicio de las vías.
4. Optimizar las fases semafóricas de las intersecciones. Diseñar su señalización horizontal y vertical.

CAPÍTULO 1

1.Marco Teórico

1.1 Definición de semáforo

Los semáforos son dispositivos de gran importancia en el desarrollo del tráfico dentro de una ciudad, pues ayudan a una movilidad segura, y tiene consecuencias favorables para distintas actividades económicas y sociales. La principal ventaja que brindan es la reducción de accidentes.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2012), define a un semáforo como “un dispositivo de señalización luminosa útil para el control y la seguridad vial, mediante el cual se regula los movimientos de peatones y vehículos en las calles y carreteras, con luces de color rojo amarillo y verde, símbolos y complementados con sonidos acústicos”.

1.2 Intersección semafórica

En este tipo de intersecciones, se reduce significativamente el conflicto asociado a los giros en el cruce, ya que mediante el uso de un dispositivo de control de semáforos es posible asignar el derecho de paso a diferentes flujos de tráfico en distintos momentos. Sin embargo, también es importante considerar el tiempo que los

vehículos esperan antes de poder circular, lo cual genera largas colas de espera. Por lo tanto, al decidir si es factible instalar semáforos en una intersección, se deben tener en cuenta diversos factores, como el volumen de tráfico, el flujo de peatones y el historial de accidentes registrados.

Dentro de este contexto, se encuentran varios conceptos definidos por la norma ecuatoriana (INEN, 2012), que incluyen:

- Ciclo semafórico: Se refiere al tiempo necesario para que se realice una secuencia completa de indicaciones en los semáforos controlados por un regulador.
- Cola vehicular: Hace referencia a los vehículos que se detienen sucesivamente mientras esperan para cruzar una intersección
- Controlador: Es un mecanismo electrónico automático que regula el orden y la duración de los ciclos, fases e intervalos del semáforo.
- Intervalo de semáforos: Son los tiempos sucesivos en los que se muestra la luz roja, amarilla y verde en el semáforo
- Fase semafórica: Se refiere a una parte del ciclo que permite un movimiento específico o una combinación de movimientos que no generan conflictos durante uno o más intervalos.
- Grupo de señales semafóricas: Es un conjunto de semáforos que comparten una conexión eléctrica común, lo que significa que la iluminación de sus luces es siempre idéntica.
- Secuencia de fases: Es el orden preestablecido en el que ocurren las diferentes fases durante el ciclo semafórico.
- Fase verde mínima para peatones: Es el tiempo mínimo asignado para que los peatones crucen una intersección.
- Fase peatonal exclusiva: Es una fase en la que solo se muestra la luz verde para los peatones, mientras que todos los movimientos vehiculares se detienen.
- Fase peatonal de semáforo: Es una fase de un semáforo que otorga el derecho de paso a los peatones y permite algunos movimientos vehiculares
- Intervalo de despeje: Es el tiempo asignado para que los vehículos completen sus movimientos y despejen el área controlada antes de que comience el siguiente movimiento de tráfico.
- Intervalo de despeje para peatones: Es el tiempo dado después de que se muestra la indicación "CRUCE" para permitir que los peatones despejen la intersección, generalmente mediante una señal intermitente que indica "NO CRUCE".

- Verde Líder (leaving green): Se refiere a cuando la indicación de giro a la izquierda se muestra antes que la indicación de verde para el flujo de tráfico en sentido opuesto.
- Verde Tardío (lagging green): Se refiere a cuando la indicación de giro a la izquierda ocurre después de la indicación de verde para el flujo de tráfico en sentido opuesto.
- Ciclo o duración del ciclo: Es el tiempo necesario para completar una secuencia total de todas las señales del semáforo.
- Movimiento: Una maniobra o conjunto de maniobras realizadas por vehículos que tienen el derecho de paso simultáneamente en un mismo acceso.
- Tiempo de verde efectivo: Es el tiempo utilizado realmente durante la fase verde para reducir la cola de vehículos.
- Intervalo de verde: El período de tiempo en el que se permite el paso de vehículos debido a la indicación verde en el semáforo.
- Intervalo de cambio: El tiempo en el que se muestra la luz amarilla, lo cual es una señal para pasar de una fase a otra.
- Intervalo de todo rojo: El período en el que todas las indicaciones del semáforo muestran luz roja, lo que indica que todo el tráfico se prepara para ingresar a la intersección.

1.3 Flujo, capacidad y densidad

1.3.1 Flujo:

Se refiere al número de vehículos que pasan por un punto específico de una vía durante un determinado período de tiempo.

1.3.2 Capacidad:

Es el flujo máximo que puede soportar una vía. Según la NEVI nos dice que se tiene en cuenta la capacidad en dos categorías: flujo interrumpido y flujo ininterrumpido.

1.3.3 Densidad:

La densidad de tráfico se refiere a la cantidad de vehículos presentes en una unidad de longitud de una vía. Esta medida depende tanto del volumen de vehículos como de su velocidad. Por ejemplo, si todos los vehículos se encuentran en una fila uno detrás del otro sin espacio entre ellos, se alcanzará una densidad máxima con un

alto volumen de tráfico, pero la velocidad y el flujo serán nulos ya que los vehículos están detenidos.

1.4 Aforos vehiculares

El término "aforo vehicular" hace referencia a una técnica utilizada para determinar la cantidad de vehículos en una zona específica. Esta técnica puede llevarse a cabo de manera mecánica o manual, con el objetivo de calcular el volumen de vehículos en dicha área. Su aplicación puede ser útil para estudiar el crecimiento vehicular y/o poblacional en esa zona en particular. Los aforos tienen en cuenta diferentes tipos de vehículos, como particulares, privados, livianos, pesados, entre otros.

Según Cal y Mayor en 2018, se proponen varias formas de realizar aforos, tanto manuales como mecánicos. Los aforos manuales permiten conocer los movimientos de vehículos en una intersección mediante métodos no automatizados. Por otro lado, existen los métodos mecánicos que emplean dispositivos especializados, como cámaras de vídeo, fotográficas o dispositivos conectados a una computadora, para contabilizar los vehículos de forma automatizada.

1.5 TPDA

El concepto de "Tránsito promedio diario anual" se refiere al flujo total de tráfico que circula por una carretera durante todo un año, dividido entre 365 días. En otras palabras, representa el volumen de tráfico promedio diario a lo largo del año. Este cálculo es de gran importancia, ya que justifica los costos en el análisis económico y permite evaluar aspectos funcionales y estructurales de la carretera.

Según el NEVI-12 (2013), el Tránsito promedio diario anual es esencial para llevar a cabo análisis económicos y evaluar el rendimiento de una carretera. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas sugiere la utilización de estaciones de conteo permanente para determinar este valor, pero esto no siempre es práctico o factible. Como alternativa, se recomienda realizar conteos semanales durante cuatro días completos, incluyendo los fines de semana. A partir de estos conteos, se puede estimar el Tráfico Promedio Anual.

1.6 Niveles de servicio

Se trata de una medida que evalúa la calidad del flujo vehicular, reflejando el grado de satisfacción o insatisfacción experimentado por el conductor. Esta medida es cualitativa y describe las condiciones en las que se desarrolla la circulación, así como la percepción de los conductores. Estas condiciones se describen considerando factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, la capacidad de realizar maniobras, el confort, la comodidad y la seguridad vial (Cal y Mayor R. & Cárdenas G., 2007).

Según el Manual de Capacidad Vial HCM 2010, se han establecido seis niveles de servicio que se detallan a continuación:

- Nivel de servicio A: Corresponde a un flujo vehicular sin restricciones, con total libertad para seleccionar velocidades deseadas y realizar maniobras dentro del tránsito.
- Nivel de servicio B: Aún se encuentra en el rango de flujo libre, pero con una ligera disminución en la libertad de maniobra.
- Nivel de servicio C: Pertenece al rango de flujo estable, donde la operación de los conductores individuales comienza a ser afectada y la libertad de maniobra se ve restringida.
- Nivel de servicio D: Representa una circulación con alta densidad de tráfico, donde la libertad de maniobra queda considerablemente limitada.
- Nivel de servicio E: El funcionamiento se acerca al límite de capacidad, lo que resulta en una reducción generalizada de la velocidad y una circulación extremadamente difícil.
- Nivel de servicio F: Indica condiciones de flujo forzado, donde la cantidad de tráfico que se acerca a un punto supera la capacidad de ese punto para absorberlo.

1.6.1 Niveles de servicio en intersecciones:

Los niveles de servicio en intersecciones controladas por semáforos son un elemento crítico en la planificación y gestión del tráfico en áreas urbanas. El nivel de servicio se refiere a la calidad de la operación del tráfico en una intersección, medida a través de la demora promedio experimentada por cada vehículo debido a los semáforos. Esta demora es un indicador del tiempo de viaje perdido, el consumo de combustible, la incomodidad y la frustración experimentados por los usuarios. Los niveles de servicio en intersecciones con semáforos se ven afectados por varios factores, como el volumen de tráfico, la capacidad de la intersección, la duración del

ciclo semafórico, la coordinación de los semáforos y la calidad de la infraestructura vial. Para mejorar el nivel de servicio en estas intersecciones, se pueden implementar estrategias como la optimización de los tiempos del ciclo semafórico, la sincronización de los semáforos, el diseño adecuado de la infraestructura vial y la aplicación de técnicas de gestión de tráfico. En resumen, contar con intersecciones con semáforos eficientes es clave para mejorar la movilidad, reducir el impacto negativo del tráfico en el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas.

A continuación, se describen los niveles de servicio establecidos:

- Nivel de servicio A: Representa una operación con demoras mínimas, inferiores a 10 segundos por vehículo. Las relaciones volumen/capacidad (v/c) son muy bajas, la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen por completo. La utilización de ciclos cortos puede contribuir a minimizar las demoras.
- Nivel de servicio B: Indica una operación con demoras entre 10 y 20 segundos por vehículo. Algunos vehículos comienzan a detenerse, pero las relaciones v/c siguen siendo bajas y la progresión del tráfico es favorable, especialmente con ciclos cortos.
- Nivel de servicio C: Se refiere a una operación con demoras entre 20 y 35 segundos por vehículo. Aunque la progresión sigue siendo favorable, algunos ciclos presentan problemas y tienen longitudes moderadas. Un número significativo de vehículos se detiene, aunque muchos logran pasar la intersección sin detenerse.
- Nivel de servicio D: Corresponde a una operación con demoras entre 35 y 55 segundos por vehículo. Las demoras pueden ser causadas por una mala progresión del tráfico, llegadas durante la fase roja, ciclos largos o relaciones v/c altas. Muchos vehículos se detienen y se hace más evidente la presencia de ciclos problemáticos.
- Nivel de servicio E: Representa una operación con demoras entre 55 y 80 segundos por vehículo. Se considera como el límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por una progresión deficiente, ciclos muy largos y relaciones v/c muy altas.
- Nivel de servicio F: Indica una operación con demoras superiores a los 80 segundos por vehículo. Los flujos de llegada exceden la capacidad de los accesos a la intersección, lo que provoca congestión y una operación saturada, con relaciones v/c mayores a 1.0.

1.7 Señalización vertical y horizontal

1.7.1 Señalización horizontal

Se refiere a las señales de tráfico pintadas en el pavimento, las cuales nos indican normas específicas. De acuerdo con el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2012), se deben considerar los siguientes aspectos en su diseño:

- El tamaño, contraste, colores, forma, composición y retro reflectividad o iluminación se combinan de manera que capturen la atención de todos los usuarios.
- La forma, tamaño, colores y disposición del mensaje se combinan para que sea claro, sencillo e inequívoco.
- La legibilidad y el tamaño son apropiados para la ubicación utilizada, permitiendo un tiempo adecuado de reacción.
- El tamaño, forma y mensaje se ajustan a la situación que se está señalizando, lo cual contribuye a su credibilidad y cumplimiento.
- Las características de color y tamaño se aprecian de manera igual durante el día, la noche y en condiciones de visibilidad limitada.

1.7.2 Señalización vertical:

Se trata de señales verticales ubicadas a lo largo de la vía que utilizan indicadores gráficos. Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2012), se deben considerar los siguientes aspectos en su diseño:

- Cumplir y satisfacer una necesidad específica.
- Ser visibles y captar la atención del usuario vial.
- Contener y transmitir un mensaje claro y sencillo.
- Generar respeto por parte de los conductores y usuarios de la vía.
- Colocarse de manera que brinde el tiempo adecuado para que el usuario vial pueda responder.

CAPÍTULO 2

2. Diagnostico actual

2.1 Localización geográfica

El proyecto será realizado en la ciudad de Cañar, perteneciente a la provincia de Cañar, específicamente será elaborado a lo largo del eje E40, Panamericana, que es la vía de circulación principal de la ciudad. A continuación, se muestra una ilustración del largo del eje E40:

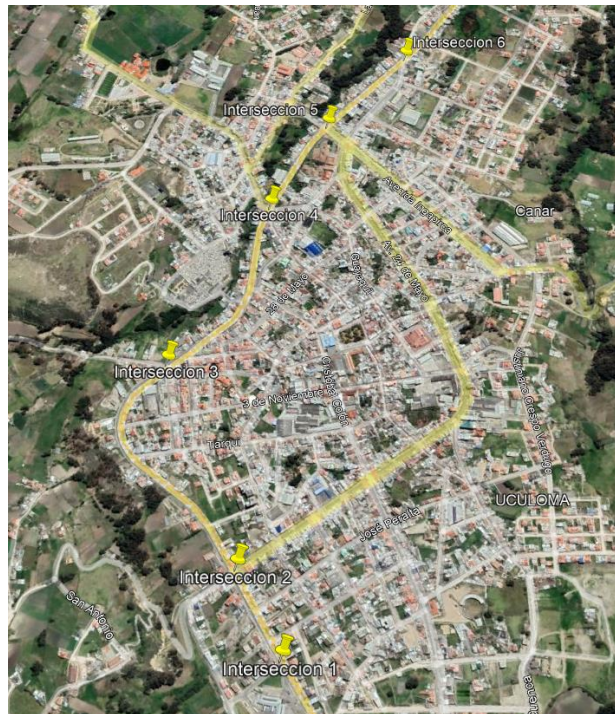


Ilustración 1: Mapa de la Ciudad de Cañar. *Fuente:* Google Earth Pro

2.1.1 Localización de intersecciones semaforizadas:

A continuación, se presenta la ubicación geográfica de cada una de las intersecciones.

- **Intersección 1:** eje E40 y Bolívar Quezada, el eje E40 es una vía de doble sentido, contando con un carril por cada sentido, en tanto a la calle Bolívar Quezada es de un sentido con salida hacia el eje E40. Esta intersección es en forma de T.



Ilustración 2: E40-Bolivar Quezada. *Fuente:* Google Earth Pro

Su localización semafórica se presenta de la siguiente manera:

**Intersección del Terminal Terrestre de Cañar
código semafórico E40 TTC**

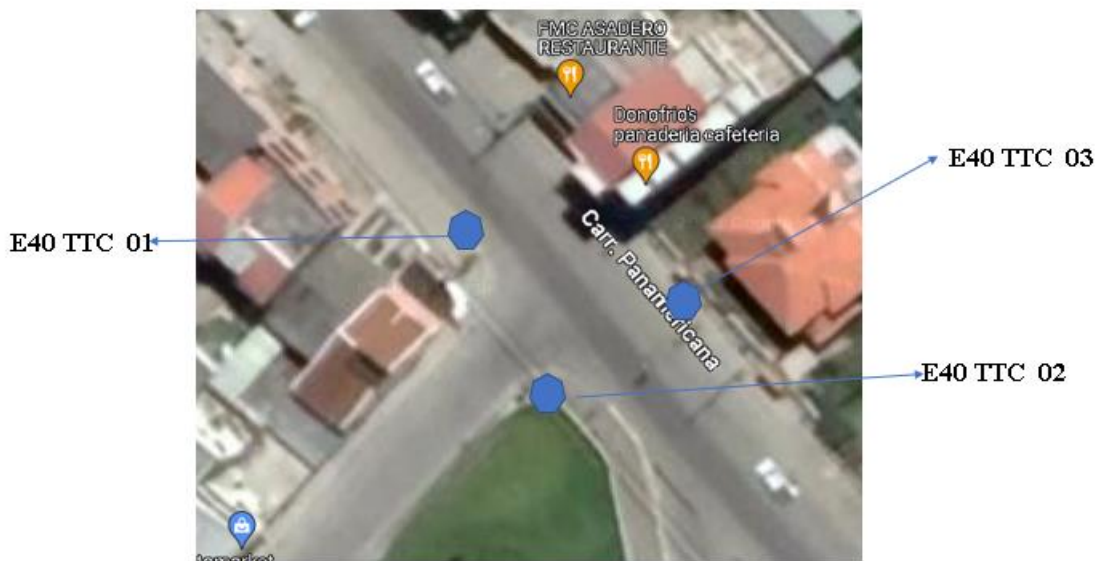


Ilustración 3: Clasificación semafórica *Fuente:* Google Earth Pro

En donde se hace el recuento de los semáforos principales de cada intersección y cuenta con un código impuesto según el nombre de la intersección y sus caracteres en este caso el código semafórico es E40 TTC (Eje E40 y Terminal Terrestre).

- **Intersección 2:** eje E40 y Avenida San Antonio, el eje E40 es una vía de doble sentido, contando con un carril por cada sentido, en tanto a la Avenida San Antonio es de doble sentido con un parterre vial, cuenta con un carril por cada sentido. Esta es una intersección simple.

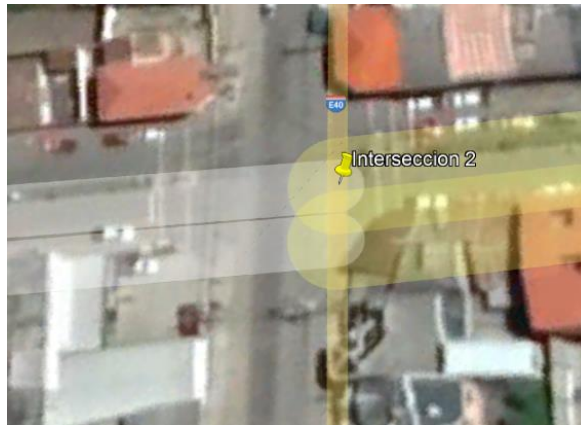


Ilustración 4: E40-Avenida San Antonio. **Fuente:** Google Earth Pro

Su localización semafórica se presenta de la siguiente manera:

Intersección eje E40 y Avenida San Antonio
Código semafórico : E40 ASA

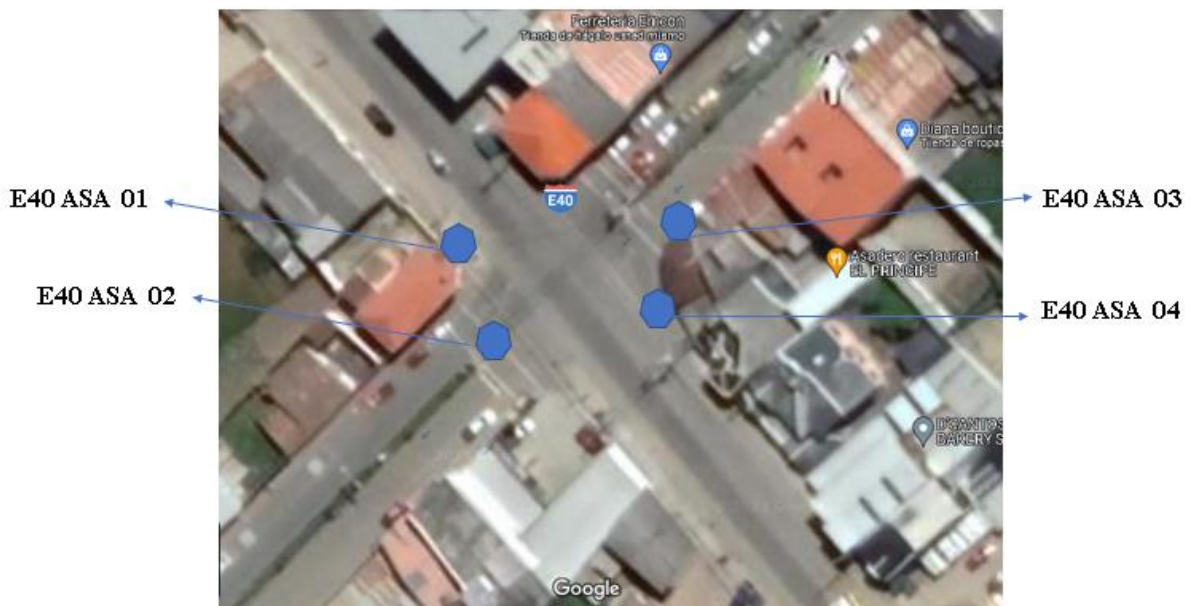


Ilustración 5: Clasificación Semafórica. **Fuente:** Google Earth Pro

En donde se hace el recuento de los semáforos principales de cada intersección y cuenta con un código impuesto según el nombre de la intersección y sus caracteres en este caso el código semafórico es E40 ASA (Eje E40 y Terminal Avenida San Antonio).

- **Intersección 3:** eje E40 y calle Arturo Ordoñez, el eje E40 es una vía de doble sentido, contando con un carril por cada sentido, en tanto a la calle Arturo Ordoñez (ubicada a la derecha del eje) es de un solo sentido de salida y un solo carril, al lado izquierdo del eje

se encuentra la entrada a Narrio, calle sin nombre, que es de doble sentido y cuenta con un carril para cada sentido. Esta es una intersección simple.

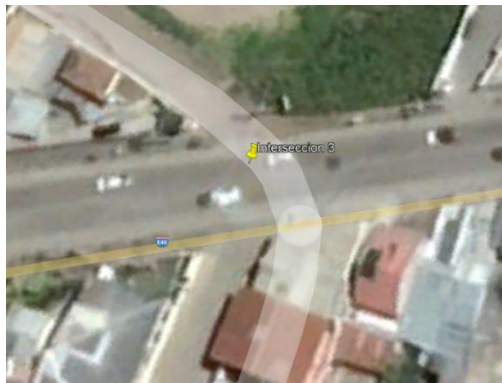


Ilustración 6: E40-Entrada a Narrio. **Fuente:** Google Earth Pro

Su localización semafórica se presenta de la siguiente manera:

Intersección eje E40-Narrio
Código Semafórico: E40 NAR

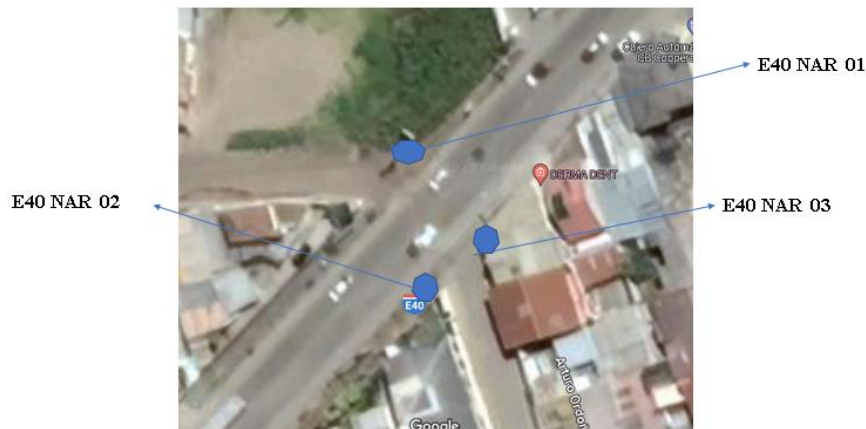


Ilustración 7: Clasificación Semafórica. **Fuente:** Google Earth Pro.

En donde se hace el recuento de los semáforos principales de cada intersección y cuenta con un código impuesto según el nombre de la intersección y sus caracteres en este caso el código semafórico es E40 NAR (Eje E40 y Narrio).

- **Intersección 4:** eje E40-Paseo de los Cañaris-Calle 9 de Octubre-Calle Guayaquil, el eje E40 es una vía de doble sentido, contando con un carril por cada sentido, en tanto a la Paseo de los Cañaris se encuentra ubicada a la izquierda del eje E40, y es una calle de doble sentido, que de entrada cuenta con un solo carril, y de salida cuenta con una isla para giros a la derecha y un carril para avanzar recto y dar giros a la izquierda. Tenemos también la calle Guayaquil que se encuentra a la derecha del eje, y es una calle de un solo sentido de

salida. Por último, tenemos la calle 9 de Octubre que es de un solo sentido de ingreso y cuenta con un solo carril.



Ilustración 8: E40-Avenida Paseo de los Cañaris-Calle Guayaquil-Calle 9 de octubre.

Fuente: Google Earth Pro:

Su localización semafórica se presenta de la siguiente manera:

Intersección eje E40-Paseo de los Cañaris-Calle 9 de Octubre-Calle Guayaquil
Código semafórico: E40 PCÑ

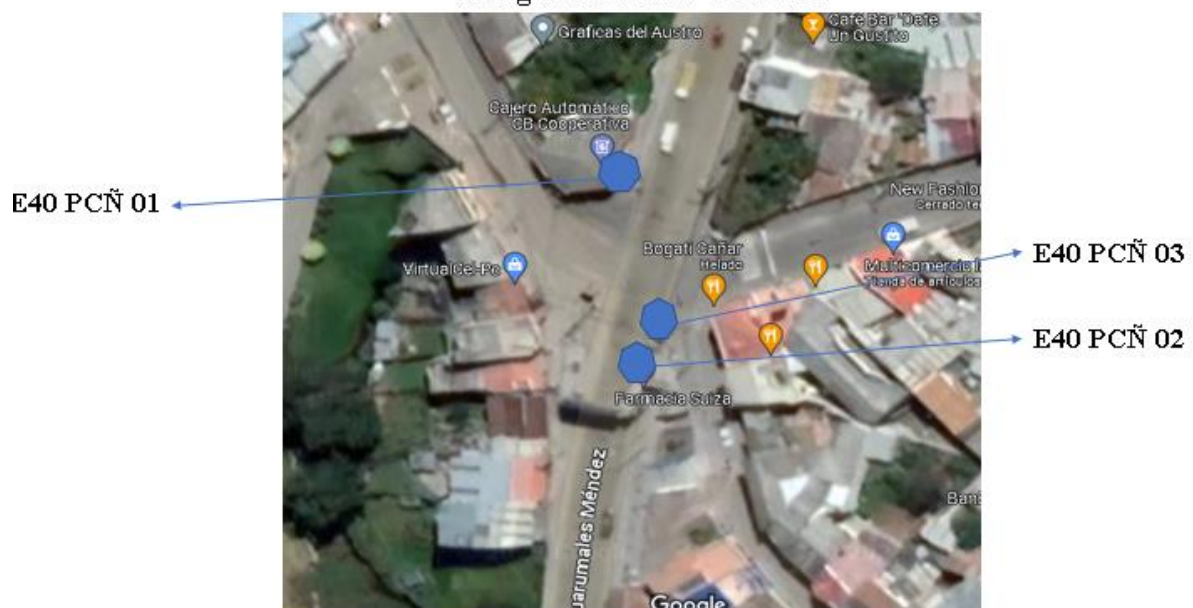


Ilustración 9: Clasificación semafórica *Fuente:* Google Earth Pro

En donde se hace el recuento de los semáforos principales de cada intersección y cuenta con un código impuesto según el nombre de la intersección y sus caracteres en este caso el código semafórico es E40 PCÑ (Eje E40 y Paseo de los Cañaris).

- **Intersección 5:** eje E40 y Avenida Ingapirca, el eje E40 es una vía de doble sentido, contando con un carril por cada sentido, en tanto a la Avenida Ingapirca es de doble sentido con un parterre vial, cuenta con un carril por cada sentido. Esta es una intersección simple.



Ilustración 10: E40-Avenida Ingapirca. *Fuente:* Google Earth Pro

Su localización semafórica se presenta de la siguiente manera:

Intersección Eje E40 y Avenida Ingapirca
Código Semafórico: E40 AIG

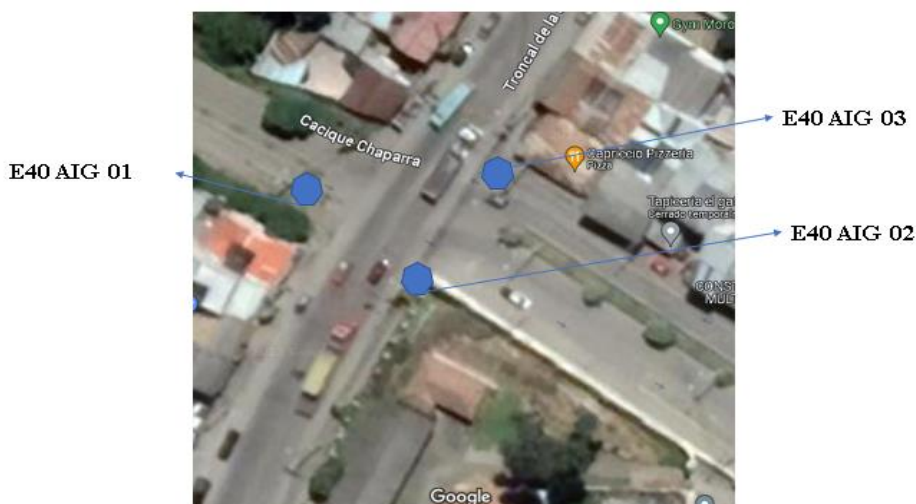


Ilustración 11: Clasificación Semafórica. *Fuente:* Google Earth Pro

En donde se hace el recuento de los semáforos principales de cada intersección y cuenta con un código impuesto según el nombre de la intersección y sus caracteres en este caso el código semafórico es E40 AIG (Eje E40 y Avenida Ingapirca).

- **Intersección 6:** eje E40 y Avenida 24 de Mayo, el eje E40 es una vía de doble sentido, contando con un carril por cada sentido, en tanto a la Avenida 24 de Mayo es de doble sentido con un parterre vial, cuenta con un carril por cada sentido. Esta es una intersección simple.



Ilustración 12: E40-Av 24 de Mayo. **Fuente:** Google Earth Pro

Su localización semafórica se presenta de la siguiente manera:

Intersección eje E40 y Avenida 24 de Mayo
Código Semafórico : E40 24M



Ilustración 13: Clasificación Semafórica. **Fuente:** Google Earth Pro


En donde se hace el recuento de los semáforos principales de cada intersección y cuenta con un código impuesto según el nombre de la intersección y sus caracteres en este caso el código semafórico es E40 24m (Eje E40 y Avenida 24 de Mayo).

2.2 Tiempos fijos de los semáforos actuales

2.2.1 Intersección 1:

En la primera intersección situada en el eje E40 y Bolívar Quezada encontramos los siguientes datos expuestos en la **Tabla 1**. El total del ciclo semafórico es de 73 segundos.

Tabla 1. Ciclo semafórico Intersección 1.


Optimización semafórica del ramal principal E40 de la ciudad de Cañar: Tiempos de Verde de cada semáforo								
Figura	Intersección	Calles	Verde(s)	Verde Peatonal(s)	Ámbar	Rojo (s)	Rojo Peatón(s)	Ciclo(s)
	E40- Terminal Terrestre de Cañar	E40(Semáforo 1)	40	25	3	30	48	73
		Bolívar Quezada (Semáforo 2)	25	43	3	45	30	73

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.2 Intersección 2:

En la segunda intersección situada en el eje E40 y Avenida San Antonio encontramos los siguientes datos expuestos en la **Tabla 2**. El total del ciclo semafórico es de 73 segundos.

Tabla 2. Ciclo semafórico Intersección 2.


Optimización semafórica del ramal principal E40 de la ciudad de Cañar: Tiempos de Verde de cada semáforo								
Figura	Intersección	Calles	Verde(s)	Verde Peatonal(s)	Ambar	Rojo (s)	Rojo Peaton(s)	Ciclo(s)
	E40- Avenida San Antonio	E40	40	25	3	30	48	73
		Avenida San Antonio	25	43	3	45	30	73

Fuente: *Elaboración propia*

2.2.3 Intersección 3:

En la tercera intersección situada en el eje E40 y Entrada a Narrio encontramos los siguientes datos expuestos en la **Tabla 3**. El total del ciclo semafórico es de 55 segundos.

Tabla 3. *Ciclo semafórico Intersección 3.*


Optimización semafórica del ramal principal E40 de la ciudad de Cañar: Tiempos de Verde de cada semáforo								
Figura	Intersección	Calles	Verde(s)	Verde Peatonal(s)	Ámbar	Rojo (s)	Rojo Peatón(s)	Ciclo(s)
	E40- Entrada a Narrio	E40	32	23	3	20	32	55
		Entrada a Narrio	15	40	3	37	15	55

Fuente: *Elaboración propia.*

2.2.4 Intersección 4:

En la cuarta intersección situada en el eje E40 y Paseo de los Cañaris encontramos los siguientes datos expuestos en la **Tabla 4**. El total del ciclo semafórico

Tabla 4. *Ciclo semafórico Intersección 4.*


Optimización semafórica del ramal principal E40 de la ciudad de Cañar: Tiempos de Verde de cada semaforo								
Figura	Intersección	Calles	Verde(s)	Verde Peatonal(s)	Ambar	Rojo (s)	Rojo Peaton(s)	Ciclo(s)
	E40-Avenida Paseo de los Cañaris-Calle Guayaquil- Calle 9 de Octubre	E40 Norte-Sur	40	33	3	60	60	93
			Verde Giro Izq(s)		Ambar Giro Izq(s)	Rojo Giro Izq(s)		
			15	2	35			
		E40 Sur-Norte	Verde(s)	33	3	Rojo(s)	60	93
		40		60				
		Paseo de los Cañaris-Calle 9 de Octubre	30	43	3	60	50	93

Fuente: *Elaboración propia.*

2.2.5 Intersección 5:

en la quinta intersección situada en el eje E40 y Avenida Ingapirca encontramos los siguientes datos expuestos en la **Tabla 5**; Error! No se encuentra el origen de la referencia.. El total del ciclo semafórico es de 55 segundos

Tabla 5. Ciclo semafórico Intersección 5.


Optimización semafórica del ramal principal E40 de la ciudad de Cañar: Tiempos de Verde de cada semáforo								
Figura	Intersección	Calles	Verde(s)	Verde Peatonal(s)	Ambar	Rojo (s)	Rojo Peatón(s)	Ciclo(s)
	E40- Avenida Ingapirca	E40	32	23	3	28	32	53
		Avenida Ingapirca	25	35	3	35	15	53

Fuente: Elaboración propia.

2.2.6 Intersección 6:

en la sexta intersección que está situada en el eje E40 y Avenida 24 de Mayo encontramos los siguientes datos expuestos en la **Tabla 6**. El total del ciclo semafórico es de 85 segundos.

Tabla 6. Ciclo semafórico Intersección 6.

Optimización semafórica del ramal principal E40 de la ciudad de Cañar: Tiempos de Verde de cada semáforo								
Figura	Intersección	Calles	Verde(s)	Verde Peatonal(s)	Ambar	Rojo (s)	Rojo Peatón(s)	Ciclo(s)
	E40-Avenida 24 de Mayo	E40 Norte-Sur	40		4	41		85
			Verde Giro Izq(s)				Rojo Giro Izq.(s)	
			13				72	
	E40 Sur-Norte		Verde(s)		4	41		85
			40			Rojo Giro Izq.(s)		
						72		
	Avenida 24 de Mayo		25		4	56		85

Fuente: Elaboración propia

2.3 Toma de datos actualizados

2.3.1 Horario seleccionado

Para la toma de datos hoy en día contamos con dispositivos más actualizados y herramientas tecnológicas que nos facilitan la toma de datos que nos permite escoger las vías de mayor congestión y sus horarios en los que hay mayor flujo vehicular (horas pico).

Para la elección de los horarios de conteos se tomó en cuenta, que todos los días que se contabilicen estén dentro de una misma semana, para que de esta manera se pueda simular una semana completa para que los datos sean relevantes como se observa en la **Tabla 7**.

Además, siendo una semana completa dentro del mes de abril, nos permite usar de manera más efectiva los factores semanales y mensuales, fundamentales para el cálculo del TPDA.

Tabla 7. Horarios y días seleccionados para cada intersección.

Hora	Día
Intersección 1: E40-Calle Bolívar Quezada	
7am-7pm	Domingo – lunes -martes
Intersección 2: E40-Avenida San Antonio	
7am-7pm	Domingo – lunes -martes
Intersección 3: E40- Narrio	
7am-7pm	Domingo – lunes -martes
Intersección 4: E40-Paseo de los Cañaris	
7am-7pm	Miércoles – jueves – viernes
Intersección 5: E40- Avenida Ingapirca	
7am-7pm	Miércoles – jueves – viernes

Intersección 6: E40- Avenida 24 de Mayo

7am-7pm

Miércoles – jueves – viernes

Fuente: *Elaboración propia*

2.3.2 Geometría de las vías

El levantamiento de datos de la geometría de estas vías es un proceso crucial para garantizar la seguridad y eficiencia del tráfico vehicular en la ciudad. Para realizar este levantamiento, se utilizan diversas técnicas y herramientas, en este caso se realizó la medición manualmente con un aparato electrónico de mano que mide distancias a laser, y software de diseño asistido por ordenador (AUTOCAD).

Es importante mencionar que la recolección de datos de la geometría de las vías del eje E40 de la ciudad de Cañar es un dato primordial para la modelación del corredor, ya que el ancho de las vías nos puede ayudar a determinar que tanta densidad de vehículos esta puede soportar. Además, en el software de simulación nos pide este dato para procesar toda la información de una manera correcta.

En las siguientes ilustraciones se podrá observar las mediciones de cada vía en las intersecciones evaluadas.

- **Intersección 1: E40-Calle Bolívar Quezada**

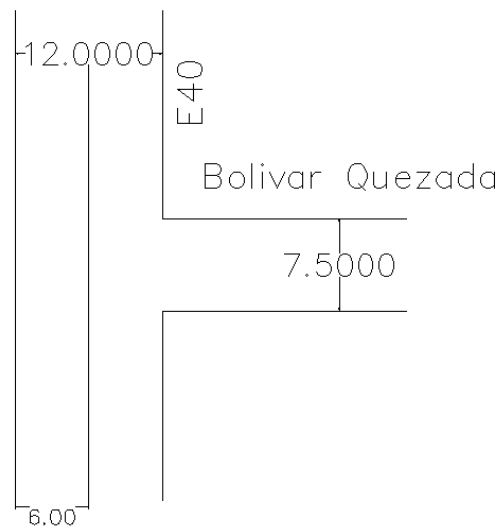


Ilustración 14: *Geometría de la intersección 1. Fuente: Elaboración Propia*

- **Intersección 2: E40-Avenida San Antonio**

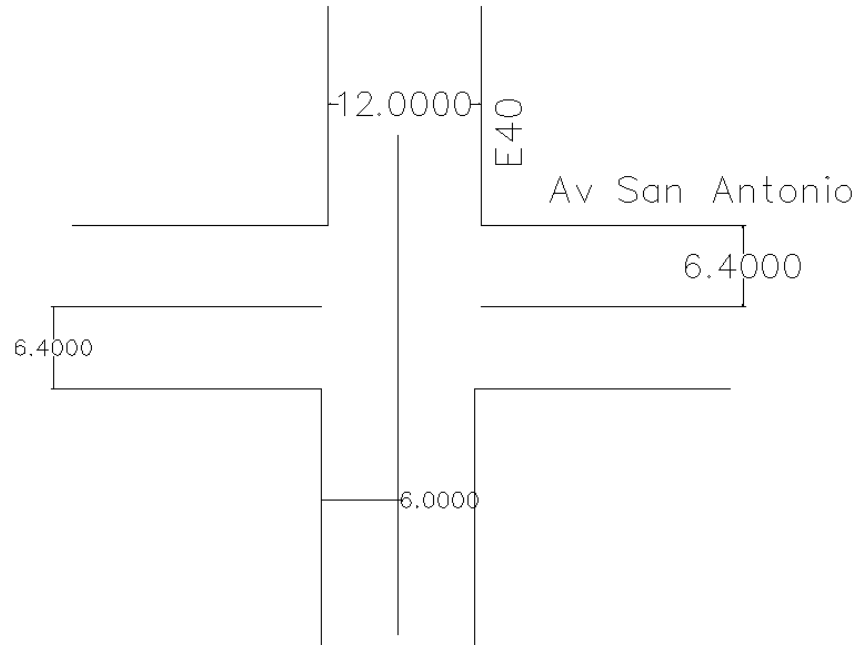


Ilustración 15: Geometría de la intersección 2. **Fuente:** Elaboración Propia

- **Intersección 3: E40- Narrio**

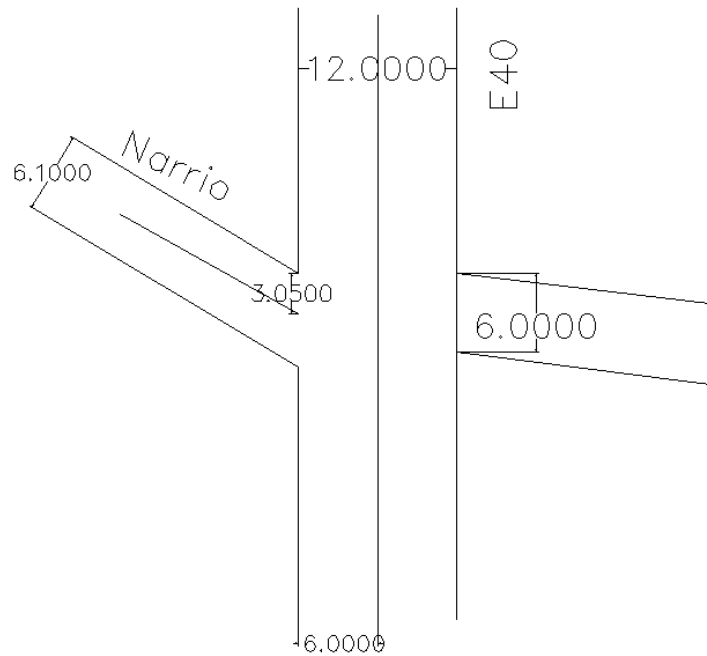


Ilustración 16: Geometría de la intersección 3. **Fuente:** Elaboración Propia

- **Intersección 4: E40-Paseo de los Cañaris**

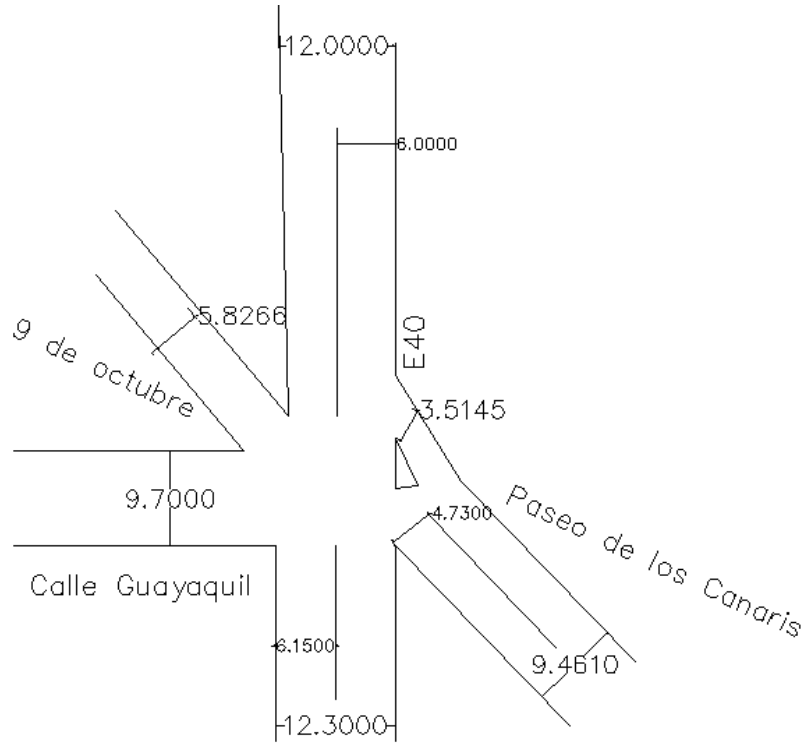


Ilustración 17: Geometría de la intersección 4. **Fuente:** Elaboración Propia

- **Intersección 5: E40- Avenida Ingapirca**

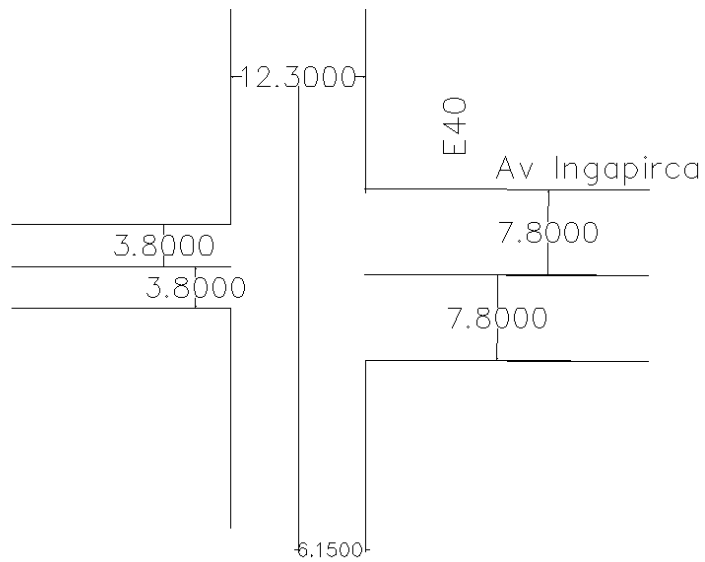


Ilustración 18: Geometría de la intersección 5. **Fuente:** Elaboración Propia

- **Intersección 6: E40- Avenida 24 de Mayo**

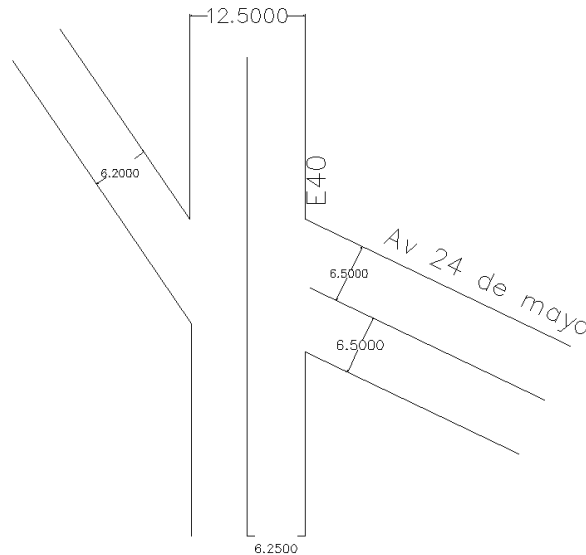


Ilustración 19: Geometría de la intersección 6. **Fuente:** Elaboración Propia

2.3.2 Aforo Vehicular

Para el aforo vehicular, se contabilizó mediante video grabaciones con cámaras de video como se muestra en la ilustración 8, obteniendo un conteo manual de 12 horas de una muestra de 3 días consecutivos que contine: días laborables (lunes a viernes) y fin de semana (sábado y Domingo). Las grabaciones se realizamos de manera simultánea de la intersección 1 a la 3 y así mismo de la intersección 4 a la 6 este conteo vehicular nos servirá para poder determinar el TPDA de cada intersección.

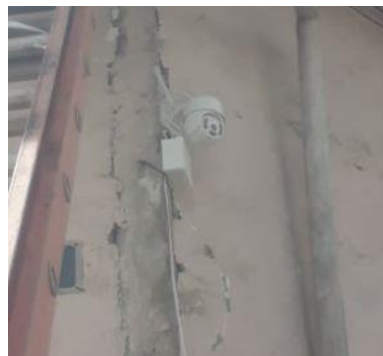



Ilustración 20: Cámara instalada para el aforo vehicular **Fuente:** Elaboración propia

Además, es importante mencionar que el conteo vehicular se lo hizo teniendo en cuenta los diferentes tipos de ejes que tienen los vehículos que dictamina el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

Para la correcta recolección de datos de los vehículos, se elaboró una tabla de conteo que muestra la disposición de cada uno de los vehículos junto con su respectivo eje. Dicha tabla se presenta a continuación.


 ESTUDIO DE TRÁFICO DE INTERSECCIÓN DE

Aforo Manual de Tráfico Motorizado y No Motorizado

SENTIDO INTERSECCIÓN: ENTIDAD:
 FECHA: PROVINCIA:
 DIA DE LA SEMANA: DIRECTOR DE TEE:
 ENCUESTADORES: PRESIDENTE DEL TRIBUNAL:

Hora	LIVIANOS	BUS	CAMIÓN C2	CAMIÓN C3	CAMIÓN C4	MOTOS	BICICLETA	TOTAL
	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
7:00 - 7:15								
7:15 - 7:30								
7:30 - 7:45								
7:45 - 8:00								
8:00 - 8:15								
8:15 - 8:30								
8:30 - 8:45								
8:45 - 9:00								
9:00 - 9:15								
9:15 - 9:30								
9:30 - 9:45								
9:45 - 10:00								
10:00 - 10:15								
10:15 - 10:30								
10:30 - 10:45								
10:45 - 11:00								
11:00 - 11:15								
11:15 - 11:30								
11:30 - 11:45								
11:45 - 12:00								
12:00 - 12:15								
12:15 - 12:30								
12:30 - 12:45								
12:45 - 13:00								
13:00 - 13:15								

Ilustración 21: Tabla de aforo vehicular manual **Fuente:** Elaboración propia

2.3.3 Conteos Manuales

El conteo manual de vehículos es una tarea que consiste en registrar el número de automóviles que transitan por una determinada vía. En este caso, se realizó el conteo manual del eje E-40 desde la Avenida Bolívar Quezada hasta la Avenida 24 de mayo, abarcando un total de 6 intersecciones contabilizadas.

El objetivo de este tipo de conteos es obtener información precisa y detallada sobre el tráfico vehicular en una determinada zona. Esta información es útil para planificar la construcción de nuevas vías o la ampliación de las existentes, así como para determinar la frecuencia y capacidad del transporte público y para establecer medidas de regulación de tráfico y seguridad vial.

Durante el conteo manual, se registró el número de vehículos que transitaban en ambos sentidos del corredor vial y también sus respectivos giros a la derecha o izquierda de cada intersección evaluada a lo largo del eje E-40, así como su tipo (automóvil, camión, motocicleta, bus etc.). También se observó algunas problemáticas tales como excesos de velocidades, la no adecuada señalización y el no cumplimiento de las leyes de tránsito de los conductores de los vehículos. También se registró el flujo de tráfico en las distintas intersecciones, todos estos datos permiten obtener una imagen precisa del tráfico vehicular en la zona y facilitan la toma de decisiones en materia de movilidad urbana.

Se presenta el levantamiento de datos en las intersecciones con cámaras de vigilancia instaladas en puntos estratégicos. Los datos recolectados a continuación presentan el total de 3 días con 12 horas de conteos por cada día.

- **Intersección 1: E40-Bolivar Quezada**

Tabla 8. Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 1

AFORO MANUAL VEHICULAR							
HORAS	DOMINGO	LUNES	MARTES	HORAS	DOMINGO	LUNES	MARTES
7:00 - 7:15	127	154	159	13:00 - 13:15	242	206	210
7:15 - 7:30	114	192	178	13:15 - 13:30	208	194	197
7:30 - 7:45	139	172	228	13:30 - 13:45	237	167	108
7:45 - 8:00	148	176	169	13:45 - 14:00	244	205	174
8:00 - 8:15	149	166	164	14:00 - 14:15	200	185	164
8:15 - 8:30	154	160	166	14:15 - 14:30	169	188	162
8:30 - 8:45	163	178	143	14:30 - 14:45	156	197	144
8:45 - 9:00	183	183	125	14:45 - 15:00	159	171	156
9:00 - 9:15	144	157	130	15:00 - 15:15	151	159	161
9:15 - 9:30	163	165	150	15:15 - 15:30	176	178	147
9:30 - 9:45	162	182	136	15:30 - 15:45	156	207	167
9:45 - 10:00	178	162	141	15:45 - 16:00	183	177	152
10:00 - 10:15	176	186	156	16:00 - 16:15	157	168	126
10:15 - 10:30	235	207	151	16:15 - 16:30	171	174	160
10:30 - 10:45	201	195	145	16:30 - 16:45	140	182	141
10:45 - 11:00	194	197	153	16:45 - 17:00	153	185	153
11:00 - 11:15	214	183	143	17:00 - 17:15	186	223	154
11:15 - 11:30	213	145	117	17:15 - 17:30	204	196	155
11:30 - 11:45	221	162	122	17:30 - 17:45	202	192	172
11:45 - 12:00	240	185	139	17:45 - 18:00	228	185	127
12:00 - 12:15	211	182	148	18:00 - 18:15	204	187	146
12:15 - 12:30	244	186	125	18:15 - 18:30	174	156	140
12:30 - 12:45	224	181	152	18:30 - 18:45	171	132	166
12:45 - 13:00	228	197	197	18:45 - 19:00	158	121	164
	DIA	DOMINGO	LUNES	MARTES			
	TOTAL	8854	8588	7383			
	%	35.67%	34.59%	29.74%			
	TOTAL	24825					

Fuente: Elaboración Propia.

- **Intersección 2: E40- Avenida San Antonio**

Tabla 9. Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 2

AFORO MANUAL VEHICULAR							
HORAS	DOMINGO	LUNES	MARTES	HORAS	DOMINGO	LUNES	MARTES
7:00 - 7:15	153	210	219	13:00 - 13:15	268	248	254
7:15 - 7:30	215	251	257	13:15 - 13:30	276	264	266
7:30 - 7:45	188	284	279	13:30 - 13:45	266	251	177
7:45 - 8:00	208	272	220	13:45 - 14:00	287	227	227
8:00 - 8:15	185	226	224	14:00 - 14:15	234	203	212
8:15 - 8:30	196	239	223	14:15 - 14:30	264	245	209
8:30 - 8:45	214	250	208	14:30 - 14:45	233	254	214
8:45 - 9:00	221	260	179	14:45 - 15:00	254	256	210
9:00 - 9:15	237	215	185	15:00 - 15:15	240	272	223
9:15 - 9:30	222	235	208	15:15 - 15:30	247	257	210
9:30 - 9:45	201	241	193	15:30 - 15:45	237	295	226
9:45 - 10:00	233	253	188	15:45 - 16:00	258	256	184
10:00 - 10:15	260	246	223	16:00 - 16:15	272	244	214
10:15 - 10:30	315	269	184	16:15 - 16:30	257	259	226
10:30 - 10:45	290	275	200	16:30 - 16:45	238	272	206
10:45 - 11:00	285	243	210	16:45 - 17:00	243	278	209
11:00 - 11:15	282	243	207	17:00 - 17:15	234	274	215
11:15 - 11:30	233	223	179	17:15 - 17:30	235	280	213
11:30 - 11:45	260	203	187	17:30 - 17:45	262	278	230
11:45 - 12:00	297	253	183	17:45 - 18:00	260	277	181
12:00 - 12:15	260	228	215	18:00 - 18:15	290	268	208
12:15 - 12:30	249	245	196	18:15 - 18:30	252	248	194
12:30 - 12:45	258	218	212	18:30 - 18:45	247	260	230
12:45-13:00	289	262	279	18:45 - 19:00	226	232	213
	DIA	DOMINGO	LUNES	MARTES			
	TOTAL	11831	12042	10209			
	%	34.71%	35.33%	29.95%			
	TOTAL	34082					

Fuente: Elaboración Propia.

- **Intersección 3: E40-Entrada a Narrio**

Tabla 10: Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 3

AFORO MANUAL VEHICULAR								
HORAS	DOMINGO	LUNES	MARTES	HOARA	DOMINGO	LUNES	MARTES	
7:00 - 7:15	64	223	233	13:00 - 13:15	197	241	232	
7:15 - 7:30	117	285	280	13:15 - 13:30	166	232	230	
7:30 - 7:45	95	271	282	13:30 - 13:45	155	111	115	
7:45 - 8:00	101	210	227	13:45 - 14:00	197	188	185	
8:00 - 8:15	101	187	183	14:00 - 14:15	170	184	180	
8:15 - 8:30	126	169	175	14:15 - 14:30	181	171	160	
8:30 - 8:45	122	155	161	14:30 - 14:45	166	159	152	
8:45 - 9:00	133	138	126	14:45 - 15:00	163	158	162	
9:00 - 9:15	156	139	142	15:00 - 15:15	151	175	166	
9:15 - 9:30	131	164	160	15:15 - 15:30	166	152	153	
9:30 - 9:45	150	149	139	15:30 - 15:45	184	175	165	
9:45 - 10:00	153	152	152	15:45 - 16:00	158	159	151	
10:00 - 10:15	153	177	161	16:00 - 16:15	180	145	137	
10:15 - 10:30	190	156	160	16:15 - 16:30	196	173	164	
10:30 - 10:45	188	153	150	16:30 - 16:45	126	145	149	
10:45 - 11:00	178	159	158	16:45 - 17:00	174	163	164	
11:00 - 11:15	222	159	151	17:00 - 17:15	130	170	171	
11:15 - 11:30	170	122	114	17:15 - 17:30	124	174	171	
11:30 - 11:45	205	127	124	17:30 - 17:45	150	188	187	
11:45 - 12:00	213	166	152	17:45 - 18:00	166	148	135	
12:00 - 12:15	184	169	169	18:00 - 18:15	175	159	152	
12:15 - 12:30	163	136	144	18:15 - 18:30	149	157	158	
12:30 - 12:45	180	189	176	18:30 - 18:45	136	176	180	
12:45 - 13:00	200	252	254	18:45 - 19:00	139	184	178	
		DIA	DOMINGO	LUNES	MARTES			
		TOTAL	7594	8294	8170			
		%	31.57%	34.48%	33.96%			
		TOTAL	24058					

Fuente: Elaboración Propia.

- **Intersección 4: E40-Paseo de los Cañaris**

Tabla 11: Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 4.

AFORO MANUAL VEHICULAR								
HORAS	JUEVES	VIERNES	SABADO	HORA	JUEVES	VIERNES	SABADO	
7:00 - 7:15	297	295	274	13:00 - 13:15	218	215	218	
7:15 - 7:30	342	334	264	13:15 - 13:30	239	227	248	
7:30 - 7:45	260	260	259	13:30 - 13:45	198	221	229	
7:45 - 8:00	226	226	208	13:45 - 14:00	220	237	199	
8:00 - 8:15	234	211	204	14:00 - 14:15	231	223	196	
8:15 - 8:30	229	207	204	14:15 - 14:30	204	201	216	
8:30 - 8:45	204	210	223	14:30 - 14:45	205	183	220	
8:45 - 9:00	202	207	202	14:45 - 15:00	234	230	218	
9:00 - 9:15	218	206	196	15:00 - 15:15	230	202	199	
9:15 - 9:30	224	234	209	15:15 - 15:30	248	240	213	
9:30 - 9:45	215	228	217	15:30 - 15:45	214	219	180	
9:45 - 10:00	217	230	226	15:45 - 16:00	199	226	179	
10:00 - 10:15	245	226	210	16:00 - 16:15	210	214	232	
10:15 - 10:30	218	230	240	16:15 - 16:30	194	207	208	
10:30 - 10:45	235	248	222	16:30 - 16:45	221	231	222	
10:45 - 11:00	250	258	217	16:45 - 17:00	217	226	201	
11:00 - 11:15	227	220	224	17:00 - 17:15	299	306	224	
11:15 - 11:30	208	208	225	17:15 - 17:30	299	291	209	
11:30 - 11:45	230	239	205	17:30 - 17:45	293	296	188	
11:45 - 12:00	253	248	234	17:45 - 18:00	298	303	217	
12:00 - 12:15	273	280	222	18:00 - 18:15	212	222	205	
12:15 - 12:30	305	310	286	18:15 - 18:30	222	226	198	
12:30 - 12:45	355	335	245	18:30 - 18:45	195	208	157	
12:45 - 13:00	297	293	246	18:45 - 19:00	187	190	168	
		DIA	JUEVES	VIERNES	SABADO			
		TOTAL	11451	11487	10406			
		%	34.34%	34.45%	31.21%			
		TOTAL	33344					

Fuente: Elaboración Propia.

- **Intersección 5: E40-Avenida Ingapirca**

Tabla 12: Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 5.

AFORO MANUAL VEHICULAR							
HORAS	JUEVES	VIERNES	SABADO	HORAS	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00 - 7:15	343	330	191	13:00 - 13:15	327	334	210
7:15 - 7:30	344	362	182	13:15 - 13:30	486	229	205
7:30 - 7:45	291	272	175	13:30 - 13:45	280	259	182
7:45 - 8:00	265	253	204	13:45 - 14:00	275	252	169
8:00 - 8:15	289	247	162	14:00 - 14:15	266	250	184
8:15 - 8:30	275	221	189	14:15 - 14:30	245	223	187
8:30 - 8:45	210	198	172	14:30 - 14:45	235	201	173
8:45 - 9:00	205	207	186	14:45 - 15:00	240	249	173
9:00 - 9:15	264	251	188	15:00 - 15:15	274	230	169
9:15 - 9:30	257	242	185	15:15 - 15:30	247	234	167
9:30 - 9:45	256	235	193	15:30 - 15:45	261	231	162
9:45 - 10:00	255	266	191	15:45 - 16:00	233	229	161
10:00 - 10:15	267	259	195	16:00 - 16:15	212	221	184
10:15 - 10:30	222	220	187	16:15 - 16:30	242	228	174
10:30 - 10:45	219	218	189	16:30 - 16:45	229	256	161
10:45 - 11:00	260	220	158	16:45 - 17:00	214	241	193
11:00 - 11:15	269	230	186	17:00 - 17:15	241	233	162
11:15 - 11:30	236	226	176	17:15 - 17:30	262	250	169
11:30 - 11:45	262	248	193	17:30 - 17:45	311	297	184
11:45 - 12:00	232	224	185	17:45 - 18:00	315	308	187
12:00 - 12:15	338	289	209	18:00 - 18:15	334	287	180
12:15 - 12:30	339	324	212	18:15 - 18:30	313	303	155
12:30 - 12:45	343	355	235	18:30 - 18:45	324	304	140
12:45 - 13:00	297	313	214	18:45 - 19:00	327	299	156
	DIA	JUEVES	VIERNES	SABADO			
	TOTAL	13231	12358	8744			
	%	38.54%	35.99%	25.47%			
	TOTAL	34333					

Fuente: Elaboración Propia.

- **Intersección 6: E40-Avenida 24 de Mayo**

Tabla 13: Resumen de Resultados del Conteo Manual Intersección 6.

AFORO MANUAL VEHICULAR							
HORAS	JUEVES	VIERNES	SABADO	HORAS	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00 - 7:15	221	226	143	13:00 - 13:15	209	206	133
7:15 - 7:30	226	250	123	13:15 - 13:30	208	207	128
7:30 - 7:45	184	200	127	13:30 - 13:45	187	194	133
7:45 - 8:00	191	182	117	13:45 - 14:00	198	201	119
8:00 - 8:15	183	195	96	14:00 - 14:15	182	204	118
8:15 - 8:30	183	197	137	14:15 - 14:30	169	161	105
8:30 - 8:45	137	133	121	14:30 - 14:45	160	169	107
8:45 - 9:00	150	157	122	14:45 - 15:00	169	177	130
9:00 - 9:15	170	178	128	15:00 - 15:15	193	163	125
9:15 - 9:30	170	171	124	15:15 - 15:30	185	172	105
9:30 - 9:45	151	155	125	15:30 - 15:45	175	177	122
9:45 - 10:00	163	201	105	15:45 - 16:00	162	161	124
10:00 - 10:15	156	204	127	16:00 - 16:15	154	181	113
10:15 - 10:30	139	193	98	16:15 - 16:30	151	187	124
10:30 - 10:45	156	176	122	16:30 - 16:45	181	173	116
10:45 - 11:00	172	182	122	16:45 - 17:00	150	183	118
11:00 - 11:15	164	152	138	17:00 - 17:15	157	157	124
11:15 - 11:30	182	172	133	17:15 - 17:30	179	184	115
11:30 - 11:45	178	160	111	17:30 - 17:45	178	176	141
11:45 - 12:00	186	201	104	17:45 - 18:00	171	204	119
12:00 - 12:15	233	230	138	18:00 - 18:15	200	194	117
12:15 - 12:30	212	229	120	18:15 - 18:30	228	206	124
12:30 - 12:45	229	234	158	18:30 - 18:45	207	212	115
12:45 - 13:00	206	214	118	18:45 - 19:00	205	212	101
	DIA	JUEVES	VIERNES	SABADO			
	TOTAL	8700	9053	5833			
	%	36.89%	38.38%	24.73%			
	TOTAL	23586					

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 3

3. Metodología y modelación

3.1. Metodología HCM 2010 para Niveles de servicio: dentro de la metodología HCM 2010 para las intersecciones semafóricas a tiempo fijo contamos con varios pasos que nos ayudan a cumplir con el objetivo de estudio, cada uno de estos pasos son únicos y cuentan con ecuaciones matemáticas para el cálculo de cada variable, a continuación, en las siguientes tablas se irán detallando cada uno de los pasos con el fin de explicar de manera sencilla su definición y su aplicación para los estudios propuestos.

Los pasos 1 y 2 son procedimientos de identificación y selección que no necesitan ninguna ecuación matemática para su elaboración, pero con el fin de alcanzar los objetivos, es necesario tener claro los conceptos de cada uno de estos. A continuación, en la **Tabla 14** se puede apreciar su definición según el HCM (2010).

Tabla 14. Descripción de paso 1 y 2.

Paso 1	Identificación de grupos de movimientos y grupos de carriles. Un grupo de carriles se describe como uno o varios carriles de circulación que comparten una línea de detección común y cuya capacidad es compartida. La diferencia con los grupos de movimientos radica en que estos solo se presentan cuando hay un carril compartido en un acceso con dos o más carriles (HCM, 2010).
Paso 2	Se realiza el cálculo de la tasa de flujo para los diferentes grupos de movimientos, donde se determina la cantidad de flujo para cada uno de ellos. Si un movimiento de giro es atendido únicamente por carriles exclusivos, sin carriles compartidos, entonces se asigna la tasa de flujo de dicho movimiento a un grupo específico de movimientos. El flujo restante se asignará a otro grupo de movimientos (HCM, 2010).

Fuente: HCM (2010)

En el Paso 3 según el HCM (2010) ya se contaría con dos ecuaciones matemáticas que nos ayudarían a calcular la tasa de flujo existente en la intersección, la primera nos ayuda con el calculo directo, y la segunda es una variante para giros a la izquierda, todo se detalla en la **Tabla 15**

Tabla 15. Descripción paso 3.

Ecuación 1

	Descripción	Ecuaciones	Parámetros
Paso 3	De acuerdo con el HCM (2010), se calcula la tasa de flujo para los distintos grupos de carriles, determinando la cantidad de flujo para cada grupo. Si no hay carriles compartidos en el acceso o solo hay un carril, existe una correspondencia directa entre los grupos de carriles y los grupos de movimientos. Es necesario convertir los volúmenes horarios a tasas de flujo utilizando la hora de máxima demanda como referencia. A continuación, se presenta la ecuación 1 .	$v = \frac{V}{FHMD}$ <p>Ecuación 1.</p>	<p>v = Tasa de flujo (vehículos/h) V = Volumen horario (vehículos/h) FHMD = Factor de hora de máxima demanda</p>
	De la misma manera de acuerdo con el HCM (2010), cuando hay carriles compartidos para girar a la izquierda, es necesario evaluar si el carril compartido funciona realmente como un carril exclusivo, especialmente cuando hay un alto volumen de tráfico. En un acceso determinado, si el flujo de tráfico girando a la izquierda en el carril más a la izquierda es menor que el flujo promedio en los demás carriles se asume que los vehículos que van en línea recta también utilizan el carril izquierdo y se considera que todo el acceso forma parte de un grupo de carriles único. Sin embargo, si el flujo de tráfico girando a la izquierda en el carril exterior es mayor, se designa dicho carril como un carril exclusivo para girar a la izquierda en un grupo de carriles separado. Esta situación se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera en la ecuación 2	$V_i < \frac{V_a - V_i}{N - 1}$ $V_i \geq \frac{V_a - V_i}{N - 1}$ <p>Ecuación 2.</p>	<p>V_i = volumen actual de vuelta a la izquierda (vehículos/h) V_a = volumen actual en el acceso (vehículos/h) N = número de carriles del acceso</p>

Fuente: HCM (2010)

El paso 4, que trata de la determinación de la tasa de flujo de saturación, la cual se puede decir que es la cantidad máxima límite de flujo de vehículos que pueden pasar por una intersección. Basada en una tasa de flujo ideal (S_0) que es de 1900 veh/hora, en el número de carriles (N_j), y los diferentes factores de ajuste. La ecuación matemática utilizada para el cálculo de la tasa de flujo de saturación, es expresada a continuación en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Descripción paso 4 (determinación de la tasa de flujo de saturación).

Ecuación	Parámetros
$S_i = S_o N_j f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_L f_R f_{Lpb} f_{Rpb}$ <p>Ecuación 3</p>	<p>S_i = tasa de flujo de saturación ajustada del grupo de carriles i (vehículos/hora verde)</p> <p>S_o = tasa de flujo de saturación base (autos/hora verde/carril)</p> <p>N_j = número de carriles del grupo i</p> <p>f_w = factor de ajuste por ancho de carriles</p> <p>f_{HV} = factor de ajuste por vehículos pesados en el flujo de tránsito</p> <p>f_g = factor de ajuste por pendiente de acceso</p> <p>f_p = factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles</p> <p>f_{bb} = factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección</p> <p>f_a = factor de ajuste por tipo de área</p> <p>f_{LU} = factor de ajuste por utilización de carriles</p> <p>f_L = factor de ajuste por vueltas a la izquierda</p> <p>f_R = factor de ajuste por vueltas a la derecha</p> <p>f_{Lpb} = factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda</p> <p>f_{Rpb} = factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha</p>

Fuente: HCM (2010).

Como se mencionó con anterioridad, esta ecuación está en función de 11 parámetros que hacen que toda la ecuación se ajuste de acuerdo con las características de la intersección, para obtener un resultado más confiable y exacto.

Para comenzar con los factores, tenemos que empezar por el ajuste por ancho de carriles para el cual el HCM (2010) nos brinda la siguiente **Tabla 17**.

Tabla 17. Factor de ajuste por ancho de carril.

Ancho de carril	Fw
<3,05	0.96
>3,05 - 3.93	1.00
>3.93	1.04

Los factores de ajuste cuentan con ecuación matemáticas brindadas por el HCM (2010) para su determinación en la siguiente **Tabla 18** se presentan los distintos factores y su descripción.

Tabla 18. Factores de ajuste.

Factor	Descripción	Ecuación	Parámetros
Ajuste por vehículos pesados: f_{HV}	Toma en cuenta el flujo de vehículos pesados como camiones y buses (excluyendo los urbanos) según el HCM (2010).	$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$ <p>Ecuación 4</p>	<p>P_{HV} = porcentaje de vehículos pesados en el correspondiente grupo (%)</p> <p>E_T = número equivalente de automóviles</p>

			directos a un vehículo pesado = 2
Ajuste por pendiente de acceso: f_g	Considera la pendiente y los efectos que esta pueda tener en la intersección. Tiene un rango de -6% a 10% (HCM, 2010).	$f_g = 1 - \frac{P_g}{200}$ <p style="text-align: center;">Ecuación 5</p>	P _g = porcentaje de pendiente del acceso, correspondiente al grupo de movimientos (%)
Ajuste por estacionamiento: f_p	Considera el impacto que tiene la presencia de un carril de estacionamiento adyacente al grupo de carriles (76 metros). Para un máximo de 180 maniobra/hora. En el caso de no existir estacionamientos, el factor de ajuste es 1.00 (HCM, 2010)	$f_p = \frac{N_i - 0.1 - \frac{18N_m}{3,600}}{N_i} \geq 0.05$ <p style="text-align: center;">Ecuación 6</p>	N _i = número de carriles del grupo i. N _m = maniobras estacionamiento momentáneo.
Ajuste por bloqueos de buses que paran: f_{bb}	Consideran las paradas de buses (paradas a 76 metros), esto puede bloquear los flujos. Para un máximo de 250 buses/h. En el caso de no existir paradas el factor de ajuste es 1.00 (HCM, 2010).	$f_{bb} = \frac{N_i - \frac{14.4N_b}{3,600}}{N_i} \geq 0.05$ <p style="text-align: center;">Ecuación 7</p>	N _i = número de carriles del grupo i N _b = número de buses que paran (buses/h)

Fuente: HCM (2010).

Para el factor de ajuste por tipo de área el HCM (2010), nos da valores predeterminados según la ubicación de las intersecciones, con esto se puede considerar la eficiencia de las que están ubicadas en el centro contra las de fuera. Para este caso el factor es de **0.9**.

Los siguientes ajustes también cuentan con ecuaciones matemáticas, estos ajustes se basan en la utilización de carriles y giros a la derecha e izquierda. En este punto existe un apartado para giros de peatones y bicicletas. En la **Tabla 19** se detallará las fórmulas y descripción de cada ajuste.

Tabla 19. Factores de ajuste.

Factor	Descripción	Ecuación	Parámetros
Ajuste por utilización de carriles: f_{LU}	Cuando el grupo de carriles tiene más de un carril y la demanda varía en cada uno de estos (HCM, 2010).	$f_{LU} = \frac{V_i}{V_i(N_i)}$ <p style="text-align: center;">Ecuación 8</p>	V _i = volumen de demanda del grupo de carriles i (vehículos/h) V ₁ = volumen de demanda del carril con el volumen más alto

			del grupo de carriles i (vehículos/h) N _i = número de carriles del grupo i
Ajuste por giros a la izquierda: f_L	Considera los giros a la izquierda en carriles compartidos, y el efecto que tienen en la intersección. Para carriles exclusivos el factor es 0.95 (HCM, 2010).	$f_L = \frac{1}{1 + 0.05P_L}$ Ecuación 9	P _L = proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles
Ajuste por giros a la derecha: f_R	Considera los giros a la derecha en carriles compartidos, y el efecto que tienen en la intersección. Para carriles exclusivos el factor es 0.85 (HCM, 2010).	$f_L = 1.0 - 0.15P_R$ Ecuación 10	P _R = proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles
Ajuste por peatones y bicicletas con giros vehiculares a la derecha y a la izquierda: f_{Lpb} y f_{Rpb}	De acuerdo con el HCM (2010). estos ajustes se fundamentan en el concepto de la ocupación de la zona de conflicto, donde los flujos de vehículos interactúan con el cruce de peatones y bicicletas, generando situaciones de conflicto.		

Fuente: HCM (2010)

Para la determinación del **Paso 5**, que calcula las llegadas durante verde mediante la siguiente ecuación según el HCM 2010. (**Tabla 20**)

Tabla 20. Descripción paso 5.

Ecuación	Parámetros
$S_i P_i = R_{pi} \left(\frac{g_i}{C} \right)$ Ecuación 11	P _i = proporción de los vehículos que llegan durante indicación verde, en el grupo de carriles i R _{pi} = relación de grupo de llegada, en el grupo de carriles i g _i = tiempo de verde efectivo (s), del grupo de carriles i C = longitud del ciclo (s)

Fuente: HCM (2010).

De acuerdo con el HCM (2010), el valor de proporción de vehículos que llegan durante indicación de verde representa la proporción de vehículos que llegan a la línea

de parada o se unen a la cola durante la fase de luz verde. Esto se evalúa según la calidez de llegada a los accesos, y estos se clasifican en 6 tipos como se indica en la **Tabla 21**. Estos valores son brindados por el HCM (2010).

Tabla 21. Tipos de llegada.

Tipo de llegada	Descripción
Tipo 1	Cuando llegan al comienzo de la fase de rojo. Su calidez es muy deficiente. (Rp=0.33)
Tipo 2	Llega a la mitad de la fase en rojo, su eficiencia es desfavorable. (Rp=0.67)
Tipo 3	Llegadas aleatorias, esto ocurre cuando las intersecciones no están conectadas (es decir son aisladas). (Rp=1.00)
Tipo 4	Llegan a la mitad de la fase de verde, sus condiciones son favorables. (Rp=1.33)
Tipo 5	Cuando se llega a la mitad de la fase de verde, presenta una calidad altamente favorable. (Rp=1.67)
Tipo 6	Este es el tipo mas excepcional, ocurre cuando se progresa dentro de intersecciones cercanas. (Rp=2.00)

Fuente: HCM (2010).

El paso 6 es la determinación de la capacidad y la relación a volumen, la capacidad es necesaria para cada acceso, para definir la tasa de flujo máxima que puede soportar una intersección bajo ciertas condiciones de tránsito (HCM, 2010). En la **Tabla 22** se muestran las ecuaciones necesarias para este paso.

Tabla 22. Descripción paso 6.

Descripción	Ecuación	Parámetros
Capacidad del grupo de carriles	$c_i = s_i \left(\frac{g_i}{C} \right)$ <p>Ecuación 12</p>	<p>c_i = capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h)</p> <p>s_i = tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/hora verde)</p> <p>g_i = tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i (segundos verdes)</p> <p>C = longitud del ciclo del semáforo (segundos)</p> <p>(g/C) = relación de verde a ciclo para el grupo de carriles</p>

Grado de saturación (X_i): valores superiores a 1.00 indican una demanda que excede la capacidad de la intersección (HCM, 2010).	$X_i = \frac{v_i}{c_i}$ <p style="text-align: center;">Ecuación 13</p>	X_i = grado de saturación v_i = tasa de flujo de demanda actual o proyectada del grupo de carriles i c_i = capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h)
Grado de saturación crítico (X_c)	$X_c = \left(\frac{C}{C-L}\right) \left[\sum \left(\frac{v}{s}\right)_d\right]$ <p style="text-align: center;">Ecuación 14</p>	X_c = relación volumen a capacidad crítica de la intersección C = longitud del ciclo del semáforo (s) L = tiempo total perdido por ciclo (s) $(v/s)_d$ = relación de flujo del grupo de carriles crítico i

Fuente: HCM (2010)

De acuerdo con el HCM (2010), el paso 7 es la determinación de las demoras en las intersecciones, estos valores representan una demora media por control, que es dada por la cantidad de vehículos que llegan durante y antes del periodo de análisis. Para esto se utiliza el siguiente procedimiento mostrado en orden en la **Tabla 23**.

Tabla 23. Descripción paso 7.

Descripción	Ecuación	Parámetros
Demora media por control (d_i): incluye movimientos a velocidades bajas, detenciones en los accesos (HCM, 2010)	$d_i = d_1(PF) + d_2 + d_3$ <p style="text-align: center;">Ecuación 15</p>	d_i = demora media por control del grupo de carriles i (s/veh) d_1 = demora uniforme (s/veh), suponiendo llegadas uniformes PF = factor de ajuste por coordinación. Tiene en cuenta los efectos de la coordinación de los semáforos. d_2 = demora incremental (s/veh), que tiene en cuenta el efecto de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas durante el periodo de análisis d_3 = demora por cola inicial (s/veh), que tiene en cuenta las demoras de todos los vehículos debido a la presencia de colas iniciales antes del periodo de análisis
Factor de ajuste por coordinación (PF): se debe tener una coordinación por los vehículos que lleguen durante el tiempo de verde (HCM, 2010).	$PF = \frac{(1 - P_l)_{fPA}}{1 - \left(\frac{g_i}{C}\right)}$ <p style="text-align: center;">Ecuación 16</p>	P_i = proporción de vehículos que llegan en verde en el grupo de carriles i g_i/C = proporción de tiempo de verde disponible en el grupo de carriles i fPA = factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde (1.00 para tipo de llegada 1, 3, 5, y 6; 0.93 , para tipo de llegada 2; 1.15 para tipo de llegada 4)
Demoras uniformes (d_1): cuando los vehículos llegan uniformemente distribuidos, sin ninguna saturación (HCM, 2010).	$d_1 = \frac{0.5 C \left(\frac{g_i}{C}\right)^2}{1 - [\min(1, X_i) \frac{g_i}{C}]}$ <p style="text-align: center;">Ecuación 17</p>	C = longitud del ciclo del semáforo (segundos) (g/C) = relación de verde a ciclo para el grupo de carriles X_i = grado de saturación

Demora incremental (d2): llegadas aleatorias, con saturación de ciclos (HCM, 2010).	$d2 = 900T[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8kIX_i}{c_iT}}]$ <p style="text-align: center;">Ecuación 18</p>	T = duración del periodo de análisis (0.25 h) k = factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones accionadas. Para intersecciones prefijada k=50. l = factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba. l=1.00 para intersecciones aisladas.
Factor de ajuste I: nos ayuda a calcular el efecto de las intersecciones cuesta arriba con respecto a la llegada de vehículos (HCM, 2010).	$I = 1.00 - 0.91(x_u^{2.68}) \geq 0.090$ <p style="text-align: center;">Ecuación 19</p>	Xu = es la media ponderada de la relación volumen a capacidad de todos los movimientos de la intersección.

Fuente: HCM (2010).

Estos son los pasos previos al cálculo de las demoras, dejándonos las demoras por cola inicial (d3), esta se refiere a la cola remanente del ciclo anterior, y sería adicional a los vehículos que llegan durante el periodo de estudio actual (HCM, 2010).

En los casos en los que X (el grado de saturación) es mayor que 1.0 durante un período de 15 minutos, el siguiente período comienza con una cola inicial llamada Qb, medida en vehículos. Esta cola inicial debe observarse al comienzo del ciclo en rojo (HCM, 2010).

Cuando Qb no es igual a 1.00, los vehículos que llegan durante el período de análisis experimentarán una demora adicional debido a la presencia de la cola inicial. Esta demora adicional causada por la cola inicial se calcula utilizando la siguiente ecuación (HCM, 2010):

$$d3 = \frac{1.800Q_b(1+u)t}{cT} \quad (\text{ecuación 20})$$

Q b = cola inicial al principio del periodo T (veh)

c = capacidad (veh/h)

T = duración del periodo de análisis (0.25h)

t = duración de la demanda insatisfecha (h)

u = parámetro de demora

Según el HCM (2010), existen cinco escenarios para estimar esta demora adicional:

- Caso I: El período no está saturado y no hay una cola inicial (Qb=0). En este caso, la demora adicional (d3) es igual a cero.
- Caso II: El período está sobresaturado y no hay una cola inicial (Qb=0). En este caso, la demora adicional también es igual a cero.
- Caso III: Ocurre cuando la cola inicial (Qb) se disipa durante el período de análisis (T). Para que esto ocurra, se debe cumplir la condición $Qb+qT < cT$,

donde qT representa la demanda total durante el período T , y cT es la capacidad disponible durante ese mismo período.

- Caso IV: Ocurre cuando aún queda demanda insatisfecha al final del período de análisis, pero esta demanda es decreciente. Para que esto ocurra, se debe cumplir la condición $qT < cT$.
- Caso V: Ocurre cuando la demanda durante el período de análisis excede la capacidad disponible. En este caso, la demanda insatisfecha aumenta al final del período T . Para que esto ocurra, se debe cumplir la condición $qT > cT$.

Para los casos III, IV y V:

$t = 0$ si $Q_b = 0$ de otra manera:

$$t = \min\left\{T, \frac{Q_b}{c[1-\min(1,X)]}\right\} \quad (\text{ecuación 21})$$

$u = 0$ si $t < T$ de otra manera:

$$u = 1 - \frac{cT[1-\min(1,X)]}{Q_b} \quad (\text{ecuación 22})$$

Tabla 24. Demoras.

Descripción	Ecuación	Parámetros
Demoras agregadas en los accesos	$d_A = \frac{\sum_{i=1}^A (d_i v_i)}{\sum_{i=1}^A v_i}$ <p>Ecuación 23</p>	<p>A = número de grupos de carriles en el acceso A</p> <p>d_A = demora en el acceso A (s/veh)</p> <p>d_i = demora en el grupo de carriles i, en el acceso A (s/veh)</p> <p>v_i = volumen ajustado del grupo de carriles i (veh/h)</p>
Demoras en la intersección	$d_I = \frac{\sum_{A=1}^I (d_A v_A)}{\sum_{A=1}^I v_A}$ <p>Ecuación 24</p>	<p>I = número de accesos de la intersección I</p> <p>d_I = demora en la intersección I (s/veh)</p> <p>d_A = demora en el acceso A (s/veh)</p> <p>v_A = volumen ajustado del acceso A (veh/h)</p>

Fuente: HCM (2010).

Por último, tenemos el paso 8, que una vez calculado las demoras, la capacidad y la relación volumen capacidad, determinar las llegadas durante verde, la tasa de flujo de saturación ajustada, podemos determinar los niveles de servicio, que vienen dados en la **Tabla 25** por el HCM (2010).

Tabla 25. Niveles de servicio.

Nivel de servicio	Demora por control (segundos/vehículo)
A	≤ 10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

Fuente: HCM (2010).

3.2 Estudio de Tráfico vehicular.

Estado de funcionamiento actual de la infraestructura semafórica de la Vía E40 y sus ramales en el cantón Cañar, para la Hora de Máxima Demanda con el escenario más desfavorable.

Red para intersección 1 y 2:



Ilustración 22: Red tráfico vehicular Fuente: Elaboración propia

INTERSECCIÓN 1:

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS							
		SET	SER	NWL	NWT	NEL	NER	PED	HOLD
Node #	14	Lanes and Sharing (NRL)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
ATMS now Controller ID	0	Traffic Volume (vph)	495	0	0	245	110	40	—
Import from ATMS now:	Import	Future Volume (vph)	495	0	0	245	110	40	—
Export to ATMS now:	Export	Turn Type	—	—	—	Prot	—	—	—
Zone:		Protected Phases	6	—	—	2	4	—	—
X East (m)	729243.6	Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—
Y North (m)	9716133.4	Permitted Flashing Yellow	—	—	—	—	—	—	—
Z Elevation (m)	0.0	Detector Phases	6	—	—	2	4	—	—
Description		Switch Phase	0	—	—	0	0	—	—
Control Type	Prelimed	Leading Detector (m)	10.0	—	—	10.0	2.0	—	—
Cycle Length (s)	75.0	Trailing Detector (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	—	—
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Minimum Initial (s)	5.0	—	—	5.0	5.0	—	—
Optimize Cycle Length:	Optimize	Minimum Split (s)	22.5	—	—	22.5	22.5	—	—
Optimize Splits:	Optimize	Total Split (s)	45.0	—	—	45.0	30.0	—	—
Actuated Cycle(s):	75.0	Yellow Time (s)	3.0	—	—	3.0	3.0	—	—
Natural Cycle(s):	45.0	All-Red Time (s)	1.0	—	—	1.0	1.0	—	—
Max v/c Ratio:	0.47	Lost Time Adjust (s)	0.0	—	—	0.0	0.0	—	—
Intersection Delay (s):	11.7	Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—
Intersection LOS:	B	Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—
ICU:	0.41	Recall Mode	Max	—	—	Max	Max	—	—
ICU LOS:	A	Speed limit (km/h)	50	—	—	50	50	—	—
Offset (s):	0.0	Actuated Effct. Green (s)	41.0	—	—	41.0	26.0	—	—
Referenced to:	Begin of Green	Actuated g/C Ratio	0.55	—	—	0.55	0.35	—	—
Reference Phase:	2+6 - NWT SET	Volume to Capacity Ratio	0.47	—	—	0.26	0.40	—	—
Coordination Mode:	Fixed	Control Delay (s)	9.9	—	—	9.9	18.2	—	—

02 (R)	45 s	04	30 s
06 (R)	45 s		

Actuated Effective Green (adjusted for lost time) v/c ok! Miss ok

Ilustración 23: Niveles de servicio Intersección 1. Fuente: Elaboración propia.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS							
		SET	SER	NWL	NWT	NEL	NER	PED	HOLD
Node #	14	Leading Detector (m)	10.0	—	—	10.0	2.0	—	—
ATMS now Controller ID	0	Trailing Detector (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	—	—
Import from ATMS now:	Import	Minimum Initial (s)	5.0	—	—	5.0	5.0	—	—
Export to ATMS now:	Export	Minimum Split (s)	22.5	—	—	22.5	22.5	—	—
Zone:		Total Split (s)	45.0	—	—	45.0	30.0	—	—
X East (m)	729243.6	Yellow Time (s)	3.0	—	—	3.0	3.0	—	—
Y North (m)	9716133.4	All-Red Time (s)	1.0	—	—	1.0	1.0	—	—
Z Elevation (m)	0.0	Lost Time Adjust (s)	0.0	—	—	0.0	0.0	—	—
Description		Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—
Control Type	Prelimed	Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—
Cycle Length (s)	75.0	Recall Mode	Max	—	—	Max	Max	—	—
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Speed limit (km/h)	50	—	—	50	50	—	—
Optimize Cycle Length:	Optimize	Actuated Effct. Green (s)	41.0	—	—	41.0	26.0	—	—
Optimize Splits:	Optimize	Actuated g/C Ratio	0.55	—	—	0.55	0.35	—	—
Actuated Cycle(s):	75.0	Volume to Capacity Ratio	0.47	—	—	0.26	0.40	—	—
Natural Cycle(s):	45.0	Control Delay (s)	9.9	—	—	9.9	18.2	—	—
Max v/c Ratio:	0.47	Queue Delay (s)	0.0	—	—	0.0	0.0	—	—
Intersection Delay (s):	11.7	Total Delay (s)	9.9	—	—	9.9	18.2	—	—
Intersection LOS:	B	Level of Service	A	—	—	A	B	—	—
ICU:	0.41	Approach Delay (s)	9.9	—	—	9.9	18.2	—	—
ICU LOS:	A	Approach LOS	A	—	—	A	B	—	—
Offset (s):	0.0	Queue Length 50th (m)	39.5	—	—	18.5	21.2	—	—
Referenced to:	Begin of Green	Queue Length 95th (m)	61.2	—	—	31.3	28.1	—	—
Reference Phase:	2+6 - NWT SET	Stops (vph)	235	—	—	121	95	—	—
Coordination Mode:	Fixed	Fuel Used (l/h)	20	—	—	8	7	—	—

02 (R)	45 s	04	30 s
06 (R)	45 s		

Actuated Effective Green (adjusted for lost time) v/c ok! Miss ok

Ilustración 24: Niveles de servicio Intersección 1. Fuente: Elaboración propia.

INTERSECCIÓN 2

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR	PED	HOLD
Node #	11														
ATMS now Controller ID	0														
Import from ATMS now:	Import														
Export to ATMS now:	Export														
Zone:															
X East (m)	729096.4														
Y North (m)	9716308.6														
Z Elevation (m)	0.0														
Description															
Control Type	Prelimed														
Cycle Length (s)	75.0														
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>														
Optimize Cycle Length:	Optimize														
Optimize Split:	Optimize														
Actuated Cycle(s)	75.0														
Natural Cycle(s)	55.0														
Max v/c Ratio:	0.70														
Intersection Delay (s):	16.8														
Intersection LOS:	B														
IDU:	0.62														
IDU LOS:	B														
Offset (s):	0.0														
Referenced to:	Begin of Green														
Reference Phase:	2+6 - NWTL SETL														
Coordination Mode:	Fixed														
Leading Detector (m)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Trailing Detector (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Minimum Split (s)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Total Split (s)	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagging Phase?															
Allow Lead/Lag Optimize?															
Recall Mode	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max
Speed limit (km/h)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Actuated Effct. Green (s)	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
Actuated g/C Ratio	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Volume to Capacity Ratio	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Control Delay (s)	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
Queue Delay (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Delay (s)	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
Level of Service	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Approach Delay (s)	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
Approach LOS	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Queue Length 50th (m)	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0
Queue Length 95th (m)	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1
Stops (vph)	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256
Fuel Used (l/hr)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

Ilustración 25: Niveles de servicio Intersección 2. **Fuente:** Elaboración propia.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR	PED	HOLD
Node #	11														
ATMS now Controller ID	0														
Import from ATMS now:	Import														
Export to ATMS now:	Export														
Zone:															
X East (m)	729096.4														
Y North (m)	9716308.6														
Z Elevation (m)	0.0														
Description															
Control Type	Prelimed														
Cycle Length (s)	75.0														
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>														
Optimize Cycle Length:	Optimize														
Optimize Split:	Optimize														
Actuated Cycle(s)	75.0														
Natural Cycle(s)	55.0														
Max v/c Ratio:	0.70														
Intersection Delay (s):	16.8														
Intersection LOS:	B														
IDU:	0.62														
IDU LOS:	B														
Offset (s):	0.0														
Referenced to:	Begin of Green														
Reference Phase:	2+6 - NWTL SETL														
Coordination Mode:	Fixed														
Leading Detector (m)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Trailing Detector (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Minimum Split (s)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Total Split (s)	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagging Phase?															
Allow Lead/Lag Optimize?															
Recall Mode	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max
Speed limit (km/h)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Actuated Effct. Green (s)	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
Actuated g/C Ratio	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Volume to Capacity Ratio	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Control Delay (s)	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
Queue Delay (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Delay (s)	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
Level of Service	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Approach Delay (s)	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
Approach LOS	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Queue Length 50th (m)	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0
Queue Length 95th (m)	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1
Stops (vph)	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256
Fuel Used (l/hr)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

Ilustración 26: Niveles de servicio Intersección 2. **Fuente:** Elaboración propia.

Red para intersección 3:



Ilustración 27: Red tráfico vehicular 3. Fuente: Elaboración propia.

INTERSCCIÓN 3:

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		EBL	EBR	EBR2	NBL2	NBL	NBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR	PED	HOLD
Node #	16	Lanes and Sharing (IRL)													
ATMS now Controller ID	0	Traffic Volume (vph)													
Import from ATMS now:	Import	65	0	60	30	65	65	150	260	0	0	300	50	--	
Export to ATMS now:	Export	65	0	60	30	65	65	150	260	0	0	300	50	--	
Zone:		Turn Type													
X East (m)	728846.0	D.Pm													
Y North (m)	9716774.0	Perm													
Z Elevation (m)	0.0	Prot													
Description		Perm													
Control Type	Prelimed	Detector Phases													
Cycle Length (s)	55.0	4													
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	2													
Optimize Cycle Length:	Optimize	2													
Optimize Splits:	Optimize	2													
Actuated Cycle(s)	55.0	Switch Phase													
Natural Cycle(s)	60.0	0													
Max v/c Ratio:	1.00	Leading Detector (m)													
Intersection Delay (s)	28.3	2.0													
Intersection LOS:	C	0.0													
ICU:	0.71	Trailing Detector (m)													
ICU LOS:	C	0.0													
Offset (s)	0.0	Minimum Initial (s)													
Referenced to:	Begin of Green	5.0													
Reference Phase:	2+6 - Unassigned	5.0													
Coordination Mode:	Fixed	5.0													
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	5.0													
Yield Point:	Single	5.0													
		Minimum Split (s)													
		20.0													
		Total Split (s)													
		20.0													
		Yellow Time (s)													
		3.0													
		All-Red Time (s)													
		1.0													
		Lost Time Adjust (s)													
		0.0													
		Lagging Phase?													
		--													
		Allow Lead/Lag Optimize?													
		--													
		Recall Mode													
		Max													
		Speed limit (km/h)													
		50													
		Actuated Effct. Green (s)													
		16.0													
		Actuated g/C Ratio													
		0.29													
		Volume to Capacity Ratio													
		0.34													
		Control Delay (s)													
		12.7													
		Queue Delay (s)													
		0.0													
		Total Delay (s)													
		12.7													

Ilustración 28: Niveles de servicio intersección 3. Fuente: Elaboración propia.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		EBL	EBR	EBR2	NBL2	NBL	NBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR	PED	HOLD
Node #	16	4	—	—	—	4	4	—	—	2	2	—	—	2	—
ATMS now Controller ID	0	0	—	—	—	0	0	—	—	0	0	—	—	0	—
Import from ATMS now:	Import	2.0	—	—	—	2.0	—	—	—	10.0	—	—	—	—	—
Export to ATMS now:	Export	0.0	—	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	—	—	—
Zone:		5.0	—	—	—	5.0	5.0	—	—	5.0	5.0	—	—	5.0	—
X East (m)	728846.0	20.0	—	—	—	20.0	20.0	—	—	35.0	35.0	—	—	35.0	—
Y North (m)	9716774.0	20.0	—	—	—	20.0	20.0	—	—	35.0	35.0	—	—	35.0	—
Z Elevation (m)	0.0	3.0	—	—	—	3.0	3.0	—	—	3.0	3.0	—	—	3.0	—
Description		1.0	—	—	—	1.0	1.0	—	—	1.0	1.0	—	—	1.0	—
Control Type	Prelimed	0.0	0.0	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—
Cycle Length (s)	55.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Optimize Cycle Length:	Optimize	Max	—	—	—	Max	Max	—	—	Max	Max	—	—	Max	—
Optimize Splits:	Optimize	50	50	—	—	50	50	—	—	50	—	—	—	50	—
Actuated Cycle(s)	55.0	16.0	—	—	—	16.0	—	—	—	31.0	—	—	—	31.0	—
Natural Cycle(s)	60.0	0.29	—	—	—	0.29	—	—	—	0.56	—	—	—	0.56	—
Max v/c Ratio:	1.00	0.34	—	—	—	0.43	—	—	—	1.00	—	—	—	0.50	—
Intersection Delay (s)	28.3	12.7	—	—	—	14.4	—	—	—	95.1	—	—	—	9.1	—
Intersection LOS:	C	0.0	—	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—
ICU:	0.71	12.7	—	—	—	14.4	—	—	—	95.1	—	—	—	9.1	—
ICU LOS:	C	8	—	—	—	8	—	—	—	E	—	—	—	A	—
Offset (s):	0.0	12.7	—	—	—	14.4	—	—	—	95.1	—	—	—	9.1	—
Referenced to:	Begin of Green	8	—	—	—	8	—	—	—	E	—	—	—	A	—
Reference Phase:	2+6 - Unassigned	8.9	—	—	—	15.0	—	—	—	51.4	—	—	—	23.9	—
Coordination Mode:	Fixed	12.7	—	—	—	19.5	—	—	—	#115.1	—	—	—	34.4	—
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	65	—	—	—	93	—	—	—	303	—	—	—	196	—
Yield Point:	Single	4	—	—	—	5	—	—	—	50	—	—	—	24	—
Fuel Used (l/hr)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Ilustración 29: Niveles de servicio intersección 3. *Fuente:* Elaboración propia.

Red para intersección 4:

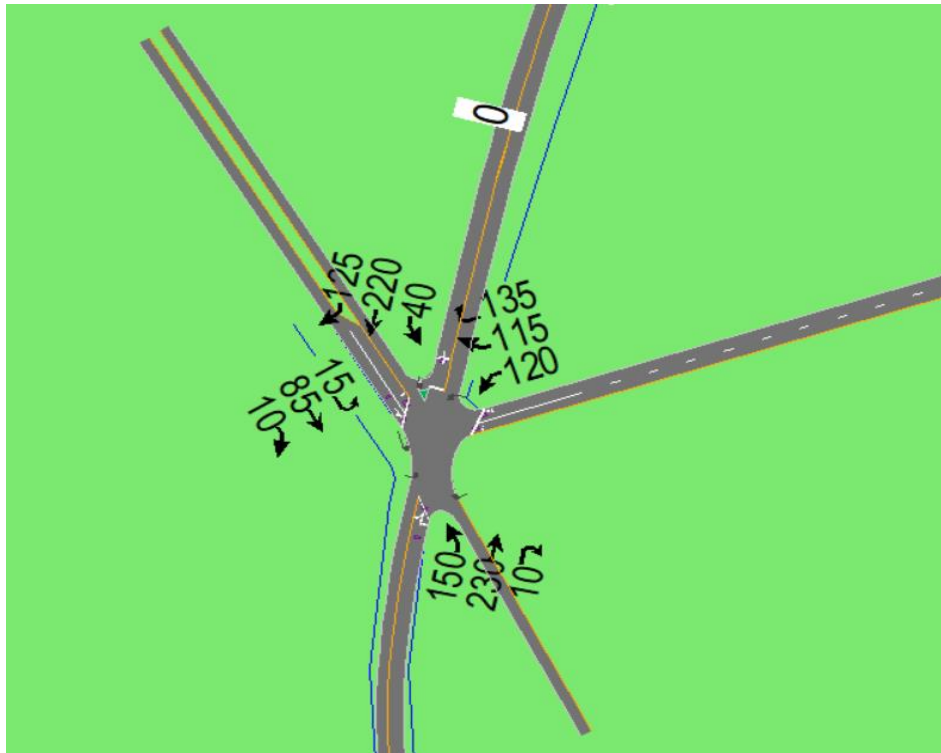


Ilustración 30: Red de tráfico vehicular 4. *Fuente:* Elaboración propia.

Red para intersección 5 y 6:

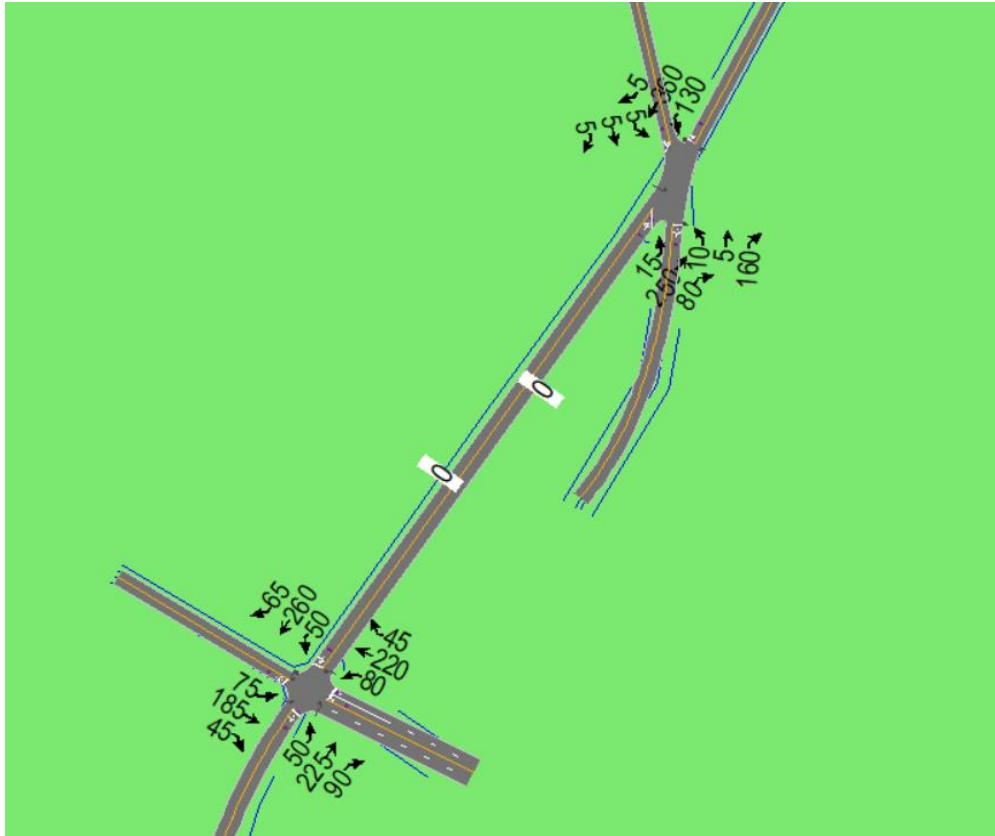


Ilustración 33: Red de tráfico vehicular 5 y 6. **Fuente:** Elaboración propia.

INTERSECCIÓN 5:

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS															
		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR	PED	HOLD		
Node #	7	Lanes and Sharing (H/L)															
ATMS now Controller ID	0	Traffic Volume (vph)															
Import from ATMS now:	Import	75	185	45	80	220	45	50	225	90	50	260	65	15	0		
Export to ATMS now:	Export	Future Volume (vph)															
Zone:		Turn Type															
X East (m)	729089.1	Perm	—	—	Perm	—	Perm	Perm	—	—	Perm	—	—	—	—		
Y North (m)	9717494.4	Protected Phases															
Z Elevation (m)	0.0	4	—	—	8	—	8	2	2	—	6	—	—	—	—		
Description		Permitted Phases															
Control Type	Pr timed	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Cycle Length (s)	55.0	Permitted Flashing Yellow															
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	4	4	—	8	8	8	2	2	—	6	6	—	—	—		
Optimize Cycle Length:	Optimize	Detector Phases															
Optimize Split:	Optimize	0	0	—	0	0	0	0	0	—	0	0	—	—	—		
Actualized Cycle(s):	55.0	Switch Phase															
Natural Cycle(s):	45.0	—	10.0	—	—	10.0	2.0	—	10.0	—	—	10.0	—	—			
Max v/c Ratio:	1.28	Leading Detector (m)															
Intersection Delay (s):	67.4	—	0.0	—	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—			
Intersection LOS:	E	Trailing Detector (m)															
ICU:	0.70	5.0	5.0	—	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	—			
ICU LOS:	C	Minimum Initial (s)															
Offset (s):	0.0	22.5	22.5	—	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	—			
Referenced to:	Begin of Green	Minimum Split (s)															
Reference Phase:	2+6 - NETL SWTL	20.0	20.0	—	20.0	20.0	20.0	35.0	35.0	—	35.0	35.0	—	—			
Coordination Mode:	Fixed	Total Split (s)															
		3.0	3.0	—	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—			
		Yellow Time (s)															
		1.0	1.0	—	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	—			
		All Red Time (s)															
		—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—			
		Lost Time Adjust (s)															
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		Lagging Phase?															
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		Allow Lead/Lag Optimize?															
		Max	Max	—	Max	Max	Max	Max	Max	—	Max	Max	—	—			
		Recall Mode															
		50	50	—	50	50	50	—	50	—	50	—	—				
		Speed limit (km/h)															
		—	16.0	—	—	16.0	16.0	—	31.0	—	—	31.0	—	—			
		Actualized Effct. Green (s)															
		—	0.29	—	—	0.29	0.29	—	0.56	—	—	0.56	—	—			
		Actualized g/C Ratio															
		—	1.28	—	—	1.12	0.13	—	0.53	—	—	0.53	—	—			
		Volume to Capacity Ratio															
		—	1730	—	—	108.7	5.6	—	9.1	—	—	9.5	—	—			
		Control Delay (s)															
		(729089 9717494)															
		v/c > 1 Min Ent															

Ilustración 34: Niveles de servicio intersección 5. **Fuente:** Elaboración propia.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR	PED	HOLD
Node #	7														
ATMS.now Controller ID	0														
Import from ATMS.now	Import														
Export to ATMS.now	Export														
Zone:															
X East (m)	729089.1														
Y North (m)	9717494.4														
Z Elevation (m)	0.0														
Description															
Control Type	Pretimed														
Cycle Length (s)	55.0														
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>														
Optimize Cycle Length:	Optimize														
Optimize Splits:	Optimize														
Actuated Cycle(s)	55.0														
Natural Cycle(s)	45.0														
Max v/c Ratio:	1.28														
Intersection Delay (s)	67.4														
Intersection LOS:	E														
ICU:	0.70														
ICU LOS:	C														
Offset (s):	0.0														
Referenced to:	Begin of Green														
Reference Phase:	2+6 - NETL SWTL														
Coordination Mode:	Fixed														
		Leading Detector (m)	10.0		10.0	2.0		10.0		10.0					
		Trailing Detector (m)	0.0		0.0	0.0		0.0		0.0					
		Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		5.0	5.0		
		Minimum Split (s)	22.5	22.5		22.5	22.5	22.5	22.5	22.5		22.5	22.5		
		Total Split (s)	20.0	20.0		20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		35.0	35.0		
		Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		3.0	3.0		
		All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0		
		Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0			0.0		
		Lagging Phase?													
		Allow Lead/Lag Optimize?													
		Recall Mode	Max	Max		Max	Max	Max	Max	Max		Max	Max		
		Speed limit (km/h)	50	50		50	50	50	50	50		50	50		
		Actuated Effct. Green (s)		16.0			16.0	16.0		31.0			31.0		
		Actuated g/C Ratio		0.29			0.29	0.29		0.56			0.56		
		Volume to Capacity Ratio		1.28			1.12	0.13		0.53			0.53		
		Control Delay (s)		173.0			108.7	5.6		9.1			9.5		
		Queue Delay (s)		0.0			0.0	0.0		0.0			0.0		
		Total Delay (s)		173.0			108.7	5.6		9.1			9.5		
		Level of Service		F			F	A		A			A		
		Approach Delay (s)		173.0			95.0			9.1			9.5		
		Approach LOS		F			F			A			A		
		Queue Length 50th (m)		~49.6			~52.0	0.0		21.5			23.0		
		Queue Length 95th (m)		#95.1			#69.9	4.3		42.3			44.0		
		Stops (vph)		221			236	11		187			203		
		Fuel Used (l/hr)		49			33	1		16			18		

Sum of Startup Lost time less Extension into Yellow time (s). (-5 to +3 s)

Ilustración 35: Niveles de servicio intersección 5. **Fuente:** Elaboración propia.

INTERSECCIÓN 6:

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR	PED	HOLD
Node #	10														
ATMS.now Controller ID	0														
Import from ATMS.now	Import														
Export to ATMS.now	Export														
Zone:															
X East (m)	729263.0														
Y North (m)	9717738.2														
Z Elevation (m)	0.0														
Description															
Control Type	Pretimed														
Cycle Length (s)	45.0														
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>														
Optimize Cycle Length:	Optimize														
Optimize Splits:	Optimize														
Actuated Cycle(s)	45.0														
Natural Cycle(s)	45.0														
Max v/c Ratio:	0.96														
Intersection Delay (s)	26.7														
Intersection LOS:	C														
ICU:	0.68														
ICU LOS:	C														
Offset (s):	0.0														
Referenced to:	Begin of Green														
Reference Phase:	2 - NBTL														
Coordination Mode:	Fixed														
		Lanes and Sharing (BRL)													
		Traffic Volume (vph)	10	5	160	5	5	5	15	250	80	130	360	5	
		Future Volume (vph)	10	5	160	5	5	5	15	250	80	130	360	5	15
		Turn Type	Pem			Pem			Pem			Prot			
		Protected Phases		2			6			4			6	8	
		Permitted Phases	2			6			4						
		Permitted Flashing Yellow													
		Detector Phases	2	2		6	6		4	4		6	8		
		Switch Phase	0	0		0	0		0	0		0	0		
		Leading Detector (m)		10.0			10.0			10.0			10.0		
		Trailing Detector (m)		0.0			0.0			0.0			0.0		
		Minimum Initial (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		
		Minimum Split (s)	22.5	22.5		22.5	22.5		22.5	22.5		22.5	22.5		
		Total Split (s)	22.5	22.5		22.5	22.5		22.5	22.5		22.5	22.5		
		Yellow Time (s)	3.5	3.5		3.5	3.5		3.5	3.5		3.5	3.5		
		All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		
		Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0			0.0		
		Lagging Phase?													
		Allow Lead/Lag Optimize?													
		Recall Mode	Max	Max		Max	Max		Max	Max		Max	Max		
		Speed limit (km/h)	50	50		50	50	50		50			50		
		Actuated Effct. Green (s)		18.0			18.0			18.0			18.0		
		Actuated g/C Ratio		0.40			0.40			0.40			0.40		
		Volume to Capacity Ratio		0.31			0.05			0.68			0.96		
		Control Delay (s)		3.4			7.0			15.9			46.3		

(729263 9717738)

Ilustración 36: Niveles de servicio intersección 6. **Fuente:** Elaboración propia.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS												NBL		NBT		NBR		SBL		SBT		SBR		NEL		NET		NER		SWL		SWT		SWR		PED		HOLD	
Node #	10	Leading Detector (m)	10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0								
ATMS now Controller ID	0	Trailing Detector (m)	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0								
Import from ATMS now:	Import	Minimum Initial (s)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0								
Export to ATMS now:	Export	Minimum Split (s)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5								
Zone:		Total Split (s)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5								
X East (m)	729263.0	Yellow Time (s)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5									
Y North (m)	9717738.2	All-Red Time (s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0									
Z Elevation (m)	0.0	Lost Time Adjust (s)	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0										
Description		Lagging Phase?	--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--										
Control Type	Prelimed	Allow Lead/Lag Optimize?	--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--		--										
Cycle Length (s)	45.0	Recall Mode	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max									
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Speed limit (km/h)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50									
Optimize Cycle Length:	Optimize	Actuated Effct. Green (s)	18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0		18.0										
Optimize Splits:	Optimize	Actuated g/C Ratio	0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40		0.40										
Actuated Cycle(s):	45.0	Volume to Capacity Ratio	0.31		0.05		0.68		0.96		0.96		0.96		0.96		0.96		0.96		0.96		0.96		0.96		0.96		0.96												
Natural Cycle(s):	45.0	Control Delay (s)	3.4		7.0		15.9		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3												
Max v/c Ratio:	0.96	Queue Delay (s)	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0												
Intersection Delay (s):	26.7	Total Delay (s)	3.4		7.0		15.9		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3												
Intersection LOS:	C	Level of Service	A		A		B		D		D		D		D		D		D		D		D		D		D														
ICU:	0.68	Approach Delay (s)	3.4		7.0		15.9		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3		46.3												
ICU LOS:	C	Approach LOS	A		A		B		D		D		D		D		D		D		D		D		D		D														
Offset (s):	0.0	Queue Length 50th (m)	1.4		1.0		24.5		45.0		45.0		45.0		45.0		45.0		45.0		45.0		45.0		45.0		45.0														
Referenced to:	Begin of Green	Queue Length 95th (m)	0.9		2.2		#54.5		#69.2		#69.2		#69.2		#69.2		#69.2		#69.2		#69.2		#69.2		#69.2		#69.2														
Reference Phase:	2 - NBTL	Stops (vph)	29		8		231		381		381		381		381		381		381		381		381		381		381														
Coordination Mode:	Fixed	Fuel Used (l/hr)	4		0		19		41		41		41		41		41		41		41		41		41		41														

↑ 02 (R)	↘ 04
22.5 s	22.5 s
↓ 06	↙ 08
22.5 s	22.5 s
Number of stops in vehicle/hour	
Conflict	
Miss ok	

Ilustración 37: Niveles de servicio intersección 6. **Fuente:** Elaboración propia.

Capítulo 4

4. Análisis de Propuestas y Resultados.

En este capítulo, se explorará la tarea de tomar decisiones y encontrar soluciones en respuesta a las problemáticas surgidas a lo largo del corredor vial. Se examinarán detalladamente los diversos planteamientos y propuestas planteadas, así como las conclusiones obtenidas en relación al estado actual del eje E-40 la cual es muy importante para la ciudad de Cañar y para toda la provincia. Mediante un análisis exhaustivo, se buscará identificar las acciones necesarias para mejorar y optimizar el funcionamiento del corredor vial, con el objetivo de garantizar un flujo eficiente de tráfico y contribuir al desarrollo y bienestar de las comunidades que depende de este corredor vial.

4.1 Propuestas planteadas

Las propuestas planteadas obtenidos a partir de la simulación en el software, que implica la determinación de los planes semafóricos y de los diagramas de fases del mismo, teniendo en cuenta el volumen total de los vehículos por accesos, se planteó una hipótesis la cual es que si se encuentra la solución para las horas de máxima demanda (horas pico), se tendría que cumplir para el total de horas. Sin embargo, se realizó distintos planes (diagramas

de fase) para cada intersección y también se tuvo en cuenta las horas que se deberían poner el semáforo de manera intermitente.

Intersección 1.

Tabla 26. *Volumen total de vehículos por acceso 1.*

		VOLUMEN TOTAL INTERSECCION
07:00	07:15	528
07:15	07:30	550
07:30	07:45	590
07:45	08:00	614
08:00	08:15	649
08:15	08:30	644
08:30	08:45	653
08:45	09:00	652
09:00	09:15	647
09:15	09:30	679
09:30	09:45	751
09:45	10:00	790
10:00	10:15	806
10:15	10:30	844
10:30	10:45	822
10:45	11:00	842
11:00	11:15	888
11:15	11:30	885
11:30	11:45	916
11:45	12:00	919
12:00	12:15	907
12:15	12:30	938
12:30	12:45	902
12:45	13:00	915
13:00	13:15	931
13:15	13:30	889
13:30	13:45	850
13:45	14:00	769
14:00	14:15	684
14:15	14:30	635
14:30	14:45	642
14:45	15:00	642
15:00	15:15	666
15:15	15:30	672
15:30	15:45	667
15:45	16:00	651
16:00	16:15	621

16:15	16:30	650
16:30	16:45	683
16:45	17:00	745

Fuente: *Elaboración propia*

Para esta intersección 1 cuenta con un solo plan de fases con un tiempo de ciclo de 43 seg. El plan es denominado plan A, además también se tiene en cuenta el semáforo intermitente que se le denominara B.

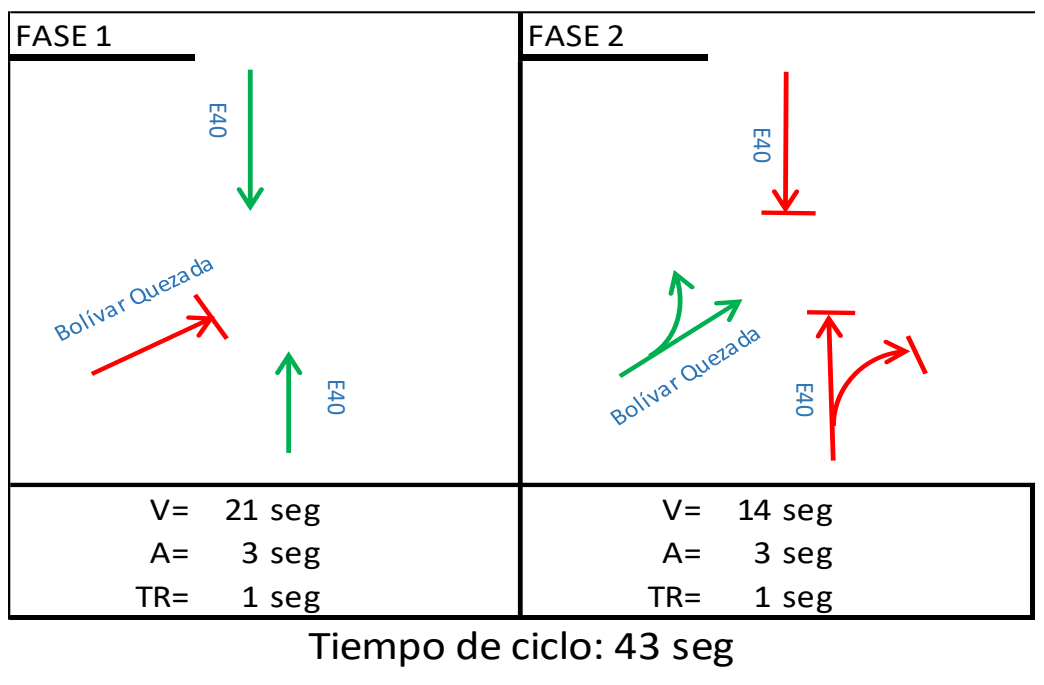


Ilustración 38: *Diagrama de fases plan A para intersección 1. Fuente: Elaboración propia.*

En la **tabla 27** se presenta la propuesta planteada para la semana (lunes a domingo), en donde la intersección cuenta con dos fases la E-40 con una fase de 25 seg. y la Bolívar Quezada con 18 seg. Se observa el plan A con un ciclo de 43 seg y el plan B con un ciclo intermitente distribuidas a sus respectivas horas de lunes a domingo.

Intersección: E40 y Bolívar Quezada

Planes, Fases y Ciclos Semafóricos

Tabla 27. *Propuesta intersección 1.*

PLAN	FASE 1	FASE 2	CICLO
A	25	18	43
B	-----	-----	Intermitente

Lunes a Domingo					
HORARIO		FASE 1	FASE 2	CICLO	PLANES
00:00	05:00	-----	-----	Intermitente	B
05:00	23:00	25	18	43	A
23:00	23:59	-----	-----	Intermitente	B

Fuente: *Elaboración propia*

Intersección 2.

Tabla 28. *Volumen total de vehículos por acceso 2.*

	07:00	07:15	758
	07:15	07:30	791
	07:30	07:45	771
	07:45	08:00	798
	08:00	08:15	811
	08:15	08:30	862
	08:30	08:45	890
	08:45	09:00	877
	09:00	09:15	889
	09:15	09:30	910
	09:30	09:45	1002
	09:45	10:00	1090
	10:00	10:15	1144
	10:15	10:30	1168
	10:30	10:45	1088
	10:45	11:00	1057
	11:00	11:15	1067
	11:15	11:30	1045
	11:30	11:45	1060
	11:45	12:00	1057
	12:00	12:15	1049
	12:15	12:30	1056
	12:30	12:45	1082
	12:45	13:00	1093
	13:00	13:15	1090
	13:15	13:30	1058

13:30	13:45	1046
13:45	14:00	1013
14:00	14:15	979
14:15	14:30	985
14:30	14:45	966
14:45	15:00	968
15:00	15:15	973
15:15	15:30	1005
15:30	15:45	1017
15:45	16:00	1017
16:00	16:15	1005
16:15	16:30	964
16:30	16:45	942
16:45	17:00	968

Fuente: *Elaboración Propia.*

Para la intersección 2 al igual que la intersección 1, cuenta con un solo plan de fases con un tiempo de ciclo de 43 seg. El plan es denominado plan A, y también se tiene en cuenta el semáforo intermitente que se le denominara B.

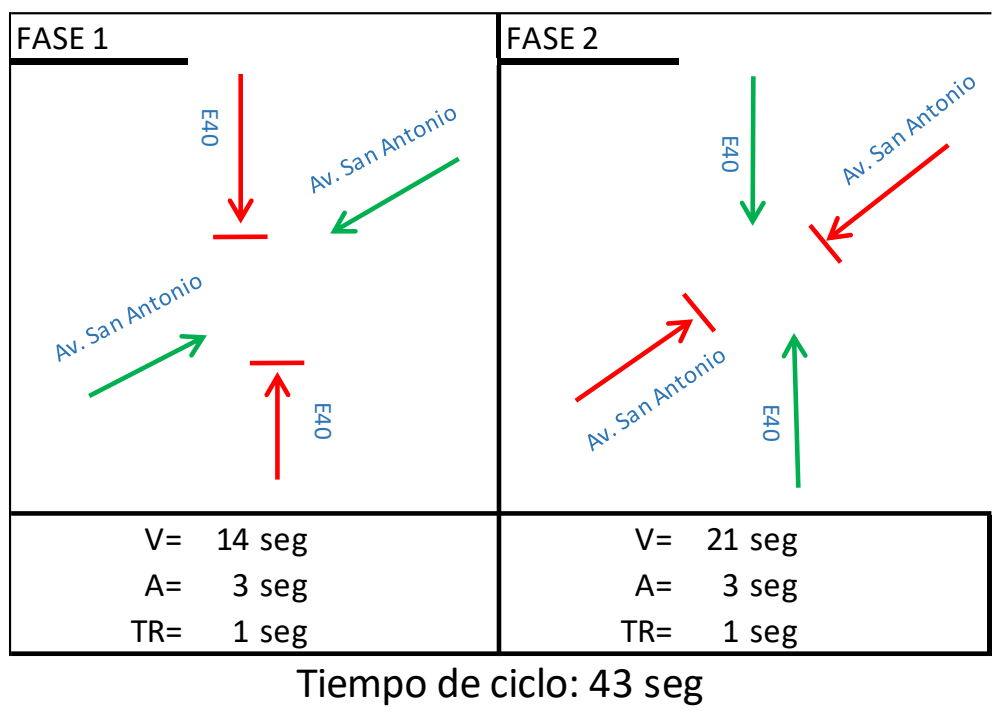


Ilustración 39: Diagrama de fases plan A para intersección 1. Fuente: *Elaboración propia*

En la **tabla 29** se presenta la propuesta planteada para la semana (lunes a domingo), en donde la intersección cuenta con dos fases la E-40 con una fase de 18 seg. y la Av. San

Antonio con 25 seg. Se observa el plan A con un ciclo de 43 seg y el plan B con un ciclo intermitente distribuidas a sus respectivas horas de lunes a domingo.

Intersección: E40 y Av. San Antonio

Planes, Fases y Ciclos Semafóricos

Tabla 29. Propuesta intersección 2.

PLAN	FASE 1	FASE 2	CICLO
A	18	25	43
B	-----	-----	Intermitente

Lunes a Domingo				
HORARIO	FASE 1	FASE 2	CICLO	PLANES
00:00 - 05:00	-----	-----	Intermitente	B
05:00 - 23:00	18	25	43	A
23:00 - 23:59	-----	-----	Intermitente	B

Fuente: Elaboración propia.

Intersección 3.

Tabla 30. Volumen total de vehículos por acceso 3.

07:00	07:15	376
07:15	07:30	413
07:30	07:45	423
07:45	08:00	450
08:00	08:15	483
08:15	08:30	538
08:30	08:45	542
08:45	09:00	569
09:00	09:15	589
09:15	09:30	586
09:30	09:45	645
09:45	10:00	684
10:00	10:15	709
10:15	10:30	778
10:30	10:45	758
10:45	11:00	776
11:00	11:15	811
11:15	11:30	773
11:30	11:45	766

11:45	12:00	740
12:00	12:15	727
12:15	12:30	740
12:30	12:45	744
12:45	13:00	720
13:00	13:15	717
13:15	13:30	690
13:30	13:45	704
13:45	14:00	715
14:00	14:15	681
14:15	14:30	662
14:30	14:45	647
14:45	15:00	664
15:00	15:15	659
15:15	15:30	688
15:30	15:45	718
15:45	16:00	660
16:00	16:15	676
16:15	16:30	626
16:30	16:45	554
16:45	17:00	578

Fuente: Elaboración propia.

Para la intersección 3, cuenta con dos planes de fases con un tiempo de ciclo de 86 seg y 60 seg. El plan es denominado plan A y B, y también se tiene en cuenta el semáforo intermitente que se le denominara C.

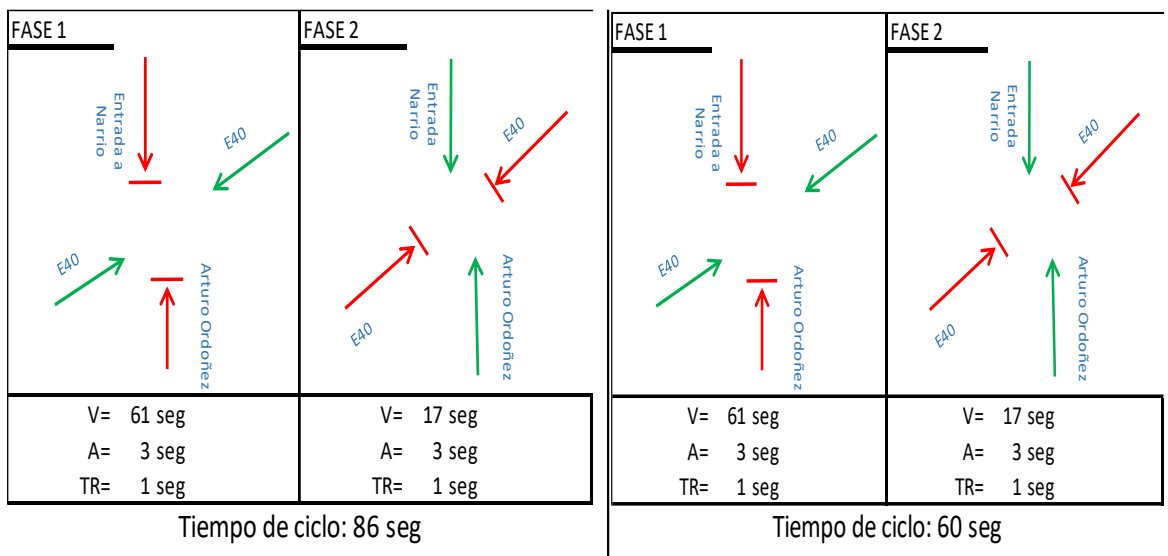


Ilustración 40: Diagrama de fases plan A y B para intersección 3. Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 31** y **tabla 32** se presenta la propuesta planteada para la semana (lunes a Sabado), mientras que para domingo se plantea un plan semafórico aislado. Los planes A y B cuenta con dos fases cada uno mientras que la intersección cuenta con tres fases, la E-40 con una fase de 65 seg. y la entrada a Narrío con 21 seg y la calle Arturo Ordoñez 21 seg. Se observa el plan A con un ciclo de 86 seg, el plan B con un ciclo de 60 seg y un último plan C con un ciclo intermitente distribuidas a sus respectivas horas de lunes a sábado, mientras domingo se elaboró un plan semafórico distinto.

Intersección: E40 y Entrada a Narrío

Planes, Fases y Ciclos Semafóricos

Tabla 31. Propuesta lunes a sábado intersección 3.

PLAN	FASE 1	FASE 2	CICLO
A	65	21	86
B	42	18	60
C	-----	-----	Intermitente

Lunes a sábado				
HORARIO	FASE 1	FASE 2	CICLO	PLANES
00:00 05:00	-----	-----	Intermitente	C
05:00 07:00	42	18	60	B
07:00 08:00	65	21	86	A
08:00 11:30	42	18	60	B
11:30 14:00	65	21	86	A
14:00 17:00	42	18	60	B
17:00 19:00	65	21	86	A
20:00 23:00	42	18	60	B
23:00 23:59	-----	-----	Intermitente	C

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Propuesta Domingo intersección 3.

Domingo				
HORARIO	FASE 1	FASE 2	CICLO	PLANES
00:00 05:00	-----	-----	Intermitente	C
05:00 09:30	42	18	60	B
09:30 14:30	65	21	86	A
14:30 17:00	42	18	60	B
17:00 18:30	65	21	86	A

18:30	23:00	42	18	60	B
23:00	23:59	-----	-----	Intermitente	C

Fuente: *Elaboración propia.*

Intersección 4.

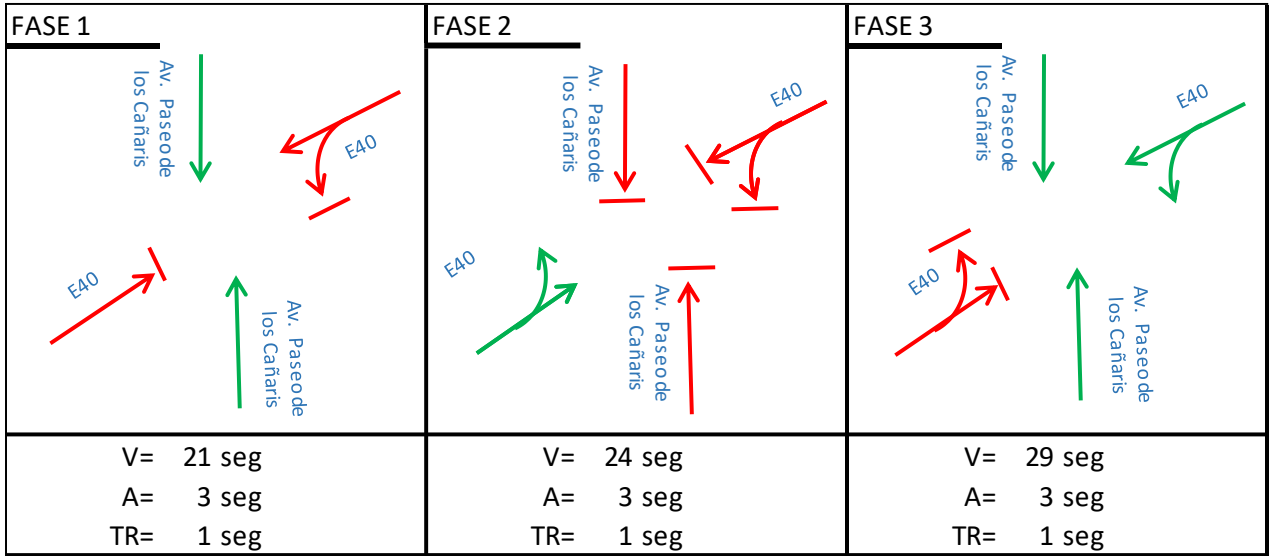
Tabla 33. *Volumen total de vehículos por acceso 4.*

	07:00		07:15	1118
	07:15		07:30	1033
	07:30		07:45	907
	07:45		08:00	858
	08:00		08:15	843
	08:15		08:30	839
	08:30		08:45	863
	08:45		09:00	881
	09:00		09:15	902
	09:15		09:30	923
	09:30		09:45	921
	09:45		10:00	940
	10:00		10:15	967
	10:15		10:30	958
	10:30		10:45	938
	10:45		11:00	929
	11:00		11:15	920
	11:15		11:30	980
	11:30		11:45	1081
	11:45		12:00	1177
	12:00		12:15	1222
	12:15		12:30	1160
	12:30		12:45	1075
	12:45		13:00	960
	13:00		13:15	905
	13:15		13:30	911
	13:30		13:45	886
	13:45		14:00	848
	14:00		14:15	841
	14:15		14:30	820
	14:30		14:45	859
	14:45		15:00	897
	15:00		15:15	892
	15:15		15:30	904
	15:30		15:45	871
	15:45		16:00	881
	16:00		16:15	881
	16:15		16:30	973

16:30	16:45	1056
16:45	17:00	1124

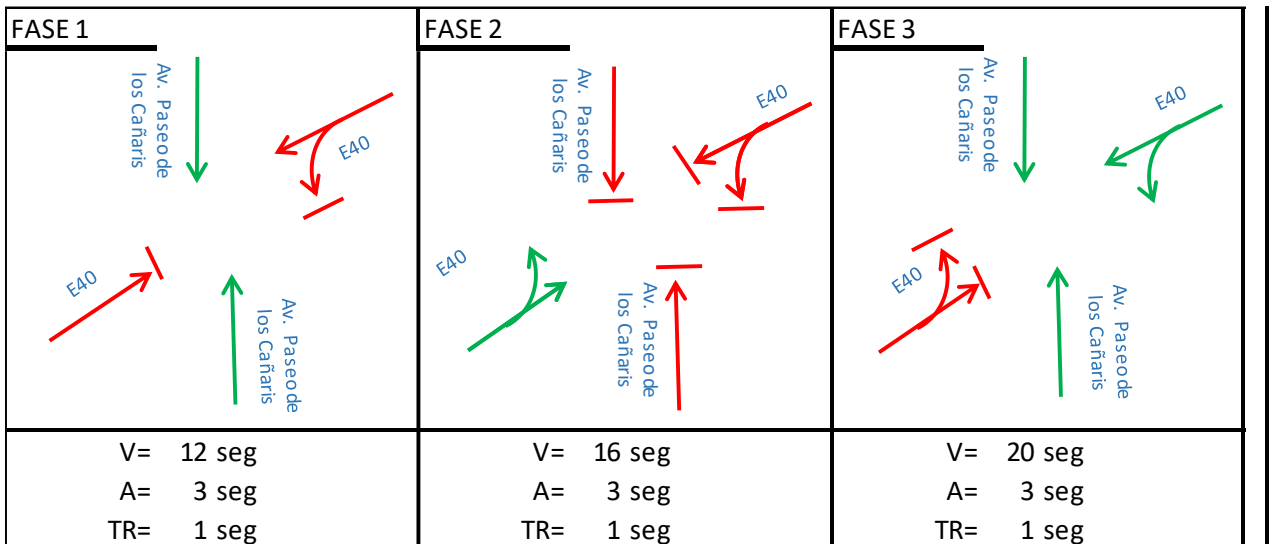
Fuente: Elaboración Propia.

Para la intersección 4, cuenta con dos planes de fases con un tiempo de ciclo de 86 seg y 60 seg. El plan es denominado plan A y B, y también se tiene en cuenta el semáforo intermitente que se le denominara C.



Ciclo Total: 86 seg

Ilustración 41: Diagrama de fases plan A para intersección 4. Fuente: Elaboración propia



Ciclo Total: 60 seg

Ilustración 42: Diagrama de fases plan B para intersección 4. Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 34** y **tabla 35** se presenta la propuesta planteada para la semana (lunes a sábado), mientras que para domingo se plantea un plan semafórico aislado. Los planes A y B cuenta con tres fases repartidos respectivamente. La Av. Paseo de los Cañaris en la primera fase con 25 seg E-40 en la segunda fase de 28 seg., después la E-40 y Av. Paseo de los Cañaris en la tercera fase 33 seg todo esto para el plan semafórico A, y para el plan semafórico B la Av. Paseo de los Cañaris en la primera fase con 16 seg E-40 en la segunda fase de 20 seg., después la E-40 y Av. Paseo de los Cañaris en la tercera fase 24 seg. Se observa el plan A con un ciclo de 86 seg, el plan B con un ciclo de 60 seg y un último plan C con un ciclo intermitente distribuidas a sus respectivas horas de lunes a sábado, mientras domingo se elaboró un plan semafórico distinto.

Intersección: E40 y Av. Paseo de los Cañaris

Planes, Fases y Ciclos Semafóricos

Tabla 34. Propuesta lunes a sábado intersección 4.

PLAN	FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO
A	25	28	33	86
B	16	20	24	60
C	----	----	----	Intermitente

Lunes a sábado					
HORARIO	FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO	PLANES
00:00 - 05:00	-----	-----	-----	Intermitente	C
05:00 - 07:00	16	20	24	60	A
07:00 - 08:00	25	28	33	86	B
08:00 - 11:30	16	20	24	60	A
11:30 - 14:00	25	28	33	86	B
14:00 - 17:00	16	20	24	60	A
17:00 - 19:00	25	28	33	86	B
20:00 - 23:00	16	20	24	60	B
23:00 - 23:59	-----	-----	-----	Intermitente	C

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 35. Propuesta Domingo intersección 4.

Domingo						
HORARIO		FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO	PLANES
00:00	05:00	-----	-----	-----	Intermitente	C
05:00	09:30	16	20	24	60	B
09:30	14:30	25	28	33	86	A
14:30	17:00	16	20	24	60	B
17:00	18:30	25	28	33	86	A
18:30	23:00	16	20	24	60	B
23:00	23:59	-----	-----	-----	Intermitente	C

Fuente: *Elaboración propia*

Intersección 5.

Tabla 36. *Volumen total de vehículos por acceso 5.*

07:00	07:15	1244
07:15	07:30	1191
07:30	07:45	1122
07:45	08:00	1042
08:00	08:15	981
08:15	08:30	955
08:30	08:45	938
08:45	09:00	988
09:00	09:15	1036
09:15	09:30	1036
09:30	09:45	999
09:45	10:00	958
10:00	10:15	966
10:15	10:30	972
10:30	10:45	987
10:45	11:00	1031
11:00	11:15	1004
11:15	11:30	1073
11:30	11:45	1178
11:45	12:00	1258
12:00	12:15	1319
12:15	12:30	1304
12:30	12:45	1452
12:45	13:00	1390
13:00	13:15	1370
13:15	13:30	1315
13:30	13:45	1072
13:45	14:00	1027
14:00	14:15	991
14:15	14:30	993
14:30	14:45	998

14:45	15:00	1025
15:00	15:15	1020
15:15	15:30	961
15:30	15:45	949
15:45	16:00	917
16:00	16:15	901
16:15	16:30	927
16:30	16:45	952
16:45	17:00	1036

Fuente: Elaboración propia

Para la intersección 5, cuenta con dos planes de fases con un tiempo de ciclo de 86 seg y 60 seg. El plan es denominado plan A y B, y también se tiene en cuenta el semáforo intermitente que se le denominara C.

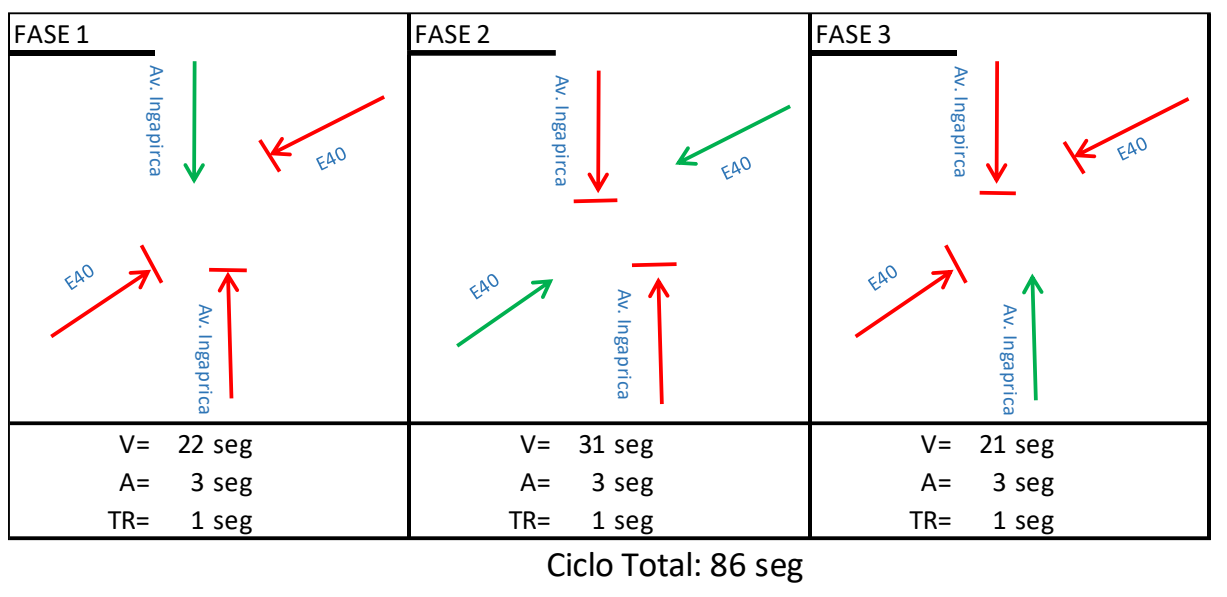


Ilustración 43: Diagrama de fases plan A para intersección 5. Fuente: Elaboración propia

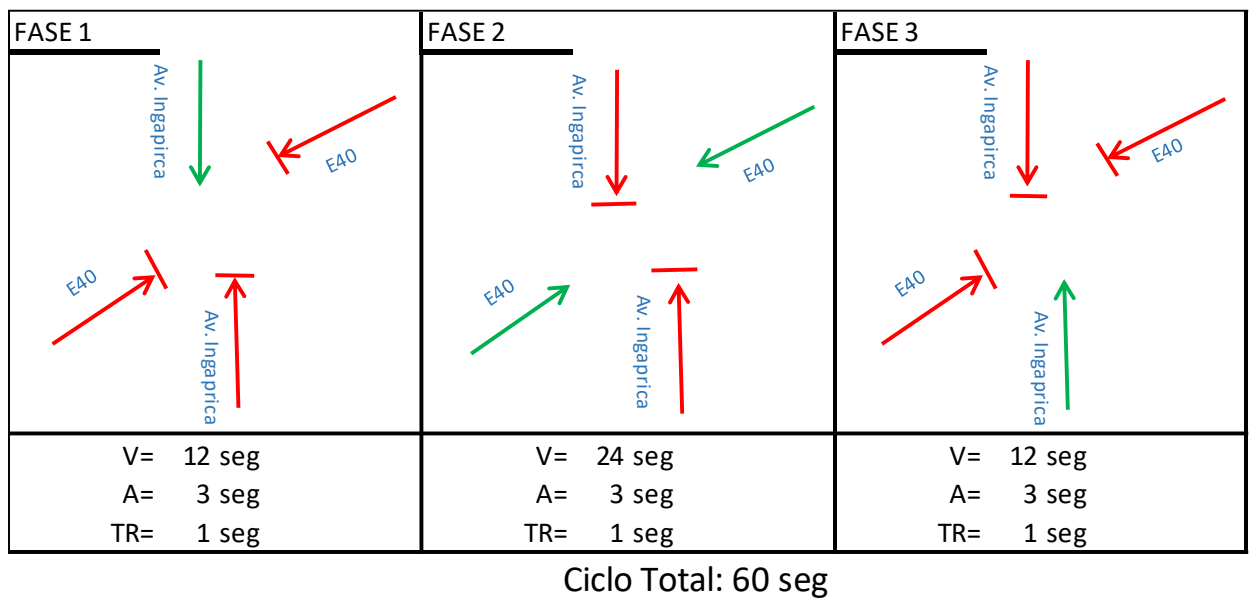


Ilustración 44: Diagrama de fases plan B para intersección 5. **Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 37** y **tabla 38** se presenta la propuesta planteada para la semana (lunes a sábado), mientras que para domingo se plantea un plan semafórico aislado. Los planes A y B cuenta con tres fases repartidos respectivamente. La Av. Ingapirca en la primera fase con 26 seg E-40 en la segunda fase de 35 seg., después la Av. Ingapirca en la tercera fase 25 seg todo esto para el plan semafórico A, y para el plan semafórico B la Av. Ingapirca en la primera fase con 16 seg E-40 en la segunda fase de 28 seg., después la Av. Ingapirca en la tercera fase 16 seg. Se observa el plan A con un ciclo de 86 seg, el plan B con un ciclo de 60 seg y un último plan C con un ciclo intermitente distribuidas a sus respectivas horas de lunes a sábado, mientras domingo se elaboró un plan semafórico distinto.

Intersección: E40 y Av. Ingapirca

Planes, Fases y Ciclos Semafóricos

Tabla 37. Propuesta lunes a sábado intersección 5.

PLAN	FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO
A	26	35	25	86
B	16	28	16	60
C	----	----	----	Intermitente

Lunes a sábado						
HORARIO		FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO	PLANES
00:00	05:00	-----	-----	-----	Intermitente	C
05:00	07:00	16	28	16	60	B
07:00	08:00	26	35	25	86	A
08:00	11:30	16	28	16	60	B
11:30	14:00	26	35	25	86	A
14:00	17:00	16	28	16	60	B
17:00	19:00	26	35	25	86	A
20:00	23:00	16	28	16	60	B
23:00	23:59	-----	-----	-----	Intermitente	C

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 38. *Propuesta Domingo intersección 5.*

Domingo						
HORARIO		FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO	PLANES
00:00	05:00	-----	-----	-----	Intermitente	C
05:00	09:30	16	28	16	60	B
09:30	14:30	26	35	25	86	A
14:30	17:00	16	28	16	60	B
17:00	18:30	26	35	25	86	A
18:30	23:00	16	28	16	60	B
23:00	23:59	-----	-----	-----	Intermitente	C

Fuente: *Elaboración propia*

Intersección 6.

Tabla 39. *Volumen total de vehículos por acceso 6.*

07:00	07:15	856
07:15	07:30	826
07:30	07:45	772
07:45	08:00	705
08:00	08:15	681
08:15	08:30	664
08:30	08:45	638
08:45	09:00	660
09:00	09:15	704
09:15	09:30	728
09:30	09:45	751
09:45	10:00	772
10:00	10:15	752
10:15	10:30	702

10:30	10:45	681
10:45	11:00	664
11:00	11:15	684
11:15	11:30	761
11:30	11:45	818
11:45	12:00	893
12:00	12:15	906
12:15	12:30	882
12:30	12:45	860
12:45	13:00	820
13:00	13:15	805
13:15	13:30	803
13:30	13:45	757
13:45	14:00	731
14:00	14:15	709
14:15	14:30	668
14:30	14:45	677
14:45	15:00	686
15:00	15:15	669
15:15	15:30	688
15:30	15:45	704
15:45	16:00	700
16:00	16:15	721
16:15	16:30	696
16:30	16:45	694
16:45	17:00	696

Fuente: *Elaboración propia.*

Para la intersección 6, cuenta con dos planes de fases con un tiempo de ciclo de 86 seg y 60 seg. El plan es denominado plan A y B, y también se tiene en cuenta el semáforo intermitente que se le denominara C.

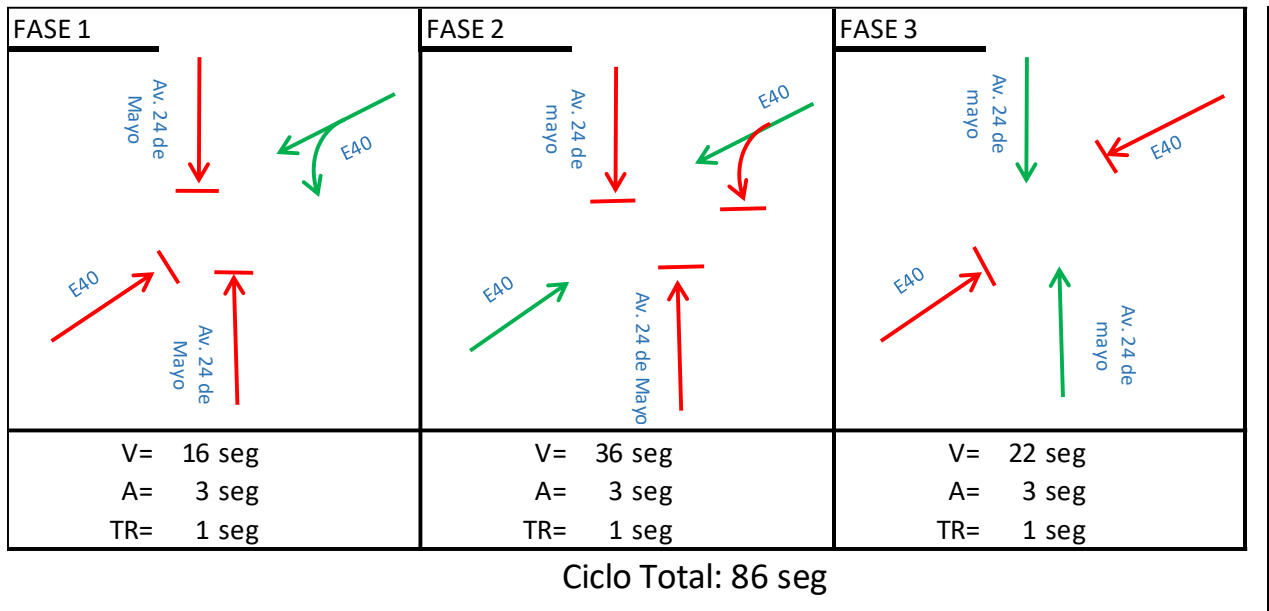


Ilustración 45: Diagrama de fases plan A para intersección 6. *Fuente:* Elaboración propia

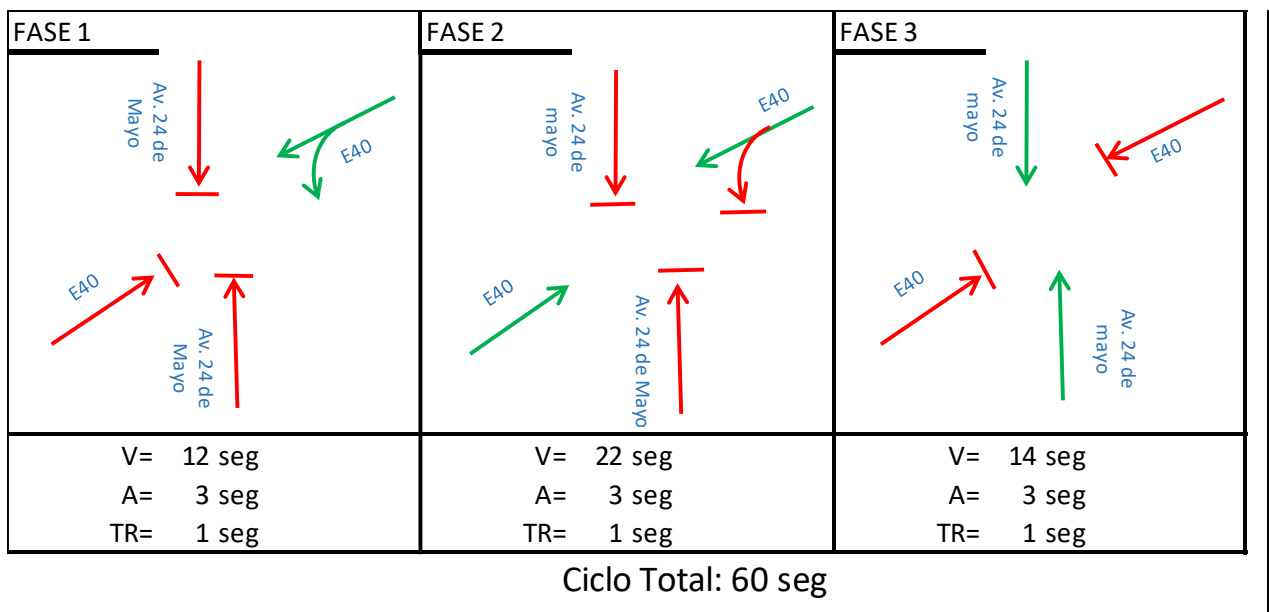


Ilustración 46: Diagrama de fases plan B para intersección 6. *Fuente:* Elaboración propia

En la **tabla 40** y **tabla 41** se presenta la propuesta planteada para la semana (lunes a sábado), mientras que para domingo se plantea un plan semafórico aislado. Los planes A y B cuenta con tres fases repartidos respectivamente. En la primera fase el eje E-40 (solo giros y sentido N-S) con 26 seg, en la segunda fase el eje E-40 (en sus dos sentidos sin giros) de 40 seg., después la Av. 24 de mayo en la tercera fase 26 seg todo esto para el plan semafórico A, para el plan B en la primera fase el eje E-40 (solo giros y sentido N-S) con 16 seg, en la

segunda fase el eje E-40 (en sus dos sentidos sin giros) de 26 seg., después la Av. 24 de mayo en la tercera fase 18 seg. Se observa el plan A con un ciclo de 86 seg, el plan B con un ciclo de 60 seg y un último plan C con un ciclo intermitente distribuidas a sus respectivas horas de lunes a sábado, mientras domingo se elaboró un plan semafórico distinto.

Intersección: E40 y Av. 24 de Mayo

Planes, Fases y Ciclos Semafóricos

Tabla 40. Propuesta lunes a sábado intersección 6.

	PLAN	FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO
	A	20	40	26	86
	B	16	26	18	60
	C	----	----	----	Intermitente

Lunes a sábado						
	HORARIO	FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO	PLANES
	00:00 - 05:00	-----	-----	-----	Intermitente	C
	05:00 - 07:00	16	28	16	60	B
	07:00 - 08:00	26	35	25	86	A
	08:00 - 11:30	16	28	16	60	B
	11:30 - 14:00	26	35	25	86	A
	14:00 - 17:00	16	28	16	60	B
	17:00 - 19:00	26	35	25	86	A
	20:00 - 23:00	16	28	16	60	B
	23:00 - 23:59	-----	-----	-----	Intermitente	C

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Propuesta lunes a sábado intersección 6.

Domingo						
	HORARIO	FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO	PLANES
	00:00 - 05:00	-----	-----	-----	Intermitente	C
	05:00 - 09:30	16	28	16	60	B
	09:30 - 14:30	26	35	25	86	A
	14:30 - 17:00	16	28	16	60	B
	17:00 - 18:30	26	35	25	86	A
	18:30 - 23:00	16	28	16	60	B

23:00	23:59	-----	-----	-----	Intermitente	C
-------	-------	-------	-------	-------	--------------	---

Fuente: *Elaboración propia*

4.2 Resultados

Los resultados obtenidos en cada intersección son los siguientes, pero primero, hay que mencionar que los planteamientos y propuestas evaluadas en las diferentes intersecciones fueron diseñadas a partir de la base de la metodología del HCM 2010 y también del criterio propio ya que se conoce la zona.

- En la intersección 1 (terminal terrestre), intersección 2(Av. San Antonio) e intersección 3 (Entrada a Narrio), se realizó un cambio de tiempos semafóricos dentro del ciclo total que se obtuvo a partir de la simulación y su nivel de servicio.

Tabla 42. *Resultados intersección 1.*

Intersección 1	Sentido	Demoras (seg)	Nivel de servicio	Maniobras permitidas	Tiempo de Fase	Tiempo de Ciclo
E40	Norte	9	A	↑	25	43
	Sur	8	A		25	
Bolívar Quezada	Oeste	11	B	↔	18	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 43. *Resultados intersección 2.*

Intersección 2	Acceso	Demoras (seg)	Nivel de servicio	Maniobras permitidas	Tiempo de Fase	Tiempo de Ciclo
18	E40	17	B	↑ ↓	25	

	Sur	13	B		25	
Av. San Antonio	Este	13	B	←	18	43
	Oeste	28	C	→	18	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 44. Resultados intersección 3.

Intersección 3	Acceso	Demoras (seg)	Nivel de servicio	Maniobras permitidas	Tiempo de Fase	Tiempo de Ciclo
E40	Norte	0	A	↑	65	86
	Sur	14	E	↓	65	
Entrada a Narrío	Este	40	B	←	21	
	Oeste	46	B	→	21	

Fuente: *Elaboración propia*

- En la intersección 4 (Paseo de los cañaris), anteriormente se tenían 2 fases, se le añadió una tercera fase a raíz de buscar una mayor seguridad vial y por mayor maniobralidad ya que, en la intersección hay bloqueos de vehículos estacionados lo que provoca una pérdida de capacidad vial. Sin embargo, al momento de añadir una fase más, nos implica tener un nivel de servicio menor al del estado actual, sin embargo, se escogió esta alternativa por la seguridad vial y para la sincronización con las siguientes intersecciones.

Tabla 45. Resultados intersección 4.

Intersección 4	Acceso	Demoras (seg)	Nivel de servicio	Maniobras permitidas	Tiempo de Fase	Tiempo de Ciclo
E40	Norte	89	F	↓ + ↘ ↑ ↙	33	

	Sur	88	F	+	28	
Paseo de los Cañaris	Este	51	C	←	25	86
	Oeste	29	C	→	25	

Fuente: *Elaboración propia*

- En la intersección 5 (Av. Ingapirca), al igual que la intersección anterior (intersección 4), esta intersección en el estado actual cuenta con 2 fases entonces se le añadió una tercera, por motivos que la calle caique chaparra cuenta con un solo carril a doble sentido y a su vez comparte fase con la av. Ingapirca, lo que implica que al momento de giros a derecha o izquierda impidan el paso o los vehículos se queden en la mitad de la intersección, de igual manera el nivel de servicio de la intersección empeoro con respecto al actual pero se prioriza la seguridad vial, por lo cual añadir una fase ayuda a la maniobralidad y también para la sincronización con el corredor.

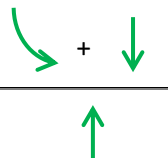
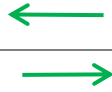
Tabla 46. *Resultados intersección 5.*

Intersección 5	Acceso	Demoras (seg)	Nivel de servicio	Maniobras permitidas	Tiempo de Fase	Tiempo de Ciclo
E40	Norte	40	D	↓	35	86
	Sur	30	C	↑	35	
Av. Ingapirca	Este	88	F	→	26	86
	Oeste	47	D	←	26	

Fuente: *Elaboración propia*

- En la intersección 6 (Av.24 de mayo), funciona a 3 fases lo cual da un flujo vehicular de corrido, manteniendo la sincronización del corredor, ya que desde esta intersección se evaluó para buscar dar continuidad por el ingreso de vehículos pesados y debido a la pendiente en dirección de norte – sur.

Tabla 47. *Resultados intersección 6.*

Intersección 6	Acceso	Demoras (seg)	Nivel de servicio	Maniobras permitidas	Tiempo de Fase	Tiempo de Ciclo
E40	Norte	25	C		20+40	86
	Sur	15	B		40	
Av. 24 de Mayo	Este	19	B		26	
	Oeste	8	A		26	

Fuente: *Elaboración propia*

Cabe recalcar que la sincronización se realizó para la subida y bajada desde la intersección 6 (Av. 24 de mayo) pero se priorizó la subida por las pendientes y por el factor de vehículos pesados articulados que en ciertas intersecciones llegan con lo justo y detenerse en un semáforo los complica más, en la bajada se dio más restricción ya que no se puede permitir dejar a los vehículos a grandes velocidades y también que no todas las intersecciones están sincronizadas ya que existen largas distancias entre intersecciones y no es recomendable además de ser muy dificultoso.

Es importante aclarar que los datos de las pendientes de los accesos son muy importantes para la modelación en el software porque pueden dificultar y cambiar la dinámica de los flujos como los tiempos de maniobra en el arranque que son distintos al de una pendiente de bajada o neutral, lo cual se tomó muy en consideración en el eje E-40 para lograr dar una óptima continuidad.

4.3 Discusión

En este estudio, se resalta la necesidad de obtener un modelo de optimización del eje 40 (Panamericana) de la ciudad de Cañar, basada en una investigación que tuvo como objetivo disminuir las demoras dentro del corredor, para lo cual se puso en práctica varios métodos, y mediante estos, se pudo encontrar soluciones.

Para las demoras se encontraron soluciones basadas en cambios de ciclos semafóricos, cambios de fases e implementación de medidas de seguridad vial. Se utilizó estas soluciones para cada intersección según las necesidades, es decir, algunas intersecciones cuentan con las 3 implementación y otras solo con una o dos. Es importante recalcar que el corredor no cuenta con semáforos que este sincronizados entre sí, ya que todas las intersecciones tienen

semáforos aislados. Esto nos brinda situaciones fuera de lo que está planificado con el fin de adaptar cada solución para mejorar el flujo.

Otro aspecto mencionado fundamental de la investigación es la importancia que tiene cada intersección dentro del eje E40, es decir, se han tomado decisiones según el nivel de importancia que presenta cada intersección, de esta manera se plantearon diferentes complicaciones de las cuales se puede discutir sobre qué criterio pesa más para la toma de decisiones definitivas. De esta manera se ha sacrificado en una intersección el nivel de servicio con el fin de dar la continuidad deseada en el eje E40.

Al final se menciona todas las posibilidades de optimización que traen beneficios para todos los usuarios del eje E40 (Panamericana), reduciendo tiempos de demora, acortando colas largas, dando continuidad a todo el corredor. Esto nos da entrada a futuros estudios que ayuden a mejorar el uso del eje E40, que mediante estudios más especializados se podrá lograr.

4.3 Trabajos futuros

Este estudio cuenta con mucha información recolectada, sin embargo, para futuras investigaciones se recomienda ampliar el campo de estudio a fin de tener datos más precisos que puedan conllevar a resultados más verídicos. En este campo de investigación contamos con mucha tecnología para recolección y procesamiento de datos. A continuación, se enlista cada una de las recomendaciones sugeridas.

1. Realizar conteos automatizados: de esta manera se pueden realizar los conteos vehiculares de una manera más rápida y eficiente, esto también implica un conteo continuo de 24 horas, no solo de 12 como se realiza en los conteos manuales. La desventaja de esto es el costo que es muy elevado.
2. Conteos en paralelo: realizar esta modalidad de conteos dentro de las 6 intersecciones, es decir tener dispositivos electrónicos haciendo los conteos los 7 días de la semana en las diferentes intersecciones en simultáneo. De esta manera no se pierde ninguna información.
3. Avenidas/calles transversales: con el fin de mejorar las demoras y los niveles de servicio dentro del corredor, se han sacrificado los niveles de servicio de las avenidas/calles transversales. Una mejora para el estudio sería mantener los niveles de servicio dentro de estas calles secundarias, ya que este estudio tuvo como objetivo primordial la optimización dentro del eje E40, y la continuidad que se puede dar al mismo.

4. Usos de software: para el estudio se podrían utilizar otros tipos de software especializados, de manera que se puedan obtener distintos resultados, y poder compararlos a los resultados que se obtuvieron en este estudio.

4.3 Conclusiones

En conclusión, se ha elaborado formas de optimización en el eje E40 Panamericana en la ciudad de cañar, para esto se ha realizado cambios de tiempos y fases en cada semáforo por separado, es decir, hemos encontrado soluciones para optimizar el eje E40, priorizando la disminución de demoras, al hacer eso se ha sacrificado el nivel de servicio de ciertas vías transversales al eje, con el fin de encontrar una continuidad a lo largo del corredor. En cuanto a la señalización vertical y horizontal, se encontró problemas de mantenimiento.

A partir de los resultados obtenidos en los aforos vehiculares manuales, se pudo estratificar los niveles de demanda que cada intersección tiene, en distintas horas del día. Con esta información se puede conocer los puntos mas afectados que necesitan una mejora, de la misma manera se puede reconocer las intersecciones que tienen muy poca demanda vehicular, de la cual se pudo obtener soluciones usando estas como un pivote para mejorar las demás.

Cada intersección cuenta con semáforos aislados, de los cuales de manera manual se interconectaron el 1 y 2, y el 5 y 6, dejando a las intersecciones 3 y 4 trabajando por separado. Con esto se logro llegar de la intersección 1 a la 2, dentro de un rango de verde, y de la misma manera la 5 y 6.

Se realizaron varios cambios dentro de cada intersección, cada una presento problemas diferentes, ya que la geometría, la importancia y el flujo de vehículos. Cuando se habla de sacrificar el nivel de servicio, se hable de la intersección 3, que es la que mas se vio afectada en este aspecto, pues debido a su bajo flujo vehicular, no representa un mayor problema si su nivel empeora, todo esto con el fin de mejorar la continuidad del corredor.

Se ha determinado los flujos vehiculares de todas las intersecciones mediante conteos manuales, estos fueron realizados mediante cámaras de video ubicadas en puntos específicos de cada intersección. Con esto se pudo obtener el TPDA, y realizar los cálculos pertinentes con esta información. Adicionalmente con las grabaciones de video se pudieron identificar varios problemas existentes.

Una vez obtenidos los datos se identificaron los diferentes giros, y la importancia de las intersecciones en ciertas horas, esto tiene influencia en el flujo vehicular. Por ejemplo, en la intersección 4, que es de la Paseo de las Cañaris, que en horas de la mañana tiene un flujo vehicular bastante elevado, debido a que es un ingreso para escuelas y colegios de la zona.

Por otro lado, tenemos las intersecciones 1 y 6 que son la entrada a la ciudad, en estas la pendiente de la vía ha tenido mucha influencia sobre vehículos pesados ya que se generan colas muy largas.

4.4 Bibliografía.

Transportation Research Board. (2010). Highway Capacity Manual 2010 (5th ed.). Washington, DC: National Academies Press.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2012). Normas Técnicas Ecuatorianas: Guía para la Implementación (2da ed.). Quito, Ecuador: Editorial INEN.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, vol. 1. Quito, Ecuador

Cal, R., Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones.

Hodge, M., & Micallef, C. (2022). Lighting The Way: When was the first traffic light invented and who was J P Knight? *The Sun*, 3.

Mellado, F. (2017). Ejemplo de semaforización. *Mellado & Asociados Consulting*.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). Libro A Norma para estudios y diseños viales, 2.

Ministerio Obras Publicas. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras.

Ortiz, R. (2018). Determinación del índice KVR (kilómetros vehículos recorrido) para el cantón Cañar. Universidad del Azuay.

Rodríguez, D. (2015). Revisión del HCM 2010 y 2000 Intersecciones Semaforizadas, *Ingenium*, 16, (32). pag. 19-31.

Anexos

1. Anexo 1: información procesada Terminal Terrestre
2. Anexo 2: información procesada Avenida San Antonio
3. Anexo 3: información procesada Entrada a Narrio
4. Anexo 4: información procesada Paseo de los Cañaris
5. Anexo 5: información procesada Avenida Ingapirca
6. Anexo 6: información procesada Avenida 24 de Mayo
7. Anexo 7: modelación en software
8. Anexo 8: informe de instalación de cámaras
9. Anexo 9: informe URKUND plagio
10. Anexo 10: resultados en tablas
11. Anexo 11: geometría de las intersecciones
12. Anexo 12: tiempos de ciclos
13. Anexo 13: conteos por días
14. Anexos 14: conteos resumidos
15. Anexos 15: archivos fotográficos
16. Anexo 16: intersecciones semafóricas eje E40, Cañar