



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Estudio de impacto a la movilidad por la inclusión de un
centro comercial en el sector Gapal de la ciudad de Cuenca.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autores:

CHRISTIAN DAVID CASTILLO ARIAS

BORIS PATRICIO MONCAYO ANDRADE

Director:

PABLO ANDRÉS CARVALLO CORRAL

CUENCA - ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios por darme la sabiduría y la energía necesaria para culminar con mi tan anhelada meta y a cada una de las personas que me han acompañado durante toda mi carrera.

A mi padre Estuardo quien ha sido un pilar para mí y que con su muestra de perseverancia me guio siempre en la dirección de lo correcto, a mi madre Rosario quien con su amor incondicional me ha enseñado que ser un buen profesional siempre va ligado a ser una calidad de persona, a mi hermano Jorge quien con su apoyo y cariño siempre fue un modelo a seguir con su muestra de dedicación, a mi hermano Mateo ya que en mayor o menor medida sin su apoyo no se hubiera podido culminar este proyecto, a mi compañero de tesis y gran amigo Boris por confiar en mis capacidades y llegar a este momento tan anhelado, y a mi novia Rosalba quien con su amor, ánimo y consejos logro ser un impulso para seguir ante las circunstancias y cumplir esta meta.

Christian David Castillo Arias.

Primero a Dios por ser mi guía para poder cumplir con todas mis metas.

A mi familia especialmente a mis padres Amalia y Patricio que gracias a su esfuerzo y apoyo incondicional ante cualquier adversidad hoy puedo terminar mis estudios,

A mi abuelito Teodoro que fue mi inspiración para estudiar esta carrera y que la pude terminar gracias a los valores y enseñanzas que me inculcó y que serán mi guía para toda mi vida profesional.

A mis compañeros de estudios y mi compañero de tesis Christian que gracias a su amistad hoy podemos culminar con este objetivo tan anhelado.

Boris Patricio Moncayo Andrade.

AGRADECIMIENTOS

Agradecidos en primer lugar con Dios por permitirnos culminar con nuestra carrera y que nos deja las puertas abiertas para que con su bendición podamos a futuro cumplir con nuevas metas.

Muy agradecidos con el Ing. Pablo Carvallo a quien consideramos un gran amigo y maestro, quien nos apoyó brindándonos su conocimiento técnico, experiencia y guía necesaria para la realización de este proyecto.

Un especial agradecimiento a la Universidad del Azuay donde sus aulas y pasillos nos llegaron a acoger como un segundo hogar, y a sus docentes que con sus tutelas llegaron a encaminarnos para que podamos culminar con esta etapa de nuestra vida.

Castillo, Moncayo.

TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iv
Tabla de contenido.....	v
Índice de Gráficos.	vii
Índice de Tablas.....	x
Índice de Anexos.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Introducción.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo general:	2
Objetivos específicos:	2
Capítulo 1 Marco Teórico.....	3
1.1. Estudio de impacto vial.	3
1.2. Niveles de Servicio.....	4
1.3. Metodología.....	5
1.3.1. Delimitación del área de influencia.....	5
1.3.2. Levantamiento de información.....	7
1.3.3. Análisis y procesamiento de la información.	10
1.3.4. Modelación y calibración del estado actual.....	14

1.3.5. Modelación y evaluación de alternativas.....	14
Capítulo 2 Desarrollo del análisis de transito.....	16
2.1. Procesamiento y cálculos de la información.....	16
2.1.1. Procesamiento de la información recolectada en campo.....	16
2.1.2. Cálculos y análisis.....	29
2.2. Modelación y Calibración del estado actual.....	37
2.2.1 Configuración de la red vial.....	38
2.2.2 Validación del estado actual.	40
2.2.3 Evaluación del estado actual.....	44
2.3. Modelación del estado actual más la implementación del centro comercial.....	46
2.3.1. Modelación.	46
2.3.2. Evaluación del estado actual más la implementación del centro comercial.....	47
2.4. Generación y modelación de alternativas.	48
2.4.1. Generación de alternativas.	48
2.4.2. Evaluación de alternativas.	53
Capítulo 3 Diseño Geométrico de la alternativa más adecuada.	58
3.1. Diseño Geométrico.	58
Resultados y conclusiones:	65
Bibliografía.....	67
Anexos.....	68

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1.1: Área de influencia.....	6
Gráfico 1.2: Estaciones de la zona de estudio.....	6
Gráfico 1.3 : Colocacion de camaras para el conteo manual.	8
Gráfico 1.4: Conteo de placas.	9
Gráfico 1.5: Toma de tiempos semafóricos.	9
Gráfico 2.1: Grafico de barras conteo automático.	17
Gráfico 2.2: Fase 1 intersección semafórica.	19
Gráfico 2.3: Fase 2 intersección semafórica.	19
Gráfico 2.4: Fase 3 intersección semafórica.	20
Gráfico 2.5: Fase 4 intersección semafórica.	20
Gráfico 2.6: Fase 5 intersección semafórica.	21
Gráfico 2.7: Ortofoto de la Ciudad de Cuenca.....	22
Gráfico 2.8: Colocación de puntos de control.....	23
Gráfico 2.9: Unión de puntos de control.....	23
Gráfico 2.10: Generación de mediatrices.....	24
Gráfico 2.11: Área de influencia neta.	24
Gráfico 2.12: Áreas asignadas por rutas críticas.....	25
Gráfico 2.13: Áreas de aporte en porcentajes.	26
Gráfico 2.14: Grafico de barras del conteo volumétrico.....	30
Gráfico 2.15: Ortofoto para modelación.	38

Gráfico 2.16: Calibración de la red vial.	40
Gráfico 2.17: Colocación de detectores.	40
Gráfico 2.18 : Valores de los detectores de 6h30 a 7h30.....	41
Gráfico 2.19: Regresión lineal de 6h30 a 7h30.....	42
Gráfico 2.20: Valores de los detectores de 15h00 a 16h00.....	43
Gráfico 2.21: Regresión lineal de 15h00 a 16h00.....	43
Gráfico 2.22: Niveles de servicio actuales.....	45
Gráfico 2.23: Implementación del centroide en el lugar donde se ubicará centro comercial.....	46
Gráfico 2.24: Replicación en el horario de 15h00 a 16h00.....	47
Gráfico 2.25: Niveles de servicio del estado actual mas centro comercial proyectado a 5 años en el horario de 15h00 a 16h00.....	48
Gráfico 2.26: Vista en Planta del redondel propuesto en la alternativa 1.	49
Gráfico 2.27: Vista en 3D del redondel propuesto en la alternativa 1.	49
Gráfico 2.28: Vista en planta de los cambios propuestos para la intersección semafórica con la alternativa 1.....	50
Gráfico 2.29: Vista en 3D de los cambios propuestos para la intersección semafórica con la alternativa 1.	50
Gráfico 2.30: Vista en planta de los cambios propuestos en la intersección semafórica con la alternativa 2.	51
Gráfico 2.31: Fase 1 de la intersección semafórica con la alternativa 2.	51
Gráfico 2.32: Fase 2 de la intersección semafórica con la alternativa 2.	52

Gráfico 2.33: Vistas en 3D del Paso deprimido propuesto para la intersección semafórica con la alternativa 2.....	52
Gráfico 2.34: Niveles de servicio de 6h30 a 7h30 con la alternativa 1 en un periodo de 5 años.	53
Gráfico 2.35: Niveles de servicio de 15h00 a 16h00 con la alternativa 1 en un periodo de 5 años.....	54
Gráfico 2.36: Niveles de servicio de 6h30 a 7h30 con la alternativa 2 en un periodo de 5 años.	55
Gráfico 2.37: Niveles de servicio de 15h00 a 16h00 con la alternativa 2 en un periodo de 5 años.....	56
Gráfico 3.1: Vehículo de diseño tipo.	60
Gráfico 3.2: Componentes de un redondel.....	63

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.1: Niveles de servicio para intersecciones semafóricas.	5
Tabla 2.1: Conteo Automático.	16
Tabla 2.2: Resumen Conteo Volumetrico.	18
Tabla 2.3: Tiempos semafóricos.	21
Tabla 2.4: Tabla resumen de áreas.	25
Tabla 2.5: Porcentajes por rutas críticas para el centro comercial.	26
Tabla 2.6: Espacios requeridos en base a las transacciones diarias.	27
Tabla 2.7: Utilización de parqueadero del Centro comercial Miraflores en un día viernes.	28
Tabla 2.8: Análisis para el parqueadero del nuevo centro comercial.	28
Tabla 2.9: Viajes atraídos y generados en un horario de 15h00 a 16h00.	28
Tabla 2.10: Matrices origen destino del centro comercial.	29
Tabla 2.11: Volumen horario de máxima demanda y Conteo volumétrico total.	30
Tabla 2.12: Factores semanales.	31
Tabla 2.13: Consumo de combustibles de la Provincia del Azuay 2017.	32
Tabla 2.14: Factores de expansión.	32
Tabla 2.15 : TPDA (2019) por estaciones.	33
Tabla 2.16: Matriz Origen destino actual de 6h30 a 7h30 expresada en porcentajes.	34
Tabla 2.17: Matiz origen destino actual de 15h00 a 16h00 expresada en porcentajes.	34
Tabla 2.18: Matriz origen destino actual de 6h30 a 7h30 expresada en vehículos. ...	35

Tabla 2.19: Matriz origen destino de 15h00 a 16h00 expresada en vehículos.	35
Tabla 2.20: Tasas de crecimiento vehicular.	36
Tabla 2.21: Matriz origen destino de 6h30 a 7h30 proyectada a 5 años.	36
Tabla 2.22: Matriz origen destino de 15h00 a 16h00 proyectada a 5 años.	37
Tabla 2.23: TPDA por estaciones proyectado a 5 años.	37
Tabla 2.24: Valores del GEH de 6h30 a 7h30.	42
Tabla 2.25: Valores del GEH de 15h00 a 16h00.	44
Tabla 2.26: Tiempos de demora de 6h30 a 7h30.	44
Tabla 2.27: Tiempos de demora de 15h00 a 16h00.	45
Tabla 2.28: Tiempos de demora de la modelación del estado actual mas centro comercial proyectada a 5 años en el horario de 15h00 a 16h00.	47
Tabla 2.29: Tiempos de demora de 6h30 a 7h30 con la alternativa 1 en un periodo de 5 años.	53
Tabla 2.30: Tiempos de demora de 15h00 a 16h00 con la alternativa 1 en un periodo de 5 años.	54
Tabla 2.31: Tiempos de demora de 6h30 a 7h30 con la alternativa 2 en un periodo de 5 años.	55
Tabla 2.32: Tiempos de demora de 15h00 a 16h00 con la alternativa 2 en un periodo de 5 años.	56
Tabla 2.33: Resumen de tiempos de demora y niveles de servicio.	57
Tabla 3.1: Velocidades de diseño por tipo de rotonda.	58
Tabla 3.2: Vehículos de diseño.	59
Tabla 3.3: Diámetros de cirulo inscrito por vehículo de diseño tipo.	60

Tabla 3.4: Diámetros del círculo inscrito.....	61
Tabla 3.5: Diámetros de la isla central.....	61
Tabla 3.6: Radios mínimos según vehículo de diseño tipo.....	61
Tabla 3.7: Anchos de entrada y salida a redondeles.	62
Tabla 3.8: Radios de entrada a redondeles.....	63
Tabla 3.9: Radios de salida a redondeles.	64
Tabla 4: Resumen de los resultados obtenidos.....	65
Tabla 5: Resumen niveles de servicio.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tablas de conteos manuales.	68
Anexo 2: Registro de placas.....	74
Anexo 3: Vehículos matriculados por años	76
Anexo 4: Datos de población de la Provincia del Azuay.....	77
Anexo 5: Método logit	78
Anexo 6: Planos del diseño geométrico.	80

RESUMEN

ESTUDIO DE IMPACTO A LA MOVILIDAD POR LA INCLUSIÓN DE UN CENTRO COMERCIAL EN EL SECTOR GAPAL DE LA CIUDAD DE CUENCA.

RESUMEN

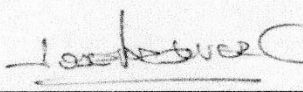
Este proyecto está encaminado a evaluar el impacto a la movilidad que tendrá la inclusión de un centro comercial en el sector de Gapal y poder plantear alternativas que mejoren la movilidad del sector al incluirlo. Se realizó un levantamiento de información en campo, que se procesó según la metodología del HCM determinando el nivel de servicio que tiene el viario en el estado actual y con la incorporación del establecimiento, mediante el software Aimsun 8.1.0 se simuló las propuestas de mejora para el sector y una vez obtenida la mejor alternativa se realizó el diseño geométrico para su implementación.

Palabras Clave: Impacto, evaluar, alternativas, simulación, movilidad.



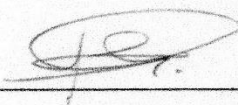
Ing. Pablo Andrés Carvallo Corral, M.Sc

Director de tesis



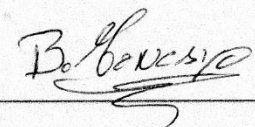
Ing. José Vásquez Calero, M.Sc

Director de escuela



Christian David Castillo Arias

Autor



Boris Patricio Moncayo Andrade

Autor

ABSTRACT

**STUDY OF IMPACT ON THE MOBILITY BY THE INCLUSION OF A
SHOPPING CENTER IN THE GAPAL SECTOR FROM THE CITY OF
CUENCA.**

ABSTRACT

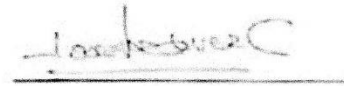
This project is aimed at assessing the impact on mobility that the inclusion of a shopping center in the sector of Gapal will have, also to propose alternatives to improve the mobility of the sector by including it. Field information was collected and processed according to the HCM methodology, determining the level of service that the roadway has in its current state and with the incorporation of the establishment. Using Aimsun 8.1.0 software, the improvement proposals for the sector were simulated and, once the best alternative was obtained, the geometric design was made for its implementation.

Keywords: Impact, assessing, alternatives, simulation, mobility.



Ing. Pablo Andrés Carvallo Corral, M.Sc

Thesis Director



Ing. José Vásquez Calero, M.Sc

Faculty Director



Christian David Castillo Arias

Author



Boris Patricio Moncayo Andrade

Author

Translated by



Christian Castillo



Boris "Moncayo"

Christian David Castillo Arias

Moncayo Andrade Boris Patricio

Trabajo de graduación

Ing. Pablo Andrés Carvallo Corral. M.Sc

Julio 2021

Estudio de impacto a la movilidad por la inclusión de un centro comercial en el sector Gapal de la ciudad de Cuenca.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Cuenca en los sectores donde se han ubicado centros comerciales, se ha visto un incremento del flujo vehicular, este incremento se produce por el número de vehículos de uso particular que ingresan y salen de la zona del centro comercial además de los vehículos de uso público como lo son taxis y buses que circulan por los sectores, llegando a darse un aumento considerable de vehículos que circularan por las calles de toda el área del sector comercial, ya que en su diseño no estaba previsto abastecer un mayor volumen de vehículos, creando obstaculizaciones en el tránsito.

Con el presente proyecto se pretende dar una solución al impacto a la movilidad que se generara en el sector de Gapal donde se implementaría un centro comercial, esperando poder abastecer el flujo vehicular que se llegaría a presentar.

Los resultados que se esperan obtener son, conocer en qué estado se encuentra la red vial del sector actualmente, determinar el impacto que llegará a tener la inclusión del centro comercial en el sector del estudio, y comprobar que mediante nuestras alternativas propuestas se generen diseños que den una solución al impacto a la movilidad evitando causar futuros congestionamientos y complicaciones al tránsito.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar el impacto a la movilidad que causará la implementación de un centro comercial en el sector de Gapal y diseñar una propuesta que dará solución.

Objetivos específicos:

Realizar el levantamiento de información del viario y de un centro comercial semejante al que se implementara.

Tabular y modelar el estado actual del sector y el aumento del flujo vehicular producido por el centro comercial a través del programa Aimsun 8.1.0.

Generar dos propuestas de solución que serán implementados en la modelación para mejorar la situación del sector.

Encontrar la propuesta más adecuada a través de un análisis de pre factibilidad y realizar su diseño geométrico.

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1. Estudio de impacto vial.

Es un estudio que determina el impacto potencial del tránsito, por la implementación de un proyecto de ingeniería, permitiendo que se evalúe de una manera cualitativa y cuantitativa los efectos que se producen al entorno vial, de tal forma que se pueda prever y mitigar estos efectos negativos, por medidas administrativas o técnicas adecuadas, de manera que se pueda recuperar, alcanzar o mejorar el nivel de servicio existente en el entorno (Apaza Condori & Vilca Añazco, 2018).

Situaciones generales para iniciar un estudio de impacto vial.

A continuación, se presenta un listado de situaciones, las cuales generan la necesidad de un estudio de impacto vial de acuerdo al ITE, como se citó en (Vela Morales, 2008):

Cuando un desarrollo genere un número de viajes diarios. (Según la encuesta del ITE se encontraron los siguientes valores 500, 750, 1000, 2000 y 3000 vehículos por día, predominando el valor medio de 1000 vehículos por día).

Cuando el desarrollo genere un número específico de viajes en la hora pico. (Según la encuesta del ITE se encontró los siguientes valores 20, 30, 50, 76, 100, 150, 200 y 500 viajes en hora pico, predominando los valores entre 50-100 viajes en hora pico).

Además el ITE recomienda llevar a cabo un estudio de impacto vial cuando un desarrollo genere 100 o más viajes nuevos al sistema vial adyacente en la hora pico del propio desarrollo, debido a que una adición de 100 vehículos por hora puede cambiar el nivel de servicio y/o aumentar sensiblemente la relación volumen/capacidad (v/c) de una intersección, también vueltas izquierdas o derechas podrían necesitar acomodar adecuadamente el tránsito del desarrollo para no afectar el tránsito del sistema vial adyacente.

1.2. Niveles de Servicio

De acuerdo a Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales (2018), el nivel de servicio nos ayuda a medir la calidad del flujo vehicular, es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, el HCM presenta seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E, F que van del mejor al peor respectivamente.

- **Nivel de servicio A.**

Este nivel representa una circulación a flujo libre, donde los usuarios poseen una altísima libertad para ir a sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito.

Se tiene un nivel de comodidad y conveniencia excelente.

- **Nivel de servicio B.**

Este nivel está en el rango de flujo estable, pero ya se empiezan a integrar otros vehículos a la circulación, todavía tienen libertad para ir a sus velocidades deseadas, pero ya no se tiene tanta libertad para maniobrar como en el nivel de servicio A.

El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior al nivel de servicio A, por la presencia de otros vehículos.

- **Nivel de servicio C.**

Este nivel todavía pertenece al rango de flujo estable, aquí los vehículos ya no pueden ir a sus velocidades deseadas y la libertad de maniobra comienza a ser restringida.

El nivel de comodidad y de conveniencia desciende notablemente.

- **Nivel de servicio D.**

Este nivel representa una circulación de densidad elevada pero estable, las libertades para maniobrar e ir a sus velocidades deseadas ya se notan seriamente restringidas.

El nivel de comodidad que se experimenta en este nivel es bajo.

- **Nivel de servicio E.**

En este nivel el funcionamiento está en el límite de su capacidad, y la circulación es normalmente inestable, las velocidades se ven reducidas a valores muy bajos y la libertad de maniobra es extremadamente difícil y se consigue solo forzando a que se “ceda el paso”.

El nivel de comodidad y conveniencia ya es enormemente bajo.

- **Nivel de servicio F.**

En este nivel la cantidad de tránsito supera la capacidad que puede pasar por un punto, aquí se ven condiciones de flujo forzado, aquí la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

Nivel de servicio para Intersecciones semafóricas

El parámetro más importante para medir el nivel de servicio para una intersección semafórica son las demoras, mientras más demora exista más inconformidad van a mostrar los usuarios (Tabla 1.1).

Tabla 1.1: Niveles de servicio para intersecciones semafóricas.

Tipo	Tiempo de demora (seg/km)
A	≤ 10
B	> 10 - 20
C	> 20 - 35
D	> 35 - 55
E	> 55 - 80
F	≥ 80

Fuente: (“Highway Capacity Manual,” 2010).

1.3. Metodología

1.3.1. Delimitación del área de influencia

Según Vela Morales (2008), para cualquier estudio de impacto vial se debe considerar todos los accesos que se vinculen a la zona de desarrollo, en este caso al centro comercial, y se tomaran en cuenta principalmente a las intersecciones semaforizadas que estén en el rango de una distancia entre 400 m a 800 m. Se consideró el área del

estudio delimitado por los siguientes accesos: Redondel de la avenida paraíso, subida a la vía al valle, avenida 24 de mayo sector Garaicoa y redondel quinta Bolívar (Gráfico 1.1).

Gráfico 1.1: Área de influencia.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Contando con el área de influencia con la que se partió para el estudio, el sector fue dividido en diferentes estaciones como son E1, E2, E3, E4, E5, las cuales fueron consideradas como puntos de acceso de las vías principales hacia la zona del estudio (Gráfico 1.2).

Gráfico 1.2: Estaciones de la zona de estudio.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

1.3.2. Levantamiento de información

El levantamiento de información se realizó a través de los siguientes ítems.

- Conteo automático
- Conteo manual
- Registro de placas
- Tiempos semafóricos
- Análisis de parqueaderos.

- **Conteo automático.**

El conteo automático es un método mediante el cual se obtiene datos de volúmenes de tráfico mediante detectores superficiales como son: neumáticos, fotoeléctricos, radares, magnéticos, ultrasónicos e infrarrojos.

Este conteo se realizó durante 24 horas 7 días de la semana, mediante los detectores neumáticos los cuales son un tubo atravesado fijo en el pavimento, colocado de manera transversal a la trayectoria del vehículo, este tubo se encuentra conectado a un dispositivo el cual registra cada vez que pasan las ruedas sobre él ya que liberan aire el cual por la presión acciona el dispositivo. Gracias a este conteo, el cual fue proporcionado por la empresa T.Cubo, se obtiene la información para el cálculo de los factores de expansión usados para determinar el Trafico promedio diario anual (TPDA).

- **Conteo manual.**

El conteo manual o volumétrico es un método utilizado para obtener volúmenes de tráfico mediante la recopilación de información a través de aforadores de tráfico, los cuales son el personal que realiza el conteo, este conteo se realiza cuando son pocas horas de duración y al no tener contadores mecánicos.

Para este conteo se dispuso de cámaras modelo countCAM2, que grabarían por 3 días, que fueron facilitadas por el Ing. Pablo Carvallo, las cuales fueron instaladas en puntos estratégicos el día miércoles 23 de octubre y comenzaron a grabar a partir del día jueves 24 de octubre a las 00H00 horas. Las zonas donde fueron instaladas son: En el

redondel de la avenida el paraíso, en la subida a la vía al valle, frente a la quinta Bolívar y en el punto ecológico de la EMAC frente al colegio Garaicoa (Gráfico 1.3).

Gráfico 1.3 : Colocacion de camaras para el conteo manual.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Debido a la trabajabilidad que se requería por parte del personal del conteo manual se dispuso realizar un conteo volumétrico de 14 horas, del día 25 de octubre, usando las grabaciones obtenidas con las cámaras, siendo el conteo desde las 6h00 a 20h00, tabulando la información en tablas que fueron diseñadas, para vehículos livianos, buses y camiones.

- **Registro de placas.**

El registro de placas es un método utilizado para obtener información del desplazamiento del tráfico desde un origen a un destino en distintas zonas, conociendo el patrón de viajes con sus entradas y salidas del sector (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

Para el registro de placas, se utilizó un registro en tabla, ubicando a las 10 personas que realizarían el conteo en las diferentes estaciones tanto para su entrada y su salida. Se realizó el registro en 3 periodos de dos horas, siendo estas: 6h00-8h00, 12h00-14h00, 18h00-20h00 (Gráfico 1.4).

Para este registro se estableció que, para los vehículos livianos, se tomarían en cuenta los colores más comunes, es decir todas las gamas que existen entre el color negro al blanco, a más de taxis.

Gráfico 1.4: Conteo de placas.

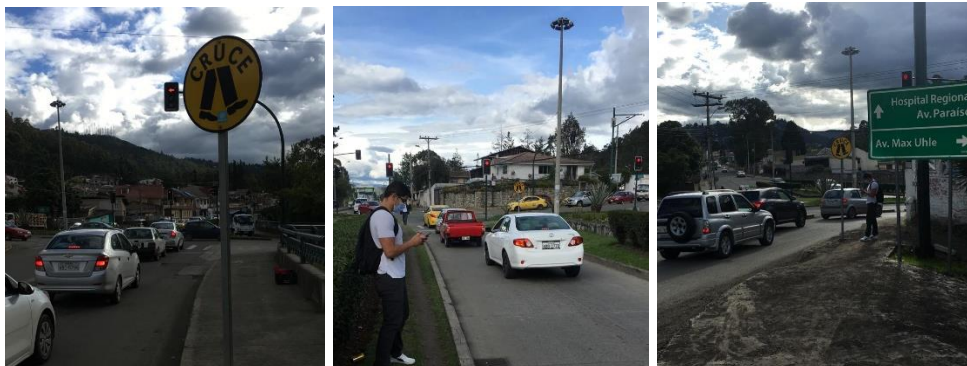


Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Tiempos semafóricos.**

El ciclo semafórico es la combinación de fases desde el tiempo que transcurre en verde para un acceso hasta el comienzo del próximo verde en el mismo acceso. La toma de tiempos de ciclos semafóricos se efectuó en las horas que se realizó el registro de placas (Gráfico 1.5).

Gráfico 1.5: Toma de tiempos semafóricos.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Análisis de parqueaderos.**

Para este análisis se tomó como referencia al centro comercial Supermaxi Miraflores, ya que posee características similares al del estudio, se solicitó a los propietarios del centro comercial la información de cuantas transacciones se realizaron en sus supermercados para luego poder estimar el número de usuarios que llegaron, es decir el número de viajes que podrían ser atraídos por el nuevo centro comercial.

1.3.3. Análisis y procesamiento de la información.

La información obtenida se tabulo en distintas tablas tanto como para el conteo volumétrico como para el registro de placas. Teniendo el registro de placas dos tipos de tablas las cuales son para los vehículos que ingresan y salen por las diferentes estaciones.

A partir de la información obtenida anteriormente se procedió a determinar:

- Volumen horario de máxima demanda (VHMD).
- Factor de hora pico (PHF).
- Trafico promedio diario anual (TPDA).
- Matriz Origen Destino.
- Proyecciones del tráfico, Método Logit.

- **Volumen horario de máxima demanda (VHMD).**

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de carril o calzada en el intervalo de una hora (60 min) (Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018).

Este dato es importante para establecer la hora de mayor flujo vehicular en el día.

- **Factor de hora pico (PHF).**

Es la relación que existe entre el volumen horario de máxima demanda y el volumen mayor que se registró en periodos de quince minutos dentro de la hora pico multiplicado por 4 (Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018).

$$PHF = \frac{VHMD}{4 * Q15} \quad (1)$$

Donde:

PHF = Factor horario de máxima demanda

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

Q15 = Máximo flujo en periodos de 15 minutos dentro de la hora pico

- **Trafico promedio diario anual (TPDA).**

El volumen de tráfico promedio diario anual se refiere al volumen total de vehículos que circulan por una sección de una vía en un periodo determinado de tiempo.

Para obtener el TPDA se realizó primero el cálculo de los factores de expansión al conteo volumétrico realizado en 14 horas, y se requiere un conteo automático de 24 horas al día durante 7 días, en base al criterio de que el tráfico variará de manera permanente cada año en porcentajes.

$$TPDA (2019) = To * Fe$$

$$Fe = Fh * Fd * Fs * Fm$$

$$TPDA (2019) = To * Fh * Fd * Fs * Fm \quad (2)$$

Dónde:

To = Tráfico observado (volumétrico)

Fh = Factor horario

Fd = Factor diario

Fs = Factor Semanal

Fm = Factor mensual

Fe = Factor de expansión.

En el conteo se calculó el factor horario (F_h), el cual permite pasar el tráfico de 14 horas a 24 horas del día del conteo. El factor diario (F_d) que permite pasar el tráfico de las 24 horas del conteo a un día promedio de la semana. El factor semanal (F_s) el cual permite pasar el tráfico del día a una semana promedio del mes. Y el factor mensual (F_m) que permite pasar el tráfico de la semana a un mes promedio del año diciendo que el tráfico varía mes a mes (MEJÍA REGALADO, 2018).

Los factores Horarios y diarios se calcularon utilizando la información del conteo automático.

Para el factor semanal se utilizó el número de días de cada mes, dividido para el mes de menos días (febrero) y para el factor mensual se utilizó la tabla del consumo de combustibles del año más cercano al conteo en la provincia del Azuay.

- **Matriz Origen Destino.**

Es una tabla que muestra los distintos desplazamientos de un vehículo de un lugar de origen hacia otro como destino, y de esta manera muestra la cantidad de viajes de una zona a otra.

Mediante la herramienta de Excel se emparejaron las tablas del registro de placas, se filtró el número de vehículos que ingresan por cada una de las 5 estaciones y que se desplazan a las diferentes 5 estaciones en la hora de mayor flujo vehicular (VHMD) del sector, generando así una matriz origen destino tanto para los vehículos livianos, buses y camiones.

- **Proyecciones del tráfico, Método Logit.**

La proyección del tráfico parte de las estimaciones demográficas, matemáticas o de diferentes tipos mediante las cuales se busca establecer cuáles son las variables de la dinámica poblacional y con ello la derivación de los volúmenes de población en un futuro.

La proyección se estimó que sea para un periodo de 5 años en el futuro lo que se considera como proyecciones de corto plazo, estas permiten determinar las matrices origen destino proyectadas y el TPDA proyectado.

Según MEJÍA REGALADO (2018), el método Logit tiene como base el uso de la tasa de Motorización T_m , esta significa cuántos vehículos por cada mil habitantes existen en la ciudad para un año k en particular, teniendo esta serie histórica de T_m , se encuentra una Tasa de Saturación T_s , para la cual T_m tiende a ser constante, quiere decir que la población crece, el parque automotor de livianos crece, pero la tasa de motorización tiende a ser constante, el valor de T_s encontrado hará que el coeficiente de regresión sea el máximo para el mejor ajuste de la siguiente ecuación:

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{(a+bt)}} \quad (3)$$

Donde:

T_m = Tasa de Motorización para un año k (vehículos/1000 habitantes)

T_s = Tasa de saturación (vehículos/1000 habitantes)

e = Base del logaritmo natural

a, b = Constantes a determinar

t = Tiempo

Esta ecuación tiene tres variables y es posible darle forma de una recta llegando a:

$$(a + bt) = \ln\left(\frac{T_s}{T_m} - 1\right)$$

Donde la tasa de motorización y de saturación, se calculan a partir de datos de población y vehículos matriculados.

$$T_m = \frac{\text{Parque automotor en el año } 1}{\text{Población del año } 1/1000} \quad (4)$$

De acuerdo a Cuenca Ramón & Belén (2019), El valor de T_s se obtiene al imponer valores hasta que el porcentaje de variabilidad R^2 sea lo más cercano a 1. Luego se procede a calcular las tasas de crecimiento de vehículos livianos, buses y camiones de la siguiente manera:

$$i = \sqrt[n]{\frac{T_f}{T_A}} - 1 \quad (5)$$

Donde:

i = Tasa de crecimiento vehicular

N = Tiempo de expansión

T_f = Trafico futuro

TA = Trafico Actual

La ecuación para calcular el tráfico futuro es:

$$TF = TA (1 + i)^n \quad (6)$$

1.3.4. Modelación y calibración del estado actual

Para realizar la modelación y calibración del estado actual se utilizó la herramienta de micro simulación Aimsun 8.1.0, la cual llega a dar una perspectiva de cómo es el comportamiento real del viario, ya que con ella se puede llegar a experimentar distintas simulaciones de diseño que alertaran de como afectara al comportamiento del viario de manera fiable.

Se partió de la creación de la red vial considerando el área de influencia para el estudio, y se utilizaron distintos parámetros para su configuración los cuales son: condiciones geométricas, tiempos semafóricos, matrices origen destino.

Una vez configurada la red vial se procedió a realizar su validación la cual consistía en comparar si los datos en la simulación son lo más cercanos a los datos recopilados en campo y de esa manera confirmar que la simulación ha sido correcta.

1.3.5. Modelación y evaluación de alternativas

Al tener la simulación su configuración y validación correctamente probados y aceptados, generamos alternativas cuyo objetivo es el de reducir el impacto generado en el viario para un periodo de 5 años y mejorar el nivel de servicio que se encuentra actualmente.

La evaluación se realizó mediante el parámetro de tiempo de demoras el cual define los distintos niveles de servicio. Llegando a considerar aceptable un nivel que sea igual o mejor que el actual.

CAPÍTULO 2 DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE TRANSITO

2.1. Procesamiento y cálculos de la información

2.1.1. Procesamiento de la información recolectada en campo

- **Conteo Automático**

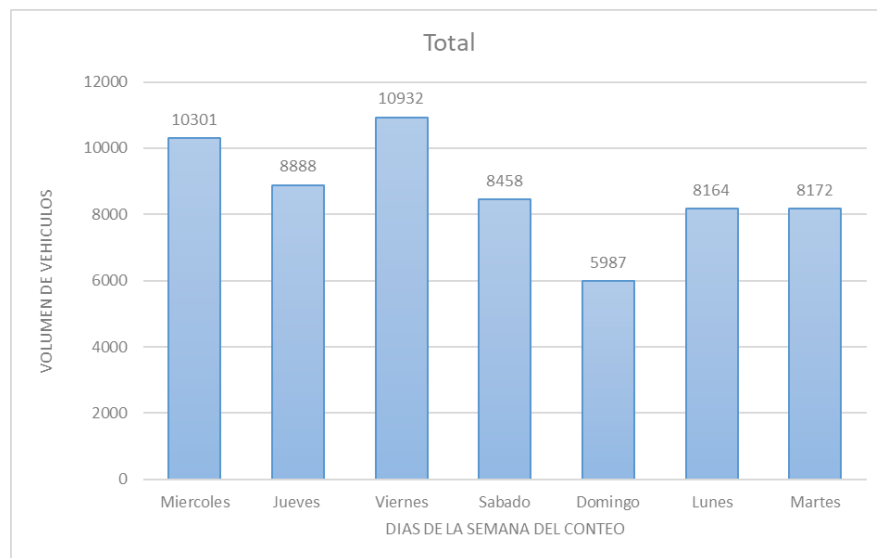
Tabulando la información obtenida mediante el conteo automático que se realizó en un periodo de 24 horas durante 7 días, siendo colocado en la avenida 24 de mayo en la orientación Oeste Este. Se llegó a generar una tabla resumen que contiene la cantidad de vehículos que circulan por este acceso (Tabla 2.1).

Tabla 2.1: Conteo Automático.

Conteo Automatico de trafico								
Calle principal	Av. 24 de Mayo		Calle secundaria					
Fecha	12/2/2020 - 18/2/2020							
Hora	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Total
0:00-1:00	78	55	79	144	101	24	41	522
1:00-2:00	13	20	38	82	75	11	22	261
2:00-3:00	10	9	38	104	74	12	6	253
3:00-4:00	10	10	30	57	44	8	1	160
4:00-5:00	25	16	28	56	27	16	11	179
5:00-6:00	61	52	64	79	60	43	36	395
6:00-7:00	349	294	294	148	105	241	285	1716
7:00-8:00	560	531	532	279	178	358	533	2971
8:00-9:00	503	486	486	364	284	372	496	2991
9:00-10:00	510	452	509	383	283	443	391	2971
10:00-11:00	614	457	549	472	360	425	448	3325
11:00-12:00	628	490	643	578	465	521	499	3824
12:00-13:00	806	629	812	596	490	605	586	4524
13:00-14:00	861	701	888	670	519	656	628	4923
14:00-15:00	682	605	764	622	452	488	477	4090
15:00-16:00	784	609	796	585	473	526	515	4288
16:00-17:00	722	631	744	560	379	544	527	4107
17:00-18:00	730	598	716	586	386	633	583	4232
18:00-19:00	675	671	701	488	321	659	589	4104
19:00-20:00	599	506	671	452	312	583	502	3625
20:00-21:00	447	398	488	404	250	420	338	2745
21:00-22:00	311	302	399	368	191	306	326	2203
22:00-23:00	220	223	436	228	112	175	217	1611
23:00-24:00	103	143	227	153	46	95	115	882
Total	10301	8888	10932	8458	5987	8164	8172	60902

Fuente: T-Cubo.

Gráfico 2.1: Grafico de barras conteo automático.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Con la tabla (2.1) se creó el gráfico (2.1) de barras, en el que se pudo observar que el día de mayor flujo en la semana y en el que se realizaron los conteos manual y de placas fue el día viernes con un total de 10932 vehículos/ día,

- **Conteo Manual**

Utilizando el conteo manual (volumétrico) realizado en un periodo de 14 horas, en las horas correspondientes a: 6h00-20h00; El día 25 de octubre, que se asumió como el día de mayor flujo vehicular gracias al conteo automático, se obtuvo la información necesaria para saber el volumen de flujo vehicular en cada acceso al sector, es decir en cada estación (Tabla 2.2).

Tabla 2.2: Resumen Conteo Volumetrico.

CONTEO VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019					CONTEO VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019				
FECHA:		viernes, 25 de octubre de 2019			HORA:		06H00 - 20H00		
n.º cada 15 min	LIV	BUS	CAMIÓN	Total	n.º cada 15 min	LIV	BUS	CAMIÓN	Total
0600-0615	332	33	5	370	1300-1315	987	34	18	1039
0615-0630	551	39	6	596	1315-1330	986	22	14	1022
0630-0645	1120	34	8	1162	1330-1345	896	27	34	957
0645-0700	1466	37	11	1514	1345-1400	806	28	25	859
0700-0715	1321	50	9	1380	1400-1415	872	41	20	933
0715-0730	1084	38	16	1138	1415-1430	788	31	31	850
0730-0745	1026	47	15	1088	1430-1445	866	34	23	923
0745-0800	1074	45	25	1144	1445-1500	907	35	30	972
0800-0815	1081	35	23	1139	1500-1515	879	26	26	931
0815-0830	985	30	26	1041	1515-1530	902	24	20	946
0830-0845	937	35	28	1000	1530-1545	819	22	31	872
0845-0900	933	27	33	993	1545-1600	870	32	28	930
0900-0915	857	36	23	916	1600-1615	899	31	26	956
0915-0930	871	27	20	918	1615-1630	874	23	28	925
0930-0945	762	74	30	866	1630-1645	908	32	25	965
0945-1000	749	22	25	796	1645-1700	954	27	20	1001
1000-1015	801	26	29	856	1700-1715	893	27	25	945
1015-1030	779	21	29	829	1715-1730	956	39	25	1020
1030-1045	839	29	36	904	1730-1745	953	29	17	999
1045-1100	822	25	23	870	1745-1800	917	35	21	973
1100-1115	739	24	28	791	1800-1815	886	36	17	939
1115-1130	744	23	24	791	1815-1830	892	25	18	935
1130-1145	786	31	19	836	1830-1845	959	30	17	1006
1145-1200	821	26	29	876	1845-1900	937	27	6	970
1200-1215	927	31	14	972	1900-1915	821	30	8	859
1215-1230	893	30	17	940	1915-1930	844	29	12	885
1230-1245	977	27	24	1028	1930-1945	791	34	8	833
1245-1300	1006	27	19	1052	1945-2000	774	19	10	803
TOTAL					TOTAL	50119	1758	1177	53054

Resumen Conteo volumétrico Hora: (6h00 - 20h00)				
Acceso	Livianos	Buses	Camiones	Total
E1	7314	308	128	7750
E2	9681	279	126	10086
E3	14099	576	447	15122
E4	7285	408	143	7836
E5	11740	187	333	12260
Total	50119	1758	1177	53054

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Con esta información se identificó que la estación por la que circulan un mayor número de vehículos en las horas del conteo fue la E3, llegando a circular un volumen de 15122 vehículos en las 14 horas.

Toma de Tiempos semafóricos actuales.

La intersección semaforizada tiene un total de 5 fases, de entre las cuales las tres primeras fases (fase 1, fase2, fase3) conforman el ciclo semafórico, Las otras 2 fases (fase 4, fase 5), son fases que representan giros hacia la derecha, y estas fases entran en actividad cuando la fase del flujo opuesto está en rojo, de la siguiente manera:

La fase 4, inicia su tiempo en verde cuando la fase 1 está en rojo, y comienza en rojo cuando la fase 1 empieza con su tiempo de verde.

La fase 5, inicia su tiempo en verde cuando la fase 3 está en rojo, y comienza en rojo cuando la fase 3 empieza con su tiempo de verde.

Descripción de fases:

- **Fase 1.** Esta fase contiene el movimiento de giro a la Izquierda desde La Avenida 24 de mayo hacia la Vía al Valle.

Gráfico 2.2: Fase 1 intersección semafórica.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Fase 2.** Esta fase contiene el movimiento que se realiza al venir desde la Vía al Valle dirigiéndonos con dirección hacia el parque el paraíso.

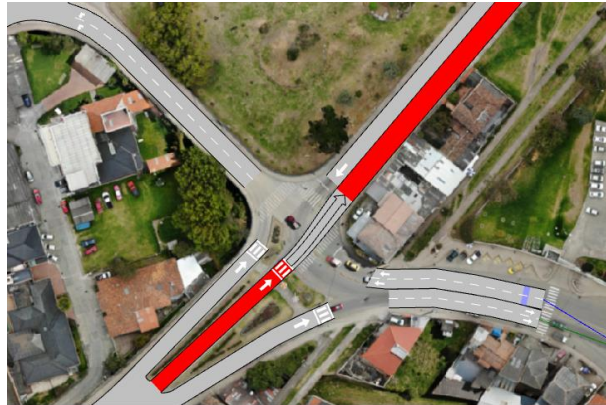
Gráfico 2.3: Fase 2 intersección semafórica.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Fase 3.** Esta contiene el movimiento que viene desde la Av. 24 de mayo con dirección hacia el Colegio Garaicoa.

Gráfico 2.4: Fase 3 intersección semafórica.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Fase 4.** Esta fase contiene el movimiento de giro hacia la derecha desde la Av. 24 de mayo hacia la Vía al Valle.

Gráfico 2.5: Fase 4 intersección semafórica.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Fase 5.** Esta fase contiene el movimiento de giro a la derecha desde la Vía al Valle hacia la Av. 24 de mayo.

Gráfico 2.6: Fase 5 intersección semafórica.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Utilizando estas fases se tiene como tiempos semaforicos los siguientes:

Tabla 2.3: Tiempos semafóricos.

CICLOS SEMAFORICOS DE 6:00 AM A 8:00 AM									
Fase 1	16	3	2	2	2	2	2	2	2
Fase 2	2	2	21	3	2	2	2	2	2
fase 3	2	2	2	2	2	39	3	2	2
fase 4	2	2	65	3	2	3	2	2	2
fase 5	42	3	2	2	2	2	2	2	2

CICLOS SEMAFORICOS DE 12:00 PM A 14:00 PM									
Fase 1	21	3	2	2	2	2	2	2	2
Fase 2	2	2	26	3	2	2	2	2	2
fase 3	2	2	2	2	2	47	3	2	2
fase 4	2	2	78	3	2	3	2	2	2
fase 5	52	3	2	2	2	2	2	2	2

CICLOS SEMAFORICOS DE 6:00 PM A 8:00 PM									
Fase 1	16	3	2	2	2	2	2	2	2
Fase 2	2	2	21	3	2	2	2	2	2
fase 3	2	2	2	2	2	39	3	2	2
fase 4	2	2	65	3	2	3	2	2	2
fase 5	42	3	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Mediante la tabla (4) se puede apreciar que los tiempos semafóricos recopilados en campo de la mañana y de la noche son iguales, llegando a tener un ciclo semafórico de 91 segundos, mientras que en el medio día se tiene un ciclo semafórico mayor de una duración de 105 segundos.

- **Análisis de parqueadero y viajes atraídos.**

Determinación del origen de viajes.

Para poder definir el porcentaje de vehículos que se atraerán desde las distintas zonas del sector, se aplicó el método de polígonos de Thiessen, considerado como un método de interpolación debido a que se refiere a datos cualitativos, dividiendo a la zona en polígonos cuyas áreas sean de influencia para los porcentajes de vehículos hacia el sector del estudio.

Para obtener las áreas de influencia se utilizó el programa ArcMap y Google earth pro, y luego se procedió a lo siguiente:

1. Se generó una ortofoto de la ciudad de Cuenca en el Google earth.

Gráfico 2.7: Ortofoto de la Ciudad de Cuenca.



Fuente: Google Earth.

2. Se colocaron puntos de control en la ortofoto, estos puntos de control se ubicaron en los centros comerciales más parecidos al de nuestro estudio.

Gráfico 2.8: Colocación de puntos de control.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

3. Se unieron los puntos entre sí generando un polígono.

Gráfico 2.9: Unión de puntos de control.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

4. En el polígono se crearon mediatrices por la unión de los segmentos entre las intersecciones.

Gráfico 2.10: Generación de mediatrices.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

5. Entre las mediatrices se trazó un área, la cual es la más cercana al sector del estudio, a esta área se descontó el área correspondiente a ríos y área verde, y el resultado es el área de influencia neta.

Gráfico 2.11: Área de influencia neta.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

6. En el área de influencia neta se crearon áreas más pequeñas, teniendo como limites las rutas críticas, en este caso serán las vías principales de acceso, es decir las vías que se conectan las estaciones, esto sirve para saber de dónde vienen los viajes atraídos.

Gráfico 2.12: Áreas asignadas por rutas críticas.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

7. Se generó una tabla resumen las áreas de aporte y los distintos porcentajes a los que corresponden.

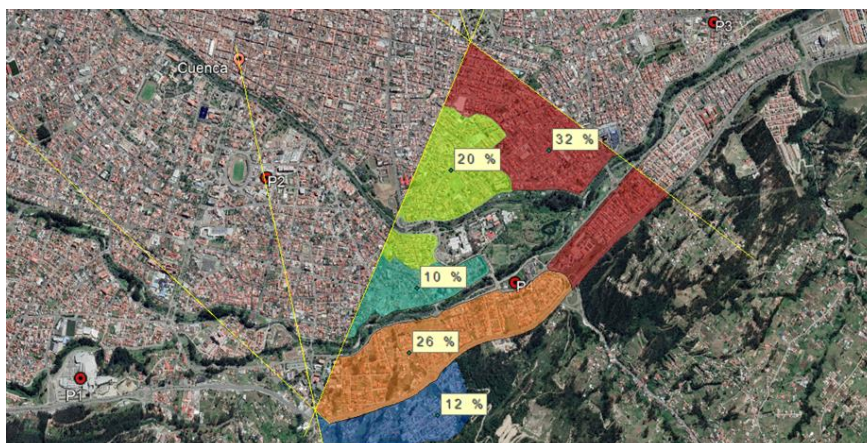
Tabla 2.4: Tabla resumen de áreas.

Area total	297.90	ha	
Area Natural	50.32	ha	
Area Util	247.57	ha	
Area de aporte (ha)	247.57	100%	
Nombre	Color	Area (ha)	Porcentaje
Area aporte E1	verde	49.57	20%
Area aporte E2	celeste	24.59	10%
Area aporte E3	naranja	64.54	26%
Area aporte E4	azul	29.52	12%
Area aporte E5	rojo	79.35	32%
			100%

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

8. Se colocó los porcentajes en las áreas de aporte en la ortofoto.

Gráfico 2.13: Áreas de aporte en porcentajes.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Utilizando estas áreas de aporte, se definió qué porcentaje de viajes son atraídos de las distintas zonas de la ciudad, con destino al centro comercial del estudio. Y utilizando los mismos porcentajes se conoce el número de viajes que serán generados del centro comercial hacia las distintas zonas de la ciudad.

Hay que tomar en cuenta que la atracción de viajes hacia el centro comercial está prevista afectara principalmente a los vehículos livianos.

Tabla 2.5: Porcentajes por rutas críticas para el centro comercial.

Vehículos atraídos		
Origen - Destino	Tipo	Porcentage
E1-EC	LIVIANOS	20%
E2-EC	LIVIANOS	10%
E3-EC	LIVIANOS	26%
E4-EC	LIVIANOS	12%
E5-EC	LIVIANOS	32%
EC-EC	LIVIANOS	0%

Vehículos generados		
Origen - Destino	Tipo	Porcentage
EC-EC	LIVIANOS	0%
EC-E1	LIVIANOS	20%
EC-E2	LIVIANOS	10%
EC-E3	LIVIANOS	26%
EC-E4	LIVIANOS	12%
EC-E5	LIVIANOS	32%

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Análisis del parqueadero.

Para estimar la cantidad de viajes que se atraerán hacia el centro comercial, se ha solicitado a los propietarios del centro comercial Miraflores, brinden la información del área de sus locales comerciales y de cuantas transacciones diarias en promedio se realizan en su establecimiento. Llegando a tener un área de 2102 m² contando con un promedio de 1230 transacciones diarias.

Conociendo la información del área del centro comercial Miraflores, y la que tendría el centro comercial del estudio, que sería de 9212 m² y por medio de una regla de tres con el total de transacciones generadas en el centro comercial Miraflores, Se obtuvo que el número de transacciones del nuevo centro comercial sería de 5390.

En base a la información brindada por el Ing. Pablo Carvallo a través de encuestas, se pudo conocer que el 65% de los usuarios que ingresan al centro comercial Miraflores, llegan mediante vehículo privado. Por lo que se asume que el mismo valor de usuarios que realizarán alguna transacción llegarían en vehículo privado al centro comercial del estudio.

Tabla 2.6: Espacios requeridos en base a las transacciones diarias.

Centro Comercial	Promedio de transacciones diarias	% de usuarios que llegan en vehiculo priv.	Espacios requeridos en el parqueadero
Miraflores	1230	65%	800
Del estudio	5390	65%	3504

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Con estos datos se llega a tener un número de espacios requeridos en el parqueadero, siendo el mismo número de viajes atraídos al centro comercial, es decir el centro comercial del estudio atraerá 3504 vehículos por día.

En la siguiente tabla se muestran los datos del parqueadero en un día viernes del centro comercial Miraflores, se puede apreciar que ingresan un total 1898 vehículos al día, y que la hora pico es de 15h00 a 16h00, siendo esta la hora de mayor impacto que generaría el centro comercial en ese día.

Tabla 2.7: Utilización de parqueadero del Centro comercial Miraflores en un día viernes.

HORARIO	CENTRO COMERCIAL MIRAFLORES														Total
	8am a 9am	9am a 10 am	HORA PICO		12pm a 1pm	1 pm a 2 pm	2 pm a 3 pm	3 pm a 4 pm	4 pm a 5pm	HORA PICO		7 pm a 8 pm	8 pm a 9pm	pasado cierre	
AUTOMOVILES QUE ENTRAN DIA DE SEMANA	42	81	174	158	135	130	132	225	217	218	210	145	31	0	1898
AUTOMOBILES QUE SALEN DIA DE SEMANA	15	30	100	90	110	140	90	190	235	210	198	200	220	70	1898
Porcentage de vehiculos	2.2%	4.3%	9.2%	8.3%	7.1%	6.8%	7.0%	11.9%	11.4%	11.5%	11.1%	7.6%	1.6%	0.0%	100.0%
Porcentage de vehiculos	0.8%	1.6%	5.3%	4.7%	5.8%	7.4%	4.7%	10.0%	12.4%	11.1%	10.4%	10.5%	11.6%	3.7%	100.0%

Fuente: Centro comercial Miraflores,

Se replicó la tabla utilizando los mismos porcentajes de vehículos que entran y salen del centro comercial Miraflores para el centro comercial del estudio, usando como volumen los 3504 vehículos obtenidos a través de las transacciones.

Tabla 2.8: Análisis para el parqueadero del nuevo centro comercial.

HORARIO	CENTRO COMERCIAL DEL ESTUDIO														Total
	8am a 9am	9am a 10 am	HORA PICO		12pm a 1pm	1 pm a 2 pm	2 pm a 3 pm	3 pm a 4 pm	4 pm a 5pm	HORA PICO		7 pm a 8 pm	8 pm a 9pm	pasado cierre	
AUTOMOVILES QUE ENTRAN DIA DE SEMANA	78	150	321	292	249	240	244	415	401	402	388	268	57	0	3504
AUTOMOBILES QUE SALEN DIA DE SEMANA	28	55	185	166	203	258	166	351	434	388	366	369	406	129	3504
Porcentage de vehiculos	2.2%	4.3%	9.2%	8.3%	7.1%	6.8%	7.0%	11.9%	11.4%	11.5%	11.1%	7.6%	1.6%	0.0%	100.0%
Porcentage de vehiculos	0.8%	1.6%	5.3%	4.7%	5.8%	7.4%	4.7%	10.0%	12.4%	11.1%	10.4%	10.5%	11.6%	3.7%	100.0%

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

En la tabla se observan los siguientes datos que son muy importantes para continuar con nuestro estudio, el centro comercial del estudio atraerá un total de 415 vehículos y además generará 351 vehículos que se dirigirán hacia las distintas estaciones durante su hora pico 15h00 a 16h00, en el día viernes.

Tabla 2.9: Viajes atraídos y generados en un horario de 15h00 a 16h00.

Vehiculos entran	Hora: 15h00 a 16h00	415
Vehiculos salen	Hora: 15h00 a 16h00	351

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Con estos datos fue generada una tabla resumen de cuantos vehículos serán atraídos por cada una de las estaciones y viceversa.

Tabla 2.10: Matrices origen destino del centro comercial.

Vehículos atraídos				
Origen - Destino	Tipo	Porcentage	# de vehiculos	Total
E1-EC	LIVIANOS	20%	83	415
E2-EC	LIVIANOS	10%	42	
E3-EC	LIVIANOS	26%	108	
E4-EC	LIVIANOS	12%	50	
E5-EC	LIVIANOS	32%	133	
EC-EC	LIVIANOS	0%	0	

Vehículos generados				
Origen - Destino	Tipo	Porcentage	# de vehiculos	Total
EC-EC	LIVIANOS	0%	0	351
EC-E1	LIVIANOS	20%	70	
EC-E2	LIVIANOS	10%	35	
EC-E3	LIVIANOS	26%	91	
EC-E4	LIVIANOS	12%	42	
EC-E5	LIVIANOS	32%	112	

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

2.1.2. Cálculos y análisis

- **Cálculo del Volumen horario de máxima demanda (VHMD).**

Partiendo de los datos obtenidos del conteo volumétrico se observa que la hora pico del sector es de 6h30 a 7h30 con un VHMD de 5194 vehículos/. Como se puede distinguir tabla (2.11)

Tabla 2.11: Volumen horario de máxima demanda y Conteo volumétrico total.

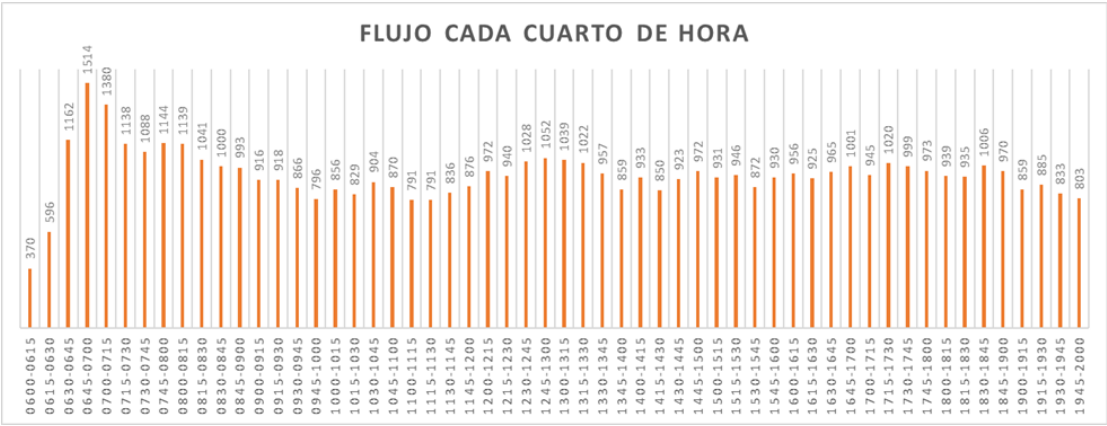
CONTEO VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019			
FECHA: 06H00 - 20H00			
P. cada 15 min	Total	Hora Pico	
0600-0615	370		
0615-0630	596		
0630-0645	1162		
0645-0700	1514	3642	
0700-0715	1380	4652	
0715-0730	1138	5194	
0730-0745	1088	5120	
0745-0800	1144	4750	
0800-0815	1139	4509	
0815-0830	1041	4412	
0830-0845	1000	4324	
0845-0900	993	4173	
0900-0915	916	3950	
0915-0930	918	3827	
0930-0945	866	3693	
0945-1000	796	3496	
1000-1015	856	3436	
1015-1030	829	3347	
1030-1045	904	3385	
1045-1100	870	3459	
1100-1115	791	3394	
1115-1130	791	3356	
1130-1145	836	3288	
1145-1200	876	3294	
1200-1215	972	3475	
1215-1230	940	3624	
1230-1245	1028	3816	
1245-1300	1052	3992	

CONTEO VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019			
FECHA: 06H00 - 20H00			
P. cada 15 min	Total	Hora Pico	
1300-1315	1039	4059	
1315-1330	1022	4141	
1330-1345	957	4070	
1345-1400	859	3877	
1400-1415	933	3771	
1415-1430	850	3599	
1430-1445	923	3565	
1445-1500	972	3678	
1500-1515	931	3676	
1515-1530	946	3772	
1530-1545	872	3721	
1545-1600	930	3679	
1600-1615	956	3704	
1615-1630	925	3683	
1630-1645	965	3776	
1645-1700	1001	3847	
1700-1715	945	3836	
1715-1730	1020	3931	
1730-1745	999	3965	
1745-1800	973	3937	
1800-1815	939	3931	
1815-1830	935	3846	
1830-1845	1006	3853	
1845-1900	970	3850	
1900-1915	859	3770	
1915-1930	885	3720	
1930-1945	833	3547	
1945-2000	803	3380	
TOTAL	53054		

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Se realizó una gráfica de barras utilizando los datos del conteo volumétrico y se distingue que el cuarto de hora de mayor flujo es 1514 vehículos.

Gráfico 2.14: Grafico de barras del conteo volumétrico.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Cálculo del Factor de hora pico (PHF)**

Este factor se calcula con la formula (1) dando como resultado:

$$PHF = \frac{5194}{4 * 1514}$$

$$PHF = 0.858$$

- **Cálculo del Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)**

Para poder obtener el valor del TPDA primero se obtuvieron todos los valores de los factores de expansión como se muestra a continuación:

- **Cálculo de las Factores de expansión**

Como se indicó en la metodología los factores de expansión Diario y semanal se los calcularon partiendo del conteo automático, obteniendo los siguientes resultados para un día viernes.

Factor horario Fh: 1.201.

Factor diario Fd: 0.796.

Para el factor semanal se tomó como base la siguiente tabla que nos indica el valor del factor dependiendo del mes de año en que se realizó el conteo. El conteo fue realizado en el mes de octubre obteniendo así un valor de 1.071.

Tabla 2.12: Factores semanales.

Mes	Nº Dias	Fs
Enero	31	1.107
Febrero	28	1
Marzo	31	1.107
Abril	30	1.071
Mayo	31	1.107
Junio	30	1.071
Julio	31	1.107
Agosto	31	1.107
Septiembre	30	1.071
Octubre	31	1.107
Noviembre	30	1.071
Diciembre	31	1.107

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Para el Factor mensual se partió con la información proporcionada de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) acerca del consumo de combustible de la provincia del Azuay del año más cercano al que se realizó el conteo (Tabla 2.13).

Tabla 2.13: Consumo de combustibles de la Provincia del Azuay 2017.

Consumo de combustibles Año 2017 Provincia del Azuay					
	Diesel Premium	Gasolina Extra	Extra con Etanol	Gasolina Super	Total
Enero	3761281	4987778	0	495234	9244293
Febrero	3404880	4672117	0	472531	8549528
Marzo	3979059	5188771	0	530006	9697836
Abril	3506096	4865593	0	465481	8837170
Mayo	3987554	5256828	0	518156	9762538
Junio	3960592	5090073	0	495453	9546118
Julio	4009633	5068100	3000	521996	9602729
Agosto	4211743	450266	4687752	614416	9964177
Septiembre	4057460	0	5114491	636872	9808823
Octubre	4029136	0	5112503	663175	9804814
Noviembre	4053133	0	5049572	701665	9804370
Diciembre	3776277	0	5434407	743563	9954247
Total	46736844	35579526	25401725	6858548	114576643

Fuente: Agencia de regulación y control hidrocarburífero (ARCH).

El cálculo del factor mensual es igual al promedio de consumo de combustibles en ese año 45830657.2 dividido para el consumo en el mes del conteo 9804814, obteniendo como resultado un valor de 0.974.

Por lo tanto, el factor de expansión que es igual al producto de todos los factores nos da un valor de:

Tabla 2.14: Factores de expansión.

Fh	1.201
Fd	0.796
Fs	1.071
Fm	0.974
Fe	0.997

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Conociendo ya el factor de expansión (Fe) y también el volumen horario de máxima demanda (VHMD), se obtuvo que el TPDA (2019) es el siguiente:

$$\text{TPDA} = 5194 * 0.997$$

$$\text{TPDA (2019)} = 5178$$

A continuación, se presenta el TPDA calculado para cada una de las estaciones:

Tabla 2.15 : TPDA (2019) por estaciones.

TPDA 2019				
Acceso	Livianos	Buses	Camiones	Total
E 1	7292	307	128	7727
E 2	9652	278	126	10056
E 3	14057	574	446	15077
E 4	7263	407	143	7813
E 5	11705	186	332	12223
Total	49969	1752	1175	52896

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Matriz Origen Destino en función del registro de placas**

Utilizando el registro de las placas generado en los tres periodos de 6h00-8h00, 12h00-14h00, 18h00-20h00, se generaron 3 matrices origen destino con los porcentajes de viajes de vehículos, entre livianos, buses y camiones, desde una estación hacia otra. De esta manera se conoce las distintas direcciones que toman los usuarios al ingresar al sector del estudio.

La matriz se realizó para la hora de mayor flujo vehicular del sector de 6h30 a 7h30 de la mañana, pero debido a que el centro comercial abre sus puertas a partir de las 10h00 de la mañana, no se ve el sector influenciado por este, es decir no hay viajes atraídos hacia el centro comercial. Por lo que se realizó otra matriz en la hora pico de este, es decir 15h00 a 16h00, debido a que se genera un mayor impacto por los viajes atraídos al sector.

Tabla 2.16: Matriz Origen destino actual de 6h30 a 7h30 expresada en porcentajes.

Matriz Origen Destino		Hora: 6h30 - 7h30 (actuales)				
Livianos	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	Porcentaje
Estacion 1	1%	5%	3%	3%	3%	14%
Estacion 2	6%	5%	3%	5%	4%	23%
Estacion 3	3%	4%	1%	7%	8%	23%
Estacion 4	1%	4%	4%	3%	7%	19%
Estacion 5	1%	6%	7%	5%	2%	21%
Total						100%
Buses	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	Porcentaje
Estacion 1	4%	2%	12%	2%	0%	20%
Estacion 2	0%	0%	1%	0%	0%	1%
Estacion 3	0%	0%	1%	25%	9%	35%
Estacion 4	1%	24%	6%	0%	0%	31%
Estacion 5	0%	1%	10%	1%	1%	13%
Total						100%
Camiones	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	Porcentaje
Estacion 1	0%	0%	13%	0%	0%	13%
Estacion 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Estacion 3	9%	9%	11%	9%	4%	42%
Estacion 4	0%	4%	11%	11%	4%	31%
Estacion 5	0%	2%	4%	4%	2%	13%
Total						100%

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Tabla 2.17: Matiz origen destino actual de 15h00 a 16h00 expresada en porcentajes.

Matriz Origen Destino		Hora: 15h00 - 16h00 (actuales)				
Livianos	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	Porcentaje
Estacion 1	1%	3%	5%	5%	2%	16%
Estacion 2	5%	3%	1%	4%	3%	16%
Estacion 3	3%	2%	2%	7%	13%	27%
Estacion 4	1%	2%	1%	4%	5%	13%
Estacion 5	2%	9%	9%	6%	1%	27%
Total						100%
Buses	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	Porcentaje
Estacion 1	2%	1%	15%	3%	0%	20%
Estacion 2	6%	2%	8%	1%	0%	17%
Estacion 3	0%	1%	0%	22%	5%	28%
Estacion 4	4%	17%	1%	1%	1%	23%
Estacion 5	0%	1%	8%	2%	1%	12%
Total						100%
Camiones	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	Porcentaje
Estacion 1	1%	1%	11%	2%	0%	15%
Estacion 2	5%	2%	7%	1%	0%	15%
Estacion 3	0%	1%	0%	31%	8%	40%
Estacion 4	1%	5%	0%	0%	0%	6%
Estacion 5	0%	3%	16%	4%	3%	25%
Total						100%

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Tabla 2.18: Matriz origen destino actual de 6h30 a 7h30 expresada en vehículos.

Matriz Origen Destino		Hora: 6h30 - 7h30 (actuales)			
Livanos	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5
Estacion 1	29	227	167	135	135
Estacion 2	284	270	153	225	222
Estacion 3	167	185	74	368	375
Estacion 4	53	204	195	170	328
Estacion 5	26	295	361	226	119
Buses	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5
Estacion 1	5	3	16	3	0
Estacion 2	0	0	1	0	0
Estacion 3	0	0	1	34	12
Estacion 4	2	32	8	0	0
Estacion 5	0	1	13	2	2
Camiones	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5
Estacion 1	0	0	6	0	0
Estacion 2	0	0	0	0	0
Estacion 3	4	4	5	4	2
Estacion 4	0	2	5	5	2
Estacion 5	0	1	2	2	1

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Tabla 2.19: Matriz origen destino de 15h00 a 16h00 expresada en vehículos.

Matriz Origen Destino		Hora: 15h00 - 16h00 (actuales)				
Livanos	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	C. Comercial
Estacion 1	36	111	157	168	86	70
Estacion 2	170	100	47	134	117	35
Estacion 3	103	80	70	237	454	91
Estacion 4	26	77	50	123	177	42
Estacion 5	57	307	325	210	50	112
C. Comercial	83	42	108	50	133	0
Buses	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	
Estacion 1	2	1	15	3	0	
Estacion 2	6	2	8	1	0	
Estacion 3	0	1	0	23	5	
Estacion 4	4	17	1	1	1	
Estacion 5	0	1	8	2	1	
Camiones	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	
Estacion 1	1	1	11	2	0	
Estacion 2	5	2	7	1	0	
Estacion 3	0	1	0	32	8	
Estacion 4	1	5	0	0	0	
Estacion 5	0	3	16	4	3	

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Proyecciones del trafico**

Para poder realizar las proyecciones de tráfico, se parte de la información de EMOV EP, de vehículos matriculados desde el año 1969 hasta el año 2018, además de la información de población de la INEN hasta el año 2010.

Luego, en base a la metodología revisada en el anterior capítulo se obtuvieron las siguientes tasas de crecimiento para un periodo de 5 años (Tabla 2.20), los cálculos utilizados para llegar a obtener estas tasa de crecimiento se muestran en los anexos..

Tabla 2.20: Tasas de crecimiento vehicular.

Tasa de crecimiento vehicular			
Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2019-2024	3.961%	1.947%	1.947%

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Las matrices proyectadas a 5 años serán:

Tabla 2.21: Matriz origen destino de 6h30 a 7h30 proyectada a 5 años.

Matriz Origen Destino 6:30 am - 7:30 am (Proyectado 5 años)					
Livianos	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5
Estacion 1	35	276	203	164	164
Estacion 2	74	70	40	58	58
Estacion 3	203	225	90	447	455
Estacion 4	64	248	237	206	398
Estacion 5	32	358	438	274	145
Buses	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5
Estacion 1	6	3	18	3	0
Estacion 2	0	0	1	0	0
Estacion 3	0	0	1	37	13
Estacion 4	2	35	9	0	0
Estacion 5	0	1	14	2	2
Camiones	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5
Estacion 1	0	0	7	0	0
Estacion 2	0	0	0	0	0
Estacion 3	4	4	6	4	2
Estacion 4	0	2	6	6	2
Estacion 5	1	1	2	2	1

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Tabla 2.22: Matriz origen destino de 15h00 a 16h00 proyectada a 5 años.

Matriz Origen Destino						Hora: 15h00 - 16h00 (Proyectada)
Livianos	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	C. Comercial
Estacion 1	44	135	191	204	104	85
Estacion 2	206	121	57	163	142	43
Estacion 3	125	97	85	288	551	111
Estacion 4	32	94	61	149	215	51
Estacion 5	69	373	395	255	61	136
C. Comercial	101	51	131	61	162	0
Buses	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	
Estacion 1	2	1	15	3	0	
Estacion 2	6	2	8	1	0	
Estacion 3	0	1	0	23	5	
Estacion 4	4	17	1	1	1	
Estacion 5	0	1	8	2	1	
Camiones	Estacion 1	Estacion 2	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	
Estacion 1	1	1	11	2	0	
Estacion 2	5	2	7	1	0	
Estacion 3	0	1	0	33	8	
Estacion 4	1	5	0	0	0	
Estacion 5	0	3	16	4	3	

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

El TPDA por estaciones proyectado a 5 años será:

Tabla 2.23: TPDA por estaciones proyectado a 5 años.

TPDA 2024				
Acceso	Livianos	Buses	Camiones	Total
E 1	8855	373	155	9383
E 2	11721	338	153	12212
E 3	17071	697	542	18310
E 4	8820	494	174	9488
E 5	14214	226	403	14843
Total	60681	2128	1427	64236

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

2.2. Modelación y Calibración del estado actual.

Se realizaron dos modelaciones para el estado actual, específicamente para las horas de 6h30 a 7h30, siendo esta la hora de mayor flujo vehicular obtenida anteriormente

con el VHMD y de 15h00 a 16h00 por ser la hora de mayor flujo vehicular en el centro comercial, anteriormente obtenida por el análisis de parqueaderos.

Esto se debe a que en la hora 6h30 a 7h30 el viario del sector del estudio, no se ve afectado por el tráfico atraído hacia el centro comercial, ya que este abre sus puertas al público a partir de las 10h00. Pero si está relacionado a los cambios que las alternativas propuestas generen en este. Mientras que en la hora 15h00 a 16h00 el viario si será afectado por el tráfico atraído y de igual manera las alternativas ocasionaran cambios en este.

Para poder llevarse a cabo estas modelaciones se siguieron los siguientes procesos:

1. Configuración de la red vial
2. Validación de los estados actuales
3. Evaluación de los estados actuales

2.2.1 Configuración de la red vial.

Se realizó las modelaciones usando la herramienta Aimsun 8.1.0. Se generó una ortofoto de la zona del estudio, que se usó como plantilla, para configurar la red en base a la realidad.

Gráfico 2.15: Ortofoto para modelación.



Fuente: T-Cubo.

Contando con la zona del estudio se procedió a configurar la red vial y se utilizaron distintos parámetros para su configuración, siendo estos:

- Condiciones geométricas
- Ciclos semafóricos
- Matrices Origen Destino

Se procedió a realizar los siguientes 7 pasos para configurar la red vial:

Paso 1: Usando el software de micro simulación Aimsun 8.1.0 se dibujó sobre la ortofoto las vías de manera que sean lo más cercanas a la realidad, para ello se utilizó anchos y número de carriles.

Paso 2: Se colocó los nodos en los cruces e intersecciones del viario y se asignó el sentido de cada carril.

Paso 3: Se colocó la señalización como se encuentra realmente en el viario.

Paso 4: Se ubicó a los centroides en cada una de las 5 estaciones y se asignó sus debidos nombres, como E1, E2, E3, E4, E5, luego se generó un proyecto nuevo para configurar los centroides.

Paso 5: En configuración de centroides se generó una nueva matriz de origen destino, a las que se calibro para tipos de vehículo, livianos, buses y camiones, y se utilizó las matrices que se tienen calculadas anteriormente de 6h30 a 7h30 y de 15h00 a 16h00, siendo una modelación diferente para cada hora.

Paso 6: Se creó el plan de control, que es donde se configuran los tiempos semafóricos y cada una de sus fases.

Paso 7: En la intersección semaforizada se asigna el sentido de cada fase, siendo estos anteriormente obtenidos en el levantamiento de información de campo, esto para el plan de control y posterior a eso se añade el tiempo del ciclo semafórico y el tiempo en verde, amarillo, rojo y todo rojo a cada una de sus fases.

Una vez contado con toda esta configuración, la red vial queda lista para ser simulada.

Gráfico 2.16: Calibración de la red vial.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

2.2.2 Validación del estado actual.

Una vez configurada la red vial, se hizo una validación a las dos modelaciones (6h30 a 7h30 y de 15h00 a 16h00) cuya finalidad fue de comparar los datos reales con los datos simulados, y ver que sean lo más cercano posible entre sí.

Para los datos reales se creó un archivo con la información recolectada del tráfico observado, y se cargó al programa mediante un conjunto de datos reales colocando detectores en la red vial, los cuales se ubicaron en cada uno de los accesos de las estaciones, de esta manera se tendría el flujo vehicular observado, y se compararía con el generado de la simulación.

Gráfico 2.17: Colocación de detectores.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Para ello se realizaron 5 replicaciones y se calculó la media siendo esta el promedio de las simulaciones, posterior a esto el programa calcula la diferencia relativa entre los dos, la diferencia absoluta y el valor de estimación GEH.

El índice GEH nombrado por Geoffrey E. Havers, compara los volúmenes de tráfico asignados y los reales, está dada por:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}} \quad (7)$$

Donde:

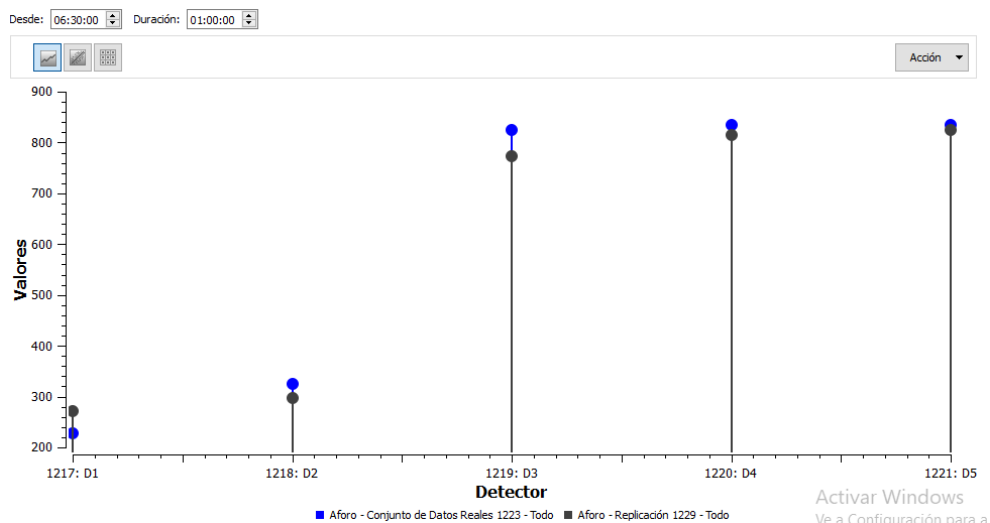
M: Volumen de tráfico simulado.

C: Volumen de tráfico observado

Para que la validación de la modelación sea correcta toma como criterio que el valor del GEH debe ser menor o igual a 5, ya que se considera lo más cercano a la realidad, entre 5 a 10 es moderado y mayores a 10 no representa la realidad en lo absoluto.

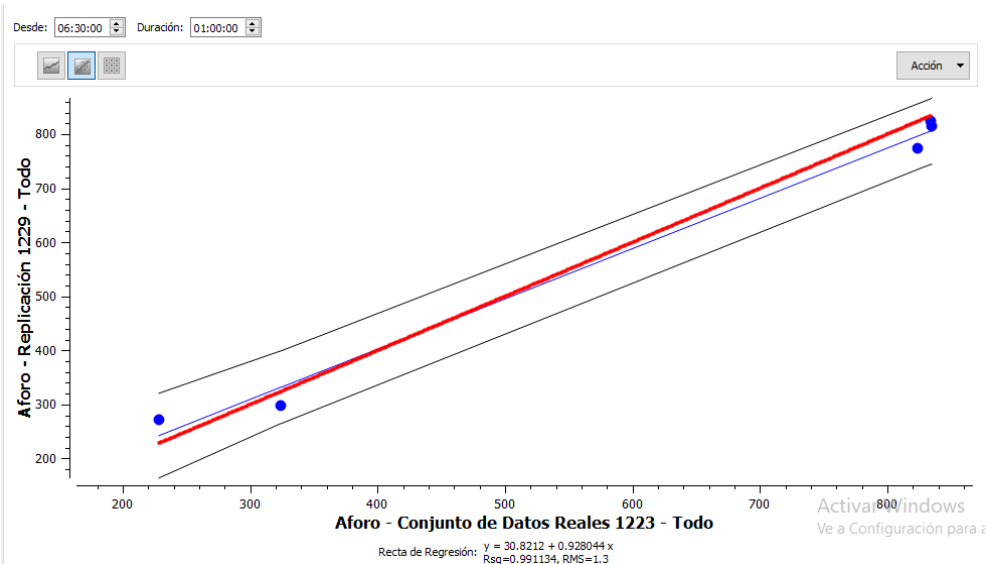
Resultados para validación de la simulación de la hora 6h30 a 7h30

Gráfico 2.18 : Valores de los detectores de 6h30 a 7h30.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Gráfico 2.19: Regresión lineal de 6h30 a 7h30.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Tabla 2.24: Valores del GEH de 6h30 a 7h30.

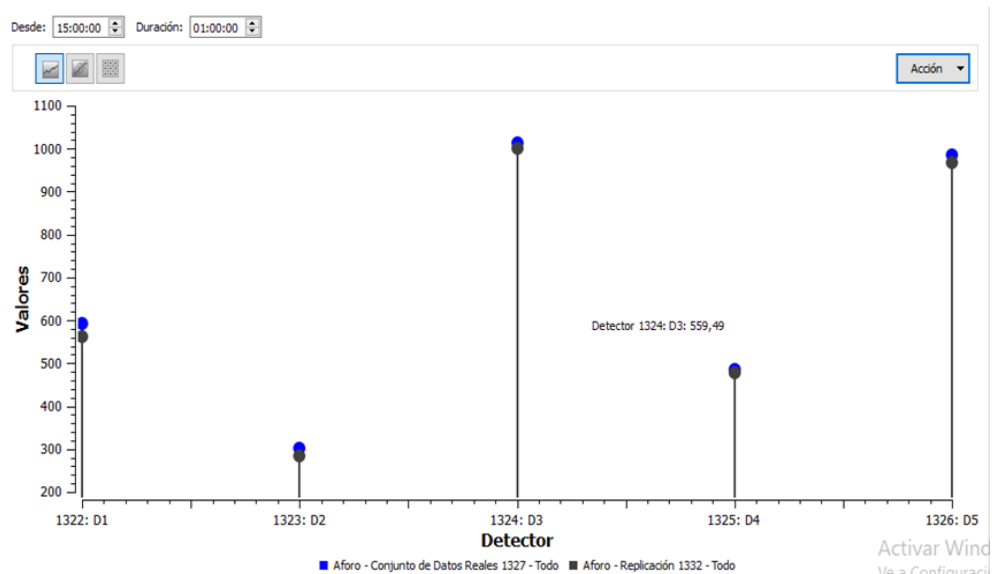
Objeto	Aforo - Conjunto de Datos Reales 1223 - Todo	Aforo - Replicación 1229 - Todo	Diferencia Absoluta	Diferencia Relativa (%)	GEH
1221: D5	834	824	-10	-1,19904	0,347314
1220: D4	835	814	-21	-2,51497	0,731348
1219: D3	824	773	-51	-6,18932	1,80482
1218: D2	324	298	-26	-8,02469	1,47432
1217: D1	228	271	43	18,8596	2,72228
Media	609	596	-13	-2,13465	1,41602

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Como se puede observar en la tabla (2.24) el GEH de cada una de las estaciones llega a ser menor que 5, por lo que se puede considerar que nuestra configuración del estado actual de 6h30 a 7h30 reflejó lo que ocurrió realmente en el viario actual.

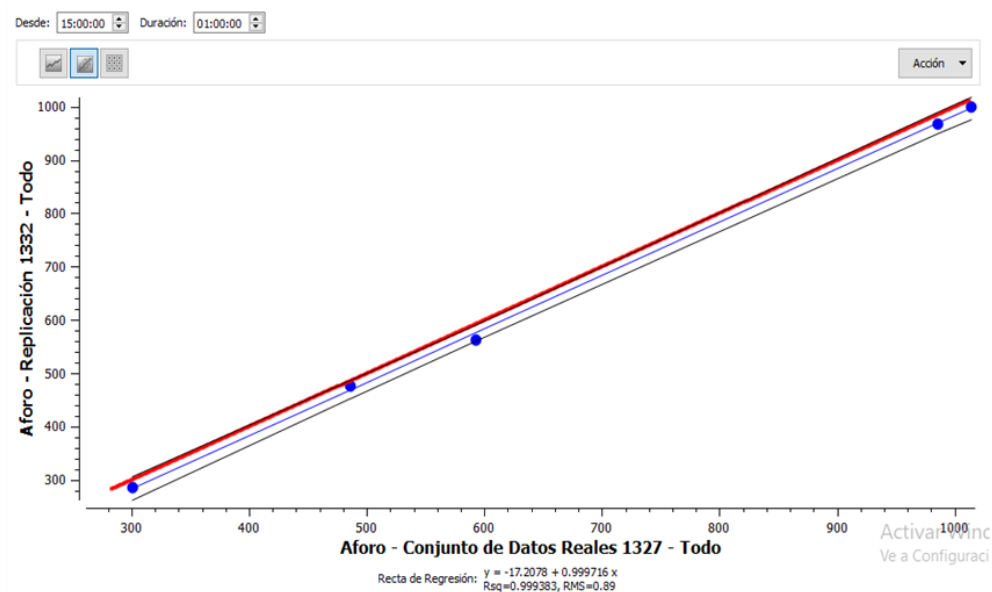
Resultados para validación de la simulación de la hora 15h00 a 16h00

Gráfico 2.20: Valores de los detectores de 15h00 a 16h00.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Gráfico 2.21: Regresión lineal de 15h00 a 16h00.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Tabla 2.25: Valores del GEH de 15h00 a 16h00.

Desde: 15:00:00 Duración: 01:00:00

Acción ▼

Objeto	Aforo - Conjunto de Datos Reales 1327 - Todo	Aforo - Replicación 1332 - Todo	Diferencia Absoluta	Diferencia Relativa (%)	GEH
1326: D5	986	968	-18	-1,82556	0,575871
1325: D4	496	477	-9	-1,85185	0,410152
1324: D3	1014	1000	-14	-1,38067	0,441177
1323: D2	301	285	-16	-5,31561	0,93473
1322: D1	593	563	-30	-5,05902	1,24784
Media	676	658,6	-17,4	-2,57396	0,721953

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Como se puede observar el GEH de cada una de las estaciones es menor a 5, por lo que la configuración del estado actual de 15h00 a 16h00 se consideró que reflejó el estado del viario actualmente.

2.2.3 Evaluación del estado actual.

Los resultados generados por la simulación fueron los siguientes:

Simulación de 6h30 a 7h30

Tabla 2.26: Tiempos de demora de 6h30 a 7h30.

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar
Tiempo de Demora - Todo	61,04	71,64 seg/km
Tiempo de Demora - Car	59,72	68,85 seg/km
Tiempo de Demora - Truck	69,02	67,24 seg/km
Tiempo de Demora - Bus	85,91	115,15 seg/km

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

En la tabla se observa que tenemos un tiempo de demora media de 61.04 sg/km, esto indica que actualmente el sector en el horario de 6h30 a 7h30 se encuentra con un nivel de servicio tipo E.

Simulación de 15h00 a 16h00

Tabla 2.27: Tiempos de demora de 15h00 a 16h00.

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar
Tiempo de Demora - Todo	56,91	69,34 seg/km
Tiempo de Demora - Car	57,23	69,67 seg/km
Tiempo de Demora - Truck	51,03	67,22 seg/km
Tiempo de Demora - Bus	52,62	59,62 seg/km

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

En la tabla se puede observar que en el horario de 15h00 a 16h00 el viario actualmente tiene un tiempo de demora media de 59.91 sg/km, ubicándolo en un nivel de servicio E.

Además, mediante el software Aimsun 8.1.0, también se obtuvo la siguiente imagen que nos muestra los niveles de servicio que se presenta actualmente cada carril, nodo e intersección, aquí se puede apreciar que la zona de mayor conflicto es la intersección semaforizada ubicada entre la Av. 24 de mayo y la Via al valle, encontrándose en un nivel de servicio tipo C.

Gráfico 2.22: Niveles de servicio actuales.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

2.3. Modelación del estado actual más la implementación del centro comercial.

Una vez se tienen las modelaciones de cómo se encuentra el viario del sector del estudio actualmente, se procedió a modelar el cómo se vería este mismo viario al colocar un centro comercial.

2.3.1. Modelación.

Usando la misma configuración de la red vial anteriormente hecha, se añadió un centroide más el cual servirá de zona de atracción y generación de viajes, siendo este el centro comercial. Y se colocaran las entradas y salidas de estos viajes como el centro comercial del estudio plantea construir.

Gráfico 2.23: Implementación del centroide en el lugar donde se ubicará centro comercial.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Como se aprecia en el gráfico (2.23), el centro comercial contara de tres entradas y dos salidas.

Siendo configurada la red vial con el centro comercial, se cargarán las matrices origen destino para vehículos livianos, buses y camiones, que ya fueron calculadas anteriormente para la hora 15h00 a 16h00 proyectada a 5 años, con la finalidad de ver el cambio que generara con el pasar el tiempo.

Finalmente se ejecutará la replicación y se procederá a la simulación.

Gráfico 2.24: Replicación en el horario de 15h00 a 16h00.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

2.3.2. Evaluación del estado actual más la implementación del centro comercial.

La simulación de la matriz proyectada a 5 años de 15h00 a 16h00 nos da como resultado los siguientes datos:

Tabla 2.28: Tiempos de demora de la modelación del estado actual mas centro comercial proyectada a 5 años en el horario de 15h00 a 16h00.

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar	
Tiempo de Demora - Todo	82,48	91,19	seg/km
Tiempo de Demora - Car	82,40	90,59	seg/km
Tiempo de Demora - Truck	79,66	117,88	seg/km
Tiempo de Demora - Bus	89,04	85,47	seg/km

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Se puede apreciar según el tiempo de demora media que llegara a tener el viario del sector del estudio en 5 años será de 82.48 sg/km, lo que lo ubicara en un nivel de servicio F, significando un colapso en el tráfico a futuro.

En el grafico (2.25) a continuación se observa mediante el nivel de servicio por carril, nodo e intersección que las zonas del viario que serían más afectadas son: la intersección semaforizada ubicada entre la Av. 24 de mayo y la Vía al valle, teniendo un color anaranjado, por lo que llegara a tener un nivel de servicio C, y la avenida 24

de mayo aproximándose a la intersección con la avenida del paraíso (subida del túnel), con un color rojo, por lo que llegara a un nivel de servicio D.

Gráfico 2.25: Niveles de servicio del estado actual mas centro comercial proyectado a 5 años en el horario de 15h00 a 16h00.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

2.4. Generación y modelación de alternativas.

Para poder solucionar el efecto que causa el integrar un centro comercial en el viario del sector del estudio y mantener o mejorar el nivel de servicio actual se plantearon dos alternativas. Las cuáles serán proyectadas a 5 años en el futuro para de esta manera ver la influencia positiva que tendrán en el viario.

2.4.1. Generación de alternativas.

- **Alternativa 1**

En esta alternativa se plantean 2 cambios, que son descritos a continuación:

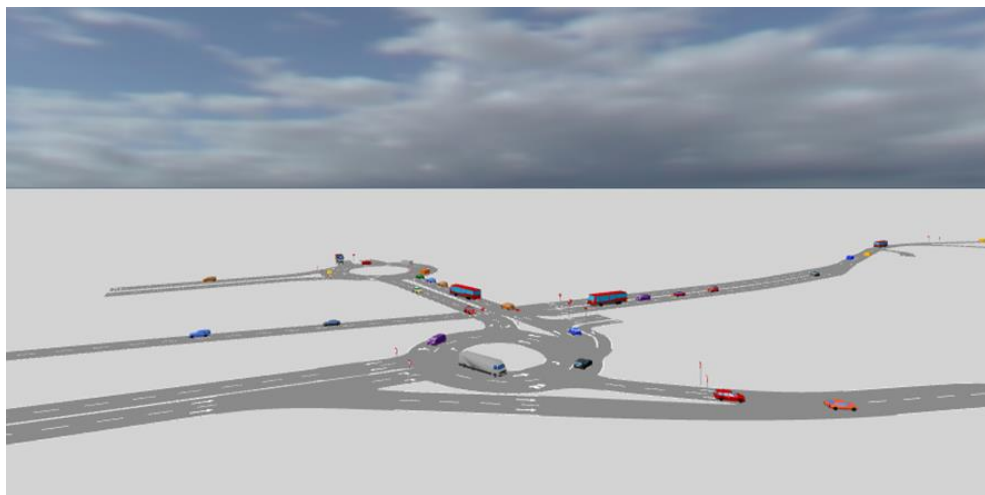
Primero: La creación de un redondel en el sector de la intersección entre la avenida paraíso (ida y retorno) y avenida 24 de mayo incluyendo un carril de acceso al centro comercial.

Gráfico 2.26: Vista en Planta del redondel propuesto en la alternativa 1.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Gráfico 2.27: Vista en 3D del redondel propuesto en la alternativa 1.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

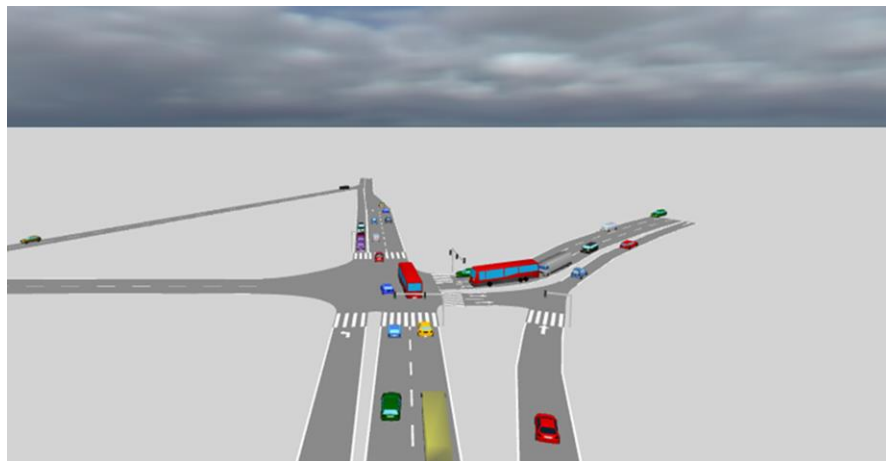
Segundo: En la intersección semaforizada se plantea generar 2 carriles en la avenida 24 de mayo antes y después de la intersección y 3 carriles en la vía al valle con dirección a la intersección, cabe decir que se mantendrán los tiempos semafóricos y sus fases actuales.

Gráfico 2.28: Vista en planta de los cambios propuestos para la intersección semafórica con la alternativa 1.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021)

Gráfico 2.29: Vista en 3D de los cambios propuestos para la intersección semafórica con la alternativa 1.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Alternativa 2**

Para esta alternativa se plantean de igual manera 2 cambios, que son descritos a continuación:

Primero: Mantener la implementación del redondel de la alternativa 1

Segundo: En la intersección semaforizada se planteó implementar un paso deprimido a la avenida 24 de mayo con dirección hacia el colegio Garaicoa, y cambiar el carril

de la vía al valle, colocando un carril exclusivo de giro a la derecha y un carril exclusivo de cruce con dirección a la intersección.

Gráfico 2.30: Vista en planta de los cambios propuestos en la intersección semafórica con la alternativa 2.

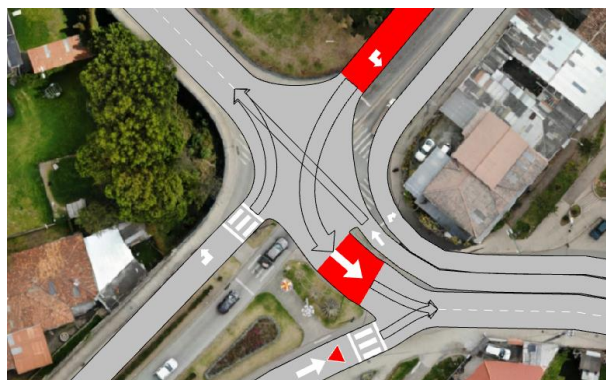


Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Con esta alternativa, en la intersección semaforizada ahora se contará solamente con dos fases las cuales son:

- **Fase 1.** Esta fase contiene el movimiento de giro a la Izquierda desde La Avenida 24 de mayo hacia la Vía al Valle.

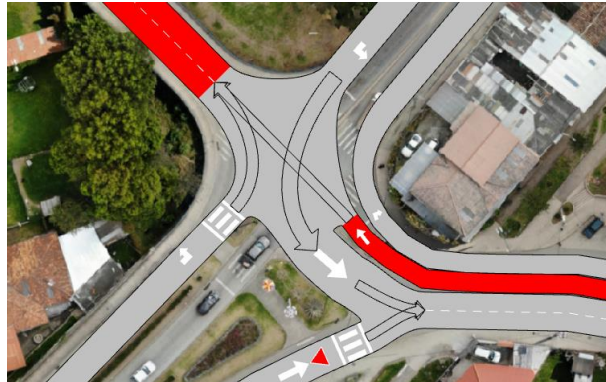
Gráfico 2.31: Fase 1 de la intersección semafórica con la alternativa 2.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Fase 2.** Esta fase contiene el movimiento que se realiza al venir desde la Vía al valle dirigiéndonos con dirección hacia el parque el paraíso.

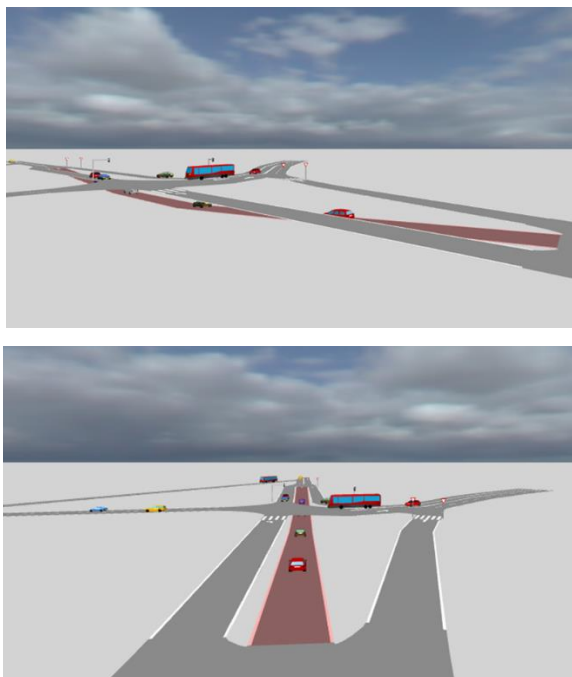
Gráfico 2.32: Fase 2 de la intersección semafórica con la alternativa 2.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Se generó una vista en 3D que detallada el paso deprimido propuesto que se ubicaría en la zona de la intersección semaforizada.

Gráfico 2.33: Vistas en 3D del Paso deprimido propuesto para la intersección semafórica con la alternativa 2.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

2.4.2. Evaluación de alternativas.

- **Alternativa 1 de 6h30 a 7h30.**

Según los resultados de los tiempos de demora que se obtuvieron con las simulaciones dadas por el software Aimsun 8.1.0, se puede observar que con la alternativa 1 para un periodo de 5 años a futuro y en la hora 6h30 a 7h30, el viario del sector del estudio llegara a tener un tiempo de demora media de 50,83 sg/km, por lo que se encontrara en un nivel de servicio D.

Tabla 2.29: Tiempos de demora de 6h30 a 7h30 con la alternativa 1 en un periodo de 5 años.

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar	
Tiempo de Demora - Todo	50,83	60,19	seg/km
Tiempo de Demora - Car	49,92	57,92	seg/km
Tiempo de Demora - Truck	51,29	59,63	seg/km
Tiempo de Demora - Bus	71,19	96,95	seg/km

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Además, en base al gráfico (2.34) se aprecia que la intersección semaforizada pasa de un nivel de servicio C a un nivel de servicio B, y la avenida 24 de mayo aproximándose a la intersección con la avenida del paraíso, pasa de D a un nivel de servicio B, de esta manera mejorándolos.

Gráfico 2.34: Niveles de servicio de 6h30 a 7h30 con la alternativa 1 en un periodo de 5 años.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Alternativa 1 de 15h00 a 16h00.**

Según los resultados de los tiempos de demora que se obtuvieron con las simulaciones dadas por el software Aimsun 8.1.0, se puede observar que, para un periodo de 5 años a futuro, con el centro comercial ya implementado y en un horario de 15h00 a 16h00, el viario tendrá una demora media de 51.47 sg/km, por lo que se encontrará en un nivel de servicio D.

Tabla 2.30: Tiempos de demora de 15h00 a 16h00 con la alternativa 1 en un periodo de 5 años.

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar	
Tiempo de Demora - Todo	51,47	54,86	seg/km
Tiempo de Demora - Car	51,66	54,60	seg/km
Tiempo de Demora - Truck	48,73	72,83	seg/km
Tiempo de Demora - Bus	45,22	40,98	seg/km

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Además, en el gráfico (2.35) se aprecia que el nivel de servicio de la intersección semaforizada mejorara a un nivel de servicio tipo B y la zona de mayor conflicto (la subida de la av. 24 de mayo) mejorara a un nivel de servicio tipo A.

Gráfico 2.35: Niveles de servicio de 15h00 a 16h00 con la alternativa 1 en un periodo de 5 años.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Alternativa 2 de 6h30 a 7h30.**

Según los resultados de los tiempos de demora que se obtuvieron con las simulaciones dadas por el software Aimsun 8.1.0, se observa que para un periodo de 5 años a futuro y en un horario de 6h30 a 7h30, el viario tendrá una demora de 37,66 sg/km, por lo que se encontrará en un nivel de servicio D.

Tabla 2.31: Tiempos de demora de 6h30 a 7h30 con la alternativa 2 en un periodo de 5 años.

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar	
Tiempo de Demora - Todo	37,66	57,91	seg/km
Tiempo de Demora - Car	36,95	55,66	seg/km
Tiempo de Demora - Truck	39,05	37,12	seg/km
Tiempo de Demora - Bus	55,98	102,90	seg/km

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Además, en el gráfico (2.36) se aprecia que el nivel de servicio de la intersección semaforizada y la zona de mayor conflicto (la subida de la av. 24 de mayo) mejoraran a un nivel de servicio tipo A.

Gráfico 2.36: Niveles de servicio de 6h30 a 7h30 con la alternativa 2 en un periodo de 5 años.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

- **Alternativa 2 de 15h00 a 16h00.**

Según los resultados de los tiempos de demora que se obtuvieron con las simulaciones dadas por el software Aimsun 8.1.0, se puede observar que, para un periodo de 5 años a futuro, con el centro comercial ya implementado y en un horario de 15h00 a 16h00,

el viario tendrá una demora media de 44.05 sg/km, por lo que se encontrará en un nivel de servicio D (Tabla 2.32).

Tabla 2.32: Tiempos de demora de 15h00 a 16h00 con la alternativa 2 en un periodo de 5 años.

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar	
Tiempo de Demora - Todo	44,05	54,76	seg/km
Tiempo de Demora - Car	44	54,52	seg/km
Tiempo de Demora - Truck	39,87	62,19	seg/km
Tiempo de Demora - Bus	51,08	56,86	seg/km

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Además, en el gráfico (2.37) se aprecia que el nivel de servicio de la intersección semaforizada mejorara a un nivel de servicio tipo A y la zona de mayor conflicto (la subida de la av. 24 de mayo) mejorara a un nivel de servicio tipo B.

Gráfico 2.37: Niveles de servicio de 15h00 a 16h00 con la alternativa 2 en un periodo de 5 años.



Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

La información obtenida mediante la evaluación de las alternativas fue recopilada en un cuadro resumen, que se puede ver a continuación:

Tabla 2.33: Resumen de tiempos de demora y niveles de servicio.

Cuadro Resumen			
Modelación	Hora	Tiempo de demora (sg/km)	Nivel de servicio
Normal	6:30 - 7:30	61.04	E
Normal mas C.C. proyectada 5 años	15:00-16:00	82.48	F
Alternativa 1 proyectado 5 años	6:30 - 7:30	50.83	D
Alternativa 1 proyectado 5 años	15:00-16:00	51.47	D
Alternativa 2 proyectado 5 años	6:30 - 7:30	37.66	D
Alternativa 2 proyectado 5 años	15:00-16:00	44.05	D

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Como se puede apreciar la tabla (2.33), tanto la alternativa 1 y la alternativa 2, llegarán a tener un nivel de servicio D en el viario del sector del estudio, por lo que para elegir la alternativa más adecuada se toma en cuenta una estimación del costo que tendría cada una de ellas, el costo de la alternativa 1 claramente sería el menor pues serían cambios realizados a nivel del viario, mientras que la alternativa 2 a más de los cambios generados a nivel del viario necesitaría de la construcción de un paso a deprimido el cual se considera como una obra civil. Como conclusión para este estudio la alternativa 1 sería la más adecuada.

CAPÍTULO 3 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA.

3.1. Diseño Geométrico.

Para poder realizar el diseño geométrico de la mejor alternativa (alternativa 1) la cual corresponde al redondel y a la intersección semaforizada, se hizo uso del software Autocad Civil 3d. Para ello se basó en los principios de diseño de la normativa del Reino Unido, del Perú y de los parámetros de diseño de la ASSHTO, debido a que en el Ecuador no existe una normativa de diseño para vías urbanas.

En el diseño geométrico del redondel se estableció que contenga dos carriles, cuyos anchos son de 5.50 m y que tiene dos ramales (dos accesos), el primero es proveniente de la avenida 24 de mayo, y el segundo es proveniente de la avenida del paraíso. Los ejes de los accesos deben estar alineados con el centro de la rotonda y circular a bajas velocidades tanto para sus entradas y salidas.

- **Velocidad de diseño**

La velocidad de diseño de una vía está sujeta al principio de ser segura y apropiada para su trazado, y más aún cuando está prevista en un redondel, ya que tiene por objetivos el intentar mantener el tamaño del redondel dentro de sus límites, y no causar una reducción de velocidad drástica al usuario que ingrese a ella. Según la guía americana, se recomiendan velocidades de diseño máximas en las entradas del redondel, y las velocidades varían según los tipos de redondeles, tales como se muestra en la figura.

Tabla 3.1: Velocidades de diseño por tipo de rotonda.

Categoría	Maxima velocidad de diseño teorica recomendada
Minirotonda	20 mph (30 km/h)
carril simple	25 mph (40 km/h)
multicarril	25-30 mph (40 - 50 km/h)

Fuente: (US Dept. of transportation, Federal Highway Administration, 2011, citado en Torres Alzamora, 2015).

Para el caso del redondel del diseño geométrico, se considera multicarril, por lo que la velocidad recomendada es de 50 km/hora.

- **Vehículo de diseño**

Es aquel vehículo según el cual se basan los parámetros para el diseño geométrico de todo el proyecto, este vehículo automotor es aquel predominante y que requiere de mayores exigencias en el tránsito del sector, es decir aquel que posea mayores dimensiones físicas, mayor radio de curvatura y que sea el que más se repita dentro del viario del sector estudiado (Gómez Montoya, 2018).

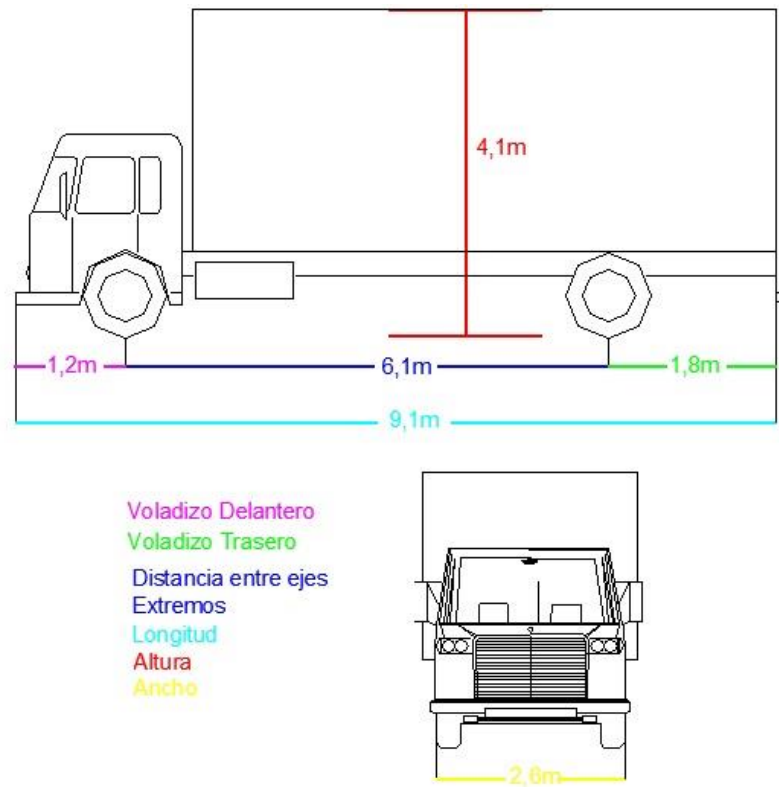
Tabla 3.2: Vehículos de diseño.

Dimensiones de los vehículos de diseño (metros)						
	P	Bus	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
Ancho	2.1	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Longitud	5.8	12.1	6.1	16.7	21	22.5
Voladizo delantero	0.9	2.1	1.2	0.9	1.2	1.2
Voladizo trasero	1.5	2.4	1.8	0.6	0.9	0.9
Distancia entre ejes extremos WB1	3.4	7.6	6.1	6.1	6.1	6.1
Distancia entre ejes extremos WB2				9.1	12.8	14.3

Fuente: ASSHTO

Basándonos en la tabla dada por la AASHTO, para el diseño geométrico se escogió al vehículo SU, al ser el vehículo de mayores características y predominante considerado como un rango medio entre los dos tipos de vehículos para el transporte y transporte de carga, siendo estos el Bus y el WB-15 (semirremolque grande). EL vehículo SU puede llegar a tener una longitud de 6.1m a 9.1m. Como se puede observar en la siguiente imagen:

Gráfico 3.1: Vehículo de diseño tipo.



Fuente:(Moreno Ceciliano, 2013).

- **Diámetro del círculo inscrito**

Para el diseño geométrico se implemento un redondel con una isleta central cuyo diametro es de 15 m y un diametro de circulo inscrito de 36 m.

Tabla 3.3: Diámetros de círculo inscrito por vehículo de diseño tipo.

Configuración de rotonda	Vehículo de diseño tipo	Rango de diámetro de círculo inscrito común
Minirotonda	SU	14 a 27 m
Rotonda de un solo carril	B-12	27 a 46 m
Multicarril rotonda (2 carriles)	SU	32 a 46 m
Multicarril rotonda (2 carriles)	B-12	40 a 55 m
Multicarril rotonda (2 carriles)	WB-15	46 a 67 m
Multicarril rotonda (2 carriles)	WB-20	50 a 67 m
Multicarril rotonda (3 carriles)	WB-15	61 a 76 m
Multicarril rotonda (3 carriles)	WB-20	67 a 91 m

Fuente: (US Dept. of transportation, Federal Highway Administration, 2011, citado en Torres Alzamora, 2015).

Según la guía americana el vehículo tipo camión simple (Su) propone un diámetro mínimo del círculo inscrito de 32 m y máximo de 46 m, por lo que el diseño cumple con los parámetros de las tablas de diámetro según vehículo tipo.

Tabla 3.4: Diámetros del círculo inscrito.

País	Tipo	Un carril		Doble carril	
		min (m)	max (m)	min (m)	max (m)
Australia	Urbana/ Rural	-	80	-	80
Estados Unidos	Urbana	25 a 32	36 a 43	46	55
Reino Unido	Rural	36	43	55	60
Perú	Urbana/ Rural	28	100	28	100

Fuente: (Highways Agency, 2007, citado en Torres Alzamora, 2015).

Basandonos en la normativa para el país Perú, el diámetro del círculo inscrito (36 m) cumple con el tipo de vía urbana y de doble carril.

Tabla 3.5: Diámetros de la isla central.

País	Tipo	Un carril		Doble carril	
		min (m)	max (m)	min (m)	max (m)
Australia	Urbana/ Rural	5	8 a 10 +	5	10 +
Estados Unidos	Urbana/ Rural	Depende del diseño del vehículo			
Reino Unido				25.4	41.8
Perú	Urbana/ Rural	4	-	4	-

Fuente: (Highways Agency, 2007, citado en Torres Alzamora, 2015).

El diámetro de la isleta central considerado de 15 m cumple con la normativa para el país Perú, para un tipo de vía urbana y de dos carriles.

- **Radios de curvatura**

La clasificación de los radios mínimos de curvatura según sus características como vehículos tipo son las siguientes:

Tabla 3.6: Radios mínimos según vehículo de diseño tipo.

Vehículos tipo	Radio interior (m)	Radio de diseño (m)
Automóvil, P	4.2	7.3
Autobus sencillo, BUS	7.4	12.8
Camión sencillo, SU	8.5	12.8
Camión articulado, WB-15	5.8	13.7
Camión articulado, WB-19	2.8	13.7
Camión articulado, WB-20	0	13.7

Fuente: ASSHTO

Los radios mínimos de giro para estos tipos de vehículos siempre se deben realizar para velocidades de 15 km/h. Podemos observar que para el diseño geométrico el radio mínimo de curvatura será de 12.8 m.

- **Ancho de entrada y salida**

El ancho de entrada de un redondel está definido como la longitud de una perpendicular desde donde la línea de entrada cruza el borde de la calzada del lado izquierdo hacia el borde de la calzada del lado derecho, se encuentra influenciado por las limitaciones físicas del entorno, el vehículo de diseño y por si está en una zona urbana o rural. Por lo general los anchos de las salidas son típicamente iguales o ligeramente menores (Torres Alzamora, 2015).

Tabla 3.7: Anchos de entrada y salida a redondeles.

Anchos de entrada de redondeles					
País	Tipo	Un carril		Doble carril	
		min (m)	max (m)	min (m)	max (m)
Australia	Urbana/ Rural	3.4	4 a 5	6.8	8
Estados Unidos	Urbana/ Rural	4.2	6.5	7.3	9.1
Reino Unido	Urbana/ Rural	4.2	6.5	7.3	10.5
Perú	Urbana/ Rural	-	-	-	-

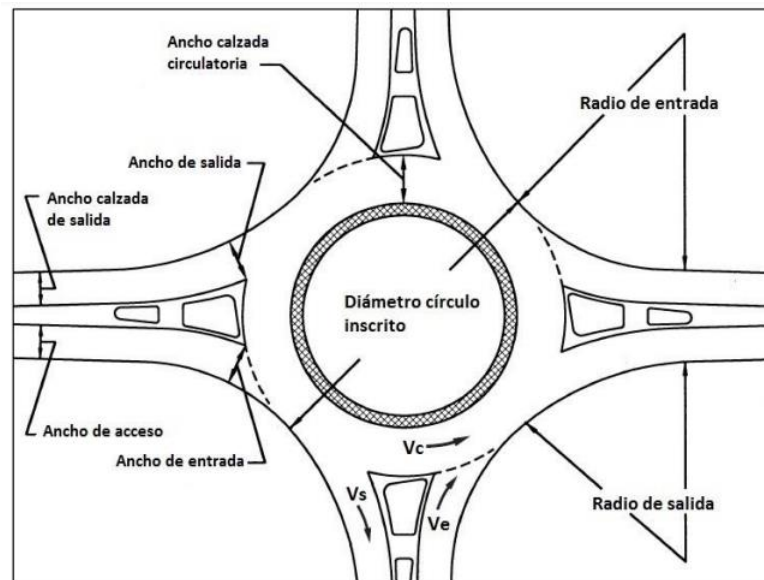
Anchos de salida de redondeles					
País	Tipo	Un carril		Doble carril	
		min (m)	max (m)	min (m)	max (m)
Australia	Urbana/ Rural	4	5	6.8	8
Estados Unidos	Urbana/ Rural	15	30	53	9.1
Reino Unido	Urbana/ Rural	7 a 7.5	7 a 7.5	7 a 7.5	7 a 7.5
Perú	Urbana/ Rural	-	-	-	-

Fuente: (Highway Agency, 2007, citado en Torres Alzamora, 2015).

Los anchos de entrada y de salida que se encuentran en el diseño geométrico son de 7.60 m por lo que cumple con la normativa del reino unido para vías urbanas.

Mediante la siguiente imagen se puede distinguir la ubicación de los componentes del redondel.

Gráfico 3.2: Componentes de un redondel.



Fuente: (NCHRP, citado en Siegel Sepúlveda, 2015).

- **Radio de entrada**

Para determinar el funcionamiento del redondel es importante el radio de entrada, ya que junto con el ancho de entrada y la geometría de la isleta central, controlan la cantidad de deflexión impuesta sobre la trayectoria de vehículos entrantes, es decir radios demasiado grandes producen velocidades de entrada más altas de lo esperado. Para los diferentes países se tiene la siguiente tabla de radios de entrada (Torres Alzamora, 2015).

Tabla 3.8: Radios de entrada a redondeles.

Radios de entrada de redondeles					
País	Tipo	Un carril		Doble carril	
		min (m)	max (m)	min (m)	max (m)
Australia	Urbana/ Rural			30	-
Estados Unidos	Urbana/ Rural	15	30	553	84
Reino Unido	Urbana/ Rural	6	100	6	100
Perú	Urbana/ Rural		mínimo 30.0 m		

Fuente: (Highway Agency, 2007, citado en Torres Alzamora, 2015).

El radio de entrada dado para el diseño geométrico para el acceso de la Av. 24 de mayo es de 15.05 m, y para el acceso de la Av. del paraíso es de 11.88 m. Acorde a la tabla se puede observar que los radios cumplen con los parámetros del reino unido.

- **Radio de Salida**

Para el radio de salida la definición es similar al de la entrada, y se basa en la siguiente tabla para poder identificar los valores diferentes para cada país.

Tabla 3.9: Radios de salida a redondeles.

Radios de entrada de redondeles					
País	Tipo	Un carril		Doble carril	
		min (m)	max (m)	min (m)	max (m)
Australia	Urbana/ Rural	-	-	-	-
Estados Unidos	Urbana/ Rural	10 a 15			
Reino Unido	Urbana/ Rural	20	100	20	100
Perú	Urbana/ Rural		mínimo 40.0 m		

Fuente: (Highway Agency, 2007, citado en Torres Alzamora, 2015).

El radio de salida dado para el diseño geométrico para la salida de la Av. 24 de mayo con dirección al colegio Garaicoa es de 22.91 m, y para la salida de la Av. 24 de mayo con dirección a la Universidad del Azuay es de 27.86 m. Acorde a la tabla se tiene que los radios cumplen con los parámetros del reino unido.

Para la intersección semaforizada lo que se realizó es un cambio de anchos de carril, usando los anchos de los parterres intermedios, para no disminuir el ancho de las veredas

- **Anchos de carril**

Los anchos de carril brindan comodidad a los conductores durante su circulación, estos pueden variar según la categoría de la carretera, tipo de terreno, velocidad de diseño, vehículo de diseño, etc. Según el manual de la ASSHTO el ancho del carril varía de 2.7 m a 3.6 m.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES:

Gracias a este estudio se pudo entender el impacto que se generaría a la movilidad del sector de Gapal, el colocar un centro comercial similar a los de la corporación La Favorita, tales como Supermaxi de la plaza Miraflores. Para poder hacerlo se tuvo que saber cómo estaba actualmente el viario, como cambiaría a corto plazo por el efecto del centro comercial y como solucionar ese efecto.

Los resultados más relevantes del estado actual que fueron determinados a partir de este estudio fueron:

Tabla 4: Resumen de todos los resultados obtenidos.

Nombre	Nomenclatura	Valores	Unidades
Trafico promedio diario anual 2019	TPDA	5178	veh/dia
Volumen horario de maxima demanda	VHMD	5194	veh/hora
Hora de mayor flujo vehicular	-----	6:30 - 7:30	-----
Factor de hora pico	PHF	0.858	-----
Volumen diario de maxima demanda	VDMD	10932	veh/dia
Dia de mayor flujo vehicular	-----	viernes	-----
Volumen de trafico atraido por centro comercial	-----	3504	veh/dia

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Se llegó a saber que, en el año 2019, año en el cual se levantó la información en el viario del sector Gapal de la ciudad de Cuenca, transitaron en promedio 5178 vehículos en cualquier día del año, esto contempla lo que son vehículos livianos, buses y camiones. Además, el día en que más vehículos transitaron fue el viernes, contando con 10932 vehículos, la hora pico en ese día fue de 6h30 a 7h30, llegando a tener un total de 5194 vehículos que transitaron por todo el sector del estudio, la zona más transitada del sector fue la avenida 24 de mayo llegando a ser transitada por 1235 vehículos en esa hora. También se llegó a conocer que el centro comercial del estudio atraería al sector 3504 vehículos en el día viernes y que la hora pico de este centro comercial sería de 15h00 a 16h00.

Para elegir la alternativa más adecuada se tomó en cuenta una estimación del costo que tendría cada una de ellas, ya que poseen el mismo nivel de servicio diferenciándose en los tiempos de demora por 7 sg, y el costo de la alternativa 1 sería sumamente menor al de la alternativa 2 debido a que conllevaría menos trabajo en su construcción. En conclusión se decidió que la alternativa 1 sería la más adecuada para este estudio

Como resultado también se obtuvieron los distintos tiempos de demora que indican los niveles de servicio que se muestran a continuación.

Tabla 5: Resumen niveles de servicio.

Nombre	Nomenclatura	Valores
Nivel de servicio actual	LOS	E
Nivel de servicio en 5 años con centro comercial	LOS	F
Nivel de servicio en 5 años con alternativa 1	LOS	D

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

En la tabla se muestra un resumen de los niveles de servicio, y se aprecia que actualmente el sector se encuentra en un nivel de servicio E, y que con la implementación del centro comercial y en un periodo a corto plazo de 5 años llegara a un nivel F. Mediante las simulaciones se comprobó que, en efecto, el colocar un centro comercial afectaría al viario, especialmente en zonas como son la intersección semaforizada en la Av. 24 de mayo, la Vía al valle y la más afectada sería la intersección entre la Av. 24 de mayo y la avenida del Paraíso.

Para solucionarlo se plantearon 2 alternativas, de las cuales se escogió la primera, por ser la más factible de llevar a cabo, e igual se simulo para un periodo de 5 años ya con el centro comercial implementado y como resultado se obtuvo un nivel de servicio D, siendo este nivel mejor que el nivel en el que se encuentra actualmente el sector del estudio.

En conclusión, este estudio de impacto a la movilidad ha proporcionado una representación real del problema en el tránsito, que ocurrirá al colocarse un centro comercial en una zona donde ya existe alto tráfico vehicular, y sirve de ejemplo para proyectos futuros ya que la ciudad de Cuenca está en desarrollo constante, generando un parque automotor que crece cada vez más y debido a los colapsos en el tráfico que producen las empresas y corporaciones en sus alrededores, atraen más consumidores, y por tanto necesitan de nuevas vías, o de reestructurar las ya existentes, de esa manera se generará un tránsito más fluido, seguro y cómodo para el usuario.

BIBLIOGRAFIA

- Apaza Condori, C. T., & Vilca Añazco, J. M. (2018). Estudio de impacto vial, generado por la puesta en funcionamiento del complejo deportivo universitario en la ciudad Universitaria - Puno, al 2038. In *Tesis*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.
- Castillo Arias, C. D., & Moncayo Andrade, B. P. (2021). *Estudio de impacto a la movilidad por la inclusión de un centro comercial en el sector Gapal de la ciudad de Cuenca*. Universidad del Azuay.
- Cuenca Ramón, D. R., & Belén, Z. S. M. (2019). *Evaluación y Diseño a Nivel de Prefactibilidad de la Intersección entre la Vía Rápida Cuenca -Azogues y la Vía Monay – Baguanchi*. Universidad del Azuay.
- Gómez Montoya, E. E. (2018). *Diseño Geométrico y estudios de las vías urbanas: Hayuelos Toyota y seminario en Tunja*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Highway capacity manual. (2010). In *National Research Council, Washington, DC*.
- MEJÍA REGALADO, I. A. (2018). *Análisis y propuesta de solución integral al congestionamiento vehicular que se produce en la Av . 24 de Mayo y Vía al Valle , de la ciudad de Cuenca*. UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador (Ed.). (2013). *Volumen N°2- Libro A Norma para estudios y diseños viales*. (segunda).
- Moreno Ceciliano, P. (2013). *Dimensiones de los Vehículos de Diseño (metros)*. DISEÑO DE VÍAS DE COMUNICACIÓN TERRESTRES. <https://topoviasdecomunicacion.wordpress.com/2013/10/>
- Reyes Spíndola, R. C. y M., & Cárdenas Grisales, J. (2018). *Ingenieria de Transito Fundamentos y Aplicaciones* (Novena edi).
- Siegel Sepúlveda, M. P. (2015). *EFEECTO DE LA DEMANDA ASIMÉTRICA EN EL NIVEL DE SERVICIO DE ROTONDAS URBANAS*. Universidad del Bío-Bío.
- Torres Alzamora, A. (2015). *ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO EN LAS ROTONDAS MODERNAS*. Universidad de Piura.
- Vela Morales, F. G. (2008). *ESTUDIOS DE IMPACTO VIAL*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

ANEXOS

Anexo 1: Tablas de conteos manuales.

Cuento manual estación 1.

ESTACIÓN 1 VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019					
FECHA:		viernes, 25 de octubre de 2019		HORA: 06H00 - 20H00	
Periodo cada 15 min	LIV	BU S	CAMIÓN	Total	Hora Pico
0600-0615	26	0	1	27	
0615-0630	40	2	1	43	
0630-0645	107	5	0	112	
0645-0700	197	8	3	208	390
0700-0715	241	7	2	250	613
0715-0730	147	7	1	155	725
0730-0745	110	9	0	119	732
0745-0800	129	8	1	138	662
0800-0815	129	5	1	135	547
0815-0830	151	4	4	159	551
0830-0845	136	8	4	148	580
0845-0900	132	7	3	142	584
0900-0915	125	8	1	134	583
0915-0930	107	6	1	114	538
0930-0945	136	5	4	145	535
0945-1000	123	5	3	131	524
1000-1015	131	5	2	138	528
1015-1030	150	3	0	153	567
1030-1045	133	7	2	142	564
1045-1100	137	5	3	145	578
1100-1115	92	7	4	103	543
1115-1130	95	5	3	103	493
1130-1145	104	6	2	112	463
1145-1200	106	4	3	113	431
1200-1215	129	6	4	139	467
1215-1230	123	5	5	133	497
1230-1245	132	4	2	138	523
1245-1300	170	6	2	178	588
1300-1315	157	6	4	167	616
1315-1330	169	4	4	177	660
1330-1345	145	4	3	152	674
1345-1400	128	7	5	140	636
1400-1415	122	8	2	132	601
1415-1430	101	4	1	106	530
1430-1445	123	7	0	130	508
1445-1500	113	5	3	121	489
1500-1515	134	5	3	142	499
1515-1530	143	6	2	151	544
1530-1545	135	3	7	145	559
1545-1600	145	7	3	155	593
1600-1615	141	3	2	146	597
1615-1630	127	2	1	130	449
1630-1645	153	7	3	163	467
1645-1700	142	3	1	146	458
1700-1715	134	4	3	141	453
1715-1730	151	8	1	160	610
1730-1745	155	6	4	165	612
1745-1800	135	7	4	146	612
1800-1815	161	6	3	170	641
1815-1830	145	4	3	152	633
1830-1845	123	5	2	130	598
1845-1900	140	1	0	141	593
1900-1915	108	7	1	116	539
1915-1930	131	7	1	139	526
1930-1945	117	11	0	128	524
1945-2000	98	4	0	102	485
TOTAL	7314	308	98	7623	
% SIN 2R	95.95%	4.04%	16.8%	100.00%	

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Conteo manual estación 2.

ESTACIÓN 2 VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019					
FECHA: viernes, 25 de octubre de 2019 HORA: 06H00 - 20H00					
Período cada 15 min	LIV	BUS	CAMIÓN	Total	Hora Pico
0600-0615	37	3		40	
0615-0630	72	5		77	
0630-0645	213	4		217	
0645-0700	395	6		401	735
0700-0715	254	7		261	956
0715-0730	292	7		299	1178
0730-0745	230	6	1	237	1198
0745-0800	200	7	2	209	1006
0800-0815	260	8		268	1013
0815-0830	201	5	1	207	921
0830-0845	187	5	1	193	877
0845-0900	215	6	3	224	892
0900-0915	212	6	4	222	846
0915-0930	244	5	2	251	890
0930-0945	179	5	4	188	885
0945-1000	179	4		183	844
1000-1015	188	4		192	814
1015-1030	186	5	2	193	756
1030-1045	203	5	1	209	777
1045-1100	182	5	1	188	782
1100-1115	161	5	1	167	757
1115-1130	180	3	1	184	748
1130-1145	186	5	2	193	732
1145-1200	195	5	1	201	745
1200-1215	193	5	1	199	777
1215-1230	201	5	1	207	800
1230-1245	226	3	1	230	837
1245-1300	238	5	1	244	880
1300-1315	161	5	5	171	852
1315-1330	121	4	1	126	771
1330-1345	167	3	2	172	713
1345-1400	137	4	3	144	613
1400-1415	147	8	5	160	602
1415-1430	123	6	4	133	609
1430-1445	124	6	1	131	568
1445-1500	144	5	4	153	577
1500-1515	144	3	3	150	567
1515-1530	141	5	5	151	585
1530-1545	133	4	4	141	595
1545-1600	149	5	4	158	600
1600-1615	150	8	5	163	613
1615-1630	158	4	2	164	626
1630-1645	124	3	3	130	615
1645-1700	118	7	6	131	588
1700-1715	165	4	4	173	598
1715-1730	145	5	5	155	589
1730-1745	139	6	5	150	609
1745-1800	188	5	5	198	676
1800-1815	143	7	4	154	657
1815-1830	104	3	6	113	615
1830-1845	201	7	2	210	675
1845-1900	146	3	1	150	627
1900-1915	133	5		138	611
1915-1930	142	4	1	147	645
1930-1945	116	3	3	122	557
1945-2000	109	3	2	114	521
TOTAL	9681	279	126	10086	
% SIN 2R	95.98%	2.77%	125%	100.00%	

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Conteo manual estación 3.

ESTACIÓN 3 VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019					
FECHA:		viernes, 25 de octubre de 2019		HORA: 06H00 - 20H00	
Período cada 15 min	LIV	BUS	CAMIÓN	Total	Hora Pico
0600-0615	69	7	3	79	
0615-0630	109	13	2	124	
0630-0645	224	14	3	241	
0645-0700	313	11	4	328	772
0700-0715	364	9	3	376	1069
0715-0730	268	14	8	290	1235
0730-0745	254	12	4	270	1264
0745-0800	293	10	10	313	1249
0800-0815	267	7	7	281	1154
0815-0830	235	9	9	253	1117
0830-0845	262	11	10	283	1130
0845-0900	234	5	13	252	1069
0900-0915	218	13	9	240	1028
0915-0930	235	6	7	248	1023
0930-0945	186	59	10	255	995
0945-1000	199	5	9	213	956
1000-1015	207	8	10	225	941
1015-1030	167	6	14	187	880
1030-1045	205	10	14	229	854
1045-1100	228	9	8	245	886
1100-1115	218	7	14	239	900
1115-1130	208	7	8	223	936
1130-1145	201	9	9	219	926
1145-1200	228	8	8	244	925
1200-1215	278	10	2	290	976
1215-1230	224	8	5	237	990
1230-1245	255	10	5	270	1041
1245-1300	254	8	2	264	1061
1300-1315	303	12	3	318	1089
1315-1330	367	7	6	380	1232
1330-1345	284	10	18	312	1274
1345-1400	213	6	8	227	1237
1400-1415	298	13	9	320	1239
1415-1430	233	14	16	263	1122
1430-1445	237	9	14	260	1070
1445-1500	251	11	13	275	1118
1500-1515	240	8	7	255	1053
1515-1530	249	8	9	266	1056
1530-1545	231	6	17	254	1050
1545-1600	224	7	8	239	1014
1600-1615	273	10	10	293	1052
1615-1630	257	8	11	276	1062
1630-1645	291	8	7	306	1114
1645-1700	311	6	7	324	1199
1700-1715	263	8	9	280	1186
1715-1730	298	15	13	326	1236
1730-1745	286	7	4	297	1227
1745-1800	242	15	7	264	1167
1800-1815	277	13	4	294	1181
1815-1830	306	7	7	320	1175
1830-1845	294	11	8	313	1191
1845-1900	331	12	4	347	1274
1900-1915	293	10	5	308	1288
1915-1930	281	10	6	297	1265
1930-1945	259	10	1	270	1222
1945-2000	304	10	6	320	1195
TOTAL	34099	576	447	35222	
% SIN 2R	93.24%	3.82%	2.96%	100.00%	

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Conteo manual estación 4.

ESTACIÓN 4 VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019					
FECHA:		viernes, 25 de octubre de 2019		HORA: 06H00 - 20H00	
Período cada 15 min	LIV	BUS	CAMIÓN	Total	Hora Pico
0600-0615	137	19	0	156	
0615-0630	190	12	0	202	
0630-0645	284	6	3	293	
0645-0700	263	8	4	275	926
0700-0715	217	22	2	241	1011
0715-0730	185	6	4	195	1004
0730-0745	168	15	6	189	900
0745-0800	157	12	5	174	799
0800-0815	192	11	4	207	765
0815-0830	151	10	3	164	734
0830-0845	133	8	9	150	695
0845-0900	132	6	2	140	661
0900-0915	109	7	4	120	574
0915-0930	115	8	6	129	539
0930-0945	99	3	6	108	497
0945-1000	82	7	5	94	451
1000-1015	109	7	5	121	452
1015-1030	103	4	4	111	434
1030-1045	95	5	2	102	428
1045-1100	86	4	4	94	428
1100-1115	93	4	3	100	407
1115-1130	96	6	5	107	403
1130-1145	125	7	1	133	434
1145-1200	99	7	5	111	451
1200-1215	143	6	5	154	505
1215-1230	140	9	4	153	551
1230-1245	158	6	7	171	589
1245-1300	141	5	6	152	630
1300-1315	136	8	0	144	620
1315-1330	132	6	1	139	606
1330-1345	97	5	2	104	539
1345-1400	101	7	2	110	497
1400-1415	120	7	1	128	481
1415-1430	138	4	0	142	484
1430-1445	140	9	1	150	530
1445-1500	149	11	2	162	582
1500-1515	114	6	2	122	576
1515-1530	131	4	3	138	572
1530-1545	115	7	0	122	544
1545-1600	93	8	3	104	486
1600-1615	102	6	1	109	473
1615-1630	118	5	1	124	459
1630-1645	117	9	3	129	466
1645-1700	121	7	0	128	490
1700-1715	110	7	0	117	498
1715-1730	130	7	0	137	511
1730-1745	125	7	0	132	514
1745-1800	118	6	1	125	511
1800-1815	115	6	2	123	517
1815-1830	135	8	0	143	523
1830-1845	118	4	2	124	515
1845-1900	104	8	0	112	502
1900-1915	89	6	0	95	474
1915-1930	116	4	1	121	452
1930-1945	105	5	1	111	439
1945-2000	94	1	0	95	422
TOTAL	7285	408	143	7836	
% SIN 2R	92.97%	5.23%	18.2%	100.00%	

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Conteo manual estación 5.

ESTACIÓN 5 VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019					
FECHA:		viernes, 25 de octubre de 2019		HORA: 06H00 - 20H00	
Periodo cada 15 min	LIV	BUS	CAMIÓN	Total	Hora Pico
0600-0615	63	4	1	68	
0615-0630	140	7	3	150	
0630-0645	292	5	2	299	
0645-0700	298	4	0	302	819
0700-0715	245	5	2	252	1003
0715-0730	192	4	3	199	1052
0730-0745	264	5	4	273	1026
0745-0800	295	8	7	310	1034
0800-0815	233	4	11	248	1030
0815-0830	247	2	9	258	1089
0830-0845	219	3	4	226	1042
0845-0900	220	3	12	235	967
0900-0915	193	2	5	200	919
0915-0930	170	2	4	176	837
0930-0945	162	2	6	170	781
0945-1000	166	1	8	175	721
1000-1015	166	2	12	180	701
1015-1030	173	3	9	185	710
1030-1045	203	2	17	222	762
1045-1100	189	2	7	198	785
1100-1115	175	1	6	182	787
1115-1130	165	2	7	174	776
1130-1145	170	4	5	179	733
1145-1200	193	2	12	207	742
1200-1215	184	4	2	190	750
1215-1230	205	3	2	210	786
1230-1245	206	4	9	219	826
1245-1300	203	3	8	214	833
1300-1315	230	3	6	239	882
1315-1330	197	1	2	200	872
1330-1345	203	5	9	217	870
1345-1400	227	4	7	238	894
1400-1415	185	5	3	193	848
1415-1430	193	3	10	206	854
1430-1445	242	3	7	252	889
1445-1500	250	3	8	261	912
1500-1515	247	4	11	262	981
1515-1530	238	1	1	240	1015
1530-1545	205	2	3	210	973
1545-1600	259	5	10	274	986
1600-1615	233	4	8	245	969
1615-1630	214	4	13	231	960
1630-1645	223	5	9	237	987
1645-1700	262	4	6	272	985
1700-1715	221	4	9	234	974
1715-1730	232	4	6	242	985
1730-1745	248	3	4	255	1003
1745-1800	234	2	4	240	971
1800-1815	190	4	4	198	935
1815-1830	202	3	2	207	900
1830-1845	223	3	3	229	874
1845-1900	216	3	1	220	854
1900-1915	198	2	2	202	858
1915-1930	174	4	3	181	832
1930-1945	194	5	3	202	805
1945-2000	169	1	2	172	757
TOTAL	11740	187	333	12260	
% SIN 2R	95.76%	153%	2.72%	100.00%	

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Conteo manual Total.

TRAFICO TOTAL VIERNES 25 DE OCTUBRE DE 2019					
FECHA:	viernes, 25 de octubre de 2019		HORA: 06H00 - 20H00		
Periodo cada 15 min	LIV	BUS	CAMIÓN	Total	Hora Pico
0600-0615	332	33	5	370	
0615-0630	551	39	6	596	
0630-0645	1120	34	8	1162	
0645-0700	1466	37	11	1514	3642
0700-0715	1321	50	9	1380	4652
0715-0730	1084	38	16	1138	5194
0730-0745	1026	47	15	1088	5120
0745-0800	1074	45	25	1144	4750
0800-0815	1081	35	23	1139	4509
0815-0830	985	30	26	1041	4412
0830-0845	937	35	28	1000	4324
0845-0900	933	27	33	993	4173
0900-0915	857	36	23	916	3950
0915-0930	871	27	20	918	3827
0930-0945	762	74	30	866	3693
0945-1000	749	22	25	796	3496
1000-1015	801	26	29	856	3436
1015-1030	779	21	29	829	3347
1030-1045	839	29	36	904	3385
1045-1100	822	25	23	870	3459
1100-1115	739	24	28	791	3394
1115-1130	744	23	24	791	3356
1130-1145	786	31	19	836	3288
1145-1200	821	26	29	876	3294
1200-1215	927	31	14	972	3475
1215-1230	893	30	17	940	3624
1230-1245	977	27	24	1028	3816
1245-1300	1006	27	19	1052	3992
1300-1315	987	34	18	1039	4059
1315-1330	986	22	14	1022	4141
1330-1345	896	27	34	957	4070
1345-1400	806	28	25	859	3877
1400-1415	872	41	20	933	3771
1415-1430	788	31	31	850	3599
1430-1445	866	34	23	923	3565
1445-1500	907	35	30	972	3678
1500-1515	879	26	26	931	3676
1515-1530	902	24	20	946	3772
1530-1545	819	22	31	872	3721
1545-1600	870	32	28	930	3679
1600-1615	899	31	26	956	3704
1615-1630	874	23	28	925	3683
1630-1645	908	32	25	965	3776
1645-1700	954	27	20	1001	3847
1700-1715	893	27	25	945	3836
1715-1730	956	39	25	1020	3931
1730-1745	953	29	17	999	3965
1745-1800	917	35	21	973	3937
1800-1815	886	36	17	939	3931
1815-1830	892	25	18	935	3846
1830-1845	959	30	17	1006	3853
1845-1900	937	27	6	970	3850
1900-1915	821	30	8	859	3770
1915-1930	844	29	12	885	3720
1930-1945	791	34	8	833	3547
1945-2000	774	19	10	803	3380
TOTAL	50119	1758	1177	53054	
% SIN 2R	94.47%	3.38%	2.22%	100.00%	

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Anexo 2: Registro de placas.

Conteos de placas por entradas y salidas.

Livianos						
	S1	S2	S3	S4	S4	Total
E1	175	756	775	717	391	2814
E2	944	736	344	785	730	3539
E3	579	490	368	1589	1671	4697
E4	169	543	433	620	1157	2922
E5	210	1476	1760	1122	343	4911
Total	2077	4001	3680	4833	4292	18883

Buses						
	S1	S2	S3	S4	S4	Total
E1	10	16	67	22	3	118
E2	47	5	47	6	1	106
E3	0	6	2	154	50	212
E4	10	125	24	5	6	170
E5	0	4	53	20	4	81
Total	67	156	193	207	64	687

Camiones						
	S1	S2	S3	S4	S4	Total
E1	7	12	15	7	4	45
E2	10	10	4	5	4	33
E3	18	26	27	26	13	110
E4	4	13	19	9	11	56
E5	11	19	26	12	3	71
Total	50	80	91	59	35	315

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

Congruencia entre conteo de placas y conteo volumétrico.

Livianos			
	Placas	Manual	% Congruencia
Estación 1	2814	3173	89%
Estación 2	3539	4231	84%
Estación 3	4697	6417	73%
Estación 4	2922	3525	83%
Estación 5	4911	5010	98%

Buses			
	Placas	Manual	% Congruencia
Estación 1	118	133	89%
Estación 2	106	114	93%
Estación 3	212	244	87%
Estación 4	170	194	88%
Estación 5	81	94	86%

Camiones			
	Placas	Manual	% Congruencia
Estación 1	45	48	94%
Estación 2	33	37	89%
Estación 3	110	127	87%
Estación 4	56	57	98%
Estación 5	71	87	82%

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021)

Anexo 3: Vehículos matriculados por años

Vehículos matriculados por años.

Año	Vehiculos livianos
1969	1935
1970	2435
1971	3173
1972	3529
1973	3921
1974	4638
1975	5710
1976	6588
1977	8106
1978	8877
1979	11193
1980	11631.5
1981	12070
1982	13382.5
1983	14695
1984	15453
1985	16113
1986	18887
1987	18846.5
1988	18806
1989	23028
1990	20648
1991	22202
1992	22353
1993	22504

Año	Vehiculos livianos
1994	21940
1995	25658
1996	27067
1997	30957
1998	31006
1999	35703
2000	42924
2001	44586
2002	44282
2003	52737
2004	56664
2005	63779
2006	71180
2007	71206
2008	71232
2009	63472
2010	87815
2011	92319
2012	95944
2013	99972
2014	105178
2015	124069
2016	120331
2017	141848
2018	154697

Fuente: EMOV EP.

Anexo 4: Datos de población de la Provincia del Azuay.

Datos históricos de población de la Provincia del Azuay.

	TOTAL	% URBANO	Urbano	Tasa	%Rural	Rural	Tasa
1950	250975	0.16	40156		0.84	210819	
1962	274642	0.25	68660.5	0.04571429	0.75	205981.5	-0.0019326
1974	367324	0.32	117543.68	0.04582181	0.68	249780.32	0.01619604
1982	442019	0.38	167967.22	0.04563029	0.62	274051.78	0.01165935
1990	506090	0.43	217618.7	0.03290162	0.57	288471.3	0.0064304
2001	599546	0.52	311763.92	0.0332219	0.48	287782.08	-0.00021744
2010	712127	0.53	380445	0.02236821	0.47	331682	0.01589987

Fuente: INEN.

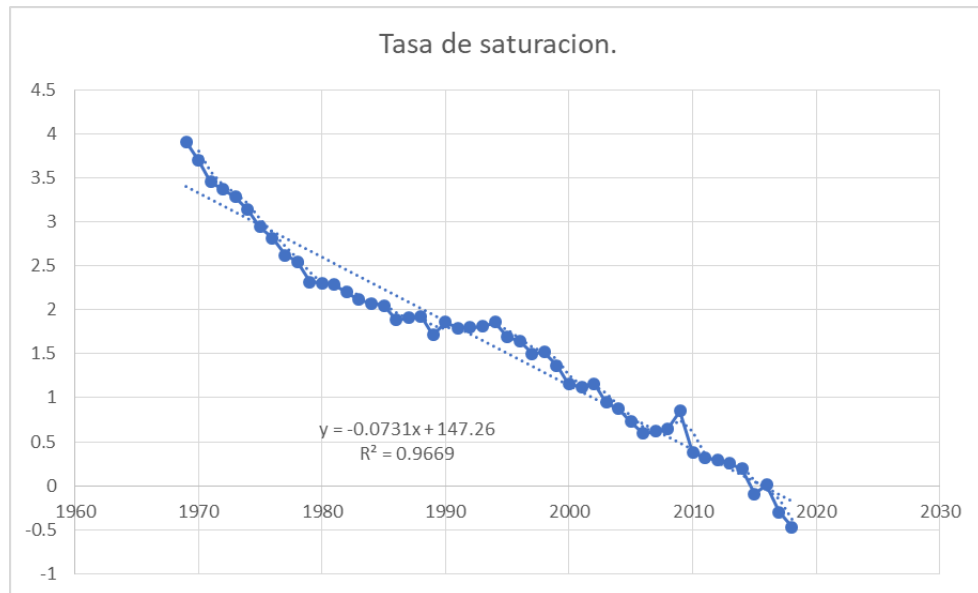
Anexo 5: Método logit.

Desarrollo del método logit.

AÑOS	POBLACION TOTAL	VEHICULOS LIVIANOS	TM	Ln(Ts/Tm-1)	Tm Ajustado	Livianos Ajustado
1969	324453	1935	5.96388525	3.908131573	15.6460074	5076.39283
1970	332491	2435	7.32350194	3.698177324	16.8049651	5587.50312
1971	340787	3173	9.31079512	3.451347589	18.0443802	6149.29419
1972	349351	3529	10.1015888	3.367133109	19.3690193	6766.58597
1973	358193	3921	10.9466143	3.283906405	20.7838078	7444.61331
1974	367324	4638	12.6264551	3.135373954	22.2938151	8189.05333
1975	375600	5710	15.2023498	2.94080762	23.9042367	8978.42722
1976	384154	6588	17.1493566	2.813508795	25.6203714	9842.17725
1977	392999	8106	20.6259994	2.61668005	27.4475945	10786.881
1978	402146	8877	22.0740583	2.543687995	29.3913252	11819.6115
1979	411608	11193	27.193327	2.316728549	31.4569895	12947.9591
1980	421399	11631.5	27.6021367	2.300323642	33.6499769	14180.051
1981	431531	12070	27.9702044	2.285739623	35.9755911	15524.5696
1982	442019	13382.5	30.2758479	2.198110558	38.4389955	16990.7664
1983	449308	14695	32.7058748	2.111955999	41.0451516	18441.9009
1984	456789	15453	33.8295886	2.074008857	43.7987519	20006.8089
1985	464471	16113	34.6911155	2.045655253	46.7041474	21692.699
1986	472357	18887	39.9845875	1.883718567	49.7652696	23506.9737
1987	480455	18846.5	39.2263234	1.905743413	52.985548	25457.1941
1988	488772	18806	38.4759827	1.927897828	56.3678245	27551.0392
1989	497315	23028	46.3046626	1.712647263	59.9142652	29796.2585
1990	506090	20648	40.7990674	1.860451906	63.6262712	32200.6196
1991	513257	22202	43.2570832	1.792531367	67.5043911	34647.1001
1992	520664	22353	42.9317045	1.801333687	71.5482357	37252.6023
1993	528320	22504	42.5954352	1.810489346	75.7563986	40023.5843
1994	536231	21940	40.9151795	1.857167063	80.1263834	42966.275
1995	544408	25658	47.1300915	1.691757463	84.6545422	46086.6121
1996	552858	27067	48.9582789	1.646530026	89.3360259	49390.1801
1997	561592	30957	55.1236695	1.503350757	94.1647499	52882.1501
1998	570617	31006	54.337643	1.520878753	99.1333773	56567.2217
1999	579945	35703	61.5627571	1.36655248	104.233322	60449.5714
2000	589584	42924	72.8038473	1.151162981	109.45477	64532.8059
2001	599546	44586	74.3662705	1.123118803	114.78673	68819.9249
2002	611095	44282	72.4633295	1.157329308	120.217097	73464.103
2003	622873	52737	84.6672939	0.947290687	125.732747	78315.576
2004	634885	56664	89.2508425	0.873352306	131.319648	83372.8436
2005	647134	63779	98.5560468	0.729668481	136.962992	88633.4524
2006	659627	71180	107.909496	0.592170692	142.647349	94094.0199
2007	672367	71206	105.90343	0.621166177	148.356827	99750.275
2008	685361	71232	103.933599	0.649886216	154.075251	105597.116
2009	698612	63472	90.8544176	0.848014329	159.786345	111628.682
2010	712127	87815	123.313679	0.37648133	165.473914	117838.442
2011	725911	92319	127.176822	0.323900402	171.122031	124219.292
2012	739968	95944	129.659599	0.290344746	176.715213	130763.665
2013	754306	99972	132.535086	0.251682086	182.238582	137463.642
2014	768929	105178	136.785062	0.194870951	187.678024	144311.074
2015	783843	124069	158.282894	-0.089603058	193.020319	151297.701
2016	799055	120331	150.591625	0.011991891	198.253256	158415.267
2017	814570	141848	174.138486	-0.301112588	203.365729	165655.637
2018	830395	154697	186.293351	-0.467659075	208.347805	173010.901
2019	846535				213.190776	180473.469
2020	862998				217.887179	188036.165
2021	879790				222.430805	195692.295
2022	896917				226.816685	203435.715
2023	914387				231.041053	211260.883
2024	932206				235.101301	219162.892

Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021)

Gráfico de la tasa de saturación.



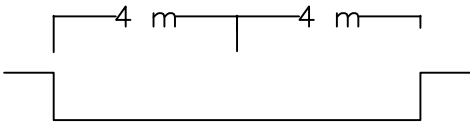
Fuente: (Castillo Arias & Moncayo Andrade, 2021).

$$T_s = 303$$

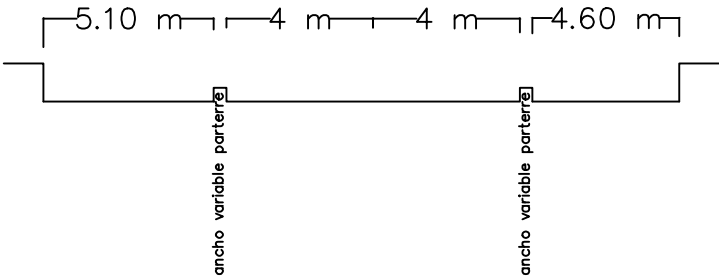
$$R^2 = 0.9669$$

Anexo 6: Planos del diseño geométrico.

Camino al Valle (P3)



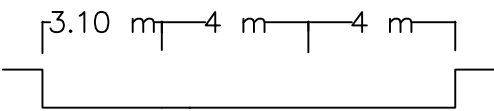
Avenida 24 de mayo (P4)



(P3)

Avenida 24 de mayo

Av. 24 de mayo (P2)



(P2)

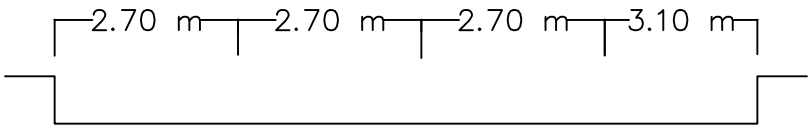
(P4)

(P1)

Avenida 24 de mayo

Camino al Valle

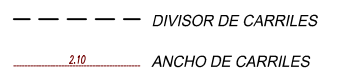
Camino al Valle (P1)



SIMBOLOGIA

- DIVISOR DE CARRILES
- SEMÁFORO
- ANCHO DE CARRILES

Proyecto: Estudio de impacto a la movilidad por la inclusión de un centro comercial en el sector Galpal de la ciudad de Cuenca.		
Contiene: Diseño Geometrico alternativa 1	Lamina: 1 de 2	
Realizado por: Christian Castillo y Boris moncayo	Fecha: Junio 2021	
Sector: Interseccion garaicoa	Escala: 1:500	Ciudad: Cuenca



Proyecto: Estudio de impacto a la movilidad por la inclusión de un centro comercial en el sector Gapal de la ciudad de Cuenca.
--

Contiene: Diseño Geometrico alternativa 1

Lamina: 2 de 2

Realizado por: Christian Castillo y Boris moncayo

Fecha: Junio 2021

Sector: Redondel Av. paraiso

Escala: 1:500

Ciudad: Cuenca