



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

## “Análisis y rediseño geométrico de la intersección de la Avenida Remigio Crespo y Avenida Loja”

Proyecto de graduación, previo a  
la obtención del Título de Ingeniero Civil

**Director:**

Ing. Juan Marcelo Avilés Ordóñez M.Sc  
C.I. 0103872503

**Autor:**

Iván Patricio Chaca Guamán

C.I. 0104761952

**Cuenca - Ecuador  
2018**



## Resumen

Cuenca, una de las ciudades principales de país, experimenta un gran desarrollo en todo ámbito, lo cual ha hecho que el transporte de personas y bienes sea una necesidad creciente, más aún en el casco urbano. El incremento del parque automotor pide no solo una gran demanda vial, sino también sistemas de control en el tránsito para la circulación diaria. La ciudad no posee las vías necesarias para esta demanda de vehículos, sobre todo, en sectores como el casco urbano, genera problemas de congestión vehicular. Para ello la Ingeniería de Tránsito ha dado las pautas para solucionar estos problemas que satisfagan o mejoren el servicio a la ciudadanía.

La intersección de las avenidas Remigio Crespo y Loja es un punto crítico en la ciudad de Cuenca, ya que son dos arterias de desfogue de tránsito en la ciudad. Una de ellas, la Avenida Loja es una de las entradas principales para ingresar al centro histórico, y la otra es fundamental para el comercio de la ciudad.

El presente proyecto plantea realizar el análisis de capacidad y niveles de servicio en intersecciones semaforizadas según el *Manual de Capacidad de Carreteras*, para que de esta manera poder observar el estado actual y, por ende, presentar posibles soluciones a mediano y largo plazo, optimizando y llevando al máximo la capacidad de la intersección, para mejorar la calidad de viaje de los usuarios.

**Palabras clave: intersección, congestión, vialidad, capacidad, viaje, semaforización.**



## **Abstract**

Cuenca, one of the main cities of Ecuador, has experienced a development in all areas, which has made the transport of people and goods become a growing need, especially in the town. The increase of the fleet requires not only a great road demand, but also systems that control the transit of daily circulation. The city does not have this demand on roads, especially in urban sectors, which generates traffic congestion problems. For this, the Traffic Engineering has given guidelines to solve these problems to improve service to citizens.

The intersection of the avenues Remigio Crespo and Loja is a critical point in Cuenca, since they are two traffic vent arteries of the city. One of them, Loja Avenue, is the main entry to the city's historical center, and the other is full of restaurants and shops.

This project involves the analysis of capacity and service levels at signalized intersections, according to the Manual Highway Capacity of this intersection. The objective is to observe the current status to present possible instant solutions, optimizing and carrying the maximum capacity of the intersection, to improve the ride quality of the users.

**Keywords:** intersection, congestion, road, capacity, travel, traffic lights.



## Contenido

Resumen .....	2
DEDICATORIA.....	9
AGRADECIMIENTO.....	10
1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1.2 Problemas de tránsito y su solución.....	12
1.2. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN.....	16
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	17
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	17
2. MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. CAPACIDAD VIAL.....	18
2.2. VOLUMEN DE TRÁFICO .....	19
2.2.1 Calles urbanas.....	19
2.2.2. Características de flujo .....	20
2.3. INTERSECCIONES.....	20
2.3.1. Puntos de conflicto .....	21
2.4. ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: METODOLOGÍA.....	23
2.4.1. Parámetros de entrada.....	23
2.4.2. Vehículos equivalentes .....	24
2.4.3. Determinación de la tasa de flujo.....	25
2.4.4. Determinación del flujo de saturación .....	26
2.4.5. Determinación de la capacidad y la relación volumen a capacidad.....	30
2.4.6. Determinación de demoras .....	30
2.4.7. Determinación del nivel de servicio .....	32
2.5. TIPOS DE CONTROL EN INTERSECCION.....	33
2.5.1. Semáforos.....	33
2.5.2. Tipos de semáforos.....	35
2.5.3. Ventajas y desventajas de la semaforización .....	38
2.6. SEÑALIZACIÓN EN INTERSECCIONES .....	38
2.6.1 Señales verticales.....	39
2.6.2 Marcas y señalización horizontal.....	42
2.6 DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES.....	44



2.7.1	PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL DISEÑO DE UNA INTERSECCIÓN	45
	VIAL	45
2.7.2	Principios generales de intersecciones canalizadas	46
2.7.3	Diseño definitivo de la intersección	47
3.	METODOLOGÍA	48
3.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS	48
3.1.1.	Aforo vehicular	48
	Tabla 3.1 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS	50
3.1.2.	Levantamiento de la franja topográfica	50
3.1.3.	Ciclo semafórico	52
3.2.	EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN	53
3.2.1.	Análisis en hoja de cálculo	53
3.2.2.	FLUJO DE SATURACIÓN	54
3.2.3.	Análisis de capacidad	56
3.2.4.	Análisis de nivel de servicios	56
4	PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	58
4.1.	Objetivo del proyecto	58
4.2.	Alternativa cero	59
4.2.1.	Propuesta	59
4.2.2.	Análisis de tránsito	59
4.2.3.	Análisis Geométrico	61
4.3.	ALTERNATIVA UNO	62
4.3.1.	Propuesta	62
4.3.2.	Análisis de nivel de servicio	63
4.4.	ALTERNATIVA DOS	69
4.4.1.	Propuesta	69
4.4.2.	Análisis de nivel de servicio	70
4.4.3.	Análisis geométrico	73
4.5.	ALTERNATIVA TRES	77
4.5.1.	Propuesta	77
4.5.2.	Análisis de tránsito	78
4.5.3.	Análisis geométrico	81
4.6.	ALTERNATIVA ESCOGIDA	84



5 RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	87
5.1 RESULTADOS.....	87
5.2 CONCLUSIONES.....	88
ANEXOS.....	90
Anexo 1 Resultados de conteo Volumétrico de la Intersección .....	90
Anexo 2 Conteo clasificado en hora pico.....	91
Anexo 3 Puntos del levantamiento de la franja topográfica .....	92
Anexo 4 Factor horario de máxima demanda de la Intersección .....	93
Anexo 5 Renders del Diseño Geométrico de la Intersección.....	93



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

YO, Iván Patricio Chaca Guamán en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Análisis y rediseño geométrico de la intersección de la Avenida Remigio Crespo y Avenida Loja”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, mayo de 2018

---

Iván Patricio Chaca Guamán

C.I: 010476195-2



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo Iván Patricio Chaca Guamán autor del trabajo de titulación "Análisis y rediseño geométrico de la intersección de la Avenida Remigio Crespo y Avenida Loja", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, Mayo de 2018

Iván Patricio Chaca Guamán

C.I: 010476195-2



## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mi familia, quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado en mi formación académica.

A mis padres y amigos: Patricio y Eulalia, porque son ejemplo a seguir y porque me apoyaron siempre, en todas las decisiones que las he tomado, sin importar si estas fueran o no las correctas. A ellos que me enseñaron que, ante todo, está la humildad.

A mi hermana Yeye, para quien espero ser un buen ejemplo, tanto en la vida académica como en la profesional.

A mis amigos con quienes, a pesar de no compartir un salón de clase, hemos formado una amistad verdadera: Belén, Juan Pablo, Jully, Xavier, Gino, Josué, Andrés, Pedro, Vivi, Gonzalo, Miguel. Gracias por su confianza, ánimos, consejos y apoyémonos en las buenas y en las malas.

Iván Chaca G.  
Cuenca, octubre de 2016



## AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Cuenca por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. De igual manera, agradezco a mi director de Tesis de Grado, al Ing. Juan Avilés, por su visión crítica en muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos y paciencia, todo ello me ha ayudado a culminar este proyecto.

Y un agradecimiento especial a todos los familiares y amigos, quienes me han ayudado en este proceso de forma desinteresada, por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía durante mi formación profesional.

Iván Chaca G.  
Cuenca, octubre de 2016



# CAPÍTULO 1

---

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1.1. Antecedentes

Desde la fundación española de Cuenca (1557) se han generado contactos culturales, de comercio y negocio con las poblaciones del norte y del sur de la ciudad. Para llegar al sur de nuestro país, a ciudades, tales como: Loja, Zamora y Machala, así como a poblaciones: Girón, Yunguilla, Pasaje y Santa Rosa, se utilizaba un sendero considerado, desde aquellas épocas, la única vía de conexión desde Cuenca hacia los lugares, tanto meridionales del Ecuador como con los del norte del Perú. Con el devenir del tiempo y del desarrollo urbano de la ciudad, ese sendero se ha transformado en una de las principales avenidas de nuestra ciudad: la Avenida Loja. **[1]**

La avenida Loja, una gran arteria de tránsito de la ciudad, representa un legado cultural e histórico para la ciudad de Cuenca, puesto que se encuentra dentro de los sitios patrimoniales de la ciudad. En los últimos años, la avenida Loja ha sufrido varias modificaciones: inicialmente presentaba doble dirección, pero, desde hace más o menos 16 años, la Administración Municipal de ese entonces decidió que la avenida sea una arteria en un solo sentido. A partir del año 2012, se realizó una regeneración de esta arteria vehicular: desde la Avenida 10 de Agosto, hasta la Avenida Remigio Crespo, lo cual implicaba obras, tales como: re adoquinado, soterrado de los cables eléctricos y la reducción de la velocidad límite de 50 km/h a 30 km/h –siendo muy baja– y, además, se construyó una ciclo vía que va desde la Avenida Remigio Crespo, hasta la Avenida 12 de Abril (Puente del Vado)

Finalmente, la última modificación a Avenida Loja y la Avenida Remigio Crespo Toral. Esta obra no fue diseñada con realizada en la presente Administración Municipal hace relación al rehabilitamiento de uno de los canales que quedaron en desuso desde hace algunos años, concretamente, el ubicado en la intersección de llas reformas



geométricas necesarias para un funcionamiento adecuado y para dar un mejor servicio a la comunidad, ya que la obra no consideró realizar una modificación general y funcional, solo se la hizo una puntual, es decir, solo se cambió el diseño en una isleta de la intersección, sin mayor beneficio para el funcionamiento de la misma.

El problema expuesto, en el párrafo anterior, se presenta en la intersección de la Avenida Loja y Avenida Remigio Crespo Toral, sector que, con el paso del tiempo, se ha convertido en un espacio comercial. En este se multiplican: cadenas de comida, centros educativos, licorerías, sitios de entretenimiento y entidades públicas como el SRI, todo lo cual hace que la demanda vial sea considerable, pues hay gran circulación de transporte público y privado.

De todo lo expuesto, ha llevado a elaborar un proyecto que enfocará la optimización de la intersección, con una modificación de tránsito y geométrica en esta arteria vial y que satisfaga las necesidades de los usuarios, pues el tiempo que toman los usuarios en atravesar la intersección en una *hora pico* es considerable. Esta situación genera molestias, falta de seguridad para peatones y ciclistas, gasto innecesario de combustible, en fin. Esta modificación a la obra civil puede implicar grandes magnitudes o simples cambios, basados en: los análisis del flujo vehicular, las maniobras que generan conflicto en la intersección, los tiempos de los ciclos semafóricos, las dimensiones de las geométricas de la vía.

En la parte geométrica de esta avenida, existen dimensiones considerables en comparación con el resto de las avenidas. Esta situación, en parte, se debe al parterre central, por lo que este espacio representa una ventaja para mejorar el diseño geométrico de la intersección. En este sector existen ciclo vías, que hace un par de años, no habían sido integradas adecuadamente, pues carecen de señalamiento, y además, fueron mal ubicadas estas vías en las veredas, irrespetando las normas del ciclismo urbano, es decir, no fue diseñada con una adecuada planificación acorde a las necesidades del ciclista.

### **1.1.2 Problemas de tránsito y su solución**

La demanda vehicular implica la cantidad de vehículos que requiere desplazarse por un determinado sistema vial u oferta vial. A su vez, dentro de la demanda vehicular se encuentran aquellos vehículos que están sobre el sistema vial. La oferta vial representa el espacio físico –calles y carreteras–. De esta manera, la oferta vial o capacidad



representa la cantidad máxima de vehículos que, finalmente, pueden desplazarse o circular en dicho espacio físico. [2]

Por otro lado, la demanda vial es generada por los vehículos que circulan y por aquellos que acceden a los lotes adyacentes a las calles, según la densidad de destinos. Si la demanda vehicular es menor a la oferta vial, no existirá problema en el manejo de tránsito. Por el contrario, si la demanda vehicular es mayor a la oferta vial, se presentarán los problemas de tránsito que habrá que analizar y resolver, como congestionamiento, flujo forzado, demoras excesivas.

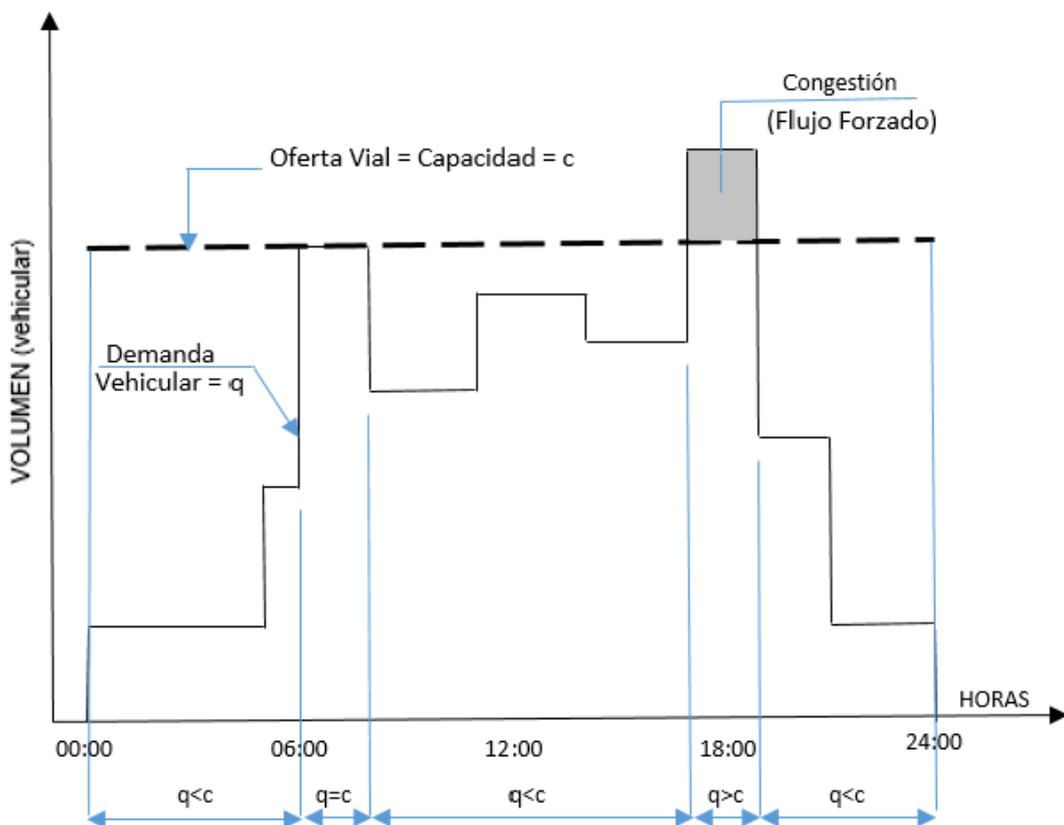


Figura 1.1. LA VARIACIÓN DE LA DEMANDA VEHICULAR [2]

En la Figura 1.1., se observa la relación entre el volumen vehicular, la capacidad de oferta vial, en función a las horas del día: vemos que cuando el volumen de vehículos rebasa la oferta vial (capacidad de la vía), se genera un flujo forzado.



### **1.1.2.1. Congestión vehicular**

La congestión vehicular surge donde la demanda de tráfico es mayor que la capacidad de la calzada, la cual se deriva de los tiempos de viajes excesivos, dependiendo del tipo de transporte, ubicación geográfica y la hora del día. La congestión vehicular “Habitualmente, se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente” [2].

### **1.1.2.2. Factores que intervienen en el problema de tránsito**

Debido a la gran demanda del servicio de transporte, los sistemas de calles en las ciudades tienen que trabajar por encima de su capacidad, todo lo cual genera conflicto entre los usuarios del sistema, resultando no solo una complicada congestión vehicular, sino hasta la presencia de accidentes.

Para plantear soluciones se debe considerar:

1. Falta de planificación de ciclismo urbano.
  - No existe un sistema de ciclo vía.
  - No se consideran las normas de ciclismo urbano.
  - Falta de respeto de los conductores hacia los ciclistas.
2. Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad.
  - Diferentes velocidades, dimensiones y características de aceleración,
  - Camionetas y autobuses de alta velocidad,
  - Camiones pesados, de baja velocidad, incluyendo remolques,
  - Motocicletas, bicicletas, etc.
3. Superposición del tránsito motorizado en vialidades inadecuadas.
  - Relativamente pocos cambios en el trazado urbano,
  - Calles angostas torcidas y pendientes pronunciadas,
  - Carreteras que no han evolucionado.
4. Falta de planificación de tránsito.
  - Calles, carreteras y puentes que se siguen construyendo con especificaciones inadecuadas a las características funcionales: rol, clasificación y calificación de las nuevas vialidades, obras de infraestructura –puentes, túneles, etc.– y otros.



- Intersecciones proyectadas con una mala concepción, desarrolladas e implementadas sin base técnica.
  - Inadecuadas políticas de estacionamiento, con carencia de una estrategia que permita prever espacios para estacionamiento coherente con los espacios preestablecidos.
  - Incoherencia en la localización de zonas residenciales, en relación con el funcionamiento de las zonas industriales o comerciales.
5. Desestimular el uso del vehículo privado por el transporte público.
- Diferenciar que el transporte público no es para las personas de bajos recursos, si no para el traslado de grandes masas de personas con la necesidad de un solo vehículo.
6. Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario.
- Legislación y reglamentos de tránsito anacrónicos, que tienden a forzar al usuario a asimilar el uso de los mismos estos deben adaptarse a las necesidades del usuario.
  - Falta de educación vial del conductor, del pasajero y del peatón.[3]

### **1.1.2.3. Tipos de solución**

Si el problema de tránsito causa pérdida no solo de vidas y bienes –equivalente a una situación de falta de seguridad de las personas y de ineficiencia económica del transporte–, la solución se obtendrá haciendo del tránsito un servicio más seguro y eficiente [2], lo cual lleva a plantear tres tipos de solución para el problema de tránsito.

#### **A. Solución integral**

Los vehículos actuales tienen diferentes características de velocidad y tamaño, están obligados a circular en las carreteras y calles antiguas. La solución vial implica la construcción de nuevas vialidades, creación de ciudades con trazados nuevos. Es un sistema demasiado costoso y casi imposible de aplicar, ya que involucra una renovación urbana completa en las ciudades actuales. La solución integral busca el equilibrio entre la oferta y demanda de los vehículos modernos.

#### **B. Solución parcial de alto costo**



Es la modificación de la vialidad actual, para obtener el mayor beneficio posible. Es un sistema que involucra grandes cantidades de dinero. Este tipo de solución implica los siguientes ejemplos: ensanchamiento de las calles, modificación de intersecciones rotatorias, creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control automático con semáforos, estacionamientos públicos y privados, etc.

#### C. Solución parcial de bajo costo

Es el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con la mínima inversión en obra material, utilizando al máximo la regulación funcional de tránsito, que comprende la legislación y reglamentación adaptadas a las necesidades de tránsito, así como actividades que fomenten la disciplina y educación por parte del usuario. [2]

## 1.2. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN

El problema de tránsito generado en esta intersección ha sido el motivo por el cual se ha elaborado el presente proyecto, a fin de mejorar el nivel de servicio, y para su ejecución se ha realizado un análisis de tránsito y uno geométrico, valorando los problemas in situ.

A continuación, se presentan algunos de los problemas detectados en el lugar:

- Los buses de transporte público no respetan sus carriles de circulación.
- Las ciclo vías en el sector no poseen continuidad.
- Las personas no respetan las normas de tránsito.
- El giro a la izquierda genera congestión, no solo en la hora pico.
- Los usos de los canales no es el adecuado.
- Los buses no respetan las paradas diseñadas por el Municipio.
- La bahía diseñada para ser parada de bus en la Avenida Loja no es utilizada.
- Existen parqueaderos improvisados en los locales comerciales del sector.
- Vehículos motorizados invaden el espacio de ciclo vía.



### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

- Mejorar el nivel de servicio de peatones, ciclistas, motociclistas, vehículos en tiempo actual y proyectado.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Evaluar las condiciones geométricas y de tránsito actuales, que afectan el nivel de servicio en la intersección.
- Plantear alternativas que mejoren el funcionamiento de la intersección.
- Analizar dichas alternativas según la tasa de crecimiento del parque automotor de la ciudad de Cuenca.



# CAPÍTULO 2

---

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. CAPACIDAD VIAL

La capacidad vial «Se la define como la capacidad de una sección de carretera como el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo» [4]. Esta capacidad depende de las características geométricas, estado del pavimento, volumen de vehículos y señales de tránsito. Se toma en cuenta, tanto las normas de circulación existentes – velocidades máximas o prohibiciones de adelantamientos– así como las condiciones ambientales y meteorológicas. Los últimos factores no han sido estudiados en este proyecto ya que si bien influyen en el uso de la vialidad por parte del conducto, no se ha encontrado la manera adecuada de estudiarlo dentro de nuestro sistema.

«El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, ya que se considera el intervalo más corto durante el cual puede presentarse en flujo estable» [5]. Se debe resaltar que la capacidad no trata el máximo volumen al que pueda darse servicio durante una hora. La capacidad de un sistema vial es la tasa máxima horaria.

El nivel de servicio se define como una medida de la calidad que la vía ofrece al usuario [5]. Existen seis niveles de servicio para un régimen continuo de circulación, es decir, sin detenciones producidas por intersecciones o semáforos. Estos niveles están numerados de la A hasta F en orden decreciente, según su nivel de servicio. La figura 2.1 muestra el nivel de servicio en función de la velocidad y volumen, y este se expresa con el porcentaje del uso de la capacidad de la vía.

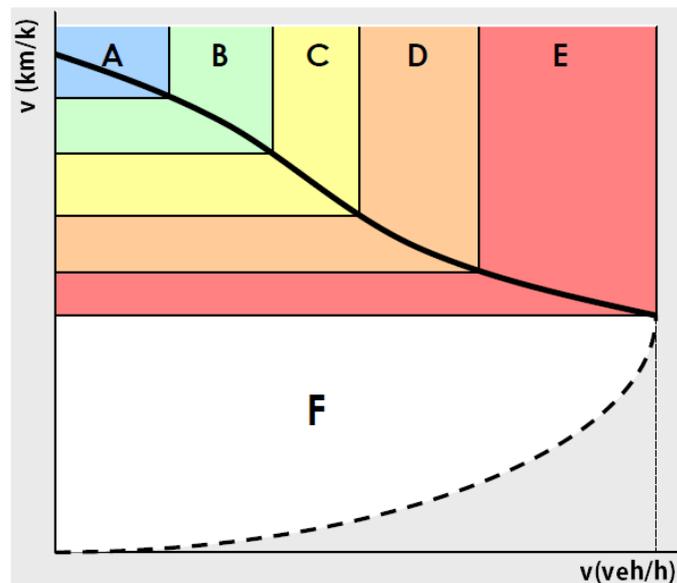


Figura 2.1. REPRESENTACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO EN EL DIAGRAMA DE VOLUMEN Y VELOCIDAD. [5]

## 2.2. VOLUMEN DE TRÁFICO

Se entiende por «volumen de tráfico»: el número de vehículos motorizados que pasa por un tramo de la carretera en un período de tiempo determinado. [2]. Las unidades de tiempo para este volumen de tráfico son: el año, el mes, el día, la hora. De esta manera, se tiene el volumen de tráfico anual, volumen de tráfico mensual, volumen de tráfico diario y volumen de tráfico horario. En el estudio de carreteras, una de las unidades de medidas de volúmenes de tráfico más frecuentemente utilizado, es el volumen de la hora pico o los volúmenes registrados durante un cierto período, que es considerado como un año completo, es decir, se obtiene el PROMEDIO DIARIO de tráfico anual.

### 2.2.1 Calles urbanas

Son calles con alta densidad de puntos de acceso. Tiene mayor volumen vehicular y cuenta con la más alta densidad de señalización. El límite de velocidad es de 40 a 55 Km/h. En las calles céntricas se genera discontinuidad de flujo de tráfico por conflictos peatonales, obstrucciones por paradas de taxis, autobuses, pequeños camiones y estacionamiento de vehículos.



### 2.2.2. Características de flujo

El HCM 2000 –Manual de capacidad de carreteras–, señala tres factores que intervienen en la velocidad de los vehículos en vías urbanas, estos son:

1. El ambiente de la calle que incluye las características geométricas de la vía y tipo de actividad en la carretera. Por el ambiente, refleja el número y anchura de los carriles, tipo de medio, puntos de acceso, existencia de estacionamientos, actividad peatonal, límite de velocidad.
2. La interacción entre los vehículos está determinada por la densidad del tráfico, la cantidad de vehículos, buses y autos. Esto afecta el flujo de los vehículos en intersecciones y entre señales.
3. Control de tráfico –incluidas las señales y signos– obliga a una parte de todos los vehículos a reducir la velocidad o detenerse. Los retrasos y cambios de velocidad provocados por los dispositivos de control de tráfico reducen las velocidades continuas de los vehículos. Sin embargo, estos controles son necesarios para establecer el derecho de paso o preferencias. **[6]**

### 2.3. INTERSECCIONES

Es el espacio compartido entre 2 líneas de flujo vehicular, los conflictos que generan el compartir este espacio de vía, se los puede reducir separándolos en espacios como pasos a desnivel o en tiempo con sistemas de control como semáforos. **[2]**

Las intersecciones pueden ser desde las más simples como, por ejemplo, dos caminos cruzándose en un ángulo recto, hasta los de mayor complejidad con varios caminos en una misma área. Por supuesto, influye la necesidad del conductor: ¿cuál de estas rutas podría escoger para seguir su viaje o recorrido? Una mala elección en las intersecciones, provocaría que existiera un alto porcentaje de accidentes.

Las ciudades están llenas de intersecciones por la gran cantidad de vías existentes en el casco urbano, muchas de estas colapsan por el congestionamiento de flujo vehicular. Al respecto, los municipios o administraciones separan a las vías en principales y secundarias, para dar una mayor preferencia a algunas vías y así reducir los conflictos en las intersecciones.

### 2.3.1. Puntos de conflicto

Cuando los flujos vehiculares se mueven en diferentes direcciones y en un mismo lugar interfieren entre sí, generando conflictos entre los vehículos que circulan. Existen tres tipos de conflictos: incorporación, salida y cruce. El número de puntos de conflicto se crea, según la cantidad de carriles que existen en la intersección.

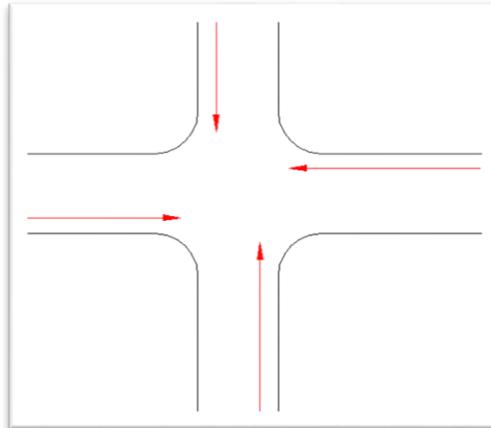


Figura 2.2 ANALISIS DE PUNTOS DE CONFLICTO

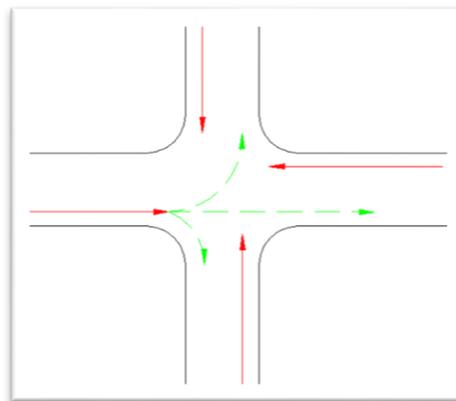
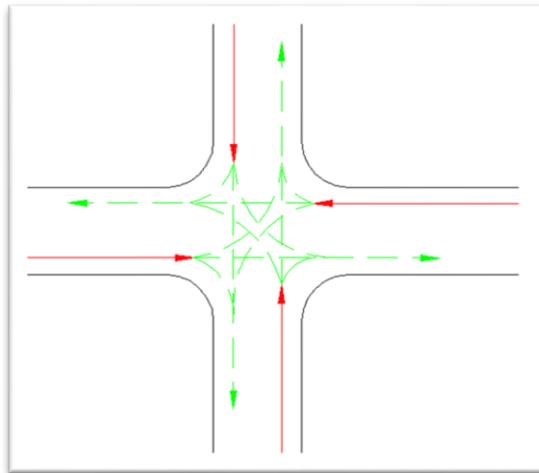


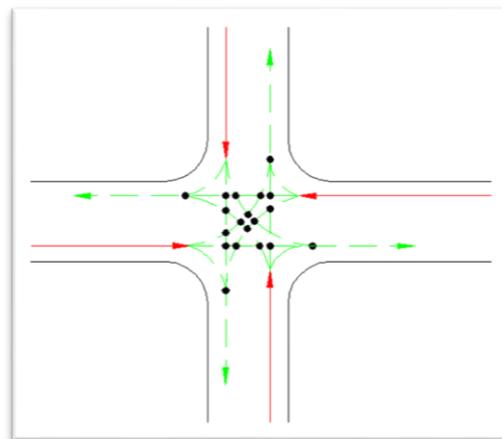
Figura 2.3 ANALISIS DE PUNTOS DE CONFLICTO

En la figura 2.2 se muestra la dirección de cada uno de los carriles existentes de intersección tipo. En cambio, la figura 2.3 visualiza las posibles rutas o direcciones que se pueden tomar desde un solo carril. La unión de todas las rutas se puede visualizar en la figura 2.4.



**Figura 2.4 ANALISIS DE PUNTOS DE CONFLICTO**

La intersección de estas rutas de viaje, que posee cada carril, son los puntos de conflicto de dicha intersección, lo cual observamos en la figura 2.5.



**Figura 2.5 ANALISIS DE PUNTOS DE CONFLICTO**

El objetivo de utilizar sistemas de control en una intersección responde a reducir la cantidad de puntos de conflicto, por lo que se hace necesario tener un análisis de movimientos de los conductores por las posibles rutas.

## 2.4. ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: METODOLOGÍA

El HCM 2000 –Manual de capacidad de carreteras– propone la metodología presentada en la imagen 2.6, es decir, el análisis a tomar en cuenta con una variedad de condiciones predominantes. Aquí, tenemos la cantidad y distribución de los movimientos del tráfico, la estructura del tráfico, características geométricas, y la señalización dentro de la intersección. Y a continuación la desarrollamos:

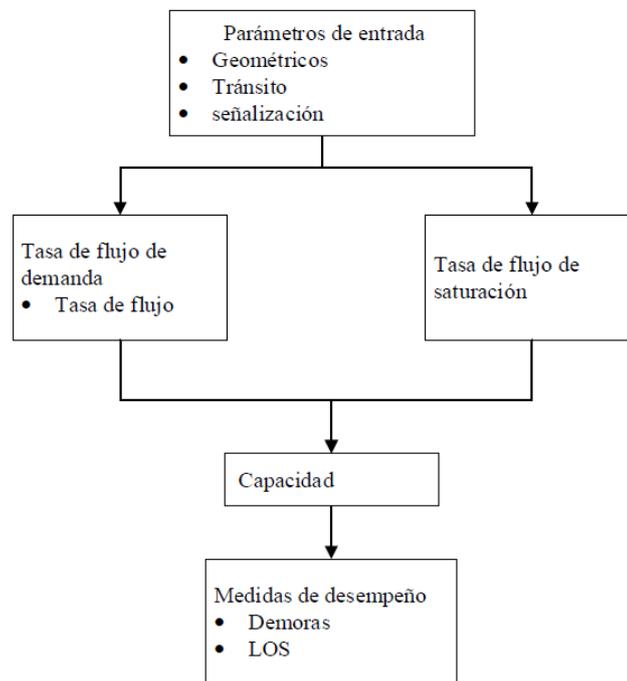


Figura 2.6 METODOLOGÍA PARA INTERSECCIONES SEÑALIZADAS [7]

### 2.4.1. Parámetros de entrada

Para realizar el análisis de una intersección semaforizada, se requieren datos necesarios que se dividen en tres categorías:

- *Condiciones geométricas:* como número de carriles ( $n$ ), ancho de carril ( $w$ ), pendiente ( $G\%$ ), carriles exclusivos, bahías de parqueo.
- *Tráfico:* volumen de demanda por movimiento (veh/h), factor de hora de máxima demanda (PHF), tasa de flujo de saturación (vehículos livianos/h/carril),



actividad de estacionamiento (Nm maniobra/h), tasa de flujo peatonal (peatones/h) (peatones/h), porcentaje de vehículos pesados (HV %), tipos de llegadas, velocidad máxima.

- *Semáforos*: Longitud de ciclo (c), tiempo en verde (g), plan de fase, botón peatonal. **[6]**

#### 2.4.2. Vehículos equivalentes

Si bien no todos los vehículos que transitan por la intersección son vehículos livianos, también existen camiones y buses –vehículos pesados–. **[6]** Para el estudio de este proyecto, se necesita convertir los vehículos pesados a vehículo liviano equivalente. De igual manera, los giros de los vehículos generan una congestión con los peatones al no estar en el mismo ciclo semafórico. Para subsanar todos estos inconvenientes se requiere ‘mayorar’ la cantidad de vehículos para que refleje el estado más conveniente y en una misma categoría de vehículos.

$$PHF = 0.85$$

PHF: Factor de hora pico o factor de máxima demanda. En las vías multicarriles, los valores típicos son de 0.8 a 0.95. Este factor se reduce en las vías rurales.

Se necesita el factor de ajuste de vehículos pesados  $f_{HV}$

$$f_{HV} = \frac{1}{1+(\%p*2)} \quad \text{Ecuación 2-1}$$

Dónde:

% p: es el porcentaje de vehículos pesados en el conteo **[6]**

*El factor de giro*: depende de la cantidad de peatones que transiten por la vía y del flujo de vehículos que transiten por la otra sección de vía.



FLUJO OPUESTO veh / h.	Número de carriles opuestos		
	1	2	3
0	1.1	1.1	1.1
200	2.5	2	1.8
400	5	3	2.5
600	10	5	4
800	13	8	6
1000	15	13	10
> 1200	15	15	15

Tabla 2.1 FACTOR DE GIRO A LA DERECHA [2]

Volumen peatonal en el cruce peatonal en conflicto (peatones / h)	Equivalente
Ninguno (0)	1.18
Bajo (50)	1.21
Moderado (200)	1.32
Alto (400)	1.52
Extremo (800)	2.14

Tabla 2.2. FACTOR DE GIRO A LA IZQUIERDA [2]

Para finalmente obtener la ecuación de vehículos equivalentes, que depende de los factores ya antes revisados.

$$\text{Veh. equi} = \frac{\text{Vol.conteo} * \text{factor de giro}}{\text{FHMD} * f_{HV}} \quad \text{Ecuación 2-2 [6]}$$

### 2.4.3. Determinación de la tasa de flujo

Segmentar la intersección en grupos de carril es un proceso simple, lo cual toma en cuenta la geometría de la intersección y la distribución de los movimientos del tráfico. Los volúmenes de demanda también pueden indicarse por más de un período de análisis, como un volumen por hora. Es obligatorio transformar los volúmenes horarios a



tasas de flujo de 15 minutos a través del factor de la hora de máxima demanda, con la ecuación 2-1:

$$v_p = \frac{V}{PHF}$$

Ecuación 2-3 [6]

Dónde:

$v_p$  = Tasa de flujo durante 15 minutos de máxima demanda

$V$  = Volumen horario (Vehículos/hora)

$PHF$  = Factor de la hora de máxima demanda [6]

#### 2.4.4. Determinación del flujo de saturación

La tasa de flujo de saturación es el flujo en vehículos por hora que pueden ser adaptados en un grupo carril, se calcula de acuerdo con la ecuación 2-2, suponiendo que la fase verde se representa 100 por ciento del tiempo ( $g / C = 1,0$ ). “En una intersección se considera en 1.700 a 1.900 ( $S_0$ ) vehículos ligeros por hora de verde y carril (vl/hv/c). Dicho flujo de saturación se verá modificada por una serie de factores” [5] Esta situación se plasma en la siguiente expresión:

$$s = s_0 * N * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpd}$$

Ecuación 2-4 [6]

Dónde:

$s$ : tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/h-verde).

$s_0$ : tasa de flujo de saturación ideal por carril (veh/h/carril).

$N$ : número de carriles del grupo de carriles.

$f_w$ : factor de ajuste por ancho de carriles.

$f_{HV}$ : factor de ajuste por vehículos pesados.

$f_g$ : factor de ajuste por pendiente del acceso.

$f_p$ : factor de ajuste por estacionamientos adyacentes al grupo de carriles.

$f_{bb}$ : factor de ajuste por bloqueo de buses que paran cerca de la intersección.

$f_a$ : factor de ajuste por tipo de área.



fLU: factor de ajuste por utilización de carriles.

fLT: factor de ajuste por giros a la izquierda.

fRT: factor de ajuste por giros a la derecha.

fLpb: factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la izquierda.

fRpb: factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha. **[6]**

#### *Ajuste por ancho de carril (fW):*

Es el que da un impacto negativo a los carriles angostos en la tasa de flujo de saturación, así como también admite una tasa de flujo mayor en carriles anchos. El ancho de carril considerado estándar es de 3.6m.

#### *Ajuste por vehículos pesados (fHV)*

Toma en cuenta los vehículos pesados –aquellos con más de 4 ruedas en el pavimento–, para mayorar el espacio que ocupan y el de todas sus diferencias en comparación con los vehículos livianos. El equivalente en vehículos livianos (ET) empleado para cada vehículo pesado es de dos vehículos livianos y es mostrado en la fórmula de la Tabla 1.

#### *Ajuste por pendiente del acceso (fg)*

La pendiente de la rasante influye en la operabilidad de la intersección, este es el factor que toma en cuenta la pendiente según el carril.

#### *Ajuste por estacionamientos (fP)*

Los bloqueos ocasionales debido a las maniobras de estacionamiento es una interrupción. Se toma en cuenta el número de maniobras por hora en estacionamientos junto al grupo de carriles y con un rango de 75 m antes de la línea de parada. Tiene un límite práctico de 180 de maniobras como máximo y las condiciones de estacionamiento con 0 maniobras poseen un impacto diferente que una situación donde no hay estacionamientos.

#### *Ajuste por bloqueo de buses (fbb)*

Es aquel que incorpora si existe paradas de bus, recoger y dejar pasajeros dentro de los 75 m antes de la línea de parada (corriente arriba o corriente abajo). Este factor solo se debería emplear cuando los buses detenidos bloquean el flujo de tráfico. Se emplea un límite práctico de 250 paradas como máximo.



#### *Ajuste por tipo de área (fa)*

Es aquel que incorpora la ineficiencia por la presencia de negocios. Es apropiado utilizarlo en áreas de negocios las cuales incluyen derechos de paso en calles angostas, maniobras de parqueo frecuentes, bloqueo de vehículos, actividades de taxis y buses, pequeños radios de giro, uso limitado de carriles exclusivos de giro, alta actividad de peatones, etc.

#### *Ajuste por utilización de carril (fLU)*

Es aquel que incorpora la distribución desigual del tráfico entre los carriles en grupo de carriles con más de un carril. El factor fLU está basado en el flujo del carril con el volumen más alto y se calcula empleando la ecuación correspondiente de la Tabla 1.

#### *Ajuste por peatones y bicicletas (fLpb y fRpb)*

El procedimiento para la determinación de los factores de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas, tanto para giros a la izquierda como para giros a la derecha, se detalla en el Apéndice D del Capítulo 16 del HCM 2000, el cual es empleado en esta investigación. [6]



Factor	Formula	Definición de Variables	Observaciones
Ancho de carril	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W = ancho de carril (m)	$W \geq 2.4$ If $W > 4.8$ , puede considerarse para dos carriles de análisis
Vehículos Pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \% HV(E_T - 1)}$	% HV = % de vehículos pesados - grupo de carriles	$E_T = 2.0$ veh equivalente / HV
Pendiente	$f_g = 1 - \frac{\% G}{200}$	% G = % pendiente en el acceso - grupo de carriles	$-6 \leq \% G \leq +10$ Negativo para cuesta abajo
Parqueos	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N = número de carriles por grupo $N_m$ = número de maniobras de parqueo / hora	$0 \leq N_m \leq 180$ $f_p \geq 0.050$ $f_p = 1.000$ sin parqueos
Bloqueo de Buses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N = número de carriles en el acceso $N_B$ = número de parada de buses / hora	$0 \leq N_B \leq 250$ $f_{bb} \geq 0.050$
Tipo de área	$f_a = 0.900$ en CBD $f_a = 1.000$ otras áreas	CBD = Central Business Distric = Centro de Negocios	
Utilización de Carril	$f_{LU} = v_g / (v_{g1} N)$	$v_g$ = proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en veh / hora $v_{g1}$ = proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril único con el volumen más alto en el grupo de carriles, veh/h N = número de carriles en el grupo	
Giros Izquierdos	Fase protegida: Carril exclusivo $f_{LT} = 0.95$ Carril compartido $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$	$P_{LT}$ = proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles	Consultar cuadro C16-1 de la página 16-122, del Manual HCM 2000 apéndice C
Giros Derechos	Carril exclusivo $f_{RT} = 0.85$ Carril compartido $f_{RT} = 1.0 - (0.15)P_{RT}$ Carril único $f_{RT} = 1.0 - (0.135)P_{RT}$	$P_{RT}$ = proporción de giros derechos en el grupo de carriles	$f_{RT} \geq 0.050$
Bloqueo por Peatones y Bicicletas	Ajuste giro izquierdo $f_{Lpb} = \frac{1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})}{(1 - P_{LTA})}$ Ajuste giro derecho $f_{Rpb} = \frac{1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})}{(1 - P_{RTA})}$	$P_{LT}$ = proporción de giros izquierdos en el grupo $A_{pbT}$ = ajuste en la fase permitida $P_{LTA}$ = proporción de giro izquierdo de la fase protegida sobre el total de verde del grupo $P_{RT}$ = proporción de giro derecho en el grupo de carriles $P_{RTA}$ = proporción de giro derecho de la fase protegida sobre el verde total	Referirse al apéndice D del Manual HCM 2000, página 16-135, para seguir paso a paso el procedimiento

Tabla 2.3 ECUACIONES PARA DETERMINAR EL FLUJO DE SATURACIÓN [6]



### 2.4.5. Determinación de la capacidad y la relación volumen a capacidad

Capacidad en las intersecciones sanforizadas están basadas en el concepto de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación. La relación de flujo para un grupo de carril se define como la relación de la tasa de flujo de demanda real para el grupo carril  $v_i$  y la tasa de flujo de saturación  $s_i$ . La relación de flujo se da por el símbolo  $(v/c)_i$ , por grupo carril  $i$ . La capacidad señalizada  $I/S$  se basa en la tasa de flujo y la tasa de flujo de saturación. Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$C_i = S_i \times \left(\frac{g_i}{C}\right)$$

Ecuación 2-5 [2]

Donde:

$C_i$  = Capacidad del grupo de carriles  $i$  (vehículos/h)

$S_i$  = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles  $i$  (vehículos/h.verde)

$g_i$  = Tiempo verde efectivo para el grupo de carriles  $i$  (segundos verdes)

$C$  = Relación de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$

[2]

La relación volumen a capacidad  $(v/c)_i$ , se expresa con el símbolo  $x_i$  en el análisis de una intersección.

$$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i$$

Ecuación 2-6 [2]

### 2.4.6. Determinación de demoras

Se puede medir la demora en campo, pero resulta difícil puesto que es recomendable tener un modelo predictivo para estimar los tiempos de demora. Los resultados obtenidos en la determinación de ajuste de volúmenes, flujo de saturación y el análisis de capacidad, se unen para determinar la demora promedio por vehículo en cada grupo de carril. Se calcula con la ecuación 2-4:



$$d = d_1 \text{ (PF)} + d_2 + d_3 \quad \text{Ecuación 2-7} \quad [2]$$

La demora uniforme asume una llegada uniforme  $d_1$ , ya que el régimen de flujo vehicular es congestion, al ser así, en el cambio de rojo a verde, los vehículos van a salir de una manera uniforme para cruzar la intersección, la tasa de flujo uniforme y sin cola inicial. La fórmula para la demora uniforme es:

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{C}\right]}$$

Ecuación 2-8 [2]

En la siguiente ecuación de la demora incremental  $d_2$  se usa para estimar la demora debido al incremento de llegadas no uniformes y errores de ciclo temporales.

$$d_2 = \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 k I X}{c T}} \right]$$

Ecuación 2-9

Donde:

T= la duración del período de análisis (0.25h),

k= factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones. k= 0.50 para intersecciones prefijadas.

I = factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba. [2]

La demora  $d_3$  se da cuando una cola residual o remanente que existe antes de un proceso de análisis.

$$d_3 = \frac{1800 Q_b(1+u)t}{c T} \quad \text{Ecuación 2-10}$$

Donde:

$Q_b$ = cola inicial

c= capacidad

T= duración del periodo de análisis 0.25 \*h



t= duración de la demanda insatisfecha

u= parámetros de demora

[2]

#### 2.4.7. Determinación del nivel de servicio

LOS (Level Operation Service) está directamente relacionado al control de las demoras por vehículo, cualquier relación v/c mayor que 1.0 es una aproximación a un error potencial. Una vez obtenida la demora para cada grupo de carriles y para la intersección como un todo, se procede a determinar el nivel de servicio.

LOS	Demora (s/veh)	Descripción General
A	$\leq 10$	Flujo Libre
B	10 - 20	Flujo Estable (pequeños retrasos)
C	20 - 35	Flujo estable (retrasos aceptables)
D	35 - 55	Cerca de flujo inestable (retardo tolerable)
E	55 - 80	Flujo inestable (retraso intolerable)
F	$>80$	Flujo forzado (atascado)

Tabla 3.4. “LOS” DE INTERSECCIONES SEÑALIZADAS Y SU DEMORA [5]

**Nivel de Servicio A:** describe operaciones con muy bajo control de demora, por debajo de 10 s. por vehículo. Este nivel de servicio ocurre cuando la progresión es favorable y muchos vehículos arriban durante la fase verde, poca cantidad de vehículos paran.

**Nivel de Servicio B:** describe operaciones con control de demoras mayores de 10 s. y menores a 20 s. por vehículo. Este nivel, generalmente, ocurre cuando existe una buena progresión. Se detienen más vehículos que en nivel de servicio A, causando mayores niveles de promedio de demora.

**Nivel de Servicio C:** describe operaciones con control de demoras mayores que 20 s. pero menores que 35 s. por vehículo. Estas mayores demoras pueden resultar por una progresión fallida. Fallas individuales por parte de los conductores pueden aparecer en este nivel. El número de vehículos que puede parar es significativo en este nivel varios



pasan a través de la intersección sin parar.

**Nivel de Servicio D:** describe operaciones con control de demoras mayores que 35 s. y menores que 55 s. por vehículo. En el nivel **D** la influencia de la congestión comienza a ser más notable, demoras largas pueden resultar de una combinación de progresión desfavorable, duración de ciclo largo o altas relaciones v/c. Muchos vehículos paran y la proporción de vehículos que no pasan disminuye. Fallas individuales del ciclo son muy notables.

**Nivel de Servicio E:** describe operaciones de control de demora mayores que 55 s., pero menores que 80 s. por vehículo. Este nivel es considerado por muchas agencias como el límite de demora aceptable. Estos altos valores de demora, generalmente, indican mala progresión, duración de ciclos largos y altas relaciones v/c. Fallos del ciclo son frecuentes de ocurrencia.

**Nivel de Servicio F:** describe operaciones de control de demora, por encima de 80 s., por vehículo. Este nivel es considerado como inaceptable para los conductores, también ocurren cuando el flujo que llega a la intersección excede su capacidad. Esto puede ocurrir con altas relaciones v/c mayores de 1.0 con fallas individuales del ciclo, mala progresión y largas duraciones de ciclo pueden ser también importantes factores contribuyentes para tales niveles de demora. [2]

## 2.5. TIPOS DE CONTROL EN INTERSECCION

Existen muchos métodos para controlar el flujo vehicular en las intersecciones. Para elegir el método, este depende de la condición de la intersección, en función al volumen de tránsito y al tipo de intersección.

### 2.5.1. Semáforos

Una de las maneras más efectivas para el control vehicular están los semáforos. Con estos dispositivos se eliminan muchos conflictos, ya que se asignan espacios de tiempo diferentes para el uso compartido del espacio y tener derecho de vía. Es fundamental que el semáforo se use solo cuando sea necesario, ya que el dispositivo genera una demora en los tiempos de viaje.



El volumen de tránsito que existe en una intersección es el factor primordial para el uso de un semáforo. Otros factores son la cantidad de peatones y el historial de accidentes, que también pueden ser fundamentales. El Manual de Diseño de Semáforos (MANUAL ON TRAFFIC SIGNAL DESIGN) [8] establece 11 requisitos para colocación de un semáforo, de los cuales debe cumplir al menos uno. Estos requisitos se deben de tomar como una guía, conjuntamente con un criterio de un técnico profesional.

Los factores a considerarse son:

- Volumen vehicular de 8 horas,
- Volumen mínimo de peatones,
- Cruce escolar,
- Sistema coordinado de semáforos,
- Historial de accidentes,
- Red de carretera,
- Volumen vehicular de 4 horas,
- Hora pico.

Volumen vehicular mínimo: se aplica cuando el principal factor es el volumen de vehículos en la intersección. Se satisface cuando los volúmenes en las vías principales y secundarias son mayores a los promedios.

Interrupciones de tránsito continuo: es un requisito que se presenta cuando la calle secundaria presenta demoras excesivas, debido al gran volumen de tránsito.

Volumen mínimo de peatones: se satisface cuando el volumen de peatones que cruzan una calle principal en un día promedio, es mayor a 100 personas por cada una de 4 horas.

Cruce escolar: este requisito se describe por sí mismo. Si cerca de la zona existe un establecimiento estudiantil, por lo general se usa los botones para el cruce de los peatones, durante las horas de entrada y salida de los estudiantes.

Sistema coordinado de semáforo: cuando ayude a conservar un grupo de vehículos y



regular la velocidad de dicho grupo.

Historial de accidentes: es justificable un semáforo cuando los accidentes ocurren de manera frecuente. El Manual establece que se use el semáforo siempre y cuando existan cinco o más accidentes en el periodo de un año, con daño a la propiedad ajena.

Red de caminos: cuando los semáforos ayudan a la concentración y organización a las redes de tránsito.

Demora de hora pico: durante una hora del día genera una demora indebida en las calles secundarias, mientras la calle principal posee un flujo libre, es prudente colocar un semáforo. [8]

### 2.5.2. Tipos de semáforos

- Vehicular o para control de vehículos: tiene por objeto controlar y regular el tránsito de vehículos en las intersecciones. Está compuesto por tres (3) faros circulares: rojo, amarillo y verde.
- Semáforos direccionales: informa el momento adecuado para realizar el giro, a la derecha o a la izquierda, constan de tres (3) flechas: roja, amarilla y verde.
- Peatonal: Tienen por objeto controlar y regular el paso de peatones. Está compuesto por dos (2) faros circulares: rojo y verde.
- Semáforos intermitentes o de destello: es aquel de color amarillo o rojo que ilumina de forma intermitentemente, y se encuentra en lugares donde el tránsito o las condiciones físicas locales no justifican la operación de un semáforo para el control del tránsito de vehículos y sirve, además, según lo muestra la experiencia para llamar la atención de los conductores, en ciertos sitios en los que exista peligro.
- Semáforos activados por el tránsito: es un tipo de semáforo, en el cual la duración de las luces roja y verde y tiempo del ciclo varían en relación con las necesidades de tránsito, según lo registren los detectores de vehículos o peatones.

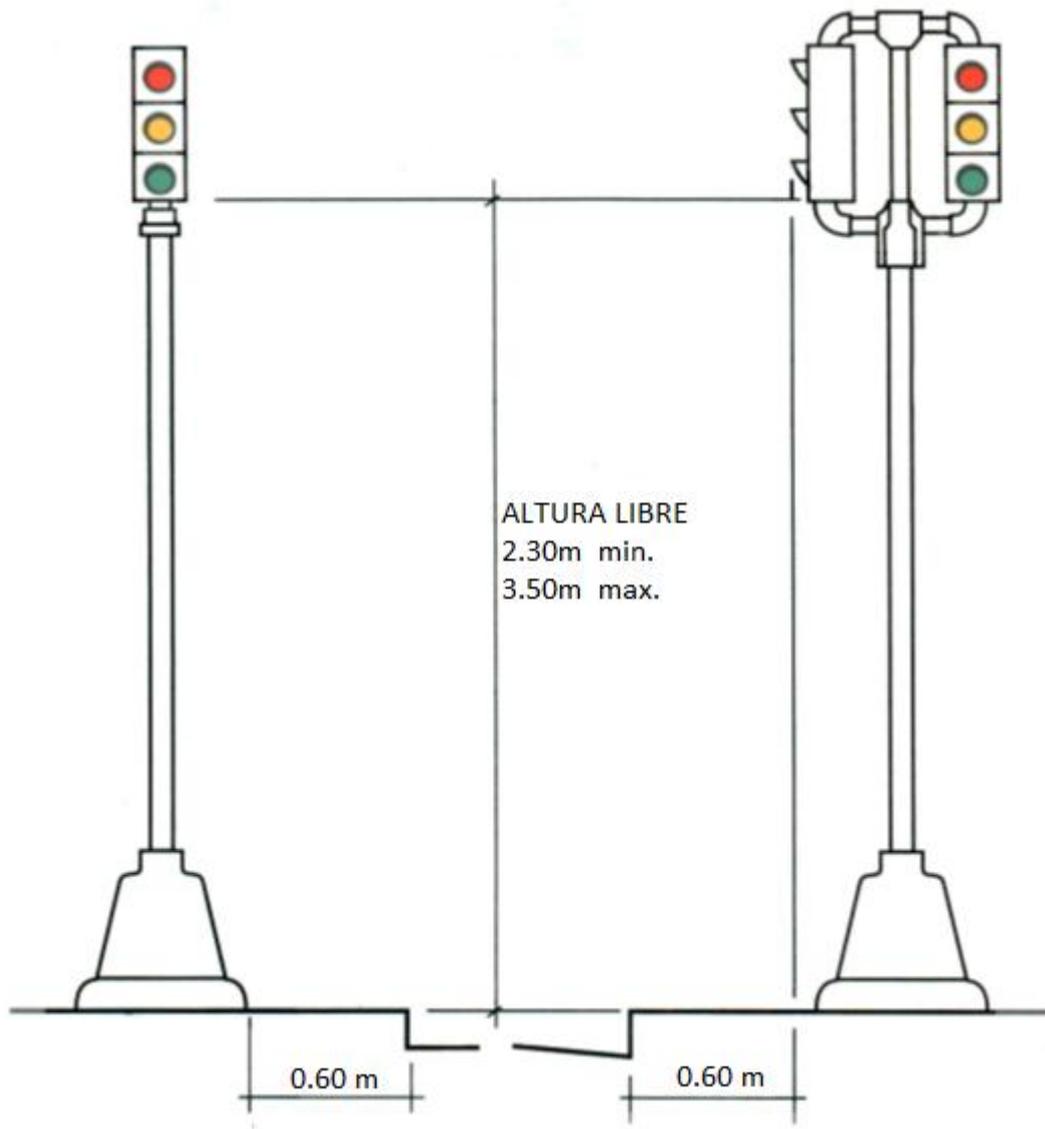


Figura 2.7 DIMENSIONES PARA SEMÁFOROS [8]

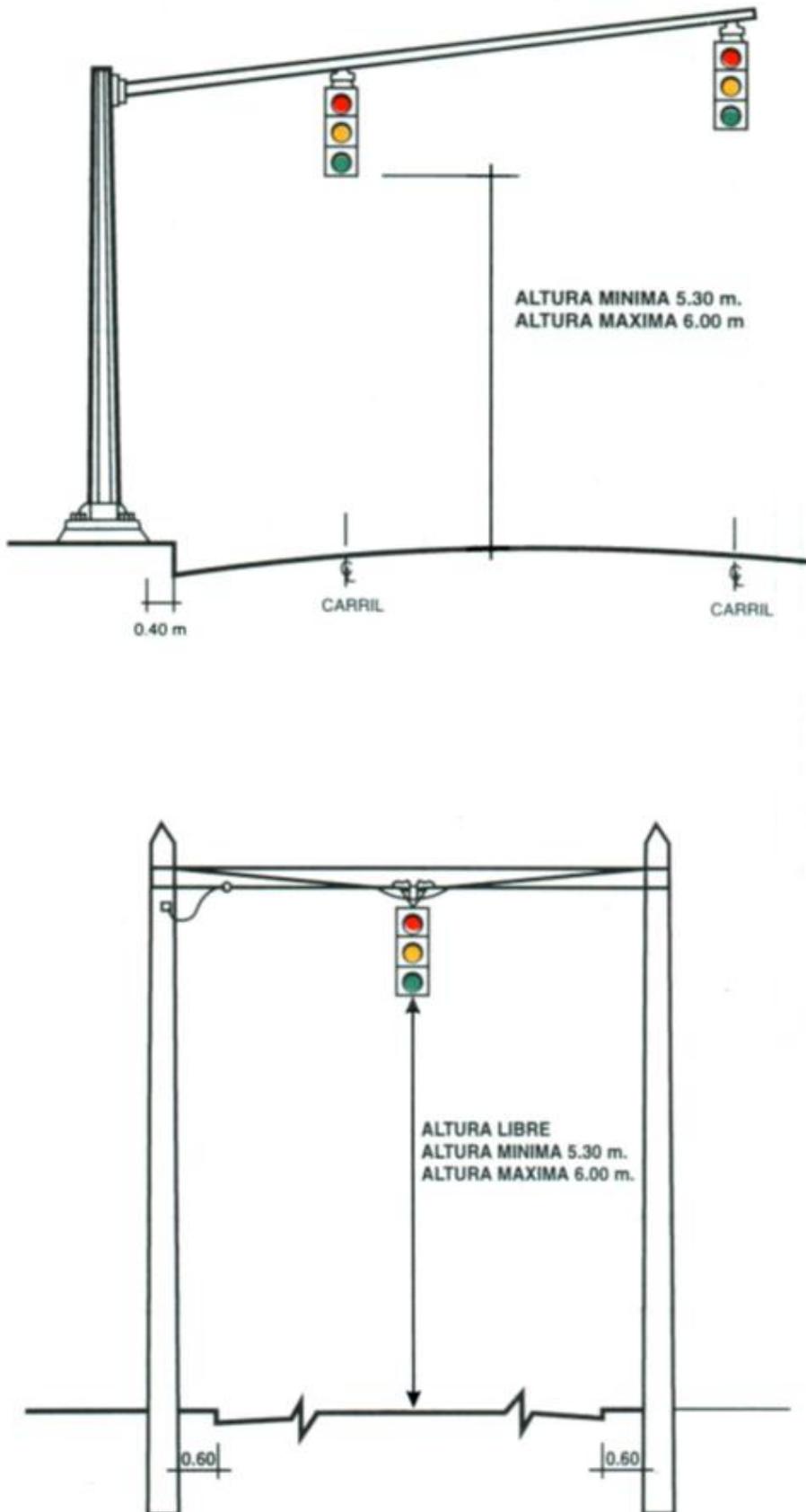


Figura 2.8 DIMENSIONES PARA SEMÁFOROS [8]



### 2.5.3. Ventajas y desventajas de la semaforización

Los semáforos son los dispositivos más utilizados para el control del tránsito, pero estos necesitan de una correcta instalación y operación, de modo que ofrezcan diversas ventajas sobre otros medios de control de tránsito, caso contrario se harán notar las desventajas que pueden presentar en contraste con otros medios de control de tráfico. A continuación, se nombran algunas ventajas y desventajas de estos dispositivos:

#### Ventajas

- Ordenar la circulación de los vehículos y optimizar la capacidad de las vías al asignar el derecho al uso de una intersección.
- Reducir la magnitud y frecuencia de choques entre vehículos.
- Con la correcta sincronización se puede mantener una circulación continua y fijar una velocidad constante que sea segura.
- Permiten el paso a vehículos y peatones de vías transversales a arterias principales con flujos mayores de tránsito.
- Representan una buena inversión y economía a largo plazo respecto a otros medios de control de tráfico.

#### Desventajas

- Pueden resultar como una medida antieconómica, a un problema que pudo solucionarse únicamente con señalización.
- A ciertas horas o cuando hay volúmenes pequeños de tráfico, causan demoras innecesarias por una larga duración de la luz roja.
- Proporcionan situaciones en que se facilitan los choques por cambios sorpresivos de color.
- Debido a su funcionalidad monótona, producen confianza en los conductores que puede generar altercados y choques, si es que algún usuario realiza alguna maniobra indebida.

## 2.6. SEÑALIZACIÓN EN INTERSECCIONES

La infraestructura vial la utilizamos los transeúntes para movilizarnos, ya sea en vehículos, a pie o en bicicleta. Para que la operación de la infraestructura vial sea eficaz

se debe dar a los usuarios la información necesaria, que se logra mediante las señales de tránsito. Es necesario ajustarla a un sistema estándar, de modo que permita a los usuarios interpretar de igual manera la información contenida en las señales. Las señales de tránsito indican a los usuarios las precauciones que deben tener en cuenta y las limitaciones que gobiernan la intersección en la que se encuentran. [9]

Las señales utilizadas en las intersecciones deben cumplir con los siguientes requisitos fundamentales:

- Satisfacer una necesidad,
- Llamar la atención,
- Transmitir un mensaje simple y claro,
- Imponer respeto a los usuarios de las calles y carreteras,
- Estar en el lugar apropiado con el fin de dar el tiempo suficiente para reaccionar.

En una intersección se consideran las siguientes clases de señales:

### 2.6.1 Señales verticales

La colocación de este tipo de señales está formada por las Normas INEC.

- En una vereda

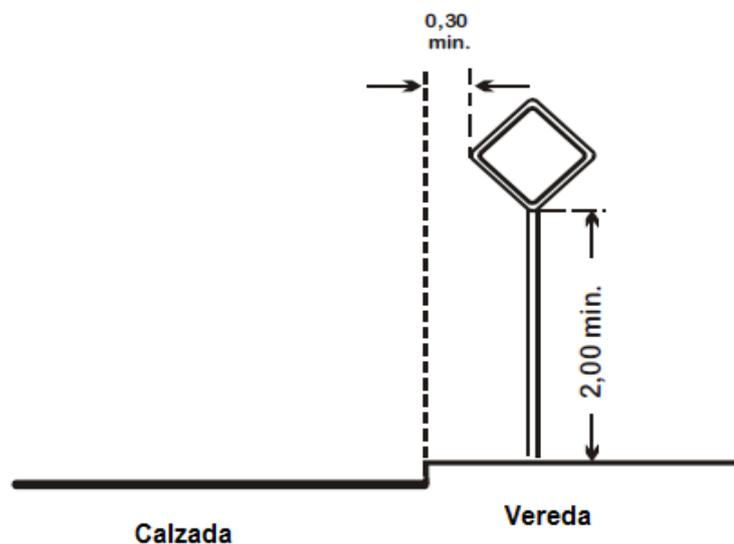


Figura 2.9 SEÑALES VERTICALES EN VEREDA [9]

- En parterres

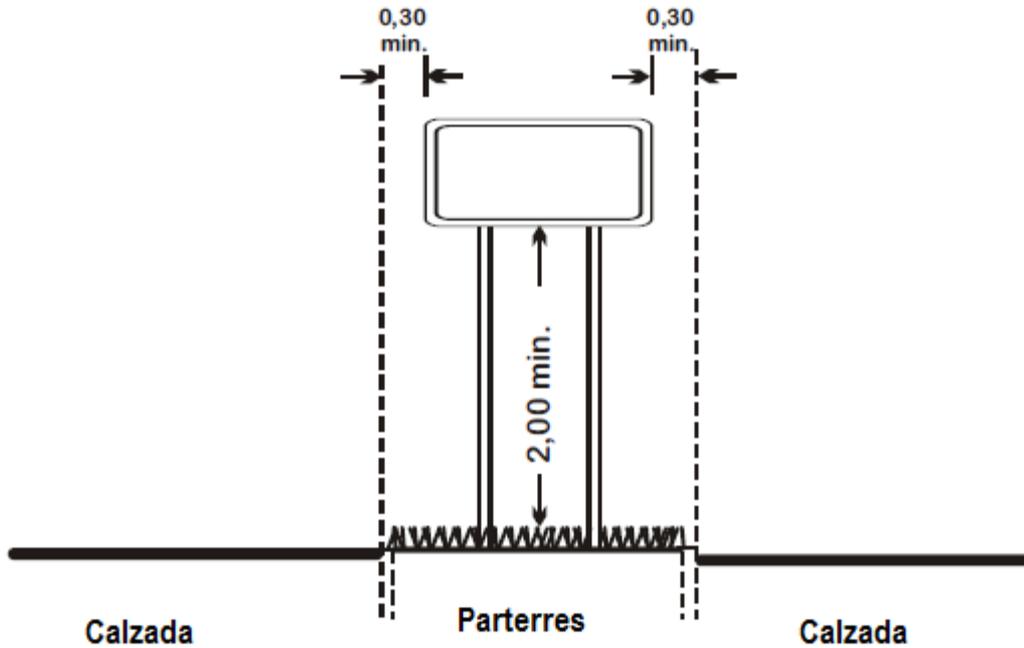


Figura 2.10 SEÑALES VERTICALES EN PARTERRES [9]

Las señales verticales se subdividen en tres tipos: Preventivas, informativas y restrictivas.

### 2.6.1.1 Señales preventivas

Estas señales avisan al usuario con anterioridad, para prevenirlo sobre un riesgo potencial y su naturaleza. La señal debe provocar que el conductor adopte medidas de precaución con el interés de su propia seguridad o la de otro vehículo o peatón. Su color característico es el amarillo.

Las señales preventivas pueden instalarse para indicar las siguientes características:

- Presencia de redondeles o intersecciones,
- Proximidad de un cruce con semáforo,
- Pasos peatonales y cruces escolares.



Figura 2.11 SEÑALES PREVENTIVAS [10]

### 2.6.1.2 Señales restrictivas o reglamentarias

Tienen como función expresar alguna fase del reglamento de tránsito, para que se dé cumplimiento por parte del usuario. En general, restringen algún movimiento, recordando, también, alguna prohibición o limitación reglamentada. Su color característico es el rojo.



Figura 2.12 SEÑALES RESTRICTIVAS [10]

### 2.6.1.3 Señales informativas

Estas señales guían al usuario a lo largo de su recorrido por las calles, y lo informan sobre su ubicación y sus lugares de interés, servicios, etc. Su color es el verde en el caso de indicar destinos, y azul en el caso de indicar servicios.



Figura 2.13 SEÑALES INFORMATIVAS [10]

### 2.6.2 Marcas y señalización horizontal

Son indicaciones en forma de líneas o rayas, símbolos y letras que se pintan sobre la capa de rodadura, así como los objetos que se colocan sobre la superficie del pavimento, con el fin de regular o canalizar el tránsito, sin distraer la atención del conductor.

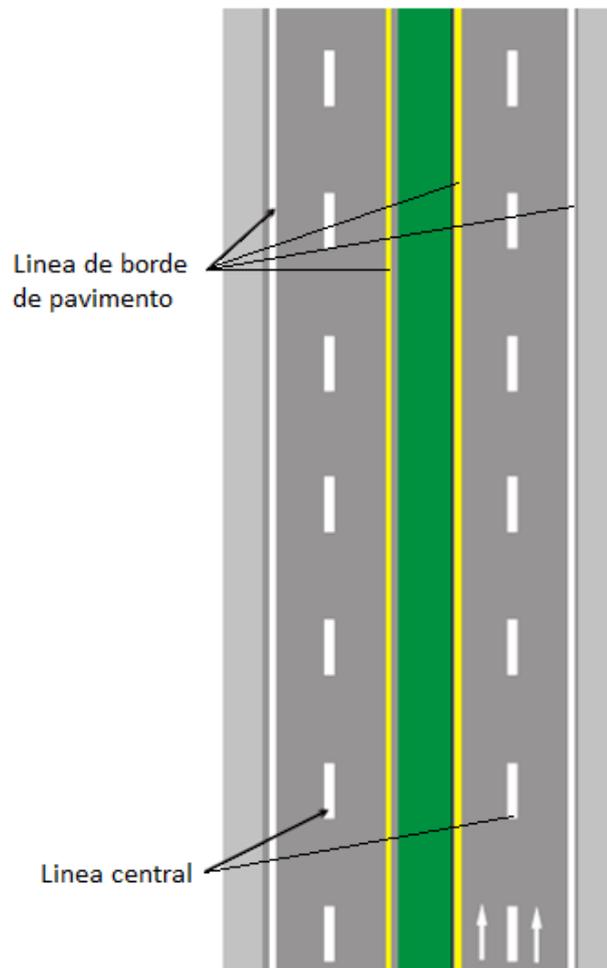
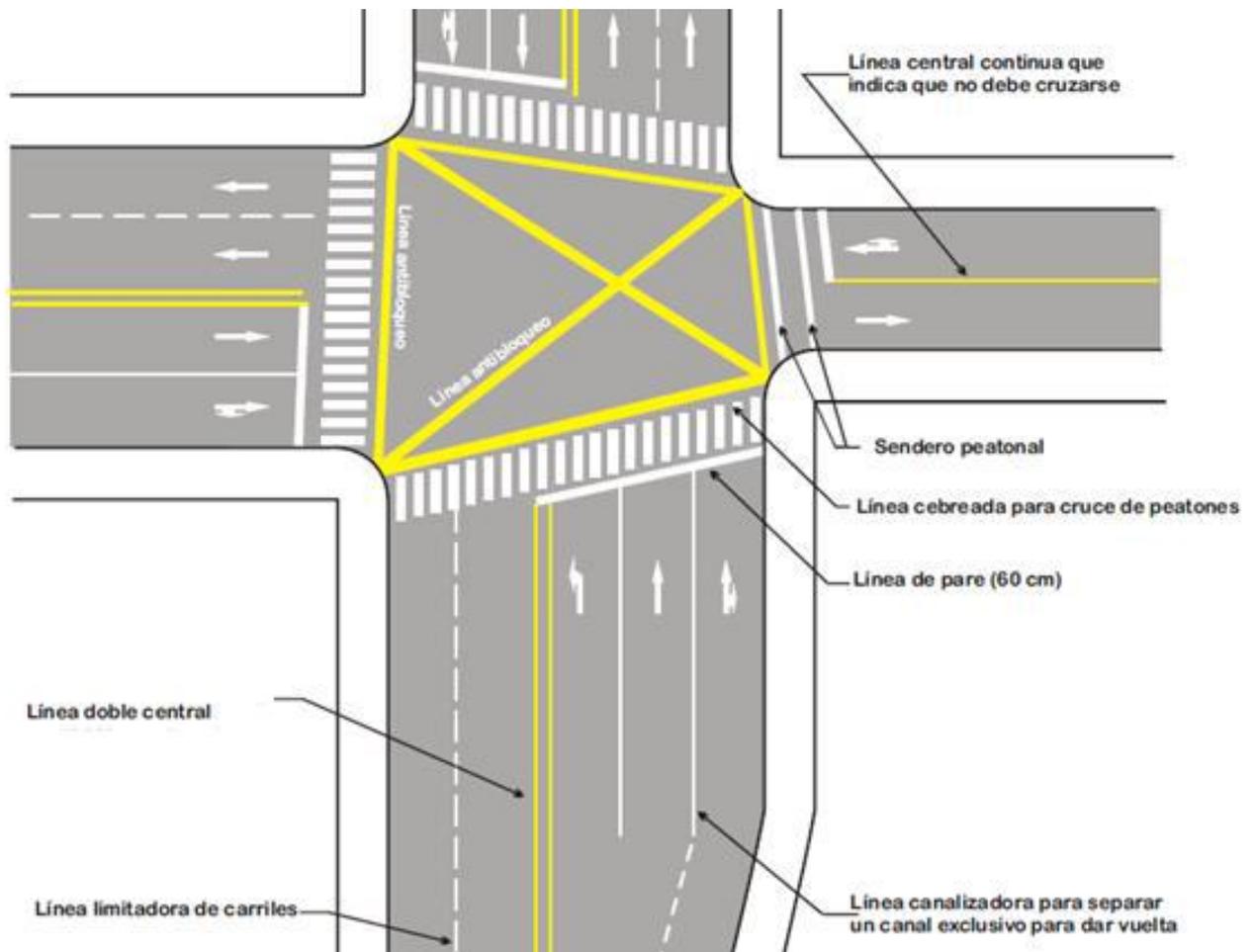


Figura 2.14 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL EN CAPA DE RODADURA [10]

En la Figura 2.14. se puede visualizar las líneas características en la mayoría de vías.

*Línea de centro:* se utiliza una línea de color blanco para separar carriles de tránsito.

*Línea de borde:* se emplean líneas blancas para separar la calzada de la berma, pueden utilizarse en zonas urbanas en los redondeles con calzadas anchas, en forma de líneas entrecortadas, de modo que delimiten el carril de circulación dentro del redondel.



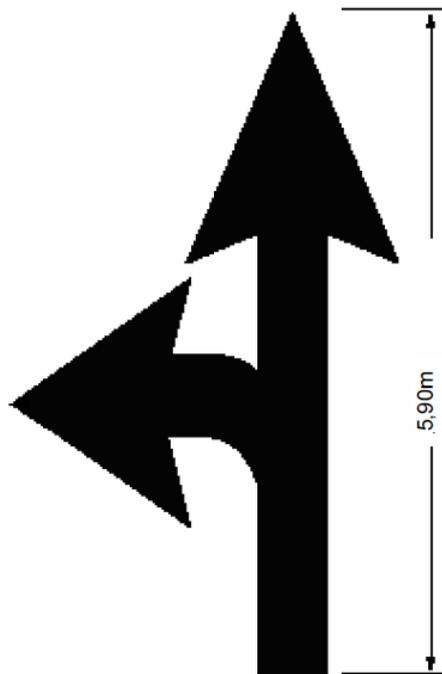
**Figura 2. 15** ELEMENTOS TÍPICOS DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL EN UNA INTERSECCIÓN [10]

*Línea de pare:* indica el sitio de parada de los vehículos, antes de una señal de tránsito o de un semáforo.

*Demarcación de pasos peatonales:* indica la trayectoria que deben seguir los peatones al atravesar una calzada, en calles con altos volúmenes de peatones. Consiste en una

sucesión de líneas paralelas en forma de cebra, en calles con bajos volúmenes de peatones, consistirán en dos líneas paralelas continuas.

*Líneas antibloqueo*: notifican al conductor la prohibición de obstruir una intersección, aun cuando el semáforo se lo permita, si la circulación le permite prever que se quede detenido obstruirá la circulación transversal. Lastimosamente, en nuestro medio no se pintan estas líneas y existen muchos bloqueos en las intersecciones.



**Figura 2.16 SEÑALIZACIÓN DE FLECHAS [10]**

*Flechas*: indican los sentidos de circulación del tránsito y se utilizan como señal de reglamentación para el conductor. Muy útiles para direccionar el tránsito.

## 2.6 DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES

### Consideraciones

Las consideraciones que se describen a continuación, pueden ayudar con la mejora del diseño geométrico de Intersecciones a nivel, sobre el factor de vía y su entorno, con el objetivo de disminuir el número de accidentes y su severidad, se exponen parámetros generales de diseño de intersecciones a nivel.



El diseño geométrico es la parte más importante del proyecto de una carretera, establecido en base a los condicionantes o factores existentes. La configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad, precisamente se enfocan todos los principios y normas de ingeniería vial, referentes al proyecto de las intersecciones o nudos como se conocen también en la literatura internacional.

### **2.7.1 PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL DISEÑO DE UNA INTERSECCIÓN VIAL**

Generalmente se recomienda para realizar el diseño geométrico de una intersección, las siguientes actividades:

- Estudio de tránsito de la intersección y análisis de la situación existente, utilizando, si se requiere programas digitales apropiados.
- Formulación de alternativas de funcionamiento.
- Selección de la alternativa más conveniente.
- Diseño definitivo de la solución adoptada. **[9]**

#### **Criterios generales de las intersecciones a nivel**

Las Intersecciones convencionales a nivel presentan, en general, las siguientes ventajas e inconvenientes:

##### **Ventajas**

- Sencillez de diseño que puede complicarse en el caso de las intersecciones canalizadas,
- Apropiada ocupación de suelo,
- Bajo costo de construcción y mantenimiento.

##### **Inconvenientes**

- Peligrosidad que puede reducirse mediante canalización y señalización.



## 2.7.2 Principios generales de intersecciones canalizadas

Una intersección canalizada es aquella cuyos movimientos de los vehículos se localizan por vías definidas mediante isletas. Una intersección canalizada está ubicada en el cruce de las carreteras principales o cuando hay altos volúmenes de tránsito, incluidos los giros a la izquierda, en los que una intersección no canalizada no garantiza una seguridad suficiente. [9]

- **Preferencia de los movimientos principales:** Los movimientos o maniobras de mayor importancia deben tener preferencia sobre los secundarios, además, dar prioridad a las corrientes de tránsito de alta intensidad. Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, reducción de los radios de curvas pequeños o eliminar los movimientos poco importantes. Los vehículos que deben disminuir la velocidad o detenerse debido al control del tránsito o para reducir velocidades en operaciones de giro, deben ser separados del tránsito de paso, que se desplaza a mayores velocidades.
- **Perpendicularidad de las trayectorias cuando se cortan:** Las intersecciones en ángulo recto o ángulos parecidos son las que proveen las mínimas áreas de conflicto y deben considerarse con prioridad las operaciones que tengan un ángulo agudo. Son aceptables las intersecciones con ángulos entre  $60^{\circ}$  y  $120^{\circ}$ .
- **Separación de los puntos de conflicto:** Mediante una canalización en intersecciones de una manera adecuada pueden separarse los puntos de conflicto. Siempre que sea posible, se debe buscar la separación de puntos de conflictos entre vehículos y peatones y entre vehículos entre sí. El diseño de islas y el control de puntos de acceso, todos ayudan a la intención de separar los puntos de conflicto.
- **Separación de los movimientos:** Cuando la intensidad horaria del proyecto de un determinado movimiento es importante, del orden de 25 o más vehículos, es conveniente darle una vía exclusiva de sentido único. Las isletas o islas que se dispongan a este objetivo deben de tener la colocación de las señales adecuadas. Las canalizaciones se diseñarán para evitar en lo posible o impedir que se realicen movimientos indeseables o peligrosos para los flujos de tránsito en los sitios determinados.
- **Control de velocidad:** asimismo, la canalización puede inspeccionar la



velocidad del tráfico que entra en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o ensanchando las calzadas. Se deberá promover el desarrollo de velocidades que además de seguras, sean las deseables. En otros casos, las canalizaciones pueden utilizarse para reducir las velocidades y mitigar los conflictos generados por tales velocidades.

- **Control de los puntos de giro:** también, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando isletas adecuadas que los haga materialmente imposibles o muy difíciles.
- **Creación de zonas protegidas:** Las isletas dan a los vehículos espacios protegidos en las calzadas para aguardar una oportunidad de cruzar la intersección. Se tiene que considerar áreas para cruce y refugio de peatones, al igual que motocicletas, bicicletas y otros vehículos no motorizados.
- **Visibilidad:** La velocidad de los vehículos que ingresan a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto debe existir, como mínimo, la distancia de parada.

### 2.7.3 Diseño definitivo de la intersección

Una vez que se tengan varias alternativas según los criterios dados, se debe de analizar una única alternativa aplicando criterios específicos para diseñar cada uno de los elementos de la intersección.

Los criterios son:

- Los volúmenes de tránsito de diseño se proyectan a diez y veinte años (10 y 20) y corresponden a los períodos horarios de máxima demanda.
- El análisis operacional, capacidad, nivel de servicio, etc., se debe realizar preferiblemente con los criterios del Manual de Capacidad de Tránsito de Estados Unidos de América (HCM).
- En el numeral siguiente, y sin pretender cubrir la totalidad de modelos de intersecciones, se fijan criterios específicos de diseño de la mayoría de los elementos geométricos contemplados en las situaciones presentadas.



# CAPÍTULO 3

---

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo del proyecto, se recogieron los datos necesarios para el análisis de tránsito y el rediseño geométrico de la intersección y su futura evaluación de la intersección. Se realizó tres tipos de recolección de datos:

1. Aforo vehicular,
2. Levantamiento de la franja topográfica,
3. Ciclo semafórico vigente.

#### 3.1.1. Aforo vehicular

En esta parte del estudio lo que se pretende es:

- Caracterizar el flujo de tránsito,
- Determinar el volumen de vehículos.

El Flujo del tránsito en una determinada carretera se mide por el número de vehículos que pasan por la sección particular, durante un período de tiempo dado. La información recopilada sobre tráfico debe reflejar la composición del tráfico actual – volúmenes y tipos de vehículos–. Los elementos de análisis para la obtención del Flujo de Tránsito son múltiples y dependen de factores, tales como:

Con el objetivo de caracterizar el flujo de tránsito se utiliza el TPDA –tráfico promedio diario anual– del proyecto, el cual se obtuvo de los conteos realizados por la Empresa Pública de la Universidad para el PLAN DE MOVILIDAD DE LA CIUDAD DE CUENCA, 2015 (Anexo 1), los cuales fueron estos aprovechados para el presente proyecto. Con estos conteos vehiculares se determinó la hora pico de la intersección 4.30pm a 5.30 pm –hora de máxima demanda–. Se realizó un nuevo conteo cada 15min. con clasificación vehicular –camiones, buses, vehículos livianos, motos,

bicicletas—. Del conteo vehicular realizado, se obtuvieron los resultados que se muestran en el Anexo 2.

El conteo se realizó en las entradas de la intersección **E1** en la Av. Loja –SUR–, de la **E2** en la Av. Remigio Crespo –OESTE– y, finalmente, en la **E3** también en la Av. Remigio Crespo –ESTE–, con la ayuda de cinco personas en cinco diferentes estaciones. (Figura 3.1.)



Figura 3.1 DIAGRAMA DE LA INTERSECCIÓN

En el anexo 2 del documento se puede visualizar el conteo clasificado según el tipo de vehículos, con este conteo se procede a hacer un diagrama del movimiento de los vehículos en la intersección (Figura 3.2)

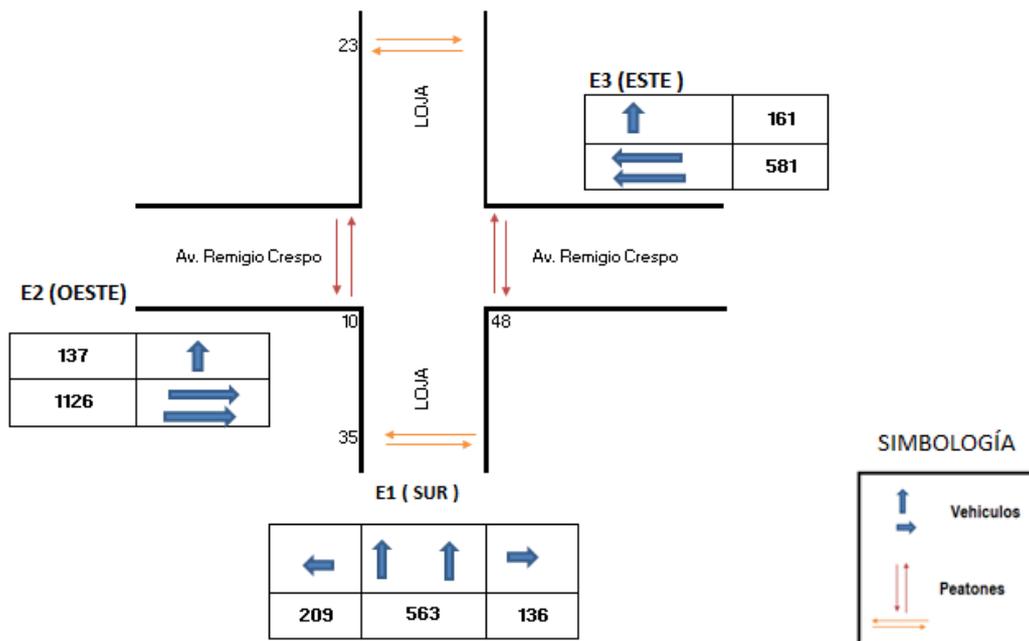


Figura 3.2 DIAGRAMA DEL FLUJO Y SENTIDO VEHICULAR

En la Figura 3.2 se visualiza, la cantidad de peatones y vehículos que transitan por la intersección y cómo se movilizan desde las 4:30 pm hasta las 5:30 pm. (Hora pico).

Con la clasificación de los vehículos se procede a obtener los porcentajes de los vehículos pesados fundamentales para calcular el flujo de saturación y vehículos equivalentes de la intersección.

	E1	E3	E2
Livianos	875	724	1231
Pesados	33	18	32
<b>TOTAL</b>	<b>908</b>	<b>742</b>	<b>1263</b>
<b>% PESADOS</b>	<b>3.63 %</b>	<b>2.43%</b>	<b>2.53%</b>

Tabla 3.1 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS.

### 3.1.2. Levantamiento de la franja topográfica

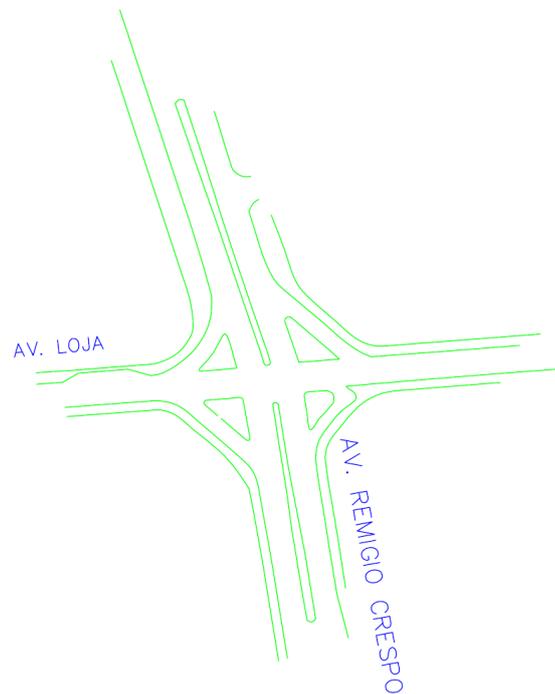
El levantamiento se realizó con una estación total, de marca Trimble M3: un equipo con una precisión lineal de 3mm+- 3 PPMDR y de error angular de 5", tomando los puntos con prisma y laser, ideal para este tipo de trabajos. Los puntos fueron geo referenciados por un GPS navegador en coordenadas WGS 84.



### **3.1.2.1. Procedimiento realizado**

Por orientación del tutor del presente proyecto, se realizó el levantamiento topográfico de 200 m antes y después de la intersección en cada aproximación, para obtener a detalle los elementos geométricos necesarios para la evaluación de la misma. Primero se hizo un recorrido del sector para identificar los puntos idóneos y la ubicación correcta de las estaciones. Luego, fue necesario colocar dos estaciones para una mejor visualización del sector. Además, con el prisma se tomaron puntos a detalle en los linderos de las viviendas o locales comerciales, límites de vereda, límites de la calzada vial, en parterres. Finalmente, se ubicó con precisión las paradas de buses, las señales de tránsito y los semáforos.

Todos los puntos capturados en este proceso de levantamiento fueron alrededor de 300 puntos. Un detalle de los puntos levantados se encuentra en los anexos (Anexo 3). Luego de hacer el levantamiento topográfico, se transfirió en formato csx directamente de la estación al computador para luego crear MDT (Modelo Digital de Terreno) para visualizar de una manera conceptual el dibujo a detalle usando el software AutoCAD Civil 3D, esta superficie ayudará a la posterior creación de los ejes, perfiles y corredores –obra lineal– del nuevo diseño geométrico.



**Figura 3.3 ESTADO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN**

En la Figura 3.3 se aprecia la geometría de la intersección en su estado actual, se comprobó con fotos tomadas en el lugar, mientras se realizaba el levantamiento topográfico.

### **3.1.3. Ciclo semafórico**

Municipio de la ciudad de Cuenca, posee una central semafórica, la cual, recolecta a tiempo real, los datos de tráfico de la ciudad, con el fin de ajustar las fases e intervalos, adaptándose así el sistema a cada requerimiento puntual. Pero, este control de los semáforos existe en el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca y no en otros sectores.

Asimismo, los semáforos existentes en la intersección de este proyecto no están sincronizados con la central semafórica, solamente cuenta con un sistema de fase fija, información que fue proporcionada para el desarrollo del proyecto de titulación.

Al realizar el levantamiento topográfico, se procedió a filmar las luces de los semáforos para comparar si los ciclos semafóricos en el campo son iguales a los datos solicitados a la central semafórica.



Tabla 3.2 Ciclo semafórico actual

En la Tabla 3.2. se observa el ciclo semafórico obtenido en campo, tiene los mismos datos que brindo la central semafórica de la ciudad de Cuenca.

Los semáforos de la zona poseen: una fase para cada uno de los sentidos de la intersección y una fase de giro exclusivo hacia la izquierda en la entrada E2, la cual, a primera vista, parece ser el problema para generar una congestión en la intersección.

### 3.2. EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN

Para la evaluación de la intersección, se utilizó mediante el análisis operacional en el que se determinó la capacidad y nivel de servicio para cada carril, con la información detallada obtenida en la recolección de datos. Y para obtener un análisis más detallado se determinó el nivel de servicio por metodología del HCM.

- Por una hoja de cálculo que determine el nivel de servicio en función a los tiempos de demoras generados por el ciclo semafórico.

#### 3.2.1. Análisis en hoja de cálculo

Con los datos obtenidos en el aforo (Anexo 2), es necesario convertir estos datos a vehículos equivalentes. La situación es más compleja por la presencia de vehículos pesados y movimientos hacia la izquierda y hacia la derecha. Para tener en cuenta estos aspectos, es necesario introducir factores de equivalencia entre los vehículos.

La fórmula de vehículos equivalentes está dada por la expresión :

$$\text{Vehiculos equivalentes} = \frac{\text{Volumen del conteo} * \text{factor de giro}}{FHMD * fhv}$$

Ecuación 2-2 en la página 23 de este documento.



**FHMD** de máxima demanda: como es ya de conocimiento, por lo expuesto en el capítulo 2, este valor es de 0.85 según Cal y Mayor, para este proyecto. [2]

El **factor de giro** es obtenido por la ponderación a las tablas 2.1. y 2.2 del capítulo 2, conjuntamente, con los conteos de vehículos y peatones (Anexo3).

**FHV** –factor de vehículos livianos–: según el conteo se determinó el porcentaje de vehículos pesados que transitan por la intersección. Estos vehículos fueron buses y vehículos de doble eje.

Los factores se introdujeron en la Ecuación 2-2 para generar la Tabla 3.3, la cual nos muestra los vehículos equivalentes en cada acceso a la intersección.

ACCESOS	E1 SUR			E3 ESTE			E2 OESTE			
SENTIDO	S-N			E-O			O-E			
MOVIMIENTOS	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	
<b>VOLUMENES</b>	<b>209</b>	<b>563</b>	<b>136</b>	-	<b>581</b>	<b>161</b>	<b>89</b>	<b>48</b>	<b>1126</b>	-
FHMD	0.9	0.9	0.9	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	-
f <sub>hv</sub>	0.94	0.94	0.94	-	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	-
factor de giro	1.2	1	1.21	-	1	1.21	1	4	1	-
<b>VOLUMEN EQUIVALENTES</b>	<b>296</b>	<b>665</b>	<b>194</b>	-	<b>686</b>	<b>230</b>	<b>238</b>	<b>1330</b>	-	

Tabla 3.3 VEHÍCULOS EQUIVALENTES

LT: movimiento de vuelta a la izquierda,

TH: movimiento de frente o directo,

RT: movimiento de vuelta a la derecha.

### 3.2.2. FLUJO DE SATURACIÓN

Según la ecuación 2.4:

$$s = s_0 * N * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpd}$$

Es necesario tener un flujo de saturación inicial  $s_0$ . En intersecciones como la de este proyecto se da como  $s_0$ , igual a 1800 vehículos por hora – cal y mayor. 2008 [2]. A este flujo de saturación inicial se multiplicará por los distintos factores que castigan a la eficacia de la intersección.

- Los anchos de carril son: 4m en la Avenida Loja y 3.75 en la Avenida Remigio Crespo, obtenidos de la topografía, datos que se usan para el cálculo del factor de ajuste de ancho de carril ( $f_w$ ). El factor de ajuste de vehículos pesados ( $f_{hv}$ ), es el porcentaje de vehículos pesados para cada carril.



- Gracias a una aplicación de un software en el que se creó el perfil del terreno actual, se pudo apreciar la pendiente de la vía, la cual nos ayuda a obtener el factor de ajuste por pendiente (fg). El factor de ajuste por estacionamiento (fb) es directamente 1, ya que en la zona no se permiten que los vehículos se estacionen.
- Debido a una parada de bus improvisada en la avenida Remigio Crespo, y para dos paradas de bus existentes en la avenida Loja, 50 m alrededor de la intersección. Existen alrededor de 12 paralizaciones del tránsito debido al transporte público por cada hora en el sentido Este – Oeste (Avenida Remigio Crespo) y 15 paradas en el sentido Sur – Norte (Avenida Loja) por cada hora, así que estas inmovilizaciones de tránsito genera un valor al factor de ajuste por bloqueo de buses (fbb).
- El factor de ajuste por tipo de área se ha optado que sea igual a 1, ya que no es una zona de negocios.

Acceso	E1 SUR	E2 OESTE		E3 ESTE	
Sentido Vehicular MOVIMIENTOS	TH	LT	TH	TH	RT
numero de carriles	2	1	2	2	1
flujo de saturacion	<b>1900</b>	<b>1900</b>	<b>1900</b>	<b>1900</b>	<b>1900</b>
ajuste de ancho de carriles (fw)	1.04	1.02	1.02	1.02	1.02
factor de ajuste de vehiculos pesados (fhv)	0.965	0.976	0.976	0.975	0.975
factor de ajuste por pendiente (fg)	1.005	0.995	0.995	0.995	0.995
factor de ajuste por estacionamiento (fp)	1	1	1	1	1
factor de ajuste por bloqueo de buses (fbb)	0.91	0.885	0.9425	0.92	0.84
factor de ajuste portipo de area (fa)	1	1	1	1	1
factor de ajuste por utilizacion de carriles (fLU)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
factor de ajuste por vueltas a la izquierda (flt)	1	1	1	1	1
factor de ajuste por vueltas a la derecha (f rt)	1	1	1	1	0.85
factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas (f Lpb)	1	1	1	1	1
factor de ajuste derecho peatones y ciclistas (f Rpb)	1	1	1	1	1
flujo de saturacion ajustados	3476.96	1644.08	3501.67	3414.62	1325.07

**Tabla 3.4 CÁLCULO DEL FLUJO DE SATURACIÓN DE LA INTERSECCIÓN**

TH	RECORRIDO RECTO
LT	RECORRIDO A LA IZQUIERDA
RT	RECORRIDO A LA DERECHA

Todos los factores de ajustes se proceden a colocar en la Tabla 3.4, para obtener el flujo de saturación de los vehículos, después de multiplicar el flujo de saturación inicial,



para la intersección por los distintos factores.

### 3.2.3. Análisis de capacidad

Con el conocimiento de las fases semafóricas, resultados de vehículos equivalentes y análisis del flujo de saturación, se procede a revisar la capacidad y la relación entre volumen y capacidad. Con un ciclo semafórico **C = 155 seg.** que es el actual ciclo observado en el sitio y para tener una mejor percepción realista de este ciclo, para el cálculo, se redujo 1 seg., debido al tiempo que se demora un vehículo en arrancar el vehículo.

Acceso	E1 SUR	E2 OESTE		E3 ESTE	
Sentido Vehicular	TH	LT	TH	TH	RT
Numero de la fase	$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\phi_3$
Tasa de flujo ajustado ( $v_i$ )	<b>1156</b>	<b>238</b>	<b>1330</b>	<b>686</b>	<b>230</b>
Flujo de saturación ajustado ( $s_i$ )	3476.96	1644.08	3501.67	3414.62	1325.07
Tiempo de verde efectivo	<b>53</b>	<b>20</b>	<b>92</b>	<b>69</b>	<b>69</b>
Relación de verde $g_i/C$	0.34	0.13	0.59	0.45	0.45
Capacidad del grupo de carriles ( $c_i$ )	1188.89	212.14	2078.41	1520.05	589.87
Relación volumen a capacidad $X_i=(v_i/c_i)$	0.972	1.121	0.640	0.451	0.390
Relación de flujo ( $v_i/s_i$ )	0.33	0.14	0.38	0.20	0.17

Tabla 3.5 CALCULO DE CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

En la Tabla 3.5. se consiguió calcular la relación volumen / capacidad, fundamental para el cálculo de los niveles de servicio de cada carril.

### 3.2.4. Análisis de nivel de servicios

Para tener un análisis del nivel de servicio, se necesita determinar las demoras que calculadas, a partir de los datos de:

- Relación de verde,
- Capacidad del grupo de carriles,
- Relación del volumen a capacidad,
- La tasa de flujo de saturación.

La demora uniforme  $d_1$  está en función de la tasa de flujo uniforme y está dada por



la ecuación 2.8, en el capítulo 2. La demora  $d_2$  es utilizada para estimar la demora debido al incremento de llegadas no uniformes de los vehículos, la demora  $d_3$  no existe debido a que no hay cola inicial.

Acceso	E1 SUR	E2 OESTE		E3 ESTE	
Sentido Vehicular	TH	LT	TH	TH	RT
Tasa de flujo ajustado ( $v_i$ )	1156	238	1330	686	230
Relacion de verde $g_i/C$	0.34	0.13	0.59	0.45	0.45
Capacidad del grupo de carriles ( $c_i$ )	1188.89	212.14	2078.41	1520.05	589.87
Relacion volumen a capacidad $x_i = (v_i/c_i)$	0.972	1.121	0.640	0.451	0.390
Demora uniforme $d_1$	50.27	68.74	20.64	29.86	28.87
Demora incremental $d_2$	18.3	93.8	1.3	0.8	1.7
Demora cola inicial $d_3$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demora media por control del grupo $d_i$	68.61	162.56	21.95	30.69	30.54
<b>NIVEL DE SERVICIO DEL GRUPO DE CARRILES</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>
demora de toda la interseccion	48.15				
<b>NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCION</b>	<b>D</b>				

Tabla 3.6 CÁLCULO DE NIVEL DE SERVICIO

Sumando las  $d_1$ ,  $d_2$  y  $d_3$ , se obtiene los resultados de la demora por grupo de carriles. Si se revisa la tabla de los distintos niveles de servicio, da como resultado que:

NIVEL DE SERVICIO	Demora (seg/veh)
A	< 10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

la intersección del proyecto se encuentra en un Nivel de Servicio **D** (Tabla 3.6), el cual es un nivel de servicio aceptable para una intersección, con una demora de 48 seg. Siendo más específico en esta tabla, se observa que los resultados son directamente afectados por el giro a la izquierda en la entrada **E2** (LT) desde el oeste (Av. REMIGIO CRESPO). Este carril posee un nivel de servicio **F**, con el cual sobrepasa cuantiosamente el límite del colapso del carril, genera una gran demora por la cantidad de vehículos, que pretenden realizar esta maniobra de giro.



---

# CAPÍTULO 4

---

## 4 PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

### 4.1. Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto es generar alternativas, tanto en el diseño geométrico como en el cambio de los dispositivos de tránsito, para que la intersección estudiada, tenga la capacidad, facilidad de operación, nivel de servicio y seguridad adecuados para todos los peatones y vehículos que transitan por la misma.

La información básica para definir las alternativas ya han sido tomadas, como:

- Geometría,
- Déficits de tránsito – volumen, velocidades, giros–,
- Ciclos semafóricos,
- Nivel de servicio.

Las alternativas planteadas estarán en función de:

Ahorros en los tiempos del viaje o demoras del usuario –nivel de servicio–:

1. Costos de operación en el vehículo: al tener demoras con el auto prendido es un gasto del combustible del vehículo y, por supuesto, perjudicial para el bolsillo del conductor, debido a la emisión de gases de efecto invernadero, lo cual es perjudicial para el medio ambiente.
2. Seguridad, tanto para los vehículos, peatones y ciclistas.
3. Demandas futuras de los usuarios.

Las alternativas deben satisfacer los objetivos del proyecto, mejorar el nivel del servicio, aprovechar los espacios en desuso para mayor seguridad de los transeúntes, etc. Los esquemas de alternativas preseleccionadas se someten a estudio más detallado, con respecto a: radios de giro, pendiente, visibilidad, sección de las vías,



separación de niveles, cambios de alineamiento vertical, afectación de propiedades, costos de operación de los vehículos, valor del tiempo de los ocupantes y costos de construcción.

## 4.2. ALTERNATIVA 0

### 4.2.1. Propuesta

Esta alternativa contempla dejar la intersección tal como se encuentra en la actualidad, sin realizar mejora alguna: cambio geométrico o cambio de faces semafóricas.

### 4.2.2. Análisis de tránsito

Como ya ha sido analizado en el capítulo 3 del proyecto, la intersección en su estado actual posee un nivel de **servicio D, con una demora de 48seg.**, el cual es aceptable en nuestro medio, sin embargo grado de congestión debido a la número de maniobras realizadas por los conductores en el acceso E2 ha superación de capacidad de este carril, generando problemas en la Av. Remigio Crespo.

Ya que el proyecto contempla un análisis no solo actual, sino también un análisis a futuro del estado de la intersección, se ha usado las tablas de TPDA, para calcular la proyección de los vehículos.

Acceso	Carriles		2015	2016	2021	2026	2031	2036
E1 SUR	Derecha	Frente	527	550	669	802	950	1127
	Izquierda	Frente	529	552	671	805	954	1131
E3 Este		Frente	686	716	871	1045	1238	1468
	Derecha	Frente	230	240	292	350	415	492
E2 Oeste	Izquierda	Frente	238	248	302	362	430	509
		Frente	1330	1388	1689	2025	2401	2846

Tabla 4.1 Tabla de proyecciones vehiculares

Con los vehículos proyectados en cada carril, se procede a realizar el cálculo del nivel de servicio para cada año.



PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2021														
Acceso	Carriles	Volumen	Saturación	V/S	g	Co	C=5 <sup>g</sup> /Co	X=V/C	d1	d2	DT	NS	DT	NS
E1 SUR	Derecha	669	1900	0.35	53	155	649.68	1.08	51.79	27.08	78.87	E	80	E
	Frente	671	1900	0.35	53	155	649.68	1.08	51.90	28.30	80.19	F		
	Esquerra	871	1900	0.46	69	155	845.81	1.08	44.07	27.34	71.41	E	61	E
	Derecha	292	1900	0.15	69	155	845.81	0.36	28.19	0.43	28.62	C		
E2 Oeste	Frente	302	1900	0.16	20	155	245.16	1.29	69.91	108.99	178.90	F	267	F
	Frente	1689	1900	0.89	92	155	1127.74	1.50	56.40	226.47	282.87	F		
PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2026														
Acceso	Carriles	Volumen	Saturación	V/S	g	Co	C=5 <sup>g</sup> /Co	X=V/C	d1	d2	DT	NS	DT	NS
E1 SUR	Derecha	802	1900	0.42	53	155	649.68	1.29	58.06	109.43	167.49	F	169	F
	Frente	805	1900	0.42	53	155	649.68	1.24	58.22	111.48	169.70	F		
	Esquerra	1045	1900	0.55	69	155	845.81	1.24	52.99	109.87	162.86	F	129	F
	Derecha	350	1900	0.18	69	155	845.81	0.41	29.25	0.57	29.82	C		
E2 Oeste	Frente	362	1900	0.19	20	155	245.16	1.48	72.65	217.69	290.34	F	406	F
	Frente	2025	1900	1.07	92	155	1127.74	1.80	66.40	399.95	426.35	F		
PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2031														
Acceso	Carriles	Volumen	Saturación	V/S	g	Co	C=5 <sup>g</sup> /Co	X=V/C	d1	d2	DT	NS	DT	NS
E1 SUR	Derecha	950	1900	0.50	53	155	649.68	1.46	67.15	210.81	277.96	F	279	F
	Frente	954	1900	0.50	53	155	649.68	1.47	67.40	213.29	280.69	F		
	Esquerra	1238	1900	0.65	69	155	845.81	1.46	68.50	211.34	279.84	F	217	F
	Derecha	415	1900	0.22	69	155	845.81	0.49	30.53	0.78	31.31	C		
E2 Oeste	Frente	430	1900	0.23	20	155	245.16	1.75	75.97	340.43	416.40	F	555	F
	Frente	2401	1900	1.26	92	155	1127.74	2.13	70.54	509.48	580.02	F		
PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2036														
Acceso	Carriles	Volumen	Saturación	V/S	g	Co	C=5 <sup>g</sup> /Co	X=V/C	d1	d2	DT	NS	DT	NS
E1 SUR	Derecha	1127	1900	0.59	53	155	649.68	1.73	82.45	332.23	414.67	F	416	F
	Frente	1131	1900	0.60	53	155	649.68	1.74	82.90	335.18	418.09	F		
	Esquerra	1468	1900	0.77	69	155	845.81	1.74	104.90	332.86	437.76	F	336	F
	Derecha	492	1900	0.26	69	155	845.81	0.98	32.20	1.12	33.32	C		
E2 Oeste	Frente	509	1900	0.27	20	155	245.16	2.08	80.32	486.32	566.63	F	734	F
	Frente	2846	1900	1.50	92	155	1127.74	2.52	76.50	686.91	763.41	F		

Tabla 4.2 TABLAS DE NIVEL DE SERVICIO SEGÚN PROYECCIONES VEHICULARES-ALTERNATIVA 0

Los resultados de los niveles de servicio según las proyecciones vehiculares-Tabla 4.2- son totalmente desalentadores: en el año 2021 ya se observa el colapso de la intersección, con un nivel de servicio F, Asimismo en 20 años se logra ver demoras abrumadoras de cientos de segundos, esto nos da a entender que la intersección necesariamente necesita ser modificada en los próximos años.

#### 4.2.3. Análisis Geométrico

El análisis geométrico trata de analizar si las condiciones y dimensiones de las vías de la intersección son aptas para la correcta circulación de los vehículos por este lugar.

- Las bahías existentes para las paradas de bus no son utilizadas, es decir, que los buses no entran a la sección de vía guardada para ellos.

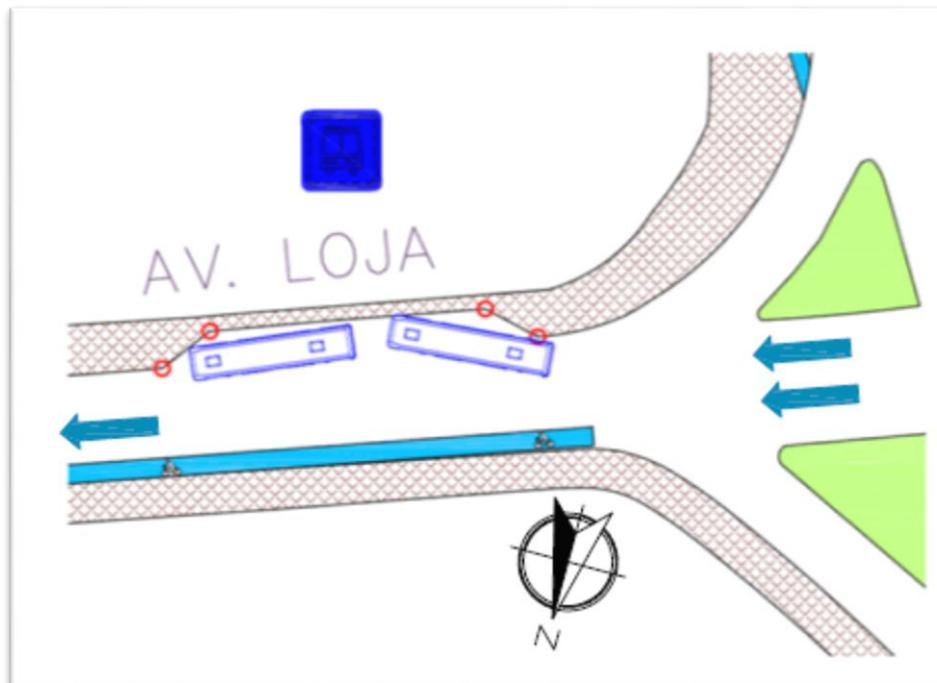


Figura 4.1 BUSES EN BAHÍA DE PARQUEO

Como podemos observar en la Figura 4.1, la maniobra necesaria para que el bus entre en la bahía no puede ser realizada, la geometría de bahía no es la adecuada, ya que los bordillos resaltados con círculo en rojo son en ángulo y no con un radio, mínimo para un bus.

- Posee una buena señalización vertical para los vehículos y peatones, mas no para los ciclistas ya que existen ciclo vías, pero en el momento de cruzar la

intersección, no se muestra cuál es el lugar por el que deben hacerlo los ciclistas. Esto significa que los peatones y ciclistas comparten secciones de vía, generando peligro para ambos.



Figura 4.2 FOTOGRAFÍA DE LA INTERSECCIÓN.

## 4.3. ALTERNATIVA 1

### 4.3.1. Propuesta

La alternativa uno trata de mejorar la configuración del tránsito con el cambio de ciclos semafóricos acordes al tráfico obtenido en una hora pico. Si se mantiene la geometría de la vía y, posterior a esto, se agrega señales de tránsito restringiendo ciertas maniobras, hay que realizar un cálculo de los tiempos óptimos del semáforo para obtener un mínimo de demoras, con un mayor número de movimientos en cada fase. Así la intersección admitirá un mayor número de vehículos o mejorar las demoras con el tránsito actual. La distribución de los tiempos debe estar en función del volumen de los vehículos y sus movimientos correspondientes.

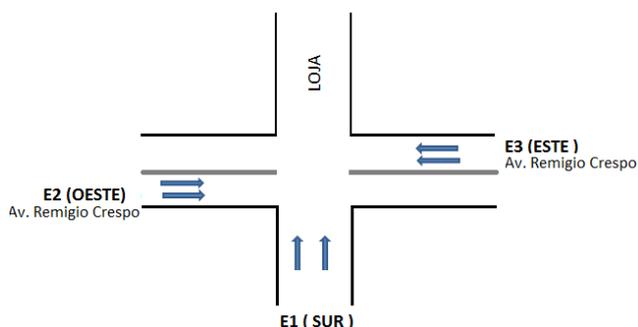


### 4.3.2. Análisis de nivel de servicio

Es necesario buscar un nuevo ciclo semafórico en función de los vehículos que transitan por la intersección en la hora pico.

#### 4.3.2.1. Fases actuales y volúmenes de hora de máxima demanda de vehículos

En el capítulo número 3, se realizó la recolección de datos que influyen en el análisis de la intersección, obteniéndose el siguiente ciclo semafórico.

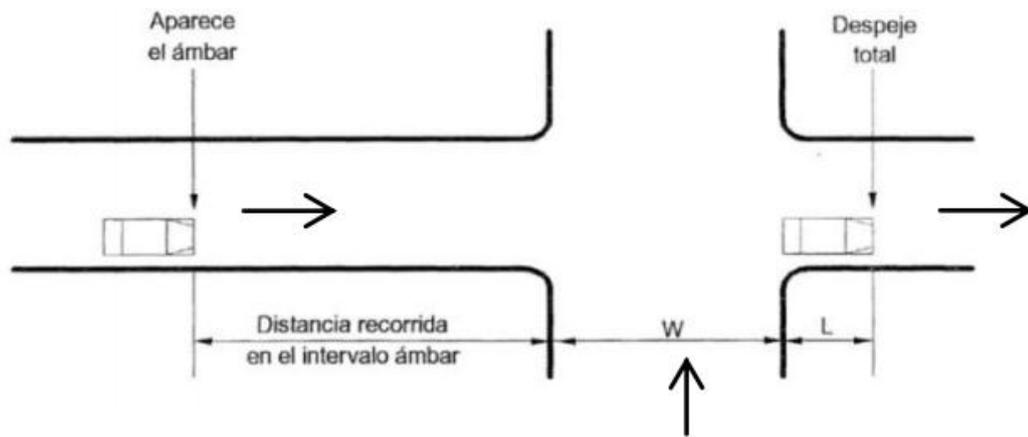


FASE 1	E1	↑	98		54	3
FASE 2	E2	→	20	3	132	
FASE 3	E2 - E3	↔		73	3	59

En este ciclo, se configuran los tiempos en verde, para así poder generar un mejor desempeño en la intersección y, entonces, analizar si está dentro de lo requerido en el proyecto. Asimismo, es necesario tener en cuenta los volúmenes de los vehículos con los cuales van a dar el cálculo de nuevas fases semafóricas.

#### 4.3.2.2. Intervalo de cambio de fase

Es el cambio de luz verde a luz roja, es decir, el derecho al uso de la intersección. Este cálculo consiste en tener en cuenta el tiempo de percepción y reacción del conductor, la desaceleración y el tiempo necesario para despejar la intersección, como se observa en la Figura 4.3



**Figura 4.3** DIAGRAMA DE DIMENSIONES Y TIEMPOS PARA CALCULAR UN NUEVO INTERVALO [2]

Intervalo de cambio de fase = tiempo de Ámbar (amarillo) + Todo rojo [2]

$$y = \left( t + \frac{v}{2a} \right) + \left( \frac{W+L}{v} \right)$$

Ecuación: 4.1

Donde:

- y → intervalo de cambio de fase, ámbar más todo rojo,
- t → tiempo de percepción – reacción del conductor (usualmente 1 s),
- v → velocidad de aproximación de los vehículos, m/s,
- a → tasa de des-aceleración (valor usual  $3.05 \text{ m/s}^2$ ),
- W → ancho de la intersección,
- L → longitud del vehículo (6.1 como valor típico).

Según datos topográficos y otros medidos en campo tenemos los siguientes resultados.

L1 = 12.5 m (medido en la franja topográfica)

L2 = 6.1 m (valor típico de un vehículo)

V = 13 m/s (valor promedio de velocidad de los vehículos)

a =  $3.05 \text{ m/s}^2$  (valor usual de des-aceleración)

t = 1seg. (Tiempo de reacción)

Resolviendo la **Ecuación 4.1** da como resultado un *Intervalo de cambio de fase de 4 seg.*



### 4.3.2.3. Longitud del ciclo

F.V. Webster, con base en observaciones de campo y simulaciones de un rango de condiciones de tránsito, demostró que la demora mínima de todos los vehículos en la intersección con semáforos, se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo [2]

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{\phi - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i}$$

Ecuación 4.2

Donde:

$C_o$  → Tiempo óptimo de ciclo.

$L$  → tiempo total perdido por ciclo (suma del intervalo de cambio de fase, de cada fase).

$Y_i$  → Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase  $i$

$\phi$  → Número de fases. [2]

Haciendo los cálculos para determinar la **longitud de ciclo óptimo (Gt)** obtenemos la siguiente tabla:

	E1	E2		E3
	↑	→	↗	←
FLUJO EQUIVALENTES	1143	1330	238	906
NUMERO DE CARRILES	2	2	1	2
W ancho de caril (m)	4.0	3.75	3.75	3.75
longitud de vehiculo	6.1	6.1	6.1	6.1
tiempo de persepccion (s)	1.0	1.0	1.0	1.0
Desaceleracion (m/s2)	3.05	3.05	3.05	3.05
Velocidad (m/s)	13.89	13.89	13.89	13.89
Tiempo Amarillo	3	3	3	3
Tiempo todo rojo	1	1	1	1
Tiempo Perdido (s)	4	4	4	4
FLUJO DE SATURACION	3400	1700	1700	3400
Relacion flujo actual / flujo sat.	Y1 = 0.3361	Y2 = 0.7824	Y3 = 0.1400	Y4 = 0.2665
Tiempo Perdido por ciclo L (s)	12			
Co tiempo del ciclo (s)	89			
Gt = Co + tiempo perdido	101			

Tabla 4.4 CÁLCULO DE CICLO OPTIMO



Se ha obtenido 89 segundos como la longitud del ciclo óptimo (**L**) , esto más el tiempo perdido por cada ciclo semafórico da como resultado **Gt (longitud de ciclo óptimo)** de 101 segundos, los cuales debemos de repartir para cada uno del volumen medido, según la relación de flujo actual / flujo de saturación (Y), con la siguiente ecuación:

$$\phi Gx = \frac{Y_i}{\sum_0^i Y} * C_o \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Se obtiene el resultado de Gx el cual es la **longitud de ciclo óptimo**, el cual se puede ampliar en un 30 % según el manual de capacidad de carreteras [8]

	E1	E2		E3
	↑	→	↗	←
Co tiempo del ciclo (s)	101			
gx	46	55	19	36
gx +30%*Gx	60	72	25	47

Tabla 4.5 LONGITUDES DEL CICLO SEMAFÓRICO

Con los nuevos tiempos en verde, se procede a un nuevo análisis del nivel de servicio, según lo indicado en el Capítulo 2.

### Flujo de saturación

Acceso	E1 SUR	E2 OESTE		E3 ESTE	
Sentido Vehicular MOVIMIENTOS	TH	LT	TH	TH	RT
numero de carriles	2	1	2	2	1
flujo de saturacion	1900	1900	1900	1900	1900
ajuste de ancho de carriles (fw)	1.04	1.02	1.02	1.02	1.02
factor de ajuste de vehiculos pesados (fhv)	1.000	1.000	0.976	1.000	0.975
factor de ajuste por pendiente (fg)	1.005	0.995	0.995	0.995	0.995
factor de ajuste por estacionamiento (fp)	1	1	1	1	1
factor de ajuste por bloqueo de buses (fbb)	0.91	0.885	0.9425	0.92	0.84
factor de ajuste portipo de area (fa)	1	1	1	1	1
factor de ajuste por utilizacion de carriles (fLU)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
factor de ajuste por vueltas a la izquierda (flt)	1	1	1	1	1
factor de ajuste por vueltas a la derecha (f rt)	1	1	1	1	0.85
factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas (f Lpb)	1	1	1	1	1
factor de ajuste derecho peatones y ciclistas (f Rpb)	1	1	1	1	1
flujo de saturacion ajustados	3603.32	1683.97	3501.67	3501.13	1325.07



### Módulo de análisis de capacidad

Acceso	SUR	OESTE		ESTE	
Sentido Vehicular	TH	LT	TH	TH	RT
numero de la fase	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 3$
Tasa de flujo ajustado (vi)	<b>1156</b>	<b>238</b>	<b>1330</b>	<b>686</b>	<b>230</b>
flujo de saturacion ajustado (si)	3603.32	1683.97	3501.67	3501.13	1325.07
tiempo de verde efectivo	<b>60</b>	<b>25</b>	<b>72</b>	<b>47</b>	<b>47</b>
relacion de verde $g_i / C$	0.59	0.25	0.71	0.47	0.47
capacidad del grupo de carriles (ci)	2140.59	416.82	2496.24	1629.24	616.62
relacion volumen a capacidad $X_i = (v_i/c_i)$	0.540	0.571	0.533	0.421	0.373
relacion de flujo (vi/si)	0.32	0.14	0.38	0.20	0.17

### Módulo de nivel de servicio

Acceso	E1 SUR	E2 OESTE		E3 ESTE	
Sentido Vehicular	TH	LT	TH	TH	RT
Tasa de flujo ajustado (vi)	<b>1156</b>	<b>238</b>	<b>1330</b>	<b>686</b>	<b>230</b>
relacion de verde $g_i / C$	0.59	0.25	0.71	0.47	0.47
capacidad del grupo de carriles (ci)	2140.59	416.82	2496.24	1629.24	616.62
relacion volumen a capacidad $x_i = (v_i/c_i)$	0.540	0.571	0.533	0.421	0.373
demora uniforme d1	<b>12.25</b>	<b>33.30</b>	<b>6.71</b>	<b>17.95</b>	<b>17.47</b>
demora incremental d2	<b>0.8</b>	<b>4.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>1.5</b>
demora cola inicial d3	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
demora media por control del grupo di	<b>13.10</b>	<b>38.11</b>	<b>7.42</b>	<b>18.64</b>	<b>18.95</b>
<b>NIVEL DE SERVICIO DEL GRUPO DE CARRILES</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
demora de toda la interseccion	14.07				
NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCION	<b>B</b>				

Tabla 4.6 CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO-ALTERNATIVA 1

Como resultado en la tabla 4.6, se obtuvo un nivel de servicio **B**, según el análisis anterior realizado en el Capítulo 3. se muestra un gran avance, a comparación de nivel de servicio actual que es **D** (Tabla 3.6-Capitulo3), un salto de 2 niveles de servicio, también se observa la mala calibración actual de los semáforos, la cual no es eficiente.

Ahora se analizará para cuantos años de vida útil, que nos serviría esta opción antes de que la intersección colapse –llegue al nivel F–. Se procede de la misma manera que la alternativa 0, calculando los niveles de servicio mediante el número de vehículos proyectados con el TPDA.

Con los vehículos proyectados en cada carril, se procede a realizar el cálculo del nivel de servicio para los años 2021, 2026, 2031 y 2036.



**PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2021**

Acceso	Carriles	Volumen	Saturacion	V/S	g	Co	C-s*/g/Co	X=V/C	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS	DT	NS
E1SUR	Derecha	669	1900	0.35	60	101	1128.71	0.59	12.84	1.17	1	14.02	B	14	B		
	Izquierda	671	1900	0.35	60	101	1128.71	0.59	12.87	1.19	1	14.05	B				
	Frente	871	1900	0.46	47	101	884.16	0.99	26.66	15.99	1	42.65	D	38	D		
E3 Este	Derecha	292	1900	0.15	47	101	884.16	0.33	17.06	0.40	1	17.46	B				
	Izquierda	302	1900	0.16	25	101	470.30	0.64	34.00	1.45	1	35.45	D	54	D		
EZ Oeste	Frente	1689	1900	0.89	72	101	1354.46	1.25	37.53	20.14	1	57.67	E				

**PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2026**

Acceso	Carriles	Volumen	Saturacion	V/S	g	Co	C-s*/g/Co	X=V/C	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS	DT	NS
E1SUR	Derecha	802	1900	0.42	60	101	1128.71	0.71	14.40	1.96	1	16.36	B	16	B		
	Izquierda	805	1900	0.42	60	101	1128.71	0.71	14.44	1.99	1	16.43	B				
	Frente	1045	1900	0.55	47	101	884.16	1.18	32.06	86.64	1	118.70	F	93	F	57	
E3 Este	Derecha	350	1900	0.18	47	101	884.16	0.40	17.70	0.53	1	18.23	B				
	Izquierda	362	1900	0.19	25	101	470.30	0.77	35.33	2.66	1	38.00	D	63	D		
EZ Oeste	Frente	2025	1900	1.07	72	101	1354.46	1.50	40.50	26.50	1	67.00	E				

**PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2031**

Acceso	Carriles	Volumen	Saturacion	V/S	g	Co	C-s*/g/Co	X=V/C	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS	DT	NS
E1SUR	Derecha	950	1900	0.50	60	101	1128.71	0.84	16.65	4.10	1	20.75	C	21	C		
	Izquierda	954	1900	0.50	60	101	1128.71	0.85	16.71	4.19	1	20.90	C				
	Frente	1238	1900	0.65	47	101	884.16	1.40	41.45	183.09	1	224.47	F	82	F		
E3 Este	Derecha	415	1900	0.22	47	101	884.16	0.47	18.47	0.72	1	19.19	B				
	Izquierda	430	1900	0.23	25	101	470.30	0.91	36.96	7.24	1	44.18	D	70	D		
EZ Oeste	Frente	2401	1900	1.26	72	101	1354.46	1.77	43.78	31.40	2	75.18	E				

**PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2036**

Acceso	Carriles	Volumen	Saturacion	V/S	g	Co	C-s*/g/Co	X=V/C	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS	DT	NS
E1SUR	Derecha	1127	1900	0.59	60	101	1128.71	1.00	20.44	18.68	1	39.13	D	40	D		
	Izquierda	1131	1900	0.60	60	101	1128.71	1.00	20.56	19.57	1	40.13	D				
	Frente	1468	1900	0.77	47	101	884.16	1.66	63.47	299.11	1	362.58	F	277	F	120	
E3 Este	Derecha	492	1900	0.26	47	101	884.16	0.56	19.48	1.02	1	20.50	C				
	Izquierda	509	1900	0.27	25	101	470.30	1.08	39.06	45.91	1	84.97	F	83	F		
EZ Oeste	Frente	2846	1900	1.50	72	101	1354.46	2.10	46.80	36.26	1	83.06	F				

**Tabla 4.7 TABLAS DE NIVEL DE SERVICIO SEGUN PROYECCIONES VEHICULARES-ALTERNATIVA 1**

Aquí se muestra un cambio representativo, solamente cambiando el ciclo semafórico en el estado actual de la intersección, sin embargo para el año 2031 la intersección ya llega a su colapso, desde este año la intersección ya tendría que ser intervenida, para ello se buscara una nueva alternativa

## 4.4. ALTERNATIVA 2

### 4.4.1. Propuesta

Esta alternativa trata de restringir el giro a la izquierda en la Av. Remigio Crespo para acceder a la Av. Loja, ya que esta maniobra de giro es la que genera la principal congestión en la intersección. El objetivo es que el espacio no utilizado de la intersección canalizada se ponga en uso exigido a los vehículos que requieren hacer la maniobra de giro a la izquierda, que solo hace unos meses se habilitó para que los vehículos pudieran hacer este tipo de giro. Lastimosamente, no se utilizaba este tramo de vía en el conteo en hora pico, más bien, se registró que en este espacio solo pasó un vehículo, el cual no lo hizo para realizar de mejor manera esta maniobra si no que se quedó estacionado por 20 min. Para esto se deberá excluir el semáforo de giro exclusivo y no permitir a este la maniobra de giro.

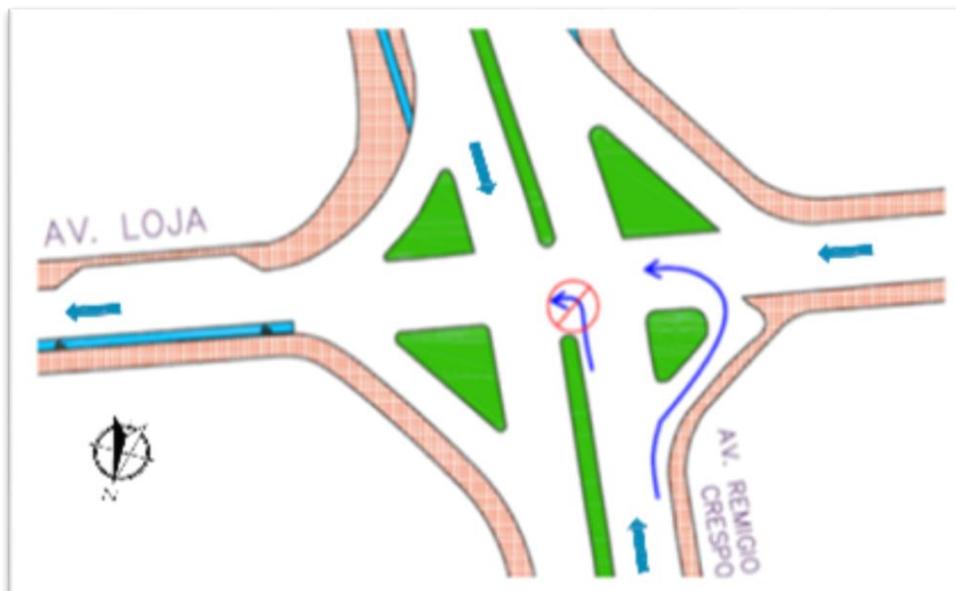


Figura 4.4 DIAGRAMA DE LA ALTERNATIVA 2



#### 4.4.2. Análisis de nivel de servicio

Para determinar si este es una alternativa factible, se debe analizar un nuevo ciclo semafórico, el cual solo tenga 2 etapas de semaforización, dejando a un lado la del giro exclusivo.

	E1	E2	E3
			
FLUJO EQUIVALENTES	1143	1568	906
NUMERO DE CARRILES	2	2	2
W ancho de carril (m)	4.0	3.75	3.75
longitud de vehiculo	6.1	6.1	6.1
tiempo de persepcion (s)	1.0	1.0	1.0
Desaceleracion (m/s <sup>2</sup> )	3.05	3.05	3.05
Velocidad (m/s)	13.89	13.89	13.89
Tiempo Amarillo	3	3	3
Tiempo todo rojo	1	1	1
Tiempo Perdido (s)	4	4	4
FLUJO DE SATURACION	3400	3400	3400
Relacion flujo actual / flujo sat.	Y1 = 0.3361	Y2 = 0.4612	Y4 = 0.2665
Tiempo Perdido por ciclo L (s)	12		
Co tiempo del ciclo (s)	113		
Gt = Co + tiempo perdido	125		
Gx (longitud de ciclo óptimo)	53	73	42

Tabla 4.8 CICLO SEMAFÓRICO DE LA ALTERNATIVA 2

Con los nuevos tiempos de verde, para la intersección con giro a la izquierda restringido, se procede a obtener el nivel de servicio.

#### Flujo de saturación

Acceso	E1 SUR	E2 OESTE		E3 ESTE	
Sentido Vehicular MOVIMIENTOS	TH	LT	TH	TH	RT
numero de carriles	2	1	1	2	1
flujo de saturacion	1800	1800	1800	1800	1800
ajuste de ancho de carriles (fw)	1.04	1.02	1.02	1.02	1.02
factor de ajuste de vehiculos pesados (fhv)	1.000	0.976	0.976	1.000	0.975
factor de ajuste por pendiente (fg)	1.005	0.995	0.995	0.995	0.995
factor de ajuste por estacionamiento (fp)	1	1	1	1	1
factor de ajuste por bloqueo de buses (fbb)	0.91	0.885	0.885	0.92	0.84
factor de ajuste portipo de area (fa)	1	1	1	1	1
factor de ajuste por utilizacion de carriles (fLU)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
factor de ajuste por vueltas a la izquierda (flt)	1	1	1	1	1
factor de ajuste por vueltas a la derecha (f rt)	1	1	1	1	0.85
factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas (f Lpb)	1	1	1	1	1
factor de ajuste derecho peatones y ciclistas (f Rpb)	1	1	1	1	1
flujo de saturacion ajustados	3413.67	1557.49	1557.49	3316.86	1255.33



### Módulo de análisis de capacidad

Acceso	SUR	OESTE		ESTE	
Sentido Vehicular	TH	LT	TH	TH	RT
numero de la fase	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 3$
Tasa de flujo ajustado ( $v_i$ )	<b>1156</b>	<b>784</b>	<b>784</b>	<b>686</b>	<b>230</b>
flujo de saturacion ajustado ( $s_i$ )	3413.67	1557.49	1557.49	3316.86	1255.33
tiempo de verde efectivo	<b>53</b>	<b>73</b>	<b>73</b>	<b>73</b>	<b>73</b>
relacion de verde $g_i/C$	0.42	0.58	0.58	0.58	0.58
capacidad del grupo de carriles ( $c_i$ )	1435.91	902.36	902.36	1921.67	727.29
relacion volumen a capacidad $X_i = (v_i/c_i)$	0.805	0.869	0.869	0.357	0.316
relacion de flujo ( $v_i/s_i$ )	0.34	0.50	0.50	0.21	0.18

### Módulo de nivel de servicio

Acceso	E1 SUR	E2 OESTE		E3 ESTE	
Sentido Vehicular	TH	LT	TH	TH	RT
Tasa de flujo ajustado ( $v_i$ )	<b>1156</b>	<b>784</b>	<b>784</b>	<b>686</b>	<b>230</b>
relacion de verde $g_i/C$	0.42	0.58	0.58	0.58	0.58
capacidad del grupo de carriles ( $c_i$ )	1435.91	902.36	902.36	1921.67	727.29
relacion volumen a capacidad $X_i = (v_i/c_i)$	0.805	0.869	0.869	0.357	0.316
<b>demora uniforme <math>d_1</math></b>	<b>31.97</b>	<b>22.45</b>	<b>22.45</b>	<b>14.05</b>	<b>13.65</b>
<b>demora incremental <math>d_2</math></b>	<b>4.2</b>	<b>9.7</b>	<b>9.7</b>	<b>0.4</b>	<b>1.0</b>
<b>demora cola inicial <math>d_3</math></b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>demora media por control del grupo <math>d_i</math></b>	<b>36.21</b>	<b>32.18</b>	<b>32.18</b>	<b>14.50</b>	<b>14.63</b>
<b>NIVEL DE SERVICIO DEL GRUPO DE CARRILES</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
demora de toda la interseccion	29.02				
NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCION	<b>C</b>				

Tabla 4.8 CALCULO DE NIVEL DE SERVICIO ALTERNATIVA 2

Con un nivel de servicio C, se nota una mejora de la situación actual, pero no tanta como la mejora de la alternativa 1.

Con los vehículos proyectados, obtendremos el nivel de servicio a futuro de esta alternativa.



PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2021

Acceso	Carriles	Volumen	Saturacion	V/S	g	Co	C-S <sup>2</sup> /Co	Xs-V/Co	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS
E1 SUR	Derecha	668	1900	0.35	53	126	799.21	0.84	35.40	5.46	1	40.66	D	41	D
	Izquierda	671	1900	0.35	53	126	799.21	0.84	35.60	5.60	1	41.20	D		
E3 Este	Derecha	292	1900	0.15	73	126	1100.79	0.27	16.70	0.03	1	16.73	B	18	B
	Frente	996	1900	0.52	73	126	1100.79	0.90	35.80	7.61	1	43.41	D	18	B
EZ Oeste	Frente	996	1900	0.52	73	126	1100.79	0.90	35.80	7.61	1	43.41	D	18	B

PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2026

Acceso	Carriles	Volumen	Saturacion	V/S	g	Co	C-S <sup>2</sup> /Co	Xs-V/Co	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS
E1 SUR	Derecha	802	1900	0.42	53	126	799.21	1.00	40.35	9.28	1	49.63	D	50	D
	Izquierda	805	1900	0.42	53	126	799.21	1.01	40.78	9.53	1	50.31	D		
E3 Este	Derecha	350	1900	0.18	73	126	1100.79	0.32	19.85	0.05	1	19.90	B	23	C
	Frente	1194	1900	0.63	73	126	1100.79	1.08	41.32	12.94	1	54.26	D	54	D
EZ Oeste	Frente	1194	1900	0.63	73	126	1100.79	1.08	41.32	12.94	1	54.26	D	54	D

PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2031

Acceso	Carriles	Volumen	Saturacion	V/S	g	Co	C-S <sup>2</sup> /Co	Xs-V/Co	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS
E1 SUR	Derecha	950	1900	0.50	53	126	799.21	1.19	40.35	14.85	1	55.20	E	56	E
	Izquierda	954	1900	0.50	53	126	799.21	1.19	40.76	15.24	1	56.00	E		
E3 Este	Derecha	415	1900	0.22	73	126	1100.79	0.38	23.54	0.09	1	23.63	C	30	C
	Frente	1415	1900	0.74	73	126	1100.79	1.29	48.71	20.70	1	69.41	E	69	E
EZ Oeste	Frente	1415	1900	0.74	73	126	1100.79	1.29	48.71	20.70	2	69.41	E	69	E

PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2036

Acceso	Carriles	Volumen	Saturacion	V/S	g	Co	C-S <sup>2</sup> /Co	Xs-V/Co	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS
E1 SUR	Derecha	1127	1900	0.59	53	126	799.21	1.41	48.73	23.76	1	72.49	E	73	E
	Izquierda	1131	1900	0.60	53	126	799.21	1.41	48.75	24.39	1	73.14	E		
E3 Este	Derecha	492	1900	0.26	73	126	1100.79	0.45	30.17	0.14	1	30.31	C	41	D
	Frente	1678	1900	0.88	73	126	1100.79	1.52	55.72	33.12	1	88.84	F	89	F
EZ Oeste	Frente	1678	1900	0.88	73	126	1100.79	1.52	55.72	33.12	1	88.84	F	89	F

Tabla 4.9 TABLA DE NIVEL DE SERVICIO SEGÚN PROYECCIONES VEHICULARES –ALTERNATIVA 2

Al no tener la maniobra de giro en la entrada E2, la cual causa colapso en las alternativas anteriores, el nivel de servicio no sube de gran manera al pasar de los años, llegando al año 2031 con un nivel E, el cual no llega al colapso.

#### 4.4.3. Análisis geométrico

En el proceso de levantamiento de la topografía del lugar, se observó que la maniobra de giro a la izquierda en la Avenida Remigio Crespo para acceder a la Avenida Loja, no solo la realizan vehículos livianos, sino también buses urbanos de las líneas: 18, 26, 32. Y analizando el radio de giro para realizar el ingreso a la Avenida Loja, se comprobó que no es el suficiente para que los buses urbanos puedan transitar.

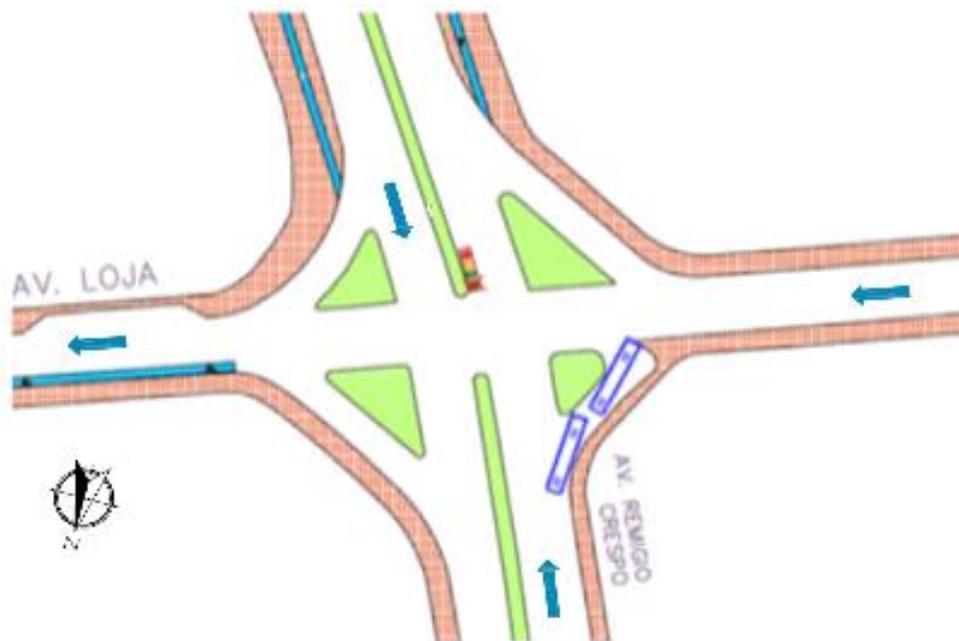


Figura 4.6. REPRESENTACIÓN DE BUSES URBANOS EN CANAL DE LA INTERSECCIÓN

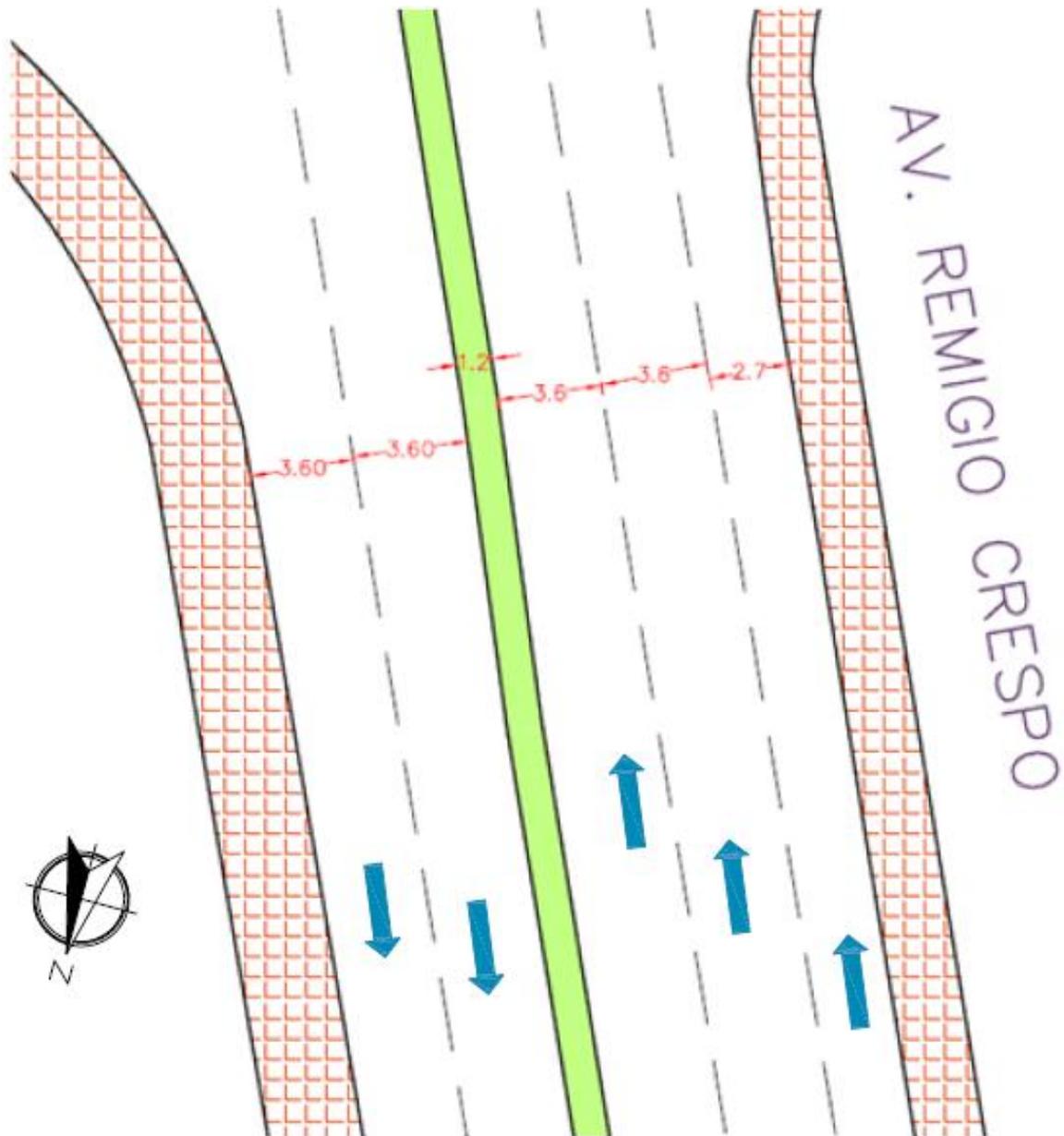
Como vemos en la Figura 4.6 a escala, los buses urbanos no pueden realizar esa maniobra de giro, ya que carecen de espacio adecuado.



Figura 4.7 RADIO DE LA ISLETA EN LA AV. REMIGIO CRESPO

Además, el radio de giro que según la norma es de 4 m., como mínimo, para vehículos livianos y 14 m. para buses urbanos –normas NEVI **[10]** –. Como podemos observar el radio de la isleta es de 3m., según los datos de topografía realizados en el sector, es decir, que esta modificación realizada en los últimos meses por la Administración Municipal, no está dentro de las normas, por lo que no permite el correcto movimiento de todos los vehículos.

Es decir hay que realizar una modificación a la geometría del lugar, ya que el proyecto no solo contempla modificación de tránsito, sino también un rediseño geométrico. Esta alternativa dispondrá a modificar las condiciones geométricas de la vía para mejorar la situación en la intersección. El objetivo es ampliar un carril del lado derecho en el acceso E2 –Avenida. Remigio Crespo entrada oeste–, reduciendo el parterre y la vereda, como se muestra en la Figura 4.8.



**Figura 4.8 MEDIDAS PARA LOS CARRILES EN LA AV. REMIGIO CRESPO ALTERNATIVA 2**

En la Avenida Remigio Crespo, se ha modificado los carriles, la vereda y el parterre, ya que existe espacio suficiente en esta sección de la vía, también, se ha diseñado un parterre de 120 cm., suficiente para el descanso de los peatones y ciclistas al cruzar la vía con toda seguridad. Según las normas de la ciudad, dice que el ancho mínimo de una vía dentro del casco urbano de la ciudad de Cuenca es de 2.5m. – según Cal y Mayor– [2], el ancho óptimo de carril es de 3.3m. En este espacio se ha aumentado un carril a la derecha, en el acceso E2 –Av. Remigio Crespo, entrada oeste– para así acceder al canal modificado, y poder realizar la maniobra de giro hacia la

izquierda. Así que se ha optado por utilizar un carril de 3.3 m como mínimo en la avenida Remigio Crespo.

La sección de bahía para acceder al canal de la intersección posee una medida de 2.5m, para ganar este espacio en la vía, se disminuyó el ancho de la vereda, y esta quedó de 3m. suficiente para que los peatones puedan usar este espacio.

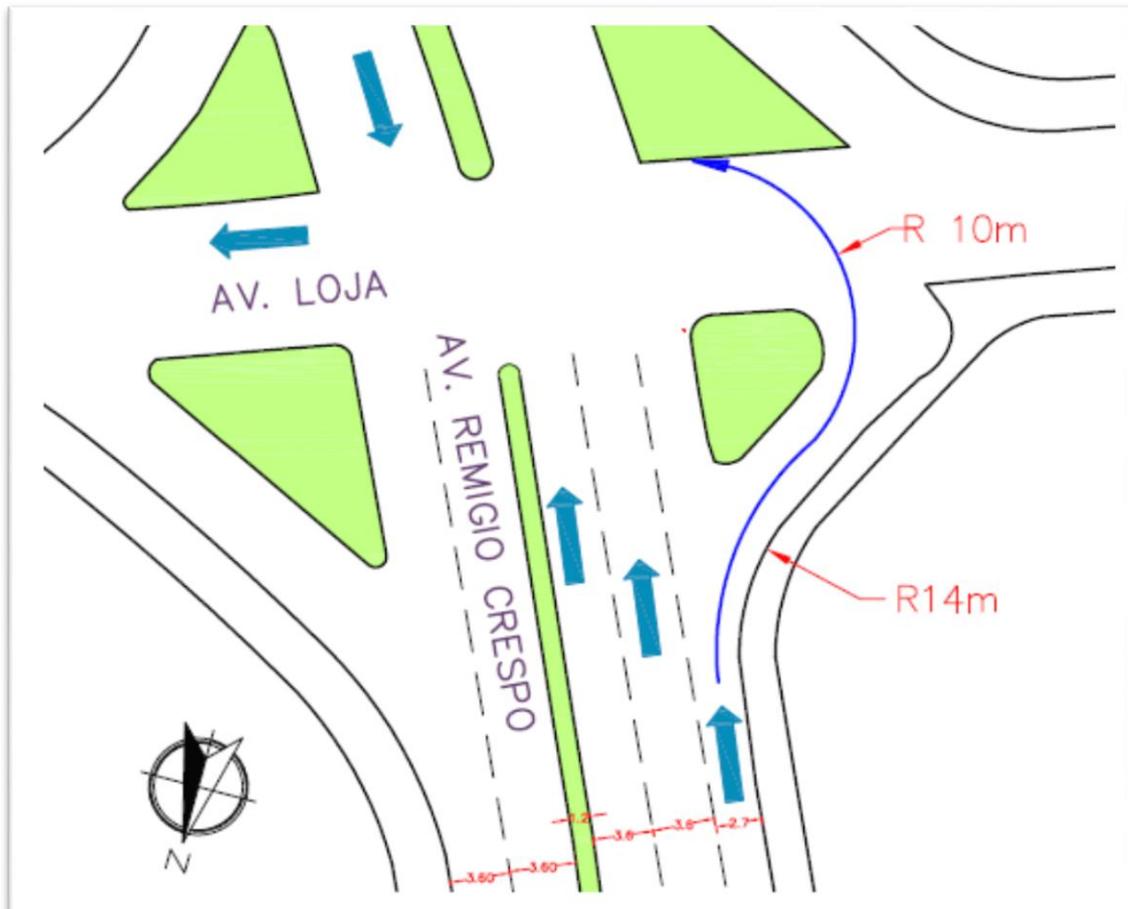


Figura 4.9 RADIO DE GIRO MODIFICADO ALTERNATIVA 2

Realizando el diseño del canal, en el cual se podrá realizar la maniobra de giro a la izquierda, se analizó que el radio de giro mínimo para los buses urbanos, no cumple en este caso, como se observa en la Figura 4.9, pues el vehículo (bus) se encontraría como obstáculo en la isleta de la entrada E1, y obstruiría los 2 carriles en la Avenida Loja.





En la Figura 4.10 podemos apreciar la disposición de los carriles en la intersección del proyecto, la cantidad de espacio desperdiciado es de gran ayuda para la generación de este nuevo carril. La alternativa 4 posee carriles de 4.2 metros en la Av. Loja y de 3.5 en la Av. Remigio Crespo, en cambio, el carril adicional junto a la aguja posee un ancho de 3 metros.

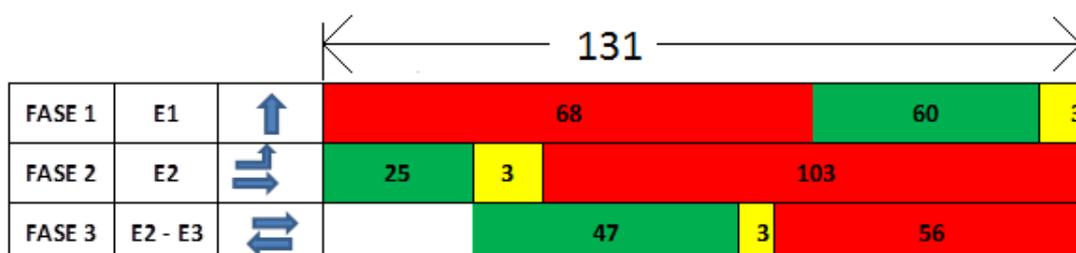
El nuevo diseño del parterre consta de una aguja de 40m, ya que según conteos realizados de los vehículos que realizan el giro son 137 vehículos, entre ellos buses y autos. En cada tiempo de verde, con giro exclusivo a la izquierda, transitan cuatro vehículos y se quedan esperando en el tiempo de rojo, 3 o 4 vehículos entre eso buses urbanos, los cuales son los que generan mayor impacto al tránsito.

El espacio de transición según las normas, especifican de 15 a 20 m, en este caso se ha escogido 16,5 m. La aguja del parterre tendrá como ancho 1.20 m, lo necesario para el descanso de los peatones.

#### 4.5.2. Análisis de tránsito

Con esta nueva propuesta se debe analizar un nuevo nivel de servicio, pero con la fase propuesta en la **alternativa uno**, ya que esta optimizó el nivel de servicio, y junto a esta alternativa aumenta la capacidad para el flujo de la intersección, y al aumentar un nuevo carril, será satisfactorio para este proyecto.

	E1	E2		E3
	↑	→	↶	←
Co tiempo del ciclo (s)	101			
g <sub>x</sub>	46	55	19	36
g <sub>x</sub> +30%*G <sub>x</sub>	60	72	25	47





### Nivel de servicio

Acceso	E1 SUR	E2 OESTE		E3 ESTE	
	TH	LT	TH	TH	RT
Tasa de flujo ajustado ( $v_i$ )	1156	238	1330	686	230
relacion de verde $g_i/C$	0.59	0.25	0.71	0.47	0.47
capacidad del grupo de carriles ( $c_i$ )	2027.92	1205.52	1850.53	1543.49	584.16
relacion volumen a capacidad $x_i = (v_i/c_i)$	0.570	0.603	0.562	0.444	0.394
demora uniforme $d_1$	12.58	33.61	6.95	18.20	17.67
demora incremental $d_2$	1.0	5.7	0.8	0.8	1.7
demora cola inicial $d_3$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
demora media por control del grupo $d_i$	13.59	26.50	7.79	19.00	19.38
<b>NIVEL DE SERVICIO DEL GRUPO DE CARRILES</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
demora de toda la interseccion	13.70				
NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCION	<b>B</b>				

Tabla 4.10 NIVEL DE SERVICIO ALTERNATIVA 3

Este proyecto debe de tener una vida útil de 20 años –periodo de diseño–, es decir, que la alternativa a ser escogida, debe generar las condiciones necesarias para que la intersección del proyecto no caiga en un nivel de servicio de categoría F –no debe colapsar–. Para estos cálculos se utilizan las proyecciones vehiculares en función del TPDA, realizadas en el Capítulo 3., conjuntamente con el análisis de capacidad y nivel de servicio que consta en el Capítulo 2.



PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2021															
Acceso	Carriles	Volumen	Saturación	V/S	g	Co	Cs=5*g/Co	X=V/Co	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS
SUR	Derecha	669	1900	0.35	60	101	1128.71	0.86	9.76	0.62	1	10.38	B	10	B
	Izquierda	671	1900	0.35	60	101	1128.71	0.86	9.76	0.63	1	10.41	B		
Este	Frente	871	1900	0.46	47	101	884.16	0.99	20.26	10.40	1	30.66	C	26	C
	Derecha	292	1900	0.15	47	101	884.16	0.35	11.96	0.08	1	13.05	B		
Oeste	Frente	302	1900	0.16	25	101	470.30	0.64	25.84	2.10	1	27.94	C	9	A
	Izquierda	1689	3800	0.44	72	101	2708.91	0.62	5.70	0.33	1	6.02	A		

PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2026															
Acceso	Carriles	Volumen	Saturación	V/S	g	Co	Cs=5*g/Co	X=V/Co	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS
SUR	Derecha	802	1900	0.42	60	101	1128.71	0.71	10.94	1.47	1	12.42	B	17	A
	Izquierda	803	1900	0.42	60	101	1128.71	0.71	10.97	1.50	1	12.48	B		
Este	Frente	1045	1900	0.55	47	101	884.16	1.18	24.37	6.00	1	32.37	C	17	B
	Derecha	350	1900	0.18	47	101	884.16	0.40	13.45	7.65	1	21.10	C		
Oeste	Frente	362	1900	0.19	25	101	470.30	0.77	26.85	8.15	1	35.00	D	12	B
	Izquierda	2025	3800	0.53	72	101	2708.91	0.75	6.77	0.63	1	7.61	A		

PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2031															
Acceso	Carriles	Volumen	Saturación	V/S	g	Co	Cs=5*g/Co	X=V/Co	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS
SUR	Derecha	950	1900	0.50	60	101	1128.71	0.84	12.65	4.18	1	16.83	B	17	B
	Izquierda	964	1900	0.50	60	101	1128.71	0.85	12.70	4.30	1	17.00	B		
Este	Frente	1288	1900	0.65	47	101	884.16	1.40	31.50	30.30	1	61.60	E	52	D
	Derecha	415	1900	0.22	47	101	884.16	0.47	14.04	10.55	1	24.59	C		
Oeste	Frente	490	1900	0.23	25	101	470.30	0.91	28.08	35.10	1	63.18	E	19	B
	Izquierda	2401	3800	0.63	72	101	2708.91	0.88	8.59	2.86	2	11.45	B		

PROYECCION DE NIVEL DE SERVICIO PARA EL AÑO 2036															
Acceso	Carriles	Volumen	Saturación	V/S	g	Co	Cs=5*g/Co	X=V/Co	d1	d2	PF	DT	NS	DT	NS
SUR	Derecha	1127	1900	0.59	60	101	1128.71	1.00	15.54	38.20	1	48.74	D	52	D
	Izquierda	1131	1900	0.60	60	101	1128.71	1.00	15.62	40.10	1	55.72	E		
Este	Frente	1468	1900	0.77	47	101	884.16	1.66	76.90	48.40	1	125.30	F	104	F
	Derecha	482	1900	0.26	47	101	884.16	0.56	14.81	25.70	1	40.51	D		
Oeste	Frente	509	1900	0.27	25	101	470.30	1.08	28.69	45.00	1	74.69	E	38	D
	Izquierda	2846	3800	0.75	72	101	2708.91	1.05	12.60	18.69	1	31.30	C		

Tabla 4.11 TABLA DE NIVEL DE SERVICIO SEGÚN PROYECCIONES VEHICULARES –ALTERNATIVA 3

Una vez que se comprobó que el diseño generado en la alternativa 4 no llega a un nivel de servicio **F**, a los 20 años la intersección alcanza un nivel de servicio **E**, con demora de 59 seg. es decir es una alternativa optima desde el punto de vista de tránsito.

#### 4.5.3. Análisis geométrico

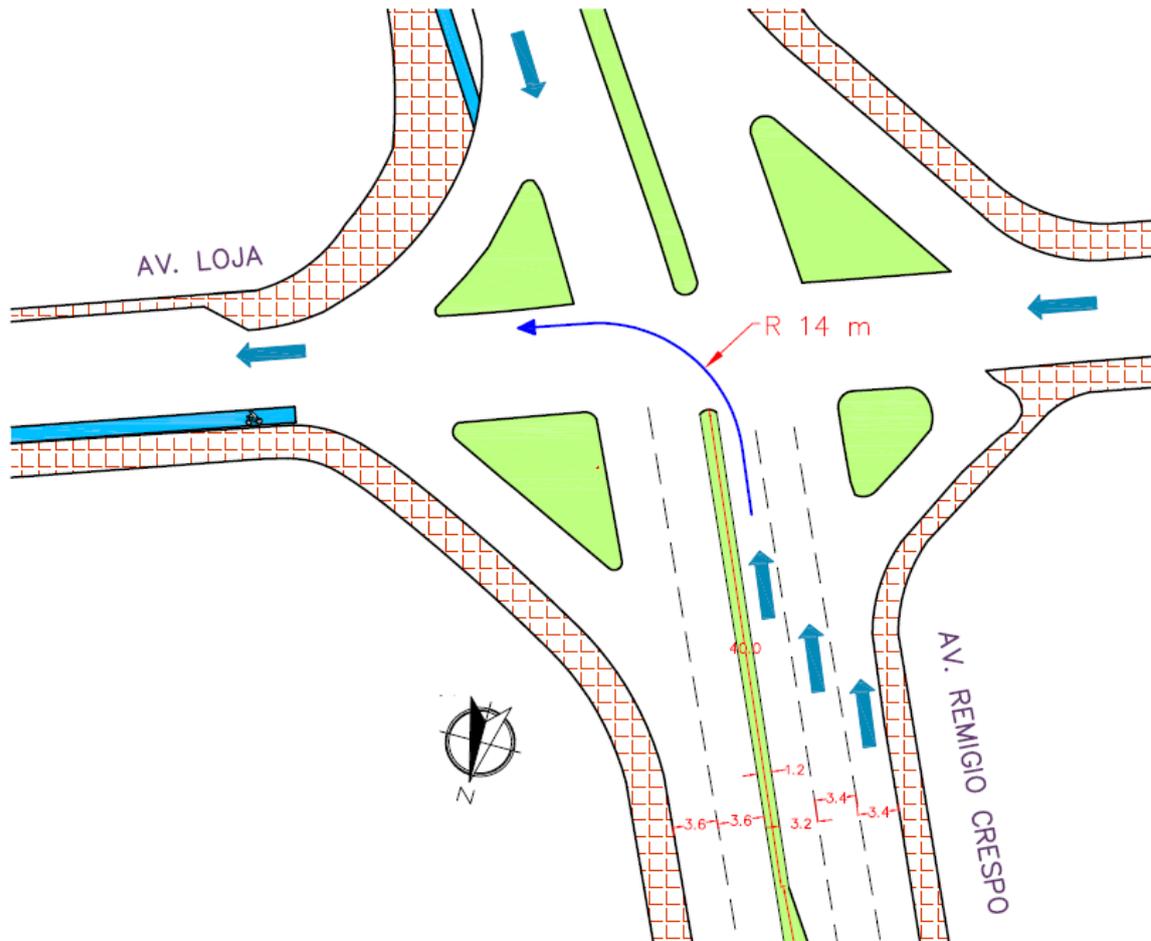


Figura 4.11 RADIO DE GIRO PARA BUSES URBANOS EN ALTERNATIVA 4

Con esta reforma, los vehículos pesados –buses urbanos– tienen el radio necesario para realizar la maniobra de giro – como se observa en la Figura 4.11- para incorporarse a la Av. Loja.

Con esto se procede a realizar el diseño definitivo gracias a un software de diseño de carreteras, para ello debemos determinar un boceto final. Uno de los errores geométricos a remediar es la BAHÍA DE PARQUEO de la parada de buses. Si recordamos que en la alternativa 0, se habló de que la maniobra necesaria para que el

bus entrara en la bahía no podía ser realizada, ya que los bordillos resaltados en el círculo rojo eran en ángulo y no con un radio, mínimo para un bus.

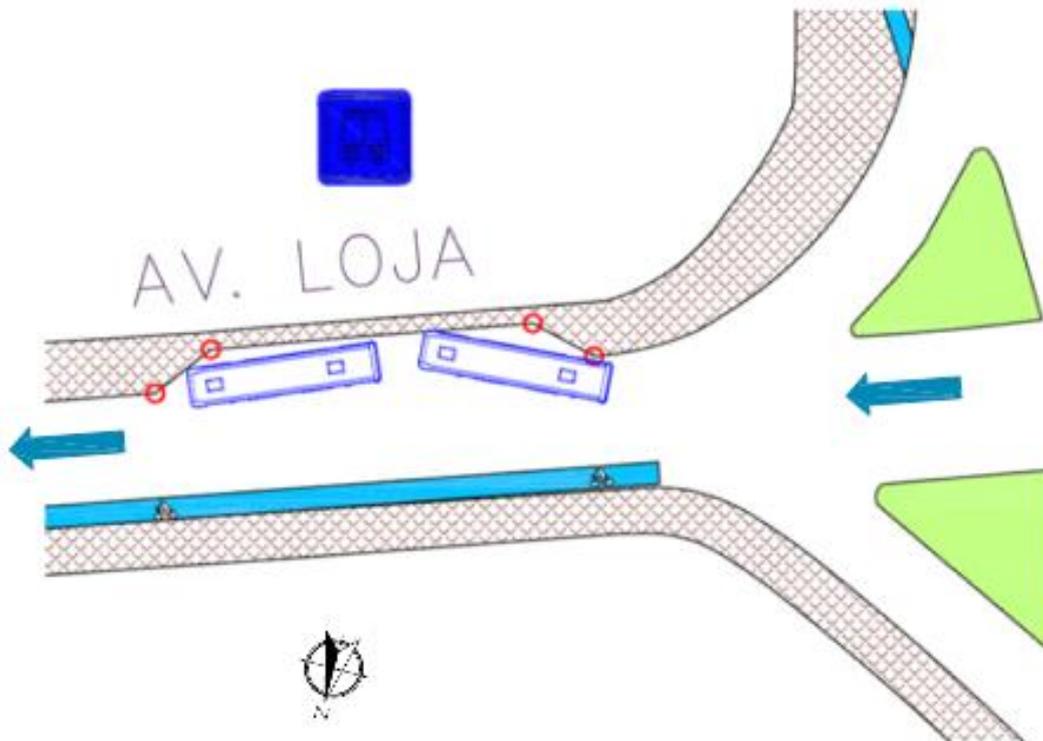


Figura 4.12 BAHÍA DE PARADA DE BUSES

Este problema se solucionaría cambiando los bordes de la vía, en vez de que sea en ángulo como el diseño actual, se cambiará por curvas acordes al radio de giro de un bus urbano, este caso se escogió 14m de radio.

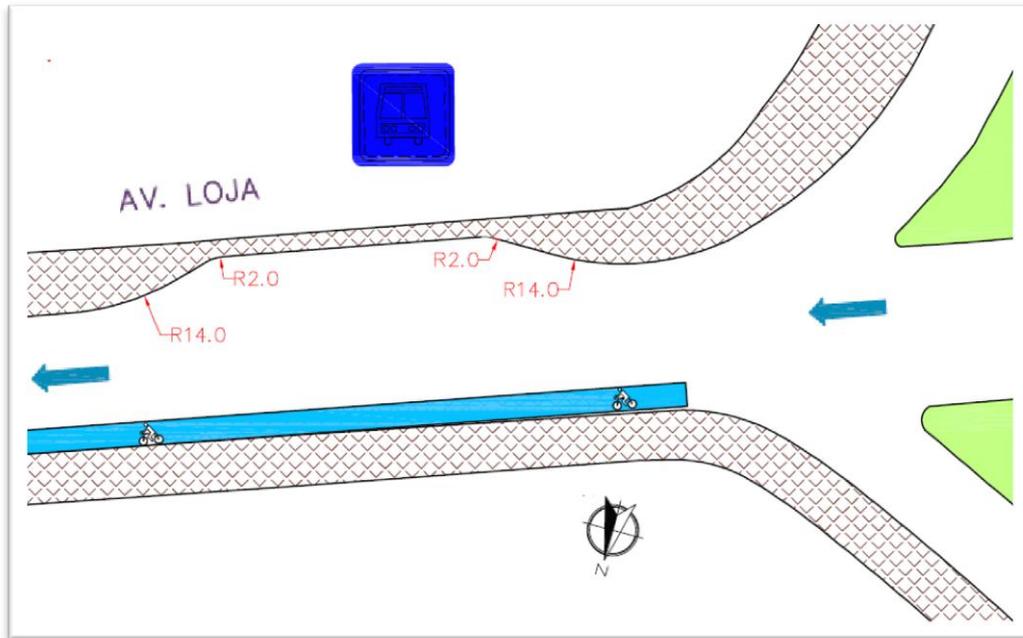


Figura 4.13 MEDIDAS ÓPTIMAS PARA LA BAHÍA DE PARADA DE BUS

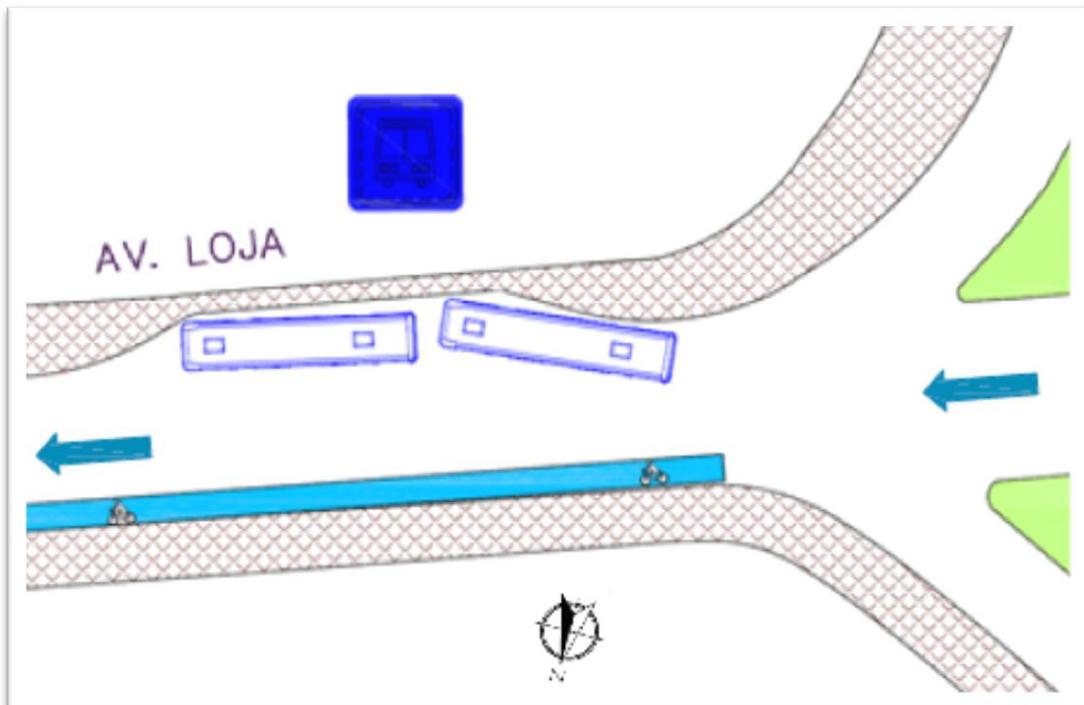


Figura 4.14 BUSES URBANOS EN LA BAHÍA DE BUS MODIFICADA

Como se observa en la figura 4.13 y Figura 4.14 a escala, los buses ya pueden realizar la maniobra de giro.



#### 4.6. ALTERNATIVA ESCOGIDA

La elección de la alternativa está basada en los niveles de servicio obtenidos en el periodo actual y también en las proyecciones, incluido los análisis geométricos realizados

	Año	Número de vehículos en hora pico	DEMORA EN SEGUNDOS	DEMORA POR VEHICULO	NIVEL DE SERVICIO	Análisis Geométrico
			s	min.		
Alternativa 0	<b>2016</b>	<b>3694</b>	<b>48</b>	<b>0.80</b>	<b>D</b>	No Optimo
	2021	4495	158	2.63	F	
	2026	5389	264	4.40	F	
	2031	6388	385	6.42	F	
	2036	7573	536	8.93	F	
Alternativa 1	<b>2016</b>	<b>3694</b>	<b>14</b>	<b>0.23</b>	<b>B</b>	No Optimo
	2021	4495	38	0.63	D	
	2026	5389	57	0.95	E	
	2031	6388	82	1.37	F	
	2036	7573	120	2.00	F	
Alternativa 2	<b>2016</b>	<b>3694</b>	<b>29</b>	<b>0.48</b>	<b>C</b>	No Optimo
	2021	4495	36	0.60	D	
	2026	5389	46	0.77	D	
	2031	6388	55	0.92	E	
	2036	7573	72	1.20	E	
Alternativa 3	<b>2016</b>	<b>3694</b>	<b>13</b>	<b>0.22</b>	<b>B</b>	Optimo (con reforma geométrica)
	2021	4495	14	0.23	B	
	2026	5389	17	0.28	B	
	2031	6388	27	0.45	C	
	2036	7573	59	0.98	E	

Tabla 4.12. CUADRO DE COMPARACIONES

Aunque algunas alternativas llegan a tener niveles de servicio aceptables en el tiempo actual, pero no son suficientes para el periodo de diseño del proyecto de 20 años, ya que colapsan. La **Alternativa 2** no llega a colapsar en este periodo, sin embargo, la geometría de la misma es ineficiente, aun con una reforma geométrica. Finalmente la única que llega a tener un nivel de servicio que no colapse en 20 años y con una reforma geométrica necesaria para el cálculo de la misma, llega a ser la alternativa preferencial para este proyecto.

Al final de la memoria se presenta el diseño geométrico de la intersección con su respectivo

diseño vertical, diseño horizontal, perfiles longitudinales y secciones transversales.



**Figura 4.13. RENDER DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

**VISTA PREVIA (Av. Remigio Crespo)**



**Figura 4.14. RENDER DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA – VISTA PREVIA (Av. Loja)**



**Figura 4.14. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA –  
VISTA PREVIA (Sistema de ciclo vías)**



# CAPÍTULO 5

---

## 5 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 5.1 RESULTADOS

- Analizando la diferencia de la **Alternativa 0** a la **Alternativa 1** se aprecia de ineficiencia del ciclo semafórico actual de la intersección (alternativa 0), observando el cambio en el tiempo de demoras, mejorando 2 niveles de servicio de D a B, aunque ambas alternativas en los futuros años llegan a colapsar, es decir, que la intersección analizada en el proyecto necesita ser intervenida, esto se debe al carril de la entrada E2 (Av. Remigio Crespo), al realizar la maniobra de giro, ya que este carril es el que numéricamente afecta a la intersección, ya que su tiempo de demora incremental y demora uniforme, se elevan en gran medida conforme los años de proyección.
- La **Alternativa 1**, la cual consta solamente del cambio de fase semafórica a una calculada según el número de vehículos que transitan por la intersección en una hora pico, se aprecia un significativo cambio, ya que su nivel de servicio B, teniendo una demora de 14 seg, sin embargo, a los 20 años, la intersección llegara a un nivel de servicio F, donde esta colapsaría.
- La **Alternativa 2** la cual plantea restringir la maniobra de giro, hacia la derecha en la entrada E2 (av. Remigio Crespo), para obtener una mejora amplia a la situación actual, pero, por otro lado, no es una mejora sustancial ni práctica, ya que al restringir esta maniobra se tendría que cambiar el recorrido de las líneas de los buses, lo cual presentaría un problema mayor para la ciudad, ya que la geometría establecida para esta alternativa, no es óptima para el giro de los buses.
- La **Alternativa 3**, da los mejores resultados en los niveles de servicio, ya que no llega al colapso en 20 años, más bien permanece en un nivel de servicio E y su modificación de la geometría es apta para la circulación de los vehículos



pesados en la intersección.

## 5.2 CONCLUSIONES

- La intersección necesita ser intervenida, ya que si bien su estado actual no ha llegado al colapso en una hora pico, si ha alcanzado un pésimo nivel de servicio, en el carril para realizar la maniobra de giro en la Avenida Remigio Crespo-acceso Oeste-, creando incomodidad en los usuarios
- Uno de los mayores problemas que presenta la intersección es los ciclos semafóricos con los que está trabajando ya que como se pudo observar, en la Alternativa 1, solo con un cambio de ciclos el cambio de nivel de servicio presenta una gran mejora al nivel de servicio **B**
- En el trazado geométrico de la intersección, se necesita cambiar de manera urgente en sitios como: la bahía de parqueo de los buses de transporte público, ya que al no contar con el espacio suficiente ni los ángulos de giro apropiados para ingresar a la bahía, esto crea problemas de circulación en el lugar, ya que los buses al no entrar a la bahía genera una cola de tráfico después de ellos, cuando realizan una parada, esta situación no es una molestia solo de esta intersección, si no de la mayoría de bahías de parqueo en paradas de buses de la ciudad.
- La intervención realizada meses atrás, por la presente administración, no fue realizada con las mejores finalidades, ya que se observa un radio de 3 m, en el cual un vehículo pequeño ya tiene dificultades para hacer el giro, se propone realizar el área con adoquín y rampas, para que sea peatonal y solo puedan ingresar los vehículos que necesariamente necesiten entrar por este canal al entrar a sus respectivos predios, de la misma manera en la entrada a la **ferretería continental**, otro de los canales en desuso.
- Con las reformas hechas en la **Alternativa 3**, la más opcional, se mejora el nivel de servicio para los peatones, ciclistas y vehículos motorizados, sin embargo, hasta el generar un contrato para la construcción de las reformas para dicha alternativa, se aconsejaría llevar a cabo la **Alternativa 1**, ya que esta solo requiere una modificación en el ciclo lo cual se puede realizar de manera instantánea.
-



## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Diario El Tiempo, 2016
- [2] Rafael Cal y Mayor R. *Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones*, 8ª Edición, Alfaomega México, 2007
- [3] Gilberto Jervéz Hernández, *Análisis del nivel de servicio y capacidad de intersecciones.* ,2015.
- [4] Bull, 2003
- [5] Luis Bañón Blázquez, José Bevia García, 2000.
- [6] Highway Capacity Manual. Washington, 2000.
- [7] Transportation Research Board, 2000.
- [8] Manual on traffic signal Desing, 2009
- [9] Ing. Civil Jorge A. Timaná Rojas, *Diseño de Intersecciones a nivel*,2003
- [10] Normas INEN, 2012
- [11] Normas NEVI – normas ecuatorianas viales, 2014



## ANEXOS

### Anexo 1 Resultados de conteo Volumétrico de la Intersección

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PUBLICOS DE													
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO													
INTERSECCION:		Nº 72		Ubicación: Av. Loja y Av. Remigio Crespo									
FECHA:		viernes, 27 de febrero de 2015					INICIO: 06H00		FIN: 20H00				
Periodo cada 15 min	LIV	BUS	CAMION						Moto	Bici	Total	Total sin 2R	Hora Pico
			2E	3E	TRAILER								
					4E	5E	6E						
0600-0615	50	8	2	0	0	0	0	0	0	1	61	60	
0615-0630	73	7	0	0	0	0	0	2	0		82	80	
0630-0645	214	10	2	0	0	0	0	6	1		233	226	
0645-0700	319	10	3	0	0	0	0	11	5		348	332	698
0700-0715	218	7	2	0	0	0	0	4	2		233	227	865
0715-0730	246	8	3	0	0	0	0	2	3		262	257	1042
0730-0745	311	7	1	0	0	0	0	13	5		337	319	1135
0745-0800	337	7	5	0	0	0	0	14	7		370	349	1152
0800-0815	320	8	5	0	0	0	0	9	3		345	333	1258
0815-0830	331	5	1	0	0	0	0	11	6		354	337	1338
0830-0845	288	11	4	4	0	0	0	12	5		324	307	1326
0845-0900	325	6	4	0	0	0	0	14	4		353	335	1312
0900-0915	320	6	5	0	0	0	0	14	4		349	331	1310
0915-0930	290	7	5	0	0	0	0	5	1		308	302	1275
0930-0945	274	7	7	0	0	0	0	9	4		301	288	1256
0945-1000	279	6	5	0	0	0	0	11	1		302	290	1211
1000-1015	250	5	5	0	0	0	0	10	6		276	260	1140
1015-1030	254	6	5	0	0	0	0	20	5		290	265	1103
1030-1045	236	7	3	0	0	0	0	19	2		267	246	1061
1045-1100	236	5	5	0	0	0	0	9	0		255	246	1017
1100-1115	269	6	6	0	0	0	0	7	6		294	281	1038
1115-1130	299	9	5	0	0	0	0	8	1		322	313	1086
1130-1145	224	5	5	0	0	0	0	11	2		247	234	1074
1145-1200	268	8	3	0	0	0	0	14	5		298	279	1107
1200-1215	276	6	1	0	0	0	0	14	5		302	283	1109
1215-1230	272	8	3	0	0	0	0	19	4		306	283	1079
1230-1245	313	6	2	0	0	0	0	6	2		329	321	1166
1245-1300	314	10	3	0	0	0	0	17	2		346	327	1214
1300-1315	302	7	4	0	0	0	0	15	4		332	313	1244
1315-1330	286	3	5	0	0	0	0	10	6		310	294	1255
1330-1345	276	8	8	0	0	0	0	6	1		299	292	1226
1345-1400	259	6	2	0	0	0	0	7	2		276	267	1166
1400-1415	264	6	6	0	0	0	0	9	4		289	276	1129
1415-1430	290	8	8	0	0	0	1	5	1		313	307	1142
1430-1445	293	2	2	0	0	0	0	9	4		310	297	1147
1445-1500	309	7	2	1	0	0	0	12	4		335	319	1199
1500-1515	353	6	4	0	0	0	0	14	2		379	363	1286
1515-1530	301	6	5	0	0	0	0	14	3		329	312	1291
1530-1545	287	8	1	0	0	0	0	10	1		307	296	1290
1545-1600	290	6	1	0	0	0	0	7	4		308	297	1268
1600-1615	306	4	2	0	0	0	0	11	3		326	312	1217
1615-1630	331	6	1	0	0	0	0	15	4		357	338	1243
1630-1645	371	9	2	0	0	0	0	16	3		401	382	1329
1645-1700	322	5	3	0	0	0	0	6	6		342	330	1362
1700-1715	331	6	3	0	0	0	0	11	6		357	340	1390
1715-1730	307	4	5	0	0	0	0	6	4		326	316	1368
1730-1745	317	6	3	0	0	0	0	15	3		344	326	1312
1745-1800	325	7	0	0	0	0	0	10	2		344	332	1314
1800-1815	340	5	1	0	0	0	0	13	2		361	346	1320
1815-1830	303	5	2	0	0	0	0	6	3		319	310	1314
1830-1845	314	5	2	0	0	0	0	6	6		333	321	1309
1845-1900	291	6	2	0	0	0	0	12	3		314	299	1276
1900-1915	307	4	4	0	0	0	0	12	3		330	315	1245
1915-1930	269	7	0	0	0	0	0	9	0		285	276	1211
1930-1945	259	4	2	0	0	0	0	11	2		278	265	1155
1945-2000	209	4	2	0	0	0	0	5	1		221	215	1071
<b>TOTAL</b>	<b>588</b>	<b>361</b>	<b>82</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>573</b>	<b>179</b>		<b>1719</b>	<b>1637</b>	
<b>%</b>	<b>92.40%</b>	<b>2.11%</b>	<b>1.06%</b>	<b>0.03%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.01%</b>	<b>3.35%</b>	<b>105%</b>		<b>100.00%</b>	<b>95.61%</b>	
<b>% SIN 2R</b>	<b>96.65%</b>	<b>2.21%</b>	<b>1.11%</b>	<b>0.03%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.01%</b>	<b>3.50%</b>	<b>109%</b>		<b>100.00%</b>		



**Anexo 2 Conteo clasificado en hora pico**

		<b>E1</b>														
		←					↑					→				
16:30	16:45	38	2	5	2	1	145	4	1	2	1	31	0	0	0	0
16:45	17:00	52	2	1	3	2	131	2	1	2	4	37	0	0	0	0
17:00	17:15	62	2	2	1	2	149	2	1	4	1	35	0	0	0	0
17:15	17:30	40	2	1	1	2	122	2	3	4	2	33	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>192</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>547</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>136</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

		<b>E2</b>									
		↑					→				
16:30	16:45	38	3	0	0	0	280	4	2	9	1
16:45	17:00	29	5	0	0	0	243	2	1	3	3
17:00	17:15	32	3	0	0	0	309	2	3	8	4
17:15	17:30	24	3	0	0	0	276	2	2	12	1
<b>TOTAL</b>		<b>123</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1108</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	<b>9</b>

		<b>E3</b>									
		←					↑				
16:30	16:45	111	2	2	4	1	45	0	0	1	0
16:45	17:00	135	2	2	7	1	33	0	0	2	0
17:00	17:15	164	2	3	6	4	31	0	0	5	3
17:15	17:30	153	2	3	4	0	52	0	0	1	0
<b>TOTAL</b>		<b>563</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>161</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>3</b>

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Anexo 3 Puntos del levantamiento de la franja topográfica

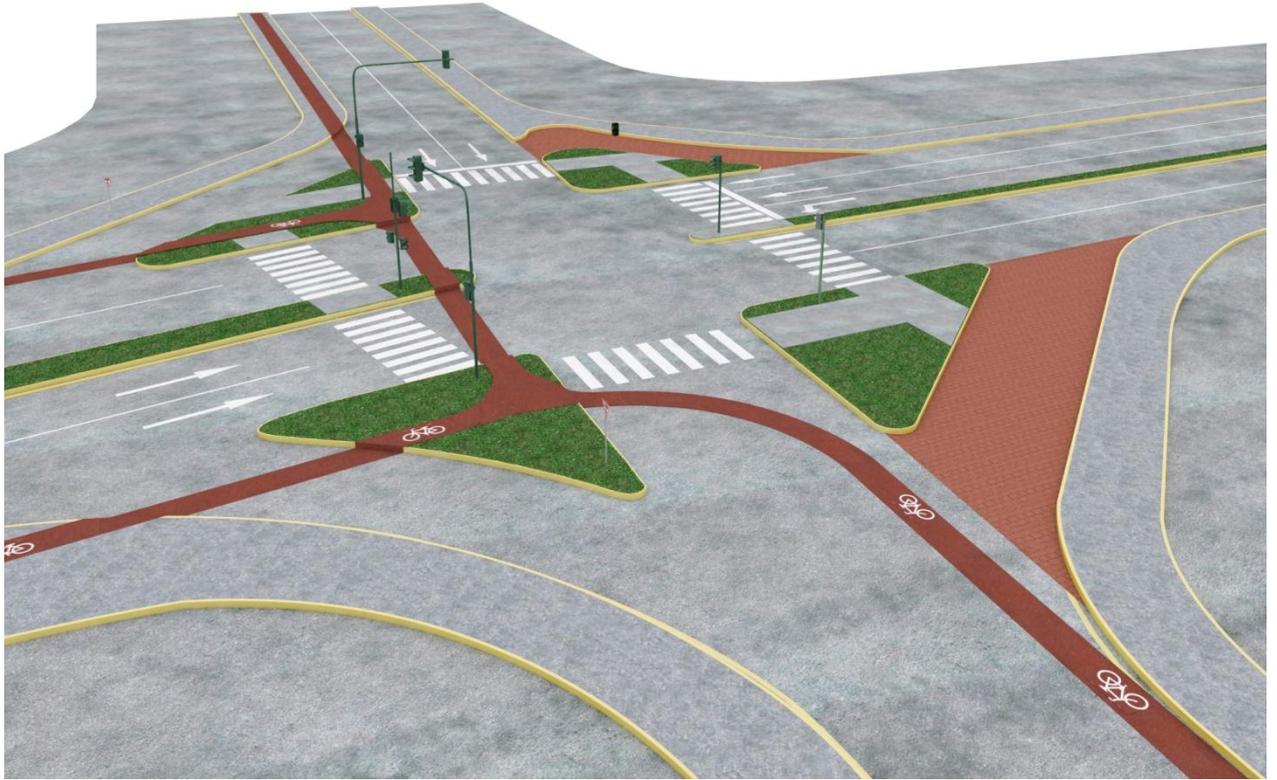
NUM.	NORTE	SUR	ALTURA	OBSERVACION	NUM.	NORTE	SUR	ALTURA	OBSERVACION	NUM.	NORTE	SUR	ALTURA	OBSERVACION
EST 2	1004.024	1000	2499.859	ESTACION	101	983.044	955.959	2499.922	CS BORDILLO	200	965.201	1018.528	2500.026	BORDILLO
1	1038.926	953.414	2499.105	BORDILLO	102	988.111	939.857	2499.871	CS BORDILLO	201	965.22	1018.472	2499.955	VIA
EST 1	1000	1000	2500	ESTACION	103	988.037	939.838	2499.721	VIA	202	962.868	1020.454	2500.1	BORDILLO
2	1061.578	1007.514	2498.946	BORDILLO	104	981.328	945.088	2499.883	VIA	203	972.261	1017.611	2499.872	VIA
3	1061.573	1007.561	2499.101	BORDILLO	105	981.27	945.096	2499.998	CS BORDILLO	204	972.274	1017.504	2500.052	BORDILLO
4	1061.724	1011.107	2499.125	BORDILLO	106	987.062	934.036	2499.803	VIA	205	973.299	1018.461	2499.807	BORDILLO
5	1053.011	1000.517	2499.086	BORDILLO	107	979.256	936.366	2500.193	CS BORDILLO	206	973.337	1018.431	2499.863	BORDILLO
6	1053.017	1000.574	2499.03	VIA	108	979.71	935.696	2499.995	VIA	207	973.821	1018.855	2499.784	BORDILLO
7	1053.657	1008.123	2499.021	VIA	109	979.605	935.752	2500.105	CS BORDILLO	208	962.317	1016.848	2500.101	BORDILLO
8	1053.692	1008.153	2499.197	BORDILLO	110	985.561	924.054	2500.16	CS BORDILLO	209	962.335	1016.826	2500.052	VIA
9	1051.447	1011.751	2499.299	BORDILLO	111	985.462	924.081	2499.917	VIA	210	960.559	1019.613	2500.185	BORDILLO
10	1046.147	1010.049	2499.16	BORDILLO	112	978.018	935.032	2500.014	VIA	211	973.824	1018.864	2499.775	BORDILLO
11	1048.898	1010.96	2499.128	BORDILLO	113	978.063	935.129	2500.11	CS BORDILLO	212	973.878	1018.859	2499.966	BORDILLO
12	1046.113	1010.071	2499.124	VIA	114	967.117	930.278	2500.003	CS BORDILLO	213	960.181	1015.983	2500.155	BORDILLO
13	1048.918	1010.983	2499.307	BORDILLO	115	967.157	930.245	2499.948	VIA	214	958.883	1019.274	2500.265	BORDILLO
14	1049.078	1011.969	2499.347	BORDILLO	116	979.297	950.777	2499.83	VIA	215	980.946	1024.938	2499.422	VIA
15	1056.542	1002.122	2499.047	VIA	117	979.406	950.788	2499.985	CS BORDILLO	216	980.968	1024.955	2499.627	BORDILLO
16	1039.466	1001.555	2499.237	BORDILLO	118	970.532	943.534	2499.841	CS BORDILLO	217	958.889	1019.287	2500.286	BORDILLO
17	1039.462	1001.573	2499.184	VIA	119	970.631	943.519	2499.735	VIA	218	979.041	1019.237	2499.882	BORDILLO
18	1042.584	1011.466	2499.211	VIA	120	980.154	956.101	2499.803	VIA	219	979.06	1019.305	2499.39	BORDILLO
19	1042.608	1011.473	2499.37	VIA	121	980.272	956.089	2499.935	CS BORDILLO	220	978.886	1019.259	2499.89	BORDILLO
20	1042.554	1012.473	2499.397	VIA	122	967.935	945.46	2499.918	CS BORDILLO	221	978.736	1018.511	2499.895	BORDILLO
21	1032.272	1002.099	2499.308	BORDILLO	123	981.676	963.878	2499.679	VIA	222	980.2	1018.708	2499.888	BORDILLO
22	1033.888	1012.075	2499.296	VIA	124	981.764	963.796	2499.81	CS BORDILLO	223	980.223	1018.732	2499.961	BORDILLO
23	1033.888	1012.141	2499.46	BORDILLO	125	972.974	958.454	2499.717	VIA	224	980.354	1018.465	2499.864	BORDILLO
24	1027.478	1010.726	2499.507	SEÑAL DE TRANSITO	126	973.034	958.44	2499.609	VIA	225	980.354	1018.476	2499.962	BORDILLO
25	1027.78	1004.293	2499.37	VIA	127	970.014	959.007	2499.78	CS BORDILLO	226	983.528	1018.337	2499.627	VIA
26	1027.057	1002.484	2499.385	BORDILLO	128	984.144	973.969	2499.692	VIA	227	983.502	1018.368	2499.785	BORDILLO
27	1027.061	1002.539	2499.322	VIA	129	984.237	974.04	2499.848	CS BORDILLO	228	983.484	1018.35	2499.785	BORDILLO
28	1026.891	1010.161	2499.346	VIA	130	974.642	968.989	2499.67	CS BORDILLO	229	972.415	1024.316	2499.816	BORDILLO
29	1026.914	1010.206	2499.496	BORDILLO	131	974.733	968.954	2499.529	VIA	230	972.45	1024.285	2499.606	BORDILLO
30	1027.045	1013.668	2499.562	BORDILLO	132	971.821	969.979	2499.762	CS BORDILLO	231	970.857	1026.743	2499.851	BORDILLO
31	1026.735	1002.507	2499.481	BORDILLO	133	985.218	982.908	2499.622	VIA	232	970.848	1026.733	2499.852	BORDILLO
32	1026.748	1002.551	2499.323	VIA	134	985.367	982.872	2499.823	CS BORDILLO	233	983.124	1017.103	2499.679	VIA
33	1026.469	999.691	2499.524	BORDILLO	135	976.058	977.517	2499.726	CS BORDILLO	234	983.014	1017.05	2499.863	BORDILLO
34	1024.761	1010.543	2499.352	VIA	136	976.103	977.5	2499.585	VIA	235	982.109	1014.274	2499.831	VIA
35	1024.783	1010.593	2499.418	VIA	137	973.233	978.227	2499.759	CS BORDILLO	236	982.101	1014.305	2499.991	BORDILLO
36	1025.395	1013.956	2499.506	BORDILLO	138	987.518	996.553	2499.837	VIA	237	980.27	1031.034	2499.375	BORDILLO
37	1023.449	1002.44	2499.415	BORDILLO	139	987.381	995.445	2500.024	CS BORDILLO	238	980.35	1030.984	2499.196	VIA
38	1023.447	1002.476	2499.37	VIA	140	977.056	985.092	2499.766	CS BORDILLO	239	978.197	1033.18	2499.475	BORDILLO
39	1023.65	999.665	2499.499	BORDILLO	141	977.14	985.098	2499.597	VIA	240	978.609	1014.503	2499.867	VIA
40	1020.852	1012.245	2499.368	VIA	142	988.296	997.999	2500.17	CS BORDILLO	241	978.709	1014.552	2500.037	BORDILLO
41	1020.894	1012.249	2499.524	BORDILLO	143	974.188	985.215	2499.801	CS BORDILLO	242	984.834	1014.858	2498.93	BORDILLO
42	1022.063	1015.138	2499.55	BORDILLO	144	988.212	1001.205	2499.9	VIA	243	979.217	1016.177	2499.874	BORDILLO
43	1020.969	1001.924	2499.558	BORDILLO	145	988.267	1001.148	2500.078	CS BORDILLO	244	979.269	1016.129	2500.016	BORDILLO
44	1020.953	1001.96	2499.397	VIA	146	976.084	990.107	2499.865	CS BORDILLO	245	979.269	1016.129	2500.016	BORDILLO
45	1021.578	999.135	2499.643	BORDILLO	147	976.148	990.115	2499.661	VIA	246	979.258	1016.137	2500.017	BORDILLO
46	1018.007	1014.19	2499.297	VIA	148	976.14	990.112	2499.662	VIA	247	982.605	1038.236	2499.076	BORDILLO
47	1018.023	1014.25	2499.432	BORDILLO	149	973.195	989.437	2499.905	CS BORDILLO	248	988.45	1038.125	2498.805	BORDILLO
48	1019.417	1016.686	2499.52	BORDILLO	150	978.512	993.643	2499.771	VIA	249	988.466	1038.07	2498.744	VIA
49	1016.482	999.635	2499.627	BORDILLO	151	978.562	993.724	2499.975	CS BORDILLO	250	979.536	1016.174	2499.863	BORDILLO
50	1016.463	999.674	2499.457	VIA	152	972.891	995.117	2499.944	CS BORDILLO	251	979.595	1016.133	2499.989	BORDILLO
51	1018.211	997.333	2499.676	BORDILLO	153	972.927	995.15	2499.771	VIA	252	980.396	1016.51	2499.965	BORDILLO
52	1015.367	1016.392	2499.235	VIA	154	970.345	993.505	2500.023	CS BORDILLO	253	987.522	1037.98	2498.815	BORDILLO
53	1015.402	1016.402	2499.367	BORDILLO	155	976.072	996.78	2499.841	VIA	254	980.916	1017.223	2499.804	BORDILLO
54	1017.274	1018.633	2499.421	BORDILLO	156	976.151	996.889	2500.015	CS BORDILLO	255	980.86	1017.149	2499.977	BORDILLO
55	1013.536	997.057	2499.661	BORDILLO	157	967.178	1001.024	2499.997	CS BORDILLO	256	985.281	1045.088	2498.798	BORDILLO
56	1013.427	997.085	2499.469	VIA	158	967.206	1001.052	2499.913	VIA	257	993.33	1047.67	2498.35	BORDILLO
57	1015.29	994.83	2499.747	BORDILLO	159	975.56	997.948	2500.023	CS BORDILLO	258	993.424	1047.668	2498.179	VIA
58	1013.237	1018.774	2499.142	VIA	160	976.043	1001.289	2499.916	CS BORDILLO	259	993.423	1047.671	259	SEÑAL DE TRANSITO
59	1015.493	1012.182	2499.347	BORDILLO	161	976.084	1001.256	2500.061	CS BORDILLO	260	986.575	1048.95	2498.499	BORDILLO
60	1008.638	992.876	2499.722	BORDILLO	162	976.896	1005.42	2499.978	VIA	261	1024.498	1062.287	2497.472	BORDILLO
61	1008.608	992.919	2499.527	VIA	163	976.898	1005.413	2500.135	CS BORDILLO	262	1022.11	1055.082	2497.755	BORDILLO
62	1011.265	1021.53	2499.05	VIA	164	964.724	1003.651	2500.149	CS BORDILLO	263	1008.56	1029.434	2498.802	BORDILLO
63	1011.354	1021.536	2499.116	BORDILLO	165	964.77	1003.646	2500.008	VIA	264	1008.649	1029.401	2498.988	BORDILLO
64	1014.39	1023.458	2499.247	BORDILLO	166	961.995	1002.394	2500.233	CS BORDILLO	265	1008.449	1034.468	2498.585	VIA
65	1002.354	987.521	2499.542	VIA	167	965.46	1005.169	2500.197	CS BORDILLO	266	1008.461	1034.516	2498.59	VIA
66	1002.406	987.469	2499.724	BORDILLO	168	965.712	1005.404	2500.047	VIA	267	1008.563	1034.491	2498.782	BORDILLO
67	1004.088	985.175	2499.873	BORDILLO	169	980.142	1005.014	2499.951	VIA	268	1011.725	1041.241	2498.359	BORDILLO
68	989.4	1002.053	2499.887	VIA	170	980.149	1004.954	2500.124	VIA	269	1017.292	1040.271	2498.408	BORDILLO
69	989.396	1001.975	2500.097	BORDILLO	171	967.615	1006.773	2500.24	CS BORDILLO	270	1010.873	1043.384	2498.169	VIA
70	990.007	1001.512	2499.856	VIA	172	967.701	1006.758	2500.064	VIA	271	1010.848	1043.051	2498.24	BORDILLO
71	990.174	1001.458	2500.088	BORDILLO	173	980.425	1003.519	2499.926	VIA	272	1015.406	1034.385	2498.734	BORDILLO
72	989.312	1000.165	2500.054	BORDILLO	174	980.351	1003.538	2500.113	CS BORDILLO	273	1			

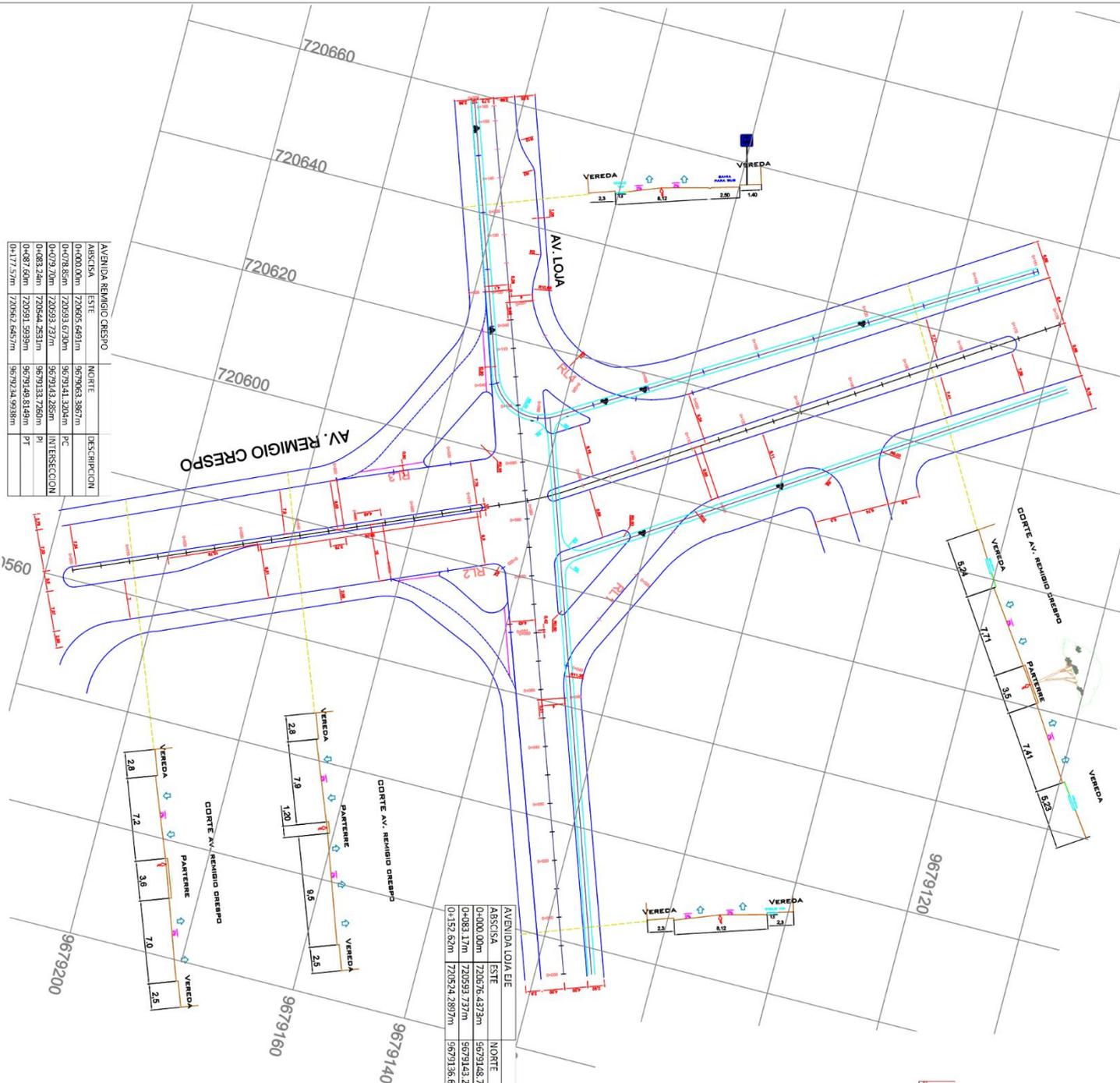
### Anexo 4 Factor horario de máxima demanda de la Intersección

HORA	TPDA	
	VOLUMEN HORARIO	%
6h00-7h00	698	4.26%
7h00-8h00	1152	7.04%
8h00-9h00	1312	8.02%
9h00-10h00	1211	7.40%
10h00-11h00	1017	6.21%
11h00-12h00	1107	6.76%
12h00-13h00	1214	7.42%
13h00-14h00	1166	7.12%
14h00-15h00	1199	7.33%
15h00-16h00	1268	7.75%
16h00-17h00	1362	8.32%
17h00-18h00	1314	8.03%
18h00-19h00	1276	7.80%
19h00-20h00	1071	6.54%
<b>TOTAL</b>	<b>16367</b>	<b>100%</b>
<b>VOLUMEN PROMEDIO</b>	<b>1170</b>	
HORA PICO	VOLUMEN	
VHMD 16H30-15H30	1390	
VOLUMEN PROMEDIO	1170	
<b>FHMD</b>	<b>0.910</b>	

### Anexo 5 Renders del Diseño Geométrico de la Intersección

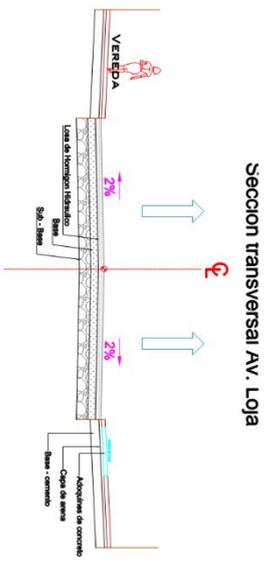
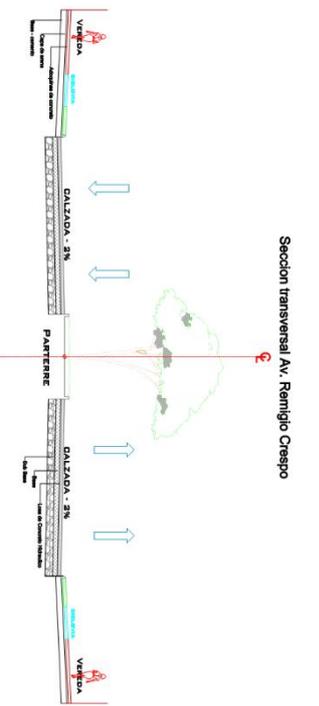






AVENIDA REMIGIO CRESPO		NORTE		DESCRIPCION
ABSCISA	ESTE	ABSCISA	NORTE	DESCRIPCION
0+000.00m	720605.6401m	9679063.3867m		PC
0+078.80m	720593.6730m	9679141.3204m		PC
0+079.70m	720593.737m	9679143.285m		INTERSECCION
0+083.24m	720544.9531m	9679133.7260m		PT
0+087.60m	720591.5829m	9679148.8149m		PT
0+177.37m	720562.6457m	9679124.9588m		

AVENIDA LOJA EJE		NORTE		DESCRIPCION
ABSCISA	ESTE	ABSCISA	NORTE	DESCRIPCION
0+000.00m	720676.4373m	9679148.7405m		PC
0+083.17m	720593.737m	9679143.285m		INTERSECCION
0+152.62m	720524.2897m	9679136.6453m		

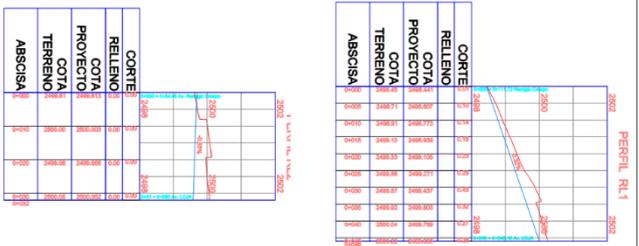
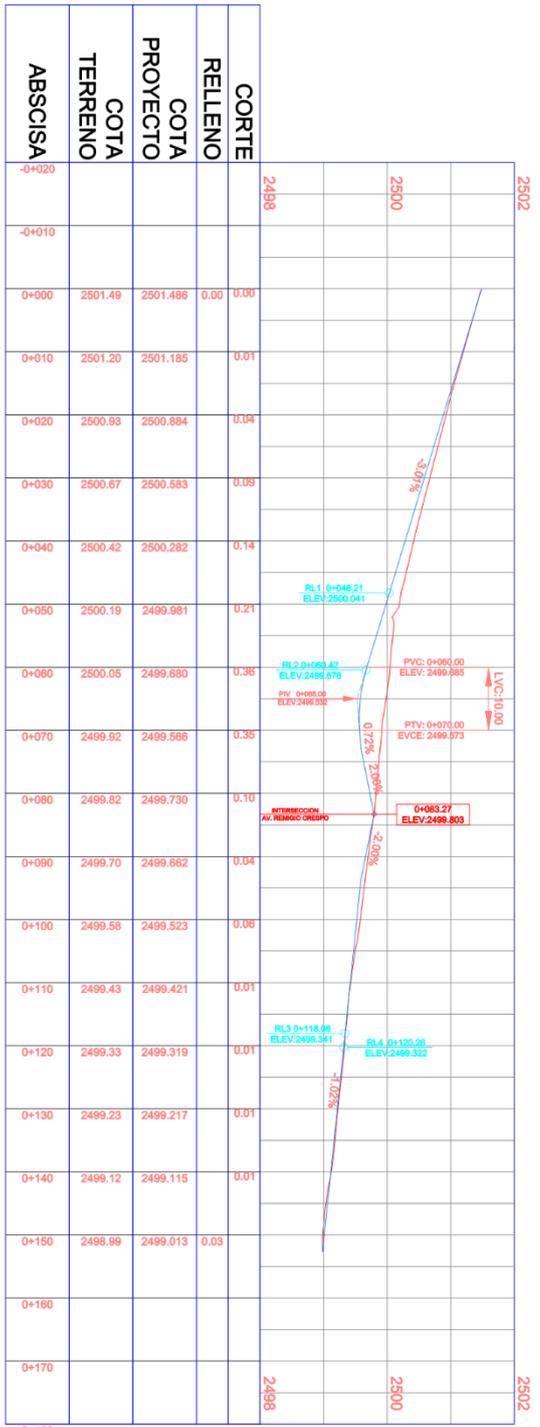


UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Facultad de Ingeniería

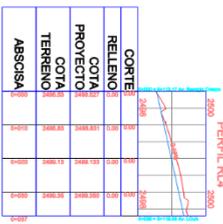
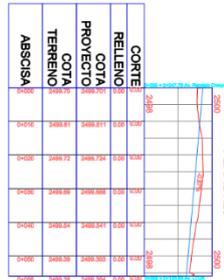
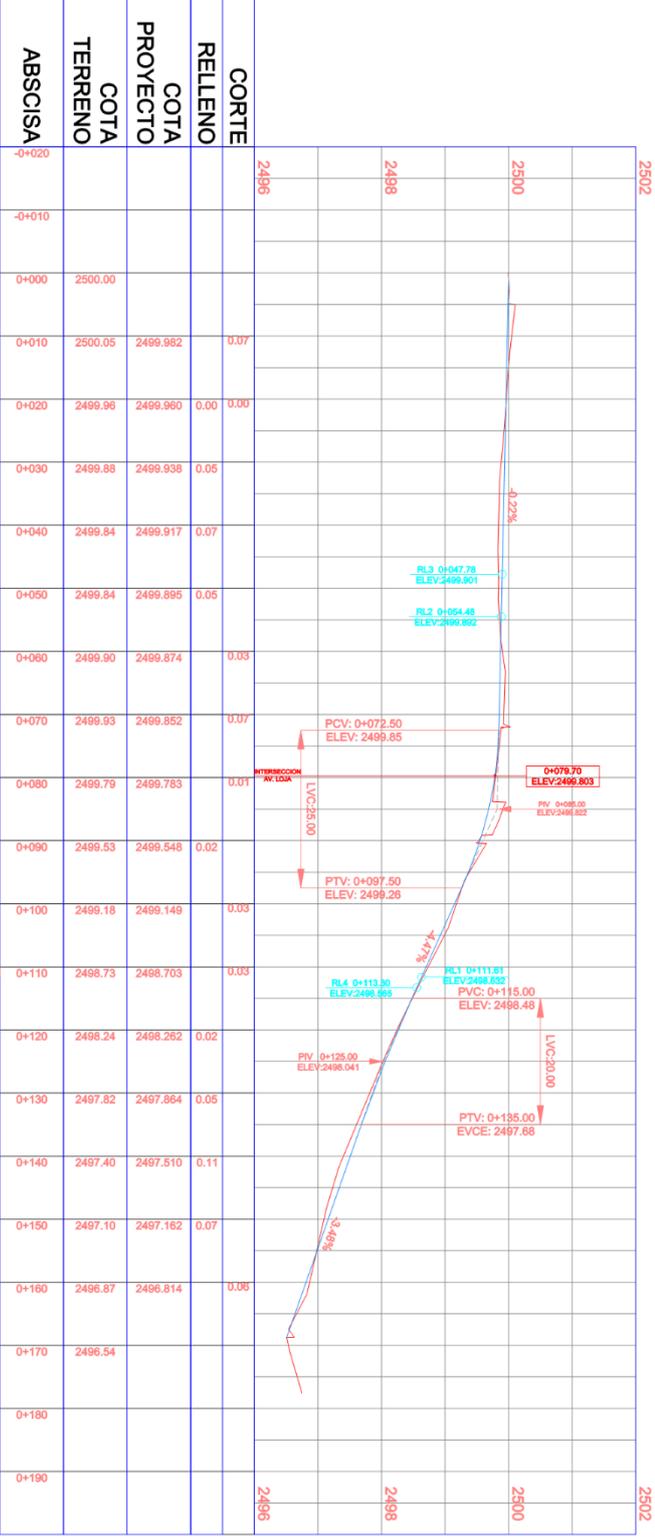
CONTIENE: DISEÑO HORIZONTAL, INTERSECCION AV. LOJA Y AV. REMIGIO CRESPO

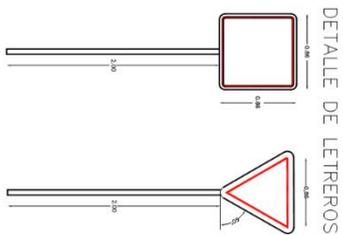
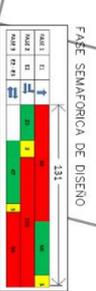
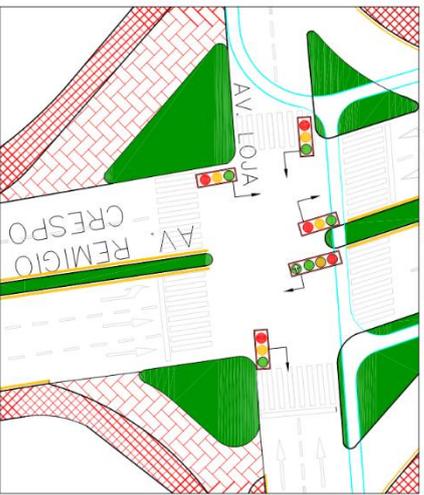
LAUNIA: 1/3 ESCALA: 1:500 FECHA: 18/10/2016

DISEÑO Y REVISIÓN: MARY PATRICIA CHICA GUAMAN REVISOR: ING. JUAN JAMES

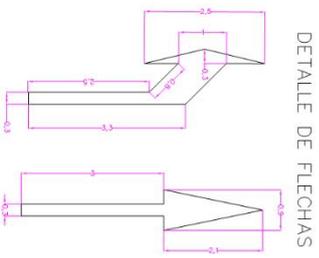
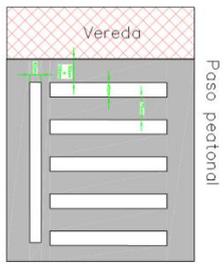


### PERFIL AVENIDA REMIGIO CRESPO

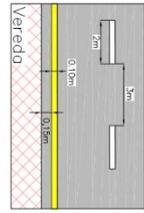




DETALLE DE LINEAS



Lineas de la calzada



- SENALES DE TRANSITO
- Zona Escolar
  - Ceda el paso a peatones
  - Parada de Bus
  - Prohibido Estacionar
  - Prohibido vuelta en U
  - Caso el Paso
  - Prohibido recoger pasajeros

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
Facultad de Ingeniería

CONTIENE: SEMALIZACION VIAL - INTERSECCION AV. LOJA Y AV. REMIGIO CRESPO

TAMANA: 3/3 ESCALA: 1:300 FECHA: 18/10/2015

DISEÑO Y DIBUJO: IVAN FRANCISCO CHICA GUAMAN REVISOR: ING. JUAN AYALA