

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE MATRIZ CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico Automotriz.

**EVALUACIÓN DE IMPACTO VIAL EN AV. FRAY VICENTE
SOLANO, OPERACIÓN VEHICULAR Y CICLOVÍA**

AUTOR:

Erick Santiago Jaramillo Pintado

DIRECTOR:

M. I. Javier Vázquez Salazar

Cuenca, Abril 2016

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Erick Santiago Jaramillo Pintado, con cédula de identidad N° 1104320831, declaro bajo juramento que este trabajo de titulación “Evaluación de impacto vial en la Av. Fray Vicente Solano, operación vehicular y ciclovía” ha sido desarrollado por mi auditoria, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y que he consultado las referencias bibliográficas que incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente de este trabajo la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente

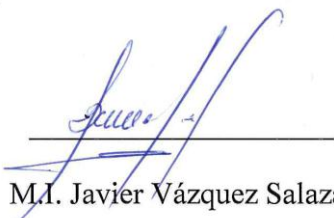


Erick Santiago Jaramillo Pintado

C.I: 1104320831

CERTIFICADO

Certifico que el siguiente trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE IMPACTO VIAL EN AV. FRAY VICENTE SOLANO, OPERACIÓN VEHICULAR Y CICLOVÍA”** para la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, realizado por el alumno Erick Santiago Jaramillo Pintado, fue dirigido por mi persona.



M.I. Javier Vázquez Salazar

DEDICATORIA

A Dios quien me ha sabido acompañar e iluminar en cada paso que doy, a mis padres Jorge y Mariela, quienes desde pequeño me apoyaron de forma incondicional, enseñándome buenos valores y humildad ante todo, gracias a ellos he podido lograr una etapa más de mi vida profesional.

A mis hermanos Sandra, Jorge Iván y Jhuliana; que siempre me supieron apoyar durante mis estudios universitarios.

A toda mi familia y amigos que fueron un pilar fundamental demostrándome cariño y apoyo.

Santiago

AGRADECIMIENTO

A mi director de tesis M.I. Javier Vázquez por su orientación durante todo el desarrollo de la presente investigación.

A funcionarios de la Dirección Municipal de Transito de Cuenca por brindar todas las facilidades con información requerida.

A todos los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana que durante mis estudios me brindaron sus conocimientos para la formación profesional.

Santiago

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el impacto vial que se tiene en la Av. Fray Vicente Solano, en la cual se procedió a la disminución de un carril vehicular en la circulación de Sur-Norte por la construcción de la ciclovía sin determinar el efecto que esta obra pudiera generar.

El área de estudio se realizó en siete intersecciones de las quince existentes, las cuales son las más importantes en la circulación vehicular. Para el análisis se procedió a utilizar como libro guía Highway Capacity Manual 2000, siendo necesario la recolección de datos a través de investigación de campo como son: aforos vehiculares, ciclistas, ciclos semafóricos y características geométricas de vías. Se determina los tiempos en las demoras en intersecciones vehiculares e intersecciones de la ciclovía mencionadas.

Con los tiempos en las demoras y aforos en cada intersección se procedió a analizar con el fin de determinar el porcentaje de utilización de los sistemas de transporte.

A partir de este análisis se establecen nuevas estrategias en movilidad alternativa y los efectos, cuyo fin es que la ciudadanía sea consiente de los diferentes escenarios que se tendrá la movilidad en la ciudad. Con una ciudadanía educada y culta, se evitará grandes problemas de movilidad.

INDICE GENERAL

CERTIFICADO	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMA.....	1
2.1. Antecedentes.....	1
2.1.1. Historia vehicular en Cuenca	2
2.2. Importancia y alcances.....	3
2.3. Delimitación.....	3
3. OBJETIVOS	4
4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	4
4.1. Ciclovia.....	4
4.1.1. Ciclovías en el mundo.....	5
4.2. Tránsito vehicular	8
4.2.1. Definición	8
4.2.2. Factores que intervienen en el tránsito vehicular	8
4.2.3. Capacidad Vial.....	9
4.2.4. Niveles de servicio.....	9
4.3. Sistema vial urbano.....	10
4.4. Intersecciones viales	10
4.4.1. Intersecciones reguladas	10
4.4.2. Intersecciones no reguladas	12
4.4.3. Intersección con glorieta	12
4.5. Volumen de tránsito.....	13
4.5.1. Volúmenes de tránsito absolutos o totales	13
4.5.2. Volúmenes de tránsito promedio diario (TPD).....	13
4.6. Usuarios viales.....	14
4.7. Ciclovías y bicicletas.	14
4.7.1. Impactos sobre la capacidad de las intersecciones.....	15
4.7.2. Efecto de las bicicletas en segmentos de carretera entre intersecciones.	15
4.7.3. Instalaciones para bicicletas.....	15
4.7.4. Niveles de servicio de ciclovías	15

4.8.	Ciclovías e integración con el sistema de transporte	18
4.8.1.	Integración del transporte público.....	20
4.8.2.	Beneficios de la integración de la bicicleta al transporte público.....	21
4.8.3.	Bicicleta como transporte público.....	22
4.8.4.	Efectos de un cambio en la movilidad	23
4.9.	Tipos de conflicto entre usuarios viales.....	23
4.10.	Proyecciones vehiculares	24
4.10.1.	Análisis de regresión.....	24
5.	MARCO METODOLÓGICO.....	26
5.1.	Intersecciones de análisis en la Avenida Fray V. Solano.....	27
5.2.	Determinación de la hora de máxima demanda	30
5.3.	Recopilación de aforos vehiculares.....	30
5.3.1.	Av. 12 de Abril	30
5.3.2.	Florencia Astudillo.....	31
5.3.3.	Av. Remigio Crespo.	32
5.3.4.	Miguel Cordero	33
5.3.5.	Luis Moreno Mora	34
5.3.6.	Av. 10 de Agosto	35
5.3.7.	Av. 27 de Febrero.....	36
5.4.	Análisis de intersecciones.	37
4.1.	Intersección Av. 12 de Abril	37
5.4.2.	Intersección Av. Florencia Astudillo	38
5.4.3.	Intersección Av. Remigio Crespo	39
5.4.4.	Intersección Miguel Cordero	40
5.4.5.	Intersección Luis Moreno Mora.....	41
5.4.6.	Intersección Av. 10 de Agosto.....	42
5.4.7.	Intersección Av. 27 de Febrero	43
5.6.	Análisis de escenarios posibles en movilidad.	44
5.6.1.	Proyección vehicular.....	44
5.6.2.	Disminución en 10% la utilización del vehículo año 2016.....	47
5.6.3.	Movilidad alternativa año 2020	48
5.8.	Emisiones de gases generadas.....	49
5.9.	Puntos de conflicto entre usuarios viales.	50
5.9.1.	Acceso a parqueaderos.....	51
5.9.2.	No utilización de ciclovía	51
5.9.3.	Falta de señalización peatonal y no uso de pasos peatonales.....	52

5.9.4. Visibilidad deficiente	52
5.9.5. Dificultad cruce de peatones	52
5.9.6. Cruce de peatones en ciclovia	53
5.9.7. Peatón e infraestructura vial.....	54
6. RESULTADOS.....	55
6.1. Niveles de servicio vehicular	55
6.2. Nivel de servicio en ciclovia.....	56
6.3. Relación de utilización bicicleta - vehículos en Av. Solano.....	56
7. RECOMENDACIONES	58
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
9. Anexos	62

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Primer vehículo en Cuenca. Fuente: Revista Avance, 2012 [5]	2
Ilustración 2. Delimitación geográfica de la Av. Fray V. Solano.	4
Ilustración 3. Prueba piloto de ciclo vía. [8]	5
Ilustración 4. Ciclismo en Ámsterdam. [10]	6
Ilustración 5. Copenhague ciclismo. [12]	6
Ilustración 6. Ciclismo en Colombia. [12]	7
Ilustración 7. Ciclo-Q. [14]	7
Ilustración 8. Ciclo vía en Cuenca. [15]	8
Ilustración 9. Funcionamiento esquemático de una intersección semaforizada. [18]	11
Ilustración 10. Cadena de desplazamiento intermodal. [27]	21
Ilustración 11. Bicicleta pública. [28]	22
Ilustración 12. Ingreso a parqueaderos, cerca de Int. 12 de Abril.	51
Ilustración 13. No uso de ciclo vía Int. Av. Remigio Crespo.	51
Ilustración 14. No utilización de pasos peatonales.	52
Ilustración 15. Mala visión en intersecciones.	52
Ilustración 16. No respeto de peatón.	53
Ilustración 17. No respeto de peatón.	53
Ilustración 18. Cruce de vía peatonal y ciclo vía.	53
Ilustración 19. Fin de acera en intersección. Av. 10 de Agosto.	54

Índice de tablas

Tabla 1: Relación entre habitantes y vehículos.....	3
Tabla 2. Medidas de eficiencia para niveles de servicio. [17]	9
Tabla 3. Nivel de servicio en intersecciones reguladas [17].....	12
Tabla 4. Nivel de servicio en glorietas. [17]	13
Tabla 5. Niveles de servicio en ciclovías en intersecciones semaforizada. [17].....	17
Tabla 6. Nivel de servicio de ciclovías en calles urbanas. [17]	18
Tabla 7. Calculo de ahorro en andar en bicicleta en Groninga. [25]	19
Tabla 8. Efectos en tipos de transporte. [25].....	19
Tabla 9. Ventajas sociales por utilización de bicicleta. [26].....	20
Tabla 10. Fortalezas y debilidades de transporte público y bicicleta. [27]	22
Tabla 11. Metodología aplicada.....	26
Tabla 12. Intersecciones con alto flujo vehicular.....	29
Tabla 13. Hora de máxima demanda Int. Miguel Cordero. [32]	30
Tabla 14. Ciclo semafórico Int. 12 de Abril.	31
Tabla 15. Aforo Int. Av. 12 de Abril.	31
Tabla 16. Ciclo semafórico Int. Av. Florencia Astudillo.....	32
Tabla 17. Aforo Int. Av. Florencia Astudillo.....	32
Tabla 18. Aforo Int. Av. Remigio Crespo.....	33
Tabla 19. Ciclo semafórico Int. Miguel Cordero	33
Tabla 20. Aforo Int. Miguel Cordero	34
Tabla 21. Ciclo semafórico In. Luis Moreno	34
Tabla 22. Aforo Int. Luis Moreno M.	35
Tabla 23. Aforo Int. Av. 10 de Agosto	35
Tabla 24. Ciclo semafórico Int. Av. 27 de Febrero.....	36
Tabla 25. Aforo Int. Av. 27 de Febrero.	36
Tabla 26. Nivel de servicio vehicular Int. Av. Doce de Abril.....	37
Tabla 27. Nivel de servicio ciclovía Int. Av. Doce de Abril	37
Tabla 28. Nivel de servicio vehicular Int. Av. Florencia Astudillo	38
Tabla 29. Nivel de servicio ciclovía Int. Av. Florencia Astudillo	39
Tabla 30. Nivel de servicio en glorietta Int. Remigio Crespo.....	39
Tabla 31. Nivel de servicio. Intersección Miguel Cordero	40
Tabla 32. Nivel de servicio ciclovía. Int. Miguel Cordero	40
Tabla 33. Nivel de servicio vehicular Int. Luis Moreno	41
Tabla 34. Niveles de servicio ciclovía Int. Luis Moreno.....	41
Tabla 35. Nivel de servicio en glorietta Int. Av. 10 de Agosto.....	42
Tabla 36. Nivel de servicio vehicular Int. 27 de Febrero.....	43
Tabla 37. Nivel de servicio ciclovía Int Av. 27 de Febrero.....	43
Tabla 38. Número de vehículos. Fuente DMT Cuenca.....	44
Tabla 39. Proyecciones vehiculares 2014 – 2025 cantón Cuenca.	45
Tabla 40. Tasas de crecimiento vehicular anual proyectadas.	46
Tabla 41. Proyecciones y demoras, en Int. Av. Solano.	46
Tabla 42. Comparativa tiempos en acceso.	47
Tabla 43. Ahorro tiempo-dinero año 2016, disminución del 10% utilización del vehiculo. ...	48
Tabla 44. Posibles escenarios de movilidad alternativa Int. Av. 12 de Abril.....	48
Tabla 45. Ahorro tiempo-dinero.	49

Tabla 46. Emisiones de gases en Cuenca año 2007 y 2011.	50
Tabla 47. Emisión de gases año 2016.	50
Tabla 48. Niveles de servicio vehicular en Int. analizadas en Av. Fray V. Solano.	55
Tabla 49. Niveles de servicio ciclovia en intersecciones semaforizadas.....	56
Tabla 50. Relación vehicular y bicicleta en intersecciones.	57
Tabla 51. Porcentaje utilización de bicicleta en ciudades. [34]	57

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación acerca del tráfico vehicular en la Av. Fray Vicente Solano es de gran interés para la ciudadanía que conocerá de una manera sencilla las ventajas y desventajas que se tiene con la implementación de la ciclovía que llevó a la disminución de un carril en sentido Sur-Norte, y a los directivos municipales tengan una información actualizada de los aforos vehiculares generados en esta avenida y ellos puedan conocer los niveles de servicio que brindan la ciclovía e intersecciones de vía con la implementación de la ciclovía.

Generar conclusiones, requerimientos y sugerencias al final de la presente investigación para dejar un presente a futuras implementaciones de ciclovías en la ciudad de Cuenca.

2. PROBLEMA

El uso inadecuado de vehículos particulares, un indebido modelo de estacionamiento, veredas angostas, obstáculos para peatones y bicicletas [1], son grandes factores que contribuyen a tener un gran problema de movilidad. La municipalidad no ha logrado establecer alternativas eficientes para resolver este problema en constante crecimiento.

Con el pasar de los años la movilidad de la ciudad de Cuenca ha sido un verdadero dolor de cabeza para los habitantes y autoridades, estas últimas apuestan con la introducción de planes de movilidad y sistemas de transporte más eficientes. Con las tasas de crecimiento que presenta el cantón Cuenca en su población y el parque automotor, viene a ser una verdadera problemática ya que genera una movilidad conflictiva en zonas específicas.

Con la implementación de ciclovías en las calles de la ciudad, la movilidad debería mejorar por la reducción en la circulación de automotores, por esto la ciudadanía tiene una gran interrogante ¿Cuántos automotores se disminuyó y se disminuirá con las ciclovías? Una correcta educación y cultura en la ciudadanía, se podría evitar grandes problemas de congestión.

2.1. Antecedentes

La ciudad de Cuenca se encuentra ubicada en la parte Sur del Ecuador sobre la Cordillera Andina, entre una altitud de 2.350 y 2.550 metros sobre el nivel del mar,

ubicada en la antigua Guapdondélic perteneciente a los cañaris y luego Tomebamba que fue la segunda capital del imperio Inca. El nombre de “Cuenca” es tomada de la ciudad natal del Virrey del Perú don Andrés Hurtado de Mendoza que ordeno su fundación a Gil Ramírez Dávalos, el 12 de abril de 1557 [2]. Cuenca es la capital de la provincia del Azuay.

Actualmente Cuenca se encuentra limitado al Norte por las provincias de Cañar y parte del Guayas; al Sur con los cantones de Santa Isabel, San Fernando, Sigsig y Girón; al este por los cantones de Paute, Gualaceo y en parte Sigsig; y al Oeste por la provincia del Guayas [3].

El cantón Cuenca se encuentra dividido por parroquias, las mismas que son 15 urbanas y 21 rurales. Con una superficie total de 3086 km^2 . La población existente según el último censo realizado en el 2010 fue de 524.563 habitantes [4].

2.1.1. Historia vehicular en Cuenca

El primer automóvil que llego a la ciudad de Cuenca fue en el año de 1912, propiedad del señor Federico Malo Andrade [5]. En este tiempo debió ser un gran acontecimiento y curiosidad para los pobladores.



Ilustración 1: Primer vehículo en Cuenca. Fuente: Revista Avance, 2012 [5]

Con el constante crecimiento vehicular y poblacional que se ha venido generando considerablemente, en el año 2014 se matricularon en Cuenca 101.787 vehículos y su población aumento aproximadamente a los 569.416 habitantes, estas proyecciones generadas por el INEC [6].

En la tabla 1 se puede observar cómo ha sido el crecimiento poblacional y vehicular desde el año 2010 al 2013, teniendo como resultado que la relación de habitantes por vehículo va disminuir con el pasar de los años.

Tabla 1: Relación entre habitantes y vehículos

Relación de hab/veh.			
Año	Habitantes	Vehículos	Relación de hab/veh
2010	524.563	71965	7,29
2011	535.624	78243	6,85
2012	546.864	79906	6,84
2013	558.127	85904	6,50

2.2. Importancia y alcances

La presente investigación tendrá como beneficiario el Municipio de Cuenca - Dirección Municipal de Tránsito y Transporte (DMT), la que tiene como misión de establecer, definir y aplicar las políticas, estrategias de administración, ejecución y control del sistema de movilidad de la ciudad y del cantón Cuenca, en el marco del Plan de Movilidad y de las políticas municipales competentes.

Con ayuda de la DMT se podrá determinar el impacto a la movilidad que se generó con la construcción de la ciclovía en la Av. Fray Vicente Solano y el uso de la misma existente en la ciudad de Cuenca, se llegará a conocer los niveles de servicio para usuarios motorizados y no motorizados.

Uno de los problemas que tiene la DMT con la ciudadanía es la falta justificación con datos concisos con el ahorro económico que se tendría en la ciclovía en la Av. Fray V. Solano.

2.3. Delimitación.

El área de estudio que se va a analizar es la Avenida Fray Vicente Solano y su ciclovía, ubicada en la parroquia urbana Sucre del cantón Cuenca. La misma cuenta con una extensión de 1540 m, la ciclovía está ubicada a lado de la vía en sentido Sur-Norte.



Ilustración 2. Delimitación geográfica de la Av. Fray V. Solano.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Determinar el impacto vial que se genera en la Av. Fray Vicente Solano, operación vehicular y ciclovía.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Establecer las relaciones entre la movilidad sostenible y los sistemas de bicicletas.
- Evaluar el tráfico motorizado, no motorizado y determinar el uso de la ciclovía en la Av. Fray Vicente Solano.
- Identificar y analizar los puntos de conflicto entre usuarios viales (motorizados y no motorizados).
- Generar soluciones en la infraestructura y la demanda de movilidad existente.

4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1. Ciclovía

Se puede deducir que el término ciclovía se originó en Bogotá, cuyo concepto se atribuye a una infraestructura de vía exclusiva para la circulación de bicicletas. Un

domingo 15 de diciembre de 1974 se realizó la prueba piloto, de lo que conoceríamos hoy en día como ciclovía [7].

Desde la primera prueba piloto realizada con éxito se procedió a realizar nuevas rutas de ciclovías en Bogotá, y con el pasar de los años estas fueron tomando más fuerza en esta ciudad llegando a implementarse decretos que mencionaba vías exclusivas para el uso de bicicletas llamadas “Las Ciclovías” [7].



Ilustración 3. Prueba piloto de ciclovía. [8]

4.1.1. Ciclovías en el mundo

Con el pasar de los años la forma de ver la bicicleta ya no es la misma, inicialmente era una forma de recreación y diversión; en la actualidad más de lo anteriormente nombrado la bicicleta es un medio de transporte económico, rápido y eficiente.

En estos tiempo existen países donde la bicicleta tiene un alto porcentaje como medio de transporte como Holanda, China y otro; dejando de lado al vehiculo particular y transporte público. Estos países hoy en día son potencias mundiales en economía como desarrollo tecnológico.

- **Ciclovías en Holanda**

Su capital Ámsterdam es muy conocida por tener sus carriles y señales de tránsito diseñadas especialmente para bicicletas. El 40% de los viajes que se realiza en esta ciudad son en bicicleta. Los sistemas de transporte público se complementan con estacionamientos de bicicletas. Ámsterdam cuenta con alrededor de 400 Km de carriles de ciclovías por toda la ciudad ofreciendo calles más amigables para los habitantes. Otra utilización que se les da a las áreas utilizadas por ciclovías es la colocación de paneles solares como piso con el fin de aprovechar al máximo estas áreas, que en Holanda las ciclovías ocupan más de 35.000 Km de vías [9].



Ilustración 4. Ciclismo en Ámsterdam. [10]

- **Ciclovías en Dinamarca**

La ciudad de Copenhague tiene alrededor de 350Km de ciclovías, su población realiza 36% de transporte en bicicletas. Las bicicletas se integran al sistema de transporte de trenes lo que facilita la movilidad en esta ciudad. Copenhague tiene una campaña llamada “Cycle Chic” que intenta imponer la bicicleta como tendencia glamorosa y sustentable [11].



Ilustración 5. Copenhague ciclismo. [12]

- **Ciclovías en Colombia**

Siendo la creadora de la palabra ciclovía y una de las ciudades impulsoras para la utilización de la bicicleta, Bogotá es conocida como la “Ámsterdam latinoamericana”. Teniendo solamente el 5% de la población que se mueven en bicicleta siendo la primera ciudad en Sudamérica [11].



Ilustración 6. Ciclismo en Colombia. [12]

- **Ciclovía en Ecuador**

Como es de pensar siempre la iniciativa la toma las capitales de cada país, y éste fue el caso de Ecuador cuya capital Quito es la fundadora e impulsora de las ciclovías a nivel nacional, en abril del 2003 por iniciativa de “Biciacción” y apoyo de la municipalidad, se desarrolló el primer ciclopaseo en esta ciudad. Desde ese momento la capital de los ecuatorianos vio de una manera diferente a la bicicleta como transporte alternativo. Así como desde el año 2004 se implementó la Ciclo-Q primera ciclovía en el Ecuador [13].



Ilustración 7. Ciclo-Q. [14]

- **Ciclovía en Cuenca**

Desde el año 2013 comenzó la utilización de las ciclovías en la ciudad cuyas primera etapa comprendió las avenidas Remigio Crespo, Loja, Fray Solano y el Paseo Tres de Noviembre, pero estas ciclovías disponibles causaron una división en la ciudadanía ya que se referían por las ciclovías creadas como “disminución de espacios para vehículos en calles y peatones en veredas”.



Ilustración 8. Ciclovía en Cuenca. [15]

Para entender el comportamiento vial de la ciclovía y su interrelación a la movilidad es necesario hacer referencia del tránsito vehicular, el mismo que se detalla a continuación.

4.2. Tránsito vehicular

4.2.1. Definición

Tránsito vehicular o tráfico vehicular se conoce como la circulación de vehículos, personas o cualquier sistema de desplazamiento por una calle, camino o vía. También se conoce por un flujo de vehículos que se desplaza por una calle determinada desde un origen hacia un destino determinado.

4.2.2. Factores que intervienen en el tránsito vehicular

Con los avances tecnológicos se ha podido proyectar sistemas viales más adecuados a cada ciudad, pero con las tasas de crecimiento estos sistemas viales no han logrado satisfacer la demanda. Los factores según Rafael Cal y Mayor que intervienen para generar un tránsito vehicular con un nivel de servicio ineficiente son [16]:

- Diferentes tipos de vehículos en una misma vialidad.
- Superposición del tránsito motorizado en vialidades inadecuadas.
- Falta de planificación en el tránsito.
- El automóvil no considerado como una necesidad pública.
- Falta de asimilación por parte del gobierno y el usuario.

4.2.3. Capacidad Vial

Teóricamente la capacidad se define como la tasa de flujo que puede soportar una carretera o calle, también la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos o peatones pueden pasar por una sección uniforme de carril o calzada. Según la capacidad vial que se tiene en una infraestructura esta se clasificará según el nivel de servicio que tiene la misma.

El objetivo principal para el análisis de capacidad vial es poder determinar el número máximo de vehículos o personas que se puede acomodar o transitar con seguridad y libertad en un periodo específico.

4.2.4. Niveles de servicio

Para la medición de un flujo vehicular se usa el término de nivel de servicio, es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular [16]. Los niveles de servicio son aplicables a autopistas, carreteras, intersecciones, aceras y ciclovías.

Generalmente las condiciones para determinar un nivel de servicio se toma como referencia la velocidad, tiempo recorrido, capacidad, etc. Estos niveles de servicio se clasifican desde la A hasta la F, siendo A las mejores y F las peores condiciones de circulación. Los criterios utilizados para identificar el nivel de servicio de una infraestructura, se debe considerar las siguientes medidas de eficiencia.

Tabla 2. Medidas de eficiencia para niveles de servicio. [17]

Tipo de infraestructura vial	Medidas de eficiencia
<u>Autopistas</u> Segmentos básicos Tramos de entrecruzamientos Rampas de enlaces	Densidad, velocidad, relación volumen a capacidad Densidad, velocidad Densidad
<u>Carreteras</u> Múltiples carriles Dos carriles	Densidad, velocidad, relación volumen a capacidad Velocidad, % de tiempo de seguimiento
<u>Intersecciones</u> Con semáforos De prioridad	Demora por controles Demora por controles
<u>Arterias urbanas</u>	Velocidad de recorrido
<u>Transporte colectivo</u>	Frecuencia, horas de servicio, carga de pasajeros
<u>Ciclo rutas</u>	Eventos, demoras, velocidad
<u>Peatones</u>	Espacio, eventos, demoras velocidad

4.3. Sistema vial urbano

El sistema vial urbano son calles que dan servicio al tráfico de paso y acceso a propiedades colindantes, teniendo intersecciones y semaforización. Con el propósito de unificar y facilitar la nomenclatura, Rafael Cal y Mayor clasifica el sistema urbano en [16]:

- **Autopistas y vías rápidas:** Ayudan al movimiento rápido vehicular y mueve grandes volúmenes de tránsito, puede tener o no algunas intersecciones. Son vías de dos o más carriles.
- **Calles principales:** Proporciona servicio a generadores de tránsito y están conectadas a vías rápidas o autopistas.
- **Calles colectoras:** Es cuya calle que une las principales con las calles locales, proporciona acceso a propiedades colindantes.
- **Calles locales:** Son estas calles que proporciona acceso directo a propiedades, se conecta entre las calles colectoras y principales.

4.4. Intersecciones viales

Se conoce como intersección vial al cruce de dos o más caminos que tienen diferentes direcciones. Las intersecciones se pueden clasificar en tres tipos que son:

- Intersecciones reguladas
- Intersecciones no reguladas
- Glorietas

4.4.1. Intersecciones reguladas

Es la que está condicionada por semáforos. El análisis de intersecciones reguladas se debe regular una amplia variedad de condiciones como la geometría, el tránsito y los semáforos mismos.

4.4.1.1. Semáforos

Son dispositivos electrónicos que se sitúan en intersecciones viales que ayudan a regular el tráfico vehicular como peatonal. Los semáforos poseen tres señales las mismas que son: rojo, amarillo y verde. En un semáforo por lo general se emplea la siguiente terminología para conocer la operación semafórica según el libro HCM [17]:

- **Ciclo:** Es la secuencia completa de indicaciones o mensajes de un semáforo.

- **Duración de ciclo:** Tiempo total que necesita un semáforo para completar un ciclo, el mismo es expresado en segundos.
- **Fase:** La parte de un ciclo, comprendida entre dos fases.
- **Intervalo:** Periodo de tiempo durante el cual todas las indicaciones semafóricas permanecen constantes.
- **Tiempo de cambio:** Los intervalos amarillo más el rojo tienen lugar entre las fases para permitir evacuar la intersección antes de que movimientos contrapuestos se pongan en marcha.
- **Tiempo de verde:** El tiempo de una fase dada durante el cual la indicación verde está presente.
- **Tiempo perdido:** El tiempo durante el cual la intersección no está efectivamente utilizada por ningún movimiento.

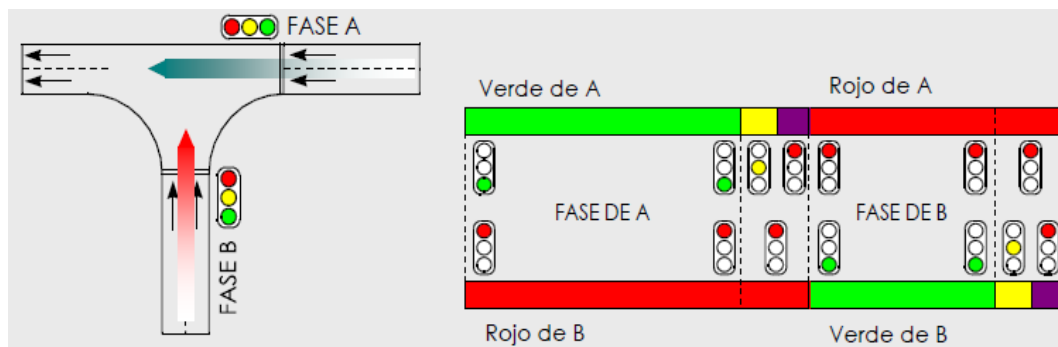


Ilustración 9. Funcionamiento esquemático de una intersección semaforizada. [18]

4.4.1.2. Nivel de servicio en intersecciones reguladas

En una intersección regulada los niveles de servicio están determinados por las demoras que tiene. La demora es el tiempo promedio que un vehículo demoraría en la intersección, también se dice que la demora es una medida de molestia, frustración, consumo de combustible y tiempo perdido por el conductor [16]. En la siguiente tabla se puede observar los niveles de servicio que se tiene en las intersecciones reguladas, la misma es tomada como referencia del libro de HCM.

Tabla 3. Nivel de servicio en intersecciones reguladas [17]

Nivel de servicio	Demora por control (Seg/veh)	Descripción
A	≤ 10	Ciclo corto pueden contribuir a demoras mínimas
B	$> 10 - 20$	Algunos vehículos comienzan a detenerse
C	$> 20 - 35$	Transito regular y algunos ciclos comienzan a malograrse
D	$> 35 - 55$	Muchos vehículos se detienen y ciclos malogrados
E	$> 55 - 80$	Ciclos muy largos y relaciones V/C muy altas
F	> 80	Ocasiona congestión y operación saturada.

4.4.2. Intersecciones no reguladas

Una intersección no regulada o sin semáforos, son intersecciones reguladas mediante señales de PARE, CEDA EL PASO y glorietas. Las intersecciones no reguladas o sin semáforos según HCM 2010, constituyen la mayoría de intersecciones a nivel de cualquier sistema viario.

La capacidad de los accesos controlados depende de dos factores:

- La distribución de los intervalos en la corriente de circulación de la calle principal.
- Del juicio de los conductores para seleccionar los intervalos para realizar las maniobras deseadas.

4.4.3. Intersección con glorieta

Si bien no hay definición precisa de glorieta o redondel que comúnmente se conoce en Ecuador, es un tipo de intersección caracterizada por los tramos de vía que concluyen se comunican por medio de un anillo, generalmente es circular y generando circulación rotativa en un mismo sentido alrededor de ella [19].

4.4.3.1. Nivel de servicio en glorieta

Los niveles de servicio se basan únicamente en el control de retardo que se genera en un carril, los umbrales establecidos para determinar el nivel de servicio están establecidos por el Comité Transporte de Capacidad y Calidad, en la siguiente tabla podemos observar.

Tabla 4. Nivel de servicio en glorietas. [17]

Nivel de servicio	Demora por control (Seg/veh)
A	0-10
B	> 10 - 15
C	> 15 - 25
D	> 25 - 35
E	> 35 - 50
F	> 50

4.5. Volumen de tránsito

El volumen de tránsito se debe considerar como sistemas dinámicos, y así poder programar los medios físicos y estáticos de una intersección variando el tiempo con el fin que los aforos sean lo más precisos y no solamente en el periodo de conteo de calle o carretera [20].

Los estudios que se aplica a volúmenes de tránsito son realizados con el propósito obtener información relacionada con el movimiento de vehículos, ciclistas, pasajeros o personas. Al momento de realizar estos estudios según el libro de Rafael Cal y Mayor [16], nos dice que los conteos se realizaran para estimar los siguientes parámetros:

- **Volumen:** Es el número de vehículos o personas que pasan por un punto durante un tiempo específico.
- **Tasa de flujo:** Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos o personas durante un tiempo específico.
- **Demanda:** Es el número de personas o vehículos que desea viajar o transitar por un punto en un tiempo específico.
- **Capacidad:** Es el número máximo de vehículos o personas que pueden pasar por un punto en un tiempo específico, es una característica del sistema vial que se oferta.

4.5.1. Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Es el número total de vehículos o personas que pasan en un tiempo determinado, dependiendo de este tiempo, estos volúmenes pueden ser anuales, mensual, semanal, diario, horario e inferior a una hora.

4.5.2. Volúmenes de tránsito promedio diario (TPD)

Es el número total de vehículos que pasa durante un periodo completo o días completos. Se expresa como:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < T \leq 1 \text{ año}} \quad (1)$$

Siendo:

N: El número de vehículos que pasan
T: Número de días

4.6. Usuarios viales.

Se considera como usuario a conductores, peatones, ciclistas y pasajeros; todos estos son seres humanos. El comportamiento del individuo en el flujo de tránsito es uno de los factores más importantes que establece sus características.

- Peatones: Es la persona que transita a pie por la vía pública y no utiliza ninguna clase de vehículo [21]. Es el usuario más vulnerable, cuenta con gran número se puede decir que equivale a toda la población.
- Conductores: Es la persona que va a cargo de un vehículo, es el responsable de las maniobras que realiza el mismo.
- Ciclistas: Es una persona que se moviliza a través de una bicicleta por alguna actividad.
- Pasajeros: Son usuarios de vehículos ya sea estos particulares o medios de transporte públicos, son las personas que están en cualquier vehículo pero no lo conducen.

4.7. Ciclovías y bicicletas.

Hoy en día la mayoría de las bicicletas dejaron de ser un medio de diversión para convertirse en medio de transporte, y es así que se ha convertido ya en una corriente de circulación en algunas ciudades.

En estudios de movilidad los ciclistas son tomados en cuenta con más frecuencia. Pero los ciclistas en las ciudades están expuestos a muchos riesgos como son: accidentes, inseguridad, clima y geografía del lugar.

La ciclovía es un nombre genérico dado a espacios reservados exclusivamente para el tránsito seguro de bicicletas a un lado de las calles, o paralelos a las carreteras de acceso a las ciudades [22].

4.7.1. Impactos sobre la capacidad de las intersecciones

La capacidad y condiciones de circulación en las intersecciones son afectadas por los ciclistas de dos formas [17]:

- Cuando las bicicletas comparten un carril con otros vehículos.
- Cuando los vehículos realizan giros entrando en conflicto con la circulación de bicicletas.

4.7.2. Efecto de las bicicletas en segmentos de carretera entre intersecciones.

La capacidad y condiciones de circulación entre las intersecciones no se afectada cuando la anchura total del carril excede 4,1m [17]. Y si la intensidad de las bicicletas es menor a 50 bicicletas por hora se cree que su influencia es despreciada.

4.7.3. Instalaciones para bicicletas

Las ciclo vías pueden ser de dos tipos según HCM 2010 que son:

- Banda para bicicletas: Que es parte de la calzada destinada para la utilización preferente o exclusiva de los ciclistas y delimitada mediante bandas longitudinales, señalización y marcas viales.
- Vía para bicicletas: Están separadas físicamente de la circulación de automóviles mediante un espacio abierto o barrera.

4.7.4. Niveles de servicio de ciclo vías

Los niveles de servicio ayudan a medir el tiempo de viaje y bajo qué condiciones de flujo se da tal nivel. Un nivel de servicio se determina desde la A hasta F, siendo “A” el nivel de servicio con las condiciones más deseables incluidas la velocidad, tiempo de viaje, libertad de maniobra, comodidad e interrupciones del tránsito. Los niveles de servicio son independiente a la calidad del pavimento, paisaje, clima, etc.

Según el libro HCM 2000 los niveles de servicio que se presenta las instalaciones para el flujo de ciclistas se clasifican en dos que son: Ininterrumpido e interrumpido. Cada clasificación de flujo tiene sus niveles de servicio, por lo que en la presente investigación no se va a profundizar en los flujos ininterrumpidos ya que en la ciclo vía existente en la Av. Fray V. Solano tiene muchas intersecciones o interrupciones en el flujo de ciclistas por vehículos. Se va a profundizar teóricamente lo que tiene que ver como flujo interrumpido con todos los niveles de servicio.

4.7.4.1. Flujo ininterrumpido en ciclovías

Se conoce como flujo ininterrumpido a las instalaciones para bicicletas como ciclovías o vías exclusivas para ciclistas que no tengan interrupciones en puntos de la misma. En el capítulo 19 de HCM 2010 clasifica el flujo ininterrumpido en tres tipos siendo:

- **Ciclovías fuera de calles:** Estas se encuentran exclusivamente separadas para ciclistas, no permite circulación de vehículos ni peatones. Ofrecen alternativas de recreación a ciclistas.
- **Ciclovías compartidas fuera de calles:** Estas ciclovías están separadas de las calles y no permiten el paso de automotores, pero siendo compartidos están abiertas a otros modos no motorizados como es: peatones, patinadores, sillas de ruedas, etc. Son vías utilizadas como recreativas.
- **Ciclovías en calles:** Estas vías están separadas de la circulación de vehículos por un borde, estas vías están colocadas en calles normales donde la circulación de los ciclistas es notable. Esta ciclovía suele ser utilizada por peatones.

4.7.4.2. Flujo interrumpido en ciclovías

Se conoce como flujo interrumpido son ciclovías que pasan por intersecciones las mismas pueden ser señalizadas o no señalizadas. Las mismas se clasifican en tres tipos de ciclovías con flujo interrumpido que son:

- **Intersección semaforizada:** En una intersección señalizada se encuentra un elemento que restringe la movilidad de los ciclistas. Para determinar los niveles de servicio que tiene una ciclovía el libro HCM 2000 recomienda que el flujo de saturación es de 2000 bicicletas por hora, y esto se supone que los vehículos de motor que giran a la derecha deben ceder el paso a los ciclistas. La capacidad de una ciclovía con intersección señalizada se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$c_b = s_b \frac{g}{C} = 2000 \frac{g}{C} \quad (2)$$

c_b = Capacidad de bicicletas (bicicletas/h)

s_b = Flujo de saturación de carril de ciclovía (bicicleta/h)

g = Tiempo verde o eficaz de la ciclovía (s)

C = Longitud de ciclo de señal (s)

Para establecer los niveles de servicio que tiene una ciclovía en una intersección señalizada se dice que los ciclistas tienen derecho de paso sobre los vehículos que van

a realizar un giro a la derecha. Para el control en la ciclovía se utiliza la siguiente ecuación:

$$d_b = \frac{0.5C\left(1-\frac{g}{C}\right)^2}{1-\left[\frac{g}{c}\min\left(\frac{v_b}{c_b}, 1.0\right)\right]} \quad (3)$$

d_b = Demora por control (s/bicicleta)

v_b = Tasa de bicicletas en una sola dirección. (Bicicletas/h)

Según el valor obtenido con la ecuación anterior se compara en la siguiente tabla que es la referencial generada por el libro Highway Capacity Manual 2000 y determina el nivel de servicio que se tiene en las ciclovías en intersecciones señalizadas para ciclovías.

Tabla 5. Niveles de servicio en ciclovías en intersecciones semaforizada. [17]

Nivel de servicio	Demora por control (s/bic.)
A	< 10
B	≥ 10 - 20
C	> 20 - 30
D	> 30 - 40
E	> 40 - 60
F	> 60

- **Calles urbanas:** Para los niveles de servicio de ciclovías en calles urbanas se toma como referencia la velocidad de desplazamiento que se tiene entre dos puntos, pudiendo tener estas paradas. La velocidad media de viaje se calcula con la siguiente ecuación: [17]

$$S_{ats} = \frac{L_T}{\left(\frac{\sum L_i}{\sum S_i} + \frac{\sum d_j}{3600}\right)} \quad (4)$$

S_{ats} = Velocidad de viaje de bicicletas (Km/h)

L_T = Longitud total de calle en análisis (Km)

L_i = Longitud de segmento (Km)

S_i = Velocidad de la bicicleta sobre el segmento (Km/h)

d_j = Retraso media de bicicletas sobre la intersección (s)

Se reconoce que hay muchos factores que puede afectar la velocidad de la bicicleta como son: presencia de vehículos al lado, accesos, inclinación de la calle, etc. Para determinar el nivel de servicio de ciclovías en calles urbanas se toma en referencia los criterios establecidos en el HCM 2000.

Tabla 6. Nivel de servicio de ciclovías en calles urbanas. [17]

Nivel de servicio	Velocidad de viaje en ciclistas (km/h)
A	> 22
B	> 15 - 22
C	> 11 - 15
D	> 8 - 11
E	≥ 7 - 8
F	< 7

4.8. Ciclovías e integración con el sistema de transporte

Según los estudios europeos ISOTOPE y QUATTRO la integración se define como “la forma en que las partes de la red de transporte público son encajadas en la cadena de movilidad global”. De esta definición se deriva la idea de que el objetivo último de la integración va más allá de los aspectos inherentes al sistema de transporte público, es decir, que anhela ser una herramienta para modificar la movilidad en general [23].

La integración también se define como un proceso organizativo a través del cual los elementos del sistema de transporte público (redes e infraestructuras, tarifas, etc.) y los operadores tienen una interacción conjunta más eficiente, produciendo un mejor resultado global en el estado y calidad de los servicios de cada componente del sistema de transporte [23].

La integración de una ciclovía al sistema de transporte tiene como objetivo reducir la congestión, costos operacionales, mantenimiento y la contaminación ambiental. Un sistema de transporte integrado ayuda al usuario que viaje se traslade con un pago único [24]. La integración de las bicicletas al transporte público debe contar con una infraestructura adecuada con el fin que brinde las seguridades para que los ciclistas utilicen la misma. Con una ciclovía disponible en una ciudad y destinada especialmente para el mejoramiento del transporte genera ventajas económicas, ambientales y sociales.

- **Ventajas económicas:** La inversión que se necesita para una ciclovía en relación con otros modelos de transporte es bastante menor incluyendo los tiempos de realización de obras, reducción de gasto en salud, gastos energéticos y ahorro personal.

Tabla 7. Calculo de ahorro en andar en bicicleta en Groninga. [25]

Partida	Base de evaluación del costo	Costo anual €
Contaminación atmosférica	Sobrecoste de los catalizadores	220000
	Sobrecoste de la gasolina sin plomo	25000
Ruido	Impuesto sobre la contaminación acústica aplicado al combustible	10000
Infraestructura	Cánones sobre el espacio necesario para estacionamientos	3100000
Consumo de energía	Consumo medio	400000
Embotellamientos	Consumo adicional debido a una circulación no fluida durante 5 minutos de media por coche	485000
Inmovilización de recursos	Recursos necesarios para la producción de 15000 vehículos adicionales, desglosados por año	160000

- **Ventajas ambientales:** Incluida la disminución de gases también se tiene la disminución de espacios, en zonas céntricas los vehículos son la principal causa de contaminación que se genera, ya que el uso del vehículo particular de una forma inadecuada es la principal causa. El Ministerio Alemán de Transporte con estudios realizados determino los efectos que genera los distintos modelos de transporte, en la siguiente tabla se presenta:

Tabla 8. Efectos en tipos de transporte. [25]

Efectos	Coche	Coche *	Autobús	Bicicleta	Avión	Tren
Consumo de espacio	100	100	10	8	1	6
Consumo de energía primaria	100	100	30	0	405	34
CO ₂	100	100	29	0	420	30
Monóxidos de nitrógeno	100	15	9	0	290	4
Hidrocarburos	100	15	8	0	140	2
CO	100	15	2	0	93	1
Contaminación atmosférica	100	15	9	0	250	3
Riesgo de accidente	100	100	9	2	12	3

Coche *: Coches que utilizan catalizador

- **Ventajas sociales:** Una población sana y ejercitada es señal de buen vivir, por lo que conlleva a la disminución de gobiernos nacionales en gastos económicos en salud.

Tabla 9. Ventajas sociales por utilización de bicicleta. [26]

Cada desplazamiento realizado en bicicleta, en vez de en coche, genera un importante ahorro y ventajas considerables, tanto para el individuo como como para la colectividad urbana:
° Ausencia total de impacto sobre la calidad de vida urbana (ni ruido, ni contaminación)
° Conservación de los monumentos y las zonas verdes
° Menor necesidad de superficies. Tanto para desplazarse como para aparcar, por lo tanto, mayor rentabilidad del suelo
° Menor deterioro de la red vial y reducción del programa de nuevas infraestructura viales.
° Mayor atractivo del centro urbano (comercios, cultura, actividades recreativas, vida social)
° Reducción de los embotellamientos y las pérdidas económicas que estos generan.
° Mayor fluidez del tráfico automovilístico.
° Mayor accesibilidad a los servicios típicamente municipales para toda la población
° Ahorro de tiempo y dinero para los padres.
Ahorro considerable de tiempo para los ciclistas en trayectos cortos y de media distancia.
° Posible desaparición de la necesidad de un segundo coche por hogar

4.8.1. Integración del transporte público

El transporte público siempre se caracteriza por la capacidad y rapidez en largas distancias, la bicicleta se puede convertir en un medio de transporte complementario al transporte público ya que es económico, rápido y flexible en viajes cortos.

Para lograr una integración adecuada y lograr un desplazamiento óptimo los sistemas de transporte públicos deben ser de fácil acceso y eficiencia, capaz que la bicicleta se convierta en el modo más adecuado para la Intermodalidad urbana. En los países bajos, cerca del 40% de los usuarios utilizan bicicleta como medio para llegar a las estaciones de tren [27]. Para que la ciudadanía comience a utilizar la bicicleta como medio integrador en el transporte es necesario que los gobiernos locales creen estaciones, paradas y lugares en buses para transportar la bicicleta.

Un viaje intermodal efectivo seria la utilización de la bicicleta como primer medio de transporte, un desplazamiento se puede realizar dos tramos en bicicleta y uno en

autobús, y al momento de realizar el cambio de modalidad toma tiempo y es en este factor se lo debe realizaren el menor tiempo posible.



Ilustración 10. Cadena de desplazamiento intermodal. [27]

La accesibilidad que deben tener las estaciones según el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo de México [27], hace referencia que el transporte público debe tomar en consideración los siguientes aspectos:

- Acceso: El desplazamiento desde el origen hasta el estacionamiento de bicicletas en la estación.
- Estacionamiento: Lugar seguro
- Caminata y espera: Caminar a la plataforma del transporte público.
- Transporte público: Desplazamiento en vehículo eficiente.
- Caminata: Salir del transporte público y caminar al estacionamiento.
- Egreso: Salida del estacionamiento al destino final.

4.8.2. Beneficios de la integración de la bicicleta al transporte público

Cuando se mejora el transporte público con el aumento en la capacidad de usuarios transportados en realidad sucede que se reduce la velocidad de viaje y la frecuencia del mismo [27].

En la tabla 10 se puede observar las fortalezas y debilidades que tienen el transporte público y la bicicleta.

Tabla 10. Fortalezas y debilidades de transporte público y bicicleta. [27]

FORTALEZAS Y DEBILIDADES	
Transporte público	Bicicleta
FORTALEZAS	
Rapidez	Independencia
Transportación a un gran número de pasajeros	Alta capacidad de acceso
Acceso a áreas congestionadas	Eficiente y rápido (distancias < 5Km)
Flujos concentrados	Eficiente y rápido en áreas congestionadas
DEBILIDADES	
Viajes de acceso y egreso a estaciones	Menos atractiva y menos rápida en distancias largas
Dependencia de horarios	Capacidad limitada de carga
Lento en viajes cortos	El usuario gasta energía
Baja capacidad de acceso	Meteorología

4.8.3. Bicicleta como transporte público

Las ciudades más importantes del mundo han tomado a la bicicleta como un transporte eficiente, saludable y sostenible. En algunas ciudades se ha implementado sistemas públicos de bicicletas, estos tienen un costo de alquiler o son totalmente gratuitos. [28]

El primer sistema de bicicleta pública fue en Ámsterdam en 1960, que en sus primeros años tuvo muchas dificultades por el vandalismo que con el pasar de los años fue eliminándose y este programa prospero, con el pasar de los años Ámsterdam y toda Holanda se convirtió en un referente con la utilización de la bicicleta como medio de transporte, ya que en este país es más rápido y eficiente que el vehiculo particular y transporte público. Con los buenos resultados generados por este sistema en Ámsterdam, países como Francia y Dinamarca comenzaron a implementar la bicicleta pública. [28]



Ilustración 11. Bicicleta pública. [28]

4.8.4. Efectos de un cambio en la movilidad

Una movilidad deficiente provoca pérdidas de tiempo en desplazamientos privados y el incumplimiento de los horarios en el transporte público. En estudios realizados en Tokio que es una de las capitales más importantes en el mundo se calculó que en una congestión en el tráfico causa pérdidas del orden de los 50 millones de euros/día. [29]

La introducción de Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) tiene como fin de optimizar la infraestructura existente en las ciudades. En estudios proyectados para el año 2017 dice que la implementación de SIT habrá reducido hasta un 25% en los tiempos de viaje un pasajero, ello será una reducción de 40 horas de viaje por año [30].

4.9. Tipos de conflicto entre usuarios viales

Un conflicto vial se genera cuando hay malestar o altercado entre dos usuarios viales; también pudiendo generar entre usuario e infraestructura. A continuación se detallan algunos tipos de conflicto:

- **Conflictos entre vehículos motorizados y bicicletas:** Los ciclistas que transitan no siempre respetan las señales de tránsito o utilizan la ciclovía existente para desplazarse. Las velocidades de circulación de estos dos medios es diferente y hace que el ciclista sea vulnerables. Al momento de realizar giros ciclistas y conductores no anticipan su maniobra.
- **Conflictos entre vehículos motorizados y peatones:** En intersecciones la falta de observación hacía los semáforos y vehículos por parte de peatones es un conflicto habitual que genera malestar y accidentes. En caso de conductores no ceden el paso a peatones en maniobras de giro.
- **Conflicto en ingresos a parqueaderos:** En ingresos a estacionamientos los conductores no respetan a los demás usuarios que transitan, ellos piensan que siempre tienen derecho de vía en la ciclovía o acera.
- **Conflicto entre ciclistas y peatones:** En caso de los ciclistas que transitan en las calles estos deben respetar las normativas y dar preferencia a los peatones, en muchos de los casos los ciclistas transitan en las aceras evitando quedar vulnerables a vehículos y al momento de utilizar las aceras no respetan la libre circulación de los peatones. Y en el caso de la ciclovía esta debe ser respetada por los peatones ya que es vía exclusiva para los ciclistas.

- **Conflicto entre ciclistas e infraestructura vial:** La falta de una red de ciclovías es un conflicto para los ciclistas ya que estos deben movilizarse por otras vías para minimizar posibles accidentes. Obstáculos o falta de accesos para acceder con facilidad en bicicleta hacia la ciclovía.
- **Conflicto entre peatones e infraestructura vial:** La falta de una señalización correcta en los pasos cebra, ingresos a parqueaderos y falta de semáforos peatonales; hacen que los peatones estén expuestos a accidentes.
- **Exceso de velocidad:** No respeto de los límites de velocidad en la circulación es un problema para otros conductores, ciclistas y peatones; ya que en caso de realizar una maniobra los tiempos de reacción se disminuyen y es cuando se generan accidentes de tránsito.
- **Iluminación deficiente:** En las horas de la noche por falta de iluminación ya sea pública como de los usuarios que transitan en sus vehículos y bicicletas, se encuentran expuestos a mayor probabilidad de accidentes por no ver señales de tránsito como a otros usuarios.
- **Visibilidad deficiente:** En intersecciones e ingresos a parqueaderos, los ciclistas y conductores no tienen la visibilidad suficiente para observar al resto de usuarios de las vías ya sea por construcciones y vegetación.
- **Sobre demanda de usuarios.** Cuando existe un elevado número de usuarios ya sea motorizados, y no motorizados como peatones y ciclistas; Los niveles de servicio llegan a ser afectados generando una movilidad conflictiva y tiempos de viaje mayores.

4.10. Proyecciones vehiculares

Las proyecciones vehiculares nos servirán en la presente investigación con el fin de tener una referencia el número de vehículos que se contará en los futuros años y poder conocer la capacidad vial que estará sometida cada intersección para saber los niveles de servicio futuros.

4.10.1. Análisis de regresión

Para tener una proyección confiable aplicaré un análisis de regresión e intervalos de confianza, la regresión es simplemente una relación entre los datos conocidos con una línea recta, sería dos variables una independiente que es los años y otra dependiente que es los números de vehículos. Como referencia el libro de Estadística aplicada a los

negocios y la economía de Lind 10ma. Quinta edición, capítulo 13 Regresión lineal y correlación [31].

Formula general de la ecuación de regresión lineal

$$\hat{Y} = a + bx \quad (3)$$

Donde:

\hat{Y} = Valor de la estimación de la variable Y para un valor x seleccionado

a = Es la intersección Y

b = es la pendiente de la recta, o cambio promedio en \hat{Y}

x = es cualquier valor de la variable independiente

Para poder determinar los valores de a y b se determina con las siguientes formulas:

Pendiente de la recta de regresión:

$$b = r \frac{s_y}{s_x} \quad (4)$$

$$r = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{(n-1)*s_x*s_y} \quad (5)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum((X-\bar{X})^2)}{n-1}} \quad (6)$$

Donde:

r = coeficiente de correlación

s_y = desviación estandar de y

s_x = desviación estandar de x

Intersección con el eje Y

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (7)$$

Donde:

\bar{Y} = media de Y

\bar{X} = media de X

Intervalo de confianza de la media de Y, dada X

$$\hat{Y} + t * (s_{y*x}) \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X-\bar{X})^2}{\sum(X-\bar{X})^2}} \quad (8)$$

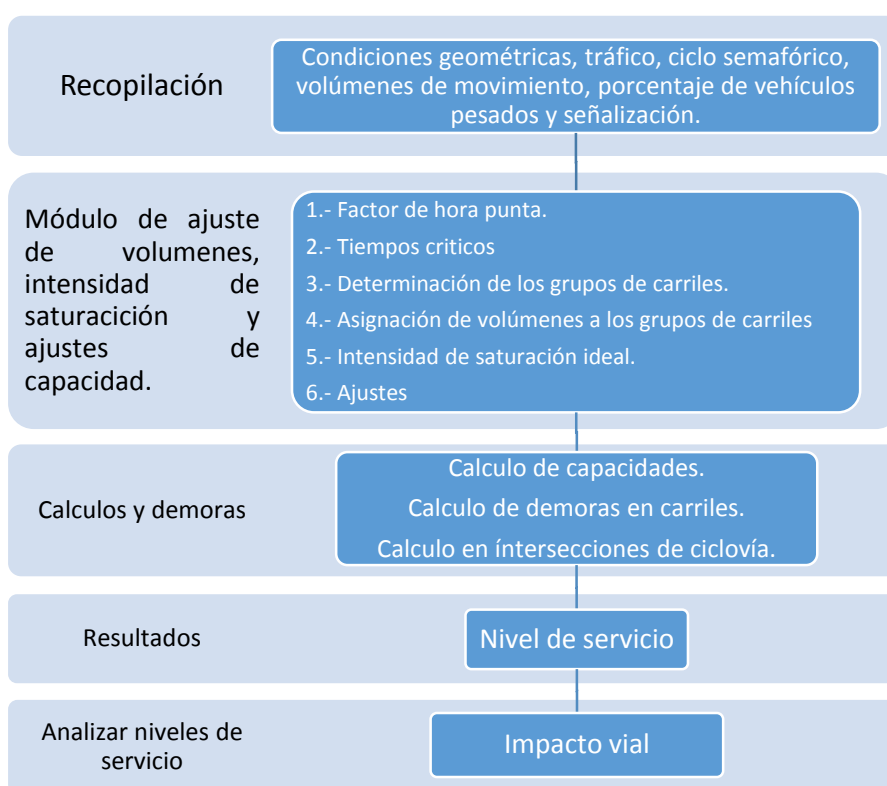
$$s_{y*x} = \sqrt{\frac{\sum(Y-\hat{Y})^2}{n-2}} \quad (9)$$

5. MARCO METODOLÓGICO

La metodología que se aplicó para determinar el impacto vial en la Av. Solano, se procede a determinar los niveles de servicio en intersecciones semaforizada, glorietas y ciclovía, para la elaboración de la misma se tomó como referencia el libro de High Capacity Manual 2000 los cuales nos ayuda de una manera precisa poder realizar la presente investigación.

En el siguiente cuadro se observa el procedimiento que se realizará en esta investigación.

Tabla 11. Metodología aplicada.



- En la etapa primera se recopila toda la información necesaria para el estudio como son: condiciones geométricas, tráfico, ciclo semafórico, volúmenes de movimiento, porcentaje de vehículos pesados y señalización; toda esta información se recopiló aplicando investigación de campo con el fin que los datos sean actuales y precisos.
- La información recopilada nos ayudará a determinar los factores de ajuste o constantes del tráfico, transformación de volúmenes a flujos de giro vehicular, las mismas que son necesarias al análisis siguiente.

- En cálculos y demoras se realiza el análisis en sí de la información de los aforos, y mediante los valores anteriormente encontrados se procede a determinar las capacidades, demoras y colas generadas.
- Con los resultados obtenidos se procede a comparar los valores obtenidos en cada intersección haciendo referencia a tablas generadas en el libro guía High Capacity Manual [17].
- Se analiza los niveles de servicio vehicular y ciclovías, para determinar el impacto vial que se genera en las dos formas de movilidad.

5.1. Intersecciones de análisis en la Avenida Fray V. Solano.

Para realizar el presente estudio cuyo fin es de evaluar el tráfico procedemos a delimitar las intersecciones que tiene esta avenida, y clasificar las intersecciones con alta demanda vehicular. Esta clasificación se la realiza considerando la importancia de la circulación vehicular que servirá para realizar el conteo vehicular.

Intersecciones de estudio:



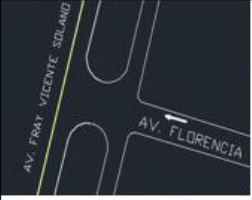







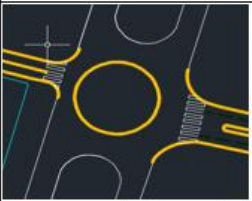



Las intersecciones que presenta mayor flujo vehicular son 7, de las cuales son 5 intersecciones semaforizadas y 2 glorietas o redondeles, A continuación se detallan características referenciales de las mismas:

- **Intersección Av. 12 de Abril:** Es una intersección que presenta importante flujo vehicular, en la misma se unen vías con gran número de vehículos, es una de las salidas vehiculares del centro histórico hacia el Sur. Cerca de esta intersección tenemos la Universidad de Cuenca, Banco Pichincha, Hospital Militar y colegio Benigno Malo.
- **Intersección Av. Florencia Astudillo:** Se presenta gran número de vehículos, la misma es un alimentador a la Av. Solano, esta intersección es forma de T, se encuentra ubicada cerca del parque de La Madre, estadio Alejandro Serrano, Sindicato de Choferes del Azuay, hotel Zahir 360 y oficinas.

- **Intersección Av. Remigio Crespo:** Es una glorieta o redondel que el flujo vehicular es alto ya sea por la Av. Solano o la misma, es utilizada mayormente ya que se encuentra ubicadas gran número de tiendas comerciales por el sector.
- **Intersección Miguel Cordero:** Presenta un gran volumen vehicular, es un alimentador vial desde la parte Oeste del sector El Ejido, se encuentra cerca de la clínica Monte Sinaí y centros de estudio.
- **Intersección Luis Moreno Mora:** Es una vía utilizada por un número de vehículos que se movilizan desde el este a diferentes lugares cerca de aquí como son el colegio La Salle y tiendas comerciales.
- **Intersección Av. 10 de Agosto:** Es una glorieta la misma que tiene flujos vehiculares que se movilizan desde el este y Oeste, ubicada en un sector con grandes conjuntos residenciales.
- **Intersección Av. 27 de Febrero:** En esta intersección se presenta grandes volúmenes ya que son alimentados por la Av. Solano y el acceso este que es una vía utilizada para desplazarse fácilmente.

En la siguiente tabla se presenta las intersecciones con imágenes referenciales.

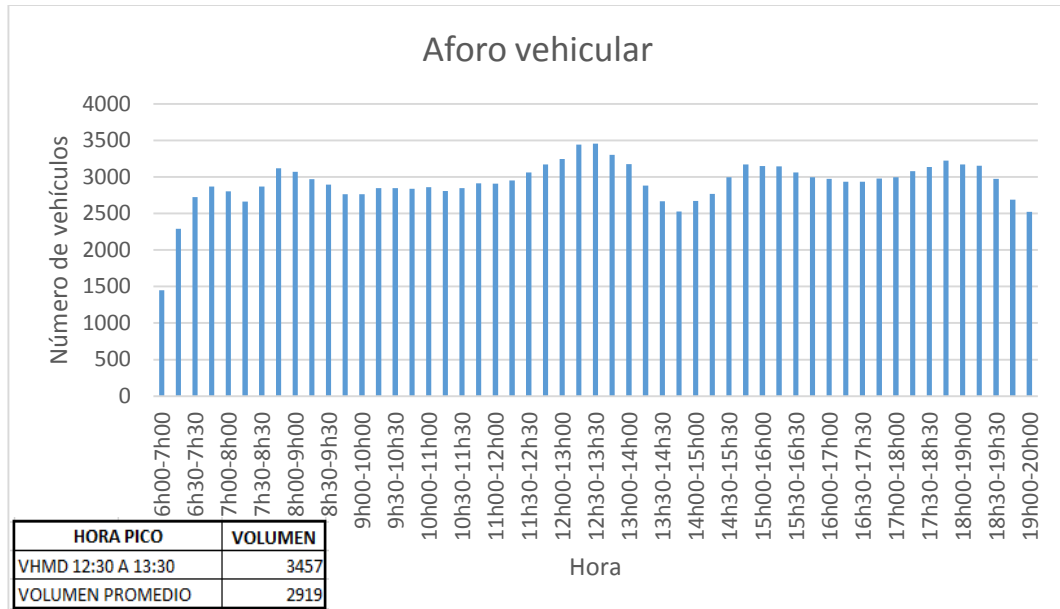
Tabla 12. Intersecciones con alto flujo vehicular.

INTERSECCIONES CON ALTO FLUJO VEHICULAR			
Nº:	Nombre	Mapa	Img. Referencial
1	Av. 12 de Abril		
2	Av. Florencia Astudillo		
3	Av. Remigio Crespo Toral		
4	Miguel Cordero Dávila – Gonzalo Cordero Dávila		
5	Luis Moreno Mora - Alfonso Moreno Mora		
6	Av. 10 de Agosto		
7	Av. 27 de Febrero		

5.2. Determinación de la hora de máxima demanda

Mediante aforos proporcionados por la Dirección Municipal de Transito (DMT), se pudo determinar la hora de mayor demanda vehicular, a continuación se representa los aforos de la intersección Miguel Cordero Dávila.

Tabla 13. Hora de máxima demanda Int. Miguel Cordero. [32]



En la ilustración anterior se puede observar la hora de máxima demanda es desde las 12:30pm a 13:30pm, estableciendo como valor para todas las intersecciones, y se procede a realizar en esta hora el conteo vehicular para el posterior estudio.

5.3. Recopilación de aforos vehiculares

Para evaluar el tráfico vehicular que presenta esta avenida es necesario clasificar el mismo en motorizado y no motorizado, es decir automotores y ciclistas. Los aforos se realizaron a través de conteo manual.

5.3.1. Av. 12 de Abril

Esta intersección presenta tres ciclos semafóricos los mismos son Av. Solano sentido Sur-Norte, Puente del Centenario y 12 de Abril ambos sentidos; con un ciclo total de 149 segundos. En la tabla 14 se puede observar todas las fases semafóricas.

Tabla 14. Ciclo semafórico Int. 12 de Abril.

CICLO SEMAFORICO						CARAC. GEOMETRICAS	
FASE	REFERENCIA	VERDE	AMARI	ROJO	TOTAL	ACCESOS	ANCHO
1	Av. Solano S-N	55	3	91	149	2	3
2	12 de Abril E-O	35	3	111	149	2	3,2
3	Puente Centenario	50	3	96	149	2	2,7
2	12 de Abril O-E	35	3	111	149	2	3,5

La intersección presenta un flujo de vehículos similar en sus cuatro accesos, el acceso Este tiene un flujo de 771 vehículos en total, el flujo que presenta mayor porcentaje de vehículos pesados son los movimientos que van de este al Sur con un 18,52% de acuerdo a la tabla 15, en toda la intersección se contabilizo 2299 vehículos livianos.

Los ciclistas en toda la intersección fueron 47, siendo los movimientos de Norte a Sur los más afluentes. En esta intersección no presenta ninguna dificultad a ciclistas para desplazarse por la misma, en la tabla siguiente se detallan los aforos de ciclistas.

Tabla 15. Aforo Int. Av. 12 de Abril.

Aforo Int. 12 de Abril						Img. Referencial										
Num. int.	Referencia	Movimientos	# Vehículos													
			Livianos	Pesados	% Veh. Pes.											
1	Av. Solano S-N	1-4	401	17	4,24%											
		1-1	64	13	20,31%											
2	12 de Abril E-O	2-4	636	18	2,83%											
		2-1	135	25	18,52%											
3	Puente Centenario	3-1	509	0	0,00%											
		3-4	78	0	0,00%											
4	12 de Abril O-E	4-1	476	48	10,08%											
CICLISTAS																
Num. int.	Referencia	Movimientos	#				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">TOTAL</th> </tr> <tr> <th>V. LIVIANOS</th> <th>V. PESADOS</th> <th>CICLISTAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2299</td> <td>121</td> <td>47</td> </tr> </tbody> </table>	TOTAL			V. LIVIANOS	V. PESADOS	CICLISTAS	2299	121	47
TOTAL																
V. LIVIANOS	V. PESADOS	CICLISTAS														
2299	121	47														
1	Av. Solano N-S	1-2	0													
		1-3	13													
		1-4	1													
2	12 de Abril E-O	2-1	0													
		2-3	5													
3	Puente Av. Solano	3-1	14													
		3-2	4													
		3-4	1													
3	12 de Abril O-E	4-1	1													
		4-2	1													
		4-3	4													

5.3.2. Florencia Astudillo

Esta intersección cuenta con tres fases semafóricas con un ciclo total de 124 segundos, cabe resaltar que en el ciclo de la AV. Solano acceso Norte se divide en 2 etapas una es la de movimientos dirigidos a Sur solamente y la segunda que incluye a Norte-Este,

se puede generar este ciclo ya que los movimientos 1-1 que es de Sur a Sur no está permitido, en tabla 17 se detalla los ciclos semafóricos.

Tabla 16. Ciclo semafórico Int. Av. Florencia Astudillo.

CICLO SEMAFORICO						CARAC. GEOMETRICAS	
FASE	REFERENCIA	VERDE	AMARILLO	ROJO	TOTAL (seg)	ACCESOS	ANCHO (m)
1	Av. Solano S-N	37	3	85	125	2	2,7
2	Av. Florencia A.	45	3	77	125	2	2,7
1	Av. Solano N-S	82	3	40	125	3	2,7
		40	3	82	125		

Se puede apreciar en la tabla 18 que el flujo vehicular en el sentido Norte-Sur de la avenida es notablemente mayor a cualquier flujo existente en esta intersección, los porcentajes de vehículos pesados son relativamente bajos.

El número de ciclistas total es de 34, siendo el flujo de Sur a Norte (1-3) el que presenta mayor presencia con 13 ciclistas. No existen puntos de conflicto o zonas propensas a generar accidentes.

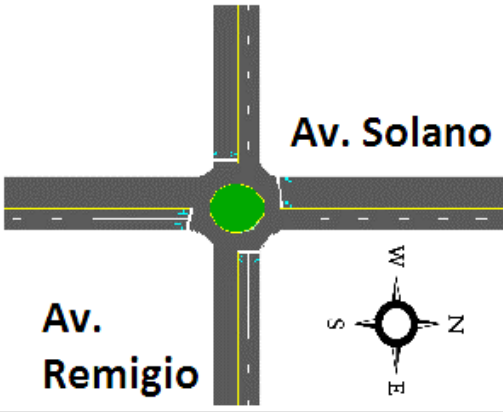
Tabla 17. Aforo Int. Av. Florencia Astudillo

Aforo Int. Av. Florencia Astudillo						Img. Referencial									
Num. int.	Referencia	Movimientos	# Vehiculos												
			Livianos	Pesados	% Pes.										
1	Av. Solano S-N	1-3	573	32	5,58%	<table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="3">TOTAL</th> </tr> <tr> <th>V. LIVIANOS</th> <th>V. PESADOS</th> <th>CICLISTAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2838</td> <td>127</td> <td>34</td> </tr> </tbody> </table>	TOTAL			V. LIVIANOS	V. PESADOS	CICLISTAS	2838	127	34
		TOTAL													
V. LIVIANOS	V. PESADOS	CICLISTAS													
2838	127	34													
		1-2	67	0	0,00%										
2	Av. Florencia	2-1	338	0	0,00%										
		2-3	143	0	0,00%										
3	Av. Solano N-S	3-1	1154	62	5,37%										
		3-2	510	33	6,47%										
		3-3	53	0	0,00%										
CICLISTAS															
Num. int.	Referencia	Movimientos	#												
1	Av. Solano N-S	1-2	0												
		1-3	13												
2	Florencia A	2-1	5												
		2-3	2												
3	Av. Solano N-S	3-1	10												
		3-2	4												

5.3.3. Av. Remigio Crespo.

En la tabla 19 se detalla el aforo de esta intersección, siendo el más importante el movimiento de Norte a Sur (3-1) con 936 vehículos livianos de los cuales 38 son pesados. No se procedió a realizar el conteo de ciclistas en esta intersección.

Tabla 18. Aforo Int. Av. Remigio Crespo

Aforo Int. Remigio Crespo										
#	Referencia	Mov								
1	Av. Solano S-N	1-3		2-4	2-3	2-1	3-1	3-4	3-2	4-2
		1-2								
		1-4								
2	Remigio Crespo E-O	2-4		3-1	3-4	3-2	4-2	4-1	4-3	Total
		2-3								
		2-1								
3	Av. Solano N-S	3-1		4-2	4-1	4-3	12:30 - 12:45	12:45 - 13:00	13:00 - 13:15	13:15 a 13:30
		3-4								
		3-2								
4	R. Crespo O-E	4-2		12:30 - 12:45	12:45 - 13:00	13:00 - 13:15	13:15 a 13:30	Total	Total	Total
		4-1								
		4-3								
Movimiento		12:30 - 12:45		12:45 - 13:00		13:00 - 13:15		13:15 a 13:30		Total
		Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	
1	1-3	92	8	115	5	106	5	95	12	438
	1-2	108	1	128	1	125	4	132	1	500
	1-4	65	0	51	0	39	0	47	0	202
2	2-4	43	0	29	1	35	1	22	1	132
	2-3	32	2	13	1	22	0	29	0	99
	2-1	8	0	18	0	17	0	14	0	57
3	3-1	219	10	239	11	233	8	207	9	936
	3-4	35	4	36	5	27	2	31	6	146
	3-2	83	0	77	0	74	0	68	0	302
4	4-2	143	3	174	2	205	2	195	1	725
	4-1	48	0	37	0	22	0	33	0	140
	4-3	28	0	34	0	41	0	38	0	141

5.3.4. Miguel Cordero

El ciclo semafórico es de 91 segundos, la misma cuenta con dos fases diferentes de 40 y 45 segundos de verde efectivo. En la tabla 20 se puede observar todos los valores.

Tabla 19. Ciclo semafórico Int. Miguel Cordero

CICLO SEMAFORICO						CARAC. GEOMETRICAS	
FASE	REFERENCIA	VERDE	AMARILLO	ROJO	TOTAL (seg)	ACCESOS	ANCHO (m)
1	Av. Solano S-N	45	3	43	91	2	2,7
2	Miguel Cordero O-E	40	3	48	91	2	2,7
1	Av. Solano N-S	45	3	43	91	3	2,7

En el aforo recopilado que se encuentra en la tabla 21 se observa que los movimientos de Norte-Sur (3-1) y Sur-Norte (1-3) son los que presentan mayor cantidad de vehículos en esta intersección. Los ciclistas contabilizados fueron 35, siendo el movimiento 3-1 el más importante con 27.

Tabla 20. Aforo Int. Miguel Cordero

Aforo Int. Miguel Cordero						Img. Referencial										
Num. int.	Referencia	Movimientos	# Vehículos													
			Livianos	Pesados	% VEH. PES.											
1	Av. Solano S-N	1-3	804	40	4,98%											
		1-2	205	0	0,00%											
3	Av. Solano N-S	3-1	1195	43	3,60%											
		3-2	94	0	0,00%											
4	Miguel Cordero O-E	4-2	466	0	0,00%											
		4-1	180	0	0,00%											
		4-3	236	0	0,00%											
CICLISTAS							<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">TOTAL</th> </tr> <tr> <th>V. LIVIANOS</th> <th>V. PESADOS</th> <th>CICLISTAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3180</td> <td>83</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>	TOTAL			V. LIVIANOS	V. PESADOS	CICLISTAS	3180	83	35
TOTAL																
V. LIVIANOS	V. PESADOS	CICLISTAS														
3180	83	35														
Num. int.	Referencia	Movimientos	# Ciclistas													
1	Av. Solano N-S	1-2	0													
		1-3	27													
		1-4	0													
3	Av. Solano N-S	3-1	3													
		3-2	0													
		3-4	0													
4	Miguel Cordero O-E	4-1	2													
		4-2	3													
		4-3	0													

5.3.5. Luis Moreno Mora

El ciclo semafórico en esta intersección es de 86 segundos, el mismo que consta de dos fases con 35 segundos para Luis Moreno y 48 segundos a la AV. Solano, en la tabla 22 se detalla los ciclos.

Tabla 21. Ciclo semafórico In. Luis Moreno

CICLO SEMAFORICO						CARAC. GEOMETRICAS	
FASE	REFERENCIA	VERDE	AMARILLO	ROJO	TOTAL (seg)	ACCESOS	ANCHO (m)
1	Av. Solano S-N	48	3	35	86	2	2,7
2	Luis Moreno E-O	35	3	48	86	1	3,5
1	Av. Solano N-S	48	3	35	86	3	2,7

En la intersección se presenta gran número de vehículos en dos de sus ingresos como es de Norte y Sur. El porcentaje de vehículos pesados es de 5,61% en el movimiento (3-1). Existe un total de ciclistas en la intersección de 20, lo cual es muy inferior al número de vehículos que transitan. Se detalla cada aforo de esta intersección en la tabla 23.

Tabla 22. Aforo Int. Luis Moreno M.

Aforo Int. Luis Moreno Mora						Img. Referencial	
Num. int.	Referencia	Movimientos	# Vehiculos				
			Livianos	Pesados	% Veh. Pes.		
1	Av. Solano S-N	1-3	963	54	5,61%		
		1-2	112		0,00%		
		1-4	64		0,00%		
2	Luis Moreno E-O	2-4	248		0,00%		
		2-3	69		0,00%		
		2-1	155		0,00%		
3	Av. Solano N-S	3-1	1339	39	2,91%		
		3-4	143		0,00%		
		3-2	53		0,00%		
CICLISTAS							
Num. int.	Referencia	Movimientos	# Ciclistas				
1	Av. Solano S-N	1-2	0				
		1-3	14				
		1-4	0				
2	Luis Moreno E-O	2-1	0				
		2-3	0				
		2-4	2				
3	Av. Solano S-N	3-1	3				
		3-2	0				
		3-4	0				
4	Luis Moreno O-E	4-1	0				
		4-2	0				
		4-3	1				
TOTAL							
V. LIVIANOS			3146				
V. PESADOS				93			
CICLISTAS					20		

5.3.6. Av. 10 de Agosto

En esta intersección solo se determina el número de vehículos que transitan por esta intersección. Siendo los accesos del Norte y Sur los generadores de la mayor demanda vial, en la tabla 24 se observa a detalle el aforo vehicular.

Tabla 23. Aforo Int. Av. 10 de Agosto

Aforo Int. Av.10 de Agosto														
#	Referencia	Mov		Av. Solano							Av. 10 de Agosto			
		1-3	1-2	1-4	2-4	2-3	2-1	3-1	3-4	3-2	4-2	4-1	4-3	
Movimiento		12:30 - 12:45		12:45 - 13:00		13:00 - 13:15		13:15 a 13:30				Total		
		Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados					
1	Av. Solano S-N	1-3	167	8	182	7	165	8	130	7			674	
		1-2	26	1	37	3	35	0	19	2			123	
		1-4	42	0	39	2	38	0	36	0			157	
2	10 de Agosto E-O	2-4	137	2	101	1	123	1	98	1			464	
		2-3	46	4	39	3	31	3	31	5			162	
		2-1	52	1	56	0	38	0	42	1			190	
3	Av. Solano N-S	3-1	214	7	226	5	256	5	212	5			930	
		3-4	30	2	36	2	41	2	35	1			149	
		3-2	50	6	66	1	59	4	49	2			237	
4	10 de Agosto O-E	4-2	79	2	93	1	64	2	73	4			318	
		4-1	12	0	8	0	14	0	11	0			45	
		4-3	16	2	21	2	30	3	26	0			100	

5.3.7. Av. 27 de Febrero

El ciclo semafórico tiene un tiempo total de 85 segundos distribuidos en 2 fases las mismas cuentan con 47 y 32 segundos de verde efectivo, en la tabla 25 se detalla el ciclo semafórico.

Tabla 24. Ciclo semafórico Int. Av. 27 de Febrero.

CICLO SEMAFORICO						CARAC. GEOMETRICAS	
FASE	REFERENCIA	VERDE	AMARILLO	ROJO	TOTAL (s)	ACCESOS	ANCHO (m)
1	Av. Solano S-N	47	3	35	85	2	2,7
2	Av. 27 de Febrero E-O	32	3	50	85	1	3,4
1	Av. Solano N-S	47	3	35	85	3	2,7
2	Av. 27 de Febrero O-E	32	3	50	85	1	3,1

Los flujos vehiculares que se generaron en esta intersección los más importantes son el Norte y Sur. El número de ciclistas que circulan por esta intersección es 41 ciclistas siendo los mismos accesos que los vehiculares los más afluentes, pero el número de ciclistas comparado con vehículos es mínimo, en la tabla 26 se detalla cada uno de estos.

Tabla 25. Aforo Int. Av. 27 de Febrero.

Aforo Int. Av.27 de Febrero						
Num. int.	Referencia	Movimientos	# Vehículos			Img. Referencial
			Livianos	Pesados	% Veh. Pes.	
1	Av. Solano S-N	1-3	969	26	2,68%	
		1-2	288	0	0,00%	
		1-4	104	0	0,00%	
2	Av. 27 de Febrero E-O	2-4	190	0	0,00%	
		2-3	24	0	0,00%	
		2-1	263	0	0,00%	
3	Av. Solano N-S	3-1	1295	28	2,16%	
		3-4	151	0	0,00%	
		3-2	19	0	0,00%	
4	Av. 27 de Febrero O-E	4-2	128	0	0,00%	
		4-1	146	0	0,00%	
		4-3	23	0	0,00%	
CICLISTAS						
Num. int.	Referencia	Movimientos	# Ciclistas			
1	Av. Solano S-N	1-3	13			
		1-2	1			
		1-4	0			
2	Av. 27 de Febrero E-O	2-4	1			
		2-3	0			
		2-1	1			
3	Av. Solano N-S	3-1	7			
		3-4	11			
		3-2	3			
4	Av. 27 de Febrero O-E	4-2	0			
		4-1	0			
		4-3	4			

5.4. Análisis de intersecciones.

Con los aforos recopilados se analizará cada intersección para poder relacionar los tiempos en la demora vehicular y ciclovía, y determinar los conflictos viales presentes.

Se toma como referencia las tablas de los niveles de servicio en intersecciones semaforizadas y glorietas. En el análisis se va determinando: módulo de ajuste de volúmenes, módulo del flujo de saturación, módulo de análisis de capacidad y por último módulo nivel de servicio.

Solamente se presenta el módulo nivel de servicio de cada intersección, el mismo consta el grupo de carril, el flujo ajustado, relación de verde, capacidad del grupo y relación de volumen a capacidad. Con todos estos datos se determinan las demoras en cada acceso y por último demora en la intersección.

4.1. Intersección Av. 12 de Abril

A continuación se presenta los niveles de servicio vehiculares y de ciclovía.

Tabla 26. Nivel de servicio vehicular Int. Av. Doce de Abril

MÓDULO NIVEL DE SERVICIO VEHICULAR				
Accesos	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
Grupo de carriles	TR	L	TL	R
Tasa de flujo ajustado del grupo	676	504	892	512
Relación de verde	0,33	0,36	0,23	0,23
Capacidad del grupo de carriles	1087	1202	788	763
Relación volumen a capacidad	0,622	0,419	1,132	0,671
Demora uniforme	42,18	35,71	59,84	52,40
Demora incrementada	2,68	1,08	74,97	4,66
Demora por cola inicial	0,00	0,00	0,00	0,00
Demora media por control del grupo	44,86	36,79	134,81	57,06
Nivel de servicio en carriles	D	D	F	E
Demora por acceso (seg/veh)	44,86	36,79	134,81	57,06
Nivel de servicio por acceso	D	D	F	E
Demora en toda la intersección (seg/veh)	76,75			
Nivel de servicio global	E			

Tabla 27. Nivel de servicio ciclovía Int. Av. Doce de Abril

CICLOVÍA						
Núm.	Referencia	Total	Verde	Cb	Demora	Nivel de
1	Av. Solano S-N	14	0,37	738	30	C
2	12 de Abril E-O	8	0,23	470	44	E
3	Puente	19	0,34	671	33	D
3	12 de Abril O-E	6	0,23	470	44	E

Análisis de niveles de servicio:

En la tabla 27 podemos ver claramente que en 3 carriles los niveles de servicio vehiculares por demora en acceso están entre 37 – 57 seg/veh, y solamente el acceso 2 siendo la Av. 12 de Abril sentido Este-Oeste es el que se genera los tiempos más elevados con un tiempo en la demora de 135 seg/veh. Con todos estos valores en esta intersección, tenemos un nivel de servicio E con un tiempo de 77 seg/veh.

En tabla 28 que es referencia de la ciclovía los tiempos en la demora son bajos. El número de ciclistas que transitan es muy inferior al de vehículos, el nivel de servicio más elevado es E, se genera este nivel por el tiempo verde efectivo del ciclo semafórico que viene a hacer una relación inversamente proporcional. No existe dificultad al momento de cruzar los ciclistas en esta intersección.

5.4.2. Intersección Av. Florencia Astudillo

A continuación se presenta los niveles de servicio vehiculares y de ciclovía.

Tabla 28. Nivel de servicio vehicular Int. Av. Florencia Astudillo

MÓDULO NIVEL DE SERVICIO VEHICULAR					
Accesos	NORTE		SUR	ESTE	
Grupo de carriles	TL	T	TR	TL	TRL
Tasa de flujo ajustado del grupo	803	1594	773	409	196
Relación de verde	0,66	0,32	0,30	0,36	0,36
Capacidad del grupo de carriles	1088	1609	982	616	616
Relación volumen a capacidad	0,738	0,991	0,787	0,664	0,318
Demora uniforme	17,09	50,44	48,14	40,11	34,47
Demora incrementada	4,49	20,37	6,36	5,58	1,36
Demora por cola inicial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Demora media por control del grupo	21,58	70,81	54,50	45,69	35,83
Nivel de servicio en carriles	C	E	D	D	D
Demora por acceso (seg/veh)	54,32		54,50	42,49	
Nivel de servicio por acceso	D		D	D	
Demora en toda la intersección (seg/veh)	52,46				
Nivel de servicio global	D				

Tabla 29. Nivel de servicio ciclovia Int. Av. Florencia Astudillo

CICLOVÍA						
Núm. int.	Referencia	Total	Verde ef.	Cb (bic/h)	Demora (s/bic)	L.O.S
1	Av. Solano N-S	13	0,30	592	31	D
2	Florencia A	7	0,36	720	26	C
3	Av. Solano N-S	14	0,32	640	29	C

Análisis de niveles de servicio:

En la tabla 29 podemos ver que los tiempos en la demora por acceso están entre 42 y 54 seg/veh., dando un tiempo en toda la intersección de 52 seg/veh., resultando un nivel de servicio D, siendo este nivel de servicio como mala progresión del tránsito o llegadas en rojo de la fase semafórica por un ciclo muy amplio.

En la tabla 30 la demora en ciclistas está entre 26 a 31 seg/bic. Generando un nivel de servicio D en flujo de ciclistas que se movilizan de Norte a Sur. Estos valores altos son por motivo del verde efectivo y no por la demanda de ciclistas que transitan por está ya que el flujo de ciclistas no llega a más de 14 usuarios por cada acceso, en total tenemos que aproximadamente cada 1 minuto y 45 segundos se presenta una ciclista en la intersección.

5.4.3. Intersección Av. Remigio Crespo

En la tabla 31 se presenta los niveles de servicio vehiculares, en esta intersección no se considera la ciclovia.

Este nivel de servicio se basa en la demora para el paso en la intersección. En todos los accesos se tiene 2 carriles. Después se calcula la demora por acceso y demora en toda la intersección.

Tabla 30. Nivel de servicio en glorieta Int. Remigio Crespo.

	DEMORA DE CONTROL POR CADA CARRIL (S/VEH)							
	NORTE		SUR		ESTE		OESTE	
	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.
	33,23	24,85	178,86	152,53	9,01	9,07	177,56	156,26
L.O.S	D	C	F	F	A	A	F	F
TIEMPO POR ACCESO	29,29		166,49		9,04		167,55	
L.O.S ACCESO	D		F		A		F	
TIEMPO INT.	105,69							
L.O.S TOTAL	F							

Análisis de niveles de servicio:

En los niveles de servicio que se determinó podemos apreciar en la tabla 31 que en los accesos de Sur y Oeste el nivel es F, estos niveles se genera no por el flujo de ingreso de los mismos sino por el flujo que circula por la glorieta que es el encargado de impedir el paso vehicular a los carriles de acceso. El acceso Norte cuenta con un nivel de servicio en el carril izquierdo C y derecho D, siendo tiempos relativamente bajos con la cantidad de vehículos que circulan. En el acceso Oeste sus niveles de servicio son A, un tiempo de demora de A. Toda la intersección presenta un nivel de servicio F con un tiempo en la demora de 106 seg/veh.

5.4.4. Intersección Miguel Cordero

A continuación se presenta los niveles de servicio vehiculares y de ciclovía.

Tabla 31. Nivel de servicio. Intersección Miguel Cordero

MÓDULO NIVEL DE SERVICIO				
Accesos	NORTE		SUR	OESTE
Grupo de carriles	TL	T	TR	TRL
Tasa de flujo ajustado del grupo	108	1428	1112	1108
Relación de verde	0,49	0,36	0,36	0,32
Capacidad del grupo de carriles	846	1810	1207	1180
Relación volumen a capacidad	0,128	0,789	0,922	0,939
Demora uniforme	20,32	42,62	45,67	49,25
Demora incrementada	0,31	3,58	12,86	15,19
Demora por cola inicial	0,00	0,00	0,00	0,00
Demora media por control del grupo	20,63	46,21	58,52	64,44
Nivel de servicio en carriles	C	D	D	E
Demora por acceso	44,41		58,52	64,44
Nivel de servicio por acceso	D		D	E
Demora en toda la intersección	54,50			
Nivel de servicio global	D			

Tabla 32. Nivel de servicio ciclovía. Int. Miguel Cordero

CICLOVÍA						
Núm. int.	Referencia	Total Int.	Verde ef.	Cb (bic/h)	Demora (s/bic)	L.O.S
1	Av. Solano N-S	27	0,49	989	12	B
3	Av. Solano N-S	3	0,49	989	12	B
4	Miguel Cordero O-E	5	0,44	879	14	B

Análisis de niveles de servicio:

En la tabla 32 podemos ver que los tiempos en la demora por cada acceso son desde 44 a 64 seg/veh generando que el acceso que proviene por el Oeste en este caso la calle Miguel Cordero brinda los tiempos más altos en la demora. Se genera un nivel de servicio total D con un tiempo en la demora en toda la intersección de 54 seg/veh.

En la tabla 33 se detalla los niveles de servicio de la ciclovía, siendo el nivel B en todas las intersecciones, siendo el número de ciclistas extremadamente inferior al número de vehículos que transita por esta intersección, los tiempos en las demoras esta entre los 12 a 14 seg/bic.

5.4.5. Intersección Luis Moreno Mora

A continuación se presenta los niveles de servicio vehiculares y de ciclovía.

Tabla 33. Nivel de servicio vehicular Int. Luis Moreno

MÓDULO NIVEL DE SERVICIO				
Accesos	NORTE		SUR	ESTE
Grupo de carriles	TRL	T	TRL	TRL
Tasa de flujo ajustado del grupo	92	1526	1288	586
Relación de verde	0,56	0,56	0,56	0,41
Capacidad del grupo de carriles	954	1871	1913	719
Relación volumen a capacidad	0,10	0,82	0,67	0,81
Demora uniforme	15,37	26,70	23,30	39,20
Demora incrementada	0,20	4,06	1,91	9,85
Demora por cola inicial	0,00	0,00	0,00	0,00
Demora media por control del grupo	15,57	30,77	25,21	49,05
Nivel de servicio en carriles	B	C	C	D
Demora por acceso	29,90		25,21	49,05
Nivel de servicio por acceso	C		C	D
Demora en toda la intersección	31,39			
Nivel de servicio global	C			

Tabla 34. Niveles de servicio ciclovía Int. Luis Moreno

CICLOVÍA						
Núm. int.	Referencia	Total Int.	Verde ef.	Cb (bic/h)	Demora (s/bic)	L.O.S
1	Av. Solano S-N	14	0,56	1116	8	A
2	Luis Moreno E-O	2	0,41	814	15	B
3	Av. Solano N-S	3	0,56	1116	8	A
4	Luis Moreno O-E	1	0,41	814	15	B

Análisis de niveles de servicio:

En la tabla 34 niveles de servicio vehiculares que se genera en los accesos son C y D, con un tiempo de 25 a 49 seg/veh., siendo el acceso Este que es la calle Luis Moreno Mora, esto se debe a que este acceso solamente está disponible un solo carril para todo el flujo vehicular que se desplaza. Se tiene un tiempo en la demora global en la intersección de 31 seg/veh., dando un nivel de servicio C siendo que el tráfico vehicular sea progresivo y regular.

En la tabla 35 niveles de servicio para la ciclovía son de tipo A y B con un tiempo en la demora de 8 a 15 seg/bic. Estos niveles de servicio son los más eficientes en los desplazamientos de ciclistas, igual el número de ciclistas que transitan por la misma es muy insignificante comparado al de vehículos, se puede concluir que cada 3 minutos un ciclista transita por la intersección.

5.4.6. Intersección Av. 10 de Agosto

En la tabla 36 se puede observar los tiempos en la demora de cada acceso.

Tabla 35. Nivel de servicio en glorieta Int. Av. 10 de Agosto.

	DEMORA DE CONTROL POR CADA CARRIL (S/VEH)						
	NORTE		SUR		ESTE		OESTE
	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	
	137,46	107,58	23,88	20,92	34,99	31,13	162,09
L.O.S	F	F	C	C	D	D	F
TIEMPO POR ACCESO	123,41		22,49		33,18		162,09
L.O.S ACCESO	F		C		D		F
TIEMPO INTERSECCIÓN	80,42						
L.O.S INTERSECCIÓN	F						

Análisis de niveles de servicio:

Los tiempos en la demora más elevados se presentan en los accesos Norte y Oeste cuyo nivel de servicio es F, el tiempo total en la intersección es de 80 seg/veh., con un nivel de servicio F, esta intersección se ve afectada por el alto número de vehículos que circulan y en el acceso Oeste cuenta con un solo carril.

5.4.7. Intersección Av. 27 de Febrero

A continuación se presenta los niveles de servicio vehiculares y de ciclovía.

Tabla 36. Nivel de servicio vehicular Int. 27 de Febrero

MÓDULO NIVEL DE SERVICIO						
Accesos	NORTE		SUR		ESTE	OESTE
Grupo de carriles	TRL	T	TL	TR	TRL	TRL
Tasa de flujo ajustado del grupo	20	1692	140	1340	536	360
Relación de verde	0,55	0,55	0,55	0,55	0,38	0,38
Capacidad del grupo de carriles	946	2780	946	1853	694	668
Relación volumen a capacidad	0,02	0,61	0,15	0,72	0,77	0,54
Demora uniforme	15,07	22,44	16,22	24,81	40,84	36,34
Demora incrementada	0,04	1,00	0,33	2,49	8,16	3,10
Demora por cola inicial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Demora media por control del grupo	15,11	23,44	16,55	27,29	49,00	39,44
Nivel de servicio en carriles	B	C	B	C	D	D
Demora por acceso	23,35		26,28		49,00	39,44
Nivel de servicio por acceso	C		C		D	D
Demora en toda la intersección	29,19					
Nivel de servicio global	C					

Tabla 37. Nivel de servicio ciclovía Int Av. 27 de Febrero

CICLOVÍA						
Núm. int.	Referencia	Total Int.	Verde ef.	Cb (bic/h)	Demora (s/bic)	L.O.S
1	Av. Solano S-N	14	0,55	1106	15	B
2	Av. 27 de Febrero E-O	2	0,38	753	29	C
3	Av. Solano N-S	21	0,55	1106	15	B
4	Av. 27 de Febrero O-E	4	0,38	753	29	C

Análisis de niveles de servicio:

En la tabla 37 los niveles de servicio vehicular en esta intersección por cada acceso son C y D, con un tiempo entre 23 a 49 seg/veh. Siendo la demora total en la intersección de 29 seg/veh., con un nivel de servicio de C con un tráfico progresivo y regular. No existen tiempos muy elevados en la demora vehicular.

En la tabla 38, nivel de servicio en ciclovía los tiempos en la demora son de 15 a 29 seg/bic., igual que en las otras intersecciones la demanda es muy baja en relación al flujo vehicular que se presenta en esta intersección. El nivel de servicio resultante es B con un tiempo de 15 seg. y C con 29 seg.

5.6. Análisis de escenarios posibles en movilidad.

Un escenario posible es la construcción de una situación futura, bajo constantes y variables definidas. Se va a generar tres posibles escenarios en la movilidad existente, el primero se proyectara el número de vehículos, segundo se tomará en consideración estrategias para disminuir en 10% la utilización del vehiculo en el presente año y la tercera se tomará las tasas de crecimiento promedio en el periodo 2015-2020 como personas que se movilicen de una manera alternativa, y con estos dos escenarios últimos encontraremos una relación en el ahorro de tiempo-dinero.

Se justifica estos escenarios por lo que su implementación en otras ciudades como Ámsterdam, Montreal, Copenhague, Utrecht, ha generado efectos beneficiosos en cada ciudad como menor generación de gases contaminantes, beneficios en la salud y movilidad [33]. Estas ciudades se han convertido como amigables en el transporte alternativo.

5.6.1. Proyección vehicular

Modelo matemático a base de la regresión.

De acuerdo al modelo matemático de la regresión se va a proyectar los crecimientos vehiculares en el cantón Cuenca, se toma referencia desde el año 2000, el número de vehículos para la proyección fue proporcionado por la Dirección Municipal de Tránsito, en la tabla 39 se detalla el número de vehículos.

Tabla 38. Número de vehículos. Fuente DMT Cuenca

Año (x)	Vehículos(y)
2000	42924
2001	44586
2002	44282
2003	52737
2004	56664
2005	63779
2006	71180
2007	71206
2008	71232
2009	71599
2010	71965
2011	78243
2012	79906
2013	85904

Formula general de la ecuación de regresión lineal

$$\hat{Y} = a + bx \quad (3)$$

$$s_x = 4,1833$$

$$s_y = 14130,678$$

$$b = 3262,77$$

$$a = -6482026,43$$

Remplazando valores de a y b:

$$\hat{Y} = a + bx \quad (3)$$

$$\hat{Y} = -6482026,43 + 3262,77x$$

Con esta ecuación obtenida de la regresión lineal se puede hacer predicciones futuras, posteriormente se utiliza la ecuación de intervalos de confianza para predecir el valor medio de Y con una X dada, en este caso para estimar el número de vehículos en años futuros con un nivel de significancia del 5%.

$$s_{y*x} = 3806,71$$

Para el valor de t estadístico se determina con una probabilidad del 95% y con 2 grados de libertad en Anexo A tomamos: $t = 2,179$

Los valores se toman como referencia para el año 2014:

$$89200 + (3806,71 * 2,179) * \sqrt{\frac{1}{13} + \frac{(2014 - 2006,5)^2}{227,5}} = 93882 \text{ veh.}$$

En la tabla 40 se presenta las proyecciones hasta el año 2025.

Tabla 39. Proyecciones vehiculares 2014 – 2025 cantón Cuenca.

Año	Proyección (veh)
2014	93882
2015	97636
2016	101401
2017	105173
2018	108953
2019	112737
2020	116525
2021	120316
2022	124110
2023	127906
2024	131704
2025	135503

Con la tabla 40 podemos determinar las tasas de crecimiento promedio anual que tendremos en los próximos años, la misma para mayor facilidad se realizó un promedio cada cinco años con el fin no extender demasiado los datos, en la tabla 41 se expresan los tasas de crecimiento anual promedio.

Tabla 40. Tasas de crecimiento vehicular anual proyectadas.

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR	
PERIODO	CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO
2015-2020	3,60%
2020-2025	3,06%
2025-2030	2,66%
2030-2035	2,35%

Proyecciones vehiculares en cada intersección.

Según las tasas de crecimiento encontradas anteriormente se asume que el crecimiento va a ser igualitario en todos los sectores de la ciudad y así podemos proyectar la demanda vehicular que tendrá cada intersección de la Av. Solano en el periodo 2016-2035, los resultados se encuentran en la tabla 42, la misma consta del número vehicular y tiempos en la demoras en accesos.

Tabla 41. Proyecciones y demoras, en Int. Av. Solano.

PROYECCIONES EN INTERSECCIONES											
#	NOMBRE	2016		2020		2025		2030		2035	
		Veh.	Demora (seg/veh)	Veh.	Demora (seg/veh)	Veh.	Demora (seg/veh)	Veh.	Demora (seg/veh)	Veh.	Demora (seg/veh)
1	Av. 12 de Abril	2420	77	2856	121	3293	162	3730	210	4169	267
2	Av. Florencia Astudillo	2965	52	2620	97	4187	151	4743	219	5300	296
3	Av. Remigio Crespo Toral	3818	37	4368	75	5037	141	5707	231	6378	340
4	Miguel Cordero	3309	55	3905	86	4502	147	5101	216	5700	291
5	Luis Moreno Mora	3239	31	3822	43	4407	76	4993	129	5580	197
6	Av. 10 de Agosto	3549	81	4060	166	4682	324	5305	534	5928	796
7	Av. 27 de Febrero	3576	29	4220	34	4865	46	5512	73	6160	116

Análisis de tabla:

Con estas proyecciones podemos observar que los tiempos en las demoras en algunas intersecciones llegan casi a duplicarse en el 2020 con referencia al año 2016, y triplicarse para el año 2025, de esta manera los tiempos de viaje llegara a aumentar considerablemente. Si no se aplica medidas para que la ciudadanía tome conciencia del crecimiento vehicular estos tiempos en la demora serán una realidad. La ciudadanía debe poner interés en diferentes formas para desplazarse y así poder mejorar la movilidad.

5.6.2. Disminución en 10% la utilización del vehiculo año 2016.

Para el análisis de un escenario posible se toma como referencia la intersección de la Av. 12 de Abril con una reducción del 10% en la circulación vehicular y así poder conocer los tiempos en la demora. En la tabla 43 se compara los resultados actual y propuesto.

Tabla 42. Comparativa tiempos en acceso.

MODULO NIVEL DE SERVICIO								
DETALLE	DISMINUCIÓN DEL 10%				ACTUAL			
Acesos	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
Grupo de carriles	TR	L	TL	R	TR	L	TL	R
Tasa de flujo ajustado del grupo	563	452	816	460	676	504	892	512
Relación de verde	0,33	0,36	0,23	0,23	0,33	0,36	0,23	0,23
Capacidad del grupo de carriles	1087	1202	788	763	1087,2	1202,2	787,9	763,2
Relación volumen a capacidad	0,518	0,37	1,036	0,603	0,62	0,42	1,13	0,67
Demora uniforme	40,45	35,0	58,11	51,46	42,18	35,71	59,84	52,40
Demora incrementada	1,77	0,90	41,62	3,51	2,68	1,08	74,97	4,66
Demora por cola inicial	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0
Demora media por control del grupo	42,22	35,9	99,73	54,97	44,86	36,7	134,8	57,1
Nivel de servicio en carriles	D	D	F	E	D	D	F	E
Demora por acceso (seg)	42,22	35,9	99,73	54,97	44,86	36,7	134,8	57,1
Nivel de servicio por acceso	D	D	F	D	D	D	F	E
Demora en toda la intersección	64,03				76,75			
Nivel de servicio global	E				E			

Análisis de tabla:

En la tabla anterior se puede apreciar reduciendo el 10% de la circulación vehicular en está intersección se va a generar una disminución en la demora total de 13 segundos y si sumamos cada uno de los accesos se tiene 43 segundos.

Ahorro tiempo-dinero:

En este escenario en el cual se disminuyó el 10% de la circulación vehicular en la intersección de la Av. 12 de Abril se generó un ahorro de 13 segundos promedio en los accesos, con todo esto se procede a calcular el ahorro que se tendría con las personas que se movilizan (2520), solamente aplicando a la hora de máxima demanda, en la siguiente tabla se detalla el ahorro económico poniendo como sueldos el salario básico (366), 550 y 750 dólares.

Tabla 43. Ahorro tiempo-dinero año 2016, disminución del 10% utilización del vehículo.

Ahorro tiempo-dinero					
Personas	Sueldo (\$)	Tiempo (seg)	\$/seg.	\$/hora	\$/año*
2520	366	13	0,000635417	21	7598
2520	550	13	0,000954861	31	11418
2520	750	13	0,001302083	43	15570



* 1h/día

5.6.3 Movilidad alternativa año 2020

Se va a generar tres posibles alternativas en la movilidad existente como es transporte público, bicicleta y peatonal, y se comparará los tiempos en la demora.

En la tabla 45 se detalla la reducción en tiempos con posibles soluciones de movilidad en el año 2020, se toma como referencia el crecimiento vehicular como el porcentaje de personas que utilizará otro sistema de transporte, se utiliza el índice ocupacional de 1,1 en vehículos particulares y de 30 en buses. Estos valores son aplicados a la intersección de la Av. 12 de Abril. La letra B va a representar el número de buses y X el número de peatones que se desplazan actualmente por esta intersección.

Tabla 44. Posibles escenarios de movilidad alternativa Int. Av. 12 de Abril.

AÑO	ACCESO			DIF. DE VEH.	BUSES	# PEATONES	DEMORA VEHICULAR (s/veh)	DEMORA CICLOVÍA (seg/bic)	Ahorro % tiempo
2016	NORTE	587	19	0	B	X	45	33	0
	SUR	495	14	0	B	X	37	30	0
	ESTE	814	8	0	B	X	135	44	0
	OESTE	524	6	0	B	X	57	44	0
2020	NORTE	587	136	106	B+4	X+117	45	35	8,9%
	SUR	495	112	89	B+3	X+98	37	31	5,4%
	ESTE	814	170	147	B+5	X+162	135	48	87%
	OESTE	524	109	94	B+4	X+103	57	46	21%

Análisis de tabla:

Para realizar el cálculo en la utilización de la bicicleta se toma como referencia el número de vehículos 2020 y actual, el número de vehículos en crecimiento se considera como si utilizarán la bicicleta, transporte público y caminar como medio de transporte alternativo. Solamente con reducir el número de vehículos en crecimiento se podría reducir desde un 5.4 a 87.4% los tiempos en la demora de los accesos vehiculares, un total de 43 segundos en la intersección., sí se aumentara los ciclistas las demoras en la ciclovía aumentaría muy poco de 1 a 4 segundos y se mantendrían los mismos niveles de servicio en está intersección la Av. 12 de Abril.

Ahorro tiempo-dinero

Si las tasas de crecimiento para el año 2020 se eliminaran con la utilización de una movilidad alternativa se llegaría a un ahorro tiempo de 13 segundos promedio en los accesos, con esto se calcula el costo ahorro generado con las personas que se movilizan. El ahorro se calcula solamente en la hora de máxima demanda y anual.

Tabla 45. Ahorro tiempo-dinero.

Ahorro tiempo-dinero					
Personas	Sueldo (\$)	Tiempo (seg)	\$/seg.	\$/hora	\$/año*
2662	366	43	0,00063542	73	26548
2662	550	43	0,00095486	109	39894
2662	750	43	0,00130208	149	54401

* 1h/dia

5.8. Emisiones de gases generadas.

Para el análisis de las emisiones de gases se procedió a relacionar el número de vehículos y las toneladas de gases contaminantes generadas en el mismo año por el parque automotor. Estos valores fueron tomados desde la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, año 2011.

En la tabla 47 se detalla las emisiones vehiculares en el año 2007 y 2011, la misma se hace una relación con el número de vehículos para determinar una contaminación promedio unitaria.

Tabla 46. Emisiones de gases en Cuenca año 2007 y 2011.

EMISIONES EN LA CIUDAD				
TON/AÑO	#	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
2007	71206	570886,9	145,0	36,1
	1	8,02	0,0020	0,0005
2011	78243	726471,5	180,0	55,7
	1	9,28	0,0023	0,0007

Análisis de tabla:

Podemos observar en la tabla 47, en el año 2007 un vehículo promedio generó 8.02 toneladas de CO₂ y para el año 2011 esta cifra aumentó 1.26 llegando a 9.28 toneladas de CO₂.

Utilizando el número de vehículos proyectados para el presente año con la contaminación mínima del año 2007 tendríamos los valores que se pueden observar en la tabla siguiente.

Tabla 47. Emisión de gases año 2016.

2016	95725	767465,5	194,9	48,5
	1	8,0	0,0020	0,0005
	1*	3,0	0,0008	0,0002
Reducción	9573	76746,6	19,5	4,9

* Vehículo nuevo promedio

Análisis de tabla:

Podemos observar que para el año 2016 se tendría un total de 95725 vehículos en circulación generando 767465.5 toneladas de CO₂. Las normativas EURO IV dan como límite que un vehículo que circule 20000km anual genera 3 toneladas de CO₂ por año.

Si se aplicaran planes de movilidad alternativa en la ciudad reduciendo el 10% de la utilización del vehículo particular se evitarían 9573 vehículos que circulen diariamente generando un beneficio en la reducción de gases en 76746,6 toneladas de CO₂.

5.9. Puntos de conflicto entre usuarios viales.

Los puntos de conflicto se determinaron desde tres perspectivas diferentes como es peatón, ciclista y conductor, un conflicto se lo analizó como molestia para cada uno de los usuarios viales.

5.9.1. Acceso a parqueaderos

Al momento que los ciclistas o peatones se desplazan por la cicloavía o acera ellos tienen que detener la marcha con el fin de evitar accidentes con vehículos que ingresan o salen de parqueaderos ya sea público como privado, ya que los conductores no respetan ni toman conciencia que el derecho de vía tienen los ciclistas y peatones.

En todo el recorrido que presenta la cicloavía se contabiliza un total de 35 ingresos a garajes, solamente 1 ingreso es el que presenta mayor dificultad ya que este es parqueadero público y se encuentra ubicado entre las intersecciones Tadeo Torres y Av. 12 de Abril; se conoció por información del propio parqueadero que las horas de máximo ingreso y salida de vehículos es de 80 movimientos por hora.



Ilustración 12. Ingreso a parqueaderos, cerca de Int. 12 de Abril.

5.9.2. No utilización de cicloavía

Los ciclistas que se desplazan por esta avenida no siempre utilizan la cicloavía, ya sea se desplazan por la calle o por las aceras generando malestar a peatones y conductores. Los ciclistas no toman conciencia la utilización de la misma por su seguridad.



Ilustración 13. No uso de cicloavía Int. Av. Remigio Crespo.

5.9.3. Falta de señalización peatonal y no uso de pasos peatonales

Los peatones se encuentran expuestos a accidentes por falta de señalización en cruces ya sea paso cebra como semáforos peatonales. Así mismo el no uso de estos es un factor para accidentes de tránsito.



Ilustración 14. No utilización de pasos peatonales.

5.9.4. Visibilidad deficiente

En intersecciones e ingresos a parqueaderos una mala visualización hacia otros usuarios es constante malestar entre ellos y ha causado accidentes menores que pudieron ser evitados. Obstáculos como árboles y construcciones no generan una visión eficiente.

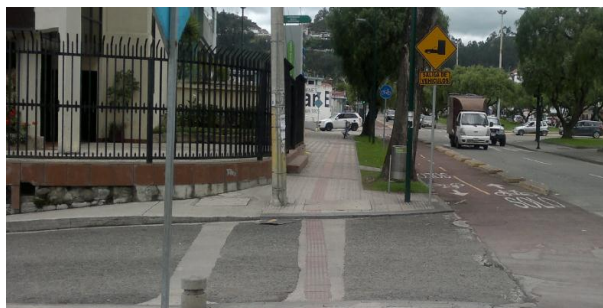


Ilustración 15. Mala visión en intersecciones.

5.9.5. Dificultad cruce de peatones

En intersecciones de las glorietas como es en la Av. Remigio Crespo y Av. 10 de Agosto, los peatones que necesitan cruzar estos se encuentran en riesgo ya que los conductores no ceden el paso a los mismos. En la glorieta de la Av. Crespo se encuentra un semáforo para los peatones y ciclistas, el mismo se encuentra sin funcionar.



Ilustración 16. No respeto de peatón.



Ilustración 17. No respeto de peatón.

5.9.6. Cruce de peatones en ciclovía

En las dos paradas de buses existentes que están cerca a la Av. 12 de Abril y a la Av. 10 de Agosto, la ciclovía y la acera llegan a cruzar entre sí, y generando malestar entre usuarios.



Ilustración 18. Cruce de vía peatonal y ciclovía.

5.9.7. Peatón e infraestructura vial

En la intersección de la Av. 10 de Agosto la acera llega a su fin y solamente se encuentra disponible la ciclovía, en la cual los peatones deben utilizar la ciclovía para transitar con facilidad.



Ilustración 19. Fin de acera en intersección. Av. 10 de Agosto.

6. RESULTADOS

Los resultados alcanzados se dio con los niveles de servicio de cada intersección, en el caso de vehicular se analizaron siete intersecciones siendo de las cuales dos glorietas, y de la ciclovia se analizaron solamente las cinco intersecciones semaforizadas.

6.1. Niveles de servicio vehicular

Los resultados se presentan en la siguiente tabla que son intersecciones semaforizadas y glorietas, siendo los tiempos en accesos:

Tabla 48. Niveles de servicio vehicular en Int. analizadas en Av. Fray V. Solano.

NIVEL DE SERVICIO VEHICULAR EN INTERSECCIONES					
Nombre de intersección	Acceso	Demora por	L.O.S por	Demora por	L.O.S
Av. 12 de Abril	1. Sur	36,79	D	76,75	E
	2. Este	134,81	F		
	3. Norte	44,86	D		
	4. Oeste	57,06	E		
Av. Florencia Astudillo	1. Sur	54,50	D	52,46	D
	2. Este	42,49	D		
	3. Norte	54,32	D		
Miguel Cordero Dávila	1. Sur	58,52	D	54,50	D
	3. Norte	44,41	D		
	4. Oeste	64,44	E		
Luis Moreno Mora	1. Sur	25,32	C	31,39	C
	2. Este	49,05	C		
	3. Norte	29,90	C		
Av. 27 de Febrero	1. Sur	26,28	C	29,19	C
	2. Este	49,00	C		
	3. Norte	23,35	C		
	4. Oeste	39,44	C		
NIVEL DE SERVICIO VEHICULAR EN GLORIETAS					
Av. Remigio Crespo Toral	1. Sur	166,49	F	105,69	F
	2. Este	9,04	A		
	3. Norte	29,29	D		
	4. Oeste	167,55	F		
Av. 10 de Agosto	1. Sur	22,49	C	80,42	F
	2. Este	33,18	D		
	3. Norte	123,41	F		
	4. Oeste	162,09	F		

6.2. Nivel de servicio en ciclo vía.

Los niveles de servicio en ciclo vía en intersecciones semaforizadas, nos dieron como resultado los siguientes valores presentes en la tabla 50.



Tabla 49. Niveles de servicio ciclo vía en intersecciones semaforizadas.

NIVEL DE SERVICIO CICLOVÍA EN INTERSECCIONES				
Nombre de intersección	Acceso	Vol. (bic.)	Demora (seg/bic.)	Nivel de servicio por acceso
Av. 12 de Abril	Sur	14	30	C
	Este	8	44	E
	Norte	19	33	D
	Oeste	6	44	E
Av. Florencia Astudillo	Norte	13	31	D
	Este	7	26	C
	Oeste	14	29	C
Miguel Cordero Dávila	Sur	27	12	B
	Norte	3	12	B
	Oeste	5	14	B
Luis Moreno Mora	Sur	14	8	A
	Este	2	15	B
	Norte	3	8	A
	Oeste	1	15	B
Av. 27 de Febrero	Sur	14	15	B
	Este	2	29	C
	Norte	21	15	B
	Oeste	4	29	C

6.3. Relación de utilización bicicleta - vehículos en Av. Solano.

Con los aforos vehiculares y ciclistas, se procede a realizar una relación de los dos medios de transporte. En la siguiente tabla se detalla cada una de las intersecciones con el porcentaje en cada intersección.

Tabla 50. Relación vehicular y bicicleta en intersecciones.

INTERSECCIÓN	ACCESO		Demora (s/veh)		Demora (seg/bic)	RELACIÓN: BIC./VEH.	
						% ACCESOS	% INTERSECCIÓN
12 de Abril	NORTE	587	45	19	33	3,24%	2,05%
	SUR	495	37	14	30	2,83%	
	ESTE	814	135	8	44	0,98%	
	OESTE	524	57	6	44	1,15%	
Florencia Astudillo	NORTE	1664	54	14	31	0,84%	1,44%
	SUR	640	55	13	26	2,03%	
	ESTE	481	43	7	29	1,46%	
Miguel Cordero	NORTE	1367	44	3	12	0,22%	1,12%
	SUR	1049	59	27	12	2,57%	
	OESTE	893	64	5	14	0,56%	
Luis Moreno	NORTE	1574	30	3	15	0,19%	0,60%
	SUR	1193	25	14	15	1,17%	
	ESTE	472	49	2	8	0,42%	
27 de Febrero	NORTE	1472	23	21	15	1,43%	1,07%
	SUR	1351	26	14	29	1,04%	
	ESTE	466	49	2	15	0,43%	
	OESTE	287	39	4	29	1,39%	
RELACIÓN TOTAL						1,26%	

Análisis de tabla:

Podemos observar en la tabla anterior que la relación de bicicletas con vehículos es de 1,26 %, muy bajo comparado a otras ciudades que la bicicleta tiene un alto porcentaje de utilización en los habitantes para movilizarse, si se realiza un promedio de las 3 ciudades latinoamericanas con mayor utilización de la bicicleta se tendría 8,7% que sería uno de los escenarios posibles para una movilidad alternativa.

Tabla 51. Porcentaje utilización de bicicleta en ciudades. [34]

Ciudad	Porcentaje (%)
Copenhague	55
Utrecht	33
Ámsterdam	28
Bogotá	6
Santiago	7
México	13
Quito	1

CONCLUSIONES

Realizado toda la evaluación vial en la Av. Fray Vicente Solano se puede concluir que:

- Las personas que transitan por esta avenida no consideran una forma de transporte alternativa la bicicleta. Siendo el porcentaje de utilización de la ciclovía en relación al número de vehículos que transitan de 1.26%, relativamente inferior. Pudiendo concluir por el momento que la ciclovía es una solución no válida en la ciudad de Cuenca.
- Determinado los niveles de servicio en cada intersección se concluye que los tiempos en las demoras son de 29 a 77 segundos en intersecciones semaforizadas y de 80 a 106 segundos en glorietas, esto se debe por el alto número de vehículos que transitan en la hora de máxima demanda.
- Las demoras en la ciclovía en intersecciones semaforizadas son desde 8 a 44 segundos, estos tiempos no se debe a la cantidad de ciclistas que transitan sino al porcentaje de verde efectivo que está en cada intersección, se contabilizo 27 ciclistas/hora como máximo en un acceso.
- Con los escenarios posibles generados podemos decir:
 - Si reducimos solamente el 10% de la circulación vehicular los tiempos en cada intersección se disminuyen considerablemente, generando un ahorro anual, económico y ambiental. En la intersección de la Av. 12 de Abril es de \$ 7598 dólares con un sueldo base de \$366 y 76.746,6 toneladas de CO_2 menos.
 - Si no se aplica medidas para evitar el uso del vehículo particular tendremos para el año 2020 que los tiempos de demora en intersecciones llegan casi a duplicarse.

7. RECOMENDACIONES

- Antes de realizar la construcción de una ciclovía se debe determinar el número de ciclistas que actualmente están circulando.
- Generar planes de educación vial y utilización de medios alternativos para niños y adolescentes, que ellos serán los más afectados en un futuro.
- Seguir con estudios viales y en movilidad alternativa por parte de la Universidad Politécnica Salesiana, pudiendo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de Cuenca.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] El Tiempo, «El Tiempo,» 13 02 2015. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/>. [Último acceso: 07 10 2015].
- [2] Municipio de Cuenca, «Cuenca,» 20 07 2010. [En línea]. Available: http://www.cuenca.gov.ec/?q=page_situacion. [Último acceso: 23 11 2015].
- [3] «Wikipedia,» 2015. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Azuay. [Último acceso: 12 11 2015].
- [4] Wikipedia, 15 11 2015. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_Cuenca. [Último acceso: 23 11 2015].
- [5] «Hace cien años rodó el primer carro en Cuenca,» *Avance*, nº 248, 2012.
- [6] INEC, «Ecuador en cifras,» [En línea]. Available: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/proyeccion_cantonal_total_2010-2020.xlsx. [Último acceso: 24 11 2015].
- [7] E. Díaz, «Agenda Bogotá,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.agenda-bogota.co/sports/item/127-la-ciclovía-una-historia-en-evolucion.html>. [Último acceso: 25 11 2015].
- [8] Instituto Distrital de Recreación y Deporte, «In Bogotá,» [En línea]. Available: <http://www.inbogota.com/transporte/ciclovía/historia.htm>.
- [9] «El Financiero,» 12 11 2012. [En línea]. Available: <http://www.elfinanciero.com.mx/tech/holanda-convierte-sus-ciclovias-en-caminos-solares.html>. [Último acceso: 8 12 2015].
- [10] Mobilidade urbana sustentável, 16 10 2014. [En línea]. Available: <http://www.mobilize.org.br/noticias/7156/holandeses-trazem-novidades-em-mobilidade-urbana-para-pelotas-rs.html?print=s>. [Último acceso: 12 11 2015].
- [11] F. Goldsman, «Brando,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.conexionbrando.com/1339604-bicicletas-conoce-las-ciudades-mas-amigables-para-pedalear>. [Último acceso: 27 11 2015].
- [12] «BRANDO,» [En línea]. Available: <http://www.conexionbrando.com/1339604-bicicletas-conoce-las-ciudades-mas-amigables-para-pedalear>. [Último acceso: 20 11 2015].
- [13] «Vida para Quito,» 1 12 2008. [En línea]. Available: http://viniociavasquez.com/vida/index.php?option=com_content&task=view&id=58&Itemid=50. [Último acceso: 29 11 2015].
- [14] «EPMMP,» 11 5 2012. [En línea]. Available: <http://www.epmmop.gob.ec/epmmop/index.php/sala-de-prensa/boletines-de>

- prensa/item/426-red-de-ciclov%C3%ADAs-se-desarrolla-en-el-dmq. [Último acceso: 19 11 2015].
- [15] El Mercurio, 23 9 2013. [En línea]. Available: http://www.elmercurio.com.ec/398581-patrones-de-ciclovi-as-no-inciden-en-su-uso/#.Vw63__nhDIU. [Último acceso: 15 11 2015].
- [16] R. C. y. Mayor, Ingeniería de Tránsito, México: Alfaomega, 2007.
- [17] National Academy of Service, High Capacity Manual, Washington D.C, 2000.
- [18] Luis Bañon; Jose Beviá, Manual de carreteras.
- [19] Dirección General de Tránsito, España, «DGT,» 2011. [En línea]. Available: <http://revista.dgt.es/>. [Último acceso: 19 12 2015].
- [20] M. I. D. Méndez, «Wordpress,» 8 2008. [En línea]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/volumenes-ingenieria-de-transito.pdf>. [Último acceso: 9 12 2015].
- [21] Defenición, «Defenición,» [En línea]. Available: Defenición. [Último acceso: 14 12 2015].
- [22] «Internautara,» [En línea]. Available: <http://www.internatura.org/educa/bicis3.html>. [Último acceso: 23 11 2015].
- [23] Universidad Politécnica de Catalunya, «Universidad Politécnica de Catalunya,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5960/08.pdf?sequence=10&isAllowed=y>. [Último acceso: 9 12 2015].
- [24] M. de Paiva y V. Barcellos, «Aquarius,» [En línea]. Available: http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/2009-2010/CIT_2010.pdf. [Último acceso: 9 12 2015].
- [25] Ministerio Aleman de Transporte, UPI, [En línea]. Available: http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling_es.pdf. [Último acceso: 14 12 2015].
- [26] Departamento de ordenación del territorio y medio ambiente, «Comunidades europeas,» 2002. [En línea]. Available: http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling_es.pdf. [Último acceso: 17 11 2015].
- [27] Instituto para políticas de transporte y desarrollo, «Intermodalidad,» *Ciclo ciudades*, vol. V, 2011.
- [28] «SUSTENTATOR,» 26 9 2012. [En línea]. Available: <http://sustentator.com/blog-es/blog/2012/09/26/bicicletas-como-sistema-transporte-publico/>. [Último acceso: 9 12 2015].
- [29] Intelligent Transportation Systems, 2000.

- [30] J. Seguí Pons, M. Martínez Reynés, «Universidad de Barcelona,» 1 8 2004. [En línea]. Available: Intelligent Transportation Systems. Research Products for Publics Works Professionals, 2000. [Último acceso: 15 12 2015].
- [31] Lind, Estadística aplicada a los negocios y la economía.
- [32] DMT-Cuenca, 2015.
- [33] Ministerio de relaciones exteriores, «Consulado del Ecuador,» [En línea]. Available: <http://www.embassyecuador.eu/site/images/descargas/uso-masivo-bicicleta-buen-vivir.pdf>. [Último acceso: 21 3 2016].
- [34] [En línea]. Available: <http://turismo.perfil.com/18511-ciudades-bicicleteras/>. [Último acceso: 29 3 2016].
- [35] F. Minchala, «El Tiempo,» 3 1 2015. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/155354-uso-de-veha-culo-particular-crece-de-forma-constante/>. [Último acceso: 7 10 2015].
- [36] D. Cáceres, «EL TIEMPO,» 16 05 2012. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/96849-capacidad-de-autos-es-subutilizada-en-cuenca/V>. [Último acceso: 7 10 2015].
- [37] Espasa-Calpe, «Wordreference,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.wordreference.com/definicion/bicicleta>. [Último acceso: 7 10 2015].
- [38] «La movilidad en bicicleta como política pública,» *Ciclociudades*, vol. I, nº I, p. 89, 2011.

9. Anexos

Anexo A

Intervalo de confianza, c						
gl	80%	90%	95%	98%	99%	99.9%
	Nivel de significancia de una prueba de una cola, α					
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
gl	Nivel de significancia de una prueba de dos colas, α					
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.599
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.768
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
31	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.633
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.622
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.611
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.601
35	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.591