



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSTGRADO

**“PROPUESTA DE GESTIÓN VIAL PARA REDUCIR LA
CONGESTIÓN VEHICULAR Y SU IMPACTO SOCIAL EN LA
INTERSECCIÓN DE LA AV. AREQUIPA CON LA AV.
ARAMBURÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA DE TRANSPORTES**

AUTOR:

SALVADOR JESUS PALOMINO ALTEZ

ASESOR:

DR. ENRIQUE PEREYRA ZELADA

JURADO:

DR. SANTIAGO ESTEBAN CONTRERAS ARANDA

DR. JORGE VÍCTOR MAYHUASCA GUERRA

DR. LUIS SOTO SOTO

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por ser ellos la fuerza fundamental en todo lo que soy, en mi educación, tanto académica, como de la vida, por su apoyo incondicional en todo a través del tiempo.

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo principal el de mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, a fin de mitigar el impacto social (Perdidas horas/hombre, Accidentes, Contaminación ambiental) que vienen generados los conflictos operacionales. De acuerdo al diagnóstico desarrollado en campo, se observó que los principales conflictos operacionales son generados debido a los giros a la izquierda, los vehículos para hacer este movimiento se almacenan dentro de la intersección (Altura del separador central de la Av. Arequipa), lo cual bloquea el paso de los ciclistas y peatones que transitan por la ciclovía de la Av. Arequipa; asimismo, se observó que otro de los factores que generan conflictos operacionales es debido al inadecuado diseño de la geometría vial, lo cual impide un encausamiento adecuado del flujo de vehículos generando la formación de colas dentro de la intersección, ello reduce la capacidad vial de la intersección y a su vez incrementa la probabilidad que se generen accidentes de tránsito. Para mitigar los conflictos operacionales la Municipalidad Metropolitana de Lima tiene proyectado la construcción de un bypass; sin embargo, esta propuesta cuenta con el rechazo de los alcaldes de las municipalidades de San Isidro y Miraflores, además por los residentes de estos distritos; quienes alegan que esta propuesta vial no es integral y generaría mayores impactos operacionales de los existentes, a fin de conocer el grado de aceptación por los usuarios de la propuesta del bypass se realizó encuestas de preferencia declarada cuyos resultados arrojaron que más del 98% está en desacuerdo de dicho proyecto. En razón a ello, a través de la presente investigación considerando los resultados del diagnóstico desarrollado en campo y a las lecciones aprendidas de las políticas públicas de gestión vial de la movilidad de países desarrollados se formuló una solución vial integral, el cual comprende la restricción de giros a la izquierda y para mitigarlos se propuso establecer giros indirectos a la izquierda, rediseño de la intersección, construcción de una ciclovía en la Av. Aramburu y la implementación de aparcaderos de bicicletas sobre la Av. Arequipa, los cuales facilitarían el desplazamiento y la intermodalidad entre bicicletas con el corredor azul y con el Metropolitano que circulan por la Av. Arequipa y la Av. Paseo de la República respectivamente; ello a fin de articular como un sistema e incentivar la intermodalidad, lo cual conllevará a disminuir el impacto social.

Palabras claves: Movilidad, Impacto Social, congestión vehicular, bicicletas

ABSTRACT

La presente investigación tiene por objetivo principal el objetivo de mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, un fin de mitigar el impacto social, que vienen generado por los conflictos operacionales. De acuerdo al diagnóstico desarrollado en el campo, los principales conflictos operacionales fueron generados por los giros a la izquierda, los vehículos para hacer este movimiento se almacenaron en el interior de la intersección (altura del separador central de la Av. Arequipa), lo cual bloquea el paso de los ciclistas y peatones que transitan por la ciclovia de la Av. Arequipa; Asimismo, se recomienda que los factores que generan conflictos operacionales se vean afectados por el diseño de la geometría vial, lo que impide la encapsulación adecuada del flujo de vehículos generando la formación de colas en el interior de la intersección. Intersección y aumento de la probabilidad de que se generen accidentes de tránsito. Para mitigar los conflictos operacionales la Municipalidad Metropolitana de Lima tiene proyectado la construcción de un bypass; sin embargo, esta cuenta con el rechazo de los alcaldes de las municipalidades de San Isidro y Miraflores, además de los residentes de estos distritos; Quién dijo que esta propuesta vial no es integral y genera la mayor cantidad de impactos posibles, el grado de aceptación por los usuarios de la propuesta del bypass se realizó encuestas de preferencia declarada en los resultados arrojaron que más del 98% está en desacuerdo de dicho proyecto. En razón a ello, a través de la herramienta de investigación avanzada los resultados del diagnóstico desarrollado en el campo y las lecciones aprendidas de las políticas públicas de gestión de la movilidad de países desarrollados se formuló una solución vial integral, el cual comprende la restricción de giros a la izquierda y para mitigarlos se propuso establecer giros indirectos a la izquierda, rediseño de la intersección, construcción de una ciclovia en la Av. Aramburu y la implementación de aparcaderos de bicicletas sobre la Av. Arequipa, los cuales facilitan el desplazamiento y la intermodalidad entre las bicicletas con el corredor azul y con el Metropolitano que circulan por la Av. Arequipa y la Av. Paseo de la República respectivamente; esto es una característica especial como un sistema e incentivar la intermodalidad, lo cual conllevará una disminución del impacto social.

Palabras claves: Movilidad, Impacto Social, congestión vehicular, bicicletas

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.1. Planteamiento del problema	11
1.2. Formulación del problema.....	12
1.2.1. Problema principal.....	12
1.2.2. Problemas secundarios.....	12
1.3. Justificación e importancia	12
1.3.1. Justificación	12
1.3.2. Importancia.....	13
1.4. Delimitación de la investigación	13
1.4.1. Delimitación Geográfica:.....	13
1.4.2. Delimitación Temporal:.....	13
1.5. Objetivos.....	13
1.5.1. Objetivo general.....	13
1.5.2. Objetivos específicos	13
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes Bibliográficos	14
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	14
2.2. Bases Teóricas	15
2.2.1. Diseño de intersecciones.....	15
2.2.2. Concepción de la red y su articulación a la red general e intermodalidad.....	20
2.2.3. Diseño integrado del espacio urbano	22
2.2.4. Consideraciones ambientales	22
2.2.5. Criterios para la elección del tipo de intersección	23
2.2.6. Datos necesarios para elegir el tipo de intersección	25
2.2.7. El vehículo privado frente a otros medios de transporte.....	26
2.2.8. La congestión y sus costos.....	32
2.2.9. El Transporte	40
2.2.10. Sistema actual de transportes y sus problemas.	42
2.2.11. Las externalidades.....	42
2.2.12. Limitaciones de las Políticas de Demanda.....	43
2.2.13. Sostenibilidad Ambiental.....	43
2.2.14. Medidas de Gestión de la Demanda.....	45
2.2.15. Medidas de Pricing	46
2.1. Definición de Términos	47

CAPITULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	50
3.1. Formulación de la hipótesis.....	50
3.1.1. Hipótesis General	50
3.1.2. Hipótesis Específica	50
3.2. Identificación y clasificación de las variables	50
3.2.1. Determinación de las Variables.....	50
3.2.2. Definición operacional de Variables	51
CAPITULO IV. METODOLOGÍA.....	52
4.1. Tipo y nivel de investigación	52
4.1.1. Tipo de Investigación	52
4.1.2. Nivel de Investigación	52
4.2. Descripción Metodológica	52
4.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	53
4.1.3. Técnicas: las principales técnicas empleadas en la investigación son:	53
4.1.4. Instrumentos: los principales instrumentos que se aplicaron en las técnicas son:	53
4.4. Descripción de las técnicas e instrumentos	53
4.5. Desarrollo de la investigación	54
4.5.1. Introducción	54
4.5.2. Ámbito en estudio	55
4.5.3. Diagnóstico integral de las condiciones de circulación vehicular del ámbito en evaluación.....	56
a) Características físicas de la infraestructura vial	56
b) Condiciones de tránsito	57
c) Análisis de las externalidades del tráfico vehicular	69
4.5.4. Propuesta de solución vial integral.....	73
CAPITULO V. RESULTADOS.....	81
CAPITULO VI. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y VERIFICACIÓN DE VARIABLES	83
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	1

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 1. Velocidad urbana de los distintos medios de transporte (MOLINA, 1980)	28
Grafico N° 2. Ocupación de suelo por medio de transporte (m ² /persona; MOLINA, 1980) ...	29
Grafico N° 3. Capacidad de una banda de circulación por medio de transporte.....	30
Grafico N° 4. Reparto modal y participación en la polución (Ciudad de Méjico; AMSLER, 1996)	31
Grafico N° 5. Costo de la congestión (\$ per cápita; SERVANT, 1996)	35
Grafico N° 6. Intersección con giros a la izquierda indirectos (Asa de jarro)	60
Grafico N° 7. Circuito opción 1: Después de la intersección con prohibición de giro a la izquierda.....	61
Grafico N° 8. Circuito opción 2: Empezando antes de la intersección con prohibición de giro a la izquierda.	62
Grafico N° 9. Señalización de giros a la izquierda indirectos.....	63
Grafico N° 10. Histograma de las encuestas de preferencia declarada.....	73
Grafico N° 11. Propuesta para giros a la izquierda indirectos	75
Grafico N° 12. Rediseño de los 3 carriles de la Av. Aramburu, sentido este oeste	76
Grafico N° 13. Propuesta de isleta canalizadora y ciclovía	76
Grafico N° 14. Extensión del separador central de la Av. Arequipa	77
Grafico N° 15. Aparcadero de bicicletas propuesto para facilitar la intermodalidad.....	77
Grafico N° 16. Propuestas para el mejoramiento funcional de la intersección de la Av. Arequipa, Aramburu y Av. Santa Cruz.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Ubicación del ámbito de estudio	55
Figura N° 2. Características físicas de la Av. Arequipa.....	56
Figura N° 3. Características físicas de la Av. Aramburu	56
Figura N° 4. Características físicas de la Av. Santa Cruz	57
Figura N° 5. Giros a la izquierda obstruyen la ciclovía de la Av. Arequipa.....	58
Figura N° 6. Giros a la izquierda obstruyen el flujo vehicular de la Av. Arequipa	58
Figura N° 7. Deficiencias de diseño vial.....	65
Figura N° 8. Vehículos que no logran pasar la luz verde obstruyen la circulación de ciclistas.....	65
Figura N° 9. Volúmenes vehiculares por movimiento y nivel de servicio.....	67
Figura N° 10. Longitud de cola de vehículos por acceso.....	68
Figura N° 11. Demoras promedio por vehículos en hora punta de la Mañana	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Variables de investigación.....	50
Tabla N° 2. Operacionalizacion de variables.....	51
Tabla N° 3. Volúmenes vehiculares y demoras por acceso en HP de la Mañana.....	66
Tabla N° 4. Niveles de servicio HCM 2000, para intersecciones controladas con semáforos.....	67
Tabla N° 5. Formato para encuestas de preferencia declarada	72
Tabla N° 6. Resultados de las encuestas de preferencia declarada	73

INTRODUCCIÓN

Las intersecciones viales ofrecen un potencial de investigación en diseño geométrico vial, sobre todo en una ciudad con tantas limitantes como Lima. Vivimos en una ciudad capital, con aproximadamente 10 millones de habitantes que diariamente se enfrentan a un problema como lo es la congestión vehicular; en los últimos años la demanda vial ha crecido por el aumento del número de vehículos privados, a la fecha se percibe que la oferta vial es bastante inferior a la demanda de transporte, esto ha traído como consecuencia, incrementos en tiempos de viaje, demoras, accidentes y problemas ambientales, bastante mayores que los considerados aceptables.

El objetivo principal del diseño de intersecciones es minimizar el número y gravedad de los choques potenciales, al tiempo que facilita el movimiento de las personas que pasan por la intersección. El diseño de intersecciones a nivel requiere una estricta conformidad con la práctica habitual, combinada con la experiencia y creatividad, para elegir y aplicar el tratamiento más adecuado que responda a las necesidades de cada movimiento del tránsito.

Los crecientes volúmenes de tránsito y la limitada capacidad de las intersecciones impulsan a buscar soluciones más eficientes que las intersecciones semaforizadas convencionales. Debido a las maniobras de giro a la izquierda a menudo se buscan intersecciones alternativas, las cuales implican el desplazamiento de dichos movimientos desde la intersección principal hacia intersecciones secundarias. Esta modificación aumenta la capacidad, reduce las demoras y tiempos de viaje. Varias se experimentaron en otros países, y recientemente se propusieron otras alternativas como, rotondas, giros en “U” en mediana, asas de jarro, y las de flujo continuo.

La presente investigación se centrará en la intersección a nivel de la avenida Arequipa con las avenidas Aramburú y Sta. Cruz donde se evaluará su diseño vial y las condiciones operacionales que vienen dificultando el tránsito vehicular y peatonal, a fin de proponer un Plan de Gestión Vial que mitigue tal problemática.

CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En los últimos años, especialmente desde principios de los años noventa, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial ha causado, particularmente en las ciudades en desarrollo, más congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales.

La congestión es un problema demasiado serio y contundente como para suponer que se puede mitigar con medidas particulares. Por el contrario, para mantenerla bajo control y asegurar un mínimo de sostenibilidad de los niveles de vida urbanos, urge un esfuerzo multidisciplinario que incluya el mejoramiento de los hábitos de conducción, la provisión de mejor infraestructura y medidas de gestión de tránsito (manejo de la oferta), así como de racionalización del uso de la vía pública (manejo de la demanda). En otras palabras, es necesario abordar el problema de manera integral y poner en práctica un conjunto de medidas factibles que signifiquen optimizar el sistema de transporte urbano.

En el caso específico de la ciudad de Lima, muchas de las principales arterias viales aquejan problemas de congestión vehicular en las horas de máxima demanda vehicular (horas punta), una de estas vías es la Av. Arequipa principalmente en la intersección con las avenidas Aramburú y Sta. Cruz, donde se viene generando conflictos operacionales y lo cual viene afectando la operación de los Buses del Corredor Azul que circulan por la Av. Arequipa, ello viene generando malestar y perdidas horas hombre a las miles de personas que diariamente viajan en dichos buses.

Con el propósito de mejorar la circulación vehicular de la Av. Arequipa en la intersección con la Av. Aramburú y evaluar su impacto social generado por la congestión, en la presente investigación se evalúan los factores que vienen generando tal problema, así como el impacto social (perdidas horas hombre, contaminación ambiental y accidentes), todo ello con el objeto de plantear medidas que agilicen la fluidez vehicular y mejoren la operación de los Buses del Corredor Azul.

1.2. Formulación del problema

Ante los elevados índices de congestión vehicular e impacto social (contaminación sonora, polución, segregación, intimidación, etc.) que se viene generando en la Av. Arequipa en la intersección con la Av. Aramburú y la Av. Sta. Cruz, con la presente investigación se plantea responder las siguientes interrogantes:

1.2.1. Problema principal

¿Cómo reducir el impacto social (contaminación sonora, polución, segregación, intimidación, etc.) que viene generando la congestión vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú?

1.2.2. Problemas secundarios

- ¿Qué factores vienen generando dificultades a la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú?
- ¿Qué medidas de gestión de tránsito se deben de tomar para mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú?
- ¿Qué medidas de diseño vial se deberían de realizar para mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú?

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación

Las pérdidas económicas (horas hombre) y los impactos a la atmosfera debido a la emisión de contaminantes atmosféricos generados por la congestión vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, viene afectando a los usuarios del corredor azul y a las personas que diariamente se desplazan por el entorno; razón por la cual es necesario que se evalúen y formulen medidas que busquen reducir tal congestión vehicular.

1.3.2. Importancia

Mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, a fin de reducir los tiempos de viajes e incrementar las velocidades de circulación y así reducir las pérdidas económicas y minimizar las emisiones de agentes contaminantes a la atmosfera.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Delimitación Geográfica:

La presente investigación se desarrolla sobre la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, en el límite distrital de San Isidro y Miraflores.

1.4.2. Delimitación Temporal:

La presente investigación se realizó en el periodo del año 2016, influido por el tipo de diseño no experimental, como una investigación transversal y algunos aspectos longitudinalmente o evolutivos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, a fin de mitigar el impacto social (externalidades del transporte) que viene generado la congestión vehicular.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar los factores que vienen generando congestión vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú
- Proponer medidas de gestión de tránsito que mejoren la operación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú
- Proponer medidas de diseño vial que faciliten la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Bibliográficos

2.1.1. Antecedentes internacionales

Loo y Chow (2006); el objetivo de una movilidad sostenible es garantizar que las decisiones en cuestiones ambientales, sociales y económicas tengan en cuenta que afectan la actividad del transporte. Al tomar una decisión relacionada con el transporte, se deben considerar estos tres elementos con el fin de facilitar una evaluación global de sus impactos.

Ian Thomson y Alberto Bull (2002); los conductores no son los únicos que sufren los efectos de la congestión. En efecto, la congestión agrava la condición ya deteriorada del transporte colectivo, de modo que también sus usuarios se ven afectados seriamente por ella, sin ser los causantes. Esta situación es fuente de inequidad social, pues el transporte público es empleado mayoritariamente por personas de menores recursos, que son usuarios cautivos.

Michael Replogle (2005); El crecimiento de tráfico es más rápido que el de la población y el empleo, pero expandir las vías no logra dar una solución de largo plazo porque induce más tráfico. La gestión de la demanda de transporte reconoce que la demanda de viajes no es algo dado, sino una función de políticas de transporte, inversiones y elecciones.

Ferguson (2006); la gestión de la demanda de tráfico es el arte de modificar lenta y gradualmente el comportamiento individual de los viajeros, en vez de estar expandiendo la capacidad vial cada vez que se observa o se espera un aumento en la congestión.

H. Dimitriou (1992); Usar los automóviles para viajes urbanos relativamente cortos es un uso sub-óptimo de la tecnología que exacerba los problemas urbanos.

Irwin y Bockstael (2007); El crecimiento cada vez mayor de las zonas urbanas, ocasiona un aumento de los costes de los servicios públicos. La dispersión de las viviendas y los puestos de trabajo, se traduce en un aumento de la congestión, del coste del transporte y del aumento de la emisión de contaminantes; eso sin contar con la fragmentación del territorio, la destrucción de hábitats naturales y los espacios abiertos en general.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Diseño de intersecciones

Por tratarse de sitios de potencial congestionamiento, las intersecciones deben ser cuidadosamente diseñadas. En general, en áreas urbanas el criterio dominante para tratar las intersecciones será aumentar su capacidad, ya que es normal que éstas alcancen el nivel de saturación en algunos períodos de operación. Este esfuerzo demanda involucrar aspectos físicos y operacionales, que deben ser abordados de manera simultánea.

a) Principios básicos de diseño

Al efectuar cualquier diseño, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios fundamentales (MIDEPLAN, 1998a):

- **Preferencia de los movimientos principales**

Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios, permitiendo la continuidad operacional de la vía de mayor jerarquía.

Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, generar restricciones de ancho, introducir curvas de radio pequeño e incluso eliminar totalmente movimientos muy poco importantes.

- **Reducción de áreas de conflicto**

Es usual que las grandes superficies pavimentadas operen como «tierra de nadie» y que los movimientos de peatones y vehículos sean por ello, desordenados.

Esto genera confusión en los conductores, lo que aumenta los accidentes y disminuye la capacidad de la intersección. Estas grandes áreas son características de las intersecciones oblicuas y una de las causas de que no sean recomendables.

- **Perpendicularidad de las trayectorias que convergen en la intersección**

Es deseable que las intersecciones ocurran en ángulo recto, ya que en ese caso las áreas de conflicto son mínimas.

Además, disminuyen la gravedad de los posibles accidentes y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores visualizar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás. Este principio es de menor interés en las intersecciones con semáforos.

- **Separación de puntos de conflicto**

Mediante una canalización adecuada de los movimientos deben separarse los puntos de conflicto en una intersección, con lo que los conductores no necesitan fijarse simultáneamente en varios vehículos.

En las intersecciones reguladas por semáforos puede convenir, en ciertos casos, concentrar algunos puntos de conflicto, ya que la separación en el tiempo sustituye a la separación en el espacio.

- **Separación de movimientos**

Cuando el flujo de un determinado movimiento es importante y siempre que sea posible, se le deberá dotar de una vía propia de sentido único, completándola con una vía de aceleración o desaceleración si fuera necesario.

Las isletas que se dispongan con este objeto, son además imprescindibles en muchos casos para la colocación de señales.

- **Control de velocidad**

También mediante la canalización puede controlarse la velocidad del tránsito que entra en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o estrechamientos que, además de reducir la velocidad, evitan adelantamientos en áreas de conflicto.

- **Control de los puntos de giro**

La canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando islas que los hagan materialmente imposibles o muy difíciles.

Las islas son superficies en el interior de la intersección, que se sustraen de la circulación vehicular mediante demarcación u obstáculos físicos.

La seguridad es mayor empleando islas elevadas, en comparación a la canalización materializada mediante marcas pintadas en el pavimento, siempre que los elementos elevados no reduzcan la capacidad o sean obstáculos peligrosos.

- **Creación de zonas protegidas**

Las islas proporcionan a los peatones y los vehículos espacios protegidos en las calzadas para esperar una oportunidad de paso.

Asimismo, pueden servir para que cuando un peatón o vehículo necesite cruzar varios carriles, puedan hacerlo en etapas sucesivas, sin necesidad de esperar a que simultáneamente se produzca en todos ellos la necesaria interrupción de tránsito. Ejemplo típico son las vías de giro a la izquierda situadas en las medianas.

- **Visibilidad**

La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención.

Debe asegurarse que un vehículo en la vía subordinada alcance a frenar antes de llegar al punto conflictivo, si otro vehículo aparece por la vía con preferencia. El siguiente acápite número 3 se refiere más en detalle a estos aspectos.

- **Sencillez y claridad**

Las intersecciones complicadas, que se prestan a que los conductores duden, no son convenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

b) Información requerida

La información que se requiere para el diseño de intersecciones se refiere en general a MIDEPLAN (1998a):

- **Tipo de vías que confluyen en la intersección, ya que el tratamiento debe ser adecuado a sus características funcionales:** clasificación, velocidad de diseño y preferencia de paso.
- **Topografía y edificaciones:** deben examinarse las restricciones existentes para la ampliación de la superficie. Es fundamental considerar los servicios (tuberías) del subsuelo.
- **Tránsito:** se deben conocer los volúmenes de cada movimiento a lo largo del día, para los efectos de determinar la capacidad del segmento vial correspondiente. Asimismo, debe conocerse el movimiento de vehículos pesados y elegir el vehículo tipo para el que se proyecta la intersección.

El análisis de los peatones que cruzan la intersección puede determinar alguna disposición especial para facilitarlos.

- **El número de accidentes:** puede justificar el acondicionamiento específico. Es importante conocer la forma en que se producen los accidentes y los motivos que los determinan.

c) Principios generales de composición y diseño

La satisfacción de las funciones que cumple la red vial deberá hacerse de acuerdo con los siguientes principios:

- Principio de eficiencia

La composición y diseño de la red deberá garantizar el cumplimiento de sus funciones con la máxima eficiencia.

- Principio de seguridad

La red deberá garantizar la seguridad de todos sus usuarios mediante una adecuada articulación de sus elementos entre sí y con el entorno. Para garantizar la presencia segura en la red de los diversos usuarios de la misma, la velocidad e intensidad de circulación rodada deberá mantenerse en niveles compatibles con el resto de actividades previstas y el diseño general del entorno propiciará ambientes que dificulten la aparición de comportamientos que atenten a la seguridad ciudadana.

- Principio de la calidad ambiental

No se considerará que un plan o proyecto de red vial resuelve eficazmente sus funciones, si no garantiza unos niveles de calidad ambiental adecuados a las mismas. En la valoración de la calidad ambiental, se considerará especialmente el ruido, la emisión de contaminantes, la posibilidad de uso por los niños y las condiciones estéticas.

- Principio de economía

La minimización de los costos de construcción y mantenimiento, así como la garantía del cumplimiento de los compromisos económicos que deban establecerse al respecto, será uno de los principios básicos de composición y diseño de la red. El ajuste de la longitud y superficie de la red a las necesidades concretas, evitando su sobredimensionamiento, constituiría la plasmación más elemental de este principio.

- Principio de accesibilidad urbana

La composición y diseño de nuevas vías urbanas o la remodelación de las ya existentes contemplará la correcta accesibilidad de todos los posibles usuarios de la vía pública, particularmente la de aquellos que padezcan algún tipo de discapacidad, eliminando barreras e incorporando texturas y cuantas medidas se consideren necesarias.

2.2.2. Concepción de la red y su articulación a la red general e intermodalidad

En el planeamiento y proyecto de elementos o partes de la red viaria deberán resolverse, simultáneamente, las exigencias que derivan de su entorno inmediato y aquellas que provienen de su papel en las redes generales de transporte, tanto rodadas, como peatonales.

En el diseño de la red vial, en principio, no debe concederse prioridad a ningún modo de transporte, motorizado o no motorizado, individual o colectivo.

Todos los que puedan contribuir a la satisfacción de las funciones asociadas a cada tipo de vía deberán considerarse, siendo obligatorio proceder a evaluar la idoneidad de cada uno de ellos para cada caso concreto, en las primeras etapas de concepción de la red.

Con objeto de garantizar la consideración de la articulación a la red general y la integración intermodal y de prever sus posibles efectos sobre la congestión, todos los planes parciales, planes especiales y proyectos, deberán incluir un Estudio de Tránsito.

En cualquier caso, especial atención requerirá la articulación entre los diversos modos de transporte, estudiando y potenciando las posibilidades de conexión intermodal, su localización y diseño.

A este respecto, en la concepción y diseño de la red, deberán considerarse los itinerarios de rutas de servicio de autobuses existentes o a desarrollar,

estudiando la posibilidad de reservar carriles exclusivos y previendo la localización de dársenas y paradas, congruentemente con la localización de las actividades generadoras de desplazamientos.

En aquellos planes o proyectos que requieran la realización del Estudio de Tránsito será preceptivo analizar dentro del mismo la posibilidad de prolongación o nueva creación de líneas de colectivos, que incluyan el 80% del área en un radio de 300 metros, medidos desde las paradas.

El acondicionamiento de espacios de estacionamiento para vehículos privados y bicicletas en los puntos de acceso al transporte público, y a la red de autopistas, que permitan el intercambio de viajeros entre los vehículos particulares y los colectivos (ferrocarril, subterráneo, colectivos) o la formación de vehículos compartidos, mediante la agrupación de varios conductores en un solo vehículo.

En lo referente a la articulación con la red general de los elementos viales destinados a circulación:

- En los tramos de la red vial principal (autopistas, semiautopistas, multicarriles y primarias municipales) se debe evitar la introducción de perturbaciones en los itinerarios en los que se integra, dando continuidad a sus condiciones funcionales. Además se respetarán las exigencias del ambiente atravesado.
- En las redes locales se reducirá el número de intersecciones con la red principal y se adecuará su diseño para garantizar el mantenimiento de las condiciones funcionales de dicha redes. En lo referente a la red peatonal, la concepción de la misma tratará de dar continuidad a los itinerarios peatonales existentes y, en cualquier caso, garantizará la de los Itinerarios peatonales principales de su entorno, articulándolos a la red interna.

2.2.3. Diseño integrado del espacio urbano

La red vial o cualquiera de sus partes no debe diseñarse de forma aislada, sino integrada en una concepción de conjunto con el espacio urbano y el resto de los elementos que lo componen (edificios, espacios libres, etc.), en función de las distintas actividades que en ellos se realizan.

En particular, debe asegurarse la congruencia entre:

- La estructura y jerarquía de los elementos viales y la localización de las actividades generadoras de tránsito rodado y peatonal (equipamientos, comercio, centros de empleo, etc.).
- La morfología de la red, con los espacios privados que define, y las tipologías edificatorias previstas.
- Los ambientes de las distintas áreas de actividad y el tipo y características de los elementos viales que las atraviesan.
- El resultado formal de la vialidad y el de su entorno.

2.2.4. Consideraciones ambientales

- En la composición y diseño de la red viaria, *se deberán analizar las posibilidades y oportunidades que ofrece la topografía*, no solamente para abaratar costos de construcción, sino también, para mejorar la articulación paisajística de las calles, reducir impactos sonoros, facilitar la comprensión de la red, ofrecer puntos de vista, facilitar el saneamiento, etc.
- La *minimización de los impactos que el ruido ambiental producido por el tránsito motorizado* provoca en los ambientes urbanos exige su consideración desde las primeras fases de concepción de la red vial, ya que puede implicar el establecimiento de una jerarquía viaria acorde con los usos del suelo existentes o previstos en el entorno, el aprovechamiento de la topografía y barreras naturales, el empleo de medidas de templado de tránsito que disminuyan la intensidad y velocidad de los vehículos, la previsión de apantallamientos vegetales o artificiales en las vías de mayor capacidad, etc.

- En la composición y diseño de nuevas redes viales deberá tenerse en cuenta la conveniencia de *reducir al mínimo la alteración de las condiciones preexistentes de suelo, vegetación y paisaje*, dejando sin ocupar los suelos con especial valor ecológico, manteniendo la vegetación y los elementos del paisaje más característicos del área, evitando la interrupción de las conexiones naturales del suelo, utilizando pavimentos con suelos naturales, etc.
- En la disposición y orientación de la red, así como en el diseño de cada uno de sus elementos *deberán considerarse las características particulares del régimen climático* en orden a potenciar la creación de un microclima urbano más saludable.

2.2.5. Criterios para la elección del tipo de intersección

Los tipos básicos de intersección entre vías rodadas presentan, en general, las siguientes ventajas e inconvenientes:

Intersecciones convencionales a nivel

Ventajas:

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

Inconvenientes:

- Peligrosidad, que puede reducirse mediante canalización y señalización.

Ámbito recomendado de implantación.

- Cruces de vías de escaso tránsito, de la red secundaria o local, en áreas urbanas y, canalizadas, en áreas no urbanizables o rurales.

Intersecciones semaforizadas

Ventajas:

- Regulan con precisión las prioridades de paso en cada.
- No implican mayor ocupación de suelo.
- Permiten controlar la velocidad de los vehículos (ondas verdes).

Inconvenientes:

- Aumentan el costo de construcción y de mantenimiento.
- De no estar correctamente reguladas, pueden obligar a paradas innecesarias.
- Resultan complicadas para más de dos vías o si deben resolver los giros a la izquierda.

Ámbito recomendado de implantación:

- Intersecciones urbanas en vías de la red principal y, en menor medida, en las locales colectoras.

Intersecciones giratorias**Ventajas:**

- Resuelven todos los movimientos, incluido el cambio de sentido.
- Reducen la peligrosidad, al disminuir la velocidad y el ángulo de intersección de los vehículos.
- Son fáciles de comprender ("vista una, vistas todas").
- Permiten controlar la velocidad de los vehículos.

Inconvenientes:

- Aumentan los recorridos de los peatones y funcionan mal con presencia importante de estos.
- Son peligrosas para ciclistas, si no existe itinerario especial para ellos.
- Requieren mayor ocupación de suelo.

Ámbito recomendado de aplicación:

- Intersecciones de vías suburbanas y puntos de entrada áreas urbanas y urbanizaciones.
- Las minirotondas pueden ser adecuadas en vías locales colectoras.

Enlaces**Ventajas:**

- Pueden resolver todos los movimientos, incluso el cambio de sentido, sin solución de parada.
- Tienen gran capacidad para el tránsito rodado y mantienen el nivel de servicio de las vías confluyentes.
- Reducen el número y la peligrosidad de los accidentes.

Inconvenientes:

- Requieren una amplia ocupación de suelo.
- Tienen un alto costo constructivo.
- Pueden tener impactos estéticos importantes.
- Resuelven mal el paso de los peatones.

Ámbito recomendado de implantación:

- Enlaces totales, en la red de autopistas y semiautopistas en campo abierto.

Intersecciones parciales a distinto nivel**Ventajas:**

- Menor ocupación de suelo y costo de construcción que los enlaces.
- Permiten aplicar las ventajas de los enlaces a la vía principal y resolver algunos movimientos a nivel.

Inconvenientes:

- Menores prestaciones en capacidad y velocidad que los enlaces.
- Persiste la posibilidad del impacto estético.

Ámbito recomendado de aplicación:

- En vías de la red de autopistas y semiautopistas, en ámbitos urbanizados y en intersecciones especialmente conflictivas de la red principal. Pueden considerarse en vías con más de 20.000 vehículos de TMDA o 1.500 en hora pico.

2.2.6. Datos necesarios para elegir el tipo de intersección

El tipo de intersección se establecerá en función de:

- El carácter de los itinerarios confluyentes y tipo de intersecciones existentes o previstas en los mismos:
 - El nivel jerárquico de las vías.
 - La velocidad de proyecto y otras características funcionales del itinerario.
 - El número de vías confluyentes.
 - El papel de la intersección en el itinerario: continuación de una serie homogénea, principio o final de un itinerario, cambio de régimen de circulación o de entorno, etc.

- Los datos o estimaciones de tránsito:
 - Las intensidades de tránsito rodado en cada vía y su composición.
 - El porcentaje de giros y, en particular, el de los giros a la izquierda.
 - La intensidad del tránsito peatonal, y ciclista.
- Características del entorno y función urbana:
 - La disponibilidad de suelo.
 - La topografía.
 - La visibilidad.
 - Las características ambientales y la función urbana del entorno.
- En su caso, el presupuesto disponible.

2.2.7. El vehículo privado frente a otros medios de transporte

Nadie puede ignorar las ventajas que el vehículo particular ofrece como medio de transporte: confortabilidad, privacidad, versatilidad, uso a la carta, etc. Por no hablar de las connotaciones simbólicas que, a menudo, se asocian a su posesión. El vehículo privado es, en el primer y en el tercer mundo, un objeto deseado, ya sea para disponer de accesibilidad en la extendida ciudad dispersa, ya lo sea como medio de trabajo, como almacén, comercio o taller rodante, para aquellos que carecen de la posibilidad de contar con un local de trabajo.

Constituye una ingenuidad que a nada conduce, oponerse al uso abusivo del automóvil con el pretexto de sus escasas ventajas. Los continuos incrementos de los índices de motorización echan por tierra cualquier argumentación en este sentido.

Cierto que la dificultad de aparcamiento en amplias áreas urbanas reduce la eficacia “**puerta a puerta**” del automóvil, igualándole en ese aspecto a los transportes públicos. Ciertamente que la congestión circulatoria reduce la velocidad comercial de los automóviles privados a cifras ridículas, si se la compara con las prestaciones que pueden conseguir sus sofisticados motores.

Cierto que el ruido del tráfico y la contaminación ambiental, apenas si permite abrir sus ventanillas en las ciudades para disfrutar de los días primaverales. Ciertamente que una parte de la población en los países ricos y una gran mayoría en los pobres, no pueden acceder a su posesión.

Ciertamente que los costos de adquisición, seguros, mantenimiento y combustible, resultan cada día más gravosos para los propietarios, sobre todo en Europa, ante el continuo incremento de los precios del petróleo.

Ciertamente que los costos ambientales de su utilización comienzan a tintinear en las conciencias de muchos conductores.

Sin embargo, con todo y con ello, millones de conductores siguen dispuestos a utilizar sus automóviles, a diario, en nuestras congestionadas y contaminadas ciudades, para ir al trabajo, para viajes de ocio, etc., mientras los desposeídos sueñan con disfrutarlos en un futuro próximo.

Los propietarios, a pesar de lo elevado de su costo real, a pesar de su ineficacia en las ciudades congestionadas o de sus negativos efectos ambientales, mantienen una preferencia casi inmutable en su automóvil.

Se comprueba incluso, que aunque dispongan de un transporte público rápido, confortable y barato, muchas personas prefieren utilizar su vehículo privado (**CERTU, 1999**).

Ante este panorama, debe concluirse que, contemplado desde un punto de vista individual, el automóvil privado apenas tiene competidor entre el resto de los medios de transporte urbano, para la inmensa mayoría de la población.

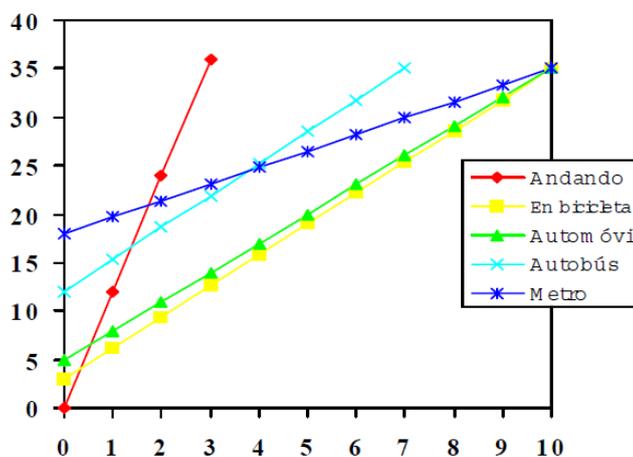
Sin embargo, desde un punto de vista social y funcional, el automóvil se demuestra como un medio de transporte de bajo rendimiento en unos aspectos y el más ineficaz en otros.

La velocidad

De acuerdo con las evaluaciones de la velocidad comercial de los distintos medios de transporte, realizadas en Londres y otras ciudades (MOLINA, 1980), el desplazamiento a pie presenta el mejor resultado en cuanto a velocidad, hasta los 300-500 metros de distancia, siendo el único que puede considerarse estrictamente “puerta a puerta”; la bicicleta parece ser el más eficaz en distancias de hasta 7 o 10 km, mientras el Metro toma el relevo de ésta, a partir de esa distancia, en la que, también el automóvil privado alcanza los buenos rendimientos de la bicicleta, pero sin llegar a los del metro.

Frente al Metro o al automóvil privado, el autobús resulta siempre desfavorecido por tener que sumar a sus detenciones en las paradas, la reducida velocidad comercial de la calzada, que comparte con los automóviles.

Grafico N° 1. Velocidad urbana de los distintos medios de transporte (MOLINA, 1980)



Con independencia de que estas distancias deban corregirse para cada situación concreta (las pendientes pueden influir sensiblemente la velocidad de la bicicleta e, incluso, en sus posibilidades de uso, de la misma manera que la ausencia de Metro confiere al automóvil la mejor velocidad en largas distancias), estos análisis muestran que, en muchos casos, el automóvil no es el medio de transporte más rápido en los desplazamientos urbanos.

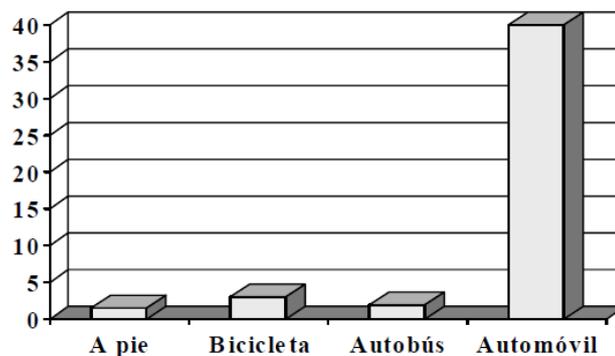
Espacio ocupado

Donde sí resulta claramente en última posición el automóvil privado es en cuanto a la ocupación de espacio urbano.

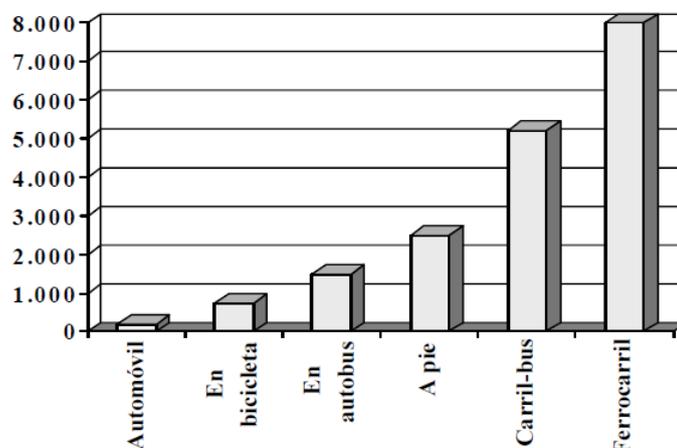
En efecto, calculado el espacio que teóricamente ocupa una persona que viaja en cualquiera de los medios de transporte de superficie, las que lo hacen en vehículo privado resultan ocupar hasta 15 veces lo que un ciclista y más de 20 veces lo que un pasajero de autobús o un peatón. (MOLINA, 1980).

Considerándolo desde otro punto de vista, la dedicación al tráfico de automóviles privados de la superficie de las ciudades constituye la peor de las soluciones de transporte posibles, ya que resulta ser el medio de transporte que menor capacidad ofrece por cada metro lineal de banda de calzada utilizada. (LACONTE, 1996)

Grafico N° 2. Ocupación de suelo por medio de transporte (m²/persona; MOLINA, 1980)



**Grafico N° 3. Capacidad de una banda de circulación por medio de transporte
(En personas/hora/metro de anchura; LACONTE, 1996)**



En efecto, como puede comprobarse en la figura adjunta, por cada banda de un metro de anchura y en las condiciones medias del tráfico en las ciudades europeas, apenas pueden pasar 200 personas a la hora si se desplazan en automóvil privado, cantidad que aumenta a más de 750, si lo hacen en bicicleta, supera los 1.500, si lo hacen en autobús, alcanza los 2.500, en desplazamiento a pie, logra superar los 5.000, si se trata de autobuses en carril reservado, y llega a los 8.000 en ferrocarril metropolitano.

Consumo de combustible

Si tenemos en cuenta la tasa media de ocupación de los vehículos privados y la de los autobuses, una persona que se desplaza en automóvil consume como media, del orden de 4 veces más energía, medida en kilogramos equivalentes de petróleo, que una que viaje en autobús. (ESTEVAN, 1994, 31).

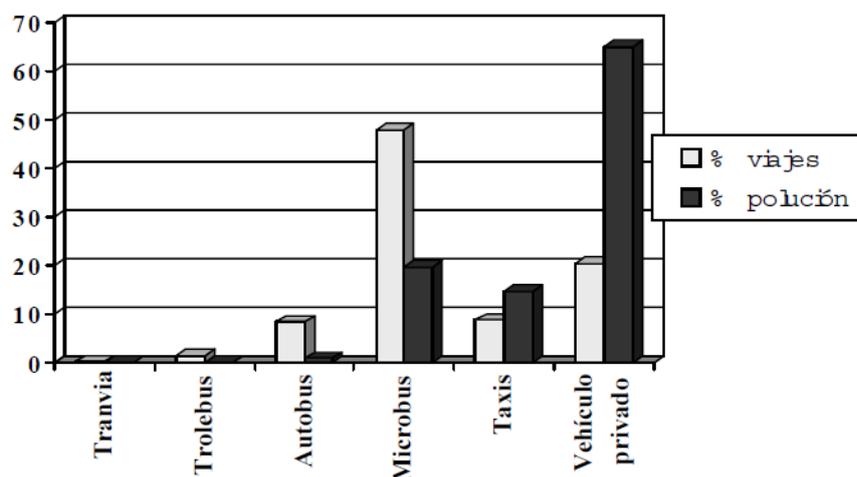
Con un consumo de energías no renovables, por persona y kilómetro, superior en 4 veces al del autobús y frente a medios de transporte como el ferrocarril o el metro, que no consumen energías no renovables o a medios de transporte como el desplazamiento a pie o en bicicleta que sólo consumen energías humanas, el vehículo privado se manifiesta socialmente como un medio energéticamente ruinoso, ante el progresivo agotamiento de las reservas globales del planeta.

Contribución a la contaminación

Si consideramos la similitud de los motores de los automóviles privados y de los autobuses en cuanto a su producción de contaminantes, la diferencia de consumos por persona y kilómetro entre ambos, hace del automóvil privado el vehículo con mayor efectos contaminante de los actualmente en uso en las ciudades. Tanto en CO₂, como en óxidos de nitrógeno (NO_x) o en anhídrido sulfuroso (SO₂), lo mismo en compuestos orgánicos volátiles (COV) que en polvo, el vehículo privado es el medio de transporte que mayores emisiones provoca por kilómetro y persona transportada.

Si se analiza, por ejemplo, los efectos contaminantes de los distintos medios de transporte, en una ciudad como Méjico, se observa que el automóvil privado y los taxis contribuyen mucho más a la contaminación, produciendo cerca del 80% del total, de lo que colaboran a la tarea del transporte, no alcanzando entre ambos el 30% de los desplazamientos (AMSLER, 1996).

Grafico N° 4. Reparto modal y participación en la polución (Ciudad de Méjico; AMSLER, 1996)



Además, la contaminación asociada a la circulación, entre la que los vehículos privados suponen la inmensa mayoría, no ha dejado de crecer en los últimos años en las regiones urbanas.

Como demuestran los datos de la región de Paris (Île de France), mientras el resto de sectores productivos han reducido las emisiones de todos los contaminantes incluido el polvo, debido a las medidas adoptadas, la circulación continúa incrementándolas, ante el crecimiento continuo de los índices de motorización y del uso del automóvil privado (**BOISAVY, 1996**).

En la mayoría de las ciudades, por otra parte, la circulación es responsable de un porcentaje de la contaminación atmosférica superior al 50%, es decir, superior a la que provocan el conjunto de las industrias y los hogares, alcanzando en muchas de ellas cifras muy superiores. Así, en Barcelona, la contribución de la circulación a la contaminación alcanza el 60%, en Paris, el 70%, en Ciudad de Méjico supera el 80%, llegando en Caracas al 90% (**SERVANT, 1996**).

El automóvil privado, que constituye el mayor contingente de vehículos en movimiento en las ciudades, es el responsable, por tanto, de una gran parte de la contaminación atmosférica, en muchos casos, en porcentajes superiores al 50% del total.

2.2.8. La congestión y sus costos

En las últimas décadas la congestión circulatoria se ha convertido en la principal amenaza para la calidad de vida en las ciudades. La demanda de movilidad en vehículo privado crece sin cesar, superando la capacidad viaria de los cascos urbanos y desbordando los programas de la Administración para ampliar la red suburbana de carreteras y autopistas.

La congestión, que comenzó afectando únicamente a las penetraciones radiales en las horas punta, se extiende ahora a toda la red arterial y termina penetrando en las redes locales, que los conductores utilizan como alternativa a las grandes vías.

Como consecuencia, amplios sectores urbanos se ven sometidos a altos niveles de contaminación ambiental y acústica., la calle se convierte en un espacio desagradable y peligroso para el peatón, se generalizan los retrasos en los desplazamientos, las ciudades pierden así competitividad, mientras el paisaje urbano se ve constantemente invadido por masas de vehículos en movimiento o estacionados (**FHWA, 1987**).

De hecho, cada día es más evidente la práctica imposibilidad de responder al crecimiento de la demanda de movilidad en vehículo privado mediante la construcción de nuevas infraestructuras o la ampliación de las ya existentes.

Los costos de adquisición del suelo necesario para las nuevas carreteras y autopistas o para la ampliación de las existentes están por lo general fuera del alcance de la Administración, sobre todo en las áreas metropolitanas, que es donde se concentra la mayor demanda.

Pero, con ser importantes, los problemas de financiación no son los únicos que limitan la capacidad de la Administración para seguir a la demanda.

El impacto ambiental de la construcción y funcionamiento de las infraestructuras de transporte (cambio de paisaje, ruido, contaminación, etc.) provoca el desarrollo de actitudes de rechazo y movimientos de oposición a todo proyecto que facilite la utilización del automóvil en áreas urbanas y, en particular, a toda nueva vía que atraviere áreas sensibles a sus impactos, ya sea por sus valores paisajísticos o ecológicos, ya sea por el hecho de estar habitadas.

Esta situación se generaliza cada día más, ya que, difícilmente puede pensarse en un proyecto de vía rápida o de gran capacidad en un ámbito metropolitano que no produzca modificaciones significativas en el paisaje o afecte con sus impactos a amplias áreas urbanas.

En definitiva, tanto por la enormidad del presupuesto que requieren, como por los costos políticos que implican, el aumento de la oferta de carreteras y

autopistas necesario para satisfacer el crecimiento de la demanda de movilidad en vehículo privado se ha convertido en un objetivo imposible de conseguir para la Administración en el entorno de las grandes ciudades.

La consecuencia del retraso de la oferta sobre la demanda de movilidad en vehículo privado es la congestión circulatoria. La insuficiencia de la capacidad de las redes viarias urbanas, ante la imposibilidad de adaptarlas a la demanda, provoca una reducción de la velocidad de circulación y un aumento en la duración de los viajes en vehículo privado.

Considerada como **“tiempo adicional utilizado en viajes, debido a la presencia de otros vehículos en la vía”**, la congestión caracteriza hoy a la mayor parte de las grandes ciudades y a muchas de mediano tamaño y constituye una de las mayores amenazas a la calidad de la vida urbana. Sin embargo, para algunos, la congestión no es un problema. Es, simplemente, una de las consecuencias de la prosperidad económica, con la que hay que acostumbrarse a convivir. Para otros, las consecuencias para una comunidad son mucho más serias. La congestión provoca en las áreas metropolitanas importantes costos ambientales y socio-económicos (ITE, 1989).

Costos socio-económicos

Las pérdidas de tiempo y retrasos de viajeros y mercancías, el estrés, el estancamiento o pérdida de valor de los inmuebles e, incluso, el decaimiento de la actividad económica en las áreas congestionadas, por disminución de su competitividad frente a otras, se cuentan entre los más importantes costos socioeconómicos de la congestión.

En efecto, los costos sociales resultan evidentes en las pérdidas de tiempo y retrasos que la congestión produce.

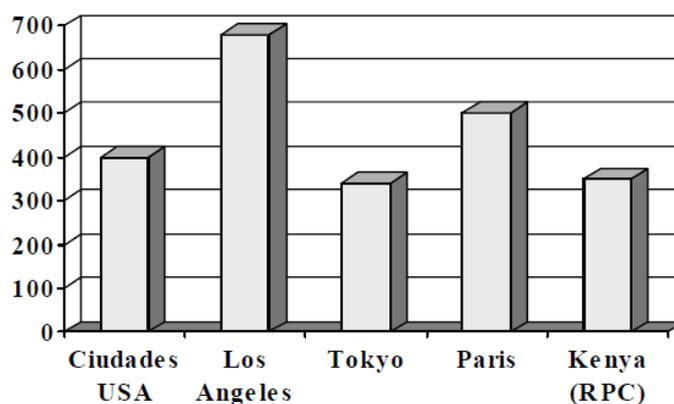
Así, en 1986, se estimaron en Norteamérica un total de más de mil doscientos millones de horas de vehículo en circulación perdidas por causa de la congestión (**LINDLEY 1986**).

Por su parte, sólo en Madrid, en 1992, se estimaron perdidas unas 250.000 horas diarias, de acuerdo con el mapa de tráfico que cada cuatro años elabora el Ayuntamiento (**EL PAÍS, 4/IX/94**), Estas horas perdidas suponen costos económicos nada despreciables, que pueden alcanzar los 75.000 millones de pesetas anuales (**POZUETA, 1995**), a los que habrían de añadirse sus secuelas de estrés, ansiedad, etc., que justifican plenamente prestar interés y destinar recursos al tema de la congestión.

En los países de la OCDE, el costo de la congestión, se estima representa en torno al 2% del producto interior bruto (**QUINET, 1994**). Otras valoraciones, situaban el costo anual de la congestión en las carreteras europeas en más de ocho billones de pesetas (**JOHNSTON, 1994**).

De acuerdo con datos de 1996 (**SERVANT, 1996**), el costo medio anual de la congestión en las ciudades norteamericanas sería de unos 400 \$ per cápita, cantidad que se eleva a 500 \$, para el caso de Paris, y que superaba los 650 \$, en el caso de la ciudad de Los Ángeles, cifras todas ellas superiores a la renta per cápita actual de numerosos países en vías de desarrollo.

Grafico N° 5. Costo de la congestión (\$ per cápita; SERVANT, 1996)



Los retrasos provocados por la congestión en el desplazamiento de las personas o las mercancías se transmiten en cadena a las actividades y procesos asociados a las mismas, lo que afecta sin duda a la eficacia de las empresas e instituciones y a las relaciones sociales. Generalizada en amplios ámbitos, la congestión afecta de forma general a la productividad y funcionamiento global de la economía urbana, reduciendo la competitividad de las empresas y el atractivo del área para la implantación de nuevas.

En la medida en que una parte de la economía de muchas ciudades se basa en el turismo urbano y la fidelidad de éste depende de la calidad ambiental y funcional, la congestión aparece, también, como uno de los principales obstáculos para el desarrollo de las potencialidades turísticas urbanas.

Conseguir una ciudad “**paseable**” es, probablemente, uno de los primeros objetivos de cualquier política que pretenda poner en valor los atractivos turísticos de una ciudad. Pero este objetivo resulta prácticamente imposible de alcanzar mientras la congestión circulatoria imponga sus negativos efectos funcionales, visuales, ambientales o acústicos.

La congestión afecta también al valor de los inmuebles, uno de los elementos claves en la valoración de la riqueza. Su incidencia en los valores inmobiliarios y en la actividad económica está plenamente demostrada en países como Estados Unidos, donde es uno de los factores que induce a las empresas privadas a participar activamente en los diversos programas de lucha contra la congestión (ITE, 1989).

En España, aunque no se conocen investigaciones específicas, la influencia de la congestión en los valores inmobiliarios parece previsible, si se tiene en cuenta la dependencia que, tanto de la accesibilidad, como de la calidad ambiental tienen la localización de actividades económicamente avanzadas.

Las disfunciones que provoca la congestión en la economía y actividades sociales pueden provocar una disminución de la productividad y la competitividad de las empresas localizadas en ciudades o áreas congestionadas, así como un deterioro de la imagen de dichas áreas y, consecuentemente, una reducción de su capacidad de atracción de inversiones.

En definitiva, la congestión puede producir un deterioro de la salud económica y social de las ciudades, afectando a su capacidad, tanto para atraer inversiones, sobre todo de empresas punta y de alta tecnología, como para atraer visitantes, cuestiones ambas de una gran importancia en la economía urbana.

No es probablemente exagerado el titular del diario El País de que "**Europa se la juega en los atascos de tráfico**": la presencia de una congestión circulatoria creciente, han hecho de éste un tema recurrente en los medios de comunicación y una preocupación esencial de la Unión Europea.

Costos ambientales

La congestión acentúa los impactos ambientales negativos de la circulación de automóviles, al aumentar la duración de los desplazamientos, para la misma cantidad de kilómetros recorridos, y exigir marchas cortas en el movimiento de los vehículos.

Más concretamente, la congestión aumenta el consumo de energías no renovables, la emisión de contaminantes, el ruido ambiental y la ocupación del espacio público urbano por vehículos.

Debe subrayarse, que los efectos ambientales de la congestión no se limitan a las grandes arterias metropolitanas o a los centros urbanos, en determinadas horas.

Progresivamente se extienden a áreas mucho más amplias, ya que los conductores buscan itinerarios alternativos a las vías y áreas congestionadas,

utilizando la red local e invadiendo zonas residenciales, si por ellas reducen los tiempos de viaje, que terminan, a su vez, congestionándose y se amplían a períodos diurnos e, incluso, nocturnos cada vez mayores.

Una gran parte de los costes ambientales del movimiento de vehículos derivan de la utilización de combustibles fósiles como energía motriz. El consumo de energía provocado por los desplazamientos en automóvil, considerado ya altísimo (**ESTEVAN 1994; WORLDWATCH INSTITUTE, 1994; GROUP TRANSPORT 2000 PLUS, 1990**), aumenta notablemente con la congestión circulatoria, debido a la mayor duración de los desplazamientos, que esta provoca, y al hecho de exigir marchas cortas y continuos arranques y detenciones en los motores, lo que implica su funcionamiento a mayores revoluciones. Ambas circunstancias aumentan notablemente el consumo de los automóviles en términos tanto absolutos (aumento del total de horas de funcionamiento), como relativos (aumento del consumo horario).

El aumento del consumo debido a la congestión circulatoria no es, por otra parte, una cuestión baladí. Estimaciones americanas calculan en más de cinco mil millones de litros el exceso de combustibles quemado por los automóviles, en 1984, por culpa de la congestión circulatoria (**LINDLEY 1986**).

Como consecuencia del mayor consumo provocado por la congestión, se incrementan las emisiones de anhídrido carbónico (CO₂) y de gases contaminantes, como los óxidos de Nitrógeno, el anhídrido sulfuroso (SO₂) y diversos compuestos orgánicos volátiles. Todos ellos con consecuencias ambientales notables: el CO₂, por su incidencia en la capa de ozono, el efecto invernadero y la lluvia ácida; el resto, por su incidencia directa en la calidad del aire en el entorno de la red viaria (áreas urbanas) y, a través de ella, en la salud de la población.

El aumento de la congestión y el incremento constante del número de vehículos en las áreas metropolitanas son, en gran medida, la causa de que el sector transporte sea el único, en el que sigue aumentando la emisión de contaminantes (**BOISSAVY, 1996**). Debe subrayarse que, de acuerdo con las estadísticas de la OCDE, la emisión de contaminantes por ejemplo en España procedentes de la circulación es, a pesar de su menor nivel de motorización, similar a la de los países europeos más desarrollados, que han puesto en marcha políticas de reducción de emisiones, y está experimentando un crecimiento de las emisiones superior a la media.

En cuanto al ruido, al igual que en el consumo de energía, la congestión incrementa doblemente los impactos negativos de la circulación. Por un lado, la mayor permanencia de vehículos en funcionamiento en la red viaria, alarga el tiempo en que la población está expuesta al ruido de tráfico. Por otra, al forzar bajas velocidades y arranques y frenazos continuos, eleva la intensidad de las emisiones de ruido. Todo ello contribuye a agudizar la contaminación sonora que, por ejemplo en España, alcanza niveles de los más elevados entre los países industrializados, con un 23% de la población nacional sometida a más de 65 dBA, límite máximo de tolerancia al ruido normalmente admitido (**SECRETARÍA GENERAL DE MEDIO AMBIENTE, 1990**), no superado por ningún país europeo (**OCDE, 1992**) y que aumenta notablemente en áreas urbanas, alcanzando al 65% de la población de Madrid, y al 52%, de la de Barcelona, de acuerdo con los mapas acústicos municipales (**ESTEVAN 1994**).

Finalmente, no debe desdeñarse el efecto que produce la congestión a través del aumento de la permanencia de los automóviles sobre la vía pública. Considerado un bien escaso en muchas de nuestras ciudades, debido a las altas densidades de edificación y a la escasez de suelo apto para urbanizar, el espacio público, normalmente estructurado en torno al viario, se ve progresivamente invadido por automóviles, que obstruyen la visión, aumentan la peligrosidad, producen sensación de agobio, obstaculizan el movimiento de los peatones y influyen negativamente en el paisaje y la estética urbana.

La lucha contra la congestión, en tanto que agente provocador de aumentos en el consumo de energía, en la emisión de contaminantes, en la generación de ruido, etc., es un objetivo que se inscribe perfectamente en las políticas de la mejora de la calidad ambiental, amparadas por numerosos convenios internacionales y acuerdos para la reducción de emisiones (Convenio sobre Cambio Climático, etc.). Y, en ese sentido, la puesta en práctica de políticas específicas de movilidad para reducir la congestión y promover medios de transporte que aprovechen más eficazmente las infraestructuras disponibles constituye una de las tareas más urgentes.

2.2.9. El Transporte

El transporte es un parámetro causal en relación con los usos del suelo. Los sistemas de transporte tradicionalmente han sido diseñados de modo que respondan a las demandas de viajes creadas por el desarrollo de una zona. En teoría, nuevas infraestructuras de transporte proporcionan ventajas de ubicación con respecto a otros sitios.

Sin embargo, estas ventajas pueden traducirse en impactos negativos: degradación del ambiente y congestión. La idea general de la relación transporte-usos del suelo, es que el nivel de movilidad (expresado en veh/km) pueda reducirse por medio de la ordenación del territorio y que pueda realizarse un cambio modal del vehículo a modos alternativos o al transporte público.

Cuanto más se provee oferta de transporte para satisfacer la demanda, más demanda es generada, lo que conduce a caer en el círculo vicioso del transporte (**van Wee, 2002**).

Así que un paso inicial para empezar a resolver estos problemas es usar el suelo de una manera coordinada y más eficiente, teniendo en cuenta el diseño urbano y el diseño de los sistemas de transporte.

El crecimiento cada vez mayor de las zonas urbanas, ocasiona un aumento de los costes de los servicios públicos. La dispersión de las viviendas y los puestos de trabajo, se traduce en un aumento de la congestión, del coste del transporte y del aumento de la emisión de contaminantes; eso sin contar con la fragmentación del territorio, la destrucción de hábitats naturales y los espacios abiertos en general (**Irwin y Bockstael, 2007**).

Enfocando el transporte hacia la sostenibilidad y teniendo en cuenta su relación continua y dinámica con el territorio, éste puede considerarse como un examinador del grado de sostenibilidad urbana alcanzada, teniendo en cuentas sus impactos positivos y negativos y la evolución de las externalidades.

Dentro de la planificación de los sistemas de transporte, la previsión de la demanda de transporte es un elemento crucial, ya que permite a los planificadores probar sus políticas y escenarios alternativos, proporcionando una base para comparar costes y beneficios de los escenarios probados (**Meyer y Miller, 2001**).

La mayoría de los organismos de planificación reconocen que la modelización de la demanda de viajes es un componente muy importante en la planificación urbana (**Hatzopoulou y Miller, 2009**).

Sin embargo, a pesar de la creciente importancia de los modelos, sigue existiendo un gran número de administraciones alrededor del mundo que no los utilizan o se basan en algunos ya obsoletos para apoyar la toma de decisiones (**Shepherd et al., 2006**).

Esto puede deberse a la falta de recursos, experiencia e información base para su desarrollo.

2.2.10. Sistema actual de transportes y sus problemas.

En el mundo actual, el transporte de personas y mercancías, parece ser un elemento imprescindible en la vida Económica y social en la mayoría de los países.

La parte del transporte motorizado por carretera, tanto de mercancías como de pasajeros crece de forma mucho más rápida que la del conjunto de sistema. Su alto consumo de espacio y de combustibles le convierte, sin embargo, en muy poco eficiente en términos energéticos, pudiendo hablarse ya de rendimientos decrecientes.

Los costos de la accidentabilidad (gastos médicos, pérdida de ingresos y Seguros) superan ya el gasto en combustible, y cada vez hay mayor evidencia de sus enormes **costos ambientales**. La cuestión es, por tanto, si se trata de buscar la forma de hacer circular cada vez más vehículos, cada vez más rápido, o si conviene buscar **otras políticas** o actuaciones que permitan reducir el número de vehículos, e incluso su velocidad.

2.2.11. Las externalidades.

Los problemas del actual modelo de transporte se manifiestan con más fuerza en **las áreas urbanizadas**, donde se concentra la mayoría de la población que se extienden sobre superficies muy grandes, y que son fuertemente dependientes de sus redes de transporte público y privado. El peso del **desplazamiento individual en automóvil** es creciente y totalmente desproporcionado, exigiendo enormes recursos para construir, mantener y supervisar las infraestructuras precisas, fundamentalmente las carreteras, calles y áreas de aparcamiento, que suelen **ocupar además un gran espacio**, que es restado a otros usos, con carácter muchas veces gratuito.

Una de las principales preocupaciones para los economistas, en materia de transportes, es el problema de la gran congestión del tráfico en horas punta, con la enorme pérdida de horas en los atascos, y el consiguiente despilfarro de recursos.

El problema es que los períodos considerados como de tráfico congestionado son cada vez más prolongados, habiéndose llegado al 63% para las grandes vías de las áreas metropolitanas. La consideración de los Costos de la Congestión, sin embargo, a veces la presenta como un estado anómalo del sistema, a rectificar con medidas correctoras, para restituir el flujo correcto de los vehículos.

2.2.12. Limitaciones de las Políticas de Demanda

La permanencia de amplias facilidades de utilización del automóvil, y el carácter voluntario de muchos de estos programas, han hecho que las actuaciones de Gestión de la Demanda no hayan obtenido mayores resultados que la contención momentánea del crecimiento del tráfico privado. A su favor está el bajo costo de implementación, que mantiene una satisfactoria relación coste-eficiencia, comparado con las políticas de oferta. La gran esperanza de los defensores de estas propuestas son los avances en el trabajo a domicilio, gracias a la telemática.

Los resultados de estas políticas tanto de Oferta como de Demanda son contradictorios, por cuanto al reducirse momentáneamente el número de vehículos en circulación, disminuye el grado de congestión. Se consigue así hacer más rápida y fiable la circulación en automóvil, y por lo tanto se está estimulando de nuevo el aumento del número de vehículos en circulación, con lo que paradójicamente se anulan los posibles resultados de las actuaciones.

2.2.13. Sostenibilidad Ambiental

El uso creciente de combustibles derivados del petróleo combinado con las actuales pautas de movilidad, está agravando la situación ambiental a nivel mundial. Esta situación hace referencia a la lluvia ácida, el calentamiento global, la pérdida de ozono y a la contaminación atmosférica y acústica, donde el sector del transporte tiene una alta cuota de responsabilidad en el tema (**Black, 1996**).

Esta situación puede revertirse, o por lo menos desacelerar su crecimiento teniendo en cuenta los siguientes objetivos (**May et al., 2001a**):

- Reducción del uso de recursos no renovables y aumento del uso de energías limpias.
- Reducción del consumo energético en el transporte y en las viviendas, para así contribuir a la disminución de emisiones de CO₂.
- Reducir las emisiones de contaminantes como son los NOX y el SO₂ (óxidos de nitrógeno y de azufre, respectivamente).
- Reducir los problemas de sanidad causados por el material particulado (PM₁₀).
- Proteger los lugares de patrimonio cultural, hábitats naturales, zonas verdes, tierras agrícolas y zonas recreativas.
- Detener o retrasar la dispersión urbana y la ocupación de suelo para usos de vivienda, comercio y transporte.
- Reducir los efectos de fragmentación por construcción de infraestructuras.
- Reducir las actividades con consecuencias medioambientales en áreas sensibles.
- Reducir la cantidad de población expuesta al ruido y contaminantes.

En resumen, el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, por una parte, se centra en preservar la capacidad de recuperación y la dinámica de los sistemas naturales para adaptarse al cambio.

Estos sistemas pueden definirse de tal manera que se pueda incluir toda la biósfera, incluyendo las ciudades. Un punto muy importante es mantener la viabilidad de los sistemas críticos del ecosistema mundial y proteger la biodiversidad (**Perrings, 1991**).

Por otra parte, está la conservación de la salud humana y las condiciones nocivas derivadas de la excesiva exposición al tráfico automotor.

2.2.14. Medidas de Gestión de la Demanda

Las medidas de gestión convencionales, como los sistemas inteligentes de transporte (ITS) y la prevención de accidentes, siempre deben tenerse en consideración. Dar **prioridad** al desarrollo del transporte público, mejorar los niveles de servicio e implementar carriles exclusivos y de alta ocupación, son medidas por medio de las cuales se puede mejorar la prestación de este servicio. Las restricciones sobre el **tráfico pesado**, pueden ser medidas a tener en cuenta dentro de las zonas más congestionadas. A medida que las ciudades luchan para reducir los crecientes efectos de la congestión, el interés en los niveles políticos y gerenciales va ganando espacio. A pesar de una larga historia de promoción de un amplio paquete de iniciativas de gestión de la demanda de viajes, muy pocas han tenido un impacto importante sobre los niveles de tráfico (**Hensher y Puckett, 2007**).

Según estos mismos autores, las medidas de gestión de la demanda se han convertido en soluciones poco efectivas, en ausencia de estrategias claras de pricing que promuevan el uso eficiente del sistema y que además sirvan de soporte económico para el apoyo de infraestructuras complementarias y servicios esenciales, como el transporte público. Así, aparte de las medidas tradicionales de gestión, como los sistemas de control de tráfico (UTC) y los sistemas inteligentes (ITS), se tienen instrumentos como los de calmar el tráfico, restricciones y regulaciones referentes al uso del coche, control de aparcamientos y los sistemas de car sharing o car pooling. En cuanto al transporte público, las medidas más comunes son los carriles-bus, la exención de giros prohibidos, la detección selectiva en semáforos y los sistemas de control de tráfico con prioridades.

Según (**May y Still, 2000**), al hacer esto se puede mejorar la eficiencia del sistema, la cual se traduce en un ahorro de tiempo de viaje de cerca de 25%. La segregación del tráfico normal, también mejora la seguridad. Otras medidas de gestión de transporte público, además de las mencionadas anteriormente, son los carriles de alta ocupación, prioridades para ciclistas y peatones y aparcamientos de bicicletas, entre otros.

2.2.15. Medidas de Pricing

Dentro de esta categoría, la implementación de peajes urbanos o interurbanos puede ser la medida más conocida.

Como generalmente los viajes tienen como destino el centro de una ciudad y son viajes de movilidad obligada, la cuestión de tarificación del transporte, cobro por aparcamientos y cobros por congestión, son particularmente relevantes. Por el lado del transporte público, se pueden explorar la diferenciación tarifaria y los cambios en los cobros a los usuarios.

En la actualidad, hay un creciente interés en el uso de medidas de pricing en el transporte, con el fin de resolver algunos de sus problemas. Generalmente, se utiliza una combinación de medidas que van desde la modificación de los precios del combustible, a peajes y tasas de aparcamiento (**Proost y Sen, 2006**).

En Europa, se han desarrollado gran variedad de proyectos relacionados con la eficiencia de este tipo de medidas (**de Palma et al., 2006**), de tal manera que algunas de las conclusiones relacionadas con este tema son (**Sikow-Magny, 2003**):

- Una medida eficiente de pricing pretende aumentar el coste del uso del coche en áreas urbanas congestionadas; así, el transporte público será más competitivo y necesitará de menos subvenciones. Como resultado de esta medida, habrá menos accidentes, menos tiempo perdido y mejorará la calidad ambiental, haciendo el sistema de transporte más eficiente y una sociedad mejor.
- Las medidas de pricing son efectivas para tratar de cambiar el comportamiento de las personas y los patrones de viaje. Estos cambios no tienen por qué ser dramáticos para que tengan algún efecto sobre el tráfico. Los usuarios del coche pueden cambiar con mayor facilidad su ruta, horario y destino, que cambiar su modo de transporte.

2.3. Definición de Términos

- **Acera:**
Parte de la vía urbana o de una obra de arte destinada exclusivamente al tránsito de peatones.
- **Bifurcación:**
División de una vía en ramales, uno de los cuales cuando menos se aparta de la dirección primitiva.
- **Calle:**
Vía urbana de tránsito público, que incluye toda zona entre linderos frontales de la propiedad.
- **Calzada:**
Zona destinada a la circulación de vehículos.
- **Carril:**
Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.
- **Cruce a desnivel:**
En que dos ejes de vía se atraviesan a diferentes niveles.
- **Dispositivos de control del tránsito:**
Dispositivos utilizados para el control del tránsito automotor (señales, marcas, semáforos).
- **Intersección:**
Caso en que dos o más ejes de vías se interceptan.
- **Pavimento:**
Superestructura de una vía, construida sobre la subrasante y compuesta normalmente por la sub-base, la base y la capa de rodadura, cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir los esfuerzos al terreno, distribuyéndolas en tal forma que no produzcan deformaciones perjudiciales, así como proveer una superficie lisa y resistente para los efectos del tránsito.
- **Tránsito (tráfico):**
Acción de desplazarse de personas, vehículos y animales por vías públicas.
- **Vehículo:**
Artefacto de libre operación que sirve para transportar personas o bienes.

- **Velocidad de operación:**
Velocidad media que se pueda desarrollar, sin sobrepasar la velocidad máxima permisible.
- **Marca de tránsito:**
Elemento señalizador colocado o pintado sobre el pavimento o en elementos adyacentes al mismo, consistente en líneas, dibujos, colores, palabras o símbolos.
- **Paso para peatones:**
Zona transversal al eje de un camino destinada al cruce de peatones mediante regulación de la prioridad de paso.

Definiciones relacionadas con los semáforos

- **Calle principal:**
Es el acceso o accesos de una calzada en una intersección que normalmente tiene el volumen mayor de tránsito.
- **Calle secundaria:**
Es el acceso o accesos de una calzada en una intersección que normalmente tiene volumen menor de tránsito.
- **Ciclo:**
El período de tiempo requerido para una secuencia completa de indicaciones del Semáforo.
- **Control:**
Mecanismo electrónico montado en un gabinete que controla la operación de un semáforo.
- **Fase:**
Una parte del ciclo asignado a un movimiento de tránsito que tenga el derecho de paso o a una combinación de movimientos de tránsito que tengan simultáneamente el derecho de paso durante uno o más intervalos.
- **Fase de despeje:**
Tiempo asignado a fin de que los vehículos puedan despejar la intersección una vez transcurrido el intervalo verde. Se usa la luz amarilla a continuación de la verde para este propósito.

- **Intervalo:**
Cualquiera de las distintas divisiones de un ciclo durante el cual las indicaciones de semáforo no cambian.
- **Lente:**
Aquella parte de la unidad óptica que dirige la luz de la lámpara y su reflector hacia el área deseada.
- **Secuencia de fase:**
Orden predeterminado en el que ocurren las fases de un ciclo.
- **Unidad óptica:**
Ensamblaje consistente de un lente, reflector, foco, porta lámpara y otros componentes, en caso de ser requerido, con las partes necesarias a ser usadas para proveer una indicación de Semáforo.

CAPITULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Formulación de la hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

A través de estrategias de gestión de tránsito y diseño vial se reducirá la congestión vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, lo cual a su vez reducirá el impacto social (externalidades del transporte) mejorando la calidad de vida de las personas y del entorno urbano.

3.1.2. Hipótesis Específica

Mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú mitigará el impacto social generado por los problemas de congestión y a su vez incentivará el uso de los Buses del Corredor Azul.

3.2. Identificación y clasificación de las variables

3.2.1. Determinación de las Variables

Las variables a medir en la presente investigación, “Propuesta de Gestión Vial para reducir la Congestión Vehicular y su Impacto Social en la Intersección de la Av. Arequipa con la Av. Aramburú”, son tres:

Tabla N° 1. Variables de investigación

Variables	Tipo
Gestión Vial	Independiente
Congestión vehicular	Dependiente
Impacto Social (externalidades del transporte)	Dependiente

3.2.2. Definición operacional de Variables

Se describen las actividades que se deben de realizar para medir las variables formuladas en la presente investigación:

Tabla N° 2. Operacionalización de variables

Variables	Operacionalita de Variables	Unidad de Medida
Congestión vehicular	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de viaje - Flujo vehicular - Densidad vehicular 	<ul style="list-style-type: none"> - Minutos - Veh/hr. - Veh/km
Impacto Social	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental - Perdidas horas hombre - Accidentes de Transito 	<ul style="list-style-type: none"> - Kg. CO2/km-Decibeles - Soles/día/mes/año - Número de Accidentes
Gestión Vial	<ul style="list-style-type: none"> - Estado de la Infraestructura 	<ul style="list-style-type: none"> - % de baches y fisuras

CAPITULO IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de Investigación

De acuerdo al propósito de la investigación, naturaleza de los problemas y objetivos formulados, la presente investigación reúne las condiciones suficientes para ser calificado como una investigación aplicada; en razón que para su desarrollo en la parte teórica conceptual se apoyará en conocimientos sobre Sostenibilidad Ambiental, externalidades del transporte, Medidas de Gestión de tránsito, diseño vial urbano, entre otros.

4.1.2. Nivel de Investigación

La presente investigación es una investigación “**descriptiva**” y “**explicativa**” de acuerdo a la finalidad de la misma.

- **Descriptiva.** Se describe un fenómeno o situación mediante el estudio del mismo en una circunstancia temporal y espacio determinado.
- **Explicativa.** Se busca las razones y causas que generan el problema.

4.2. Descripción Metodológica

Para realizar la presente investigación se decidió adoptar la siguiente metodología, que consta de cuatro etapas:

- a) Diagnóstico integral de las condiciones de circulación vehicular en la Intersección de la Av. Arequipa con la Av. Aramburú”. El diagnóstico incluye los siguientes componentes:
 - ❖ Uso de suelo en el entorno del área de estudio
 - ❖ Condiciones de la infraestructura vial existente
 - Sección vial normativa y de campo (Gráficos)
 - Análisis dela infraestructura vial
 - ❖ Condiciones de tránsito
 - Líneas de transporte público
 - Composición vehicular
 - Volumen vehicular
 - ❖ Parámetros de operación
 - Flujo de saturación
 - Estudio de demoras

- b) Evaluación de modos de transporte y su impacto vial.
 - ❖ Transporte de carga
 - ❖ Transporte público
 - ❖ Transporte privado

- c) Análisis de las externalidades del tráfico vehicular
 - ❖ Impacto socioeconómico (accidentes, perdidas Horas hombre, otros)
 - ❖ Impacto ambiental (contaminación sonora y atmosférica)

- d) Propuesta de diseño vial
 - ❖ Modelación de propuesta en SYNCHRO V7

4.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

4.1.3. Técnicas: las principales técnicas empleadas en la investigación son:

- Observación de campo
- Encuestas
- Revisión documental
- El internet

4.1.4. Instrumentos: los principales instrumentos que se aplicaron en las técnicas son:

- Fichas
- Grabaciones
- Fotografías
- Cuestionario de encuestas

4.4. Descripción de las técnicas e instrumentos

a) Recopilación de la información:

- Visita a instituciones (Municipalidad Metropolitana de Lima)
- Visitas a bibliotecas de universidades
- Internet.

b) Asesoría de Expertos:

- Metodologías y estrategias

c) Trabajo de campo:

- Diseño de formatos y planimetría (planos en AutoCAD)
- Toma de datos de campo (encuestas)

d) Procesamiento de la Información:

- Ordenamiento y reorganización de los datos
- Análisis
- Tabulación de resultados

4.5. Desarrollo de la investigación

“PROPUESTA DE GESTIÓN VIAL PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN VEHICULAR Y SU IMPACTO SOCIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. AREQUIPA CON LA AV. ARAMBURÚ”

4.5.1. Introducción

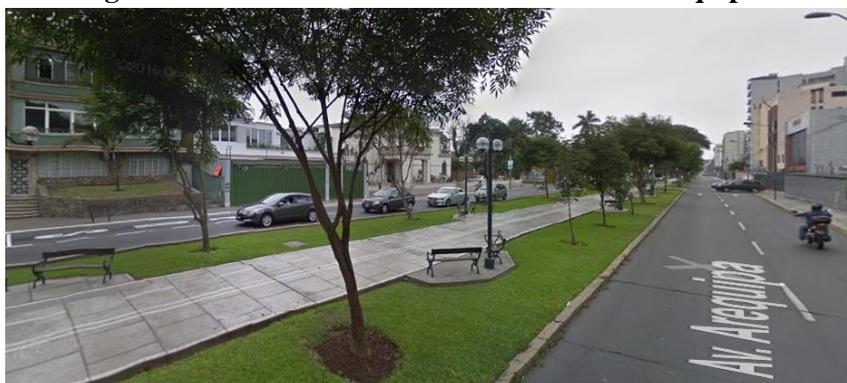
La congestión vehicular en la ciudad de Lima cada día viene afectando a las personas que desean movilizarse para el desarrollo de sus actividades cotidianas, ya sea por motivos de trabajo, estudios, ocio, o debido a cubrir otras necesidades; con el objetivo de reducir la congestión vehicular y a su vez sus efectos, la Municipalidad Metropolitana de Lima como entidad gestora de la movilidad de la ciudad en los últimos años viene construyendo obras de infraestructura vial tales como túneles, by pass e intercambios viales, para la intersección de la Av. Arequipa con la Av. Aramburú se proyecta la construcción de un By Pass, al respecto el Alcalde Manuel Velarde de la Municipalidad Distrital de San Isidro se pronunció a través de los medios de comunicación locales en relación a dicho proyecto. *“San Isidro le dice NO al bypass Arequipa – Aramburú. No al exterminio de por lo menos 150 árboles, a peatones impedidos de cruzar la calle, a la degradación urbana de la zona, a más ruidos molestos, contaminación ambiental, pérdida de valor de las viviendas y baja calidad de vida de los vecinos. creer que se resolverá la congestión vehicular construyendo más bypass en vez de promover un transporte público moderno, eficiente y económico, pensado en los 10 millones de habitantes que tiene Lima, de los cuales el 75% hacemos uso del transporte público u otros medios alternativos para trasladarnos a nuestros lugares de destino. Su visión de gestionar la ciudad es anacrónica e injusta. Los limeños merecemos una ciudad pensada en todos. San Isidro le dice NO a su bypass”*.

4.5.3. Diagnóstico integral de las condiciones de circulación vehicular del ámbito en evaluación.

a) Características físicas de la infraestructura vial

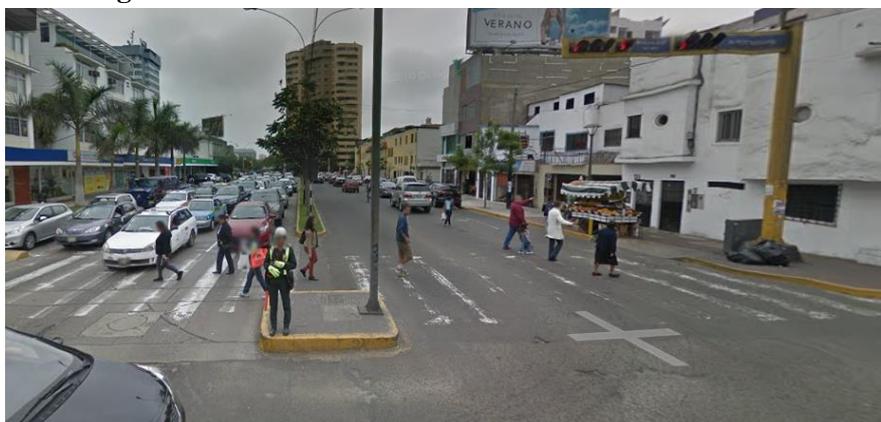
La Av. Arequipa es una vía de doble sentido de circulación de dos carriles por sentido, cuenta con una amplia ciclovía bidireccional en su separador central; por esta avenida circula el corredor azul, el cual transporta a diario aproximadamente 120, 000 viajes diarios de acuerdo a la información que maneja PROTRANSPORTE (entidad encargada de la operación del corredor azul).

Figura N° 2. Características físicas de la Av. Arequipa



Por otro lado, la Av. Aramburu es una vía de doble sentido de circulación con tres carriles por sentido; por esta avenida circulan en su mayoría vehículos privados.

Figura N° 3. Características físicas de la Av. Aramburu



La Av. Santa Cruz es una vía de doble sentido de circulación con dos carriles que ingresa a la intersección en evaluación y un carril de salida, por esta vía está restringida la circulación de camiones, solo circulan autos y taxis.

Figura N° 4. Características físicas de la Av. Santa Cruz



De acuerdo a la Ordenanza N° 341 que rige el Sistema Vial Metropolitano de la Ciudad de Lima, las avenidas Arequipa, Aramburu y la Av. Santa Cruz son vías de colectoras, las cuales se encuentran bajo la administración de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

b) Condiciones de tránsito

La intersección de las avenidas Arequipa, Aramburu y Santa Cruz en horas de mayor demanda vehicular presenta problemas de congestión vehicular la cual se manifiesta en externalidades del transporte tales como perdidas horas hombre, accidentes, contaminación ambiental, entre otros. De acuerdo al análisis de tránsito efectuado en campo se constató que los principales factores que generan estas externalidades son los siguientes:

Giros a la Izquierda

De acuerdo a las fases de la programación semafórica solo está permitido un giro a la izquierda; sin embargo, actualmente lo vienen haciendo todos los giros a la izquierda (4 giros), ello genera que estos vehículos se

almacenen en la parte central de la intersección obstruyendo el paso de los ciclistas y a su vez obstruyen uno de los carriles de la Av. Arequipa.

Figura N° 5. Giros a la izquierda obstruyen la ciclovía de la Av. Arequipa



Figura N° 6. Giros a la izquierda obstruyen el flujo vehicular de la Av. Arequipa



En relación a los giros a la izquierda, la **American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)**, sostiene que además de la cuestión de las medianas estrechas e insuficientes derecho de paso, muchas vías arteriales principales son incapaces de atender adecuadamente a la creciente demanda de viajes a lo largo de pasillos muy desarrolladas en muchas áreas urbanas y suburbanas.

La eficiencia de viaje de larga distancia se pierde como consecuencia de las paradas y retrasos a lo largo de estos corredores. Gran parte de la congestión y la reducción de la eficiencia de viajes es un resultado de la operación de intersecciones con semáforos de fases múltiples. Principales intersecciones en varios carriles arterial urbana y corredores arteriales principales suburbanos son con frecuencia el factor que limita la capacidad única para todo el corredor arterial.

Diseños de intersecciones convencionales son a veces insuficientes para hacer frente a todos los objetivos de diseño a una intersección. En consecuencia, se debe aplicar tratamientos innovadores y no convencionales. Diseño no convencional arterial intersección, la operación y las estrategias de gestión comparten varios principios, entre ellos:

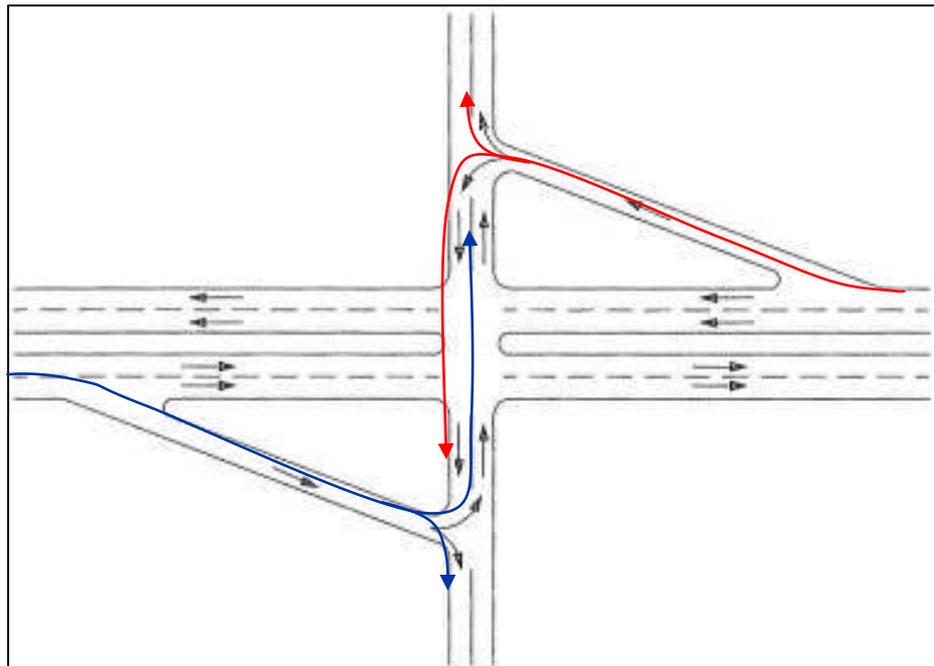
- Diseño y operaciones de atención a los movimientos a través de tránsito en el corredor arterial,
- Una reducción en el número de fases de señal (por ejemplo, fases flecha de giro izquierda) en las intersecciones principales cruz calle y el aumento de asignación de tiempo verde a arterial a través de los movimientos, y
- Una reducción en el número de puntos de conflicto de intersección y la separación de los puntos de conflicto que quedan.

El resultado de estas estrategias es dar una ruta indirecta para el movimiento de giro a la izquierda. Muchas estrategias se han identificado o se usa para mejorar la eficiencia de intersección con una estrategia indirecta giro-izquierda. Muchos de los conceptos que usan indirecta giro-izquierda y cruzar la calle a través de estrategias de movimiento para mejorar a través de la calle a través de la capacidad de movimiento fueron descritos y analizados. Las estrategias de diseño como son: asa de jarros, mediana giros en U, y las intersecciones de flujo continuo (desplazados carriles de giro-izquierda) son utilizadas para este tipo de intersecciones.

Intersecciones con calzadas asa-de-jarro o bucles

Asa de jarros son caminos de un solo sentido en dos cuadrantes de la intersección que permiten la eliminación de vuelta a la izquierda el tránsito de la corriente a través sin dar izquierda-carriles de giro. Todos los giros-derecha, izquierda y vueltas en U, se hacen en el lado derecho del camino. Los conductores que deseen a su vez dejaron salir del camino principal a la derecha y gire a la izquierda por el camino comarcal en una terminal separada de la intersección principal. Menos de derecho de vía es necesaria a lo largo del camino, ya no son necesarios los carriles de giro-izquierda. Sin embargo, se necesita más de paso a la derecha en la intersección para dar cabida a los asa de jarros. La Figura siguiente ilustra una intersección Asa de jarro con los caminos que conectan diagonales situadas antes de la intersección.

Grafico N° 6. Intersección con giros a la izquierda indirectos (Asa de jarro)



Para implementar el diseño Asa de jarro se debe de contar con disponibilidad de área para realizar la canalización de los giros a la Izquierda.

Intersecciones con orejas virtuales

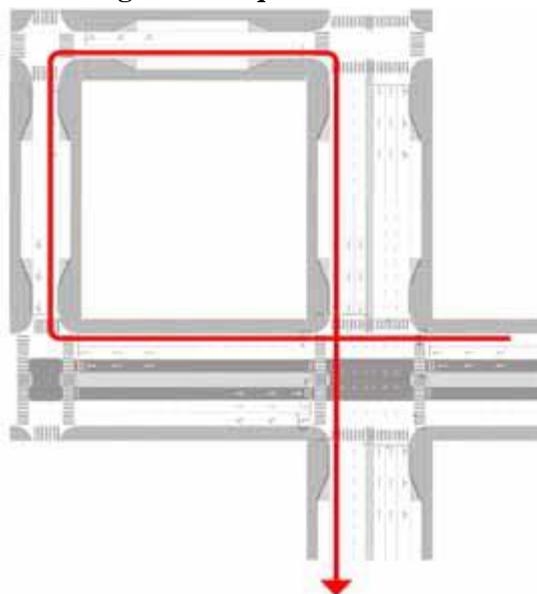
Los circuitos son comunes para prohibir giros a la izquierda en los corredores de autobuses de carril central. Esto ayuda a mejorar la seguridad al eliminar uno de los conflictos más importantes entre los autobuses y el tráfico general. Esto también aumenta la capacidad y velocidad en el corredor del autobús, al eliminar una fase del semáforo y permitiendo un mayor razón de tiempo de verde para buses (g / C).

Opción 1: después de la intersección

Esta es la solución preferida desde una perspectiva de la seguridad, ya que sustituye a un giro a la izquierda con tres giros a la derecha (las vueltas a la derecha son en general mucho menos problemáticas). Sin embargo, sólo se puede utilizar cuando se reúnen las siguientes condiciones:

- Las calles a lo largo del circuito son capaces de recibir el volumen adicional de tráfico sin generar problemas de seguridad o congestión.
- El circuito no es excesivamente largo. Si los bloques (cuadras) adyacentes a la intersección son mayores a 150 a 200 metros, el desvío involucrado por el circuito resulta demasiado largo y por lo cual algunos conductores tomarían riesgos para acortar su camino.

Grafico N° 7. Circuito opción 1: Después de la intersección con prohibición de giro a la izquierda.

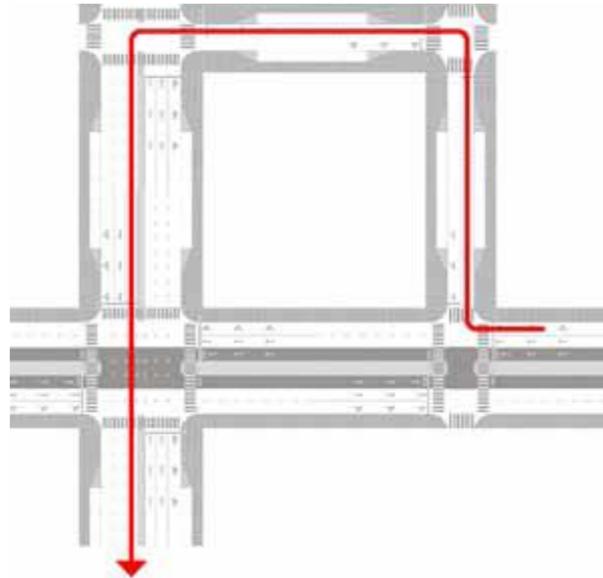


Opción 2: antes de la intersección

Esta opción sólo debe utilizarse cuando la anterior no es factible. Este tipo de circuito reemplaza un giro a la izquierda con un giro a la derecha y dos giros a la izquierda en una calle paralela.

Sin embargo, existe la posibilidad de que simplemente se traslade el riesgo desde el corredor de autobús a otra calle. Las mismas condiciones se aplican a la opción 1: las calles deben ser capaces de recibir el tráfico adicional y el circuito no debe ser excesivamente largo.

Grafico N° 8. Circuito opción 2: Empezando antes de la intersección con prohibición de giro a la izquierda.



Señales del circuito

Independientemente de si el circuito comienza antes o después de la intersección, las señales informativas deben colocarse en la aproximación a la intersección.

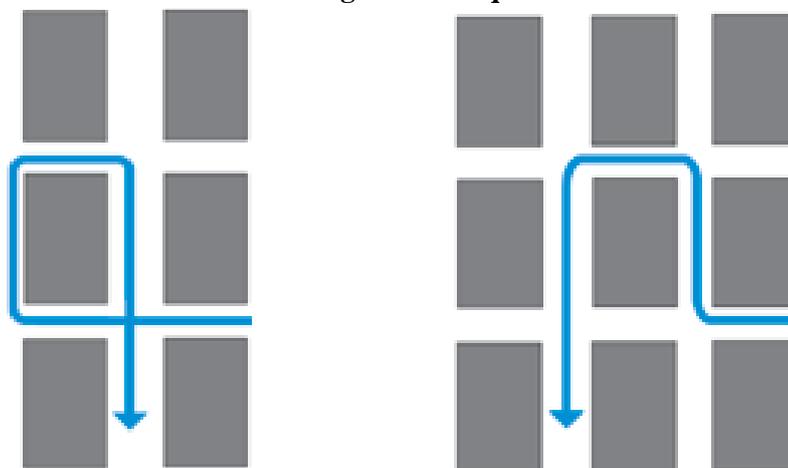
El diseño exacto y disposición de las señales debe seguir los estándares nacionales de diseño.

También se recomiendan los siguientes principios para la ubicación y diseño de señales de circuito:

Ubicación

- Las señales que anuncian el circuito siempre se deben ubicar antes de la intersección en donde los giros a la izquierda están prohibidos, independientemente de si el circuito comienza antes o después de la intersección.
- En vías anchas (más de tres carriles de tráfico mixto por sentido) se recomienda que la señal de circuito esté encima de los carriles en lugar de la acera. En forma alternativa puede ubicarse señales tanto en la acera como en la mediana central para asegurar buena visibilidad.

Gráfico N° 9. Señalización de giros a la izquierda indirectos



Diseño

- La señal debe ser lo más sencilla posible, incluyendo sólo la cantidad mínima de información necesaria para comprender la configuración del circuito.
- Debe ser suficientemente grande como para ser fácilmente observada y leída por un conductor que pasa con el máximo límite de velocidad.
- Se recomienda no marcar los nombres de calles en la señal. Únicamente marcar el nombre de la calle transversal para indicar el destino final del circuito.

Cada movimiento de giro a la izquierda adicional permitido en una intersección puede aumentar los accidentes en más del 30% (modelo de la Ciudad de México, $p < 0,001$). Mientras los giros a la izquierda son considerados generalmente como un riesgo para la seguridad vial en cualquier tipo de configuración de la calle, son particularmente peligrosos en los corredores de buses de carril central.

El tipo más común de accidente con los buses en los corredores de carril central se produce cuando los vehículos hacen giros ilegales a la izquierda desde los carriles mixtos y a través de los carriles de autobús, En la mayoría de los corredores de buses de carril central, los giros a la izquierda están prohibidos y son sustituidos con circuitos en la mayoría de las intersecciones.

Esto requiere un cuidadoso diseño del circuito para evitar simplemente desplazar el riesgo desde el corredor de autobús hasta una calle cercana. También se recomienda el uso de señales indicando tanto la prohibición de giro a la izquierda como el circuito de sustitución.

Por otra parte, los giros a la izquierda se pueden permitir en ciertas intersecciones, con una fase dedicada de giro a la izquierda.

Deficiencias en el diseño vial

Otro de los factores que vienen generando congestión vehicular en la intersección de las avenidas Arequipa, Aramburu y la Av. Santa Cruz es el diseño existente, en el caso específico de la Av. Aramburu, en el sentido este oeste tiene tres carriles, el flujo vehicular que circula por estos tres carriles se empalman a un solo carril de la Av. Santa Cruz, en razón a ello el área de la intersección actualmente se viene utilizando como una zona de transición de tres a un carril, debido a ello se generan un cuello de botella originando formación de colas dentro de la intersección ver Fig. N° 7.

La cola de vehículos formados dentro de la intersección no logra cruzar en el tiempo verde de la fase semafórica, por lo cual tienen que esperar la nueva fase de luz verde, ello bloquea la circulación de los ciclistas por la Av. Arequipa, quienes tienen la luz verde para avanzar, tal como se aprecia en la figura N° 8.

Figura N° 7. Deficiencias de diseño vial

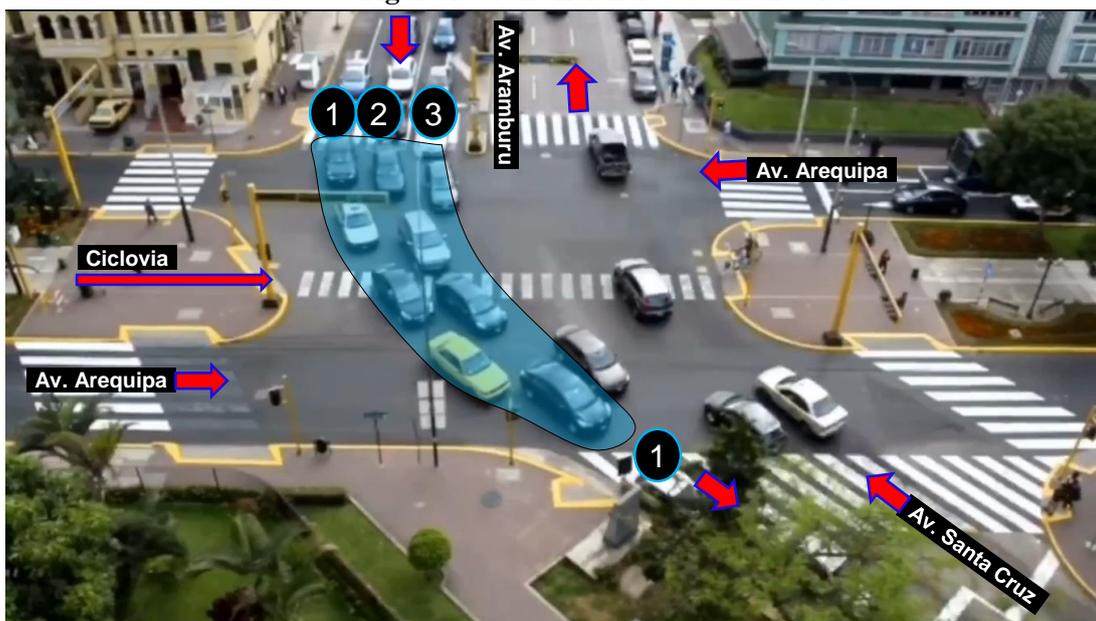
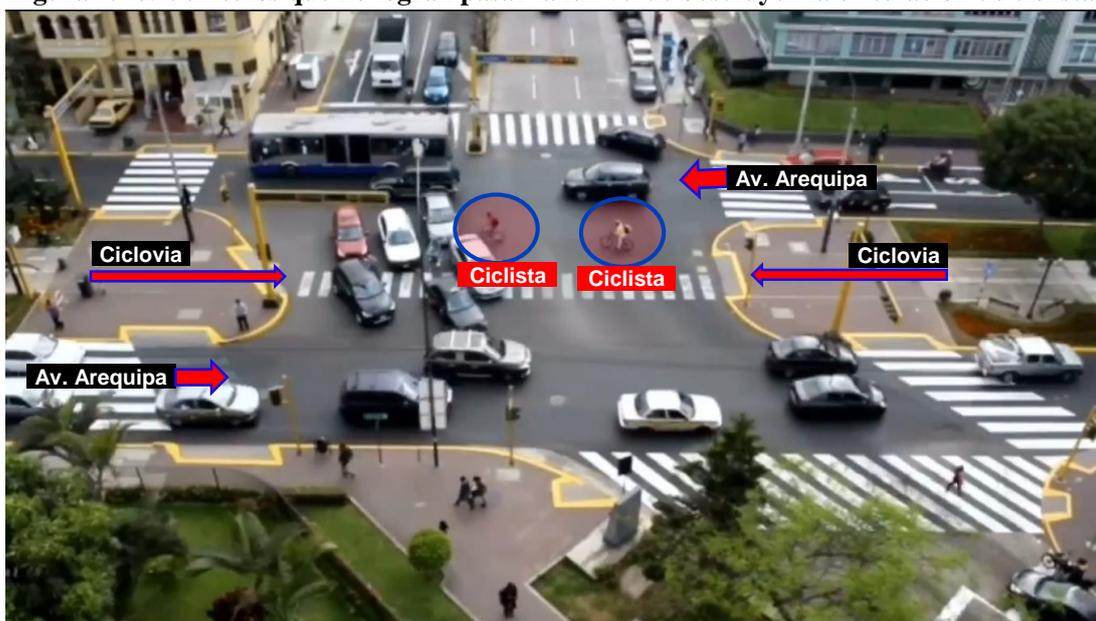


Figura N° 8. Vehículos que no logran pasar la luz verde obstruyen la circulación de ciclistas



Para determinar la hora punta (hora con mayor flujo vehicular) se realizaron conteos de tráfico los días 14, 15 y 17 de noviembre del año

2017 desde las 6:00 am hasta las 8:00 pm, donde se obtuvo que la hora de mayor demanda vehicular se desarrolla por la mañanas cuya hora punta es de 7:45 am a 8:45 am, se logró cuantificar que en esta hora circulan 3236 vehículos por la intersección en evaluación; asimismo se determinó las demoras por cada acceso de la intersección, cabe indicar que existen dos tipos de demoras, las asociadas a las luces rojas del semáforo y las asociadas a los conflictos operacionales inmersos de la intersección, estos últimos se determinaron en la indicada hora punta los cuales se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla N° 3. Volúmenes vehiculares y demoras por acceso en HP de la Mañana

Avenidas	Accesos	Buses	Autos y Taxis	Camiones	Demoras/hr
Arequipa	NS	165	675	15	7 min
	SN	160	550	12	6 min
Aramburu - Santa Cruz	EO	0	750	16	10 min
	OE	0	875	18	8 min
Total	–	325	2850	61	–
		3236			

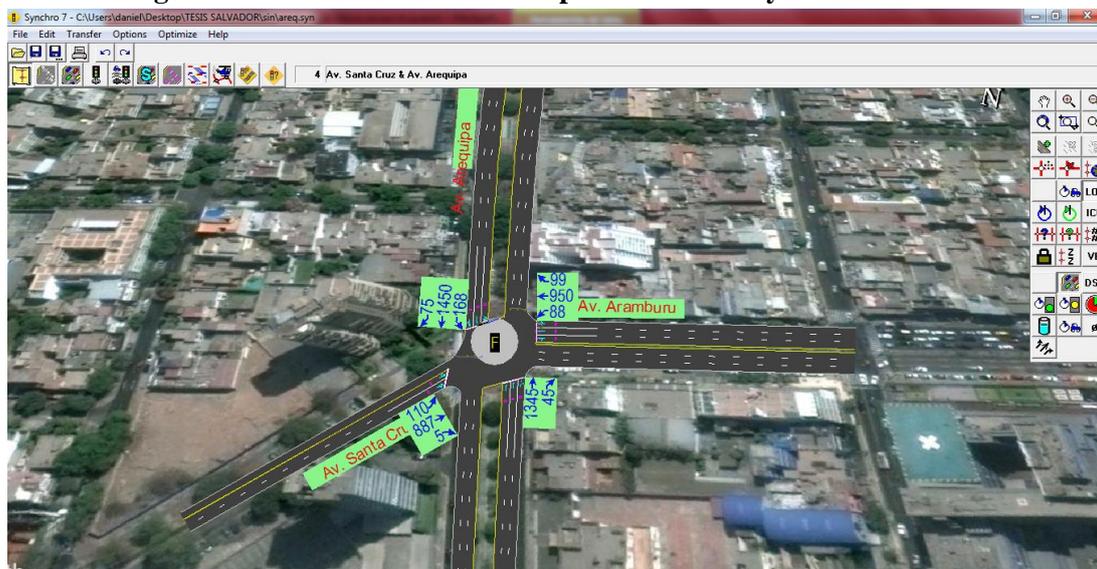
Del cuadro anterior, se observa que el acceso este oeste de la Av. Aramburu genera el mayor tiempo en demoras, ello debido a lo que anteriormente se describió, este acceso cuenta con tres carriles; sin embargo para acoplarse a la Av. Santa cruz solo tiene un carril.

A fin de obtener indicadores de tráfico en relación al comportamiento operacional de la intersección de las avenidas Arequipa, Aramburu y Santa Cruz, se modelo utilizan el software de microsimulación SYNCHRO versión 7, luego de la corrida el modelo arrojó como nivel de servicio de la intersección un nivel F (ver Fig. N° 9), el cual representa el techo crítico funcional de una intersección (Ver Tabla. N° 4).

Tabla N° 4. Niveles de servicio HCM 2000, para intersecciones controladas con semáforos.

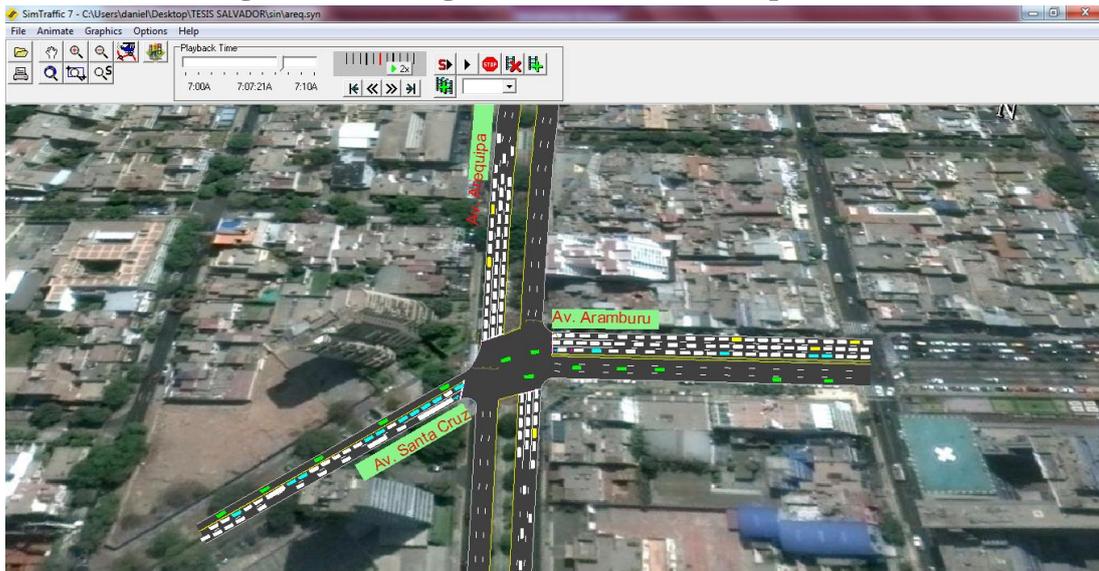
Nivel de servicio	Características de la operación	Demora (segundos)
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no se detienen.	≤ 10
B	Ocurre con una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.	$> 10 - 20$
C	Ocurre con una sincronía regular o ciclos largos; los ciclos individuales: empiezan a fallar	$> 20 - 35$
D	Un ciclo largo y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	$> 35 - 55$
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos frecuentes.	$> 55 - 80$
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son mayores de 1.00 pero con una sincronía muy eficiente y/o ciclos demasiados largos.	> 80

Fuente: Manual HCM- 2000, niveles de servicio.

Figura N° 9. Volúmenes vehiculos por movimiento y nivel de servicio

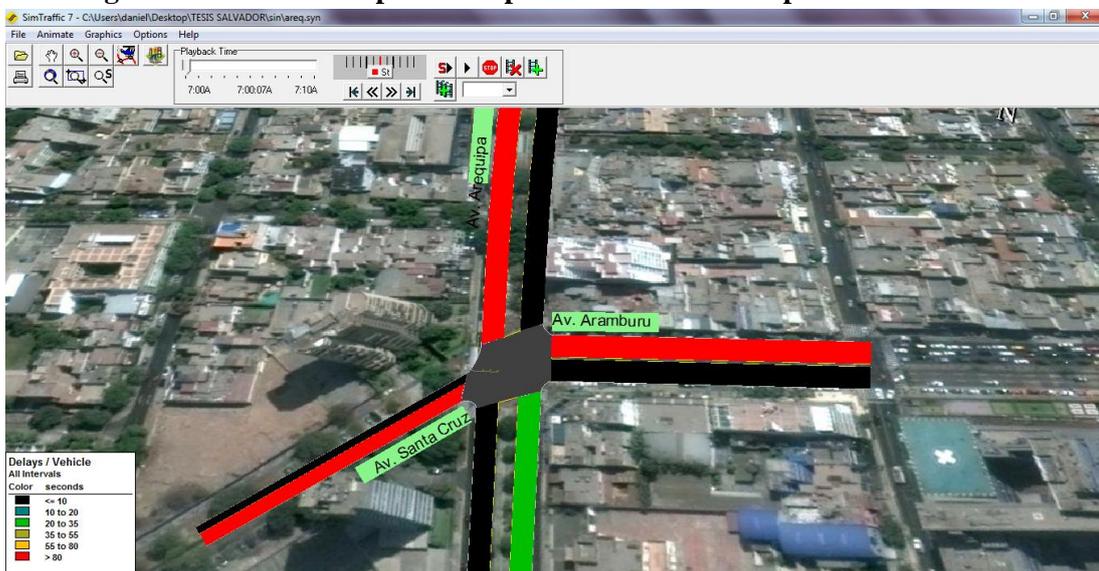
Asimismo, de la modelación se obtuvo que las colas de vehículos llegan a superar los 100 metros, generando demoras y pérdidas horas hombre, lo cual representa pérdidas económicas.

Figura N° 10. Longitud de cola de vehículos por acceso



Además se obtuvo de la modelación las demoras promedio por tiempo de ciclo, cuyos resultados arrojan que los accesos norte sur de la Av. Arequipa, este oeste de la Av. Aramburu y el acceso oeste este de la Av. Santa Cruz son los accesos más críticos, tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura N° 11. Demoras promedio por vehículos en hora punta de la Mañana



c) **Análisis de las externalidades del tráfico vehicular**

La problemática operacional de la intersección de las avenidas Arequipa, Aramburu y la Av. Santa Cruz, conlleva a la degradación de la calidad de vida urbana, debido a los impactos derivados del tráfico tales como:

- Congestión. Aumento del tiempo de viaje, formación de colas y detenciones involuntarias (perdidas horas hombre).
- Riesgo. Aumento del número y gravedad de accidentes de tránsito.
- Polución. Aumento de emisiones de contaminantes atmosféricos.
- Ruido. Aumento del nivel de ruido y vibraciones en calles y edificios.
- Intrusión visual. Disminución del campo visual por vehículos o infraestructuras.

De los impactos mencionados, la congestión ha sido tradicionalmente reconocida como el principal impacto derivado del aumento del tráfico. Pero, la aprensión se reduce a considerar el efecto sobre los vehículos. La congestión peatonal o al interior de vehículos de transporte público no se vislumbra como un problema para la ingeniería ni el urbanismo.

Posteriormente, frente al problema de contaminación atmosférica en las ciudades, se ha incorporado la polución del aire causada por fuentes móviles a la preocupación política. Últimamente, la alta tasa de accidentes de tránsito ha llevado a introducir también el riesgo como una de las preocupaciones de la ingeniería.

d) **Propuesta de intervención de la municipalidad de Lima**

Como propuesta de solución a los conflictos operacionales que se vienen generados en la intersección de las avenidas, Arequipa, Aramburu y la Av. Santa Cruz, La Municipalidad Metropolitana de Lima viene Gestando la propuesta de construcción de un Bypass; Sin embargo esta alternativa de infraestructura vial no es aceptada por los alcaldes de los distritos de San Isidro y Miraflores ni por los residentes del entorno, los cuales rechazan tal propuesta alegando que no es la mejor alternativa de solución vial, generaría mayores impactos puesto que no es una

propuesta integral, asimismo, con la implementación de esta propuesta se eliminarían al menos 200 árboles.

A través de RPP Noticias, la municipalidad de Miraflores expresó su disconformidad con el proyecto de construcción del paso a desnivel Arequipa-Aramburú, y propuso una mesa de trabajo entre los alcaldes involucrados para buscar, de manera conjunta, una verdadera solución al tráfico vehicular.

Asimismo, se señaló que el proyecto vial tiene una serie de deficiencias que claramente se habrían podido considerar y solucionar a través de una mesa de trabajo conjunta. En primer lugar se indica que se trata de un proyecto aislado, que no obedece a un plan integral de movilidad urbana, y que si bien propondría un supuesto alivio al tráfico en la intersección de Arequipa y Aramburú, trasladará este mismo problema a las cuadras adyacentes.

Por otro lado, la municipalidad de San Isidro a través de su portal web expreso su total rechazo al citado proyecto argumentando las siguientes razones:

- a) Porque atentan contra la calidad de vida de los vecinos, ya que generarán congestión vehicular, contaminación ambiental, ruidos molestos e inseguridad.
- b) Porque atentan contra el libre desplazamiento y seguridad de las personas, afectando la accesibilidad peatonal en los ejes mencionados, especialmente para los miembros más vulnerables de la sociedad.
- c) Porque los predios pierden valor económico debido al deterioro del espacio urbano. Las avenidas Arequipa y Salaverry son vías tradicionales con un alto valor urbanístico, natural y patrimonial. Esa

calidad urbana se perdería irreversiblemente de construirse los “bypasses” propuestos.

- d) Porque no son una solución a la congestión: en el corto plazo, los “bypasses” trasladan el problema a otras intersecciones cercanas, incluyendo aquellas que se encuentran en zonas primordialmente residenciales. En el mediano plazo, empeoran la congestión vehicular, y su capacidad se ve copada por el incremento en el tráfico. El bypass en la Av. 28 de Julio con la Av. Arequipa, construido recientemente por la gestión del alcalde Castañeda, se encuentra colapsado en hora punta: es un buen ejemplo de la ineficacia de estas propuestas.
- e) Porque implicarían la tala de más de 230 árboles en la Av. Salaverry y alrededor de 50 en la Av. Arequipa, muchos de ellos con más de 80 años de antigüedad.
- f) Porque afectarían de forma negativa la continuidad de las dos ciclovías más utilizadas de Lima, ubicadas en los mencionados ejes.
- g) Porque no resuelven el problema de fondo, que es la carencia de un sistema de transporte público integrado acorde con las necesidades de la capital. La mayor parte de la población de la ciudad utiliza el transporte público, mientras que tan solo el 15% de los viajes se hace en automóvil privado. Por ello, no se justificaría invertir en infraestructura extremadamente costosa para la ciudad y poco eficiente para la movilidad, cuando existen soluciones menos intrusivas y más económicas.
- h) Porque va en contra de las prácticas mundialmente reconocidas y aplicadas en materia de diseño y planificación urbana. En el marco de la Nueva Agenda Urbana, aprobada en la ciudad de Quito por las Naciones Unidas el 20 de octubre del presente año, se estipula que el

“acceso universal al transporte seguro, limpio y asequible para todos” debe ser un derecho, no un privilegio.

Finalmente, recomendó a la Municipalidad Metropolitana de Lima que priorice la calidad de vida de las personas, asegurando un sistema de transporte público digno y eficiente, así como espacios públicos accesibles, atractivos y amables. Solo así podremos hacer de nuestra capital una ciudad hermosa, sostenible y vivible para todos.

En ese sentido, con el objetivo de conocer el grado de aceptación de los usuarios (población), en relación a la propuesta de construcción de un Bypass en las intersecciones de las avenidas, Arequipa, Aramburu y la Av. Santa Cruz, se realizaron 500 encuestas de preferencia declarada¹, para ello se desarrolló el siguiente formato:

Tabla N° 5. Formato para encuestas de preferencia declarada

ENCUESTADOR: _____		_____	_____	_____
		_____	_____	_____
		_____	_____	_____
		_____	_____	_____
CONSTRUCCION DE UN BYPASS EN LA INTERSECCION DE LA AV. AREQUIPA CON LA AV. ARAMBURÚ				
1	Totalmente de Acuerdo	_____	_____	_____
2	De Acuerdo	_____	_____	_____
3	En Desacuerdo	_____	_____	_____
4	Totalmente en Desacuerdo	_____	_____	_____

Las encuestas se realizaron en un radio de 500 metros de la intersección de las avenidas Arequipa, Aramburu y a Av. Santa Cruz, consistió preguntar a los encuestados si estaban de acuerdo o no con la propuesta del Bypass, luego del procesamiento de las encuestas se obtuvieron los siguientes resultados:

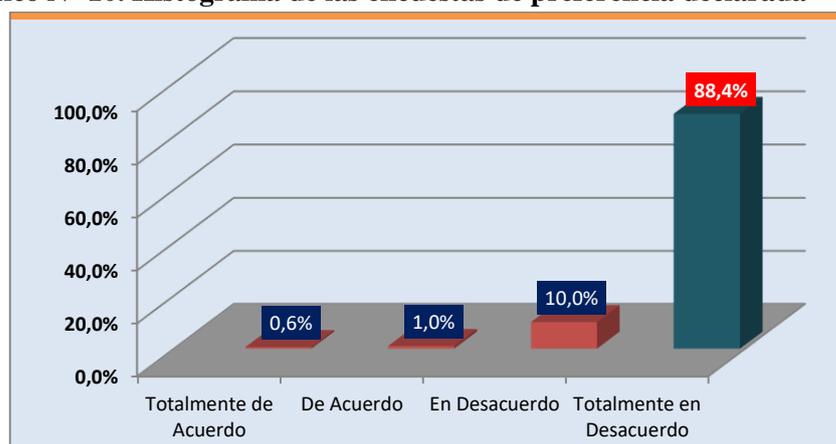
¹ Estas encuestas buscan conocer el grado de aceptación de un grupo de personas en relación a un proyecto específico

Tabla N° 6. Resultados de las encuestas de preferencia declarada

1	Totalmente de Acuerdo	3	0.6%
2	De Acuerdo	5	1%
3	En Desacuerdo	50	10%
4	Totalmente en Desacuerdo	442	88.4%
	Total	500	100%

98.4%

De los resultados se observa que el 98.4% está en desacuerdo de la propuesta de la municipalidad de Lima de construir un Bypass en las intersecciones de las avenidas, Arequipa, Aramburu y la Av. Santa Cruz, ello nos conlleva a buscar otras medias que solucionen la problemática existente y que se aborde de forma integral.

Grafico N° 10. Histograma de las encuestas de preferencia declarada

4.5.4. Propuesta de solución vial integral

Restricción de giros a la izquierda

De acuerdo a la evaluación operacional realizada a la intersección de las avenidas Arequipa, Aramburu, y la Av. Santa Cruz, donde se verificó que uno de los principales factores que generan congestión vehicular y conflictos operacionales son debido a la existencia de giros a la izquierda por ello se propone restringir estos giros y a fin que ello no genere impactos al dinamismo funcional del entorno se propone establecer giros a la izquierda indirectos en las intersecciones próximas.

Para el giro a la izquierda desde la Av. Arequipa sentido norte sur hacia la Av. Aramburu sentido oeste este se propone el siguiente recorrido (giro a la izquierda indirecto):

...Av. Arequipa, Jr. Santillana, Av. Petit Thouars, Av. Aramburu,...

Asimismo, para el giro a la izquierda desde la Av. Aramburu sentido este oeste hacia la Av. Arequipa sentido norte sur se propone el siguiente recorrido (giro a la izquierda indirecto):

... Av. Aramburu, Av. Petit Thouars, Jr. Florida, Av. Arequipa,...

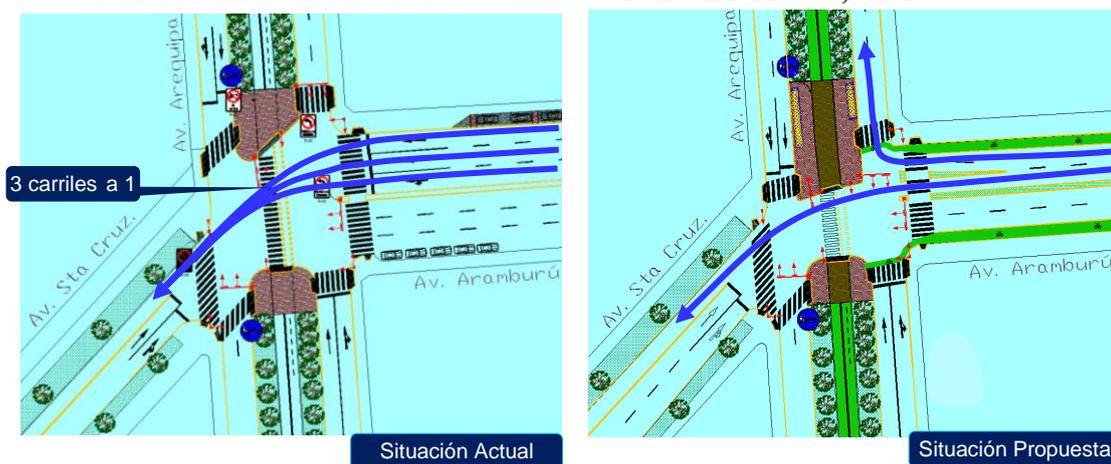
Grafico N° 11. Propuesta para giros a la izquierda indirectos



Rediseño de la geometría vial

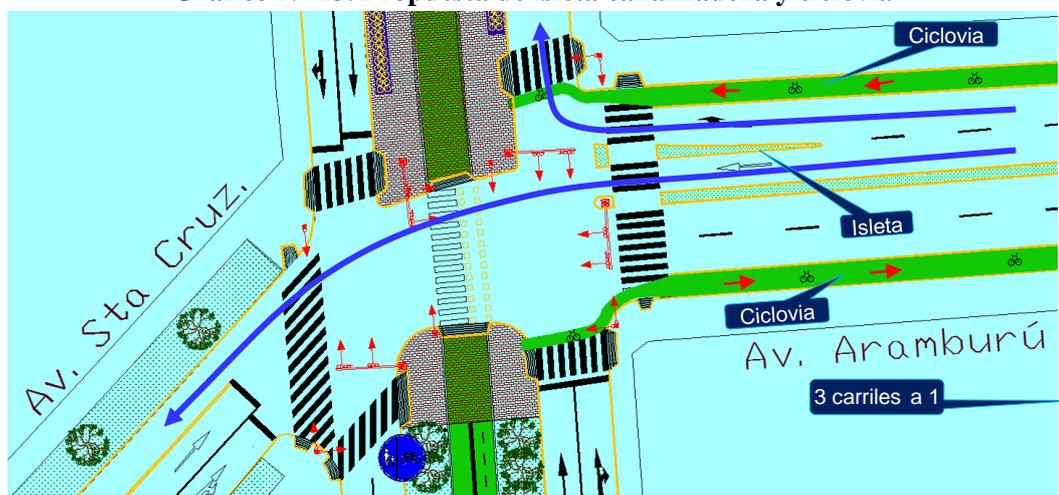
Con el objeto de canalizar el flujo vehicular de forma segura desde la Av. Aramburu sentido este oeste hacia la Av. Santa Cruz sentido este oeste se rediseño la sección vial de la Av. Aramburu, para encausar el flujo vehicular equilibradamente (de un carril a un carril).

Gráfico N° 12. Rediseño de los 3 carriles de la Av. Aramburu, sentido este oeste



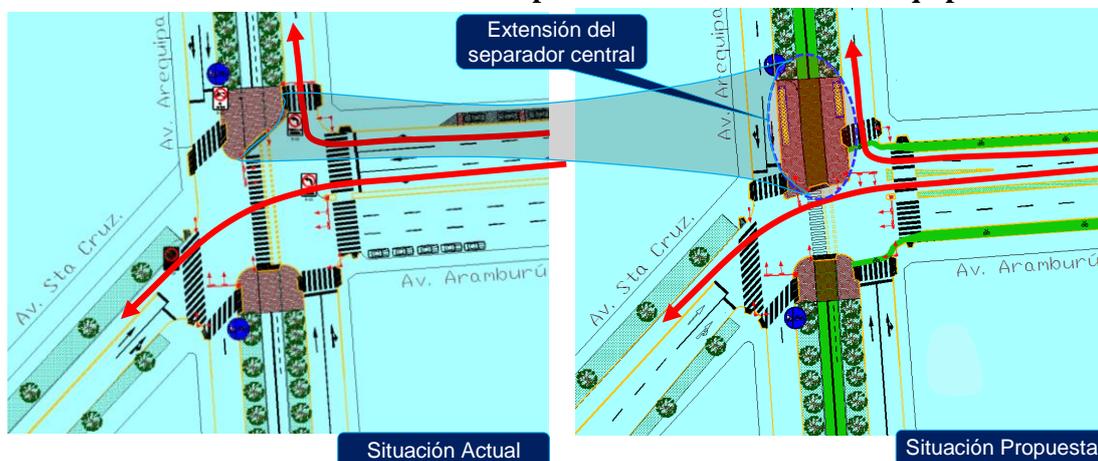
Para lograr el encausamiento de tres carriles a uno se eliminó un carril de los tres para implementar una ciclovía, asimismo se generó una isleta canalizadora que divide el flujo vehicular que gira hacia la derecha (Av. Arequipa sentido sur norte) y el flujo vehicular que se dirige de frente hacia la Av. Santa Cruz. La ciclovía propuesta se empalmará con la ciclovía de la Av. Arequipa.

Gráfico N° 13. Propuesta de isleta canalizadora y ciclovía



Por otro lado, con el objeto de canalizar adecuadamente el flujo vehicular que se dirige desde la Av. Aramburu sentido este oeste hacia la Av. Santa Cruz, se extendió el separador central, con ello se redujo el área central de la intersección lo cual incremento la seguridad de los ciclistas y peatones.

Grafico N° 14. Extensión del separador central de la Av. Arequipa

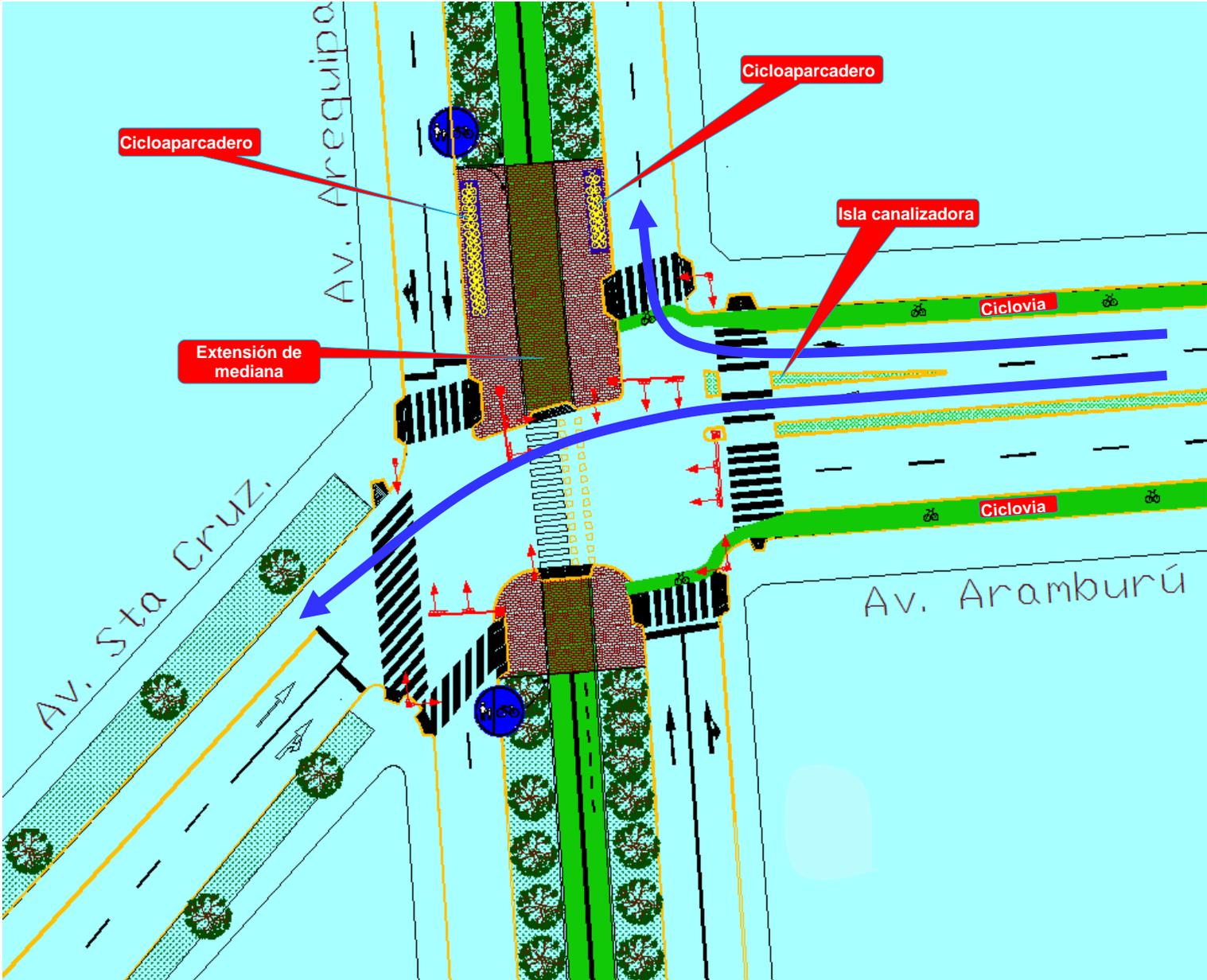


Sobre el área ganada por la extensión del separador central de la Av. Arequipa se propone implementar dos cicloaparcaderos a fin que ello incremente la intermodalidad de los ciclistas que se dirigen por la ciclovía propuesta sobre la Av. Aramburu con el corredor azul asimismo con la estación Aramburu del Metropolitano (Av. Vía Expresa Paseo de la Republica).

Grafico N° 15. Aparcadero de bicicletas propuesto para facilitar la intermodalidad



Grafico N° 16. Propuestas para el mejoramiento funcional de la interseccion de la Av. Arequipa, Aramburu y Av. Santa Cruz



De implementarse todas estas acciones, reducirán los conflictos vehiculares existentes y agilizaran el tránsito vehicular, lo cual mejorara las condiciones de movilidad y la calidad de vida de los residentes del entorno de la intersección de la Av. Arequipa con las avenidas Aramburu y Santa Cruz.

CAPITULO V. RESULTADOS

En el siguiente cuadro se muestra los resultados de la presente investigación; asimismo, se plantean acciones para mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal, y a su vez que ello mitigue los impacto social (perdidas horas hombre, accidentes, contaminación ambiental) que se vienen generando en el entorno de la intersección de la Av. Arequipa con las avenidas Aramburu y Santa Cruz.

Componentes	Diagnostico	Medidas y acciones a realizar
Congestión vehicular	<p>De acuerdo a la evaluación efectuada al comportamiento operacional de la intersección en estudio se verificó que uno de los principales factores que vienen generando congestión vehicular son los giros a la izquierda, los semáforos y las fases de la programación semafórica solo permiten un giro a la izquierda; sin embargo, actualmente se vienen realizando todos los giros a la izquierda (4 giros), generando que los vehículos se almacenen en la parte central de la intersección obstruyendo el paso de los ciclistas y a su vez obstruyen uno de los carriles de la Av. Arequipa. Otro de los factores que vienen generando congestión vehicular son las deficiencias del diseño geométrico vial, en el caso específico de la Av. Aramburu, en el sentido este oeste tiene tres carriles, el flujo vehicular que circula por estos tres carriles se empalman a un solo carril de la Av. Santa Cruz, en razón a ello el área de la intersección actualmente se viene utilizando como una zona de transición de tres a un carril, donde se viene generando un cuello de botella originando formación de colas dentro de la intersección.</p>	<p>En relación a los giros a la izquierda, la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), sostiene que los giros a la izquierda restan la capacidad de las intersecciones y retardan el flujo vehicular, por lo cual recomienda que se trate de evitarlos buscando mitigarlos a través de otras alternativas como asas de jarro, giros a la izquierda indirectos entre otros.</p> <p>Para la presente investigación como una de las acciones se propone restringir los giros a la izquierda, a fin que ello no genere impactos al dinamismo funcional del entorno, para mitigarlos se deberá establecer giros a la izquierda indirectos en las intersecciones próximas. Por otro lado, se deberá realizar un rediseño de la geometría vial, a fin de encausar los flujos vehiculares de forma cómoda y segura, además se deberá considerar una ciclovía en la Av. Aramburú la cual incentivará la intermodalidad con los buses del corredor azul y el Metropolitano, para lo cual se contempló la implementación de dos aparcaderos de bicicletas sobre la Av. Arequipa.</p>

Impacto Social	<p>La problemática operacional de la intersección de las avenidas Arequipa, Aramburu y la Av. Santa Cruz, conlleva a la degradación de la calidad de vida urbana, debido a los impactos derivados del tráfico identificados en campo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Congestión. Aumento del tiempo de viaje, formación de colas y detenciones involuntarias (perdidas horas hombre). ▪ Riesgo. Aumento del número y gravedad de accidentes de tránsito. ▪ Polución. Aumento de emisiones de contaminantes atmosféricos. ▪ Ruido. Aumento del nivel de ruido y vibraciones en calles y edificios. ▪ Intrusión visual. Disminución del campo visual por vehículos. <p>De acuerdo a la modelación realizada con el software synchro versión 7 el nivel de servicio de la intersección es nivel “F”, el cual describe condiciones de operación críticas, lo cual se manifiesta en externalidades críticas.</p>	<p>Los resultados de la modelación con las propuestas arrojaron nivel de servicio “C”, el cual es aceptable y representa condiciones de flujo dinámicas donde los conflictos operacionales son mínimos.</p> <p>Como es de conocimiento los niveles de servicio tienen una relación directa con el las externalidades del tráfico (perdidas horas/hombre, accidentes, contaminación ambiental), cuanto más crítico sea el nivel de servicio, más crítico serán las externalidades; por ello se puede inducir que las propuestas formuladas en la presente investigación reducirán las externalidades y por ende el impacto social.</p>
Gestión Vial	<p>Las políticas de movilidad que viene Gestionando la Municipalidad de Lima para la intersección de las avenidas Arequipa, Aramburu y la Av. Santa Cruz es la construcción de un bypass; sin embargo, esta propuesta cuenta con el rechazo de los alcaldes de las municipalidades de San Isidro y Miraflores, además por los residentes de estos distritos; quienes alegan que esta propuesta vial no es integral y generaría mayores impactos operacionales de los existentes, puesto que se enfoca en facilitar la circulación de vehículos privados mas no del transporte público.</p>	<p>Las propuestas contempladas en la presente investigación, pretende abordar la problemática desde un escenario integral, por ello además de proponer el rediseño de la geometría vial, se ha contemplado la implementación de una ciclovía y aparcaderos de bicicletas con el fin de plantear una alternativa de transporte más amigable con el medioambiente, el cual se integre con los sistemas de transporte público que se encuentran próximo como son el corredor vial complementario de la Av. Arequipa y el Metropolitano que circula por la Av. Paseo de la Republica (5 cuadras), lo cual generará un sistema de transporte articulado en el entorno.</p>

CAPITULO VI. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y VERIFICACIÓN DE VARIABLES

De lo desarrollado a lo largo de la presente investigación, y la evaluación de cada variable hemos podido demostrar la hipótesis planteada en el presente trabajo como respuesta tentativa a esta investigación.

El análisis y contrastación de las variables independientes y de la dependiente correspondiente a la hipótesis general objeto de la presente tesis, nos permitió determinar lo siguiente:

a) **Contrastación de la Hipótesis Principal**

A través de estrategias de gestión de tránsito y diseño vial se reducirá la congestión vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, lo cual a su vez reducirá el impacto social (externalidades del transporte) mejorando la calidad de vida de las personas y del entorno urbano.

b) **Variables independientes**

“Gestión Vial”

De lo investigado pudimos identificar que las deficiencias en políticas de movilidad es el principal componente que genera congestión vehicular e impacto social (perdidas horas/hombre, accidentes, contaminación ambiental), puesto que se vienen implementando propuestas como es el caso específico de la propuesta de bypass para la intersección de la Av. Arequipa con las avenidas Aramburu y Santa Cruz, la cual fue rechazada por los alcaldes de las municipalidades de San Isidro y Miraflores, además por los residentes, como se observó de acuerdo a los resultados de las encuestas de preferencia declarada las cuales arrojaron que más del 98% de los 500 entrevistados están en desacuerdo de la citada propuesta. Las políticas de movilidad que busquen la solución integral de un problema vial, como se ha desarrollado en la presente investigación reducen el impacto social (externalidades del transporte) mejorando la calidad de vida de las personas y del entorno urbano.

c) **Variable dependiente**

- c.1. “Congestión vehicular”
- c.2. “Impacto Social”

De acuerdo a los resultados se puede verificar que tanto la “Congestión vehicular” como el “Impacto Social” se encuentran directamente relacionados con la gestión vial; inadecuadas políticas de movilidad como es el caso específico de la intersección de la Av. Arequipa con las avenidas Aramburu y Santa Cruz generan conflictos operacionales, deterioro de la calidad de vida y malestar social, por ello se infiere que la hipótesis de la presente investigación *“A través de estrategias de gestión de tránsito y diseño vial se reducirá la congestión vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, lo cual a su vez reducirá el impacto social (externalidades del transporte) mejorando la calidad de vida de las personas y del entorno urbano”* es válida.

CONCLUSIONES

- Restringir los giros a la izquierda y como medida de mitigación proponer giros indirectos a la izquierda los cuales deberán ser complementados con señalización vertical.
- Rediseñar la geometría vial de la intersección de la Av. Arequipa con las avenidas Aramburu y Santa Cruz, a fin de encausar los flujos vehiculares de manera segura y reducir las colas y conflictos vehiculares dentro de la intersección.
- Construir una ciclovía en la Av. Aramburu como un modo de transporte alternativo que se articule con el corredor azul y con el Metropolitano que circulan por la Av. Arequipa y la Av. Paseo de la Republica respectivamente; ello a fin de integrar como un sistema e incentivar la intermodalidad lo cual conllevará a disminuir el impacto social.
- Implementar aparcaderos de bicicletas en la Av. Arequipa, sobre el área ganada con el rediseño de la geometría vial, estos aparcaderos facilitaran el desplazamiento y la intermodalidad entre bicicletas y buses del corredor azul, asimismo la Municipalidad de San Isidro podría aprovecharlos para establecer un sistema de bicicletas públicas (en Coordinación con la MML).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se establezca una mesa de trabajo entre la Municipalidad Metropolitana de Lima y las Municipalidades Distritales de Miraflores y San Isidro, a fin que se pueda implementar coordinadamente las propuestas planteadas en la presente investigación.
- La propuesta de construcción de una ciclovía deberá ser liderada por el Proyecto Especial Metropolitano de Transporte No Motorizado de la Municipalidad de Lima, a fin que dicha propuesta se articule con la red de ciclovías de Lima Metropolitana generando una red de infraestructura ciclista interconectada y no solo tramos de ciclovías.
- Tanto el rediseño geométrico vial como la construcción de la ciclovía y los aparcaderos deberán ser diseñados bajo los parámetros técnicos de las normas técnicas y manuales vigentes, a fin que el proyecto cumplan con los estándares requeridos para una adecuada accesibilidad y movilidad.
- Hacer de conocimiento los alcances de la presente investigación a la Municipalidad de San Isidro y Miraflores sobre la solución vial desarrollada para la intersección de la Av. Arequipa con las avenidas Aramburu y Santa Cruz, a fin de conocer sus apreciaciones.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Carlos Augusto Gómez S. (2011). *El congestionamiento vehicular en la ciudad de Guatemala*. (Tesis de maestría, Universidad de San Carlos). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_9220.pdf.
- Gabriela Zumaeta T. (2008), *Impactos sociales y económicos de las infraestructuras de transporte viario: estudio comparativo de dos ejes, el "Eix Transversal de Catalunya" y la carretera MEX120 en México*. (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña). Recuperado de [file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20(2).pdf).
- Miguel Ángel Sánchez L. (2013). *Estudio predictivo de costes y financiación del servicio de transporte urbano colectivo en las empresas españolas mediante la aplicación de redes neuronales artificiales*. (Tesis Doctoral, Universidad Rey Juan Carlos). Recuperado de [file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20(3).pdf).
- Natalia Cristina Duran, A. (2009). *Análisis de medidas de gestión de tránsito que afecten la demanda de tráfico usando TRIPS*. (Tesis de maestría, Universidad de Chile). Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/duran_n/sources/duran_n.pdf.
- René Alexander Rodríguez G. (2011). *Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo*. (Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2199/1/Maestr%C3%ADa%20V.%20T.%206720-%20Rodr%C3%ADguez%20Gonz%C3%A1lez%20Ren%C3%A9%20Alexander.pdf>.

Rocío Cascajo J. (2004). *Metodología de evaluación de efectos económicos, sociales y ambientales de proyectos de transporte guiado en ciudades*. (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica). Recuperado de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6408/1/S0210717_es.pdf.

MATRIZ DE CONSISTENCIA – PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“PROPUESTA DE GESTIÓN VIAL PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN VEHICULAR Y SU IMPACTO SOCIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. AREQUIPA CON LA AV. ARAMBURÚ”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Formulación del problema Ante los elevados índices de congestión vehicular e impacto social (contaminación sonora, polución, segregación, intimidación, etc.) que se viene generando en la Av. Arequipa en la intersección con la Av. Aramburú y la Av. Sta. Cruz, con la presente investigación se plantea responder las siguientes interrogantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Problema Principal ¿Cómo reducir el impacto social (contaminación sonora, polución, segregación, intimidación, etc.) que viene generando la congestión vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú? ▪ Problemas secundarios ¿Qué factores vienen generando dificultades a la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú? ¿Qué medidas de gestión de tránsito se deben de tomar para mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú? ¿Qué medidas de diseño vial se deberían de realizar para mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú? 	<p>Objetivo General Mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, a fin de mitigar el impacto social (externalidades del transporte) que viene generado la congestión vehicular.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar los factores que vienen generando congestión vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú - Proponer medidas de gestión de tránsito que mejoren la operación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú - Proponer medidas de diseño vial que faciliten la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú. 	<p>Hipótesis General A través de estrategias de gestión de tránsito y diseño vial se reducirá la congestión vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú, lo cual a su vez reducirá el impacto social (externalidades del transporte) mejorando la calidad de vida de las personas y del entorno urbano.</p> <p>Hipótesis Especifica Mejorar la circulación vehicular en la intersección de Av. Arequipa con la Av. Aramburú mitigara el impacto social generado por los problemas de congestión y a su vez incentivara el uso de los Buses del Corredor Azul.</p>	<p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Congestión Vehicular (V.D) ▪ Impacto Social <p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestión y Diseño Vial (V.I) 	<p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de viaje - Flujo vehicular - Densidad vehicular - Contaminación ambiental - COV - Perdidas horas hombre - Accidentes de Tránsito <p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estado de la Infraestructura 	<p align="center">Descripción Metodológica</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Diagnóstico integral de las condiciones de circulación vehicular: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Uso de suelo en el entorno del área de estudio ❖ Condiciones de la infraestructura vial existente <ul style="list-style-type: none"> - Sección vial normativa y de campo (Gráficos) - Análisis dela infraestructura vial ❖ Condiciones de tránsito <ul style="list-style-type: none"> - Líneas de transporte público - Composición vehicular - Volumen vehicular ❖ Parámetros de operación <ul style="list-style-type: none"> - Flujo de saturación - Estudio de demoras b) Evaluación de modos de transporte y su impacto vial. <ul style="list-style-type: none"> ❖ Transporte de carga ❖ Transporte público ❖ Transporte privado c) Análisis de las externalidades del tráfico vehicular <ul style="list-style-type: none"> ❖ Impacto socioeconómico (accidentes, perdidas Horas hombre, otros) ❖ Impacto ambiental (contaminación sonora y atmosférica) d) Propuesta de diseño vial <ul style="list-style-type: none"> ❖ Modelación de propuesta

