

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL DE
SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS: AV.
HÚSARES DE JUNÍN, AV.FÁTIMA - LOS ÁNGELES**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTE

AUTORES: BACH: ROMERO CAMPOS FUNLY

BACH. VILLARREAL GONZALEZ HANDY ALBERTO

ASESOR: Ing. JUAN PAUL E. HENRIQUEZ ULLOA

TRUJILLO - PERÚ

2017



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS: AV.HUSARES DE JUNÍN, AV.FÁTIMA-LOS ÁNGELES”

Por: BACH: ROMERO CAMPOS FUNLY

BACH. VILLARREAL GONZALEZ HANDY ALBERTO

JURADO EVALUADOR:

Ing. ROLANDO OCHOA ZEVALLOS
CIP N° 9133
PRESIDENTE

Ing. MAMERTO RODRIGUEZ RAMOS
CIP N° 3689
SECRETARIO

Ing. TITO ALFREDO BURGOS SARMIENTO
CIP N° 82596
VOCAL

Ing. JUAN PAUL E. HENRIQUEZ ULLOA
CIP N° 118101
ASESOR

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a vuestra consideración, el presente trabajo de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS: AV.HÚSARES DE JUNÍN, AV.FÁTIMA-LOS ÁNGELES”, con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El contenido de la presente tesis ha sido desarrollado considerando las normas establecidas en los manuales de capacidad de carreteras HCM, normas técnicas según la línea de investigación, aplicación de conocimientos adquiridos durante la formación profesional en la universidad, consulta de fuentes bibliográficas especializadas y con la experiencia del asesor.

Bach. FUNLY ALBERTO ROMERO CAMPOS

Bach. HANDY VILLARREAL GONZALEZ

DEDICATORIA

A **DIOS**, por guiar mis pasos ahora y Siempre.

A **MIS**, padres, hermanos y familiares por su ardua espera y tenaz paciencia, sin su ayuda moral, fraternal e intelectual, no habría sido posible lograr esta meta.

Bach. Romero Campos Funly

A **DIOS**, por haberme iluminado y guiado siempre.

A **MIS**, hermanos especialmente a mis padres y abuela por su apoyo, amor y Comprensión, y se sientan orgullosos por este logro.

**Bach. Villarreal González Handy
Alberto**

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a nuestros padres, tíos por su apoyo, paciencia, comprensión y perseverancia en todo momento de nuestras vidas.

A la universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por el apoyo brindado en la etapa de nuestra titulación.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que a lo largo de la formación académica me inculcaron la dedicación al estudio y a la constante superación personal.

Agradecemos a nuestro asesor del Programa de Desarrollo de Tesis Asistida PADT-INGENIERIA por su valiosa asesoría, colaboración y aporte brindado al presente trabajo de tesis.

RESUMEN

Hoy en día uno de los objetivos fundamentales de los ingenieros, es el de planear, diseñar y operar los sistemas viales, de tal manera que las demoras inducidas a los usuarios sean mínimas. Motivo por el cual surge la idea de realizar este trabajo de grado que tiene como objetivo general determinar la "Capacidad y Nivel de Servicio en las Avenidas: Húsares de Junín, Av. Fátima y Av. Los Ángeles de la ciudad de Trujillo", considerando como problema actual en la ciudad, el crecimiento del parque automotor, que conlleva al congestionamiento vehicular y al bajo nivel de servicio en que operan las vías de la zona urbana. El estudio se realizó de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 11 Arterias Urbanas y Suburbanas del Manual de Capacidad de Carreteras ("Highway Capacity Manual, HCM"). Como parte de la investigación se realizó el aforo del tránsito vehicular, para determinar; las horas críticas y los volúmenes de tránsito, estos resultados se muestran mediante histogramas, figuras y tablas donde se confirma el problema que existe en las avenidas. Por otro lado, se realizó estudios de las velocidades, donde se determinó la velocidad de recorrido en las horas punta y con esto el nivel de servicio al que operan las vías en estudio (resultado: nivel D). Finalmente se hacen las conclusiones y recomendaciones pertinentes al tema y se espera que esta investigación sea útil para estudios posteriores de entidades competentes.

ABSTRACT

Today is one of the fundamental objectives of the engineers, is to planning, design and operate the road systems, in such a way that the delays induced to the users are minimal. Capacity and Service Level in the Avenues: Húsares de Junín, Av. Fatima and Av. Los Angeles of the city of Trujillo ", considering As a real problem in the city, the growth of the automotive fleet, which leads to vehicular congestion and low level The study was conducted according to 10 established in Chapter 11 Urban and Suburban Arteries of the Highway Capacity Manual ("Manual Highway Capacity, HCM"). In order to determine the traffic volumes and histories, these results are shown by histograms, figures and tables confirming the problem that exists in the avenues. The velocities, where the speed of travel in the peak hours and the level of service that the tracks under study are determined (result: level D). Recommendations and recommendations relevant to the topic and this research is expected to be useful for subsequent studies by relevant entities.

ÍNDICE

	Pág.
PRESENTACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCION	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	1
1.3. Formulación de la hipótesis.....	1
1.4. Objetivos	1
1.5. Justificación del estudio	2
1.5.1. Justificación académica.....	2
1.5.2. Justificación técnica	2
1.5.3. Justificación social	3
II. MARCO TEORICO.....	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases Teóricas y Definiciones	7
2.2.1. Elementos Básicos del Tránsito	7
2.2.1.1. El usuario	8
2.2.1.2. El vehículo	9
2.2.1.3. La vía.....	12
2.2.2. Volúmenes de Tránsito	14
2.2.2.1. Volumen de Tránsito.....	14
2.2.2.2. Volúmenes de Tránsito Absolutos o Totales	15
2.2.2.3. Volúmenes de Tránsito Promedio Diarios	16
2.2.2.4. Volúmenes de Tránsito Horarios	16
2.2.3. Uso de los Volúmenes de Tránsito.....	17
2.2.4. Características de los Volúmenes de Tránsito	17

2.2.4.1. Distribución y Composición del Volumen de Tránsito	18
2.2.4.2. Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda	18
2.2.5. Capacidad Vial y Niveles de Servicio.....	20
2.2.5.1. Capacidad Vial.....	22
2.2.5.2. Condiciones Prevalcientes.....	23
2.2.5.3. Niveles de Servicio	23
2.2.5.4. Análisis de capacidad y niveles de servicio	24
2.2.5.5. Velocidad de Recorrido	27
2.2.5.6. Estudio de Velocidades.....	28
2.2.6. Aforos.....	29
2.2.6.1. Métodos de aforo	29
2.2.6.2. Períodos de aforo	29
2.3. Definición de términos básicos	30
III. MATERIAL Y METODOS.....	32
3.1. Material	32
3.1.1. Población.....	32
3.1.2. Muestra.....	32
3.1.3. Unidad de análisis	32
3.2. METODO.....	33
3.2.1. Tipo de investigación	33
3.2.2. Variables	33
3.2.2.1. Variable Dependiente.....	33
3.2.2.2. Variable independiente:	33
3.2.3. Operacionalización de variables	34
3.2.4. Instrumentos de recolección de datos	36
3.2.5. Procedimientos y análisis de datos.....	36
3.2.6. Técnicas de Análisis de datos	49
IV. RESULTADOS.....	50
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES	65
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas.....	14
Tabla 2. Medidas de eficiencia para la definición de los niveles de servicio.	27
Tabla 3. Evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio en la intersección de las avenidas	34
Tabla 4. Avenidas: Av. Húsares de Junín, Av. Fátima-Los Ángeles.....	35
Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
Tabla 6. Factor de ajuste por ancho de carril (fA)	43
Tabla 7. Factor de ajuste por vehículos pesados (fVP).....	43
Tabla 8. Factor de ajuste por pendiente del acceso (fp).....	43
Tabla 9. Factor de ajuste por estacionamiento (fE).....	44
Tabla 10. Factor de ajuste por paradas de autobuses (fB)	44
Tabla 11. Factor de ajuste por localización de la intersección (fL)	44
Tabla 12. Factor de ajuste por giros a la derecha (fMD)	44
Tabla 13. Factor de ajuste por giros a la izquierda (fMI).....	45
Tabla 14. Índice Medio Diario	50
Tabla 15. Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.....	50
Tabla 16. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).....	50
Tabla 17. Aforo vehicular (TPDS).....	51
Tabla 18. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).....	52
Tabla 19. Aforo vehicular (TPDS).....	53
Tabla 20. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).....	53
Tabla 21. Aforo vehicular (TPDS).....	55
Tabla 22. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).....	55
Tabla 23. Factor de Máxima Demanda	56
Tabla 24. Distancia de los tramos para medición de velocidades.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de automóviles por cada 1000 personas en el Perú.....	9
Figura 2. Automóvil o taxi, vehículo de la Categoría M1.	10
Figura 3. Ómnibus, minibús y microbús, vehículos de la Categoría M2 y M3.....	11
Figura 4. Camión, vehículo de la Categoría N.	11
Figura 5. Histograma de Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.....	20
Figura 6. Procedimiento para el análisis de la circulación	39
Figura 7. Histograma de la Variación del Volumen de Transito en la Hora de máxima demanda para la Av. Húsares de Junín (Av. América – Av. Fátima).....	51
Figura 8. Histograma de la Variación del Volumen de Transito en la Hora de máxima demanda para la Av. Los Ángeles (sentido de Flujo: Jr. Arboleda – Av. Fátima).....	53
Figura 9. Histograma de la Variación del Volumen de Transito en la Hora de máxima demanda para la Av. Fátima (sentido de Flujo: Jr. Los Laureles – Los Ángeles).....	55
Figura 10. Histograma de la Variación del Volumen de Transito en la Hora de máxima demanda para la Av. Fátima (sentido de Flujo: Jr. Las Acacias – Av. Húsares de Junín)	56
Figura 11. Nomenclatura	57
Figura 12. Nivel de servicio en intersección.....	58

I. INTRODUCCION

1.1. Planteamiento del problema

En la Intersección vial semaforizada avenidas: AV. Húsares de Junín, AV. Fátima -Los Ángeles. En Trujillo se requiere mejorar las fases y los tiempos de ciclos y distribución, dado que el existente por ser la Avenida Los Ángeles muy angosta, en el conteo de vehículos existe una saturación de tráfico en horas punta, por lo que una investigación más minuciosa, detallada como es una trabajo de investigación de nuestra Tesis, podremos llegar a obtener resultados importantes y beneficiosos para la Ingeniería de Transito y así tener un ordenamiento eficiente de la Municipalidad de Trujillo, mediante una evaluación para determinar la Capacidad, el nivel de servicio en dicha intersección vial semaforizada.

Por eso la gran importancia de realizar el presente trabajo de investigación como tesis en la línea de investigación: Transportes.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la evaluación para determinación la Capacidad Vial y el Nivel de Servicio en la Intersección de las, Avenidas: Av. Húsares de Junín, Av. Fátima-Los Ángeles?

1.3. Formulación de la hipótesis

La Evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio en la intersección de las Avenidas: Av. Húsares de Junín, Av. Fátima –Los Ángeles, nos permitirán un eficiente diseño vial de las avenidas, motivo del Estudio.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Realizar la Evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio en la intersección de las Avenidas: Av. Húsares de Junín, Av. Fátima - Los Ángeles.

Objetivos específicos

- Determinación de las variables propias de la Ciudad de Trujillo.

- Recopilar en campo la información faltante para el desarrollo del objeto del estudio.
- Determinar el nivel de serviciabilidad en las Avenidas: Av. Húsares de Junín, Av. Fátima -Los Ángeles, a partir de la metodología propuesta.
- Determinar los volúmenes del tránsito vehicular y el factor de máxima demanda.
- Determinar las velocidades de recorrido.

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Justificación académica

El proyecto de Investigación se justifica académicamente porque permitirá conocer los factores externos que afectan el nivel de servicio, como son físicos pueden ser medidos a una hora conveniente. En cambio los factores internos por ser variables, deben ser medidos durante un período de mayor flujo, como por ejemplo el factor de la hora de máxima demanda. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en ese lapso. Para tomar esto en cuenta, es conveniente determinar la proporción del flujo para un período máximo dentro de la hora de máxima demanda.

1.5.2. Justificación técnica

El presente proyecto está orientado para tener conocimiento que la capacidad de una infraestructura vial es tan variable como puede serlo las variables físicas del mismo, ó las condiciones del tránsito. Por esta razón los análisis de capacidad se realizan aislando las diversas partes del sistema vial, como un tramo recto; un tramo con curvas; un tramo con pendientes; el acceso a una intersección; un tramo de entrecruzamiento; una rampa de enlace; etc. Se trata pues, de buscar en cada una de esas partes, condiciones uniformes, por lo tanto, segmentos con condiciones prevalecientes diferentes, tendrán capacidades diferentes.

1.5.3. Justificación social

El proyecto se justifica socialmente porque permitirá conocer a los habitantes y transeúntes por dicha intersección vial: La capacidad, El nivel de servicio y La demora que existe en la intersección vial semaforizada, Avenidas: Húsares de Junín, Fátima y Los Ángeles, de la Ciudad de Trujillo y tomar acciones preventivas en cuanto al tiempo para desplazarse ya en vehículo, bicicleta o para los peatones, significando una economía en beneficio de los habitantes.

Debido a estas razones es importante realizar la presente investigación “EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVELDE SERVICIO Y EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS: AV.HÚSARES DE JUNÍN, AV. FÁTIMA - LOS ÁNGELES.” y así contribuir a mejorar a la planificación de tránsito en la Ciudad de Trujillo y mejorar la calidad de vida de los pobladores de la Ciudad de Trujillo.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Se puede afirmar, que los EEUU, han sido precursores en la materia y a través de sus organismos viales han venido estudiando el tema desde 1920, año en que fue constituido como centro de investigación vial, el Highway Research Board (HRB), actualmente Transportation Research Board (TRB). Dentro de ese organismo ha funcionado la Comisión de Capacidad de Caminos la que ha ido realizando a lo largo del tiempo, las distintas ediciones del Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual, HCM).

El Bureau of Public Roads (BPR) ha cooperado estrechamente con el HRB desde su creación y ha efectuado contribuciones importantes como la preparación de la primera edición del Manual de Capacidad de Caminos, editado en el año 1950.

En la primera versión del manual, se estudiaba el tema dividiendo el tránsito en:

- a) De corriente ininterrumpida ó de circulación continua: esta sólo puede ocurrir en autopistas urbanas y en secciones de caminos rurales, que no están afectadas por la influencia de las intersecciones a nivel.
- b) De corriente interrumpida ó de circulación discontinua: intersecciones señalizadas, secciones de intercambio de movimientos transversales no señalizados y ramas con sus terminales.

Así mismo se tiene como antecedentes las investigaciones siguientes:

A. Investigaciones internacionales

1. Tesis: Evaluación práctica de niveles de servicio de carreteras convencionales de dos carriles en España

Autor : Manuel Romana García

Institución : Universidad de Madrid. ESPAÑA

Año : 2016

Resumen

El nivel de servicio de carreteras de dos carriles se ha determinado tradicionalmente a través de dos factores: la velocidad de recorrido

y la relación intensidad/capacidad. El primer parámetro es demasiado simple, y no revela bien los cambios en el nivel de servicio, por ser la curva demasiado plana. El segundo es una medida macroscópica, que el conductor no percibe, y que sólo interesa al administración de la carretera.

Se realiza a continuación un estudio del tráfico en estos períodos, analizando su intensidad, velocidad media y distribución de velocidades, características de los intervalos, adelantamientos producidos y velocidades de recorrido de los vehículos que intervienen en los adelantamientos. El estudio de los intervalos fue extenso, dado que se consideró que esta variable permite una aproximación microscópica al nivel de servicio, más próxima al punto de vista del usuario. A partir de los datos recogidos, y siguiendo varios criterios, se determina el valor del intervalo crítico de 4 segundos, para utilizarlo en el establecimiento de niveles de servicio, de forma que un vehículo que circula con un intervalo menor se considera demorado.

A continuación se seleccionan los parámetros en los que se basará la evaluación de los niveles de servicio. Las velocidades medidas demuestran que la relación i/v es relativamente plana para todos los tipos de vehículo en terreno llano. Se opta por los parámetros porcentaje de vehículos demorados y velocidad media temporal, y se deciden los umbrales de cada nivel de servicio según cada variable. El método permite la caracterización del nivel de servicio en una carretera a partir de mediciones simples durante cuatro períodos del orden de 15 minutos a lo largo de dos horas. El método es directamente aplicable a carreteras en servicio. Para carreteras en proyecto se ofrece una relación del porcentaje de vehículos demorados con la intensidad.

2. Tesis: Análisis de capacidad y nivel de servicio del corredor vial Cali-Jamundí

Autora : MAYRA ALEJANDRA OCORÓ POSSÚ

Año : 2014

Institución : UNIVERSIDAD DEL VALLE. COLOMBIA

Resumen

El presente estudio se efectúa con la metodología del HCM-2000 (Highway Capacity Software), se obtendrá información de la vía tanto primaria (longitud de la vía, tipo de terreno, número de carriles por calzada, uso del suelo, entre otros) como secundaria (conteos de tránsito, proyectos viales y urbanísticos como son los planes parciales), con el acopio de información se evaluará la eficiencia del corredor Cali-Jamundí a través del cálculo de su capacidad y niveles de servicio. Y finalmente se plantearán las recomendaciones para el adecuado funcionamiento del mismo.

3. Tesis: Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías principales y secundarias de acceso a la ciudad de Manizales.

Autor : VÍCTOR HUGO NARANJO HERRERA

Institución : Universidad Nacional de Colombia

Año : 2015

Resumen:

El flujo de vehículos desde diferentes vías de acceso a la ciudad de Manizales evidencia dificultades permanentes, como son la formación de filas y la baja velocidad de circulación a flujo libre. Resulta entonces necesario realizar un análisis diagnóstico de la capacidad y nivel de servicio de las vías de acceso a Manizales, para posibilitar intervenciones que atiendan los requerimientos de los volúmenes de tránsito que por allí circulan. El presente trabajo contiene un análisis de capacidad y niveles de servicio de las vías principales y secundarias que llegan a Manizales, a partir de los lineamientos del Instituto Nacional de Vías de Colombia (INVIAS) y del Manual de Capacidad Vial año 2000 del Consejo de Investigaciones del Transporte de los Estados Unidos.

B. Investigaciones nacionales

1. Tesis: Solución vial de la Av. Primavera comprendida entre las avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima-Surco

Autores : Núñez Castillo, Christian Gonzalo

Villanueva Troncoso, Cesar

Año : 2014

Institución : Universidad Ciencias Aplicadas (UPC).Lima

Resumen

La presente tesis analiza las condiciones de tráfico actual y futuro en la Av. Primavera, comprendida entre las avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo. Tomando como base los flujos vehiculares que ingresan por la intersección de la avenida La Encalada y Primavera, centrando el análisis en las intersecciones de la Av. Primavera con las avenidas Central/Aldebarán y José Nicolás Rodrigo. Se tomaron datos para calcular la capacidad de la infraestructura vial actualmente instalada, tales como control de tráfico, dispositivos viales dentro de la zona de estudio y geometría de la zona, así como los flujos vehiculares que ingresan la Av. Primavera por las avenidas mencionadas. Esta tesis se basa primordialmente en la metodología Highway Capacity Manual (HCM). Es así que con los datos obtenidos se determina la demanda vehicular que incide en la zona d estudio y luego se realiza el análisis de resultados obtenidos de la modelación en el Software Synchro tanto para la situación actual y 4 escenarios que buscan solucionar los problemas de demoras, saturación y niveles de servicio tanto por intersección y acceso, proyectando el flujo vehicular a 5 años, periodo valido de proyección para un proyecto Vial Urbano, basándonos en el crecimiento vehicular del Distrito donde se encuentra nuestra zona de estudio, el Distrito de Santiago de Surco.

2.2. Bases Teóricas y Definiciones

2.2.1. Elementos Básicos del Tránsito

Con el propósito de estudiar los aspectos operacionales de la Ingeniería de Tránsito, es importante analizar, de manera muy general, los elementos básicos que hacen que se produzcan los flujos de tránsito interactuando entre sí. Existen 3 elementos básicos que son (Tapia J., Veizaga R. 2006):

- El usuario: peatón y conductor.
- El vehículo: privado, público y comercial.
- La vía.

2.2.1.1. El usuario

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor. El usuario está relacionado con los peatones y conductores.

a) El Peatón:

Se considera como peatón potencial a la población en general, desde personas de un año de edad hasta más de cien años.

En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en las autopistas el tráfico de los peatones es casi nulo.

El peatón en las calles de una ciudad es un factor importante en los problemas de circulación. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto se debe considerar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas de dichos problemas.

b) El Conductor:

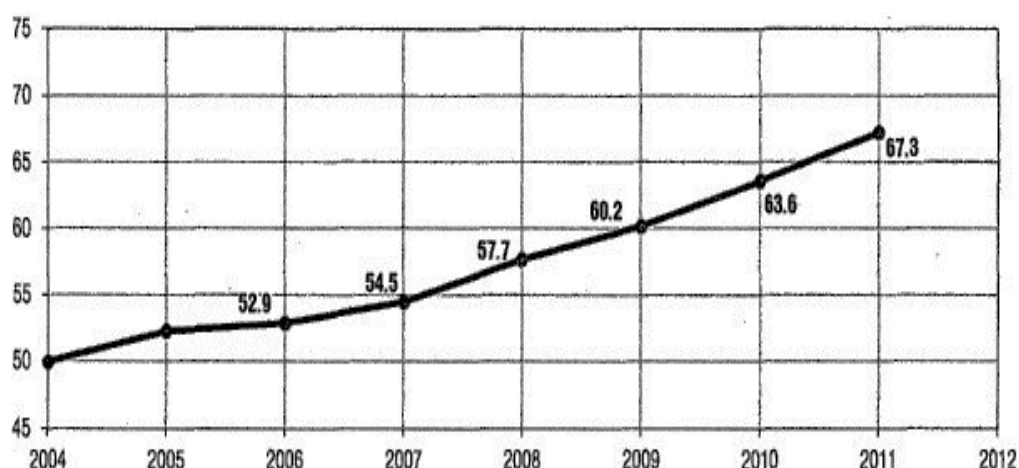
Constituye el elemento de tránsito más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la vía y de la circulación. En referencia a las reacciones que tienen los conductores se consideran factores que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, la fatiga, el clima, etc.

2.2.1.2. El vehículo

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

El Banco Mundial BIRF-AIF a través de sus indicadores, establece los siguientes datos para el Perú, correspondientes a la cantidad de automóviles por cada 1000 personas (Figura 1).

Automóviles por cada 1000 persona



Fuente: El Banco Mundial BIRF-AIF.

Figura 1. Cantidad de automóviles por cada 1000 personas en el Perú.

2.2.1.2.1. Clasificación Vehicular

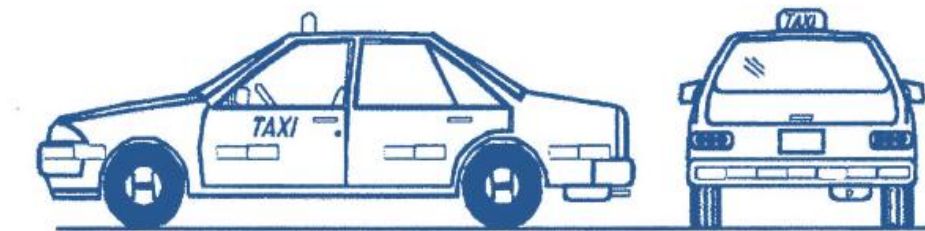
Según la DIRECTIVA N°002-2006-MTC/15, Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares, publicada por el Ministerio de Transportes del Perú. La clasificación vehicular por categoría es:

Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

M1: Vehículos de 8 asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.

M2: Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.

M3: Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares.

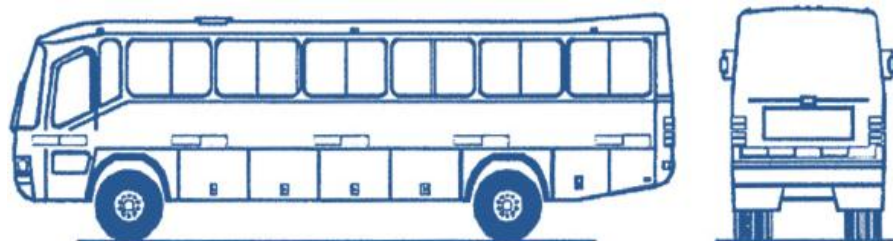
Figura 2. Automóvil o taxi, vehículo de la Categoría M1.

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

Clase I: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos

Clase II: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

Clase III: Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares.

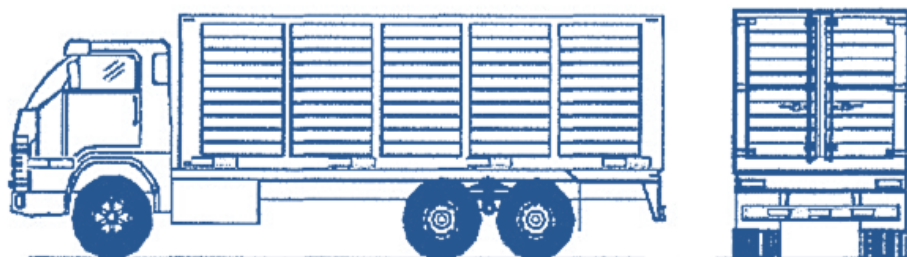
Figura 3. Ómnibus, minibús y microbús, vehículos de la Categoría M2 y M3.

Categoría N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de mercancía.

N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.

N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.

N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares.

Figura 4. Camión, vehículo de la Categoría N.

Combinaciones especiales

S: Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

SA: Casas rodantes

SB: Vehículos blindados para el transporte de valores

SC: Ambulancias

SO: Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, se y SO deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N 1 SC.

2.2.1.3. La vía

El tercer elemento fundamental del tráfico es la vialidad o la vía por el que se mueven los vehículos. Es una infraestructura de transporte acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo.

a) Clasificación de las Vías Urbanas:

El sistema de clasificación planteado es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías.

La clasificación adoptada considera 4 categorías principales y una categoría adicional denominada "vías especiales" en la que se consideran aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales.

- **Vías Expresas:** Establecen la relación entre los sistemas viales interurbano y urbano. Transportan grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. No es permitido el estacionamiento, la descarga de mercaderías, ni el tránsito de peatones.

- **Vías Arteriales:** Permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales.
- **Vías Colectoras:** Sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes. Este tipo de vías, reciben muchas veces el nombre genérico de Jirón, Vía Parque, e inclusive Avenida.
- **Vías Locales:** Su función principal es proveer acceso a los lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio. Por ellas transitan vehículos livianos, se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Este tipo de vías han recibido el nombre genérico de calles y pasajes.

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VIAS EXPRESAS	VIAS ARTERIALES	VIAS COLECTORAS	VIAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50y 80 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40y 60 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente	Entre 30 y40 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. no se permite la circulación de	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e	

	vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías.	industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	
Número de Carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carril Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccional es: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio de Transporte Público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos" o "Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado deber desarrollarse por buses, en preferentemente en "Carriles Exclusivos" o "Carriles Solo Bus " Con paraderos diseñados al exterior de la vía o en la bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, Debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas- 2005 del Instituto de la Construcción y Gerencia ICG

Tabla 1. Parámetros de diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas

2.2.2. Volúmenes de Tránsito

El tránsito es el flujo de vehículos que circula a través de una vía. El término tránsito incluye tanto a los vehículos en movimiento como en reposo.

2.2.2.1. Volumen de Tránsito

Se realizan estudios de volúmenes de tránsito para recolectar datos del número de vehículos y/o peatones que pasan por un punto determinado de la carretera durante un

periodo específico de tiempo. Este periodo de tiempo varía desde 15 minutos hasta un año, dependiendo del uso anticipado de los datos.

Este se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o una calzada, durante un periodo determinado:

$$Q = N/T \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo
(vehículos/periodo)

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Período determinado (unidades de Tiempo)

2.2.2.2. Volúmenes de Tránsito Absolutos o Totales

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado, dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito totales o absolutos:

- **Tránsito anual (TA):** es el número total de vehículos que pasan durante un año, en este caso $T=1$ año.
- **Tránsito mensual (TM):** es el número total de vehículos que pasan durante un mes, en este caso $T = 1$ mes.
- **Tránsito semanal (TS):** es el número total de vehículos que pasan durante una semana, en este caso $T = 1$ semana.
- **Tránsito diario (TD):** es el número de vehículos que pasan durante un día, en este caso $T = 1$ día.
- **Tránsito horario (TH):** es el número total de vehículos que pasan durante una hora, en este caso $T = 1$ hora.

- **Tasa de flujo o flujo (q):** es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora, en este caso $T < 1$ hora.

En todos los casos anteriores, los períodos especificados, un año, un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico. Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas seguidas, 60 minutos seguidos y período en minutos seguidos inferiores a una hora (Cal y Cárdenas, 2000: 153).

2.2.2.3. Volúmenes de Tránsito Promedio Diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado, (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dado en vehículos por día:

1. Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = TA / 365 \dots \dots \dots (2)$$

2. Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = TM / 30 \dots \dots \dots (3)$$

3. Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = TS / 7 \dots \dots \dots (4)$$

2.2.2.4. Volúmenes de Tránsito Horarios

a) Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora: Cal y Cárdenas (2000).

b) **Volumen horario máximo anual (VHMA):** es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o calzada durante un año

determinado. Es decir, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.

- c) **Volumen horario de máxima demanda (VHMD):** es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.
- d) **Volumen horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH):** es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o calzada durante un año determinado, que es excedido por 9,19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina en horario de la 10ava, 20ava y 30ava hora de máximo volumen.

2.2.3. Uso de los Volúmenes de Tránsito

Los datos de volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en varios campos, en Ingeniería de Tránsito es utilizada para realizar estudios como:

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades
- Necesidades de dispositivos para el control de tránsito
- Estudio de estacionamientos.

2.2.4. Características de los Volúmenes de Tránsito

Dado el carácter dinámico que presentan los volúmenes de tránsito, es necesario conocer las variaciones periódicas que tiene el mismo dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Así mismo, se debe considerar las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de

su distribución por carriles, su distribución direccional, y su composición.

2.2.4.1. Distribución y Composición del Volumen de Tránsito

La distribución de los volúmenes de tránsito por carriles debe ser considerada, tanto en el proyecto como en la operación de calles y vías. Tratándose de tres o más carriles de operación en un sentido, el flujo se asemeja a una corriente hidráulica. Así, al medir los volúmenes de tránsito por carril, en zona urbana, la mayor velocidad y capacidad, generalmente se logran en el carril del medio; las fricciones laterales, como paradas de autobuses y taxis y las vueltas izquierdas y derechas causan un flujo más lento en los carriles extremos, llevando el menor volumen el carril cercano a la acera.

En cuanto a la distribución direccional, en las calles que comunican el centro de la ciudad con la periferia de la misma, el fenómeno común que se presenta en el flujo de tránsito es de volúmenes máximos hacia el centro en la mañana y hacia la periferia en las tardes y noches. Es una situación semejante al flujo y reflujo que se presenta los fines de semana cuando los veraneantes salen de la ciudad el viernes y sábado y regresan el domingo en la tarde. Este fenómeno se presenta especialmente en arterias del tipo radial. En cambio, ciertas arterias urbanas que comunican "centros de gravedad" importantes, no registran variaciones direccionales muy marcadas en los volúmenes de tránsito.

2.2.4.2. Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana.

Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no significa que el flujo sea constante durante toda la hora. ·

Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora misma. Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo (q_{\max}), que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Se expresa como:

$$\mathbf{FHMD=VHMD/N (q_{\max}) \dots\dots\dots (5)}$$

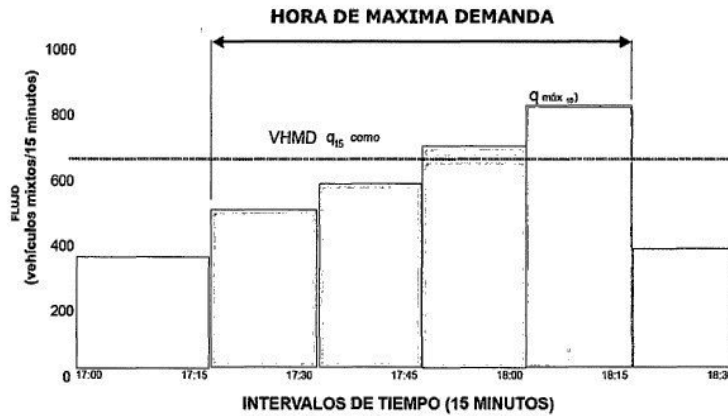
Donde:

N: Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, utilizándose éste último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$\mathbf{FHMD=VHMD/4(q_{\max 15}) \dots\dots\dots (6)}$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de *la* hora. Su mayor valor es *la* unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. (*Cal y Cárdenas 2000*).



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas- 2005 del Instituto de la Construcción y Gerencia ICG

Figura 5. Histograma de Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.

2.2.5. Capacidad Vial y Niveles de Servicio

Estos conceptos se aplican a los sistemas de transporte para análisis, tanto de diseño como de operación. Para los especialistas en transporte urbano, los sistemas en cuestión son: autopistas urbanas, vías urbanas (arterias y calles), intersecciones semaforizadas o no, infraestructura para autobuses y transporte público, infraestructuras peatonales y para ciclistas.

La capacidad depende de las unidades en cuestión (peatones, vehículos particulares, transporte público, etc.), el periodo de tiempo, y el área de la infraestructura en cuestión (carriles, ancho de la calzada, etc.).

El nivel de servicio es un intento en describir las condiciones operacionales del volumen del tránsito tal y como las percibe el usuario. Originalmente, el concepto de nivel de servicio era definido como una manera cualitativa de medir las condiciones operacionales de una vialidad. Esta medida cubriría idealmente factores como velocidad, tiempos de viaje, demoras, libertad de maniobras, interrupciones del tránsito, comodidad y conveniencia y, seguridad.

Para los especialistas de transporte, las medidas cuantitativas de estos factores son los de importancia; sin embargo, el concepto de

los niveles de servicio es de utilidad para la comunicación con el público en general.

Para cada tipo de infraestructura se definen seis categorías de niveles de servicio, del "A" al "F". El nivel "A" se refiere a condiciones de volumen libre. El nivel "E" se refiere a condiciones de volumen a capacidad y el nivel "F" a condiciones de congestión crítica. En ingeniería de tránsito existen dos tipos definidos de infraestructura: vías de flujo continuo y de flujo discontinuo.

a) Flujo Continuo:

Las vías de flujo continuos no tienen elementos fijos que sean obstáculo al volumen de tránsito y que provoquen interrupciones, tales como semáforos, altos, etc.

Vías de Flujo Continuo:

Los siguientes son ejemplos de vías de volumen continuo:

- Autopistas
- Tramos Básicos de Autopistas
- Áreas de Entrecruzamiento
- Enlaces
- Sistemas de Autopistas
- Carreteras de Carriles Múltiples
- Carreteras de Dos Carriles

b) Flujo Discontinuo:

Las vías de flujo discontinuo tienen elementos fijos que provocan la interrupción del tráfico de manera periódica. Estos elementos son: semáforos, señales de alto, y otros tipos de control. Estos mecanismos producen paradas del tránsito, indiferentemente de la cantidad de vehículos que existe.

Infraestructura de Flujo Discontinuo:

Las siguientes son ejemplos de infraestructura de flujo discontinuo:

- Intersecciones SemafORIZADAS
- Intersecciones no SemafORIZADAS (controladas por señales de alto y ceda el paso)

- Arterias
- Transporte Público
- Peatones
- Bicicletas

2.2.5.1. Capacidad Vial

En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de vías y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad u oferta.

Aparte del estudio de la capacidad de las vías y calles, el propósito que también generalmente se sigue es el de determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente vial.

Teóricamente la capacidad ($q_{\text{máx}}$) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos (peatones) que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable.

La infraestructura vial, sea ésta una vía o calle, puede ser de circulación continua o discontinua. Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos fijos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos, que produzcan interrupciones en el mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen

interrupciones periódicas del flujo de tránsito, tales como los semáforos, las señales de alto y otros tipos de regulación.

Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad.

2.2.5.2. Condiciones Prevalcientes

Es necesario tener en cuenta el carácter probabilístico de la capacidad, por lo que puede ser mayor o menor en un instante dado. A su vez, como la definición misma lo expresa, la capacidad se define para condiciones prevalcientes, que son factores que al variar la modifican. Estos se agrupan en tres tipos generales.

- **Condiciones de la infraestructura vial:** Son las características físicas de la vía o calle; el desarrollo de su entorno; las características geométricas (ancho de carriles y acotamientos, obstrucciones laterales, velocidad de proyecto, restricciones para el rebase y características de los alineamientos); y, el tipo de terreno donde se aloja la obra.
- **Condiciones del tránsito:** Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio, y a su composición en tipos de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos recreativos, según el sistema de clasificación vehicular adoptado.
- **Condiciones de control:** Hace referencia a los dispositivos para el control del tránsito, tales como semáforos y señales restrictivas (alto, ceda, el paso, no estacionarse, sólo vueltas a la izquierda, etc.)

2.2.5.3. Niveles de Servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio.

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros.

Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor.

2.2.5.4. Análisis de capacidad y niveles de servicio

(Gómez 2004: 177) Por lo general no se hacen estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de un camino. Más bien se trata de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien *el* volumen admisible dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con qué volúmenes y a qué plazo se llegará a la capacidad de esa parte del camino.

La velocidad es considerada el principal factor usado para identificar el Nivel de Servicio. Hay un segundo factor principal que es una relación, ya sea entre el volumen de

demanda y la capacidad, o bien la relación entre el volumen de servicio y la capacidad, según el problema específico. Aunque la escala de medición de los niveles de servicio puede incluir todos los factores considerados deseables, *el* uso de los dos factores principales mencionados se considera necesario para un análisis práctico.

La capacidad vial tiene un intervalo de valores que va desde los 2000 vehículos/hora/carril, para una autopista de condiciones ideales, hasta unos 300 vehículos/hora/carril, en una zona urbana de calles viejas y angostas, con gran porcentaje de vehículos pesados y fuerte volumen de vueltas. Para carreteras ideales de dos carriles, la capacidad es de 2000 vehículos/hora para ambos sentidos. El volumen de servicio será siempre una fracción de la capacidad en condiciones ideales.

El análisis que comúnmente se realiza sirve para determinar el efecto de los factores externos e internos en la capacidad ideal de cierto tramo de camino, y el volumen de servicio que corresponde a un nivel de servicio dado. Los estudios de capacidad sirven para aislar y medir esos factores. La determinación de estos factores y el procedimiento de análisis están contenidos en el "Manual de Capacidad Vial" editado por la Junta de Investigación Vial, de los Estados Unidos. Constituye el más extenso trabajo realizado hasta la fecha sobre capacidad de calles y caminos y aunque muchos de los factores pueden corresponder a condiciones específicas de la vialidad de los Estados Unidos, se le ha utilizado en otros países con resultados muy positivos.

La capacidad de un camino es tan variable como pueden serlo las variables físicas del mismo o las condiciones del tráfico. Por esa razón los análisis de capacidad se realizan aislando diversas partes de un camino, como un tramo recto, un tramo con curvas, un tramo con pendientes, el acceso a

una intersección, un tramo de entrecruzamiento, una rampa de enlace, etc.

Para fines de interpretación uniforme y metodológica ordenada, se han establecido los siguientes criterios:

1. El volumen y la capacidad son expresados en automóviles por hora para cada tramo del camino o calle.
2. El nivel de servicio se aplica a un tramo significativo del camino. Este puede variar en sus condiciones de operación, en diferentes puntos, debido a variaciones en el volumen de vehículos o en su capacidad.
3. Los elementos usados para medir la capacidad y los niveles de servicio son variables cuyos valores se obtienen fácilmente de los datos disponibles.

Para la capacidad, se requieren el tipo de camino, características geométricas, promedio de velocidad, composición del tráfico y variaciones del volumen. Para el nivel de servicio, los factores adicionales que se requieren son la velocidad y la relación de volumen a capacidad.

4. Por razones prácticas se han fijado valores de velocidades y relaciones de volumen a capacidad, que definen los niveles de servicio para autopistas, con y sin control de acceso, carreteras de dos y tres carriles, avenidas urbanas y calles del centro de una ciudad.
5. El criterio usado para una identificación práctica de los niveles de servicio de diversos tipos de caminos establece que deben considerarse los siguientes factores:

Tabla 2. Medidas de eficiencia para la definición de los niveles de servicio.

Tipo de infraestructura vial	Medidas de eficiencia
Autopistas <ul style="list-style-type: none">• Segmentos básicos• Tramos de entrecruzamiento• Rampas de enlaces	Densidad, velocidad, relación volumen a capacidad Densidad, velocidad Densidad
Carreteras <ul style="list-style-type: none">• Múltiples trochas• Dos trochas	Densidad, velocidad, relación volumen a capacidad Velocidad, % de tiempo de seguimiento
Intersecciones <ul style="list-style-type: none">• Con semáforos• De prioridad	Demora por controles Demora por controles
Arterias urbanas	Velocidad de recorrido
Transporte colectivo	Frecuencia, horas de servicio, carga de pasajeros
Ciclo vías	Eventos, demoras, velocidad
Peatones	Espacio, eventos, demoras, velocidad

Fuentes: TRB, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Washington, D.C. 1985

2.2.5.5. Velocidad de Recorrido

Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc.

Para todos los vehículos o para un grupo de ellos, la velocidad media de recorrido es la suma de sus distancias recorridas dividida entre la suma de los tiempos totales de viaje. Si todos o el grupo de vehículos recorren la misma distancia, la velocidad media de recorrido se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de los tiempos de recorrido. Así, puede verse que la velocidad

media de recorrido es una velocidad media espacial o con base en la distancia.

La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas.

2.2.5.6. Estudio de Velocidades

Ubicación de los Estudios

Los estudios de velocidades instantáneas se pueden hacer en ubicaciones generales o especiales.

Ubicaciones Generales: Son aquellas seleccionadas para estudios de tendencias o datos de encuestas básicas de tránsito. Para carreteras rurales, los estudios de tendencias se llevan a cabo en secciones rectas y sin pendiente lejos de intersecciones o desarrollos a los lados de la vía. En áreas urbanas se seleccionan ubicaciones a media cuadra, sin la influencia de estacionamientos y accesos.

Ubicaciones Especiales: Son aquellas seleccionadas para establecer límites de velocidad para calles específicas y secciones de vía, para evaluar mejoras de tránsito y para estudiar zonas de accidentes. Además, los estudios de velocidades se llevan a cabo en determinadas áreas para investigación y otros estudios especiales, o para evaluar la relación entre la velocidad y factores que puedan afectarla.

Para estimar la velocidad en una zona de manera precisa y no sesgada, se debe proceder de la siguiente forma:

1. El equipo de medición debe ser escondido de manera que el conductor no sepa que está siendo medido.
2. Si el observador necesita ver los vehículos, también debe esconderse.
3. Evitar tener público observando el aforo.
4. Chequear un número adecuado de velocidades de vehículos.

2.2.6. Aforos

Sirven para registrar el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, entran a una intersección o usan parte de un camino; como un carril, un paso de peatones o una acera.

2.2.6.1. Métodos de aforo

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico (registro automático) y el manual.

a) Aforo mecánico:

Hay equipos tan sofisticados como las cámaras fotográficas, que pueden emplearse para registrar datos en periodos de una hora o más. La mayoría de contadores automáticos se instalan en lugares específicos y en un periodo de un día a una semana. Este tipo de aforo tiene gran aplicación en aquellos casos en donde solo sea necesario un simple conteo del número de vehículos, sin separar el tipo de vehículos, dirección, uso de carril, etc. Sin embargo los aforos automáticos son obtenidos y utilizados para determinar la variación horaria, diaria y estimación del tránsito anual.

b) Aforos manuales:

Se usa uno o más aforadores (personas) para recopilar datos en lugares específicos, pueden emplearse de manera que se observe y obtenga la información detallada de clasificación vehicular, movimientos direccionales, etc.

En su forma más simple el aforo manual, requiere una persona con un lápiz para anotar mediante rayas los vehículos aforados en una hoja de campo.

2.2.6.2. Períodos de aforo

Como regla general, los aforos realizados en zonas urbanas durante la hora de máxima demanda, demostrarán los volúmenes mayores. Se recomienda periodos de aforo de 15

minutos; para determinar el factor de la hora de máxima demanda (FHMD). No es recomendable que los aforos se lleven a cabo en días festivos, ni un día antes o posterior a ellos. Tampoco cuando existen condiciones atmosféricas adversas que pudiera afectar el flujo vehicular.

2.3. Definición de términos básicos

Avenida: Calle ancha de doble sentido con calzadas separadas por una berma central. Las vías arteriales y colectoras reciben el nombre de avenida.

Aforo: Cuantificación del número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino.

Calle: En el sentido más genérico es una vía pública en la zona urbana, con ingreso y salida, destinada al tránsito de peatones y/o vehículos.

Calzada: Es la parte de la sección de la vía, destinada a la circulación exclusiva de vehículos. También se le conoce como superficie de rodadura.

Capacidad de vía1: Es el número máximo de pasajeros y/o vehículos de pasajeros que puede, mediante criterios establecidos, pasar por determinada vía, en un periodo de tiempo, en determinadas condiciones.

Conductor: Es la persona que tiene a su cargo el movimiento y dirección de un vehículo cualquiera, inclusive sin motor, generalmente denominado chofer.

Densidad de Tránsito: Es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carretera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetro.

Demora: Es el tiempo perdido por un vehículo debido a las causas más allá del control del conductor.

Flujo Continuo: Es la condición en la cual un vehículo recorre un tramo de un carril o vía, y no está obligado a parar por ninguna causa externa.

Flujo interrumpido: Es la condición en la cual un vehículo, en el recorrido por una vía, está obligado a parar por causas externas, tales como una intersección o señalización.

Ingeniería de Tránsito: Aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras.

Nivel de Servicio: Es la medida cualitativa descriptora de las condiciones operativas de un flujo viario y de su percepción de los motoristas y/o pasajeros.

Se describe generalmente estas condiciones en relación con variables tales como la velocidad y el tiempo de recorrido.

Tiempo de recorrido: Es el tiempo tomado por un vehículo para atravesar una sección dada en una vía.

Tránsito: Acción de transitar. Actividad de personas y vehículos que pasan por una calle, una carretera, etc.

Vehículo: Es un artefacto que sirve para transportar personas o cargas, impulsado por su propio motor, tracción o fuerza humana.

Velocidad: Se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Se expresa en km/h.

Velocidad de recorrido: También llamada velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el inicio hasta el fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla.

Velocidad en Régimen Libre: Es la velocidad media de los vehículos sobre las secciones de tramos arteriales que no están cerca de intersecciones con semáforos, observadas bajo condiciones de volumen de tráfico muy bajo, cuando los conductores no están restringidos por otros vehículos o por otros semáforos.

Volumen de Tránsito: Es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo.

Vía: Carretera, vía urbana o camino rural abierto a la circulación pública de vehículos y/o peatones.

III. MATERIAL Y METODOS

3.1. Material

3.1.1. Población

La Población estuvo constituida por los vehículos y transeúntes que Circulaban por las Avenidas: AV.HUSARES DE JUNIN, AV. FATIMA-LOS ANGELES.

3.1.2. Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó el muestreo aleatorio simple que se calculó con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 pq}{E^2}$$

Donde:

- n = Muestra óptima
- p y q = Parámetros estadísticos de la población (cuando son desconocidos se le asigna p = 50 y q = 50)
- E = Nivel o margen de error admitido 5%, considerado por investigador
- Z = Número de desviaciones estándar con respecto a P asociados a un nivel de confianza de 95%.

Reemplazando Valores:

$$n = \frac{65.83^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2} = 43,369 \text{ vehiculos}$$

Del número total de muestra se realiza una repartición proporcional y necesaria para medir nuestros volúmenes correspondientes en este caso asignando 2/3 del total a los vehículos y 1/3 del total a los transeúntes, quedando de la siguiente manera:

- N° de Vehículos para muestreo: $2/3 * 1537 = 28,913$ **vehículos aproximadamente por avenida.**
- N° de transeúntes para muestreo: $1/3 * 1537 = 14,456$ **transeúntes aproximadamente por avenida.**

3.1.3. Unidad de análisis

Son los vehículos y transeúntes que circulan en la intersección de estudio.

3.2. METODO

3.2.1. Tipo de investigación

Por lo tanto de acuerdo a la investigación planteada y en función de sus objetivos se incorpora el tipo de investigación descriptiva.

Según Arias (2004), "la investigación descriptiva, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento". (p.48).

La investigación se orienta hacia la incorporación de un diseño de campo, Por cuanto este diseño de investigación permite no sólo observar, sino Recolectar los datos directamente de la realidad en su ambiente cotidiano para así posteriormente analizar e interpretar los resultados de dicha investigación.

Para Alexis Pérez (2004), "la investigación de campo, el investigador recoge La información directa de la realidad, y está referida en fuentes primarias Los datos se obtienen a través de la aplicación de técnicas de recolección de datos."(p. 19).

3.2.2. Variables

3.2.2.1. Variable Dependiente

Evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio en la Intersección de las avenidas.

3.2.2.2. Variable independiente:

Avenidas: Av. Húsares de Junín, Av. Fátima-los Ángeles.

3.2.3. Operacionalización de variables

Variable Dependiente

Tabla 3. Evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio en la intersección de las avenidas

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnicas e instrumentos
<p>Evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio de la intersección de las avenidas. Es un proceso para conocer si en una intersección urbana, es el número máximo de vehículos que tiene razonable probabilidad de pasar por un tramo dado de carril o de calzada en un sentido(en ambos sentidos)durante un lapso dado, en las condiciones prevalecientes de calzada y tránsito. calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio.es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular .estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y tiempo recorrido ,la libertad de realizar maniobras, la comodidad ,la conveniencia y la seguridad vial.</p>	<p>Inventario Vehicular, obras de pistas y veredas y de semáforos</p>	<p>.Número de vehículos en hora punta . Tiempo de cambio de color de semáforos (distribución de fases)</p>	<p>¿Cuántos vehículos transitan en la zona de estudio en hora punta? ¿Cuántos semáforos existen? ¿Cuál es el estado actual de las veredas, calzada y pavimento? ¿Cuál es el estado de vías peatonales?</p>	<p>.Observación directa . Fichas nemotécnicas . cuaderno de notas . Uso de sistema de posicionamiento .Cartas topográficas .Cámara fotográfica</p>
	<p>Evaluación de la capacidad ,Nivel de servicio y demora</p>	<p>.vehículos y tipos en hora punta . medida de vereda, calzada y pavimento .sincronización de semáforos y tiempo de demora en el cambio de color(rojo,verde,ambar)</p>	<p>¿Cuáles son las condiciones de los vehículos? ¿Cuál es el estado actual de las avenidas, zona de estudio (veredas, calzada y pavimento)? ¿Cuál es el estado actual de los semáforos (mantenimiento y calibración)?</p>	<p>.observación directa .Fichas nemotécnicas .planos de vereda, calzada y pavimento .Normas de diseño .Cartas topográficas</p>
	<p>Niveles de intervención</p>	<p>.Mantenimiento diario .Mantenimiento mensual .Rehabilitación y mejoramiento</p>	<p>¿Cuáles son las tareas de mantenimiento diario? ¿Cuáles son las tareas de mantenimiento mensual? ¿Cuáles son las tareas de rehabilitación y mejoramiento?</p>	<p>.Observación directa .Fichas nemotécnicas . Lista de chequeo</p>
	<p>Modalidad de ejecución</p>	<p>.Administración Directa</p>	<p>¿Cuál es la modalidad de administración directa? ¿Cuál es la modalidad de contrato? ¿Cuál es la modalidad de convenios internacionales?</p>	<p>.Observación directa .Cuadro de notas</p>

Variable Independiente

Tabla 4. Avenidas: Av. Húsares de Junín, Av. Fátima-Los Ángeles

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnicas e instrumentos
AVENIDAS: AV. HUSARES DE JUNIN,AV.FATIMA-LOS ANGELES Es un proceso para conocer si en una intersección urbana, es el número máximo de vehículos que tiene razonable probabilidad de pasar por un tramo dado de carril o de calzada en un sentido (en ambos sentidos)durante un lapso dado, en las condiciones prevalcientes de calzada y tránsito. calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio.es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular .estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y tiempo recorrido ,la libertad de realizar maniobras, la comodidad ,la conveniencia y la seguridad vial.	Mantenimiento diario	Equipo y maquinaria Mano de obra Materiales	¿Qué equipo y maquinaria se necesita? ¿Cuál es la mano de obra necesaria? ¿Qué materiales se necesita?	.Observación directa. .Fichas nemotécnicas. .Cuaderno de notas. .Manual de rubros y rendimientos
	mantenimiento mensual	Equipo y maquinaria Mano de obra Materiales	¿Qué equipo y maquinaria se necesita? ¿Cuál es la mano de obra necesaria? ¿Qué materiales se necesita?	.Observación directa .Fichas nemotécnicas .cuaderno de notas .Manual de rubros y rendimientos
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SEMAFOROS Y VEHICULOS son los costos que los habitantes realizan para mantenerse con su salud optima, frente a la congestión y estado de las avenidas y frente a la contaminación y peligros ante riesgo de accidentes vehiculares.	costos variables	Alimentación Vestimenta Medicina	¿Cuánto consumo en alimentación? ¿Cuál es el tiempo de duración de su vestimenta? ¿Cuánto se gasta en medicina?	.Registro de viviendas y consumo .Hojas de vida y Salud .Lista de chequeo
	costos fijos	Seguros Impuestos	¿Cuánto se gasta en seguros? ¿Cuánto se gasta en seguros?	.Cuadro de notas y Registros de facturas

3.2.4. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de información para la presente investigación será en base a las técnicas de medición y observación, las cuales se utilizaran con el fin de recopilar los datos sobre una existente, cada una ayudará a asegurar una completa investigación.

Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento	Fuente de información
Encuesta	Cuestionario	Conductores y peatones
Observación	Fotos y videos	Vehículos en la intersección

3.2.5. Procedimientos y análisis de datos

Análisis del nivel de servicio de intersecciones con semáforo

El nivel de servicio se expresa en términos de la demora media por vehículo debida a las detenciones para un periodo de análisis de 15 minutos.

Parámetros que afectan al nivel de servicio:

- Promedio de demora de parada por vehículo para varios movimientos dentro la intersección para un periodo de análisis de 15 minutos. La demora es una medida de calidad del servicio de la vía al usuario.
- La calidad de la progresión.
- Longitud de las fases verdes
- Longitudes de ciclo, etc.

Variables que afectan al retraso:

- La calidad de la progresión.
- La longitud de ciclo.
- La relación del verde
- La relación volumen a capacidad (v/c) para el grupo de carriles en cuestión.

El método plantea 6 niveles de servicio para las intersecciones con semáforo que se detallaran a continuación:

Nivel de Servicio “A”

Describe operaciones con demoras muy bajas, menores a 5 segundos por vehículo. La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo. Presentan longitudes de ciclo cortas que pueden contribuir a demoras mínimas.

Nivel de Servicio “B”

Describe operaciones con demoras mayores a 5 segundos hasta 15 segundos por vehículo.

Algunos vehículos comienzan a detenerse causando retrasos.

Nivel de Servicio “C”

Describe operaciones con demoras mayores a 15 segundos hasta 25 segundos por vehículo.

Estos retrasos elevados pueden dar como resultado una progresión de tránsito regular. Las longitudes de ciclo son largas. Algunos ciclos empiezan a malograrse. El número de vehículos parados es significativo.

Nivel de Servicio “D”

Describe operaciones con demoras mayores a 25 segundos hasta 40 segundos por vehículo.

En un nivel D la influencia de congestión se vuelve más apreciable. Las demoras son resultado de una progresión de tránsito mala o llegada en la fase roja. Las longitudes de ciclo son amplias y las relaciones de v/c son altas. Muchos vehículos se detienen, los ciclos malogrados se hacen más notorios.

Nivel de Servicio “E”

Describe operaciones con demoras mayores a 40 hasta 60 segundos por vehículo.

Este nivel es considerado por muchas agencias de ser el límite de un retraso aceptable. Estos valores altos de retraso generalmente indican una pobre progresión, longitudes de ciclo muy largos y relaciones de v/c altas.

Nivel de Servicio “F”

Describe operaciones con demoras mayores a 60 segundos por vehículo. Este nivel, considerado inaceptable para la mayoría de los conductores, a menudo ocurre una sobresaturación, que es,

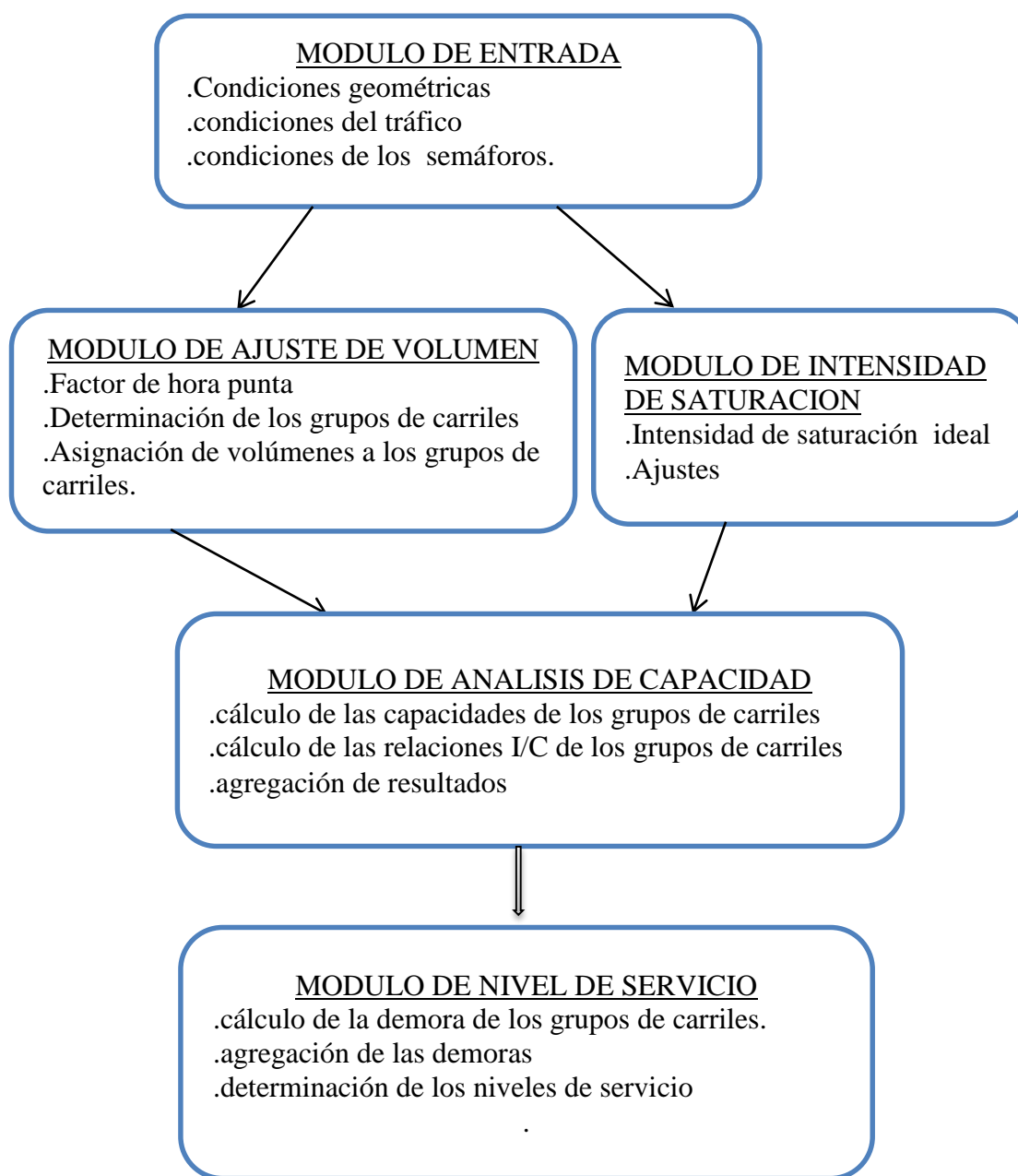
cuando los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección. Presentan muchos ciclos malogrados, una pobre progresión y largas longitudes de ciclo.

Metodología del análisis operacional de intersecciones con semáforo

El análisis operacional determina la capacidad y el nivel de servicio para cada grupo de carriles o acceso y finalmente el nivel de servicio global de la intersección. Debido a que el análisis operacional de las intersecciones con semáforo es compleja, está dividido en cinco módulos distintos, como sigue:

- 1) Módulo de entrada:** Se refiere a toda la información requerida para los cálculos subsecuentes. El modulo incluye todos los datos necesarios sobre la geometría de la intersección, volúmenes de tráfico y condiciones de la señalización.
- 2) Módulo de ajuste del volumen:** Las demandas de volumen son generalmente basados en términos de vehículos por hora para una hora pico.
El módulo de ajuste de volumen convierte esto a relación de flujo para un periodo de análisis pico de 15 min. y se toma en cuenta para los efectos de la distribución de carriles. La definición del grupo de carriles para análisis además toma lugar en este módulo.
- 3) Módulo de flujo de saturación:** El flujo de saturación es calculado para cada grupo de carriles establecidos para el análisis. Se tomara en cuenta un flujo de saturación “ideal” para reflejar una variedad de condiciones prevalecientes.
- 4) Módulo de análisis de capacidad:** Las relaciones de flujo de volúmenes y saturación son manipulados para calcular la capacidad y las relaciones v/c para cada grupo de carriles y la relación v/c crítica para la intersección.
- 5) Modulo del Nivel de Servicio:** Las demoras se estiman para cada grupo de carriles y se determina el nivel de servicio.

Figura 6. Procedimiento para el análisis de la circulación



Módulo de entrada

Muestra la información necesaria para el análisis operacional. Esta información tiene 4 categorías principales: condiciones geométricas, condiciones de tránsito, condiciones de los semáforos y valores sustitutivos por omisión.

Condiciones geométricas

Se refiere a la configuración física de la intersección como ser:

- Número y ancho de carriles.
- Movimientos por carril.

- Ubicación de estacionamientos.
- Longitudes de bahías para vueltas.
- Pendientes de los accesos.

Condiciones de tránsito

Se consideran los volúmenes de tránsito para cada movimiento en cada acceso y la composición de automóviles, autobuses y camiones.

Ocasionalmente, algunos de los datos de campo podrían no estar disponibles, cuando variables críticas no son conocidas, podría ser necesario conducir un análisis de planeación, sin embargo, valores sustitutos por omisión podrían ser usados para algunas de las variables sin comprometer seriamente los cálculos. La precaución debe ser usada cuando se aplican tales valores y deberá ser reconocido que los resultados se vuelven más aproximados mientras más valores sustitutos por omisión se utilicen.

La tabla N° 5.45 resume los valores sustitutos por omisión para usar cuando los datos de campo no están disponibles. El uso de muchos de esos valores genera un no ajuste a la base, condiciones ideales, pero esto no es cierto para cada valor sustitutivo por omisión, como en el caso del porcentaje de vehículos pesados y factores de hora pico.

Módulo de ajuste de volúmenes

Tres pasos analíticos mayores son desarrollados en el módulo de ajuste de volumen:

Convertir los volúmenes horarios a flujos durante 15 minutos a través del factor de hora de máxima demanda.

$$V_p = \frac{V}{FHMD}$$

Donde:

v_p = Tasa de flujo durante el periodo de 15 minutos pico, (veh/h).

V = Volumen horario, (veh/h).

$FHMD$ = Factor de hora pico de máxima demanda.

Para el análisis operacional es necesario establecer grupos de carriles apropiados. Deberán establecerse grupos de carriles

separados, cuando se disponga de bahías exclusivas de vuelta a la izquierda y a la derecha; los demás carriles directos se consideran en un grupo simple de carriles.

Cuando se tenga carriles de vuelta a la izquierda compartidos, se deberá evaluar la operación en el carril compartido para determinar si efectivamente funciona como carril exclusivo de vuelta a la izquierda, debido a la presencia de altos volúmenes de vuelta a la izquierda. Para un acceso, cuando el flujo de vuelta a la izquierda en el carril de la extrema izquierda es menor que el flujo promedio en los demás carriles, se supone que los vehículos directos comparten el carril izquierdo y todo el acceso puede suponerse en un grupo de carriles simple. En caso de ser mayor, el carril izquierdo se debe designar como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda, en un grupo de carriles separado. Matemáticamente esto se expresa así

$$v_1 < \frac{v_a - v_1}{N - 1}$$

Donde:

v_1 = Flujo actual de vuelta a la izquierda, (veh/h).

v_a = Flujo total en el acceso, (veh/h).

N = Número de carriles en el acceso.

Si se cumple la desigualdad, el carril extremo izquierdo es un carril compartido y se usa un solo grupo de carriles para todo el acceso. Si por el contrario, se cumple la desigualdad, el carril extremo izquierdo actúa como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda y, por lo tanto, deberá establecerse como un grupo separado de carriles.

En cuanto a la asignación de volúmenes a grupos de carriles, se sabe que cuando dos o más carriles sirven a un mismo movimiento vehicular, los volúmenes no se distribuyen de manera igual entre los carriles. Por lo tanto, un carril carga un volumen de tránsito mayor que los demás. De donde el flujo ajustado para cualquier grupo de carriles es:

$$V_i = V_{gi} U_i$$

Donde:

V_i = flujo de demanda ajustado en el grupo de carriles i (vph)

V_{gi} = flujo de demanda no ajustado en el grupo de carriles i (vph)

U_i = factor de utilización de carril para el grupo de carriles i

El factor de utilización de carril U_i es de 1.00, 1.05 y 1.10 para uno, dos y tres o más carriles en el grupo.

Módulo Del Flujo De Saturación

El flujo de saturación se calcula mediante estudios de campo o con la siguiente expresión:

$$S = S_0(N)(f_{vp})(f_P)(f_E)(f_B)(f_L)(f_{VD})(f_{VI})$$

Donde:

S = Flujo de saturación de carriles, expresado como el total para todos los carriles del grupo, bajo condiciones prevalecientes (veh/hv).

S_0 = Flujo de saturación en condiciones ideales, tomando usualmente como 1800 vehículos ligeros por hora de luz verde por carril, (vl/hv/c).

N = Número de carriles del grupo.

f_A = Factor de ajuste por efecto de ancho de carril.

f_{vp} = Factor de ajuste por vehículos pesados.

f_P = Factor de ajuste por pendiente del acceso.

f_E = Factor de ajuste por la existencia de carriles de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles, y la actividad de estacionamiento en ese carril.

f_B = Factor de ajuste por paradas de autobuses.

f_L = Factor de ajuste por localización de la intersección.

f_{MD} = Factor de ajuste por vueltas a la derecha en el grupo de carriles.

f_{MI} = Factor de ajuste por vueltas a la izquierda en el grupo de carriles.

Tabla 6. Factor de ajuste por ancho de carril (f_A)

ANCHURA (f_A)			
$f_A = 1 + \frac{A - 3.60}{9}$ A = Ancho del carril (2,40 ≤ A ≤ 4,80 m)			
Ancho (m)	f _A	Ancho (m)	f _A
2.40	0.867	3.60	1.000
2.70	0.900	3.90	1.033
3.00	0.933	4.20	1.067
3.30	0.967	4.50	1.100

Fuente: Manual de capacidad de carreteras -HCM 2000

Tabla 7. Factor de ajuste por vehículos pesados (f_P)

PESADOS (f_P)			
$f_P = \frac{1}{1 + P_p \cdot (E_C - 1)}$ P _p = % de vehículos pesados (0 ≤ P _p ≤ E _C = 2.0)			
% Pesados	f _P	% Pesados	f _P
0	1.000	25	0.800
2	0.980	30	0.769
4	0.962	35	0.741
6	0.943	40	0.714
8	0.926	45	0.690
10	0.909	50	0.667
15	0.870	75	0.571
20	0.833	100	0.500

Fuente: Manual de capacidad de carreteras HCM 2000

Tabla 8. Factor de ajuste por pendiente del acceso (f_P)

INCLINACIÓN (f_i)		
$f_i = 1 - \frac{i}{200}$ i = Pendiente en % (-6 ≤ i ≤ +10)		
TIPO	PENDIENTE (%)	f _i
Bajada	-6 ó inferior	1.030
	-4	1.020
	-2	1.010
A nivel	0	1.000
Subida	+2	0.990
	+4	0.980
	+6	0.970
	+8	0.960
	+10 ó sup.	0.950

Fuente: Manual de capacidad de carreteras HCM 2000

Tabla 9. Factor de ajuste por estacionamiento (fE)

ESTACIONAMIENTO (f _e)			
$f_e = 1 - \frac{0.1}{N} - \frac{18 \cdot N_m}{3600 \cdot N} > 0.05$			
N _m = N° de estacionamientos por hora (0 ≤ N _m ≤ 180)			
N _m	N° de carriles (N)		
	1	2	3
Prohibido	1.000	1.000	1.000
0	0.900	0.950	0.967
10	0.850	0.925	0.950
20	0.800	0.900	0.933
30	0.750	0.875	0.917
40	0.700	0.850	0.900
50	0.650	0.825	0.883
60	0.600	0.800	0.867
70	0.550	0.775	0.850

Fuente: Manual de capacidad de carreteras HCM 2000

Tabla 10. Factor de ajuste por paradas de autobuses (fB)

PARADAS DE AUTOBÚS (f _{bb})						
$f_{bb} = 1 - \frac{14.4 \cdot N_b}{3600 \cdot N} \geq 0.05$						
N _b = N° de autobuses que paran por hora (0 ≤ N _b ≤ 250)						
N° DE CARRILES (N)	N° DE AUTOBUSES QUE PARAN POR HORA (N _b)					
	0	10	20	30	40	50
1	1.000	0.960	0.920	0.880	0.840	0.800
2	1.000	0.980	0.960	0.940	0.920	0.900
3	1.000	0.987	0.973	0.960	0.947	0.933

Fuente: Manual de capacidad de carreteras -HCM 2000

Tabla 11. Factor de ajuste por localización de la intersección (fL)

ZONA URBANA (f _{ar})		
TIPO DE ÁREA	CENTRO URBANO (CBD)	ZONAS PERIFÉRICAS
FACTOR DE ÁREA (f _{ar})	0.90	1.00

Fuente: Manual de capacidad de carreteras -HCM 2000

Tabla 12. Factor de ajuste por giros a la derecha (fMD)

GIROS A LA DERECHA (f _{gd})						
P _{gd} = Proporción de giros a la derecha P _{gd,p} = Proporción de giros protegidos a la derecha I _p = Intensidad peatonal en conflicto (pt/h)						
CARRIL (EXCL=Exclusivo, COMP=Compartido) FASE (PROT=Protegida, PERM=Permitida, PR+PE=Protegida/Permitida)						
N°	CASO		RANGO DE VARIABLES			FÓRMULA SIMPLIFICADA
	CARRIL	FASE	P _{gd}	P _{gd,p}	I _p	
1		PROT.	1.0	1.0	0	0.85
2	EXCL.	PERM.	1.0	0	0-1700	0.85 - (I _p /2100)
3		PR+PE	1.0	0-10	0-1700	0.85 - (I _p /2100) - (1 - P _{gd,p})
4	COMP.	PROT.	0-1	1.0	0	1 - 0.15 · P _{gd}
5		PERM.	0-1	0	0-1700	1 - P _{gd} · (0.15 + I _p /2100)
6		PR+PE	0-1	0-10	0-1700	1 - P _{gd} · $\left(0.15 - \frac{I_p \cdot (1 - P_{gd,p})}{2100}\right)$
7	ACCESO DE UN SOLO CARRIL		0-1	-	0-1700	0.90 - P _{gd} · (0.135 + I _p /2100)

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

Tabla 13. Factor de ajuste por giros a la izquierda (f_{gi})

GIROS A LA IZQUIERDA (f_{gi})			
P _{gi} = Proporción de giros a la izquierda Q ₀ = Intensidad en sentido opuesto (veh/h)			
CASO			FÓRMULA SIMPLIFICADA
Nº	CARRIL	FASE	
1	EXCL.	PROT.	0.95
2		PERM.	Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad)
3		PR+PE	Caso 1 a fase protegida Caso 2 a fase permitida
4	COMP.	PROT.	$f_{gi} = 1/(1+0.05 \cdot P_{gi})$
5		PERM.	Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad)
6	PR+PE	Q ₀ < 1.220	$f_{gi} = \frac{1400 - Q_0}{(1400 - Q_0) + P_{gi} \cdot (235 + 0.435Q_0)}$
		Q ₀ ≥ 1.220	$f_{gi} = \frac{1}{1 + 4.525 \cdot Q_0}$
7	ACCESO DE UN SOLO CARRIL	No se contempla	

Fuente: Manual de capacidad de carreteras HCM 2000

Módulo de análisis de capacidad

La capacidad para cada acceso o grupo de carriles se calcula a partir de la ecuación:

$$c_i = s_i (g_i/C)$$

La relación volumen a capacidad v/c para cada acceso o grupo de carriles se determina con la ecuación:

$$X_i = (v/c) i = v_i/(s_i g_i/C) = (v/s) i/(g_i/C)$$

El grado de saturación crítico de la intersección se calcula a partir de la ecuación:

$$X_c = \frac{C}{C - L} \left[\sum (v/s) c_i \right]$$

Módulo del nivel de servicio

El nivel de servicio para cada grupo de carriles, para cada acceso y para toda la intersección mediante la demora media por detenciones por vehículo. Se plantea el siguiente procedimiento:

La demora total para el grupo de carriles i se expresa como:

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

Donde:

d_i = demora total para el grupo de carriles i (s/veh)

d_{1i} = demora total para el grupo de carriles i (s/veh)

d_{2i} = demora incremental para el grupo de carriles i (s/veh)

La demora uniforme es la que ocurriría si los vehículos llegaran uniformemente distribuidos sin existir saturación durante ningún ciclo.

Se expresa como:

$$d_{1i} = 0.38C \frac{[1 - (g_i/C)]^2}{[1 - (g_i/C)X_i]}$$

Donde:

d_{1i} = Demora uniforme para el grupo de carriles “ i ”, (s/veh).

C = Longitud de ciclo del semáforo, en segundos.

$X_i = (v/c)_i$ = Grado de saturación para un acceso o un grupo de carriles i :

g_i = Tiempo verde efectivo para el acceso o grupo de carriles i , en segundos.

La *demora incremental* (d_{2i}), considera las llegadas aleatorias, logrando que algunos ciclos se saturen. Se expresa como:

$$D_{2i} = 173X_i^2 \left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + (16X_i/C_i)} \right]$$

Donde:

d_{2i} = Demora incremental para el grupo de carriles “ i ”, (s/veh).

$X_i = (v/c)_i$ = Grado de saturación para un acceso o un grupo de carriles i :

c_i = Capacidad del acceso o grupo de carriles “ i ”, (veh/h).

La *demora total* (d_i), para el grupo de carriles “ i ” se expresa como:

Es necesario *ajustar la demora total* (d_{ia}), ya que en la mayoría de los casos las llegadas de vehículos no son del todo aleatorias, sino que lo hacen en forma agrupada debido a la progresión en los semáforos y otros factores: Por lo tanto:

$$d_{ia} = d_i(FP)$$

Donde:

d_{ia} = Demora ajustada para el grupo de carriles “ i ”, (s/veh).

d_i = Demora total para el grupo de carriles “ i ”, (s/veh).

FP = Factor de ajuste por efecto de la progresión de los semáforos.

La *demora en cualquier acceso* (d_A), se determina como un promedio ponderado de las demoras totales de todos los grupos de carriles del acceso, a través de la siguiente ecuación:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (d_{it} v_i)}{\sum_{i=1}^{n_A} v_i}$$

Donde:

d_A = Demora en cualquier acceso. (s/veh).

n_A = Número de grupos de carriles en el acceso A.

d_{it} = Demora ajustada para el grupo de carriles “i”, (s/veh).

v_i = Flujo de demanda ajustado en el grupo de carriles “i”, (veh/h).

La *demora en la intersección* (d_I), se determina como un promedio ponderado de las demoras de todos los accesos de la intersección, según:

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^T (d_A v_A)}{\sum_{A=1}^T v_A}$$

Donde:

d_I = Demora en la intersección. (s/veh).

d_A = Demora en cualquier acceso. (s/veh).

v_A = Flujo ajustado del acceso A. (veh/h)

T = Número de accesos en la intersección

Se realizó la investigación y selección de la zona de estudio teniendo en cuenta los problemas de la vialidad que existe actualmente en la ciudad de Trujillo.

El estudio tiene la finalidad de determinar el nivel de servicio de las vías antes mencionadas, las cuales en la actualidad atraviesan por problemas congestiónamiento en horas punta.

A continuación se describe detalladamente cada uno de los pasos a seguir para la realización del presente estudio:

- 1) Se inicia con la recopilación de la información, para la cual se realizó un aforo vehicular en forma manual en los tramos de las vías a intervenir en el cual se debe registrar el número de vehículos por categoría en intervalos de 15 minutos, iniciándose el registro desde las 6:00a.m. Hasta las 10:00p.m.
- 2) Los datos obtenidos se procesan con la ayuda de hojas de cálculo Excel, realizando el análisis de flujo vehicular para cada tramo: Esto implica determinar entre otros el volumen de tránsito vehicular y el porcentaje por clase de vehículo que transitan en las horas evaluadas, el volumen horario de máxima demanda y el factor horario de máxima demanda, para cada caso se hace uso de la fórmula correspondiente, detallada en el marco teórico.
- 3) Una vez determinado el volumen horario de máxima demanda, se recurre a las avenidas nuevamente para realizar el estudio de velocidades, en este caso la velocidad de recorrido, el cual se hace en la hora de mayor demanda. La toma de datos se realiza en cada tramo y consiste en cronometrar los tiempos de recorrido de una cantidad determinada de vehículos, establecida mediante fórmulas estadísticas (tamaño de muestra), a su paso por el tramo en estudio, anteriormente se debe fijar la distancia de recorrido. Tener en cuenta que el tiempo involucra el tiempo en movimiento más tiempo de paradas. Los datos son anotados en la libreta de campo, luego se digitan en hojas Excel y aplicando la ecuación de velocidad media espacial se determina la velocidad promedio para cada tramo. La misma que será útil para determinar el Nivel de Servicio de la vía.
- 4) Finalmente con la velocidad de recorrido promedio de cada tramo de vía, se determina el nivel de servicio, para esto se emplea la tabla Niveles de Servicio en Arterias del Highway Capacity Manual (Manual de Capacidad de Carreteras), tabla de doble entrada, que recurre a los valores de la velocidad de recorrido y la clase de arteria para establecer el nivel de servicio de cada vía, objetivo de la investigación.

3.2.6. Técnicas de Análisis de datos

La recolección de información se hizo a través de la observación directa, tanto para cuantificar el número de vehículos que transitan por las vías (aforo), como para la obtención de los tiempos de recorrido de los vehículos, en el primero se realizó conjuntamente con el llenado del cuadro de aforo respectivo; y para el segundo haciendo uso de cronómetros y wincha, esta última para determinar la distancia de recorrido.

El análisis de datos se realizó netamente en gabinete, con el apoyo de las hojas de cálculo Excel (elaboración propia) y las fórmulas establecidas en el marco teórico. El análisis de datos corresponde a la determinación de volúmenes de tránsito vehicular, factor horario de máxima demanda, velocidades de recorrido, velocidad de recorrido promedio, entre otros.

IV. RESULTADOS

Tabla 14. Índice Medio Diario

Semáforo	TRAMO		RUTA	IMD	TIPO DE VEHICULO		
	INICIO	FIN			AUTOMOBIL	BUSES	CAMIONES
B	Av. AMÉRICA	Av. FÁTIMA	HÚSARES	13,624	13,616	2	6
C	Jr. Acacias	Av. HÚSARES	FÁTIMA	11,134	10,884	229	22
A	Jr. Los Laureles	Los Ángeles	FÁTIMA	10,978	10,511	283	184
D	Jr. Los Sauces	Av. FÁTIMA	Los Ángeles	7,633	7,256	268	109

Fuente: PROPIA

- a) Av. Húsares de Junín (sentido de Flujo: Av. América – Av. Fátima)

Tabla 15. Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.

Variación Horaria del Volumen de Tránsito TRAMO: Av. HUSARES DE JUNIN SEMAFORO B Norte Promedio semanal									
HORA DEL DIA		Automóviles		Autobuses		Camiones		total	
		5	19(1)	5	19(1)	5	19(1)		
19:00	19:15	88	128	21	0		1		237
19:15	19:30	89	135	22	0		0		246
19:30	19:45	80	84	58	0		0		221
19:45	20:00	60	59	44	0		0		164

Fuente: PROPIA

Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

Hora de máxima demanda: 19:00 p.m. – 20:00 p.m.

Tabla 16. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

Periodo (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
19:00	19:15	237	868
19:15	19:30	246	
19:30	19:45	221	
19:45	20:00	164	

Factor horario de máxima demanda (FHMD)

$$VHMD = 868 \text{ veh/h}$$

$$q_{\max} = 246 \text{ veh/ (15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación:

$$FHMD_{15} = \frac{868}{4(246)} \quad FHMD_{15} = 0.88$$

EL FHMD ES 0.88, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

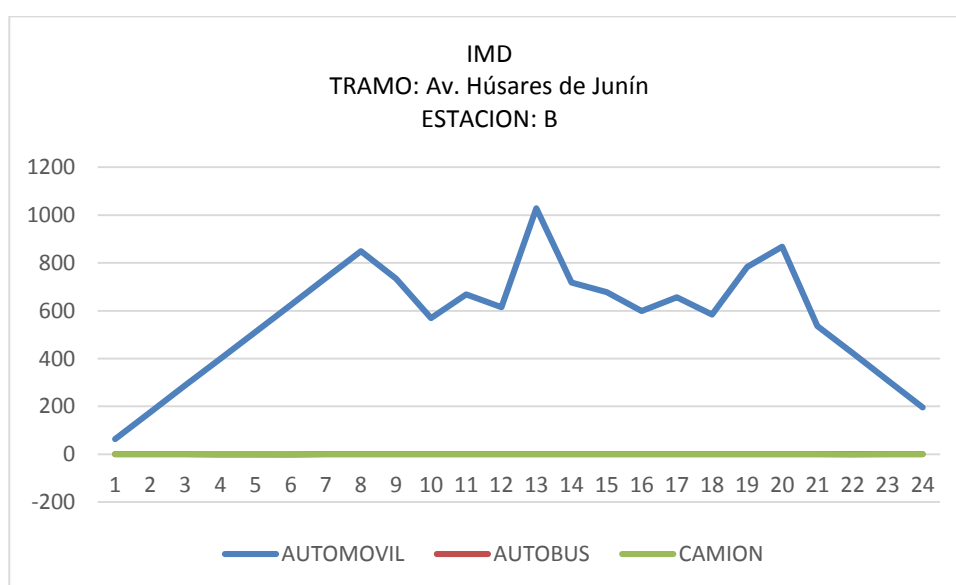
Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla anterior y de acuerdo a la ecuación de la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{\text{máx}} = q = \frac{246 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{\text{hora}} \right)$$

$$q = 984 \text{ veh/h}$$

$q > \text{VHMD}$, significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (19:00- 20:00) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.



Fuente: PROPIA

Figura 7. Histograma de la Variación del Volumen de Transito en la Hora de máxima demanda para la Av. Húsares de Junín (Av. América – Av. Fátima)

b) Av. Los Ángeles (sentido de Flujo: Jr. Arboleda – Av. Fátima)

Tabla 17. Aforo vehicular (TPDS)

Variación Horaria del Volumen de Transito									
TRAMO: AV. LOS ÁNGELES SEMAFORO D									
Promedio semanal									
HORA DEL DIA		Automóviles		Autobuses		Camiones		total	
19:00	19:15	37	54	9	4	2	2	9	106
19:15	19:30	39	59	10	5	2	2	9	115
19:30	19:45	39	60	10	5	2	2	9	116
19:45	20:00	40	59	10	4	2	2	9	115

Fuente: PROPIA

Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

Hora de máxima demanda: 19:00 p.m. – 20:00 p.m.

Tabla 18. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

Periodo (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
19:00	19:15	106	452
19:15	19:30	115	
19:30	19:45	116	
19:45	20:00	115	

Factor horario de máxima demanda (FHMD)

$$\text{VHMD} = 452 \text{ veh/h}$$

$$q_{\max} = 116 \text{ veh/ (15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación:

$$\text{FHMD}_{15} = \frac{452}{4(116)} \quad \text{FHMD}_{15} = 0.97$$

EL FHMD ES 0.97, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

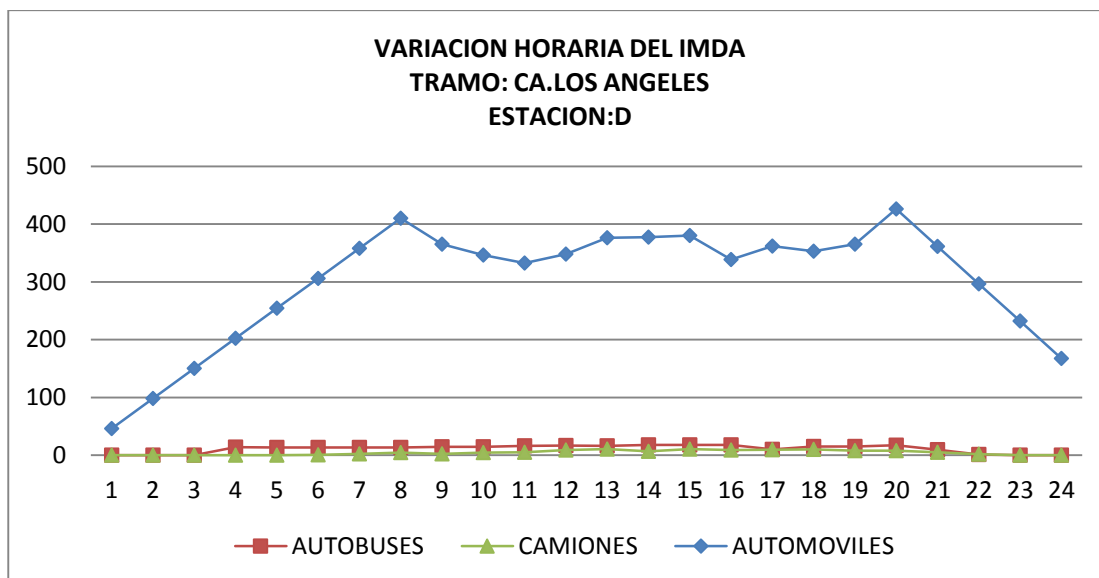
Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla anterior y de acuerdo a la ecuación de la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{\max} = q = \frac{116 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{\text{hora}} \right)$$

$$q = 468 \text{ veh/h}$$

$q > \text{VHMD}$, significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (19:00- 20:00) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.



Fuente: PROPIA

Figura 8. Histograma de la Variación del Volumen de Transito en la Hora de máxima demanda para la Av. Los Ángeles (sentido de Flujo: Jr. Arboleda – Av. Fátima)

c) Av. Fátima_O (sentido de Flujo: Jr. Los Laureles – Los Ángeles)

Tabla 19. Aforo vehicular (TPDS)

Variacion Horaria del Volumen de Transito TRAMO: Av. Fátima SEMAFORO A oeste Promedio semanal									
HORA DEL DIA		Automóviles		Autobuses		Camiones		total	
19:00	19:15	55	80	13	5	3	9	156	
19:15	19:30	67	102	17	4	3	9	192	
19:30	19:45	69	73	50	4	3	9	198	
19:45	20:00	57	55	42	4	2	9	160	

Fuente: PROPIA

Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

Hora de máxima demanda: 19:00 p.m. – 19:20 p.m.

Tabla 20. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

Periodo (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
19:00	19:15	196	706
19:15	19:30	192	
19:30	19:45	198	
19:45	20:00	160	

Factor horario de máxima demanda (FHMD)

$$VHMD = 746 \text{ veh/h}$$

$$q_{\max} = 198 \text{ veh/ (15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación:

$$FHMD_{15} = \frac{706}{4(198)} \quad FHMD_{15} = 0.89$$

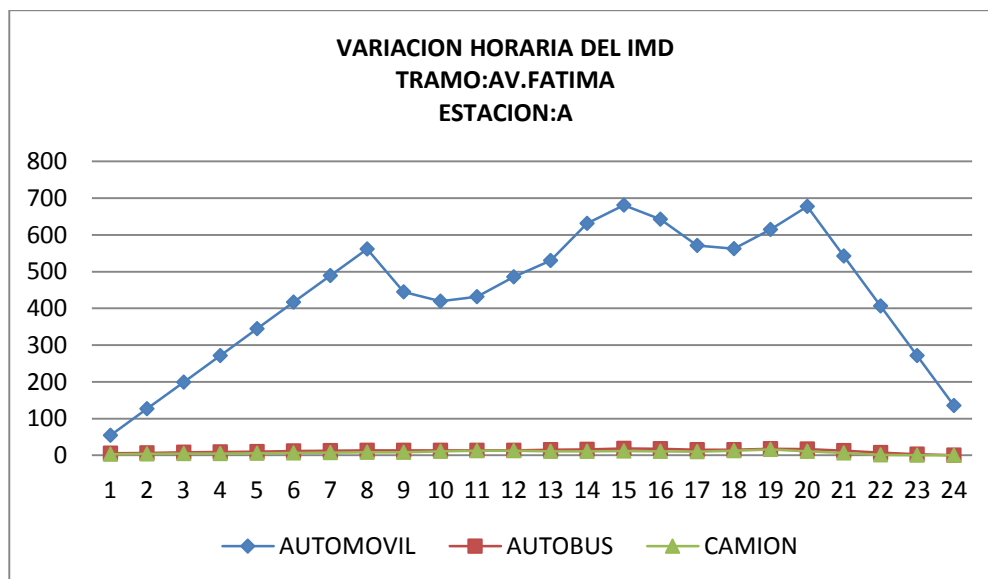
EL FHMD ES 0.89, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla anterior y de acuerdo a la ecuación de la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{\max} = q = \frac{198 \text{ veh} \left(\frac{60 \text{ min}}{\text{hora}} \right)}{15 \text{ min}}$$
$$q = 792 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$, significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (19:00- 20:00) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.



Fuente: PROPIA

Figura 9. Histograma de la Variación del Volumen de Transito en la Hora de máxima demanda para la Av. Fátima (sentido de Flujo: Jr. Los Laureles – Los Ángeles)

d) Av. Fátima_E (sentido de Flujo: Jr. Las Acacias – Av. Húsares d Junín)

Tabla 21. Aforo vehicular (TPDS)

Variación Horaria del Volumen de Transito									
TRAMO: Av. Fátima SEMAFORO C									
Este									
Promedio semanal									
HORA DEL DIA		Automóviles		Autobuses		Camiones		total	
19:00	19:15	80	116	19	3	0	1	219	
19:15	19:30	80	122	20	3	0	0	225	
19:30	19:45	58	62	42	3	0	0	165	
19:45	20:00	40	39	29	3	0	0	111	

Fuente: PROPIA

Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

Hora de máxima demanda: 19:00 p.m. – 20:00 p.m.

Tabla 22. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

Periodo (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
19:00	19:15	219	722
19:15	19:30	225	
19:30	19:45	165	
19:45	20:00	111	

Factor horario de máxima demanda (FHMD)

$$VHMD = 722 \text{ veh/h}$$

$$q_{\max} = 225 \text{ veh/ (15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación:

$$FHMD_{15} = \frac{722}{4(225)} \quad FHMD_{15} = 0.80$$

EL FHMD ES 0.80, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

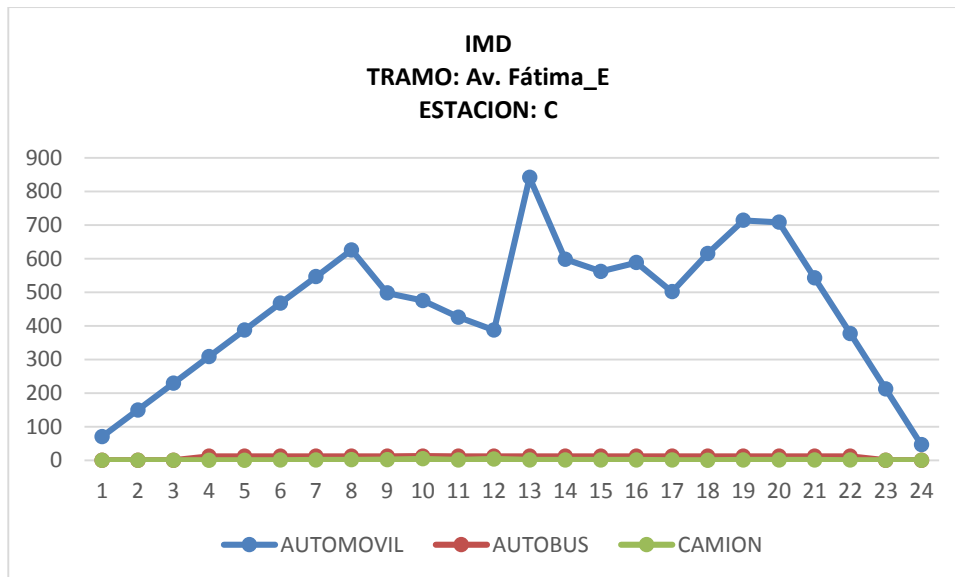
Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla anterior y de acuerdo a la ecuación de la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{\max} = q = \frac{225 \text{ veh} \left(\frac{60 \text{ min}}{\text{hora}} \right)}{15 \text{ min}}$$

$$q = 900 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$, significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (19:00- 20:00) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.



Fuente: PROPIA

Figura 10. Histograma de la Variación del Volumen de Transito en la Hora de máxima demanda para la Av. Fátima (sentido de Flujo: Jr. Las Acacias – Av. Húsares de Junín)

Tabla 23. Factor de Máxima Demanda

ID	VHMD	QMAX	FHMD	HMD
1	868	246	0.88	19:00 pm- 20:00 pm
2	722	225	0.80	19:00 pm- 20:00 pm
3	706	198	0.89	19:00 pm- 20:00 pm
4	452	116	0.97	19:00 pm- 20:00 pm

En la tabla 23: se muestra los factores de máxima demanda, los cuales se observa que se aproxima a la unidad, esto indica que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

En la misma tabla podemos observar que las horas de máxima demanda son entre las 19:00 pm – 20:00

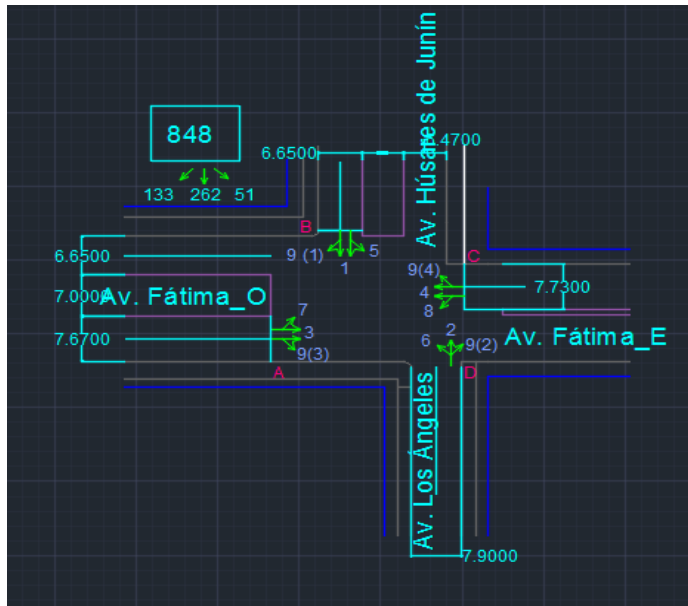


Figura 11. Nomenclatura

Tabla 24: NOMENCLATURA

ACCESO	MOVIMIENTO	CÓDIGO
NORTE	DIRECTO	1
	GIRO A IZQUIERDA	5
	GIRO A DERECHA	9(1)
SUR	DIRECTO	2
	GIRO A IZQUIERDA	6
	GIRO A DERECHA	9(2)
OESTE	DIRECTO	3
	GIRO A IZQUIERDA	7
	GIRO A DERECHA	9(3)
ESTE	DIRECTO	4
	GIRO A IZQUIERDA	8
	GIRO A DERECHA	9(4)

Estudio de velocidades y determinación del nivel de servicio:

- Distancia de recorrido

Tabla 24. Distancia de los tramos para medición de velocidades

RUTA	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
Ruta 1	346	20
Ruta 2	346.5	20.09
Ruta 3	318.02	20.34
Ruta 4	417.75	19.80
Ruta 5	315	20.11
Ruta 6	353.72	20.06
Ruta 7	440	20
Ruta 8	345.41	21.37

Ruta 9(1)	371	20
Ruta 9(2)	233	20
Ruta 9(3)	352	20.15
Ruta 9(4)	402	20.10

Fases del semáforo

Fase No.	Acceso	Tiempo (segundos)		
		Verde	Ámbar	Rojo
1	Norte (N)	43	3	60
2	Oeste (O)	48	3	55
3	Sur (S)	43	3	60
4	Este (E)	48	3	55

El semáforo funciona en un ciclo de 120 segundos

Se requiere evaluar el nivel de servicio de cada uno de los accesos

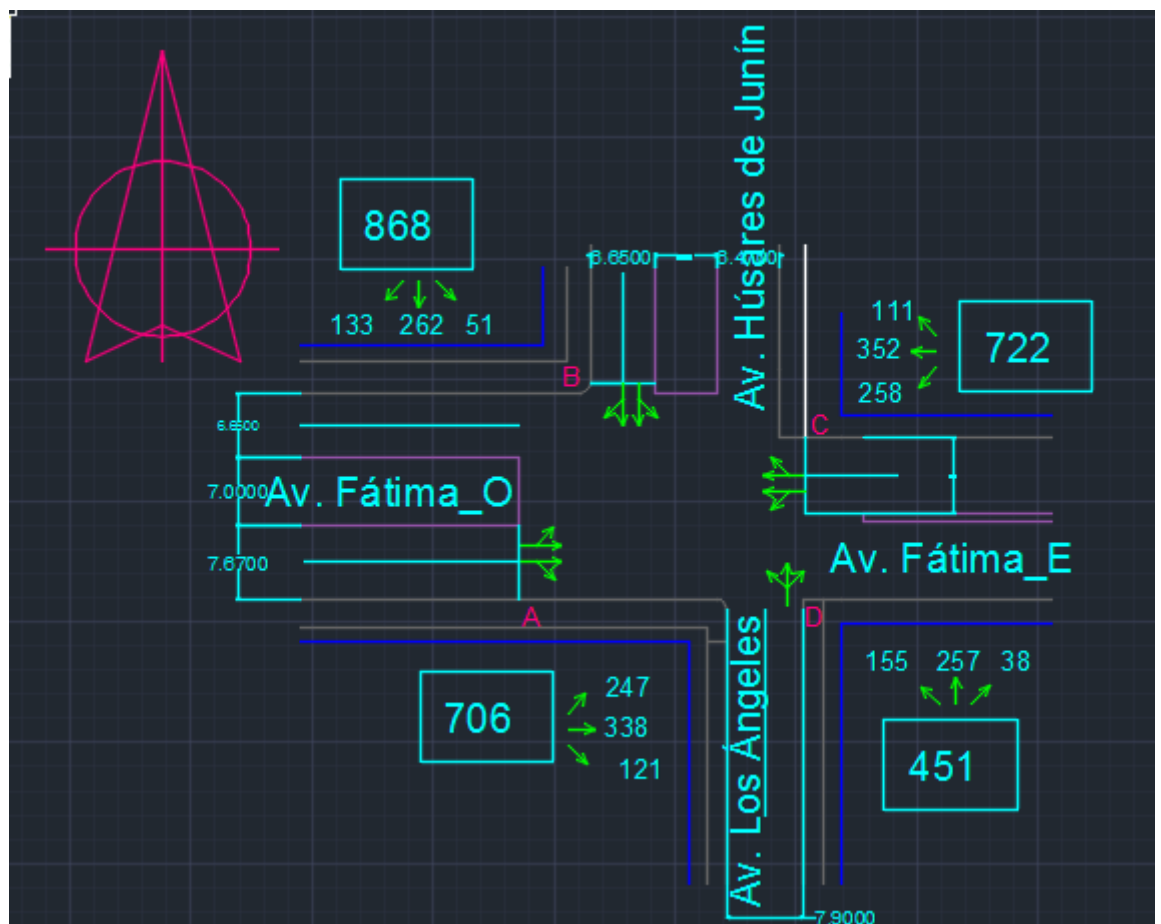






Figura 12. Nivel de servicio en intersección.

Módulo de ajuste de volumen

Acceso	Movimiento	Volumen Movimiento V (vph)	FHMD	FLUJO Ve (vph)	Grupo de carriles	Flujo por grupo Vgi (VPH)	NUMERO DE CARRILES N	FACTOR DE UTILIZACION Ui	FLUJO AJUSTADO
N	I	316	0.88	358	MI+MF, MF+MD 	984	2	1.05	1033
	F	407	0.88	461					
	D	145	0.88	164					
O	I	247	0.89	278	MI+MF, MF+MD 	794	2	1.05	833
	F	338	0.89	379					
	D	121	0.89	136					
S	I	155	0.97	160	MI+MF+MD 	464	1	1	464
	F	257	0.97	265					
	D	38	0.97	39					
E	I	258	0.80	323	MI+MF, MF+MD 	902	2	1.05	947
	F	352	0.80	440					
	D	111	0.80	139					

Módulo del flujo de saturación

acceso	Movimientos por grupo de carriles	flujo de saturación ideal (vphvpc)	Numero de carriles	FA	Fp	FE	FVP	FB	FL	fVD	Fvi	Flujo de saturación ajustado
N	MI+MF, MF+MD	1800	2	0.967	1	0.85	1	1	0.9	1	1	2663
O	MI+MF, MF+MD	1800	2	1.033	1	0.80	0.98	0.98	0.9	1	1	2572
S	MI+MF+MD	1800	1	1.000	1	1.00	0.99	0.96	0.9	1	1	1540
E	MI+MF, MF+MD	1800	2	1.033	1	0.95	1	0.98	0.9	1	1	3116

Módulo de Análisis de Capacidad

acceso	Movimientos por grupo de carriles	flujo ajustado (vph)	flujo de saturación ajustado (vphv)	Relacion de flujo (v/s)	Relacion de verde	Capacidad del grupo de carriles Ci (vph)	Relacion (v/c) i xi
N	MI+MF, MF+MD	1033	2663	0.39	0.41	1080	0.96
O	MI+MF, MF+MD	833	2572	0.32	0.45	1164	0.72
S	MI+MF+MD	464	1540	0.30	0.41	625	0.74
E	MI+MF, MF+MD	947	3116	0.30	0.45	1411	0.67

Módulo del Nivel de Servicio

acceso	Movimientos por grupo de carriles	Relacion (v/c):i Xi	Relacion de Verde Gi/c	Longitud del Ciclo C	Demora Uniforme du (s/veh)	Capacidad grupo de carriles c1 (vph)	Demora Incremental di (s/veh)	Factor de Progresión FP	Demora del Grupo de Carril día (s/veh)	Nivel de servicio del grupo de carriles	Demora en el acceso dA (s/veh)	Nivel de Servicio del Acceso
N	MI+MF, MF+MD	0.96	0.41	106	23	1080	27.0	1	50	E	50	E
O	MI+MF, MF+MD	0.72	0.45	106	18	1164	51.9	1	70	F	70	F
S	MI+MF+MD	0.74	0.41	106	20	625	52.4	1	73	F	73	F
E	MI+MF, MF+MD	0.67	0.45	106	17	1411	52.1	1	69	F	69	F

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis de la intersección de las Avenidas Fátima, Húsares de Junín y Avenida Los Ángeles determinan una demora promedio por vehículo de entre 64 segundos en las aproximaciones lo cual conlleva a encontrar un Nivel de Servicio F para la intersección.

El Nivel de Servicio F, describe operaciones de control de demora por vehículo por encima de los 60 segundos. Este nivel es considerado inaceptable por los conductores y ocurren cuando existe sobre saturación, que viene a ser cuando la tasa de flujo que arriba excede la capacidad de la intersección. Esto también es observado cuando se encuentran con altas relaciones v/c con valores por cercanas a 1.0.

A efectos de completar la interpretación de los resultados obtenidos es necesario efectuar un análisis de los módulos de Cálculo de Flujo de Saturación y del de Análisis de la Capacidad los cuales considero importantes:

En el Cuadro de cálculo de la Tasa de Flujo de Saturación Ajustada, son saltantes los siguientes aspectos, la tasa de flujo de saturación ideal considerada en el cálculo se obtuvo del Estudio de la Tasa de Flujo de Saturación que realice en la misma ubicación de la intersección sobre cada una de las cuatro aproximaciones, dicho estudio arrojó un valor promedio de 1800 vehículos por hora en tiempo de verde por vía, otros tres puntos saltantes de comentar en el resultado fueron los factores de ajuste por ancho de vía, el factor de bloqueo por transporte público y el factor de volteo a la izquierda.

El factor de ajuste por ancho de vía, tal y como se encuentra en la metodología no debe ser usado para la realidad de nuestra infraestructura vial, considero que la modificación de este factor realizada en el presente trabajo debe ser tomada en cuenta para obtener resultados acordes con nuestra infraestructura urbana.

El factor de bloqueo por transporte público, es un factor que mide el efecto de las paradas o servicio de las unidades del transporte público por hora, la relación modificada y propuesta con la cual se determina este valor, así como el Estudio de Tiempos de Servicio del Transporte Público. Lo resaltante de los resultados obtenidos de este factor, es que ellos van a reducir el flujo de saturación ideal en

un valor aproximado del 30% el cual es un valor bastante alto. Esto se debe a la gran cantidad o sobre oferta de servicio de transporte que circula por esa intersección, además de un manejo imprudente y la falta de respeto a las reglas de tránsito, el impacto de estas anomalías es alto en el flujo de saturación ideal y considero que está correctamente representado por el factor de bloqueo.

Otro factor de ajuste que comentar en el cálculo de la tasa de flujo de saturación ideal ajustado es el factor de volteo a la izquierda, luego del correspondiente proceso de cálculo los valores determinan en una reducción sustancial de la tasa de flujo de saturación ideal para cada aproximación, esto también nos hace advertir la gran influencia de este factor en el flujo de saturación.

Al analizar en el campo los volteos a la izquierda dentro de la intersección podemos observar algo muy importante que nos lleva a corroborar los valores obtenidos para este factor; los vehículos provenientes de dos aproximaciones opuestas y que desean efectuar volteos a la izquierda dentro de la intersección no logran completar la maniobra, estos vehículos se agrupan y acumulan sobre el centro de giro llegando a bloquear completamente la vía compartida y reduciendo el paso de los vehículos que vienen por la vía contigua, además de esto también está el efecto de los vehículos que vienen por la vía compartida tratan de evitar el bloqueo e intentan pasar a la vía contigua interfiriendo el paso y sobre cargando su capacidad, este efecto es justamente lo que refleja el factor de volteo a la izquierda, y para la intersección estudiada se ha podido observar en campo que los volteos a la izquierda prácticamente bloquean el paso de vehículos en la intersección. Finalmente se puede decir que son estos y otros los factores que señalan las condiciones prevalecientes de tráfico en el lugar y que llevan al flujo de saturación ideal al valor correspondiente para las condiciones existentes.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación se cumple la hipótesis para las avenidas Fátima, Húsares de Junín y Los Ángeles, las cuales se encuentran operando a un nivel de servicio F.

Una vez realizado el aforo vehicular y su análisis respectivo, se concluye que los vehículos predominantes dentro de las vías en estudio son las automóviles.

Se determine que la hora de máxima demanda por la noche durante las 19:00 a la 20:00, hora en que por motivos de retorno de la población a sus viviendas (termino de labores).

Los factores horarios de máxima demanda de las vías estudiadas oscilan entre 0.80 y 0.97, estos se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

En la comparación entre el volumen horario y la tasa de flujo máximo, se determine que $q > Q$ (en todas las avenidas), lo cual implica que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en periodos cortos es mayor a la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión. Por lo que se puede afirmar que en la hora de máxima demanda de cada avenida, se genera la congestión vehicular.

Respecto a las velocidades de recorrido, estas velocidades son menores cuando el análisis se realiza en la hora de máxima demanda, a diferencia de una análisis a flujo libre, en este caso se realice en las horas críticas para poder determinar el verdadero nivel de servicio de cada vía.

Las velocidades de recorrido en la hora de máxima demanda oscilan en todas las vías entre 19.80 km/h y 21.37km/h, esto debido a las frecuentes paradas que los vehículos ejecutan en su trayecto, estas paradas se deben en primer lugar a la cantidad de flujo vehicular que transitan en ese momento, también se ven afectados en la velocidad por las restricciones de zonas escolares.

Por ultimo las demoras también se generan producto de: Mal manejo de los dispositivos de control de transite, poca experiencia de los agentes policiales que regulan el tránsito, obstáculos que pueden haber en la calzada (desperdicios producto del Mercado, paraderos, entre otros), los cuales reducen el ancho de la misma, y la poca educación vial que existe entre la población (conductores y peatones imprudentes).

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las entidades competentes elaborar un Manual de Capacidad de Carreteras, de acuerdo a la realidad de nuestras Vías, específicamente las vías urbanas y suburbanas, tema de estudio de esta investigación. Ya que hoy en día se recurre a manuales norteamericanos para la evaluación de nuestras vías.

Se recomienda para estudios de niveles de servicio en zonas urbanas, según indica el Manual de Capacidad de Carreteras, trabajar con la velocidad promedio de recorrido, la cual deberá ser obtenida en la hora de máxima demanda.

Se recomienda realizar campañas de educación vial en las instituciones educativas, en los centros de labores, campañas que deben concientizar al poblador en su función de conductor y de peatón.

Se recomienda a la Autoridad competente realizar estudios de tránsito en diferentes zonas de la ciudad de Trujillo, donde se presente el gran problema del congestionamiento vehicular. De este modo se podrán establecer alternativas de solución para su mejoramiento.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CAL Rafael; MAYOR R. y CÁRDENAS James (2012). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. 8ª Edición. Capítulo 12.
- Capacidad de Caminos. Versión castellana del Highway Capacity Manual Primera Edición (1950).
- Capacidad de Caminos. Versión castellana del Highway Capacity Manual Segunda Edición (1965).
- Capacidad de Caminos. Versión castellana del Highway Capacity Manual Tercera Edición (1985). Segunda actualización de 1994.
- Garber Nicholas y Lester Hoel (2013). *Ingeniería de tránsito y carreteras*. 3ª Edición. Capítulo 9
- HIGHWAY CAPACITY MANUAL. Cuarta Edición (2000).
- KRAEMER Carlos y otros (2014). *Ingeniería de Carreteras*. Volumen I. Capítulo 8.
- KERLINGER (1982). *Análisis de datos en un trabajo de investigación*. Editor Antoni Bosch, España, Séptima edición, p. 96.
- MATIAS LEON JOSE (1997). *Diseño de proyectos Viales y SemafORIZACIONES*. edit. Libun. Lima
- Special Report 209/HMC. (1998). *Transportation Research Board*. National Research Council. Washington D.C.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. (2000). Washington, D.C. *Manual de Capacidad Vial*.
- UNIVERSIDAD DE ALICANTE, España. Departamento de expresión Gráfica y Cartografía. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Gráfica. Santander España Junio 2002. Influencia de la Geometría en la determinación de los puntos de conflicto en una Intersección.
- UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles. Popayán. 1996. 43 p. + anexo. Convenio Interinstitucional No. 1014 de 1995 Instituto Nacional de Vías – Universidad del Cauca.
- R. McShane, Roger P. Roess (1990). *Traffic Engineering*. Polytechnic University.
- WRIGHT Paul y RADNOR Paquette (2014). *Ingeniería de carreteras*. 5ª edición.

ANEXOS

ANEXO 01
REGLAMENTO NACIONAL DE TRANSITO

TÍTULO III DE LAS VIAS CAPÍTULO I
ASPECTOS GENERALES

Artículo 9.- Elementos.

La vía comprende la calzada, la acera, la berma, la cuneta, el estacionamiento, el separador central, el jardín y el equipamiento de servicios necesarios para su utilización.

Las vías públicas se utilizan de conformidad con el presente Reglamento y las normas que rigen sobre la materia.

Artículo 10.- Autoridad competente.

Los elementos integrantes de la vía pública, sean funcionales, de servicio o de ornato complementarios, son habilitados o autorizados por las respectivas Autoridades, según su competencia.

Artículo 13.- Normas técnicas.

Las normas técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de las vías, se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura, al que se sujetarán las Autoridades competentes en sus respectivas jurisdicciones.

Artículo 24.- Prohibiciones.

Está prohibido en la vía:

- 1) Destinar las calzadas a otro uso que no sea el tránsito y el estacionamiento.
- 2) Ejercer el comercio ambulatorio o estacionario.
- 3) Colocar propaganda u otros objetos que puedan afectar el tránsito de peatones o vehículos o la señalización y la semaforización.
- 4) Efectuar trabajos de mecánica, cualquiera sea su naturaleza, salvo casos de emergencia.
- 5) Dejar animales sueltos o situarlos en forma tal que obstaculicen el tránsito.
- 6) Construir o colocar parapetos, kioscos, cabinas, cercos, paraderos u ornamentos en las esquinas u otros lugares de la vía que impidan la visibilidad del usuario de la misma.
- 7) Colocar en la calzada o en la acera, elementos que obstruyan la libre circulación.
- 8) Derivar aguas servidas o de regadío o dejar elementos perturbadores del libre tránsito o desperdicios como maleza, desmonte, material de obra y otros, salvo maleza en los lugares autorizados.

9) Recoger o dejar pasajeros o carga en lugares no autorizados.

Artículo 29.- Dispositivos de control de tránsito.

Los dispositivos de control del tránsito que se instalen en la vía pública, deben cumplir con las exigencias establecidas en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, que aprueba el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en concordancia con los Convenios Internacionales suscritos por el Perú.

Artículo 30.- Tránsito en zona urbana.

La Autoridad competente podrá fijar en zona urbana:

- a) Vías o carriles para la circulación exclusiva de vehículos del servicio público de transporte de pasajeros.
- b) Sentidos de tránsito variable para un tramo de vía o una vía determinada, en horarios que la demanda lo justifique.

**CAPÍTULO II DISPOSITIVOS DE CONTROL SECCIÓN I
ASPECTOS GENERALES**

Artículo 33.- Señalización.

La regulación del tránsito en la vía pública, debe efectuarse mediante señales verticales, marcas en la calzada, semáforos, señales luminosas, y dispositivos auxiliares.

Las normas para el diseño y utilización de los dispositivos de regulación, se establecen en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, que aprueba el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La instalación, mantenimiento y renovación de los dispositivos de regulación del tránsito, en las vías urbanas de su jurisdicción, es competencia de las Municipalidades Provinciales y de las Municipalidades Distritales, y se ejecutará conforme a lo establecido en el presente Reglamento y sus normas complementarias.

Artículo 57.- Obediencia al efectivo policial.

Los usuarios de la vía están obligados a obedecer de inmediato cualquier orden de los Efectivos de la Policía Nacional del Perú asignados al control del tránsito, que es la autoridad responsable de fiscalizar el cumplimiento de las normas de tránsito.

Las indicaciones de los Efectivos de la Policía Nacional del Perú, asignados al control del tránsito, prevalecen sobre las señales luminosas o semáforos, y éstas sobre los demás dispositivos que regulan la circulación.

TÍTULO IV
DE LA CIRCULACIÓN CAPÍTULO I
DE LOS PEATONES Y EL USO DE LA VÍA

Artículo 67.- Circulación del peatón.

El peatón debe circular por las aceras, bermas o franjas laterales, según el caso, sin utilizar la calzada ni provocar molestias o trastornos a los demás usuarios, excepto cuando deba cruzar la calzada o encuentre un obstáculo que esté bloqueando el paso, y en tal caso, debe tomar las precauciones respectivas para evitar accidentes. Debe evitar transitar cerca al sardinel o al borde de la calzada.

Artículo 83.- Precauciones.

El conductor de cualquier vehículo debe:

1. Tener cuidado y consideración con los peatones y con los vehículos que transiten a su alrededor.
2. Tomar las debidas precauciones con los peatones que despejen la intersección en el momento que el semáforo ya no los autoriza a cruzar la calzada, debiendo detener su marcha absteniéndose de usar la bocina de forma que pudiera causar sobresalto o confusión al peatón.
3. Tener especial cuidado con las personas con discapacidad, niños, ancianos y mujeres embarazadas.

SECCIÓN IV VELOCIDADES

Artículo 160.- Prudencia en la velocidad de la conducción.

El conductor no debe conducir un vehículo a una velocidad mayor de la que sea razonable y prudente, bajo las condiciones de transitabilidad existentes en una vía, debiendo considerar los riesgos y peligros presentes y posibles.

En todo caso, la velocidad debe ser tal, que le permita controlar el vehículo para evitar accidentes.

Artículo 162.- Límites máximos de velocidad.

Cuando no existan los riesgos o circunstancias señaladas en los artículos anteriores, los límites máximos de velocidad, son los siguientes:

- a) En zona urbana:
1. En Calles y Jirones: 40 Km/h.
 2. En Avenidas: 60 Km/h.
 3. En Vías Expresas: 80 Km/h.
 4. Zona escolar: 30 Km/h.

5. Zona de hospital: 30 Km/h. b) En Carreteras:

1. Para, automóviles, camionetas y motocicletas: 100 Km/h.
2. Para vehículos del servicio público de transporte de pasajeros: 90 Km/h.
3. Para casas rodantes motorizadas: 90 Km/h.
4. Para vehículos de carga: 80 Km/h.
5. Para automotores con casa rodante acoplada: 80 Km/h.
6. Para vehículos de transporte de mercancías peligrosas: 70 Km/h.
7. Para vehículos de transporte público o privado de escolares: 70 Km/h. c) En caminos rurales: 60 Km/h.

Artículo 163.- Límites máximos de velocidad en carreteras que cruzan centros poblados.

Los límites de velocidad en Carreteras que cruzan centros poblados, son los siguientes:

- a) En zonas comerciales: 35 Km/h. b) En zonas residenciales: 55 Km/h. c) En zonas escolares: 30 Km/h.

La Autoridad competente, debe señalar estos cruces.

ANEXO 02
FORMATO DE CAMPO PARA AFOROS







FORMULARIO N° 2
AFOROS Y CLASIFICACION VEHICULAR

PUNTO DE CONTROL								CODIGO DEL PC	
SENTIDO								FECHA	
UBICACION									
HORA CADA 15 Minutos	MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTOS	MICROBUS	CAMIONETA RURAL	CAMION	OMNIBUS	CAMIONETA RURAL	
									
0:00-0:15									
0:15-0:30									
0:30-0:45									
0:45-7:00									
7:00-7:15									
7:15-7:30									
7:30-7:45									
7:45-8:00									
8:00-8:15									
8:15-8:30									
8:30-8:45									
8:45-9:00									

OBSERVACIONES:

REGISTRADOR: _____ SUPERVISOR: _____ HOJA: _____ DE: _____

TRAMO DE LA CARRETERA	OV	
SENTIDO	X	E ←
UBICACIÓN	HUANCAYO-SAPAL	

HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO
	INICIO	FIN			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	
PERIODO 15 MIN								
1	06:00:00	06:15:00	2	5	0	0	9	3
	06:15:00	06:30:00	0	3	0	1	25	3
	06:30:00	06:45:00	1	7	1	0	7	2
	06:45:00	07:00:00	2	6	0	0	7	1
2	07:00:00	07:15:00	1	7	2	0	13	3
	07:15:00	07:30:00	4	7	1	0	4	1
	07:30:00	07:45:00	2	12	0	0	11	4
	07:45:00	08:00:00	5	5	2	0	12	3
3	08:00:00	08:15:00	3	10	2	0	7	4
	08:15:00	08:30:00	4	8	2	0	11	2
	08:30:00	08:45:00	5	5	4	0	10	3
	08:45:00	09:00:00	2	10	2	0	13	2
4	09:00:00	09:15:00	4	9	1	0	14	4
	09:15:00	09:30:00	0	6	4	0	12	3
	09:30:00	09:45:00	4	9	1	0	9	2
	09:45:00	10:00:00	1	5	1	0	7	2
5	10:00:00	10:15:00	3	9	4	0	11	4
	10:15:00	10:30:00	2	3	1	0	12	3
	10:30:00	10:45:00	3	6	2	0	7	3
	10:45:00	11:00:00	3	8	0	0	12	3
6	11:00:00	11:15:00	2	4	1	0	8	2
	11:15:00	11:30:00	5	9	2	0	9	3

ANEXO 03
PANEL FOTOGRAFICO



FOTO 1: TOMA DE DATOS EN SEMAFORO A



FOTO 2: TOMA DE DATOS EN SEMAFORO B



FOTO 3: FLUJO VEHICULAR SEMAFORO C

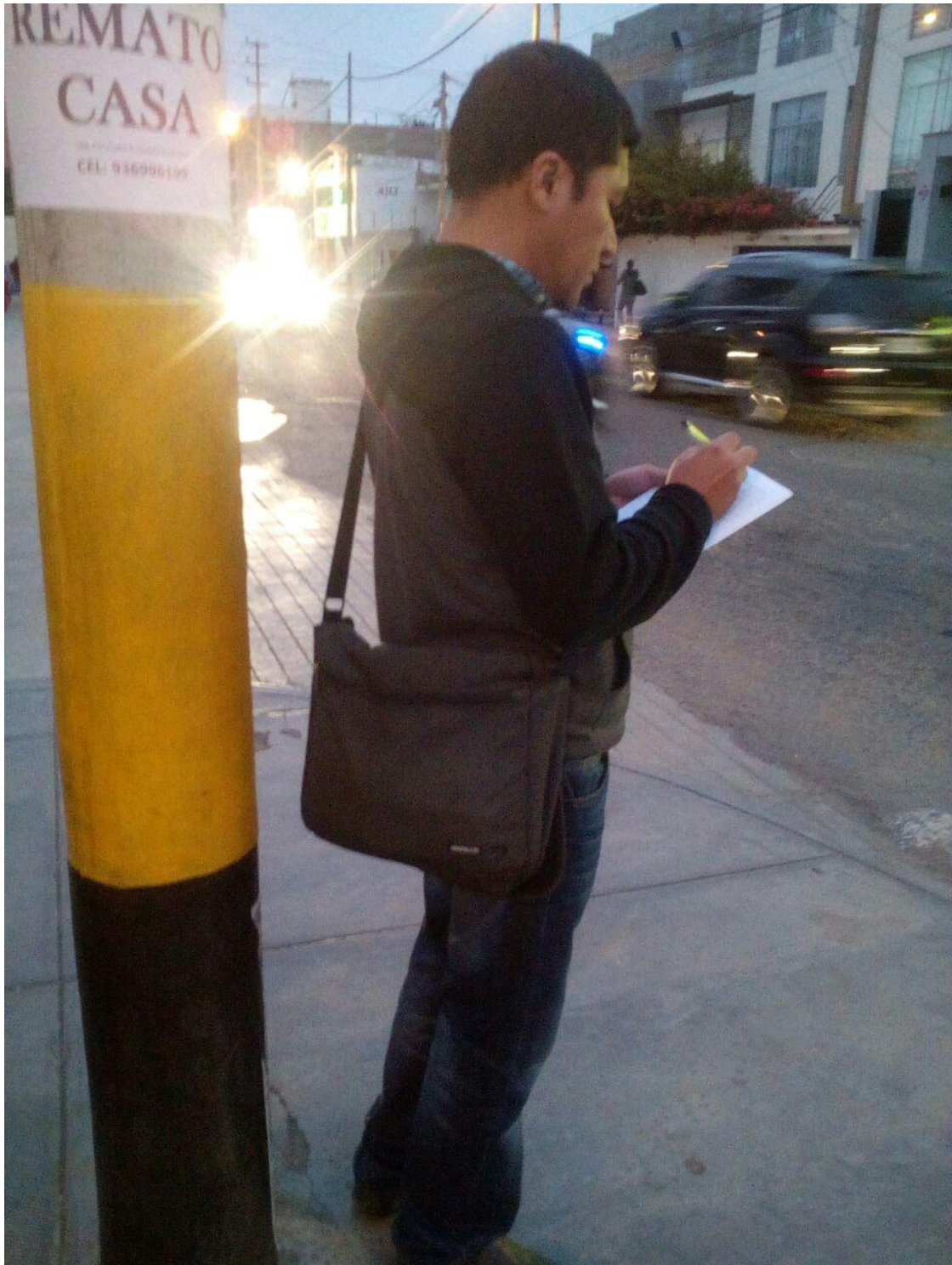


FOTO 4: Toma de datos en semáforo A



FOTO 5: Flujo vehicular en Av. Fátima_E



FOTO 6: Flujo vehicular en Av. Fátima_E