

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN**  
**TRANSPORTES**



**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE FLUJOS**  
**VEHICULARES, EN DOS INTERSECCIONES**  
**SEMAFORIZADAS DE LA AV. JORGE BASADRE G.**  
**INTERSECCIÓN CON AV. TARATA Y AV.**  
**INTERNACIONAL, ALTO ALIANZA – TACNA, 2018**

**TESIS**  
**PRESENTADO POR:**

Br. MAQUERA CRUZ Pedro Valerio

**ASESOR:**

DR. ARQ. Y URB. LUÍS ALBERTO CABRERA ZUÑIGA

**Para Obtener el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN**  
**TRANSPORTES**

**TACNA – PERÚ**  
**2019**

## DEDICATORIA

A mis queridos padres por su apoyo en la consolidación de esta etapa profesional  
de mi vida.

A mis hermanos ingenieros Richard y Wilson por su apoyo incondicional en la  
culminación de esta tesis.

A mi esposa Rosa, a mis hijas Diana, Karina y Valeria, por su apoyo constante en  
la culminación de la presente tesis.

A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes con su ayuda han  
hecho posible la culminación de este proyecto.

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por derramar sus bendiciones para alcanzar la meta en esta etapa de mi vida profesional.

A mis padres, hermanos y familia, porque ellos son la inspiración de mi vida para seguir capacitándome y superándome profesionalmente.

Al asesor de tesis, por su apoyo con la culminación de la presente investigación.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>1. EL PROBLEMA</b> .....	3
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.2.1    Interrogante principal.....	10
1.2.2    Interrogantes secundarias.....	10
1.3    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.4    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.4.1    Objetivo general.....	12
1.4.2    Objetivos específicos .....	13
<b>CAPÍTULO II</b> .....	14
<b>2 MARCO TEÓRICO</b> .....	14
2.1    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
2.2    BASES TEÓRICAS.....	20
2.2.1    Manual de carreteras (HCM, 2010) .....	20
A.    Capacidad vial.....	20
B.    Elementos críticos que condicionan el nivel de servicio .....	21
C.    Capacidad y niveles de servicio en intersecciones viales .....	25
D.    Capacidad de las intersecciones controladas con semáforo .....	26
E.    Niveles de servicio para las intersecciones controladas con semáforo .....	26

2.2.2.	Volumen de tránsito.....	27
A.	Generalidades.....	27
B.	Definiciones.....	28
C.	Uso de los volúmenes de tránsito.....	31
D.	Características de los volúmenes de tránsito.....	32
2.2.3	Los semáforos (MTC, 2016).....	34
2.2.4	Aforos.....	40
2.2.5	Tipos de flujo de tráfico (HCM, 2010).....	41
2.2.6	Clasificación de las vías urbanas (Chavez, 2004).....	42
a.	Vías expresas:.....	43
b.	Vías arteriales:.....	43
c.	Vías colectoras:.....	43
d.	Vías locales:.....	44
e.	Vías de diseño especial:.....	44
2.3	DEFINICION DE CONCEPTOS.....	44
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>47</b>
<b>3</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>47</b>
1.1	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
1.1.1	Hipótesis general.....	47
1.1.2	Hipótesis específicas.....	47
1.2	VARIABLES.....	48
1.2.1	Identificación de la variable independiente.....	48
1.2.1.1	Indicadores.....	48
1.2.2	Identificación de la variable dependiente.....	48
1.2.2.1	Indicadores.....	49
1.3	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	49
1.4	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	50
1.5	ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
1.6	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	50
1.6.1	Población.....	50
1.6.2	Muestra.....	51
1.7	PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	51

1.7.1	Procedimientos.....	51
1.7.2	Técnicas .....	51
1.7.3	Instrumentos.....	54
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>55</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
4.1	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO .....	55
4.2	DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	69
4.3	RESULTADOS.....	74
4.3.1	Aforo vehicular .....	74
4.3.2	Horas pico .....	89
4.3.3	Tiempos en semáforos .....	91
4.3.4	Nivel de servicio en la intersección .....	98
4.4	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS (DISCUSIÓN).....	101
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>109</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>109</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	109
5.2	RECOMENDACIONES.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		112
<b>ANEXOS.....</b>		<b>114</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Medidas de eficiencia de los niveles de servicio .....	23
Tabla 2. Niveles de servicio con semáforos.....	27
Tabla 3. Indicadores de variables.....	48
Tabla 4. Indicadores de variables.....	49
Tabla 5. Formato de conteo vehicular.....	52
Tabla 6. Formato de conteo vehicular por estación y número de flujo.....	53
Tabla 7. Los principales flujos que se generan en la zona de estudio.....	73
Tabla 8. Aforo de flujo vehicular en la mañana 7.15-7.30 .....	75
Tabla 9. Aforo de flujo vehicular en la mañana 7.30-7.45 .....	75
Tabla 10. Aforo de flujo vehicular en la mañana 7.45-8.00 .....	76
Tabla 11. Aforo de flujo vehicular en la mañana 8.00-8.15 .....	76
Tabla 12. Aforo de flujo vehicular al medio día 14.45-13.00.....	77
Tabla 13. Aforo de flujo vehicular al medio día 13.00-13.15.....	77
Tabla 14. Aforo de flujo vehicular al medio día 13.15-13.30.....	78
Tabla 15. Aforo de flujo vehicular al medio día 13.30-13.45.....	78
Tabla 16. Aforo de flujo vehicular en la noche 18.30-18.45 .....	79
Tabla 17. Aforo de flujo vehicular en la noche 18.45-19.00 .....	79
Tabla 18. Aforo de flujo vehicular en la noche 19.00-19.15 .....	80
Tabla 19. Aforo de flujo vehicular en la Noche 19.15-19.30 .....	80
Tabla 20. Resumen de aforo por hora, estación F.....	81
Tabla 21. Resumen de aforo por grupo afines .....	82
Tabla 22. Volumen vehicular (IMD) cada 15 minutos. Martes .....	83
Tabla 23. Volumen vehicular (IMD) cada 15 minutos. Viernes.....	84
Tabla 24. Volumen vehicular (IMD) cada 15 minutos. Sábado .....	85
Tabla 25. Flujos vehiculares x estación día martes.....	86
Tabla 26. Flujos vehiculares x estación día viernes.....	87
Tabla 27. Flujos vehiculares x estación día sábado .....	88
Tabla 28. Volumen vehicular x estación en 9 horas .....	89
Tabla 29. Flujos vehiculares en IMD x día.....	89

Tabla 30. Flujo vehicular en hora pico, día martes .....	90
Tabla 31. Flujo vehicular en hora pico, día viernes .....	90
Tabla 32. Flujo vehicular en hora pico, día sábado.....	90
Tabla 33. Tiempos del semáforo Av. J. Basadre con Av. Tarata (3 fases) .....	92
Tabla 34. Tiempo semáforo Av. J. Basadre - Av. Internacional (2 fases) .....	94
Tabla 35. Fase 1: estación A (Av. J. Basadre) .....	96
Tabla 36. Fase 2: estación G (Av. J. Basadre) .....	96
Tabla 37. Fase 3: estación B y C (Av. Tarata) .....	97
Tabla 38. Fase 1: estación D (Av. Jorge Basadre G.) .....	97
Tabla 39. Fase 2: estación E y F (Av. Internacional).....	98



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Crecimiento vehicular del Perú .....	4
Figura 2. Intersecciones viales críticas de la ciudad de Tacna.....	6
Figura 3. Zona de estudio de las dos intersecciones semaforizadas .....	7
Figura 4. Evaluación de la Av. J. Basadre con la Av. Tarata y Av. Internacional..	8
Figura 5. Mayor influencia de rutas de transporte urbano .....	9
Figura 6. Elementos de soporte de un semáforo tipo ménsula.....	35
Figura 7. Ubicación de las caras de un semáforo en acceso a la intersección .....	36
Figura 8. Ubicación geográfica de las dos intersecciones.....	55
Figura 9. Vías que colindan directamente con las dos intersecciones .....	57
Figura 10. Secciones viales de la zona de estudio según plan vial de Tacna.....	57
Figura 11. Secciones viales de la Av. Jorge Basadre.....	58
Figura 12. Secciones viales de la Av. Tarata .....	58
Figura 13. Secciones viales de la Av. Internacional .....	59
Figura 14. Ubicación de los semáforos en la Av. J. Basadre .....	59
Figura 15. Flujo vehicular en zona de estudio .....	60
Figura 16. Zonificación urbana, vivienda-comercio en zona de estudio .....	61
Figura 17. Ubicación del paradero colindante al grifo municipal.....	62
Figura 18. Ubicación del paradero de bajada.....	62
Figura 19. Intersección Av. J. Basadre con Av. Tarata.....	63
Figura 20. Av. Tarata intersección con Av. J. Basadre.....	64
Figura 21. Inicio de la Av. Internacional .....	65
Figura 22. Presencia de camiones pesados en zona de semáforo .....	66
Figura 23. Vías principales y semáforos en la zona de estudio .....	67
Figura 24. Av. Jorge Basadre en hora punta, con tráfico saturado .....	68
Figura 25. Presencia de vehículos menores en zona restringida.....	68
Figura 26. Semáforo Av. Internacional intersección con Av. J. Basadre. ....	69
Figura 27. Estaciones de conteos vehiculares .....	71
Figura 28. Formato de conteo vehicular con sentido de giro.....	71
Figura 29. Sentido de los flujos vehiculares en la intersección de estudio.....	74

Figura 30. Porcentaje de participación por clase de vehículos .....	81
Figura 31. Porcentaje de vehículos por clases similares .....	82
Figura 32. Ubicación del ángulo de visión de los semáforos.....	91
Figura 33. Semáforo en la fase 1 desde la estación A y C.....	92
Figura 34. Semáforo en la fase 2 desde la estación G y B .....	93
Figura 35. Semáforo en la fase 3 desde la estación B y C .....	93
Figura 36. Semáforo en la fase 1 desde la estación F y E.....	94
Figura 37. Semáforo en la fase 2 desde la estación D.....	95
Figura 38. Semaforización sincronizada en estaciones D y G .....	95
Figura 39. Datos de los flujos ingresados al simulador .....	98
Figura 40. Sentido de flujos ingresados al simulador .....	99
Figura 41. Ingreso de datos intersección Av. Jorge Basadre. Av. Tarata .....	99
Figura 42. Ingreso de datos intersección Av. Jorge Basadre. Av. Internacional	100
Figura 43. Nivel de servicio de la intersección en la situación actual .....	100
Figura 44. Nivel de servicio por flujos en la intersección.....	101
Figura 45. Resultados del ICU en la situación actual .....	101
Figura 46. Nivel de servicio de flujos y de las intersecciones .....	102
Figura 47. Nivel de servicio de flujos y capacidad en la intersección .....	102
Figura 48. Nivel de servicio de la primera alternativa. ....	103
Figura 49. Capacidad de flujo de la primera alternativa .....	104
Figura 50. Nivel de servicio con reducción de fases y ciclos en semáforos. ....	105
Figura 51. Capacidad de las intersecciones con reducción de fase.....	106
Figura 52. Propuesta en planta de del by pass .....	107
Figura 53. Propuesta de la intersección Av. Basadre - Av. Tarata .....	107
Figura 54. Vista de la Av. J. Basadre con dos carriles en su parte central.....	108

## RESUMEN

La presente tesis analiza el problema del congestionamiento del flujo vehicular actual, compuesto por vehículos públicos y privados, vehículos de pasajeros y de carga, vehículos livianos y pesados, existentes en la Av. Jorge Basadre Grohmann intersección con la Av. Tarata y Av. Internacional. El estudio evalúa los flujos vehiculares en periodos de 15 minutos para obtener el flujo vehicular en hora punta, por ello el objetivo de la presente tesis fue la de evaluar el nivel de servicio de los flujos vehiculares en la intersección planteada, debido a la congestión generada por el flujo, la semaforización y de la calidad de la calzada.

El semáforo de la intersección Av. J. Basadre G. con la Av. Tarata, tiene tres fases sumando un ciclo de 76 segundos entre verde, ámbar y rojo, mientras que el semáforo de la Av. J. Basadre con Av. Internacional, tiene dos fases sumando un ciclo de 76 segundos, estas dos intersecciones tienen una sincronización en la fase de verde para la Av. J. Basadre G. de Este a Oeste. En relación al número de carriles la Av. Jorge Basadre tiene tres carriles por sentido, la Av. Tarata tiene de uno por sentido y de dos por sentido y la Av. Internacional tiene dos carriles por sentido, el estado de la calzada esta de regular a malo.

Para conocer el nivel de servicio, se ha aplicado la metodología de análisis del HCM 2010 y el programa del Synchro V8.0, la simulación del flujo vehicular arrojó como resultado un nivel de servicio de "F", a este resultado se ha propuesto algunas alternativas de solución para mejorar en nivel de servicio del flujo vehicular en dicha intersección, como la optimización de los tiempos del ciclo y cambio de fases de los semáforos, otra alternativa es la de generar un intercambio vial considerando las dos intersecciones para tener los flujos libres de saturación.

**Palabras claves:** conteo vehicular, flujo vehicular, grado de saturación, hora pico, intersección vial, nivel de servicio, semaforización.

## ABSTRACT

This thesis analyzes the problem of the congestion of the current vehicular flow, made up of public and private vehicles, passenger and cargo vehicles, light and heavy vehicles, existing at Av. Jorge Basadre Grohmann intersection with Av. Tarata and Av. Internacional. The study evaluates the vehicular flows in periods of 15 minutes to obtain the vehicular flow in rush hour, for that reason the objective of the present thesis was to evaluate the service level of the vehicular flows in the proposed intersection, due to the generated congestion by the flow, the traffic and the quality of the road.

The semaphore of the intersection Av. J. Basadre with Av. Tarata, has three phases adding a cycle of 76 seconds between green, amber and red, while the traffic light of Av. J. Basadre with Av. Internacional, has two phases adding a cycle of 76 seconds, these two intersections have a synchronization in the green phase for Av. J. Basadre from East to West. In relation to the number of lanes, the Jorge Basadre Avenue has three lanes in each direction, the Tarata Avenue has one in each direction and two in each direction, and the Av. Internacional has two lanes in each direction, the state of the roadway is regular. to bad.

To know the level of service, the HCM 2010 analysis methodology and the Synchro V8.0 program have been applied, the simulation of the vehicular flow has resulted in an "F" level of service, and some results have been proposed for this result. solution alternatives to improve service level of the vehicular flow at said intersection, such as the optimization of cycle times and change of phases of traffic lights, another alternative is to generate a road exchange considering the two intersections to have free flows of saturation.

Keywords: vehicular counting, vehicular flow, degree of saturation, peak time, road intersection, service level, traffic signaling.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico del país en la última década ha originado que haya un crecimiento del parque automotor, generando problemas y dificultades de congestión vehicular que afectan directamente a los usuarios especialmente en las denominadas horas punta que se presentan en las principales avenidas e intersecciones de las ciudades importantes del país. Este problema no es ajeno a la ciudad de Tacna, donde los congestionamientos vehiculares son cada vez mayores para los usuarios especialmente en zonas de intersecciones semaforizadas.

Los mejores resultados del nivel de servicio se obtienen con la intervención de todos los aspectos que compone el sistema de transporte, señalización apropiada, mantenimiento de la calzada, la coordinación de los ciclos de los semáforos, la educación vial a los conductores, pasajeros y peatones, en otras palabras, es necesario poner en práctica un conjunto de medidas factibles para ampliar la capacidad vial mediante el mejoramiento de la gestión y la productividad de la infraestructura existente.

la falta de una planificación permanente, la deficiente administración, control y supervisión de las entidades encargadas del transporte urbano de la ciudad, la situación económica social de los transportistas, entre otros aspectos contribuyen a tener graves problemas con el transporte urbano, generando pérdidas de tiempo al trasladarse de un lugar a otro, generando contaminación ambiental, pérdidas económicas, etc.

La presente tesis evalúa los flujos vehiculares (congestión vehicular) y determina el nivel de servicio actual que presenta las dos intersecciones semaforizadas ubicadas en la Av. Jorge Basadre G. intersección con la Av. Tarata y Av. Internacional. Siendo la congestión vehicular el problema principal a evaluar, tomando en consideración el flujo vehicular que se presentan en horas punta y horas

valle, así como de la influencia que genera los ciclos de tiempos de los dos semáforos ubicados a menos de 100 metros en la Av. J. Basadre G.

El contenido de la tesis presenta una breve descripción y formulación del problema, justificación e importancia de la investigación realizada, objetivos e hipótesis planteadas sobre los niveles de servicio que se presenta en dichas intersecciones semaforizadas. Por otro lado, en el marco teórico se plasma conceptos de las bases teóricas que sirven para una mejor comprensión de la tesis. Así mismo, se plantea el marco metodológico que hace referencia al tipo y diseño de la investigación, la descripción de las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, la cual se basa principalmente en la metodología del Highway Capacity Manual 2010. También, se hace referencia a la propuesta y viabilidad de la variable, se muestran los resultados de la evaluación del flujo vehicular, como son el grado de saturación y el nivel de servicio. Por otro lado, se presentan los resultados de las alternativas de solución, así como, las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis.

El autor

## **CAPÍTULO I**

### **1. EL PROBLEMA**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El mundo globalizado de nuestros tiempos hace que las personas y mercaderías se movilicen con más frecuencia de un punto a otro punto. Nuestro país cuenta con una red de vías rurales (especialmente carreteras longitudinales y transversales) y vías urbanas (compuestas por avenidas, calles, jirones, etc.), todas las vías juegan un rol trascendental en el desarrollo social y económico de la población y por ende influye en el desarrollo de un país, además de la mejora competitiva del país. Esta red vial, sin el adecuado y oportuno mantenimiento, se va deteriorando rápidamente llevando consigo el incremento de los costos de operación y mantenimiento de los vehículos, el incremento del número de accidentes de tránsito, la pérdida de tiempo de sus usuarios, generando además que los habitantes, quienes son los directamente afectados, pierdan la confianza en el rol y funciones de sus representantes de los distintos niveles de gobierno, por las limitaciones en los Niveles de Servicios del Sector de Infraestructura vial.

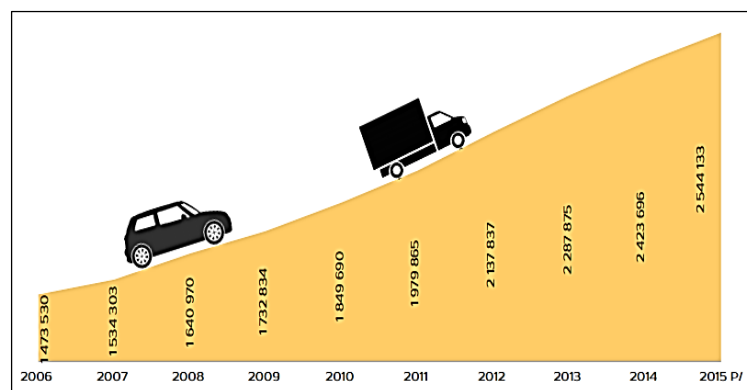
Según la revista sectorial que realiza análisis, monitoreo, evaluación, e investigación de los diferentes sectores económicos, publica en el año 2016, la Influencia del Sistema de Transporte en la Calidad de Vida de los Latinoamericanos, en la cual concluye sin duda alguna, que uno de los servicios que más influye en el comportamiento diario de las personas, es el sistema de transporte. Dado que estos incluyen factores tan simples, pero constantes como son: la cercanía del paradero a nuestra casa o a la oficina, si se trata de un sistema integrado y bien estructurado o de uno tradicional e independiente, de la cantidad de personas que se desplazan y del cupo

disponible, de la hora de viaje, de la seguridad en el sistema de transporte, del costo del pasaje y el más importante, de la eficiencia en el tiempo de viaje. Presenta datos cualitativos siguientes:

- 80 millones de latinoamericanos encuestados por el BID calificaron al transporte público como deficiente, inseguro y de mala calidad.
- Tiempo promedio de viaje entre la casa y trabajo, ida y vuelta en ciudades metrópolis de 90 minutos/día. Y en ciudades emergentes de 60 minutos/día.
- Un 75% de limeños consideran malo el servicio público, además de indicar que no se respetan las reglas de transporte.
- Un latinoamericano en ciudades importantes gasta 15 días al año solo en transportarse.
- Los sistemas de transporte moderno no alcanzan el 30%, en algunos casos priman los sistemas tradicionales.

Todo este problema genera que las personas en las ciudades importantes no tengan la calidad de vida que se requiere en estos tiempos modernos.

El crecimiento del parque automotor está vinculado directamente con el crecimiento poblacional y del crecimiento económico del país.



*Figura 1. Crecimiento vehicular del Perú*  
Fuente: Anuario Estadístico 2015 MTC



Según Informe Técnico Nro. 04-2013 del INEI, indica que el crecimiento del parque automotriz del país alcanza aprox. El 7.1% por año, según el Anuario Estadístico 2015 del Ministerio de Transportes, indica en su página 100 que entre los años 2006 y 2015, se observó un incremento sostenido del parque automotor, registrando un crecimiento promedio anual de 5,2%. (INEI, 2013).

Por otro lado, el Plan Vial de Tacna-2005, menciona la existencia de 225 empresas que se dedican al traslado de personas (buses) de la ciudad de Tacna a otras zonas de Tacna y del país, menciona también la existencia de 160 empresas que se dedican al traslado de mercaderías (camiones). Gran parte de estos vehículos deben llegar al terminal de pasajeros llamado Collasuyo y a la zona del parque industrial de Tacna, ubicados en el distrito de Alto Alianza, utilizando exclusivamente la vía de la Av. Jorge Basadre. (MPT-Tacna., 2015)

Según el Plan de Gestión Integral del Transporte Urbano e Interurbano de Pasajeros para la provincia de Tacna, vigente desde el 2016, la Municipalidad de Tacna es la encargada de la administración del transporte público urbano de pasajeros como: combis, buses, taxis, servicio escolar, colectivos, etc. (MPT-Tacna, 2016)

En este plan se menciona que el transporte urbano e interurbano de pasajeros está evolucionando de manera acelerada a tal punto que se ha convertido en un tema crítico para las autoridades involucradas, lo cual repercute en la población al recibir un servicio de transporte inadecuado. El plan tiene como finalidad implementar alternativas de solución que satisfaga las necesidades de la población mediante la prestación del servicio de transporte de pasajeros en condiciones de calidad, eficiencia, oportunidad, comodidad, y seguridad. El plan describe también los principales problemas del transporte, como sigue:

- Contaminación Ambiental por la emisión de gases.
- Parque automotriz obsoleto con más de 20 años de antigüedad.
- Daños a la salud por enfermedades respiratorias.
- Incremento de accidentes por inadecuado control de las normas de tránsito.
- Inadecuada atención al pasajero debido a la falta de capacitación de choferes y cobradores.
- Congestión vehicular en algunos puntos de la ciudad.
- Desactualización del plan regulador, originado por el crecimiento de la zona urbana.



Figura 2. Intersecciones viales críticas de la ciudad de Tacna

Fuente: Plan de Desarrollo Urbano 2015-20125 (pag.76)

La ciudad de Tacna presenta estos grandes problemas de tráfico vehicular, en muchas intersecciones focalizadas y especialmente en horas punta. La problemática de congestionamiento vial que se genera en las intersecciones semaforizadas se deben a las demoras en cruzar una zona semaforizada y la formación de colas por la gran afluencia de todo tipo de vehículos en una determinada vía, a esta problemática se suma la falta de una educación vial eficiente de los conductores y de los usuarios del transporte público,

generando en la zona un desorden y malestar de las personas. Estas infracciones a las reglas del tránsito causan incrementos de los tiempos de demoras, además se tiene que muchos peatones cruzan las esquinas sin respetar la semaforización, y señalización, a este problema se suma también el estado calamitoso en que se encuentra la calzada con serias deficiencias en su superficie de rodadura.

Otro problema del transporte es la administración de las empresas de transporte que tercerizan las rutas a personas que tienen una o varias unidades vehiculares (buses, microbuses, combis), en la cual los conductores y cobradores no respetan las reglas de tránsito, generando el correteo para ganar la mayor cantidad de pasajeros.

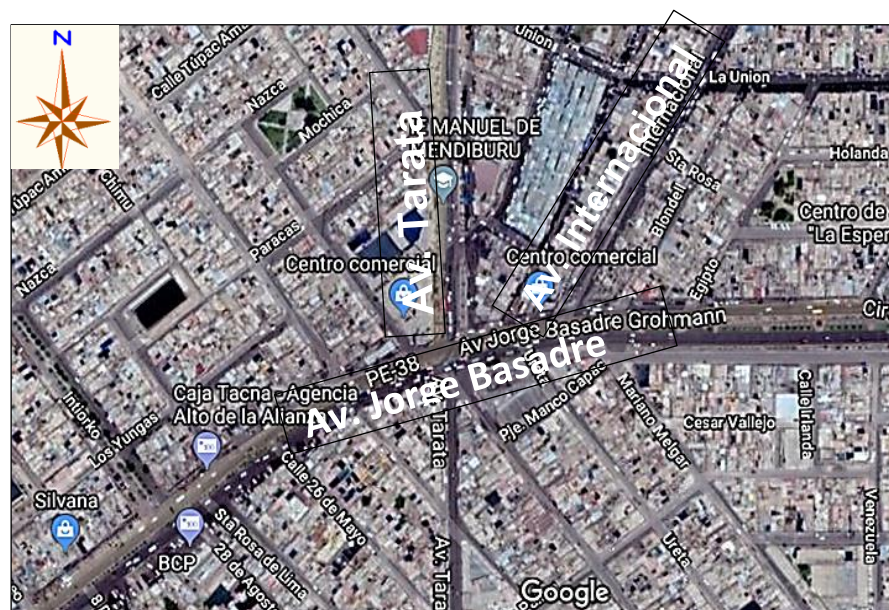


Figura 3. Zona de estudio de las dos intersecciones semaforizadas  
Fuente: Google maps

Otro factor importante es la falta de respeto a las normas de tránsito por los conductores, en su mayoría por los del transporte público versus el transporte privado, un ejemplo de ello es la competencia entre la misma empresa y con otras empresas tratando de ganar la mayor cantidad de

pasajeros, recogiendo en zonas prohibidas y que normalmente lo realizan en las esquinas semaforizadas.

Las intersecciones de la Av. Jorge Basadre con la Av. Tarata y la Av. Internacional, constituyen una de las avenidas muy transitadas; debido a que la Av. Tarata viene a ser la salida hacia las provincias de la parte alta de Tacna. La Av. Internacional viene a ser el ingreso principal al distrito Alto Alianza y al distrito de Ciudad Nueva y la Av. J. Basadre Grohmann hacia el Oeste, es la salida de Tacna por la Panamericana Norte y hacia el Este es la ruta hacia el valle antiguo de Tacna y la conexión con la vía hacia la carretera Tacna Collpa La Paz. En esta intersección se tiene paraderos de servicio público entre los dos semáforos, la cual genera demoras en el cruce de la intersección. Como se puede observar en la figura 4, es una de las intersecciones que actualmente tiene un gran flujo vehicular.



Figura 4. Evaluación de la Av. J. Basadre con la Av. Tarata y Av. Internacional  
Fuente: Elaboración propia

Según el PDU 2015-2025 indica que en la ciudad de Tacna el transporte público está organizado en 33 rutas de transporte, en la que operan 949

vehículos (combis y minibuses), a esto se suma las unidades que realizan el servicio de taxi generando una gran congestión de las vías principales de la ciudad; sobre todo en las horas pico. Dichas rutas cuentan con itinerario y datos del diseño de la ruta, número de vehículos, así como otros datos operacionales (velocidad, frecuencia, etc.). Por otro lado, en la pág. 198 considera a la Av. Jorge Basadre Grohmann como una vía arterial.

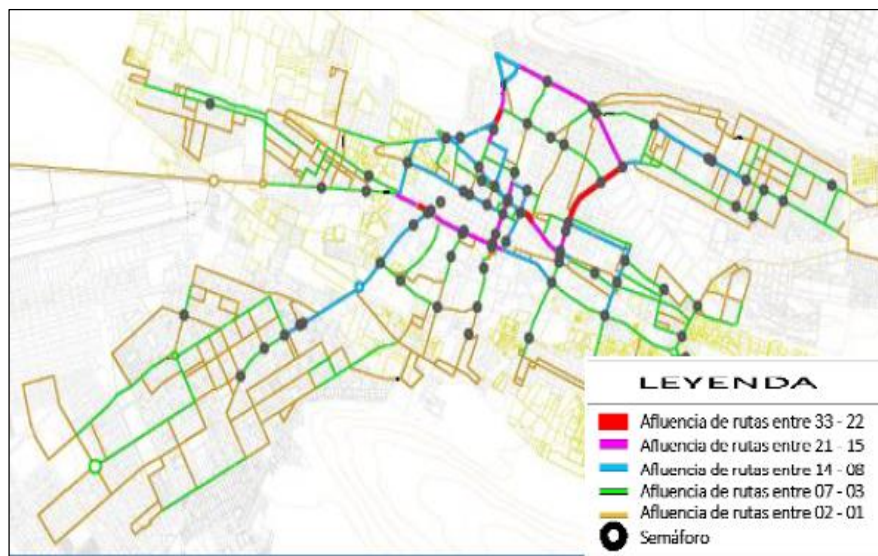


Figura 5. Mayor influencia de rutas de transporte urbano  
Fuente: PDU Tacna 2015-2025

En el mismo Plan de desarrollo Urbano de Tacna 2015-2025, indica que la intersección de la Av. J. Basadre con la Av. Tarata y la Av. Industrial es considerada como una intersección vial crítica con intensidad de vehículos muy alto, además en el plan identifican una serie de problemas, como ser: baja calidad y seguridad de los servicios de transporte, informalidad de los operadores, rutas duplicadas, antigüedad de los vehículos, falta de paraderos y terminales autorizados, etc. (MPT-Tacna., 2015)

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Interrogante principal

¿De qué manera influye los flujos vehiculares en la calidad del nivel de servicio en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional?

### 1.2.2 Interrogantes secundarias

Para dar respuesta a la pregunta anterior, se formularon las siguientes interrogantes como problemas secundarios:

1. ¿Cómo la saturación del flujo vehicular afecta en el comportamiento del nivel de servicio, en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional?
2. ¿Cómo influye los ciclos de tiempo de los semáforos en la determinación del nivel de servicio en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional?
3. ¿Cómo influye la modificación de los flujos vehiculares en la mejora del nivel de servicio en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional?

## 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La justificación **Social**, tiene su mayor impacto, dado que en las propuestas de solución se plantean teniendo presente la importancia de la mejor calidad de vida de las personas que cruzan, viven y trabajan en el entorno de la doble intersección semaforizada de la Av. J. Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional. La situación actual de la transitabilidad peatonal no está priorizada en las dos intersecciones, existiendo solamente una mínima

señalización para el flujo de los vehículos, esta deficiencia genera un malestar de la población para poder cruzar, generando demoras en la transitabilidad peatonal y demoras en la transitabilidad vehicular de la doble intersección que están a menos de 100 metros de distancia.

Al tener esta intersección con un nivel de servicio bajo en la transitabilidad vehicular y peatonal, se tiene información para que las instituciones públicas de la administración del tránsito puedan tomar acciones técnicas y políticas en beneficio de la población, dando mejoras en la señalización y semaforización, así como reducir el tiempo de demora. La información obtenida puede ser tomada también para formular un plan maestro moderno del transporte urbano que esté acorde a los nuevos tiempos.

La justificación **Científica**, está relacionada a la aplicación de la evaluación del nivel de servicio del tránsito vehicular en dos intersecciones, con el uso del programas o simuladores de tránsito para intersecciones semaforizadas. En la actualidad, dos de las herramientas de análisis de intersecciones semaforizadas más empleadas son el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM= de las siglas en inglés para Highway Capacity Manual) y el programa Synchro. La aplicación de estas dos herramientas no considera la realidad peruana debido a que han sido desarrollados de investigaciones llevadas a cabo principalmente en los Estados Unidos de América.

La justificación **Económica**, considera que la mejora de la economía del país ha generado el crecimiento continuo del parque automotor, generando una mayor demanda vehicular en las vías de la ciudad, mientras que la oferta de las vías no crecen, otras vías son rehabilitadas mínimamente y en algunos casos permanecen invariables o lo peor se vienen deteriorando perdiendo su serviciabilidad. La necesidad de cruzar, avenidas importantes generan que se den como solución temporal, la semaforización, pero estas generan saturación en el flujo vehicular continuo.

La instalación de semáforos favorece el control del cruce de tráfico, siendo este dispositivo electrónico el más empleado en las intersecciones viales, con la finalidad de dar prioridad al pase en un tiempo determinado a los vehículos y peatones para evitar accidentes, demoras extremas o incomodidad durante la circulación en una intersección. Una adecuada evaluación de los tiempos y fases en la semaforización garantiza un mejor ordenamiento vehicular en el cruce, la cual genera una disminución en el tiempo de demora, favoreciendo en una menor pérdida de tiempo de transporte y por ende disponer de mayor tiempo para el trabajo generando directamente mayores ingresos económicos a los viajeros y conductores de vehículos.

Desde el punto de vista **Urbano**, la justificación está referida a validar o cuantificar lo indicado en el Plan de Desarrollo Urbano de Tacna 2015-2025, que en su pág. 76 indica que la intersección de la Av. J. Basadre con la Av. Tarata y la Av. Industrial es considerada como una intersección vial crítica con intensidad de vehículos muy alto, además en su pág. 78 dicha intersección es considerada como una de mayor afluencia de rutas de transporte urbano, con datos al año 2010. Como se puede observar la información que contiene el Plan de Desarrollo Urbano de Tacna 2015-2025 no es actual, por lo que el presente estudio aporta a la actualización de los datos consignados en el Plan de Desarrollo Urbano.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo general**



Determinar los flujos vehiculares que influyen en la calidad del nivel de servicio en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Determinar el grado de saturación del flujo vehicular para la evaluación del nivel de servicio, en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional.
2. Analizar los ciclos de tiempo de los semáforos y su influencia en la determinación del nivel de servicio en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional.
3. Proponer alternativas de flujos vehiculares que influyen en la mejora del nivel de servicio en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### **GONZALO A. RAMÍREZ VÉLEZ (2004)**

La Tesis “ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y DEMORA EN INTERSECCIONES VIALES SEMAFORIZADAS”, desarrollado en el año 2004 para obtener el Grado de MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN TRANSPORTES, de la sección de Post Grado de la Universidad Nacional de Ingeniería. Dicho trabajo desea proporcionar una herramienta para el análisis y determinación del nivel de servicio y demora en una intersección semaforizada, aplicable a las condiciones de tráfico urbano que impera en nuestro país. (Gonzalo, A. y Ramirez, V., 2014).

El proyecto de investigación determina de manera cualitativa la calidad del flujo de una intersección semaforizada de acuerdo con el concepto de Nivel de Servicio aplicado por el Instituto de Investigación del Transporte (USA) en el Highway Capacity Manual y su metodología, para las condiciones imperantes de tráfico urbano en la ciudad de Lima, para lo cual se ha efectuado estudios para determinar y modificar la tasa de flujo de saturación actuante e ideal, el tiempo perdido en la partida, el tiempo de servicio de carga y descarga de pasajeros de transporte público para la modificación del factor de bloqueo por transporte público, modificación del factor por ancho de vía y determinación de la velocidad peatonal.

(Ortiz, E. y Veliz A., 2018)

La Tesis, “OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN VIAL DE LA AV. GUSTAVO PINTO CON LA AV.

INDUSTRIAL DE LA CIUDAD DE TACNA - TACNA”, 2018. Proyecto presentado para obtener el Título Profesional de Ing. Civil, de la Universidad Privada de Tacna, Perú. Los autores en este documento proponen tres alternativas para mejorar el nivel de servicio en dicha intersección semaforizada. Dicho trabajo de investigación tiene como objetivo optimizar el flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial ubicado en la Ciudad de Tacna. Indican que la intersección en estudio es muy concurrida por diferentes tipos de vehículos, generando congestión vehicular especialmente en horas punta, provocando caos y grandes colas de vehículos. Para la optimización de esta intersección, lo primero que realizaron fue la evaluación del comportamiento del flujo vehicular determinando el nivel de servicio de la intersección en función del volumen de tráfico y las características geométricas de la misma. Realizaron la toma de información básica del estado actual de la intersección: conteo vehicular, tiempo de semaforización y carriles existentes, usando para ello las metodologías de análisis del HCM 2000 y Synchro v8. La simulación obtenida dio como resultado un nivel de servicio de “F”. Las 3 alternativas de solución para la optimización del flujo vehicular fueron: primero, cambio de fases del semáforo así también eliminar el giro a la izquierda; segundo, generar una rotonda y tercero, plantean un intercambio vial.

#### **SORES TORRES VICTOR (2016)**

La Tesis: “EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO POR ANÁLISIS DE TRÁFICO EN LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA MARISCAL CASTILLA – JULIO SUMAR EL TAMBO, 2015”. Proyecto presentado para obtener el Título Profesional de Ing. Civil, en la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. En su introducción indica que es una práctica común que las medidas de eficiencia para la evaluación del comportamiento de intersecciones semaforizadas en la ciudad de Huancayo sean determinadas empleando como herramientas las metodologías de

análisis del HCM 2000 y Synchro 8; las mismas que se fundamentan en los principios de la ingeniería de tráfico y han sido desarrolladas empleando información real de campo que no necesariamente presentaría características similares a las locales, siendo necesario determinar si su aplicación directa sería válida para la obtención de valores representativos de tasas de flujo de saturación, demoras y colas.

El trabajo de investigación emplea las metodologías mencionadas para el análisis de la intersección Julio Sumar-Mariscal Castilla una intersección semaforizada del distrito de El Tambo; con las cuales se estimaron las tasas de flujo de saturación, demoras por control y extensiones máximas de cola, que posteriormente se contrastaron con los valores directos de campo obtenidos a través de la aplicación de la técnica de medición directa Input-Output. Del mismo modo, este trabajo sugeriría que la aplicación de Synchro podría brindar mejores resultados siempre y cuando sean empleadas tasas de flujo de saturación medidas directamente de datos de campo, brindando valores de colas equivalentes a los reales. Obteniendo un nivel de servicio de E a C. (Sores, 2016).

#### **REYNA PEÑA PEDRO (2015)**

Tesis: PROPUESTA DE MEJORA DE NIVELES DE SERVICIO EN DOS INTERSECCIONES”. Proyecto presentado para obtener el Título Profesional de Ing. Civil, de la Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima Perú. El autor en este documento propone una alternativa para mejorar el nivel de servicio de dos intersecciones en el distrito de Miraflores. La primera de ellas es la intersección de las avenidas Comandante Espinar con la Calle Enrique Palacios y la segunda es la nueva intersección semaforizada de Enrique Palacios con la Calle Arica. Estas intersecciones se encuentran a 100 m de distancia, se analizó el grado de saturación de las intersecciones mencionadas, se realizó el cálculo de las demoras y se determinó el nivel de servicio actual. Asimismo, propone soluciones evaluando los ciclos de los

semáforos para la mejora del nivel de servicio para agilizar el tránsito en esta zona en horas punta. (Reyna, 2015)

Los datos de aforo indica que lo obtuvieron del aforo manual realizado en las dos intersecciones en análisis y en la etapa de recopilación de información se solicitó información de la Municipalidad de Miraflores para comparar los valores obtenidos. La información obtenida se ha procesado basándose en el HCM. Asimismo, se está usando como herramienta el software de modelación Synchro Traffic 8.0 que ayudó a la evaluación analítica del documento.

Además, concluye que la intersección de las calles Arica con Enrique Palacios, presenta actualmente un nivel de servicio D y la intersección de Comandante Espinar con Enrique Palacios presenta un nivel de servicio E. Se aprecia que con estos niveles de servicio se genera congestión vehicular, por tanto, la propuesta es incrementar el ciclo de verde efectivo en el semáforo en la calle Enrique Palacios en 5 segundos. Obteniéndose una mejora teórica en el nivel de servicio pasando de E a D.

**FAVIO JORGE VERA LINO (2012):**

En su TESIS “APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS DEL HCM 2000 Y SYNCHRO 7.0 PARA ANALIZAR INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS EN LIMA”. (Vera, 2012) Documento presentado para obtener el título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú. El autor indica que Synchro es un software desarrollado por Trafficware, que permite el análisis y optimización de sistemas de tráfico a un nivel macroscópico. En principio, Synchro implementa las metodologías de los Capítulos 15, 16 y 17 del Manual de Capacidad de Carreteras-HCM 2000; sin embargo, también existen algunas diferencias con respecto al HCM, entre las cuales se destaca un método alternativo para el cálculo de demoras, denominado Método Percentil de Demoras. Adicionalmente,

Synchro calcula directamente el factor de progresión (PF) e incorpora un término para la demora por bloqueo debido a la interacción de colas. A continuación, se describen brevemente las principales consideraciones empleadas por Synchro:

**a) Ajuste de la Demanda**

Synchro divide los volúmenes de tráfico entre el FHP para determinar la tasa de flujo durante el periodo de 15 minutos más cargado durante la hora, tal cual es indicado por el HCM.

**b) Ajuste de la Oferta**

Para el cálculo de la tasa de flujo de saturación, Synchro emplea el valor por defecto para la tasa de flujo de saturación ideal de 1900 veh/h/carril y la ajusta automáticamente con los factores correspondientes, sin embargo, también es posible emplear un valor de flujo de saturación directo, en caso de que este haya sido determinado.

**c) Determinación de la Capacidad**

Para el cálculo de la relación volumen-capacidad (v/c), Synchro incorpora todos los ajustes y estimaciones del HCM 2000, pero adicionalmente provee un método alternativo denominado ICU (Intersection Capacity Utilization).

**d) Determinación de las Medidas de eficiencia**

➤ **Demoras.** - Synchro determina la demora por control y la demora por cola, con las que se obtiene la demora total. Es decir:

$$\text{Demora total} = \text{demora por control} + \text{demora por cola}$$

La demora por control de Synchro es utilizada para el análisis de los efectos de coordinación, actuación y congestión; siendo el componente de demora generado por el dispositivo de control. La demora por cola de Synchro incorpora los efectos de interacción de colas: por inanición y bloqueos en tramos cortos o bahías cortas.

➤ **Método de Webster (HCM).**- Bajo esta modalidad, Synchro emplea la ecuación de demora del HCM, a la que denomina también Fórmula de Webster, Synchro no utiliza el término  $d_3$ , el cual incorpora la demora por cola inicial ( $d_3 = 0$ ); pero además, calcula explícitamente la demora con los efectos de coordinación.

**e) Escenarios percentil**

Durante el periodo de análisis, los vehículos no llegan a la intersección de manera uniforme pues algunos ciclos podrían tener mayor tráfico que otros. Por lo tanto, para incorporar los efectos de la variación del tráfico, Synchro modela el flujo bajo cinco escenarios percentil: 10°, 30°, 50°, 70° y 90°. Por ejemplo, si 100 ciclos son observados, el ciclo de percentil -90 ó 90° será el nonagésimo ciclo más cargado. Cada uno de estos escenarios representará un 20% de los ciclos que realmente ocurren.

**f) Sobresaturación y colapsos del ciclo**

Conforme el volumen se aproxima a la capacidad, algunos o todos los vehículos no serán acomodados durante el primer ciclo. Synchro, al igual que el HCM, incluye un término por demora incremental para tomar en cuenta las demoras de vehículos que esperan por ciclos extras. En ambos modelos  $d_2$  incorpora las demoras debidas a situaciones cercanas a la saturación o debidas a sobresaturación. Por

lo tanto, la demora incremental de Synchro se calcula empleando la misma fórmula que utiliza el HCM.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Manual de carreteras (HCM, 2010)**

En este manual se describe los conceptos de capacidad vial, niveles de servicio, entre otros conceptos que se describe de la siguiente manera:

#### **A. Capacidad vial**

Teóricamente la capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una autopista o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalcientes 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. Como se sabe, que el volumen en 15 minutos así obtenido es convertido a tasa de flujo horaria, entonces la capacidad de un sistema vial, es la tasa máxima horaria.

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



mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, independientemente de la cantidad de vehículos, tales como los semáforos, las intersecciones de prioridad con señales de alto y ceda el paso, y otros tipos de regulación.

Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad y calidad de operación. Por lo tanto, el principal objetivo del análisis de capacidad, es estimar el máximo número de vehículos que un sistema vial puede acomodar con razonable seguridad durante un periodo específico. Sin embargo, los sistemas operan pobremente a capacidad; pero generalmente ellos raramente se planifican para operar en este rango.

A su vez, mediante los análisis de capacidad, también se estima la cantidad máxima de vehículos que el sistema vial puede acomodar mientras se mantiene una determinada calidad de operación, introduciéndose aquí el concepto de nivel de servicio.

## **B. Elementos críticos que condicionan el nivel de servicio**

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 el 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. Usualmente se acostumbra un período de 15 minutos, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(Q_{m\acute{a}x.15})}$$

Donde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

qm<sub>ásx.15</sub> = Flujo máximo durante 15 minutos

Por lo general, no se realizan estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que pueden alojar cierta parte de una carretera o calle, lo que se hace es tratar de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien la tasa de flujo admirable dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con qué flujos, o volúmenes y a qué plazo se llegará a la capacidad de esa parte del sistema vial.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la carretera o calle, al cual se le denomina flujo de servicio. Este flujo va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel E, o capacidad del tramo de vía. Más allá de este nivel se registran condiciones más desfavorables, por ejemplo, con nivel F, no aumenta el flujo de servicio, sino que disminuye.

Tradicionalmente se ha considerado la velocidad como el principal factor usado para identificar el nivel de servicio. Sin embargo, los métodos modernos introducen, además de la velocidad media de

recorrido, consideran dos nuevos factores: la densidad para casos de circulación continua y la demora para casos de circulación discontinua.

En cualquiera de los casos un factor primordial para valorar el grado de utilización de la capacidad de un sistema vial y, por consiguiente, su nivel de servicio, es la relación entre el flujo y la capacidad ( $q/q_{max}$ ,  $v/c$ ), ya sea entre el flujo de demanda y la capacidad, o bien la relación entre el flujo de servicio y la capacidad, según el problema específico. En situaciones donde se conoce la demanda y la capacidad y se desea determinar el nivel de servicio,  $q = v$  representa el flujo de demanda. En el caso cuando se conoce la capacidad y se especifica un determinado nivel de servicio,  $q=v$  representa el flujo de servicio con dicho nivel.

*Tabla 1. Medidas de eficiencia de los niveles de servicio*

<b>Tipo de Infraestructura</b>	<b>Medidas de Eficiencia</b>
Vías Expresas Segmentos básicos de autopista Entrecruzamientos Rampas de enlace	Densidad (veh.lig./km/carril) Velocidad media de recorrido (km/h) Tasas de flujo (veh.lig./h)
Carreteras Multicarriles De dos carriles	Densidad(veh.lig./km/carril) Demora porcentual(%) y velocidad media de recorrido
Intersecciones con semáforo	Demora media individual por paradas(seg/veh.)
Intersecciones sin semáforo	Capacidad remanente (veh.lig./h)
Vías Arteriales	Velocidad media de recorrido (km/h)
Transporte colectivo	Factor de carga (per./asiento)
Peatones	Espacio (m2/peatón)

FUENTE:

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

La capacidad de una infraestructura vial es tan variable como pueden serlo las variables físicas del mismo, o 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.

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

- El flujo y la capacidad, bajo condiciones prevalecientes, se expresan en vehículos mixtos por hora para cada tramo de la vía o calle.
- El nivel de servicio se aplica a un tramo significativo de la vía. Dicho tramo puede variar en sus condiciones de operación, en diferentes puntos, debido a variaciones en el flujo de vehículos o en su capacidad. Las variaciones en capacidad provienen de cambios en pendientes, por restricciones laterales, por intersecciones, etc. Las variaciones de flujo se originan por cierta cantidad de vehículos que entran y salen del tramo en ciertos puntos a lo largo de él. El nivel de servicio del tramo debe tomar en cuenta, por lo tanto, el efecto general de estas limitaciones.
- Los elementos usados para medir la capacidad y los niveles de servicio son variables, cuyos valores se obtienen fácilmente de los datos disponibles. Por lo que corresponde a la capacidad, se requieren el tipo de infraestructura vial, sus características geométricas, la velocidad media de recorrido, la composición del tránsito y las variaciones del flujo, por lo que toca al nivel de servicio, los factores adicionales que se requieren incluyen la densidad, la velocidad media de recorrido, las demoras y la relación flujo a capacidad.

- Por razones prácticas se han fijado valores de densidades, velocidades medias de recorrido, demoras y relaciones de flujo a capacidad, que definen los niveles de servicio para autopistas, carreteras de carriles múltiples, carreteras de dos carriles, calles intersecciones con semáforos e intersecciones sin semáforo o de prioridad.
- El criterio utilizado para una identificación práctica de los niveles de servicio de las diversas infraestructuras viales, establece que se deben considerar las medidas de eficiencia mostradas.

### **C. Capacidad y niveles de servicio en intersecciones viales**

Para las intersecciones controladas con semáforo, ambos conceptos se analizan por separado y no tienen una relación sencilla entre sí. La capacidad se calcula para cada grupo de carriles que llegan a la intersección.

Un grupo de carriles está definido como uno o más carriles que llevan un flujo vehicular y tienen una línea de pare común y una capacidad compartida por los vehículos. El análisis de capacidad se obtiene de la relación volumen/capacidad ( $v/c$ ) para cada grupo de carriles. La relación  $v/c$  es el valor de flujo actual o futuro en el acceso o en el grupo de carriles asignado durante los 15 minutos máximos dividido entre la capacidad de acceso o del grupo de carriles asignado.

El nivel de servicio se basa en la demora promedio por parada por vehículo para varios movimientos dentro de la intersección. Aunque la relación  $v/c$  afecta la demora, existen otros parámetros que la afectan más fuertemente, como la calidad de la sincronía, la duración de las fases de verde, la duración del ciclo y otros. Así, una relación  $v/c$  dada, puede generar una gran cantidad de valores para la demora. Por esta

razón, tanto la capacidad como el nivel de servicio deben analizarse con cuidado.

#### **D. Capacidad de las intersecciones controladas con semáforo**

La capacidad está definida para cada acceso de la intersección: valor de flujo máximo (del acceso en estudio) que puede pasar a través de la intersección en condiciones prevalecientes del tránsito de la vía y de la semaforización se establece en vehículos por hora.

Las condiciones de tránsito incluyen los volúmenes en cada acceso, la distribución de los vehículos por movimiento (izquierdo, derecho y directo), la distribución por tipo de vehículo en cada movimiento, la ubicación y la utilización de las paradas de buses dentro de la zona de la intersección, junto con los flujos de peatones y maniobras de estacionamiento. Las condiciones de la vía consideran la geometría básica de la intersección, que incluye el número y ancho de carriles, las pendientes y la utilización de los carriles (incluidos los carriles de estacionamiento). Las condiciones de la semaforización abarcan una definición completa de las fases del semáforo, su duración, su tipo de control y la evaluación de cada acceso.

#### **E. Niveles de servicio para las intersecciones controladas con semáforo**

Están definidos en relación con la demora. Ésta es una medida que refleja la molestia y frustración del conductor, el consumo de combustible y la pérdida de tiempo en el viaje. Estos niveles de servicio se han establecido en relación con la demora promedio por parada por vehículo. La demora es una medida compleja y depende de un número de variables que incluyen la calidad de la sincronía, la duración del ciclo,

la relación de verde y la relación v/c para un grupo de carriles o accesos en estudio. La Tabla 2 describe los niveles de servicio para las intersecciones con semáforo.

*Tabla 2. Niveles de servicio con semáforos*

<b>Nivel de Servicio</b>	<b>Características de la operación</b>	<b>Demora (segundos)</b>
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no se detienen.	$\leq 10$
B	Ocurre con una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.	$> 10 - 20$
C	Ocurre con una sincronía regular o ciclos largos; los ciclos individuales: empiezan a fallar.	$> 20 - 35$
D	Empieza a notarse la influencia de congestionamientos ocasionados por un ciclo largo y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen	$> 35 - 55$
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos frecuentes.	$> 55 - 80$
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores a 1 pero con una sincronía muy deficiente y/o ciclos semafóricos largos.	$> 80$

Fuente: Manual de capacidad de carreteras (HCM 2010).

### 2.2.2. Volumen de tránsito

Según el manual de diseño geométrico de vías urbanas-VCHISA, indica.

#### A. Generalidades

Las cinco definiciones siguientes, que se han tomado del diccionario de la lengua de la Real Academia Española, sirven de base para entender el concepto tanto técnico como científico de la Ingeniería de Tránsito y Transporte, veamos:

- **Transportar:** “llevar una cosa de un paraje o lugar a otro. Llevar de una parte a otra por el porte o precio convenido”.

- **Transporte:** “Acción y efecto de transportar o transportarse”.
- **Transitar:** “ir o pasar de un punto a otro por vías, calles o parajes públicos”.
- **Tránsito:** “acción de transitar. Sitio por donde se pasa de un lugar a otro”.
- **Tráfico:** “Tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras, caminos, etc.”.

El Instituto de Ingenieros de Transporte, ITE, citado por W.S. Homburger, define la ingeniería de transporte y la ingeniería de tránsito de la siguiente manera:

**Ingeniería de Transporte:** aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente.

**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, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte.

## B. Definiciones

### a. Volumen de tránsito

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado. Se expresa como:

$$Q = N/T$$



Donde:

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

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Período determinado (unidades de tiempo)

### **b. Volúmenes de tránsito absoluto 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 absolutos o totales:

**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 total 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.

### **c. Volúmenes de tránsito promedio diarios**

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

período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dado en vehículos por día:

IMDA = Índice Medio Diario Anual

IMDM = Índice Medio Diario Mensual

IMDS = Índice Medio Diario Semanal

#### **d. Volúmenes de tránsito horarios**

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora:

##### **1. Volumen horario máximo anual (VHMA)**

Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. En otras palabras, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año

##### **2. Volumen horario de máxima demanda (VHMD)**

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

##### **3. Volumen horario-décimo, vigésimo, trigésimo - anual (10VH, 20 VH, 30VH)**

Es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, que es excedido por 9,10 y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina volumen horario de la 10a, 20ava y 30ava. Hora de máximo volumen

##### **4. Volumen horario de proyecto (VHP)**

Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad.

Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año, ya que exigiría inversiones demasiado cuantiosas, sino un volumen horario que se pueda dar un número máximo de Índice Medio Diario Anual o IMDA veces en el año, previa convención al respecto.

### **C. Uso de los volúmenes de tránsito**

De una manera general, los datos sobre volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en los siguientes campos:

#### **1. Planeación**

- Clasificación sistemática de redes de vías
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito
- Modelos de asignación y distribución de tránsito
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejores y prioridades.
- Análisis económicos
- Estimaciones de la calidad del aire
- Estimaciones del consumo de combustibles.

#### **2. Proyecto**

- Aplicación a normas de proyecto geométrico.
- Requerimientos de nuevas vías.
- Análisis estructural de superficies de rodamiento.

#### **3. Ingeniería de Tránsito**

- 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.

#### **4. Seguridad**

- Cálculo de índices de accidentes y mortalidad.
- Evaluación de mejoras por seguridad.

#### **5. Investigación**

- Nuevas metodologías sobre capacidad.
- Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.
- Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.
- Estudios de antes y después
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía.

### **D. Características de los volúmenes de tránsito**

Los volúmenes siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el período de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control de tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

#### **a. 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.

**b. 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 período máximo. En cualquiera de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos períodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos.

Para la hora 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 período dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = VHMD/N(q_{max})$$

Dónde: N= número de periodos durante la hora de máxima demanda

Los períodos dentro de 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:

$$FHMD = VHMD / (4(q_{max15}))$$

### 2.2.3 Los semáforos (MTC, 2016)

Según el manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y carreteras del Ministerio de Transportes del Perú, indica que son dispositivos de control del tránsito que tienen por finalidad regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar.

El color rojo prohíbe el tránsito en una corriente vehicular o peatonal por un tiempo determinado. El color verde permite el tránsito en una corriente vehicular o peatonal por un tiempo determinado. El color amarillo o ámbar dispone al conductor ceder el paso y detener el vehículo, y no ingresar al cruce o intersección vial. Los semáforos modernos asignan el tiempo en diferentes formas, desde los más sencillos (dos fases de tiempo fijo) hasta los más complejos (multi fases, actuado por el tránsito).

#### **ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SEMÁFORO**

Un semáforo consta de dos partes (soporte y cabeza), cuyo desarrollo es el siguiente:

##### **a. Soporte**

Es la estructura que sujeta la cabeza del semáforo de forma que le permita algunos ajustes angulares, verticales y horizontales.

##### **b. Cabeza**

Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones, los elementos de la cabeza del semáforo son:

- Cara
- Módulo luminoso o carcasa
- Señal luminosa o lente
- Visera
- Placa de contraste o pantalla anti reflejante

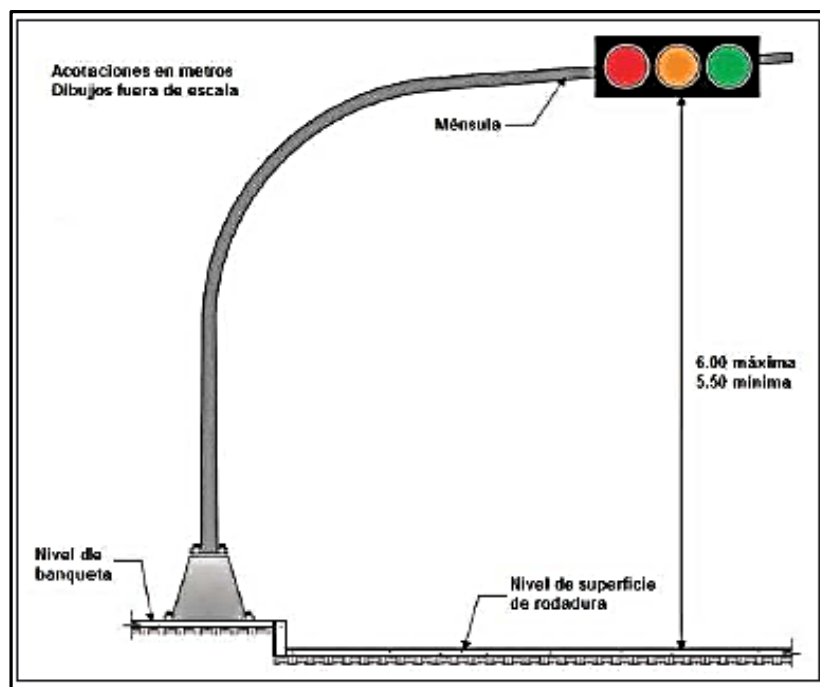


Figura 6. Elementos de soporte de un semáforo tipo ménsula  
 Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

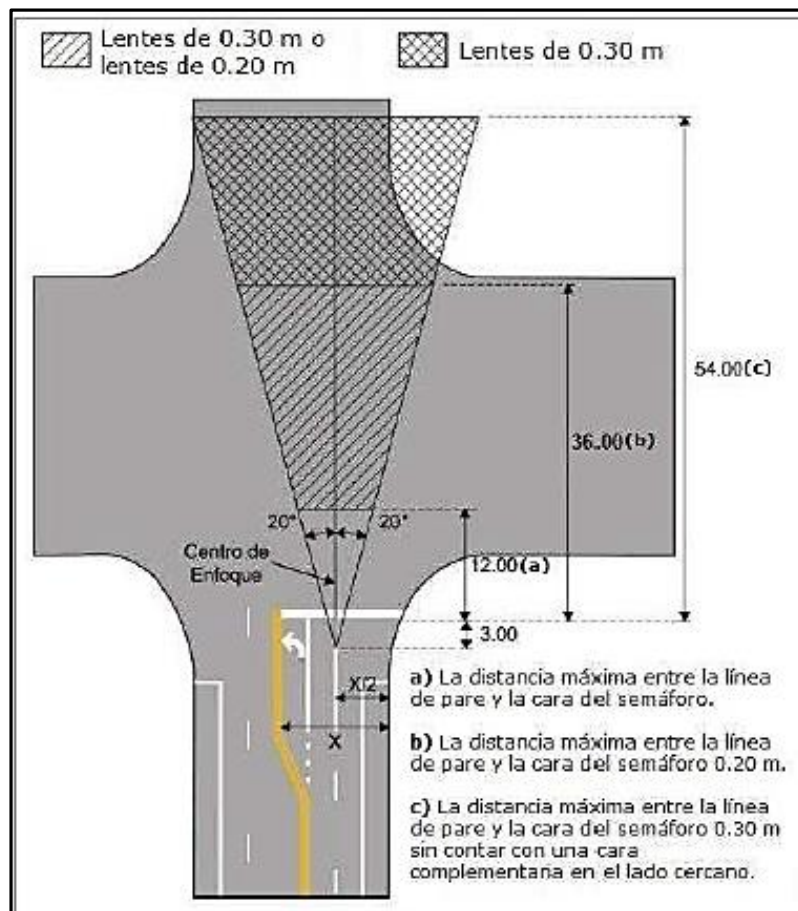


Figura 7. Ubicación de las caras de un semáforo en acceso a la intersección

Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

## TIPO DE SEMÁFOROS

### Clasificación

La siguiente clasificación se basa en los mecanismos de su operación y forma de control:

- a. Semáforos para vehículos
  - Semáforos fijos o pre sincronizados.
  - Semáforos sincronizados por el tránsito
  - Semáforos adaptados al tránsito
- b. Semáforos para peatones
- c. Semáforos especiales



- Semáforos de destellos o intermitente
- Semáforos para regular el uso de carriles
- Semáforos para paso de vehículos de emergencia
- Semáforos para indicar la aproximación de trenes
- Semáforos para regular el uso de carriles de peaje

### **Semáforos para vehículos**

Tienen por finalidad controlar el tránsito vehicular, operan como fijos o pre-sincronizado; parcialmente sincronizados por el tránsito vehicular; o totalmente sincronizados por el tránsito vehicular.

### **Semáforos fijos o pre sincronizados**

Son aquellos que cuentan con una programación de intervalos y secuencia de fases preestablecidos no accionados por el tránsito vehicular. El programa que rige sus características de operación tales como duración del ciclo, desfase, y otros, pueden ser modificados.

### **Semáforos sincronizados por el tránsito**

Son aquellos cuyo funcionamiento es sincronizado en todos los accesos a una intersección, en función a las demandas del flujo vehicular y disponen de medios (detectores de vehículos y/o peatones) para ser accionados por éste.

### **Semáforos adaptados al tránsito**

Denominados también semáforos inteligentes, son aquellos cuyo funcionamiento es ajustado continua y automáticamente en todos los accesos a una intersección, de acuerdo a la información sobre el flujo vehicular que colectan los detectores de tráfico y envían la información sobre la secuencia de fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases, a una Estación Central o Control Maestro.

### **Forma y color de los indicadores del semáforo**

Los indicadores de los semáforos son circulares o en flecha, además se usan contadores en semáforos fijos. En semáforos para peatones o semáforos especiales puede haber excepciones. Las luces que emiten los indicadores de los semáforos son los siguientes:

- **Luz circular verde fija:** vehículos que reciben una luz circular verde fija pueden continuar de frente, girar a la derecha o girar a la izquierda, excepto cuando cualquiera de estos movimientos esté restringido.
- **Luz flecha verde fija:** vehículos que reciben una flecha verde pueden continuar con precaución únicamente en la dirección de la flecha y desde el carril que esta flecha controla.
- **Luz circular amarilla fija:** vehículos que reciben una luz circular amarilla fija deben parar.
- **Luz flecha amarilla fija:** vehículos que reciben una flecha amarilla fija deben parar.
- **Luz circular roja fija:** vehículos que reciben una luz circular roja fija están prohibidos de pasar.
- **Luz flecha roja fija:** vehículos que reciben una flecha roja fija están prohibidos de pasar.
- **Luz circular roja o flecha roja intermitente:** vehículos que reciben una luz circular roja o flecha roja intermitente, deben parar por completo y luego continuar de frente, girar a la derecha o a la izquierda con precaución, para evitar colisiones con otro vehículo que puede aproximarse en la intersección.

A continuación, se definen los términos utilizados comúnmente para describir las operaciones de los semáforos:

- **Ciclo:** secuencia completa de indicaciones del semáforo.

- **Duración del ciclo:** tiempo total del semáforo para completar un ciclo, en segundos, dado por el símbolo C.
- **Fase:** parte del ciclo asignado a cualquier combinación de movimientos del tránsito no conflictivos entre sí que reciben derecho de vía simultáneamente durante uno o más intervalos.
- **Intervalo:** un período durante el cual todas las indicaciones del semáforo se mantienen constantes.
- **Cambio de intervalo:** intervalos amarillos más todo rojo que ocurren entre las fases para proporcionar un despeje en la intersección antes de que los movimientos conflictivos se alcancen. Se establece en segundos y está dado por el símbolo.
- **Tiempo de verde:** tiempo de una fase dada durante el cual aparece el verde. Se establece en segundos y está dado por el símbolo G.
- **Tiempo perdido:** tiempo durante el cual la intersección no se utiliza por algún movimiento. Estos tiempos ocurren en el cambio de intervalo (cuando la intersección se despeja) y en el inicio de cada fase cuando los primeros vehículos de la cola experimentan las demoras por arranque.
- **Tiempo de verde efectivo:** durante una fase dada, tiempo disponible en forma efectiva para los movimientos permitidos. Generalmente se toma como el tiempo de verde más el cambio de intervalo menos el tiempo perdido para la fase asignada. Se establece en segundos.
- **Relación de verde:** tiempo de verde efectivo en la duración del ciclo.
- **Rojo efectivo:** tiempo durante el cual no se permite circular a un movimiento dado o a un grupo de movimientos. Se establece en segundos, siendo la duración del ciclo menos el tiempo de verde efectivo para una fase específica.

#### 2.2.4 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. Existen dos métodos de aforo: el mecánico 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 a 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 es 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 de tránsito anual.

##### b. Aforos manuales:

Se usa uno o más aforadores (personas) para recopilar datos en lugares específicos, puede 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 en una hoja de campo.

##### Periodos de aforo:

Como regla general, los aforos realizados en zonas urbanas durante la hora de máxima demanda, demostraran 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 en

días festivos, ni un día antes o posterior a ellos. Tampoco cuando existen condiciones atmosféricas adversas que pudiera afectar el flujo vehicular.

### 2.2.5 Tipos de flujo de tráfico (HCM, 2010)

El Manual de Capacidad de Carreteras clasifica a los distintos tipos de caminos en dos categorías o tipos de operación del flujo vehicular:

- Continuo y
- Discontinuo

Los términos “**flujo Continuo**” y “**flujo discontinuo**” solo describen el tipo de camino y no la calidad del flujo de tránsito que en un determinado momento circula por el mismo. Así por ejemplo, una autopista que, en un momento dado, experimenta un alto grado de congestión, sigue siendo un camino de flujo continuo pues las causas que originan esa congestión son internas de la corriente de tránsito.

Las autopistas y sus componentes operan bajo las más puras condiciones de flujo continuo ya que no solo en ellas no existen interrupciones fijas al tránsito, sino que además los accesos y egresos son controlados y limitados a las ubicaciones de las ramas de entrada y salida.

Los caminos multicarril y los de dos carriles también pueden operar bajo las condiciones de flujo continuo en tramos largos ubicados entre puntos en los cuales existen elementos de control que producen la interrupción de la corriente vehicular.

En el análisis de los caminos con flujo discontinuo debe tomarse en cuenta en el impacto de las interrupciones fijas. Así, por ejemplo, un semáforo limita el tiempo disponible para los distintos movimientos del tránsito de la intersección en la cual están emplazados. En consecuencia, la capacidad

queda limitada no solo por el espacio físico proporcionado por la intersección, sino también por el tiempo disponible para los distintos movimientos de la corriente de tránsito.

### **2.2.6 Clasificación de las vías urbanas (Chavez, 2004)**

Según el manual de Diseño Geométrico Urbano (VCHISA), 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; habiéndose considerado los siguientes criterios:

- Funcionamiento de la red vial.
- Tipo de tráfico que soporta.
- Uso del suelo colindante (acceso a los lotes urbanizados y desarrollo de establecimientos comerciales).
- Espaciamiento (considerando a la red vial en su conjunto).
- Nivel de servicio y desempeño operacional.
- Compatibilidad con sistemas de clasificación vigentes.

La clasificación adoptada considera cuatro categorías principales: vías expresas, arteriales, colectoras y locales. Se ha previsto también una categoría adicional denominada “vías especiales” en la que se consideran incluidas aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales.

La clasificación de una vía, al estar vinculada a su funcionalidad y al papel que se espera desempeñe en la red vial urbana, implica de por sí el establecimiento de parámetros relevantes para el diseño como son:

- Velocidad de diseño.
- Características básicas del flujo que transitara por ellas.
- Control de accesos y relaciones con otras vías.

- Número de carriles.
- Servicio a la propiedad adyacente.
- Compatibilidad con el transporte público.
- Facilidades para el estacionamiento y la carga y descarga de mercaderías.

**a. Vías expresas:**

Las vías expresas establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. Sirven para viajes largos entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central.

**b. Vías arteriales:**

Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. 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. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido.

**c. Vías colectoras:**

Las vías colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.

**d. Vías locales:**

Son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida. Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras.

**e. Vías de diseño especial:**

Son todas aquellas cuyas características no se ajustan a la clasificación establecida anteriormente. Se puede mencionar, sin carácter restrictivo los siguientes tipos:

- Vías peatonales de acceso a frentes de lote
- Pasajes peatonales
- Malecones
- Paseos
- Vías que forman parte de parques, plazas o plazuelas
- Vías en túnel que no se adecuan a la clasificación principal

## 2.3 DEFINICION DE CONCEPTOS

**Capacidad vial:** se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle (Cal y Mayor, 2007).

**Niveles 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 (Cal y Mayor, 2007).

**Densidad:** se define la densidad como el número de vehículos que ocupan un tramo de longitud de un carril o carretera, promediado entre esta longitud, en unidades de vehículos por kilómetro (TRB, 2000).



**Tráfico vehicular:** es el resultado del movimiento o flujo de vehículos en una determinada vía, calle o autopista. (Lopez, 2014).

**Hora punta:** periodo de tiempo en el que se produce congestión vehicular en las avenidas principales debido a su gran demanda por el ingreso o retiro laboral de trabajadores (Machaca, 2016).

**Análisis de Capacidad:** Synchro realiza el análisis de capacidad aplicando el método del HCM 2010 para vías urbanas, intersecciones señalizadas e intersecciones no señalizadas y además determina la demora causada por la cola y la incluye como parte de la demora total generada en la intersección. (HCM, 2010)

**Optimización y coordinación:** Synchro permite sincronizar y optimizar los tiempos en los planes de fase de semáforos de forma rápida, optimizando las longitudes de los ciclos, los tiempos de las fases, y los desfases entre las intersecciones adyacentes generando una eficiente progresión en el corredor vial, disminuyendo el número de parada de los vehículos y las demora, eliminando la necesidad de evaluar múltiples planes de fase para determinar el óptimo desempeño de la intersección.

**Diagrama Espacio-Tiempo:** el diagrama espacio-tiempo muestra los problemas generados en la intersección asociados con la cola a través de un código y un color que indican el tipo de problema que presenta el flujo vehicular en el corredor vial. Presenta dos estilos de diagramas espacio-tiempo, el primer estilo muestra en el ancho de las bandas como el tráfico puede ser capaz de viajar por una vía arterial sin detenerse. El segundo estilo muestra como cada vehículo individual se detiene en la cola y luego continúa, este estilo muestra con mayor claridad lo que ocurre con flujo del tráfico.

**Intersección LOS (Level Of Service):** nivel de servicio de la Intersección; se expresa como un rango alfabético que va A hasta F. Se basa en un percentil de control de demora, que utiliza el método numérico del HCM (Highway Capacity Manual).

**ICU (Intersection Capacity Utilization):** factor de utilización de la capacidad en la intersección; se expresa en porcentaje. Se basa en la relación de flujo crítico para la intersección. La relación de flujo crítico es la suma de los tiempos verde más el tiempo necesario para despejar la intersección dividido por una longitud de ciclo de referencia.

**ICU LOS:** nivel de servicio Según el factor de utilización de la capacidad en la intersección. Este factor nos proporciona una idea general de cómo está funcionando la intersección y cuanta capacidad extra queda disponible para manejar las fluctuaciones del tráfico e incidentes.

## **CAPÍTULO III**

### **3 MARCO METODOLÓGICO**

#### **1.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.1.1 Hipótesis general**

Los flujos vehiculares actuales influyen en el nivel de servicio determinando un rango bajo (Nivel E y F) en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional.

##### **1.1.2 Hipótesis específicas**

###### **A. Hipótesis específica 1**

Los flujos vehiculares actuales influyen en la determinación del nivel de servicio, teniendo un rango bajo (nivel F) en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional.

###### **B. Hipótesis específica 2**

Los tiempos del ciclo y fase del semáforo influyen significativamente en el nivel de servicio en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional.

###### **C. Hipótesis específica 3**

Las alternativas de reducción de los tiempos de fase y ciclo en los semáforos generan flujos o giros vehiculares que mejoran el nivel de servicio (nivel C) en las dos intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional.

## 1.2 VARIABLES

### 1.2.1 Identificación de la variable independiente

Flujo vehicular

#### 1.2.1.1 Indicadores

*Tabla 3. Indicadores de variables*

<b>variable</b>	<b>concepto</b>	<b>Indicador</b>
IMD	Es el índice medio diario o el caudal vehicular	Veh/día
Flujo Vehicular	Movimiento de vehículos en una calle o avenida con una dirección determinada.	Km/hr
Giros	Son los sentidos de giro que tienen los vehículos en una intersección.	Sentido (izquierda, de frente, derecha, en U).
Tiempos en semáforos	Las fases y ciclos del semáforo vienen a ser el conjunto de movimientos en una intersección que obedecen a una secuencia del tráfico.	Fases y ciclos en seg., min.

Fuente: Elaboración propia

### 1.2.2 Identificación de la variable dependiente

Nivel de servicio

### 1.2.2.1 Indicadores

Tabla 4. Indicadores de variables

Variable	Definición	Indicador
Nivel de Servicio	Viene a ser una medida cualitativa que nos indica en que condición se encuentra el flujo vehicular de una intersección, según el HCM 2010.	Las medidas son: A, B, C, D, E y F.
Capacidad	Es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo determinado.	$V/C$ = volumen capacidad de un carril
LOS	Es un término que se determina en programa SYNCHRO V8.0 (Level of service = Nivel de Servicio) término empleado en el HCM 2010.	LOS = en % de 0 a 100%

Fuente: Elaboración propia

## 1.3 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se considera **descriptivo**, porque esta implica observar y describir eventos y situaciones sin influir sobre él de ninguna manera. También se considera descriptiva cuando busca identificar los factores que están participando en el comportamiento del producto o proceso que se está abordando, en ese sentido se asemeja con el nivel descriptivo de la investigación científica. Este tipo de estudio permite explicar, comprender e interpretar de por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se presenta el nivel de servicio de las dos intersecciones semaforizadas continuas.

En cuanto al diseño de investigación corresponde a un diseño de campo, donde el diseño de investigación alude al proceso de recolección de datos (flujos vehiculares, ciclos de tiempo de semaforización, giros o sentidos de flujos vehiculares, número de carriles de calzada, paraderos, etc.) que permita evaluar mediante la utilización de un programa de ingeniera,

simular el flujo vehicular en las dos intersecciones semaforizadas continuas ubicadas a una distancia menor de 100 metros una de la otra.

#### **1.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

El nivel de investigación corresponde a aprehensivo, este nivel de investigación corresponde a una investigación cuyos objetivos implican “analizar o comparar”, estaría comprendido también el nivel comprensivo, dado que este nivel de investigación corresponde a una investigación cuyos objetivos implican “explicar, predecir o proponer”. Tal como se aplicó en la presente investigación.

#### **1.5 ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN**

El ámbito de estudio se encuentra ubicado en las dos intersecciones viales semaforizadas ubicadas al Norte de la ciudad de Tacna, y geográficamente dividida entre los distritos de Tacna y Alto Alianza por la Av. Jorge Basadre G. la cual interseca con la Av. Tarata (vía hacia la zona del alto Tacna y hacia la provincia de Tarata), interseca también con la Av. Internacional (vía que comunica con los distritos de Alto de Alianza y Ciudad Nueva). Actualmente por estas vías circulan todo tipo de vehículos sin ninguna restricción.

#### **1.6 POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **1.6.1 Población**

La población de estudio será el flujo vehicular que circula durante dos días de la semana laborable y un día no laborable, se conocerá las características de los flujos vehiculares. Siendo la población de referencia el flujo vehicular de un día promedio, que se produce en la intersección de las avenidas

indicadas. Se desarrolló el análisis de los flujos vehiculares (análisis de tránsito) que se generan en la zona de estudio de las dos intersecciones continuas semaforizadas con una distancia menor a 100 m.

### **1.6.2 Muestra**

La muestra de referencia fue el flujo vehicular que se genera en una hora pico, la muestra ha sido elaborada considerando los 16 flujos o sentidos de giro, que se generan en las intersecciones de la Av. Jorge Basadre intersección con la Av. Tarata y Av. Internacional del distrito de Alto Alianza, provincia de Tacna, región Tacna.

## **1.7 PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**
























### **1.7.1 Procedimientos**

La recolección de datos es un conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, elaborar y transmitir los datos. En la presente investigación se ha aplicado el procedimiento del conteo de los flujos vehiculares cada 15 minutos durante tres días (dos días de la semana laborables y un día no laborable), tomando en consideración el sentido de los flujos vehiculares y así mismo controlando el tiempo del ciclo de los semáforos existentes. Se ha considerado siete puntos de control de flujos, las cuales se describen más adelante, los datos recolectados corresponden específicamente a las vías principales, no se ha considera las vías alternas pequeñas debido a que el flujo que presenta está por debajo del 1%, la cual no influye en los análisis del nivel de servicio.

### **1.7.2 Técnicas**

Se utiliza las técnicas de la observación y aforos que han sido aplicados durante la investigación, además de recolección de datos de diferentes fuentes documentales relacionadas con estudios sobre el flujo vehicular. Para la recolección de datos o aforos de flujos vehiculares se ha utilizado formatos adecuados con toda la clasificación de vehículos existen o circulan en el parque automotor, se ha considerado conteos para cada 15 minutos, teniendo presente los giros hacia la izquierda, de frente y hacia la derecha, este procedimiento se ha realizado en cada uno de las siete estaciones de conteo.

Tabla 5. Formato de conteo vehicular

AFORO: ESTACION						
TIPO DE VEHICULO		IZQ.	DEFRENTE	DERECHA	TOTAL	%
BICICLETA						
MOTOS						
MOTOTAXIS						
AUTOMOVILES						
STATION WAGON						
CAMIONETAS	PICK UP 					
	SUV 					
	PANEL 					
RURAL COMBI						
MICROBUS						
BUS	2E 					
	3E 					
CAMIÓN	2E 					
	3E 					
	4E 					
SEMI TRAYLER	2S1/2S2 					
	2S3 					
	3S1/3S2 					
	>=3S3 					
TRAYLER	2T2 					
	2T3 					
	3T2 					
	3T3 					
<b>TOTALES</b>						

Fuente: Elaboración propia.



Con los aforos de 15 minutos se ha consolidado en otro formato todos los flujos que intervienen en las dos intersecciones semaforizadas, tomando tres horas en la mañana, al medio día y en la tarde para dos días laborables y un día no laborable, en la siguiente tabla muestra el formato utilizado:

*Tabla 6. Formato de conteo vehicular por estación y número de flujo*

TIPO DE VEHICULO	ESTACION A			ESTACION B			ESTACION C			ESTACION D			ESTACION E			ESTACION F			ESTACION G		
	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10		11			12	13		14	15	16
GIROS	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←
07:00-07:15																					
07:15-07:30																					
07:30-07:45																					
07:45-08:00																					
08:00-08:15																					
08:15-08:30																					
08:30-08:45																					
08:45-09:00																					
09:00-09:15																					
09:15-09:30																					
09:30-09:45																					
09:45-10:00																					
12:00-12:15																					
12:15-12:30																					
12:30-12:45																					
12:45-13:00																					
13:00-13:15																					
13:15-13:30																					
13:30-13:45																					
13:45-14:00																					
14:00-14:15																					
14:15-14:30																					
14:30-14:45																					
14:45-15:00																					
18:00-18:15																					
18:15-18:30																					
18:30-18:45																					
18:45-19:00																					
19:00-19:15																					
19:15-19:30																					
19:30-19:45																					
19:45-20:00																					
20:00-20:15																					
20:15-20:30																					
20:30-20:45																					
20:45-21:00																					

*Fuente: Elaboración propia.*

### 1.7.3 Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la investigación son:

**Investigación documental:** esta técnica se realizó consultando textos (libros, tesis y fuentes electrónicas) relacionados con la investigación, aquellos que sean de utilidad, serán tomados en cuenta y aparecerán como parte de la bibliografía que fundamenta lo investigado.

**Aforos:** se realizó a cabo de acuerdo a las normas de la investigación. El aforo se realizó considerando todos los tipos de vehículos, desde una moto lineal hasta un tráiler con remolque, dicho aforo se ha realizado en periodos de 15 minutos especialmente en horas punta, teniendo en consideración que se presenta en la mañana, en el medio día y en la tarde. Para efectos de comparación de flujos se ha aforado en tres días.

Para recolectar los datos se emplearon herramientas de trabajos como:

- Cámaras filmadoras
- Cintas métricas
- Cronómetros
- Lapiceros

Para procesamiento de datos:

- Software Synchro Traffic 8.0
- PC personal

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS

#### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

##### 4.1.1 ZONA DE UBICACIÓN

###### a) Ubicación política

El Área de estudio se ubica políticamente en:

- Departamento : Tacna
- Provincia : Tacna
- Distrito : Alto de la Alianza
- Localidad : Cooperativa de Vivienda Gregorio Albarracín, Asentamiento Humano Mariscal Eloy G. Ureta, Asociación Juan Velasco Alvarado, P. J. Leoncio Prado, P.J. La Esperanza.

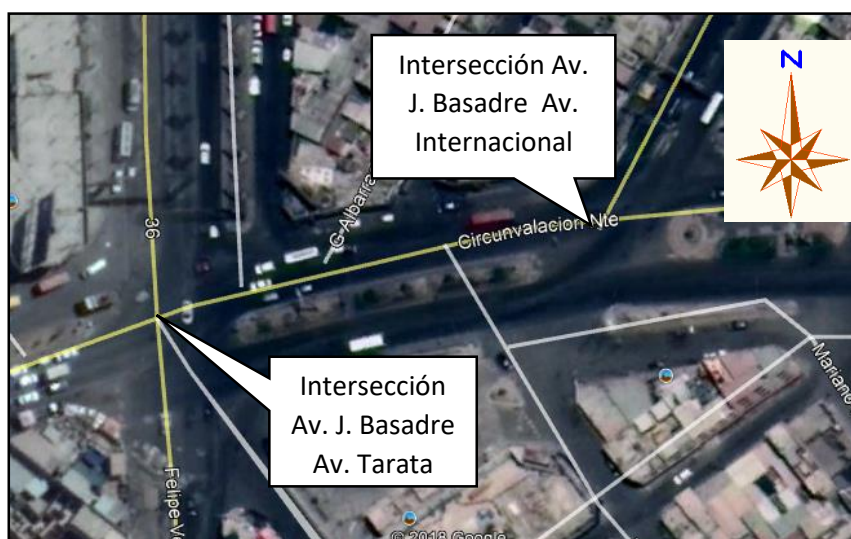


Figura 8. Ubicación geográfica de las dos intersecciones.  
Fuente: Google maps

## b) Ubicación geográfica

La ubicación geográfica de las dos intersecciones según coordenadas es:

- Intersección Av. Jorge Basadre G. con Av. Tarata.  
Latitud Sur: 17°59'40", una Longitud Oeste: 70°15'07" y una Altitud: 599 m.s.n.m.
- Intersección Av. Jorge Basadre G. con Av. Internacional.  
Latitud Sur: 17°59'40", una Longitud Oeste: 70°15'07" y una Altitud: 600 m.s.n.m.

## c) Vías que colindan en la zona de estudio

En la Zona de estudio existen dos tipos de vías: vías principales (avenidas) y vías auxiliares (pasajes, calles). El análisis del flujo vehicular se realiza a las principales avenidas, no se ha considerado las calles o pasajes dado que el flujo es menor a 1% y no influye en el análisis de la investigación.

Principales Vías:

- Av. Jorge Basadre Grohmann
- Av. Tarata
- Av. Internacional

Calles y Pasajes: No consideras sus flujos

- Calle Takana
- Pasaje Canadá
- Calle Eloy G. Ureta
- Calle Pérez Gamboa

Las avenidas tienen varios carriles, mientras que las calles tienen solo dos carriles (uno de ida y otro de vuelta), con relación a las avenidas se puede indicar lo siguiente:

- Av. Jorge Basadre Grohmann, contiene 3 carriles por sentido y una berma central.

- Av. Tarata, por el lado Norte: 3 carriles, 2 de bajada y una de subida; al lado Sur: un carril x sentido
- Av. Internacional, contiene dos carriles por sentido con una pequeña berma central.



Figura 9. Vías que colindan directamente con las dos intersecciones  
Fuente: Google maps

#### d) Secciones viales de la zona de estudio

Las secciones viales de la zona de estudio, según el plan vial de Tacna tienen las siguientes características.

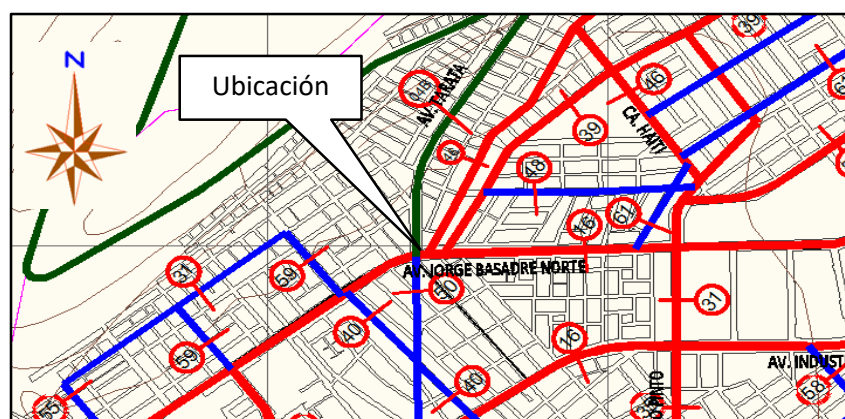


Figura 10. Secciones viales de la zona de estudio según plan vial de Tacna  
Fuente: Catastro Tacna

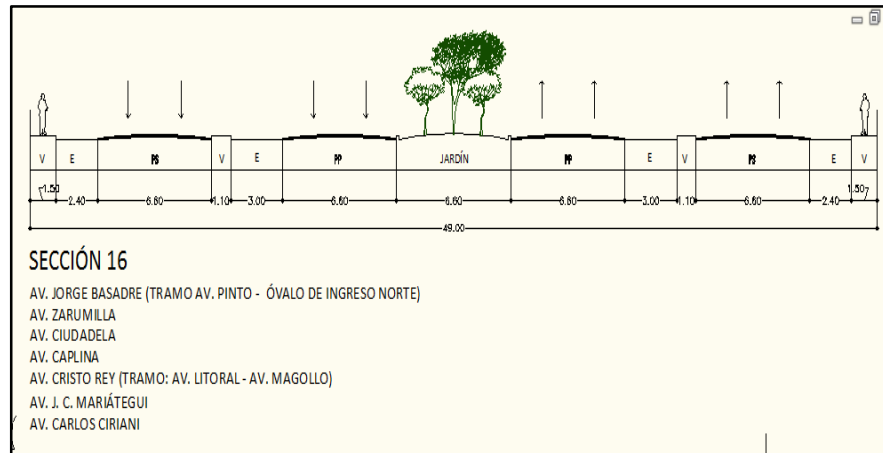


Figura 11. Secciones viales de la Av. Jorge Basadre  
 Fuente: Catastro Tacna

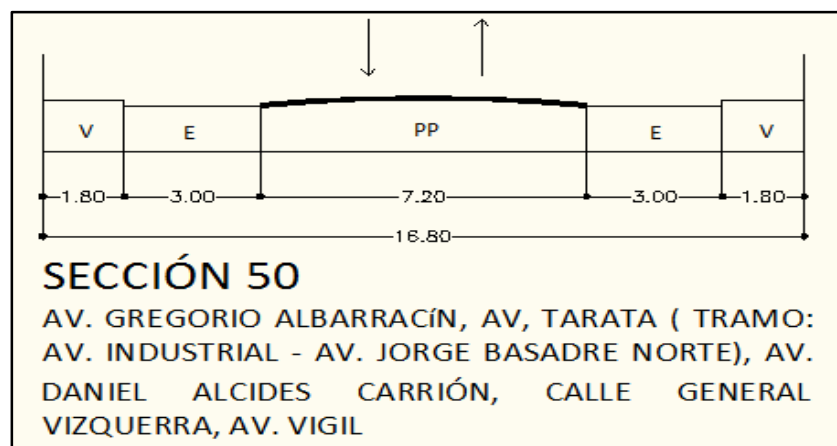
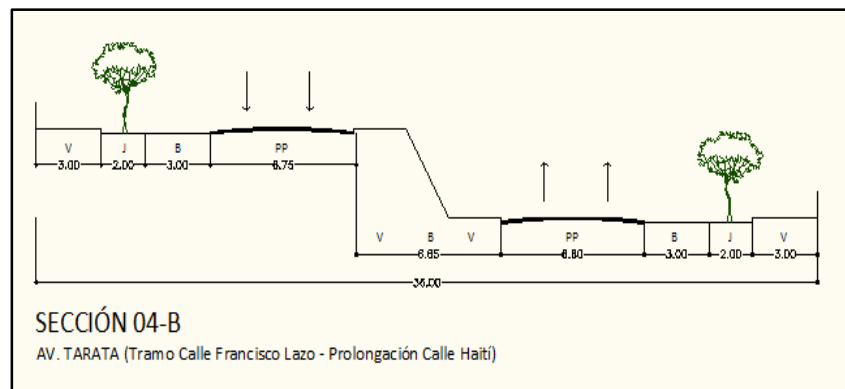


Figura 12. Secciones viales de la Av. Tarata  
 Fuente: Catastro Tacna

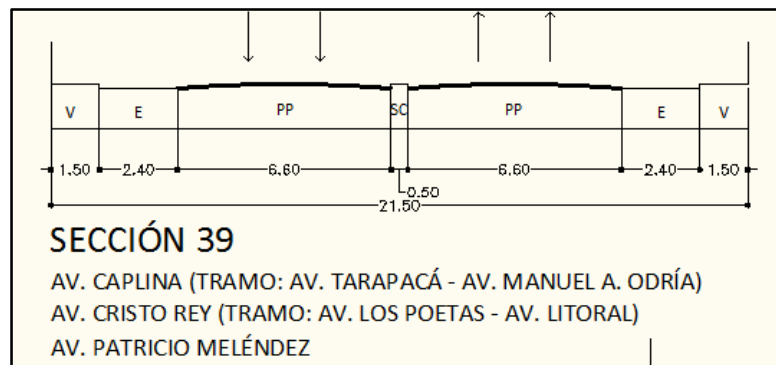


Figura 13. Secciones viales de la Av. Internacional  
 Fuente: Catastro Tacna

### e) Semaforización de la zona de estudio

La zona de estudio cuenta con dos semáforos ubicados a una distancia de 96.00 metros entre ellas, el semáforo de la Av. J. Basadre con Av. Tarata tiene tres fases en su ciclo de tiempo, mientras que el semáforo de la Av. J. Basadre con Av. Internacional tiene dos fases en su ciclo de tiempo.



Figura 14. Ubicación de los semáforos en la Av. J. Basadre  
 Fuente: Elaboración propia

El flujo del tráfico es controlado por los semáforos existentes cuyos tiempos de ciclo del semáforo cumplen con ordenar el tránsito en la intersección, sin embargo, en horas punta se observa que el flujo de la Av. J. Basadre no llega a cruzar en su totalidad la intersección de la Av. Tarata.



*Figura 15. Flujo vehicular en zona de estudio  
Fuente: Elaboración propia*

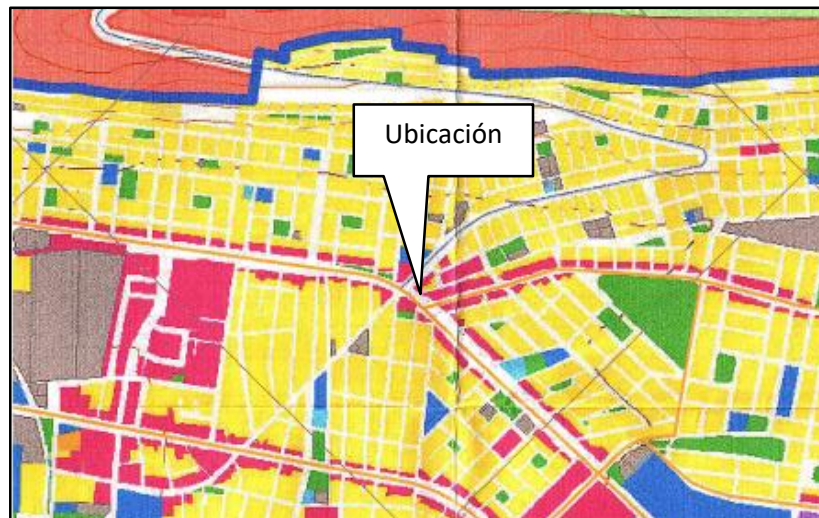
#### **4.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.**

##### **A. SITUACIÓN QUE MOTIVA LA INVESTIGACIÓN**

###### **Zona de Estudio:**

La zona de estudio se encuentra en una zona netamente urbana según el Plan Urbano de la Ciudad de Tacna, en la cual se encuentran las intersecciones de la Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Tarata, Av. Internacional, Calle Takana, Canadá, Pérez Gamboa, Eloy G. Ureta. Además, se puede observar que los predios colindantes con las principales avenidas están zonificados como zonas comerciales.





*Figura 16. Zonificación urbana, vivienda-comercio en zona de estudio  
Fuente: PDU Tacna 2015-2025*

### **La Avenida Jorge Basadre Grohmann:**

Esta avenida, permite la interconexión de la ciudad de Tacna con el distrito de Alto Alianza y con los demás distritos limítrofes y hacia el centro de la ciudad, esta vía es utilizada por una serie de empresas de transporte urbano y transporte privado, tiene una afluencia considerable de empresas o rutas de transporte urbano, como son la ruta N° 1, 2B, 3B. 4, 5, 6, 8, 10B, 11, 13, 14, 22, 30A, 32, 33, 35, 55, 200, 202 y 203. Existe también la afluencia de buses interprovinciales hacia la provincia de Tarata y hacia la región de Puno, circulan también buses que vienen del Terminal Collasuyo y se dirigen por la Av. J. Basadre hacia la salida Norte de Tacna, se suma a todo este flujo de transporte publico la circulación de vehículos pesados de trailers, semitrailers, a esto se debe sumar que se tiene gran cantidad de vehículos menores como ser taxis y moto taxis.

Es importante conocer que entre los semáforos existe dos paraderos una en cada sentido, la cual ocasiona la cual ocupa un carril o hasta a veces hasta dos carriles, el paradero colindante con el grifo municipal es de uso exclusivo de buses, mientras que el paradero de bajada que está al frente del

grifo municipal, esta utilizada por moto taxis, taxis y minibuses de servicio público.



*Figura 17. Ubicación del paradero colindante al grifo municipal  
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 18. Ubicación del paradero de bajada  
Fuente: Elaboración propia*

Esta vía es muy importante en el descongestionamiento vehicular ya que forma parte del circuito vial que tenía por nombre la Av. Circunvalación. También existen en la zona de estudio una serie de pequeños negocios a lo

largo de toda la Avenida. La calzada se encuentra con fallas que dificultan que los vehículos puedan circular con el confort que se requiere para tener un Nivel de Servicio Adecuado.



*Figura 19. Intersección Av. J. Basadre con Av. Tarata.  
Fuente: Elaboración propia*

### **La Avenida Tarata:**

Esta avenida, tiene intersección con la Av. Jorge Basadre Grohmann permitiendo el desplazamiento del transporte hacia la parte alta del distrito de Alto de Alianza y del distrito de Ciudad Nueva con el centro de la ciudad. Además, cuenta con la presencia de transporte de servicio interprovincial como es a la provincia de Tarata y Candarave. En cuanto al transporte urbano tiene la afluencia de líneas de transporte urbano como la ruta N<sup>a</sup> 6, 8, 11, 15, 30A, y 202. Asimismo, la circulación de vehículos de carga y de servicio de mudanza, circulación de colectivos y taxis. Así también cabe mencionar que colindante a esta vía hay zonas comerciales y galerías, donde se observan negocios como: internet, farmacias, pollerías, restaurantes, depósitos de cerveza, etc. Con relación a la calidad de la calzada, esta se

encuentra en una situación regular, presentando pequeñas fallas en su superficie.



*Figura 20. Av. Tarata intersección con Av. J. Basadre.  
Fuente: Elaboración propia*

### **La avenida Internacional:**

Esta avenida tiene su intersección con la Av. Jorge Basadre Grohmann y permite la interconexión con el distrito de Ciudad Nueva, por sus vías se observa el desplazamiento de líneas ingreso y salida de transporte urbano como son la ruta N° 22, 2B, 30B, 203; además esta vía también es utilizada por buses que salen del desde el terminal Collayuso (salida a Puno), y la circulación de vehículos pesados. También se observa, negocios en la cuadra continua a la intersección, como venta de: motos, ferreterías, internet, tiendas de abarrotes, restaurantes, etc. Existen también pequeños negocios: arreglo de llantas, limpiado de vehículos, entre otros.

La calzada se encuentra en buenas condiciones de transitabilidad, con un acabado de mezcla asfáltica (pavimento flexible). El semáforo tiene dos fases que permite el flujo en izquierda desde la Av. Jorge Basadre G.



*Figura 21. Inicio de la Av. Internacional  
Fuente: Elaboración propia*

### **Tránsito vehicular**

Con el conteo del flujo vehicular se ha obtenido el caudal que se genera en hora punta, se han realizado diferentes visitas a las intersecciones de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y la Av. Internacional. Observándose y aforándose las horas punta de saturación, se ha considerado tres días de aforos, dos días laborables de la semana (día martes y día viernes) y un día no laborable eligiendo el día sábados al existir una feria denominada (cachina).

La Av. Jorge Basadre Grohmann presenta el mayor flujo vehicular, la cual genera serias dificultades en el tránsito vehicular liviano y pesado, pues esta al cruzar la Av. Tarata y Av. Internacional se une con el flujo vehicular de dichas avenidas ocasionando una fuerte congestión vehicular, una característica que presenta estas intersecciones son que tienen giros vehiculares hacia la izquierda la cual genera un tiempo exclusivo en el ciclo del semáforo.



*Figura 22. Presencia de camiones pesados en zona de semáforo  
Fuente: Elaboración propia*

El área de influencia del proyecto de tesis abarca las avenidas Jorge Basadre Grohmann, Av. Tarata y Av. Internacional, además de otras vías pequeñas que no son significativas en su aporte de tráfico. La Av. Jorge Basadre Grohmann es una de las avenidas que forman parte de uno de los circuitos cerrados más importantes de la ciudad de Tacna, en su recorrido atraviesa los distritos de: Tacna, CPM. La Natividad, y colinda con los distritos de Ciudad Nueva, Alto de la Alianza y Gregorio Albarracín.

Para no generar el caos vehicular, actualmente existen *dos semáforos*, uno ubicado entre la Intersección de la Av. Tarata con la Av. J. Basadre y otra ubicado en la intersección de Av. J. Basadre con Av. Internacional. Además, existen dos paraderos en plena avenida J. Basadre G. ubicados entre los semáforos, estos paraderos generan la reducción del número de carriles y además generan congestión vehicular y peatonal en horas punta.

## **B. DIAGNÓSTICO DEL FLUJO VIAL Y SEMAFORIZACIÓN**

Debido a que en los últimos años ha crecido enormemente el parque automotor de la ciudad de Tacna, en cuanto a taxis, moto taxis, servicio urbano, ómnibus interprovinciales, las combis o microbuses locales, las motos lineales y otros, lo que ha generado que los vehículos en gran cantidad estén detenidos en las intersecciones (semáforo tiempo de ciclo rojo).



Figura 23. Vías principales y semáforos en la zona de estudio  
Fuente: Elaboración propia

Las intersecciones semaforizadas presentan una alta congestión vehicular, especialmente en caudal que tiene la Av. J. Basadre de Oeste a Este, en la cual se ha considerado como punto de aforo A en la intersección de la Av. J. Basadre con la Av. Tarata, el semáforo de esta intersección tiene tres fases y permite giros hacia la derecha, de frente y hacia la izquierda, la cual genera la detención de vehículos, debido a que en la fase del tiempo en verde no abastece en descargar todo el flujo vehicular en los tres sentidos existentes.



*Figura 24. Av. Jorge Basadre en hora punta, con tráfico saturado  
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 25. Presencia de vehículos menores en zona restringida  
Fuente: Elaboración propia*

Otro de los problemas que existe en la zona es que está prohibido el giro en “U”, existiendo la señalización correspondiente, pero hay vehículos menores y livianos que realizan esta maniobra prohibida.





*Figura 26. Semáforo Av. Internacional intersección con Av. J. Basadre.  
Fuente: Elaboración propia*

## **4.2 DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **4.2.1 aforo vehicular**

La zona de estudio presenta una clasificación de vehículos muy variado desde: taxi, moto taxis, autos, camionetas, combis, minibuses, ómnibus interprovinciales, camiones de carga, volquetes, tráiler, etc. Estos vehículos conforman el parque automotor de vehículos privados y públicos, cuyo volumen vehicular en horas pico generan el congestionamiento en la intersección de la Av. J. Basadre, Av. Tarata y Av. Internacional, la demora genera el malestar de los usuarios de la vía, las horas pico se producen en la mañana, al medio día y en la tarde, generando un congestionamiento vehicular que perjudica a toda los usuarios de la vía, con la consiguiente pérdida de horas de trabajo, malestar social generalizado dentro de la población, pérdidas económicas que origina la demora por la congestión ya que se pierden horas hombre sin producción y que sumadas arrojan cantidades importantes de pérdidas económicas.

Para determinar flujo vehicular se realizó el estudio de tráfico mediante aforos vehiculares con los objetivos siguientes:

- Conocer el volumen diario (IMD) y la clasificación vehicular en las horas punta de la mañana (AM), medio día (M) y noche (PM), mediante conteos vehiculares realizados en puntos estratégicos.
- Conocer el sentido de flujo de los vehículos en las dos intersecciones, y los tiempos del ciclo de semaforización para determinar el nivel de servicio que se producen en las intersecciones de la zona de estudio. (Av. Jorge Basadre, Av. Tarata y la influencia de la Av. Internacional)

#### **4.2.2 Metodología (trabajo de Campo)**

Se debe de indicar que se ha realizado previamente una visita a la zona del proyecto para determinar las principales causas que influyen en la saturación del tráfico en la zona de las dos intersecciones semaforizadas, para lograr los objetivos planteados se ha realizado las siguientes actividades:

- Se ha definido los puntos de control de tránsito mediante estaciones de aforo vehiculares, ubicados en los puntos A, B, C, D, E, F y G.
- Se realizó el análisis del flujo vehicular clasificado por vehículos de servicios afines como ser de pasajeros y de carga, así como por su capacidad que son livianos y pesados.
- Se ha identificado los movimientos existentes (dirección de flujos), sentidos de giros a la derecha, de frente y hacia la izquierda.
- Se ha registrado los tiempos de ciclo de los semáforos, determinando las fases de cada semáforo y la sincronización de los semáforos entre las dos intersecciones.
- Se ha realizado los aforos vehiculares por giros y sentidos, determinando el flujo vehicular en horas punta.

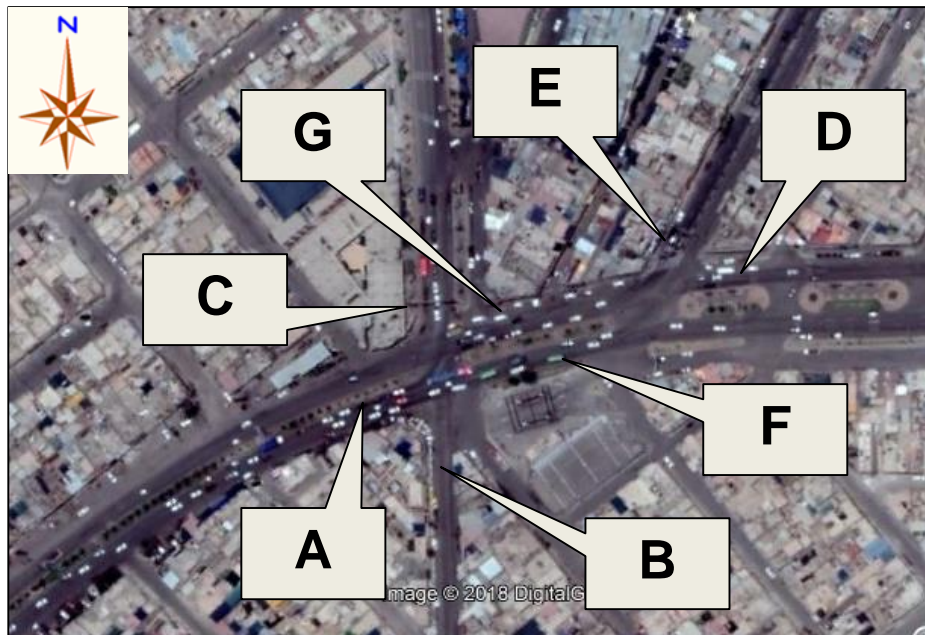


Figura 27. Estaciones de conteos vehiculares  
Fuente: Elaboración propia

Para el conteo vehicular se ha tomado en cuenta la nomenclatura del MTC para la clasificación vehicular en autos, ómnibus, microbús, coaster, camioneta rural y camiones:

STATION WAGON	CAMIONETAS					MICRO BUS	BUS		CAMION	
	SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E		>=3 E	2 E	3 E	
← ↑ →	← ↑ →	← ↑ →	← ↑ →	← ↑ →	← ↑ →	← ↑ →	← ↑ →	← ↑ →	← ↑ →	

Figura 28. Formato de conteo vehicular con sentido de giro  
Fuente: Elaboración propia

**FLUJOS EN LA INTERSECCIÓN**

**Intersección: Av. Jorge Basadre Grohmann – Av. Tarata.**

Los flujos vehiculares que se registran en esta intersección se han aforado en tres puntos de control (A, B y C). El punto de control A genera tres flujos en la Av. J. Basadre de Oeste a Este, una a la derecha (Av. Tarata), de frente y a la izquierda (Av. Tarata). El Punto de Control B de la Av. Tarata de Sur a Norte, genera dos flujos, una de frente y otro a la derecha hacia la Av. J. Basadre. El Punto de Control C de la Av. Tarata de Norte a Sur, genera tres flujos vehiculares, a la derecha hacia la Av. J. Basadre, de Frente y hacia la Izquierda (Av. J. Basadre).

La mayor saturación se produce en la estación de conteo A, los flujos vehiculares varían con relación a las horas del día (mañana, medio día y noche), así mismo el flujo vehicular también varía con relación a los días de la semana. Los conteos se han realizado por periodos de cada 15 minutos para convertirlos en flujos de vehículos por hora.

#### **Intersección: Av. Jorge Basadre Grohmann – Av. Internacional.**

El tráfico vehicular de esta intersección se registró con mayor caudal en la Av. J. Basadre, con relación a la Av. Internacional, en esta intersección se ha considerado dos puntos de control (D y E) para los tres días de la semana. El punto de control D de la Av. J. Basadre de Este a Oeste, genera dos flujos, de frente y hacia la Derecha (Av. Internacional). El Punto de control E de la Av. Internacional de Norte a Sur, genera un solo flujo vehicular hacia la derecha (Av. J. Basadre). Los flujos vehiculares varían con relación a las horas del día (mañana, medio día y noche), así mismo el flujo vehicular también varía con relación a los días de la semana (martes, viernes y sábado), sin embargo, en la presente investigación consideramos los flujos de las horas picos determinados para esta intersección.

#### **Flujos interiores generados en la Av. Jorge Basadre Grohmann.**

De acuerdo a la característica del flujo vehicular que se presenta en la zona de estudio y de los puntos de control realizado se ha podido determinar que al interior de proyecto se genera dos flujos vehiculares en la Av. J. Basadre G., identificados como “F” flujo vehicular de Este a Oeste y “G” flujo vehicular de Oeste a Este. El flujo vehicular “F” genera dos flujos en la Av. J Basadre, de frente y hacia la izquierda de la Av. Internacional. Mientras que el flujo vehicular “G” genera tres flujos en la Av. J Basadre, de frente, a la derecha e izquierda de la Av. Tarata.

*Tabla 7. Los principales flujos que se generan en la zona de estudio*

<b>FLUJOS</b>	<b>DESCRIPCION DEL FLUJO VEHICULAR</b>
Nº 01	Viene x Av. J. Basadre G. e ingresa a la Av. Tarata con dirección al Centro
Nº 02	Viene x Av. J. Basadre G. cruza la Av. Tarata con dirección al Dist. Alto Alianza
Nº 03	Viene x Av. J. Basadre G. cruza la Av. Tarata y dobla hacia la salida Tarata
Nº 04	Viene x AV. Tarata y dobla hacia la Av. J. Basadre con dirección al MDAA
Nº 05	Viene x Av. Tarata cruza la Av. J. Basadre en dirección hacia la salida Tarata
Nº 06	Viene x la Prolong. AV. Tarata y dobla hacia la Av. J. Basadre G.
Nº 07	Viene x la Prolong. AV. Tarata y cruza la Av. J. Basadre G. hacia la Av. Tarata
Nº 08	Viene x la Prolong. AV. Tarata y dobla hacia la Av. J. Basadre G. en dirección MDAA
Nº 09	Viene x AV. J. Basadre G. cruza Av. Internacional y Av. Tarata hacia salida de Tacna
Nº 10	Viene x AV. J. Basadre (de bajada) y dobla hacia la Av. Internacional
Nº 11	Viene x AV. Internacional y dobla hacia la Av. J. Basadre dirección salida Tacna
Nº 12	Se genera en AV. J. Basadre (subida) y continua hacia MDAA
Nº 13	Se genera en AV. J. Basadre (subida) y dobla hacia la Av. Internacional de Subida
Nº 14	Se genera en AV. J. Basadre (bajada) y dobla hacia la Prolong. Av. Tarata Subida
Nº 15	Se genera en AV. J. Basadre (bajada) y cruza la Av. Tarata hacia salida de Tacna
Nº 16	Se genera en AV. J. Basadre (bajada) y dobla hacia Av. Tarata para centro de Tacna

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo determinado en campo se tiene 16 flujos o sentidos en las dos intersecciones, todos estos flujos están condicionados su pase por el semáforo, solamente el flujo denominado 12 está libre de restricción del semáforo.

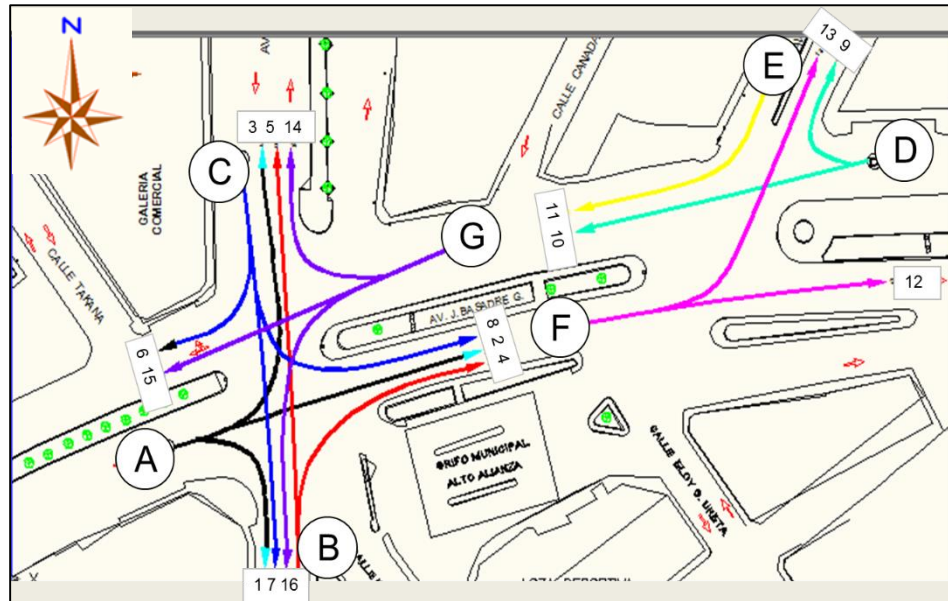


Figura 29. Sentido de los flujos vehiculares en la intersección de estudio  
Fuente: Elaboración propia

## 4.3 RESULTADOS

### 4.3.1 Aforo vehicular

Se ha realizado conteos vehiculares en cada una de las siete estaciones, los resultados se han consolidado en formatos de conteo para 15 minutos, considerando los tipos de vehículos y los giros o flujos que tiene las dos intersecciones del proyecto de investigación. El conteo se ha realizado durante las horas de mayor flujo en la mañana al medio día y en horas en la tarde. En las siguientes tablas mostramos formatos de conteo de cada 15 minutos de la estación F, realizada el día viernes en la mañana (7.15 a 8.15), medio día (12.45-13.45) y en la tarde (18.30-19.30):

























































Tabla 16. Aforo de flujo vehicular en la noche 18.30-18.45

TIPO DE VEHICULO		IZQUIERDA (FLUJO 13)	DEFRENTE (FLUJO 12)	DERECHA	CONTEO	%
<b>AFORO: ESTACION - F</b>						
BICICLETA						0.00
MOTOS		I=1	II=2		3	1.37
MOTOTAXIS		I=1	III=3		4	1.83
AUTOMOVILES		=39	=35	II=2	80	36.53
STATION WAGON		=37	=35		72	32.88
CAMIONETAS	PICK UP 	I=1	=8		9	4.11
	SUV 	III=3	II=2		5	2.28
	PANEL 	II=2	II=2		4	1.83
RURAL COMBI		II=2	=5		7	3.20
MICROBUS		II=7	=19		26	11.87
BUS	2E 				0	0.00
	3E 				0	0.00
	2E 	III=4	III=3		7	3.20
CAMIÓN	3E 				0	0.00
	4E 	I=1			1	0.46
	2S1/2S2 				0	0.00
	2S3 				0	0.00
SEMI TRAYLER	3S1/3S2 				0	0.00
	>=3S3 				0	0.00
	TRAYLER				0	0.00
TRAYLER	2T2 				0	0.00
	2T3 				0	0.00
	3T2 				0	0.00
	3T3 	I=1			1	0.46
<b>TOTALES</b>		<b>99</b>	<b>120</b>	<b>2</b>	<b>219</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Aforo de flujo vehicular en la noche 18.45-19.00

TIPO DE VEHICULO		IZQUIERDA (FLUJO 13)	DEFRENTE (FLUJO 12)	DERECHA	CONTEO	%
<b>AFORO: ESTACION - F</b>						
BICICLETA						0.00
MOTOS		II=2			2	0.86
MOTOTAXIS		=4	III=3		7	3.00
AUTOMOVILES		=35	=44	I=1	79	33.91
STATION WAGON		=34	=40	II=2	74	31.76
CAMIONETAS	PICK UP 	=6	=9		15	6.44
	SUV 	II=2	III=3		5	2.15
	PANEL 	=4	II=2		6	2.58
RURAL COMBI		=4	=4		8	3.43
MICROBUS		=5	=19		24	10.30
BUS	2E 				0	0.00
	3E 	II=2			2	0.86
	2E 	=5	=4		9	3.86
CAMIÓN	3E 		I=1		1	0.43
	4E 		I=1		1	0.43
	2S1/2S2 				0	0.00
	2S3 				0	0.00
SEMI TRAYLER	3S1/3S2 				0	0.00
	>=3S3 				0	0.00
	TRAYLER				0	0.00
TRAYLER	2T2 				0	0.00
	2T3 				0	0.00
	3T2 				0	0.00
	3T3 				0	0.00
<b>TOTALES</b>		<b>103</b>	<b>126</b>	<b>3</b>	<b>233</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia



En esta estación de control “F”, se ha identificado dos flujos vehiculares, el flujo 12 que va de frente y el flujo 13 que va hacia la izquierda limitado su continuidad por el semáforo de dos fases. En esta estación de control no se ha considerado el flujo hacia la derecha por ser un porcentaje menor a 1.0%.

Tabla 20. Resumen de aforo por hora, estación F

TIPO DE VEHICULOS	VEH/HR.	%
MENORES	205	7.69
AUTOS	800	30.00
STATION	877	32.88
CAMIONETAS	207	7.76
COMBIS	135	5.06
MICROBUS	343	12.86
BUS	8	0.30
CAMIONES	77	2.89
SEMI TRAYLER	13	0.49
TRAYLER	2	0.07
TOTAL	2667	100.00

Fuente: Elaboración propia

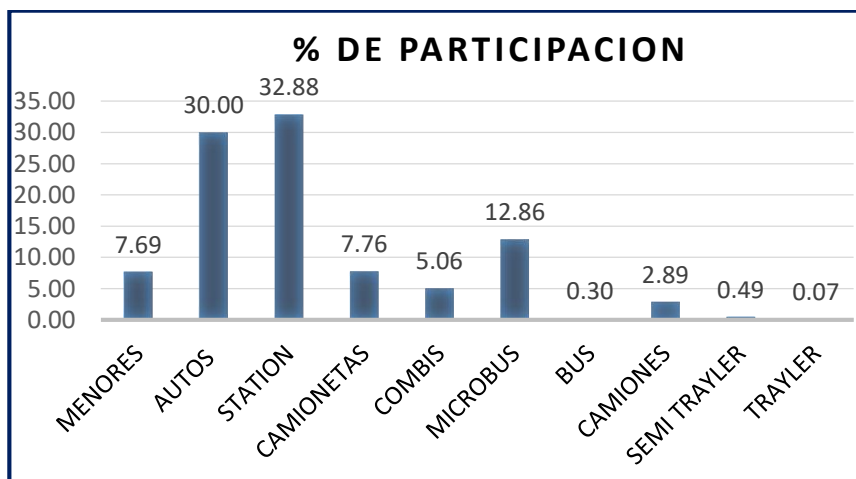


Figura 30. Porcentaje de participación por clase de vehículos

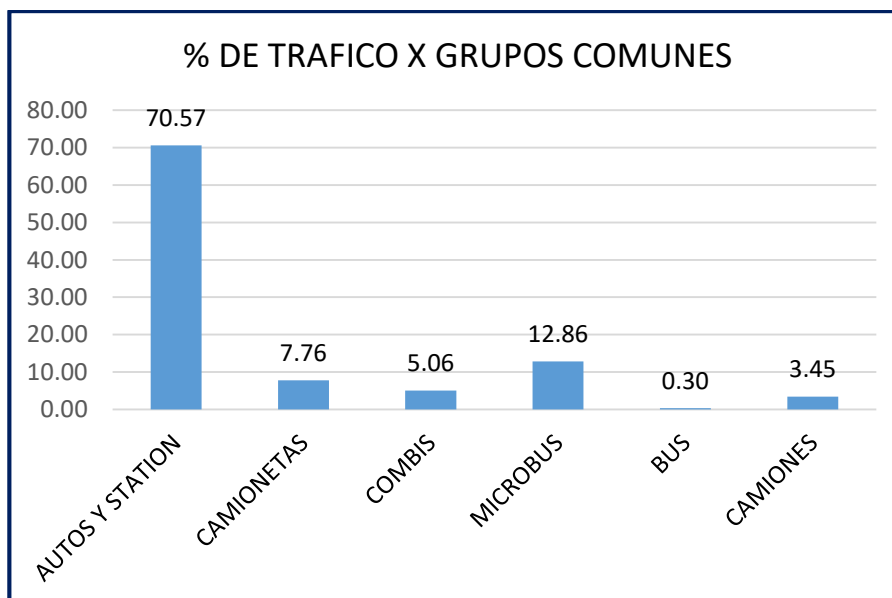
Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el conteo vehicular durante tres días en los periodos de mayor circulación, se ha procedido a consolidar el flujo vehicular por el tipo de vehículo (liviano y pesado, de pasajeros y de carga), se han clasificado en seis tipos de vehículos predominantes, considerando su capacidad, uso y dimensiones:

*Tabla 21. Resumen de aforo por grupo afines*

TIPO DE VEHICULOS	%
AUTOS Y STATION	70.57
CAMIONETAS	7.76
COMBIS	5.06
MICROBUS	12.86
BUS	0.30
CAMIONES	3.45
TOTAL	100.00

Fuente: Elaboración propia



*Figura 31. Porcentaje de vehículos por clases similares*

Fuente: Elaboración propia

Se ha consolidado los conteos para todos los flujos de los siete puntos de aforo. En las tablas siguientes se muestran los aforos vehiculares de la estación A (martes), aforo estación C (viernes) y aforo estación D (sábado), realizados cada 15 minutos para nueve horas pico por día. Se ha considerado los flujos hacia la derecha, de frente y flujo hacia la izquierda, los datos obtenido son:

Tabla 22. Volumen vehicular (IMD) cada 15 minutos. Martes

ESTACION	A AV. JORGE BASADRE - AV. TARATA - AV. INTERNACIONAL																				
DIA:	MARTES									FECHA:									02/10/2018		
TIPO DE VEHICULO	AUTO-STATION WAGON			OMNIBUS			COMBI			COASTER			CAM.RURAL			CAMION					
GIROS	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
HORA	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←			
06:30-06:45																					
06:45-07:00																					
07:00-07:15	5	56	13		2		1	5	1	1	12	4		9	2		1				
07:15-07:30	8	72	21		4			9	2	1	14	7	1	8	3		2	1			
07:30-07:45	7	111	18					12	2	1	21	9		13	2		3				
07:45-08:00	8	105	18		1			8	2	2	26	7		9	3		5	1			
08:00-08:15	9	110	21		1		1	11	1	2	30	6		12	4		4	2			
08:15-08:30	6	109	19		2			8	1	1	31	8		10	3		5				
08:30-08:45	5	98	24		1			11	3	1	28	5	1	11	3		5				
08:45-09:00	7	88	31					8	2	2	22	6		7	2		3	1			
09:00-09:15	8	98	29				1	8	2	1	24	4		12	1		5				
09:15-09:30	9	87	18		1			11	1	2	17	7		11	2		2	1			
09:30-09:45	5	88	21					7	3	1	18	5		12	1		3				
09:45-10:00	6	82	23		2			11	1	1	19	6	1	11	1		4	1			
12:00-12:15	8	94	17					11	2	1	22	8		8	2		2				
12:15-12:30	7	98	25					9	2	1	18	7	1	11			4				
12:30-12:45	7	107	23					7	1	1	29	5		8	1		3	1			
12:45-13:00	8	96	22					8	3		26	4	1	9	2		6				
13:00-13:15	9	106	18					11	1	2	23	5		8	3		5	1			
13:15-13:30	9	108	24		1		1	8	1	1	21	7		11	3		4				
13:30-13:45	8	110	26					10	3	2	21	6		9	2		5				
13:45-14:00	9	86	19		1			9	1	1	27	5		10	3		3	1			
14:00-14:15	8	98	19					10	1	1	18	6	1	9	3		4				
14:15-14:30	7	88	24		1			8	2	1	14	8		10	2		2	1			
14:30-14:45	5	83	22					9	1	2	12	7		8	3		3				
14:45-15:00	8	88	15				1	8	2	1	11	11	1	11	1		3	1			
18:00-18:15	7	93	25		1			12	1	1	25	6		9	2		3				
18:15-18:30	9	95	27		2			9	2	2	13	7	2	12	1		4	1			
18:30-18:45	8	88	19		1			9	1	1	22	9		13	2		3				
18:45-19:00	9	109	18		1			12	1	1	28	7	1	11	2		4				
19:00-19:15	8	112	25		2			9	2	1	23	8		10	1		5	1			
19:15-19:30	9	105	17		1			11	2	2	25	7		12	2		4	1			
19:30-19:45	8	99	22				1	9	2	2	22	8	1	9	3		3				
19:45-20:00	9	95	20		1			13	1	1	18	6		11	2		4	1			
20:00-20:15	7	88	22		1			14	2	1	21	7	1	14	4		3				
20:15-20:30	8	87	16		2			8	1	1	22	6		9	3		2				
20:30-20:45	6	75	18		2			7	1	1	15	3		12	1		1	1			
20:45-21:00	5	65	12		1			5	1	1	12	4		8	1		1				
21:00-21:15																					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Volumen vehicular (IMD) cada 15 minutos. Viernes

ESTACION	C AV. JORGE BASADRE - AV. TARATA - AV. INTERNACIONAL																	
DIA:	VIERNES									FECHA: 05/10/2018								
TIPO DE VEHICULO	AUTO			OMNIBUS			COMBI			COASTER			CAM.RURAL			CAMION		
GIROS	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
HORA	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←
06:30-06:45																		
06:45-07:00																		
07:00-07:15	35	4	12							8	1		1		1		1	
07:15-07:30	41	5	16	1			1			9		1	4		2		2	
07:30-07:45	40	9	14				1		1	8		1	5	1	2	1		1
07:45-08:00	47	8	18			1				9			4		3		1	1
08:00-08:15	41	6	13	1						9		2	7	1	3	1		
08:15-08:30	45	7	15				1			12	1		6		3	1		1
08:30-08:45	34	9	11	1					1	9			5	1	2	2		
08:45-09:00	33	8	18				1			9		1	7		3	1	1	1
09:00-09:15	40	7	14	1						9			4		2	1		
09:15-09:30	41	8	17							8	1		5		3	2		1
09:30-09:45	38	9	15			1				12			4	1	1	1	1	1
09:45-10:00	36	7	12							9			3		3	1		
12:00-12:15	41	8	15			1				8	1	1	8		1	1		2
12:15-12:30	35	6	21	1			1			9			6			1		1
12:30-12:45	41	8	15	1						11	2		7	1	2	1	1	
12:45-13:00	45	7	17	1		1				9			5		3	2		
13:00-13:15	42	9	16				1			12		2	6	1	1	1		1
13:15-13:30	43	7	13						1	8			4		3	3		
13:30-13:45	47	8	21	1			1			9	2		7		2	1		1
13:45-14:00	41	7	18	1		1				10			5	1	2		1	1
14:00-14:15	41	9	16				1			9		1	5		3	1		
14:15-14:30	36	8	18	1						11	1		7		1	2		1
14:30-14:45	26	9	21				1		1	9			6		3	1	1	1
14:45-15:00	35	6	20	1		1				9		2	7		1	2		2
18:00-18:15	41	8	14			1	1			9			3	1	2	2		1
18:15-18:30	37	7	16						1	11		2	4		1	1	1	1
18:30-18:45	37	6	18							9	1		2		1	1		
18:45-19:00	40	9	14	1			1	1		8			3		3	2		1
19:00-19:15	46	6	15							9	1	1	2		2	3	1	1
19:15-19:30	45	9	18			1				12			3		2	1		1
19:30-19:45	41	8	20				1		1	11			1		2	1		
19:45-20:00	39	7	21	1				1		9	1		4	1	3	2		
20:00-20:15	37	7	17			1	1		1	11		2	1		2		1	1
20:15-20:30	38	6	16	1			1			8	1		2		3	2		1
20:30-20:45	26	5	14	1			1			10			1		2	1	1	
20:45-21:00	21	4	9				1			9			1		1	1		1
21:00-21:15																		
21:15-21:30																		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 24. Volumen vehicular (IMD) cada 15 minutos. Sábado

ESTACION	D AV. JORGE BASADRE - AV. TARATA - AV. INTERNACIONAL																		
DIA:	SABADO									FECHA:	06/10/2018								
TIPO DE VEHICULO	AUTO			OMNIBUS			COMBI			COASTER			CAM.RURAL			CAMION			
	9	10		9	10		9	10		9	10		9	10		9	10		
GIROS	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	
HORA																			
06:30-06:45																			
06:45-07:00																			
07:00-07:15	2	45						12			12			1					
07:15-07:30	3	76			1			21			15			2			1		
07:30-07:45	5	88			1			35		1	22			1			2		
07:45-08:00	5	87			2			36			21			3			1		
08:00-08:15	6	89			1			35		1	22		2	2			2		
08:15-08:30	5	87			2			36			16			2					
08:30-08:45	4	67			1			31			21		1	3					
08:45-09:00	3	68			1		1	32		1	16		1	1			3		
09:00-09:15	4	67			1			24			22		2	2			2		
09:15-09:30	3	76						25			19			1					
09:30-09:45	3	66			1			27		1	18			2			1		
09:45-10:00	2	74			2			21			23			1			2		
12:00-12:15	3	79						23			18		1	1			2		
12:15-12:30	2	68						24		1	24			1			2		
12:30-12:45	1	87			1			28			30			2			3		
12:45-13:00	4	89						31			23		1	1			1		
13:00-13:15	3	87			1			33			21			2					
13:15-13:30	4	85			1			38		1	16		1	1					
13:30-13:45	5	84						36		1	26			2			1		
13:45-14:00	3	67			2			35			20			1			1		
14:00-14:15	3	75						36		1	22			2			2		
14:15-14:30	4	79			1		1	28			23		1	1			1		
14:30-14:45	3	78						26			19		2	2			1		
14:45-15:00	3	76						28		1	17			1			3		
18:00-18:15	2	77			1		1	24			21		1	1			2		
18:15-18:30	4	79						23		1	28			1			1		
18:30-18:45	5	88			1			33			24			1			1		
18:45-19:00	6	86			1			36			23			1			2		
19:00-19:15	4	89						35		1	21		1	3			1		
19:15-19:30	4	85			1			30			26			2			3		
19:30-19:45	3	74			1			31			25		2	1			2		
19:45-20:00	5	75						26			21						1		
20:00-20:15	4	66						17		1	23			1					
20:15-20:30	2	69			1			19			18		1	1					
20:30-20:45	3	66					1	18			12								
20:45-21:00	2	54			1			13		1	8			1					
21:00-21:15																			
21:15-21:30																			

Fuente: Elaboración propia

Los flujos vehiculares de los 16 giros o sentidos se tomaron en horas punta de las dos intersecciones semaforizadas. En los siguientes cuadros se muestra los aforos realizados cada 15 minutos para la hora punta de la mañana, del medio día y de la tarde.

Tabla 25. Flujos vehiculares x estación día martes

TIPO DE VEHICULO	ESTACION A			ESTACION B			ESTACION C			ESTACION D			ESTACION E			ESTACION F			ESTACION G		
	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10		11				12	13	14	15	16
GIROS	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←
HORA																					
06:45-07:00																					
07:00-07:15	7	85	20	33	21	0	35	5	18	5	71	0	47	0	0		75	61	12	89	18
07:15-07:30	10	109	34	35	22	0	50	8	18	7	102	0	62	0	0		89	73	16	123	25
07:30-07:45	8	160	31	42	27	0	57	9	19	5	145	0	94	0	0		122	99	24	179	36
07:45-08:00	10	154	31	47	35	0	58	15	18	4	139	0	91	0	0		120	99	23	173	35
08:00-08:15	12	168	34	48	36	0	58	9	18	10	143	0	103	0	0		129	105	25	185	37
08:15-08:30	7	165	31	48	32	0	53	9	18	7	126	0	89	0	0		127	104	22	161	32
08:30-08:45	7	154	35	48	29	0	59	12	20	3	121	0	87	0	0		122	100	21	156	31
08:45-09:00	9	128	42	36	29	0	50	10	23	4	131	0	81	0	0		103	84	21	159	32
09:00-09:15	10	147	36	34	33	0	65	9	16	4	107	0	78	0	0		108	89	19	139	28
09:15-09:30	11	129	29	38	32	0	62	7	15	6	110	0	78	0	0		100	82	19	141	28
09:30-09:45	6	128	30	39	29	0	53	9	23	3	115	0	77	0	0		105	86	19	144	29
09:45-10:00	8	129	32	43	32	0	57	11	22	4	121	0	70	0	0		107	87	19	143	29
12:00-12:15	9	137	29	34	25	0	58	7	15	3	107	0	77	0	0		102	84	18	138	28
12:15-12:30	9	140	34	45	33	0	59	11	13	6	119	0	77	0	0		109	89	20	147	29
12:30-12:45	8	154	31	46	31	0	66	14	18	4	122	0	79	0	0		120	98	20	151	30
12:45-13:00	9	145	31	35	37	0	57	11	17	7	129	0	73	0	0		108	89	20	152	30
13:00-13:15	11	153	28	45	36	0	58	9	22	7	140	0	87	0	0		121	99	23	170	34
13:15-13:30	11	153	35	46	33	0	64	9	25	6	137	0	94	0	0		123	101	23	173	35
13:30-13:45	10	155	37	47	31	0	56	7	22	4	146	0	101	0	0		123	101	25	185	37
13:45-14:00	10	136	29	42	27	0	67	11	22	4	130	0	85	0	0		110	90	22	161	32
14:00-14:15	10	139	29	44	36	0	50	11	27	6	124	0	80	0	0		116	95	20	153	31
14:15-14:30	8	123	37	40	33	0	54	8	20	1	128	0	79	0	0		101	82	21	155	31
14:30-14:45	7	115	33	34	22	0	61	10	16	3	128	0	77	0	0		91	74	21	154	31
14:45-15:00	11	121	30	37	23	0	60	9	20	4	110	0	81	0	0		98	80	19	143	29
18:00-18:15	8	143	34	38	25	0	55	12	21	4	144	0	79	0	0		111	91	22	167	33
18:15-18:30	13	135	38	43	29	0	51	11	18	5	141	0	85	0	0		108	88	23	170	34
18:30-18:45	9	136	31	46	34	0	55	12	23	5	142	0	84	0	0		113	92	23	170	34
18:45-19:00	11	165	28	44	31	0	52	14	19	6	159	0	93	0	0		125	103	25	189	38
19:00-19:15	9	161	37	43	35	0	55	11	15	3	139	0	93	0	0		120	99	23	174	35
19:15-19:30	11	158	29	38	33	0	55	13	22	7	152	0	89	0	0		120	98	24	181	36
19:30-19:45	12	142	35	40	36	0	57	9	13	7	144	0	88	0	0		107	88	23	174	35
19:45-20:00	10	142	30	40	39	0	64	11	21	5	133	0	75	0	0		112	91	21	156	31
20:00-20:15	9	141	35	43	26	0	54	9	23	5	122	0	61	0	0		114	93	18	137	27
20:15-20:30	9	130	26	44	25	0	54	8	18	3	112	0	54	0	0		106	86	17	125	25
20:30-20:45	7	112	24	39	24	0	54	6	15	2	125	0	45	0	0		91	75	17	128	26
20:45-21:00	6	92	18	32	20	0	40	9	13	4	101	0	39	0	0		75	62	14	105	21
21:00-21:15																					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Flujos vehiculares x estación día viernes

TIPO DE VEHICULO	ESTACION A			ESTACION B			ESTACION C			ESTACION D			ESTACION E			ESTACION F			ESTACION G		
	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10		11				12	13	14	15	16
GIROS	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←
HORA																					
06:45-07:00																					
07:00-07:15	10	113	19	33	15	0	45	5	14	2	70	0	35	0	0		88	72	11	79	16
07:15-07:30	10	130	29	35	20	0	58	5	19	4	95	0	60	0	0		101	83	16	116	23
07:30-07:45	10	154	36	44	21	0	55	10	19	5	127	0	80	0	0		119	98	21	155	31
07:45-08:00	11	165	35	52	35	0	60	9	23	7	146	0	90	0	0		132	108	24	177	35
08:00-08:15	10	155	37	50	34	0	59	7	18	3	132	0	99	0	0		123	100	23	173	35
08:15-08:30	10	163	42	54	28	0	65	8	19	3	125	0	92	0	0		130	106	22	163	33
08:30-08:45	10	149	33	48	30	0	51	10	14	4	129	0	90	0	0		116	95	22	164	33
08:45-09:00	8	137	29	44	21	0	51	9	23	3	120	0	82	0	0		112	92	20	152	30
09:00-09:15	9	139	29	39	23	0	55	7	16	3	123	0	76	0	0		107	87	20	149	30
09:15-09:30	12	125	27	37	23	0	56	9	21	4	121	0	70	0	0		101	82	19	143	29
09:30-09:45	9	142	26	39	20	0	55	11	18	8	121	0	75	0	0		109	90	20	147	29
09:45-10:00	10	136	24	32	22	0	49	7	15	3	120	0	90	0	0		101	82	21	158	32
12:00-12:15	12	132	31	35	23	0	58	9	20	3	116	0	80	0	0		103	84	20	147	29
12:15-12:30	9	134	38	50	32	0	53	6	22	7	118	0	77	0	0		113	93	20	146	29
12:30-12:45	8	148	36	52	22	0	61	12	17	2	130	0	88	0	0		119	98	22	164	33
12:45-13:00	11	149	35	55	35	0	62	7	21	3	139	0	89	0	0		124	101	23	171	34
13:00-13:15	7	160	40	47	24	0	62	10	20	7	141	0	88	0	0		125	102	23	172	34
13:15-13:30	8	149	42	58	33	0	58	7	17	4	153	0	88	0	0		123	101	24	181	36
13:30-13:45	11	154	39	46	38	0	66	10	24	8	141	0	93	0	0		123	101	23	176	35
13:45-14:00	9	126	37	46	35	0	57	9	22	4	133	0	86	0	0		107	87	22	164	33
14:00-14:15	9	120	35	31	22	0	57	9	20	4	119	0	78	0	0		94	77	20	148	30
14:15-14:30	8	127	32	38	23	0	57	9	20	2	117	0	66	0	0		102	83	18	137	27
14:30-14:45	10	113	35	37	23	0	43	10	26	6	120	0	79	0	0		97	79	20	149	30
14:45-15:00	10	133	36	36	25	0	54	6	26	8	108	0	82	0	0		107	88	19	143	29
18:00-18:15	11	142	34	34	21	0	56	9	18	4	124	0	85	0	0		107	87	21	157	31
18:15-18:30	9	135	36	37	32	0	53	8	21	5	127	0	86	0	0		106	87	21	160	32
18:30-18:45	10	154	37	46	39	0	49	7	19	6	136	0	85	0	0		120	99	22	166	33
18:45-19:00	9	156	43	55	35	0	55	10	18	7	148	0	110	0	0		126	103	26	194	39
19:00-19:15	8	149	33	49	31	0	60	8	19	5	128	0	98	0	0		119	98	23	170	34
19:15-19:30	12	157	36	57	32	0	61	9	22	5	139	0	100	0	0		130	106	24	179	36
19:30-19:45	7	145	33	50	38	0	55	8	23	5	130	0	99	0	0		120	98	23	172	34
19:45-20:00	5	138	34	55	35	0	55	10	24	3	122	0	87	0	0		119	98	21	157	31
20:00-20:15	9	127	32	46	36	0	50	8	24	3	127	0	84	0	0		108	89	21	158	32
20:15-20:30	9	121	29	36	30	0	52	7	20	5	121	0	75	0	0		97	80	20	147	29
20:30-20:45	8	109	23	29	18	0	40	6	16	3	90	0	52	0	0		85	69	14	107	21
20:45-21:00	4	80	16	29	17	0	33	4	11	3	70	0	42	0	0		66	54	11	84	17
21:00-21:15																					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Flujos vehiculares x estación día sábado

TIPO DE VEHICULO	ESTACION A			ESTACION B			ESTACION C			ESTACION D			ESTACION E			ESTACION F			ESTACION G		
	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10		11				12	13	14	15	16
GIROS	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←	→	↑	←
HORA																					
06:45-07:00																					
07:00-07:15	7	112	21	27	18	0	32	9	14	2	70	0	60	0	0		84	69	13	98	20
07:15-07:30	9	141	26	34	23	0	45	10	17	3	116	0	75	0	0		106	86	19	143	29
07:30-07:45	11	166	29	51	33	0	60	9	23	6	149	0	96	0	0		132	108	25	184	37
07:45-08:00	11	165	31	61	35	0	63	9	19	5	150	0	90	0	0		135	110	24	180	36
08:00-08:15	12	159	33	60	39	0	65	7	19	9	151	0	94	0	0		131	107	25	184	37
08:15-08:30	9	164	34	49	34	0	65	6	17	5	143	0	89	0	0		127	104	23	174	35
08:30-08:45	13	135	25	50	30	0	63	10	22	5	123	0	86	0	0		114	93	21	157	31
08:45-09:00	9	134	35	43	23	0	54	9	19	6	121	0	86	0	0		108	88	21	155	31
09:00-09:15	9	111	30	38	23	0	50	10	17	6	118	0	88	0	0		91	75	21	155	31
09:15-09:30	10	138	33	33	21	0	48	10	20	3	121	0	70	0	0		105	86	19	143	29
09:30-09:45	10	139	40	34	25	0	48	5	24	4	115	0	80	0	0		108	89	20	146	29
09:45-10:00	9	122	26	34	25	0	53	7	20	2	123	0	81	0	0		97	79	20	153	31
12:00-12:15	8	129	25	33	31	0	51	8	18	4	123	0	76	0	0		99	81	20	149	30
12:15-12:30	9	143	35	34	27	0	51	9	24	3	119	0	72	0	0		111	90	19	143	29
12:30-12:45	9	129	35	45	36	0	59	5	17	1	151	0	76	0	0		105	86	23	170	34
12:45-13:00	7	167	27	50	34	0	61	8	18	5	145	0	84	0	0		129	106	23	172	34
13:00-13:15	12	159	32	57	41	0	65	8	20	3	144	0	87	0	0		130	106	23	173	35
13:15-13:30	8	165	34	54	37	0	64	8	23	6	141	0	87	0	0		133	109	23	171	34
13:30-13:45	7	161	35	45	25	0	57	6	21	6	149	0	98	0	0		125	102	25	185	37
13:45-14:00	9	141	28	39	23	0	61	9	19	3	126	0	95	0	0		109	90	22	166	33
14:00-14:15	6	137	34	37	33	0	49	7	26	4	137	0	86	0	0		110	90	22	167	33
14:15-14:30	8	124	35	33	22	0	52	5	19	6	133	0	72	0	0		97	79	21	154	31
14:30-14:45	6	124	32	23	22	0	50	7	14	5	126	0	78	0	0		89	72	20	153	31
14:45-15:00	3	125	31	37	25	0	49	4	20	4	125	0	78	0	0		100	82	20	152	30
18:00-18:15	10	133	31	31	18	0	49	8	24	4	126	0	71	0	0		103	85	20	148	30
18:15-18:30	7	123	25	33	26	0	51	10	16	5	132	0	86	0	0		95	77	22	164	33
18:30-18:45	10	157	31	46	33	0	61	6	20	5	148	0	94	0	0		123	100	24	182	36
18:45-19:00	14	161	29	60	37	0	50	8	18	6	149	0	101	0	0		131	108	25	188	38
19:00-19:15	8	167	27	45	36	0	63	8	18	6	149	0	88	0	0		127	104	24	178	36
19:15-19:30	9	156	31	55	33	0	55	4	20	4	147	0	91	0	0		127	104	24	179	36
19:30-19:45	13	143	31	50	33	0	61	9	21	5	134	0	82	0	0		118	96	22	162	32
19:45-20:00	10	145	32	47	33	0	60	6	17	5	123	0	76	0	0		115	94	20	149	30
20:00-20:15	12	125	38	47	25	0	52	7	21	5	107	0	76	0	0		106	87	18	137	27
20:15-20:30	11	106	30	34	23	0	52	6	17	3	108	0	59	0	0		86	71	17	125	25
20:30-20:45	7	97	29	33	19	0	34	4	14	4	96	0	48	0	0		79	65	14	108	22
20:45-21:00	4	82	17	26	20	0	34	3	10	3	77	0	40	0	0		65	53	12	88	18
21:00-21:15																					

Fuente: Elaboración propia

El flujo vehicular contabilizado fue para dos días laborables y un día no laborable (martes, viernes y sábado), se determinó el flujo en las horas punta, en periodos de nueve horas diarias, de 07:00 a 10:00 hrs. en el turno mañana, de 12:00 a 15:00 hrs. en el turno de medio día y de 18:00 a 21:00 hrs. El flujo de 9 horas de aforo se muestra a continuación:

*Tabla 28. Volumen vehicular x estación en 9 horas*

ESTACION	EST. A	EST. B	EST. C	EST. D	EST. E	EST. F	EST. G
MARTES	6449	2557	3054	4738	2832	7146	7397
VIERNES	6486	2552	2970	4587	2936	7236	7362
SABADO	6408	2529	2887	4776	2896	7179	7511

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 29. Flujos vehiculares en IMD x día*

VOLUMEN DE FLUJO VEHICULAR (IMD)	MARTES	VIERNES	SABADO
Subtotal 9 Horas punta de conteo (70%)	19630	19531	19496
Subtotal 5 horas valle (20%)	5609	5580	5570
Subtotal resto de 24 h (10%)	2804	2790	2785
<b>IMDA Actual</b>	<b>28043</b>	<b>27901</b>	<b>27851</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Horas pico

De acuerdo a los conteos realizados a las siete estaciones, se determinó el flujo vehicular para los 16 sentidos, para cada hora pico u hora punta, en la mañana, al medio día y en la tarde. El flujo obtenido es usado para simular la saturación del flujo vehicular en las dos intersecciones semaforizadas del presente estudio.

*Tabla 30. Flujo vehicular en hora pico, día martes*

HORA FLUJO	EST. A			EST. B		EST. C			EST. D		EST. E	EST. F		EST. G		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7.15-8.15 AM	40	591	130	172	120	223	41	73	26	529	350	460	376	88	659	132
12.45.13.45 PM	41	606	131	173	137	235	36	86	24	552	355	476	389	91	680	136
18.30-19.30 PM	40	620	125	171	133	217	50	79	21	592	359	479	392	95	713	143

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 31. Flujo vehicular en hora pico, día viernes*

HORA FLUJO	EST. A			EST. B		EST. C			EST. D		EST. E	EST. F		EST. G		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7.15-8.15 AM	41	604	137	181	110	232	31	79	19	500	329	475	389	83	622	124
12.45.13.45 PM	37	612	156	206	130	248	34	82	22	574	358	495	405	93	699	140
18.30-19.30 PM	37	612	156	207	137	225	34	78	23	551	393	493	404	94	708	142

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 32. Flujo vehicular en hora pico, día sábado*

HORA FLUJO	EST. A			EST. B		EST. C			EST. D		EST. E	EST. F		EST. G		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7.15-8.15 AM	43	631	119	206	130	233	35	78	23	566	355	503	412	92	691	138
12.45.13.45 PM	34	652	128	206	137	247	30	82	20	579	356	517	423	94	701	140
18.30-19.30 PM	41	641	118	206	139	229	26	76	21	593	374	508	415	97	725	145

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3 Tiempos en semáforos

Las dos intersecciones de la Av. J. Basadre G., están semaforizadas, la intersección de la Av. J. Basadre con la Av. Tarata tiene cuatro ángulos de visión y su ciclo semafórico está representado por tres fases, mientras que la Av. J. Basadre con la Av. Internacional, tiene tres ángulos de visión y su ciclo semafórico está representado por dos fases. En la zona no se tiene semáforos peatonales.

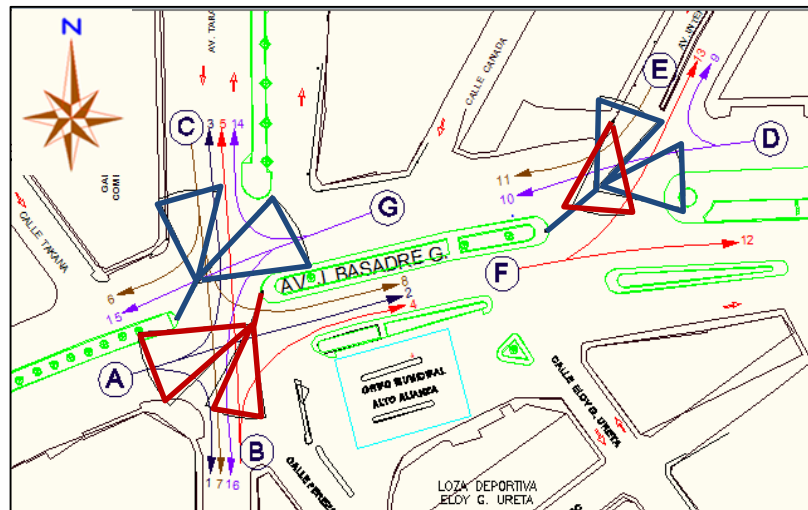


Figura 32. Ubicación del ángulo de visión de los semáforos  
Fuente: Elaboración propia

Los tiempos que se registran en los ciclos de los semáforos están representados en los tiempos de rojo (parada), ámbar (prevención) y verde (pase), con la inclusión de algunos casos de giros a la derecha mientras el semáforo está en rojo, los giros a la izquierda están sincronizados con el verde.

**Intersección de la Av. J. Basadre con Av. Tarata.** En esta intersección el semáforo tiene un ciclo es de 76 segundos, siendo el tiempo de ámbar de 3 segundos de verde a rojo, mientras que de rojo a verde no hay ámbar. Las fases que se presentan son tres, las fases de cada ciclo se muestran en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 33. Tiempos del semáforo Av. J. Basadre con Av. Tarata (3 fases)

Sentido	0	23	26	50	53	73	76
A → 1	V	A	R	R	R	R	R
A → 2	V	A	R	R	R	R	R
A → 3	V	A	R	R	R	R	R
B → 4	R	R	V	V	V	A	A
B → 5	R	R	R	V	V	A	A
C → 6	V	A	R	R	V	A	A
C → 7	R	R	R	R	V	A	A
C → 8	R	R	R	R	V	A	A
G → 14	R	R	V	A	R	R	R
G → 15	R	R	V	A	R	R	R
G → 16	R	R	V	A	R	R	R

Fuente: Elaboración propia

La fase 1 tiene un tiempo en verde de 23 segundos seguido de 3 segundos en ámbar, luego todo en rojo hasta llegar a los 76 segundos, en esta fase tiene pase los flujos 1, 2, 3 y 6

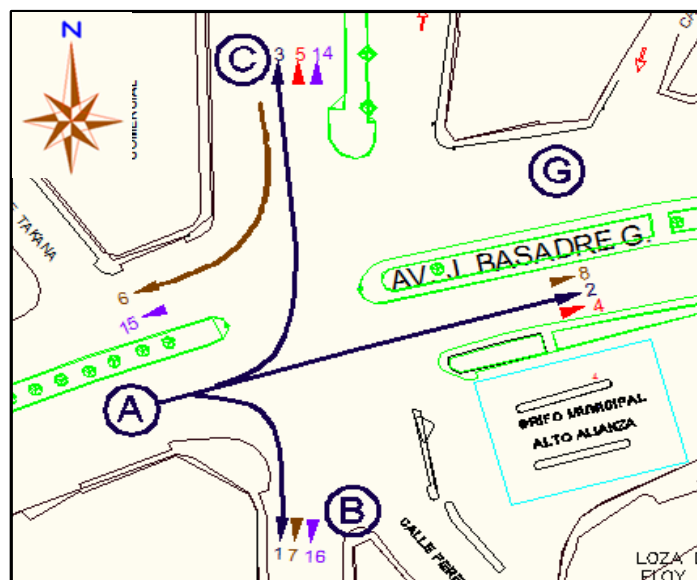


Figura 33. Semáforo en la fase 1 desde la estación A y C

Fuente: Elaboración propia



La fase 2 tiene un tiempo en verde de 23 segundos, seguido de 3 segundos en ámbar, luego todo en rojo hasta llegar a los 76 segundos, en esta fase tienen pase los flujos 4, 14, 15 y 16.

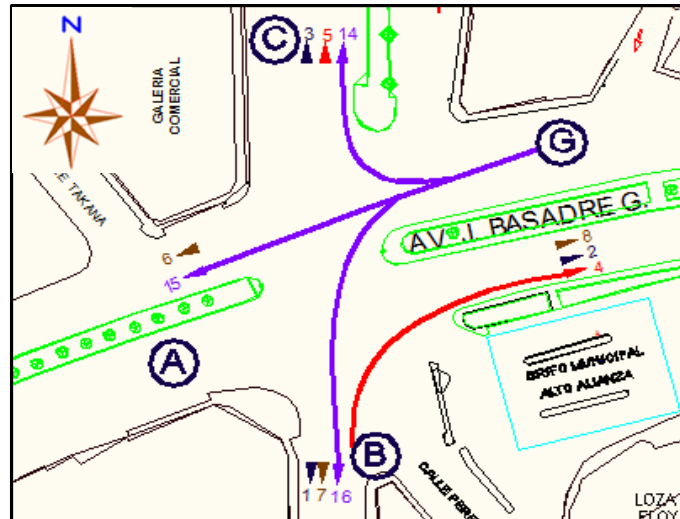


Figura 34. Semáforo en la fase 2 desde la estación G y B  
Fuente: Elaboración propia

La fase 3 tiene un tiempo en verde de 20 segundos, seguido de 3 segundos en ámbar, luego todo en rojo hasta llegar a los 76 segundos, en esta fase tienen pase los flujos 4, 5, 6, 7 y 8.



Figura 35. Semáforo en la fase 3 desde la estación B y C  
Fuente: Elaboración propia

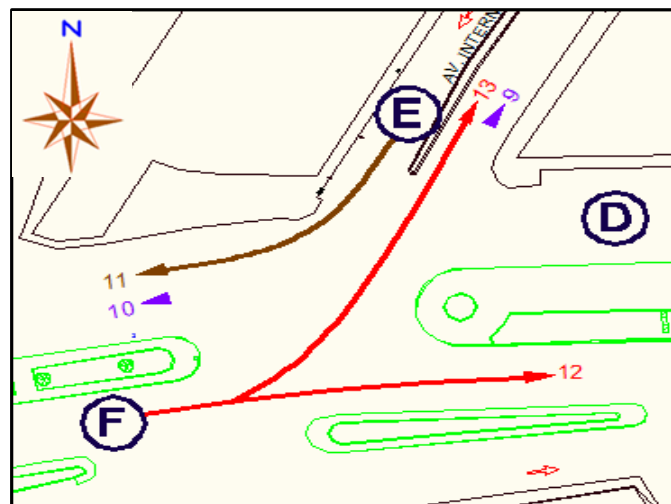
**Intersección de la Av. J. Basadre con Av. Internacional.** En esta intersección el semáforo tiene un ciclo es de 76 segundos, siendo el tiempo de ámbar de 3 segundos de verde a rojo, mientras que de rojo a verde no hay ámbar. Las fases que se presentan son dos, las que se muestran en la siguiente tabla y figuras:

*Tabla 34. Tiempo semáforo Av. J. Basadre - Av. Internacional (2 fases)*

Sentido	0	24	27	73	76
D → 9	V	A	R		
D → 10	V	A	R		
E → 11	R		V		A
F → 13	R		V		A

Fuente: Elaboración propia

La fase 1 de esta intersección tiene un tiempo en verde de 46 segundos seguido de 3 segundos en ámbar, luego todo en rojo hasta llegar a los 76 segundos, en esta fase tiene pase los flujos 11, 12 y 13. El flujo 12 tiene un sentido de frente sin limitación del semáforo.



*Figura 36. Semáforo en la fase 1 desde la estación F y E*

Fuente: Elaboración propia

La fase 2 de esta intersección tiene un tiempo en verde de 24 segundos, seguido de 3 segundos en ámbar, luego todo en rojo, hasta llegar a los 76 segundos. En esta fase tiene pase los flujos 9, 10 y 12, el flujo 12 tiene un sentido de frente sin limitación del semáforo.

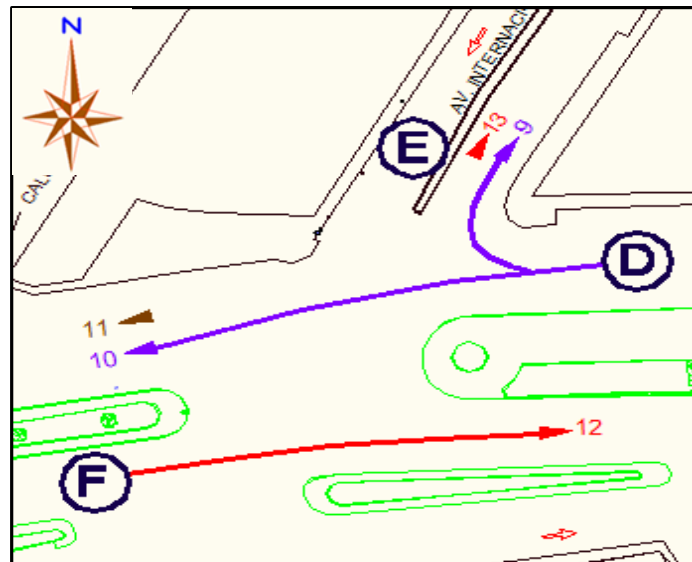


Figura 37. Semáforo en la fase 2 desde la estación D  
Fuente: Elaboración propia

Las dos intersecciones están sincronizadas en verde con respecto a la Av. J. Basadre G. de Este a Oeste, siendo el tiempo en verde de 24 segundos seguido de 3 segundos de ámbar y el resto del ciclo en rojo, el tiempo de ciclo es de 76 segundos.



Figura 38. Semaforización sincronizada en estaciones D y G  
Fuente: Elaboración propia





Los tiempos descritos en las diferentes fases y ciclos de los semáforos se pueden mostrar para cada punto de conteo o estación, los tiempos de fase y ciclo de los semáforos de la intersección vial Av. Jorge Basadre – Av. Tarata se muestra a continuación:

*Tabla 35. Fase 1: estación A (Av. J. Basadre)*

Fase 1: Estación A	
	→ 50 segundos
	→ 3 segundos
	→ 23 segundos
	→ 0 segundos




Fuente: Elaboración propia

*Tabla 36. Fase 2: estación G (Av. J. Basadre)*

Fase 2: Estación G	
	→ 49 segundos
	→ 3 segundos
	→ 23 segundos
	→ 0 segundos

Fuente: Elaboración propia





Tabla 37. Fase 3: estación B y C (Av. Tarata)

Fasee 3: Estación B y C	
	→ 53 segundos
	→ 3 segundos
	→ 23 segundos
	→ 23 segundos

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos de fase del semáforo de la intersección vial de la Av. Jorge Basadre con la Av. Internacional tiene dos fases y un ciclo de 76 segundos, los tiempos se muestran a continuación:

Tabla 38. Fase 1: estación D (Av. Jorge Basadre G.)

Fase 1: Estacion D	
	→ 49 segundos
	→ 3 segundos
	→ 24 segundos
	→ 0 segundos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Fase 2: estación E y F (Av. Internacional)



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 Nivel de servicio en la intersección

El análisis de los flujos vehiculares se realizó con el software synchro V8.0, este programa es una herramienta informática que permite realizar el análisis de intersecciones semaforizadas, permite el análisis y optimización de sistemas del tráfico actual.

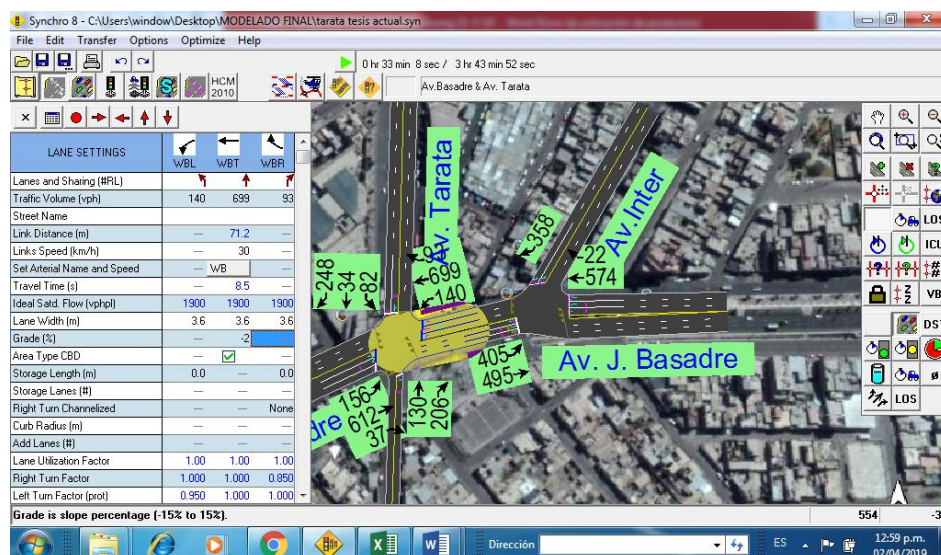


Figura 39. Datos de los flujos ingresados al simulador

Fuente: Elaboración propia

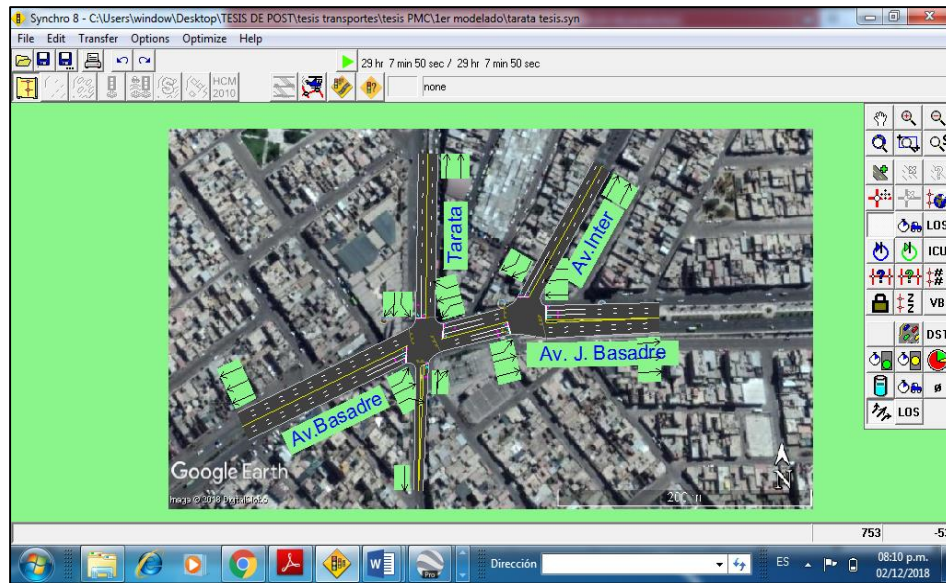


Figura 40. Sentido de flujos ingresados al simulador  
Fuente: Elaboración propia

Synchro 8 - C:\Users\window\Desktop\MODELADO FINAL\tarata tesis actual.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

0 hr 34 min 57 sec / 3 hr 45 min 41 sec

3 Av. Basadre & Av. Tarata

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#PL)	156	612	37	140	699	93	0	130	206	82	34	248
Traffic Volume (vph)												
Street Name	Av. Basadre						Av. Tarata					
Link Distance (m)		150.2			71.2			108.8			137.0	
Links Speed (km/h)		45			30			30			30	
Set Arterial Name and Speed		EB			WB			NB			SB	
Travel Time (s)		12.0			8.5			13.1			16.4	
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)		2			-2			3			-3	
Area Type CBD		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
Storage Length (m)	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes (#)												
Right Turn Channelized			None			None			None			None
Curb Radius (m)												
Add Lanes (#)												
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	1.000	1.000	0.850	1.000	1.000	0.850		0.917			1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	0.950	1.000	1.000	0.950	1.000	1.000		1.000			0.966	1.000

Figura 41. Ingreso de datos intersección Av. Jorge Basadre. Av. Tarata  
Fuente: Elaboración propia

LANE SETTINGS	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑
Traffic Volume (vph)	405	495	574	22	0	358
Street Name			Av. J. Basadre		Av. Inter	
Link Distance (m)	—	71.2	109.8	—	132.0	—
Links Speed (km/h)	—	30	45	—	30	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	WB	—	SB	—
Travel Time (s)	—	8.5	8.8	—	15.8	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	2	-3	—	-3	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	Yield	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	15.0	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	0	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	0.88
Right Turn Factor	1.000	1.000	1.000	0.850	—	0.850
Left Turn Factor (prot)	0.950	1.000	1.000	1.000	—	1.000

Av. J. Basadre & Av. Inter (463 59)

Figura 42. Ingreso de datos intersección Av. Jorge Basadre. Av. Internacional  
Fuente: Elaboración propia

Considerando los flujos vehiculares, los tiempos de ciclo y fase de los semáforos y el número de carriles, mediante la simulación se tiene un nivel de servicio saturado siendo el resultado LOS de F y E

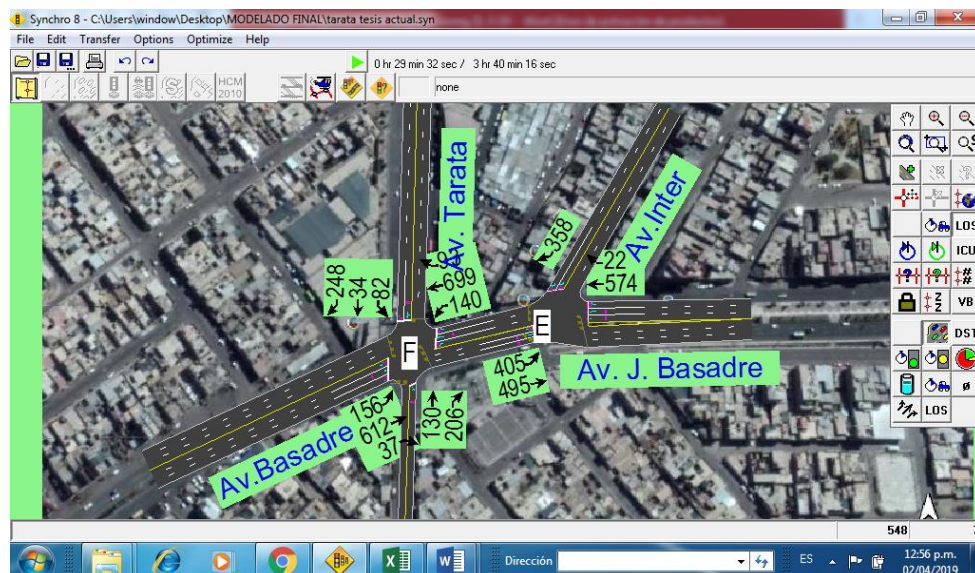


Figura 43. Nivel de servicio de la intersección en la situación actual  
Fuente: Elaboración propia





Figura 44. Nivel de servicio por flujos en la intersección  
Fuente: Elaboración propia

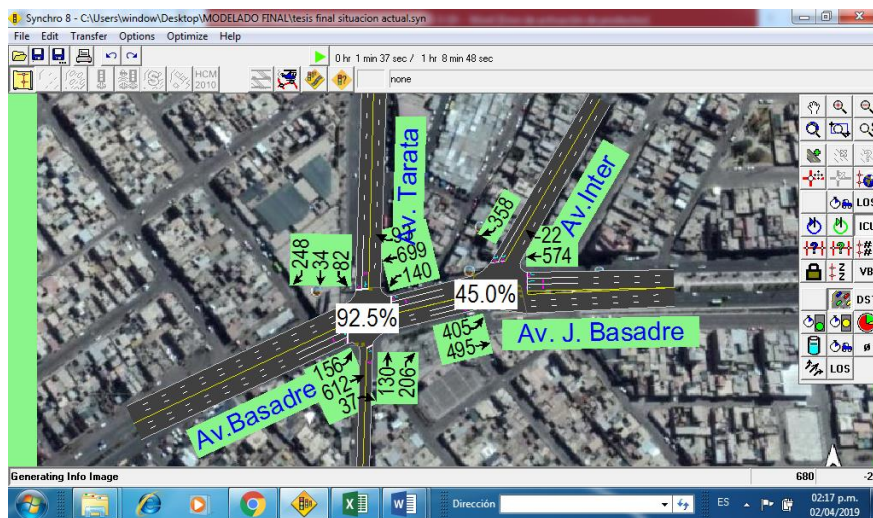


Figura 45. Resultados del ICU en la situación actual  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS (DISCUSIÓN)

Los análisis realizados a los 16 flujos vehiculares que se generan en las dos intersecciones semaforizadas están condicionadas por los tiempos de ciclo y de fase de los semáforos, los tiempos en rojo influyen en el nivel de servicio de los flujos en las intersecciones viales semaforizadas de la Av.

Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y la Av. Internacional. Aplicando el simulador de tránsito se tiene un nivel de servicio F de la situación actual en la intersección de la Av. J. Basadre con Av. Tarata, indicando una presencia de congestión y cola que se producen especialmente en las horas punta, siendo la Av. J. Basadre la que presenta la mayor saturación de sus flujos vehiculares. La intersección de la Av. J. Basadre con la Av. Internacional tiene un mejor flujo, pero el giro hacia la izquierda limita el nivel de servicio.



Figura 46. Nivel de servicio de flujos y de las intersecciones  
Fuente: Elaboración propia

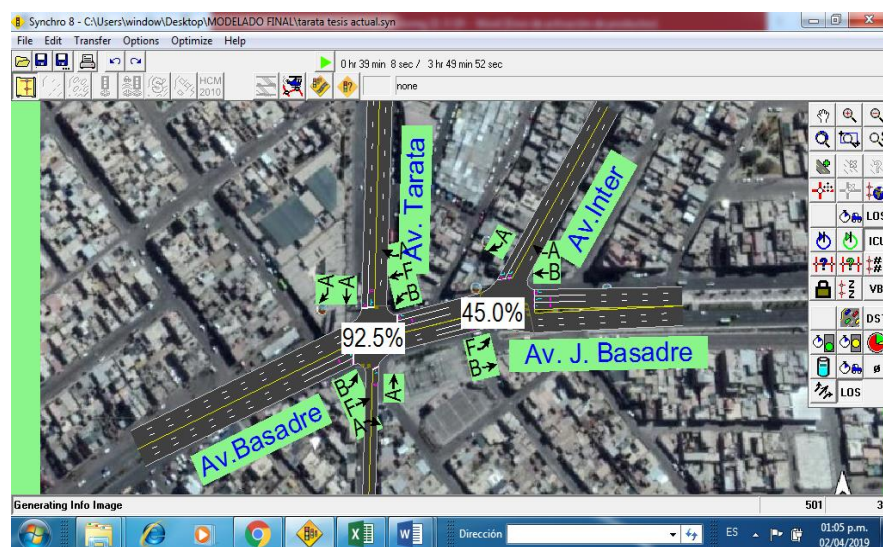


Figura 47. Nivel de servicio de flujos y capacidad en la intersección  
Fuente: Elaboración propia

## Propuesta de Alternativas

**1ra alternativa:** considerando que se debe priorizar el nivel de calidad de vida de las personas que circulan por estas intersecciones a pie o en vehículos, se plantea una solución con mejoras de infraestructura vial y peatonal, tomando como referencia que hay mayor demora en el flujo de la Av. J. Basadre, por lo que se plantea la ampliación de un carril adicional en cada sentido de esta avenida con la Intersección con la av. Tarata, esta propuesta no modifica los tiempos de ciclo y fase de los semáforos, se ha mantenido también los sentidos de los 16 flujos existentes, la idea es reducir el congestionamiento facilitando el pase de los vehículos en la etapa del semáforo en verde. Los resultados de la simulación nos determinaron que se reduce significativamente a un nivel de servicio B en la intersección de la Av. J. Basadre G. con Av. Tarata, mientras que en la intersección de la Av. Jorge Basadre con Av. Internacional el nivel de servicio se mantiene o continúa en nivel E.



Figura 48. Nivel de servicio de la primera alternativa.

Fuente: Elaboración propia

Para que las personas crucen con seguridad y comodidad la av. J. Basadre (avenida con mayor flujo vehicular y mayor número de carriles), se tendría

que plantear puentes peatonales, debido a que esta propuesta elimina el espacio de la berma central y genera un carril adicional en ese espacio.

Esta propuesta tendría costos medianamente significativos con respecto a: la implementación de puentes peatonales para el cruce de las personas, al mantenimiento e implementación de la señalización horizontal y vertical, a la implementación de nuevos semáforos modernos e inteligentes, nuevas zonas de paraderos y modificar la línea de alta tensión de 10KV que cruza por la berma central.



Figura 49. Capacidad de flujo de la primera alternativa  
Fuente: Elaboración propia

**2da alternativa:** tomando en consideración los resultados del nivel de servicio que presentan las dos intersecciones semaforizadas y la saturación del flujo que se genera en la situación actual, nos indica que los giros existentes hacia la izquierda influyen significativamente en la determinación de las fases y ciclos del semáforo que existe específicamente en la intersección de la Av. J. Basadre con la Av. Tarata.

La propuesta plantea eliminar los giros hacia la izquierda de los flujos (3 y 16) en las estaciones de conteo A y G en la intersección de la Av. J. Basadre, haciendo que el semáforo se reduzca a dos fases y por ende se reduce el tiempo del ciclo. Además, se plantea que las dos intersecciones se encuentren sincronizados en verde para la Av. J. Basadre, de Este a Oeste. Los resultados del nivel de servicio para esta condición son favorables reduciendo de F a C el nivel de servicio y la capacidad de la intersección a 45% y 62%.

Con la finalidad de darle mejores condiciones de vida a las personas que circular por estas intersecciones a pie o en vehículos, esta propuesta no tendría una inversión considerable, siendo básicamente la inversión en mantenimiento e implementación de la señalización horizontal y vertical, así como de la implementación de semáforos modernos para vehículos y peatones.

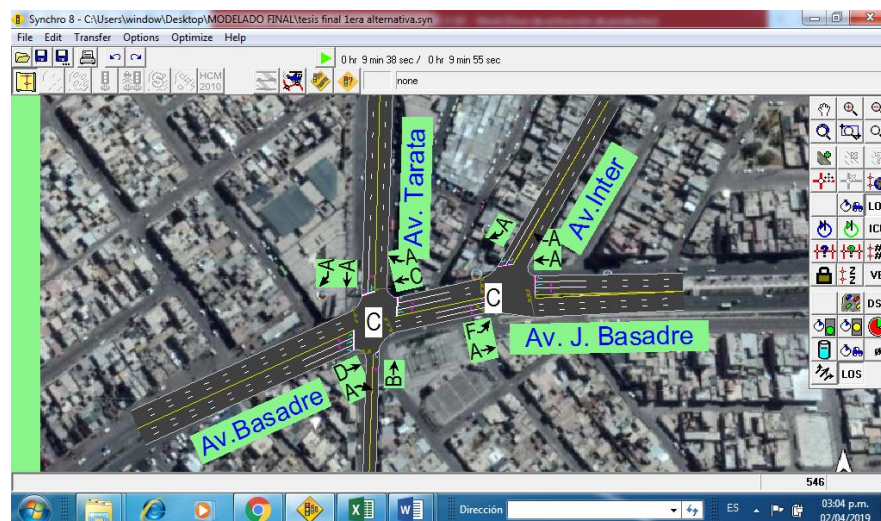


Figura 50. Nivel de servicio con reducción de fases y ciclos en semáforos.

Fuente: Elaboración propia



Figura 51. Capacidad de las intersecciones con reducción de fase.  
Fuente: Elaboración propia

**3ra alternativa:** siendo primordial darle mejores condiciones de vida a las personas que cruzan, viven o laboran en el entorno de estas intersecciones viales semaforizadas, se plantea la intervención de un proyecto de intercambio vial a dos niveles en las dos intersecciones semaforizadas, donde la Av. Jorge Basadre Grohmann sería la que tendría que tener una depresión de su rasante, mientras que las Av. Tarata y la Av. Internacional mantienen sus niveles actuales de rasante. Esta idea de proyecto genera flujos continuos en la Av. J. Basadre, evitando el congestionamiento o colas en cada intersección.

La propuesta mejoraría las condiciones de vida de las personas, debido a se tendría una mayor seguridad para el cruce de personas al tener un número menor de vehículos que crucen por la av. J. Basadre en la superficie actual. El mayor flujo vehicular de la av. J. Basadre sería derivado a la vía central que estaría por debajo de las dos intersecciones semaforizadas teniendo estas un flujo continuo, con la cual se tendría mejores condiciones de vida de las personas y mejores niveles de servicio del tránsito.

Esta propuesta tendría costos significativos para su implementación, debido adicionalmente al proyecto del intercambio vial, debe considerar las obras de habilitación urbana (redes eléctricas, redes a gua y alcantarillado, redes de comunicaciones, etc.), por otro lado, debe considerar, nuevos paraderos, nueva señalización, la capacitación sobre seguridad vial, etc. Una idea del planteamiento se muestra en las siguientes gráficas:



Figura 52. Propuesta en planta de del by pass  
Fuente: Elaboración propia



Figura 53. Propuesta de la intersección Av. Basadre - Av. Tarata  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 54. Vista de la Av. J. Basadre con dos carriles en su parte central  
Fuente: Elaboración propia*



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

1. Según los aforos realizados a los flujos vehiculares en las dos Intersecciones viales semaforizadas de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y Av. Internacional, estas presentan 16 flujos vehiculares bien definidos, con giros hacia la derecha, hacia la izquierda y de frente. Los flujos de mayor saturación o congestionamiento se presentan en la Av. Jorge Basadre Grohmann, con grandes colas especialmente en horas punta, los flujos más críticos y que superan los 550 vehículos por hora son: el flujo 2 de la estación A, el flujo 10 de la estación D y el flujo 15 de la estación G. Así mismo se ha determinado que el caudal de flujo por día en la zona de estudio alcanza los 28,000 veh./día, apoyándonos en el programa synchro V8.0 se ha determinado que el nivel de servicio más crítico es el nivel de "F".
2. Según la evaluación de los volúmenes vehiculares en las diferentes estaciones se ha determinado que estas no alcanzan el máximo permitido para una vía continua, sin embargo, al ser una vía discontinua por la presencia de semáforos, el flujo continuo es afectado teniendo un grado de saturación considerable especialmente en la intersección de la Av. J. Basadre con la Av. Tarata con un 93% de capacidad.
3. Los tiempos de los ciclos del semáforo alcanzan los 76 segundos, cuyos tiempos corresponden a las frecuencias de rojo, verde y ámbar, además, al tener giros a la izquierda obliga a cortar el flujo continuo, la intersección de la Av. J. Basadre con la Av. Tarata tiene 3 fases, mientras que la intersección de la Av. J. Basadre con la Av. Internacional tiene solo 2 fases, pero el flujo 10 de la estación D y el flujo 15 de la estación G se encuentran sincronizados

en un solo tiempo de verde, lo que genera un tiempo corto en verde (23 segundos) y un tiempo mayor en rojo (50 segundos).

4. Para generar mejores condiciones de vida en la población afectada directa e indirectamente, se ha planteado tres propuestas para mejorar el nivel de servicio de la transitabilidad vehicular y peatonal en la zona de estudio, siendo:
  - a. La primera propuesta plantea generar un carril adicional en los dos sentidos de la Av. Jorge Basadre, sin variar la condición del tiempo de fase y ciclo de los semáforos, además, no se modifica los 16 flujos vehiculares, el resultado del nivel de servicio mejora a un nivel de B.
  - b. La segunda propuesta modifica los tiempos del ciclo y fases de los semáforos reduciendo de tres a dos fases, eliminado el giro a la izquierda en la estación A y G. La simulación del nivel de servicio de flujos vehiculares mejora a un nivel C en la intersección de la Av. J. Basadre Grohmann con la Av. Tarata.
  - c. La tercera propuesta plantea generar un paso a desnivel, en la cual la Av. J. Basadre tendría una depresión de su rasante, mientras que la Av. Tarata y Av. Internacional conservan su rasante actual, este planteamiento genera un flujo continuo mejorando el nivel de servicio en las dos intersecciones semaforizadas, siendo esta una propuesta costosa por la infraestructura a instalar.

## 5.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las entidades públicas encargadas de la administración del transporte urbano, que generen nuevas alternativas de ruta para los flujos de vehículos pesados (una variante en zona no urbana), debido al mayor aporte de congestión que producen en las intersecciones semaforizadas, así como del daño que produce en la operación del sistema de la capacidad de la infraestructura vial urbana, pudiendo en el futuro ocasionar el colapso de la intersección vial.
2. Se recomienda a las instituciones dedicadas a la investigación y a las instituciones dedicadas al planeamiento urbano, efectuar nuevos estudios en zonas críticas de saturación a fin de determinar los factores más predominantes de la saturación de flujos.
3. Se recomienda a la Municipalidad Distrital del Alto de la Alianza pueda mejorar los semáforos, con equipos modernos y/o inteligentes que puedan facilitar el pase no solo de vehículos sino también de peatones y bicicletas.
4. Se recomienda a las instituciones del estado encargadas del planeamiento y crecimiento urbano vial, generar un plan de desarrollo que priorice la mejora de la calidad de vida de las personas mejorando la transitabilidad peatonal en las diferentes intersecciones críticas, tomando en consideración las propuestas de la presente tesis o plantear otras alternativas que conlleven a mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular y por ende a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de Tacna.

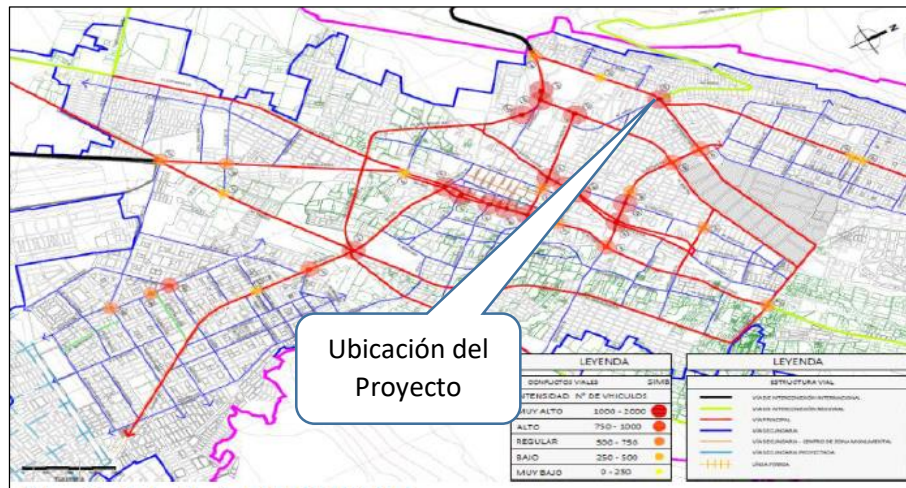
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cal y Mayor. (2007). *Ingeniería de Transito – Fundamentos y aplicaciones*. Mexico: Alfaomega grupo editor SS. de CV., 8va Edición.
- Chavez, V. (2004). *Manual de Diseño Geométrico de vías Urbanas*. Peru: Edición 2004, VCHI S.A.
- Gonzalo, A. y Ramirez, V. (2014). *Analisis para la determinacion del nivel de servicio y demora en intersecciones viales semaforizadas*. Lima: UNI.
- HCM. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Estados Unidos: publicación de la Junta de Investigación del Transporte de las Academias Nacionales de Ciencias.
- INEI. (2013). *crecimiento del parque automotor, flujo vehicular por unidad de peaje*. Peru: Instituto Nacional de Estadística, Informe 04 abril 2013.
- Lopez, D. (2014). *Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes de la ciudad de Trujillo*. Trujillo: Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo.
- MPT-Tacna. (2016). *Plan de gestion integral del transporte urnabo e interurbano de pasajeros para la provincia de Tacna*. Tacna.
- MPT-Tacna. (2015). *Plan vial de Tacna*. Tacna.
- MPT-Tacna. (2015). *Proyecto: Mejoramiento del servicio de ordenamiento territorial en la Provincia de Tacna*. Tacna: Plan de desarrollo Urbano de Tacna 2015-2025.
- MTC. (2016). *manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y carreteras del Ministerio de Transportes del Perú*. Peru.
- Ortiz, E. y Veliz A. (2018). *Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo pinto con la Av. Industrial de la ciudad de Tacna, 2018*. Tacna: Tesis de pre grado Universidad Privada de Tacna.
- Reyna, P. (2015). *Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones*. Lima: Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas.

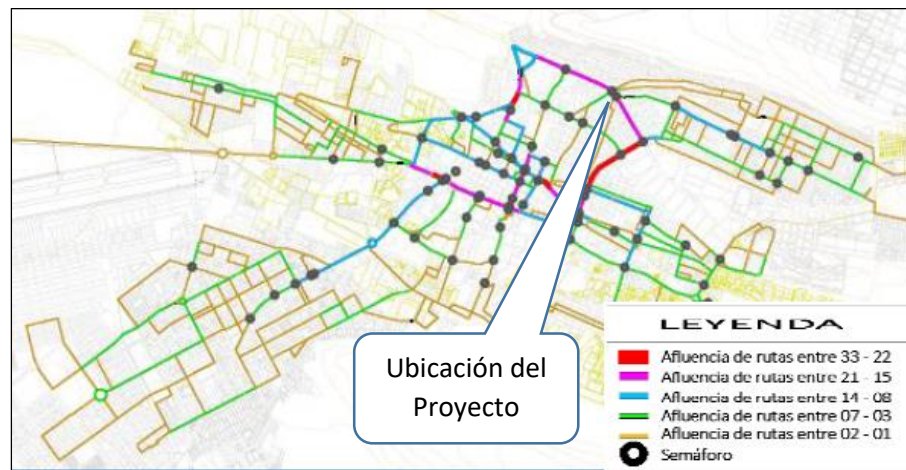
- Sores, V. (2016). *Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo pinto con la Av. Industrial de la ciudad de Tacna, 2018.*  
Huancayo: Tesis de Pre grado, Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Vera, F. (2012). *Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima.* Lima: Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú.

**ANEXOS.**

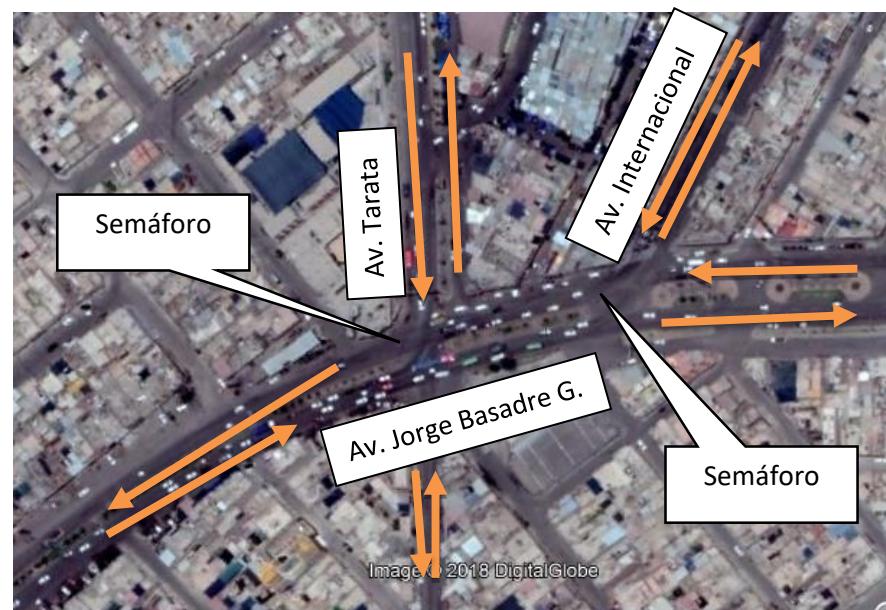
**1 Plano de ubicación y fotos**



Plano de Intersecciones Viales Críticas de Tacna



Plano de Mayor Influencia de Rutas de Transporte Urbano



Plano de Ubicación de semáforos



Flujos vehiculares y semáforos en la intersección de Av. J. Basadre con Av. Tarata y Av. Internacional