

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO PARA
MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE
LA AVENIDA TARAPACA CON AVENIDA GUILLERMO
BILLINGHURST Y CALLE SAN HILARIÓN, TACNA, 2022”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. IVAN YOSHIMAR AMARU CORMILLUNI

Bach. JOHN MICHAEL LAGUNA CHITE

TACNA – PERÚ

2022

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, *Ivan Yoshimar Amaru Cormilluni*, en calidad de Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI: 71216384.

Yo, *John Michael Laguna Chite*, en calidad de Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI: 71231010.

Declaro bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: "*Determinación del nivel de servicio para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la Avenida Tarapaca con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, Tacna, 2022*", la misma que presentamos para optar el: *Título Profesional de Ingeniero Civil*.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la *universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la tesis presentada. En consecuencia, nos hacemos responsable frente a la *universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 02 de julio del 2022



Bach. Ivan Yoshimar Amaru Cormilluni
DNI: 71216384



Bach. John Michael Laguna Chite
DNI: 71231010

DEDICATORIA 1

*La presente tesis de grado se la dedico a Dios
por permitirme culminar con éxito mi carrera,
por darme buena salud y fortaleza en todo momento.*

*A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida,
por haberme traído a este mundo, inculcarme buenos
valores y darme la mejor educación.*

*A mi compañera de vida, compañeros de estudio, maestros y amigos,
por motivarme e impulsarme a ser mejor y
lograr con éxito mi carrera, a ustedes les dedico
cada una de estas páginas que con mucho esfuerzo realicé.*

AMARU CORMILLUNI, IVAN YOSHIMAR

DEDICATORIA 2

*A Dios por protegerme, darme salud y
capacidad de seguir aprendiendo.*

*A mis padres por el constante apoyo incondicional,
pues ellos siempre me brindan su ayuda y me motivan
a seguir con mis metas.*

*A mis hermanos por darme el apoyo y
ser mi inspiración.*

LAGUNA CHITE, JOHN MICHAEL

AGRADECIMIENTO

*Primeramente, agradecemos a nuestro asesor
Mtro. Uliánov Farfan Kehuarucho, quien
amablemente nos orientó brindándonos sus conocimientos
y consejos para la elaboración de este
proyecto de investigación.*

*También expresar nuestro enorme agradecimiento
todos los ingenieros de la universidad Privada de Tacna
que nos brindaron sus cualidades profesionales
formándonos líderes competitivos.*

*Por último, dar las gracias a todos nuestros amigos,
compañeros por haber compartido momentos lindos
en la universidad.
Muchas gracias a todos.*

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO	2
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	3
DEDICATORIA 1	5
DEDICATORIA 2	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Formulación del problema	7
1.2.1. Problema general	7
1.2.2. Problemas específicos.....	8
1.3. Justificación del problema	8
1.4. Objetivos	9
1.4.1. Objetivo general	9
1.4.2. Objetivos específicos.....	10
1.5. Hipótesis.....	10
1.5.1. Hipótesis general.....	10
1.5.2. Hipótesis específica.....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes del estudio	11
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	11
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	13
2.1.3. Antecedentes locales.....	15
2.2. Bases teóricas	18
2.2.1. Nivel de servicio	18
2.2.2. Flujo vehicular	19
2.2.3. Características geométricas	20
2.2.4. Identificación de intersecciones	24
2.2.5. Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual)	25

2.2.6.	Señalización	26
2.3.	Definición de términos	27
2.3.1.	Congestión	27
2.3.2.	Capacidad	27
2.3.3.	Velocidad.....	28
2.3.4.	Aforo vehicular.....	28
2.3.5.	Reordenamiento vial.....	28
2.3.6.	Trafico	28
2.3.7.	Volumen	28
2.3.8.	Densidad	28
2.3.9.	Carril.....	29
2.3.10.	Semáforos	29
2.3.11.	Fases del semáforo.....	29
2.3.12.	Ciclo Semafórico.....	29
2.3.13.	Transporte no motorizado	29
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		30
3.1.	Tipo y nivel de la investigación	30
3.2.	Población y/o muestra de estudio.....	30
3.2.1.	Población.....	30
3.2.2.	Muestra	31
3.3.	Operacionalización de variables	31
3.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	32
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	32
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	37
3.5.	Procesamiento y análisis de datos.....	38
3.5.1.	Volumen horario de máxima demanda VHMD.....	38
3.5.2.	Factor horario de máxima demanda FHMD	38
3.5.3.	Tasa de flujo V_p	39
3.5.4.	Tasa de flujo de saturación ajustada S	39
3.5.5.	Flujo de saturación base "S0".....	40
3.5.6.	Factor de ajuste por ancho de carriles "fW"	40
3.5.7.	Factor de ajuste por vehículos pesados "fHV".....	40
3.5.8.	Factor de ajuste por pendiente de acceso "fg"	41
3.5.9.	Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles "fp"	42

3.5.10.	Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección “fbb”	42
3.5.11.	Factor de ajuste por tipo de área “fa”	43
3.5.12.	Factor de ajuste por utilización de carriles “fLU”	43
3.5.13.	Factor de ajuste por vueltas a la izquierda “fLT”	43
3.5.14.	Factor de ajuste por vueltas a la derecha “fRT”	44
3.5.15.	Factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha “fRpb”	44
3.5.16.	Factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda “fRpb”	44
3.5.17.	Capacidad “c”	45
3.5.18.	Relación volumen/capacidad “Xi”	45
3.5.19.	Determinación de las demoras	45
3.5.20.	Factor de ajuste por coordinación “PF”	46
3.5.21.	Demora incremental “d2”	47
3.5.22.	Demora por cola inicial “d3”	48
3.5.23.	Demora uniforme “d1”	48
3.5.24.	Determinación de la demora por intersección “dint”	50
3.5.25.	Determinación del nivel de servicio LOS	50
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		51
4.1.	Situación actual de la Intersección I - Avenida Tarapacá con Avenida Billinghurst	52
4.2.	Situación actual de la Intersección II - Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión	59
4.3.	Alternativa de Solución de la Intersección I - Avenida Tarapacá con Avenida Billinghurst	66
4.4.	Alternativa de Solución de la Intersección II - Avenida Tarapacá con la Calle San Hilarión	88
4.5.	Alternativa de Solución Complementaria - Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y con la Calle San Hilarión	106
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		108
CONCLUSIONES		110
RECOMENDACIONES		111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		112
ANEXOS		113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de ruido según las zonas de análisis en Tacna 2010.....	5
Tabla 2. Niveles de servicios con semáforos.	19
Tabla 3. Pendientes máximas.....	21
Tabla 4. Anchos mínimos de calzada en tangente.....	22
Tabla 5. Anchos de berma.....	23
Tabla 6. Valores de bombeo de la calzada.	23
Tabla 7. Tipos de intersecciones a nivel.	25
Tabla 8. Identificación de variable independiente y dependiente.	32
Tabla 9. Instrumentos de recolección de datos.....	37
Tabla 10. Factor de ajuste de ancho de carril.	40
Tabla 11. Factor de Ajuste por vehículos Pesados.	41
Tabla 12. Tipos de llegada HCM 2010.....	47
Tabla 13. Relación entre tipo de llegada y rango de pelotón Rp.	47
Tabla 14. Casos para el cálculo de demora uniforme y por cola inicial.	49
Tabla 15. Criterio para determinar el nivel de servicio.	50
Tabla 16. Datos geométricos reales de la intersección I.	54
Tabla 17. Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del lunes 4 de abril de 2022-Intersección I.	56
Tabla 18. Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del miércoles 6 de abril de 2022-Intersección I.....	57
Tabla 19. Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del viernes 8 de abril de 2022-Intersección I.	58
Tabla 20. Datos geométricos reales de la intersección II.	61
Tabla 21. Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del lunes 4 de abril de 2022-Intersección II.	63
Tabla 22. Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del miércoles 6 de abril de 2022-Intersección II.....	64
Tabla 23. Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del viernes 8 de abril de 2022-Intersección II.	65
Tabla 24. Tasa de flujo por acceso de la Intersección I.....	69
Tabla 25. Demora y nivel de servicio por acceso e intersección I.	87
Tabla 26. Tasa de flujo por acceso de la Intersección II.....	91
Tabla 27. Demora y nivel de servicio por acceso e intersección II.	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vehículo cae a canal del río Uchusuma.	6
Figura 2. Intersección de la Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst.	7
Figura 3. Estado de la calidad de la intersección de la Avenida Tarapacá y Calle San Hilarión.	33
Figura 4. Estado de la calidad de la intersección de la Avenida Tarapacá y Avenida Billinghamurst.	33
Figura 5. Toma de datos geométricos de la Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión.	34
Figura 6. Toma de datos de aforo vehicular en la Avenida Tarapacá y Calle San Hilarión.	35
Figura 7. Toma de datos de aforo vehicular en la Avenida Tarapacá y Avenida Billinghamurst.	35
Figura 8. Formato de clasificación vehicular.	36
Figura 9. Vista aérea de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst y Calle San Hilarión.	51
Figura 10. Vista aérea de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst.	52
Figura 11. Movimientos realizados en la intersección I Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst.	53
Figura 12. Intersección I Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst en hora pico.	55
Figura 13. Vista aérea de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst.	59
Figura 14. Movimientos realizados en la intersección II Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión.	60
Figura 15. Sección de carril de Oeste – Este y Este a Oeste Intersección I - Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst.	67
Figura 16. Sección de carril de Norte – Sur y Sur – Norte Intersección I - Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst.	67
Figura 17. Movimientos propuestos para la Intersección I Av. Tarapacá con Av. Billinghamurst.	68
Figura 18. Diagrama de fases de la intersección I.	70
Figura 19. Sección de carril de Oeste – Este y Este – Oeste Intersección II - Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión.	89

Figura 20. Sección de carril de Norte – Sur y Sur – Norte Intersección II - Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión.	89
Figura 21. Movimientos propuestos para la Intersección II Av. Tarapacá con Calle San Hilarión.	90
Figura 22. Diagrama de fases de la intersección II.	92
Figura 23. Señalización vertical y horizontal en la Intersección I.....	106
Figura 24. Señalización vertical y horizontal en la Intersección II.....	107

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado Determinación del Nivel de Servicio para Mejorar el flujo vehicular en la Intersección de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, Tacna, 2022. Tiene como objetivo de obtener una mejora del nivel de servicios del tránsito vehicular de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, mediante el uso de los procedimientos propuestos dentro del Manual de Capacidad de Carreteras del año 2010. La metodología empleada fue de tipo aplicada, y cuya población tiene a los vehículos que transitan por las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, y como muestra se tiene a la cantidad de vehículos de transporte liviano y pesado aforados, que circulan durante los horarios de 7:00 a 9:00, 12:00 a 14:00 y 18:00 a 20:00 horas, los días lunes, miércoles y viernes en las intersecciones Avenida Tarapacá – Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión. Las intersecciones antes mencionadas son consideradas como zonas críticas de tránsito vehicular, teniendo un deficiente rendimiento para la cantidad de vehículos que transitan, ya que es considerado uno de los accesos más importantes de ingreso y salida con dirección al distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa. Se utilizó los datos obtenidos en campo como son el aforo vehicular, dimensiones geométricas de los accesos, movimientos de giros y demás. Con los datos recolectados de campo se concluye que ambas intersecciones de estudio no cuenta con un sistema de control y a su vez se observa la falta de señalización vertical y horizontal que pueda reordenar el tránsito y disminuir los peligros latentes en dichas intersecciones. Asimismo mediante la utilización de la metodología de HCM 2010, se realizaron propuestas de mejoras, que conllevaron a resultados favorables en dichas intersecciones, concluyendo que la intersección I, la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst presenta un nivel de servicio D, y la intersección II, la Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión, presenta un nivel de servicio C, siendo estos resultados óptimos para el nivel de flujo que se tiene en el área de estudio, apaciguando así las demoras y mejorando notablemente el flujo vehicular de las dos intersecciones.

Palabras clave: Flujo vehicular, nivel de servicio, modelo de tráfico.

ABSTRACT

The present research work called Determination of the Service Level to Improve the vehicular flow at the intersection of Tarapacá Avenue with Guillermo Billinghurst Avenue and San Hilarión Street, Tacna, 2022. Its objective is to obtain an improvement in the level of vehicular traffic services of the intersections of Avenida Tarapacá with Avenida Guillermo Billinghurst and Calle San Hilarión, by using the procedures proposed in the 2010 Highway Capacity Manual. The methodology used was of an applied type, and whose population has the vehicles that travel through the intersections of Avenida Tarapacá with Avenida Guillermo Billinghurst and Calle San Hilarión, and as a sample we have the number of light and heavy transport vehicles rated, that circulate during the hours of 7:00 a.m. to 9:00 a.m., 12:00 p.m. to 2:00 p.m. and 6:00 p.m. to 8:00 p.m., on Monday, Wednesday and Friday at the intersections of Avenida Tarapacá – Avenida Guillermo Billinghurst and Calle San Hilarión. The aforementioned intersections are considered critical areas for vehicular traffic, having poor performance for the number of vehicles that pass through, since it is considered one of the most important entrance and exit accesses towards the district of Gregorio Albarracín Lanchipa. The data obtained in the field was used, such as the vehicle capacity, geometric dimensions of the accesses, turning movements and others. With the data collected from the field, it is concluded that both intersections under study do not have a control system and, in turn, the lack of vertical and horizontal signaling that can reorder traffic and reduce the latent dangers in said intersections is observed. Likewise, through the use of the HCM 2010 methodology, improvement proposals were made, which led to favorable results at said intersections, concluding that intersection I, Tarapacá Avenue with Guillermo Billinghurst Avenue presents a level of service D, and intersection II, Tarapacá Avenue with San Hilarión Street, presents a service level C, these results being optimal for the level of flow in the study area, thus reducing delays and notably improving the vehicular flow of the two intersections.

Keywords: Vehicle flow, service level, traffic model.

INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación denominada “Determinación del nivel de servicio para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión, Tacna, 2022”, desarrolla un problema con la elevada congestión vehicular en la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst, intersección que reúne cuatro vías con diferentes direcciones. La otra intersección estudiada es de la Avenida Tarapacá con la Calle San Hilarión siendo esta una de las salidas de vehículos del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa además de presentar instituciones educativas cercanas lo cual generaría un flujo vehicular saturado en las horas pico del día. Para las intersecciones se plantea una propuesta semafórica de intersecciones cercanas que presenten los mismos giros permitidos.

Teniendo la problemática, la siguiente investigación logra desarrollar en cinco capítulos un estudio de las intersecciones y su nivel de servicio actual, siendo la presentación del Planteamiento del Problema, en la que se describe la problemática, formulación del problema, justificación, y determinación de los objetivos e hipótesis, generales y específicos.

El capítulo Dos presenta un análisis y desarrollo del marco teórico, realizando una reunión de términos con relación al flujo vehicular y niveles de servicio, lo cual se optó por revisar antecedentes de investigaciones, bases teóricas y la definición de términos.

El capítulo Tres logra desarrollar la metodología que se usará en la investigación, en donde estará establecido los métodos que se usaron como el diseño y tipo de investigación, determinación de la muestra y población, elección de las técnicas aplicadas y la operacionalización de variables

El capítulo cuatro se enfoca en la presentación de resultados obtenidos por los datos que se obtuvieron en campo, además de presentar el cálculo del flujo vehicular, nivel de servicio que presenta en las intersecciones y la propuesta de mejora.

El capítulo cinco se obtiene la comparación de lo desarrollado en el capítulo anterior, mediante una discusión, con diferentes tesis que presentan problemáticas

similares y analizan de diferentes enfoques el tema de flujo vehicular en intersecciones.

Al finaliza se presenta las conclusiones que se obtuvieron mediante los resultados y su análisis, recomendaciones que se pueden emplear, referencias bibliográficas y anexos de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Hoy en día, nuestra ciudad de Tacna se observa el aumento de la población y a su vez por el crecimiento de su parque automotor, generando que los principales accesos con dirección al cercado de Tacna se vean afectados por el flujo masivo de vehículos de transporte público y privado, ocasionando congestión vehicular y malestar en diferentes lugares de la ciudad.

Durante los últimos años, en la ciudad de Tacna se ha generado un incremento de tránsito vehicular en lugares en donde el transporte público y privado no cuentan con el debido sistema de control tránsito adecuado para garantizar una continuidad vehicular. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática en el año 2018, hace mención al crecimiento del parque automotor, habiéndose registrado un crecimiento de 3,6 % para vehículos ligeros y un 29,0 % en lo que respecta a vehículos pesados. Viendo los resultados obtenidos por el INEI, deja en evidencia la problemática que se tiene en el ámbito del tránsito vehicular de las distintas vías recolectoras de nuestra ciudad, generando colas de demora en los vehículos, obteniendo demoras y pérdidas durante el transcurso de viajes vehiculares, generando un caos tanto para los conductores como para los transeúntes de la zona. (MPT, Plan Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tacna 2015 – 2025, 2014,).

En la ciudad de Tacna, esta problemática del congestionamiento y demoras vehiculares de las intersecciones, también trae consigo consecuencias para la carpeta asfáltica, siendo esta debilitada por el gran flujo vehicular, lo que genera la debilitación y reducción de su calidad de rodadura y vida útil, incrementando la aparición de patologías en la vía, afectando de manera significativa el gran flujo vehicular en la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la Calle San Hilarión, aumentando con el pasar del tiempo, siendo necesario el estudio de la demanda vehicular en las intersecciones.

Asimismo otro problema que genera la congestión vehicular y la falta de un sistema de control es la contaminación ambiental, ya que incrementándose los tiempos de demora y espera vehicular aumenta también la generación de gases de

efecto invernadero con dirección a la atmosfera, lo cual va de la mano con nuestra problemática de congestión vehicular.

A través del plan de desarrollo urbano proyectado para los años 2015 – 2025 en nuestra ciudad, en donde hace mención que en la ciudad de Tacna existe 33 rutas públicas de transporte para la población, así también existe la presencia de 949 vehículos entre combis y minibuses, y a todo esto se le agregan la cantidad de vehículos de denominación de taxi que realizan el transporte público, generando un flujo masivo de tránsito en las intersección, sobre todo durante las horas de mayor afluencia. (MPT, Plan Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tacna 2015 – 2025, 2014).

La Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA, ejecuto el estudio denominado “Evaluación rápida del nivel de Ruido Ambiental en las Ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna”, donde se hace mención a los lugares de muestreo más importantes, en donde se realizaron las mediciones iniciando el mes de abril a diciembre del 2010. Luego de haberse realizado la evaluación rápida a la cantidad de ruido generado por el tránsito vehicular, en el ámbito de la construcción y en zonas especiales, dando como resultados de la obtención de 24 zonas de recolección de datos en la provincia de Tacna niveles de ruido que se encuentran entre los 63,3 dB hasta los 79,4 dB siendo el nivel recomendado menores de 60 dB, como se indica en la tabla 1. (OEFA, 2011)

Tabla 1*Niveles de ruido según las zonas de análisis en Tacna 2010*

Puntos de medición Tacna (6 al 9 de diciembre de 2010)					
Punto	Lugar	Leq (Dba)	ECA (D.S. N° 085- 2003-PCM)		
			60	70	80
1	Av. Patricio Meléndez y Av. 2 de Mayo	76,1	-16,1	-6,1	3,9
2	Av. 2 de Mayo y Ca. Inclán	78,3	-18,3	-8,3	1,7
3	Av. Coronel Mendoza y Av. Gustavo Pinto	74,8	-14,8	-4,8	5,2
4	Av. Gustavo Pinto y Av. Leguía	72,9	-12,9	-2,9	7,1
5	Av. Gustavo Pinto y Ca. Lima	77,1	-17,1	-7,1	2,9
6	Av. Bolognesi y Av. Pinto	70,4	-10,4	-0,4	9,6
7	Av. Bolognesi y Av. Patricio Meléndez	75,7	-15,7	-5,7	4,3
8	Av. 2 de Mayo e Hipólito Unanue	76,7	-16,7	-6,7	3,3
9	Plaza Locomotora y Av. Grau	72,3	-12,3	-2,3	7,7
10	Av. Grau y Av. Cusco	79,4	-19,4	-9,4	0,6
11	Av. Municipal y Ca. Andrés Bell – Hospital Albarracino	70,8	-10,8	-0,8	9,2
12	Av. San Martín y Av. Patricio Meléndez	67,2	-7,2	2,8	12,8
13	Av. San Martín y Av. Patricio Meléndez	72,4	-12,4	-2,4	7,6
14	Av. Jorge Basadre y Av. Pinto	68,7	-8,7	1,3	11,3
15	Av. Jorge Basadre (entrada Tarata)	63,3	-3,3	6,7	16,7
16	Av. Hipólito Unanue y Av. Industrial	72,0	-12	-2	8
17	Av. Coronel Mendoza y Av. Gustavo Pinto	76,1	-16,1	-6,1	3,9
18	Av. Coronel Mendoza y Av. Basadre y Forero	75,5	-15,5	-5,5	4,5
19	Av. Celestino Vargas y Av. Basadre y Forero	76,2	-16,2	-6,2	3,8
20	Av. Augusto B. Leguía y Av. General Varela	72,7	-12,7	-2,7	7,3
21	Av. Gustavo Pinto y Ca. Lima	75,5	-15,5	-5,5	4,5
22	Av. Miraflores y Ca. Arica	74,9	-14,9	-4,9	5,1
23	Av. La cultura y San Cristóbal	72,0	-12	-2	8
24	Balneario Los Palos – Ovalo Tarapacá	72,7	-12,7	-2,7	7,3

Nota. La figura muestra los resultados de ruido obtenidos en el 2010 en Tacna.

Fuente: Evaluación rápida del nivel de Ruido Ambiental OEFA (2010).

La Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la Calle San Hilarión, en la actualidad son uno de los accesos más transitados de nuestra ciudad de Tacna, ya que esta se ha convertido en una de las principales alternativas de solución para el ingreso con dirección al distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa y

salida con dirección al cercado de Tacna, ya que se encuentra en una zona de fácil acceso y de corto tramo de viaje para los pobladores.

Según el medio periodístico Radio Uno (2022), un auto blanco de placa Z4S-138 con logo de taxi sin casquete despistó su camino cuando ingresaba por el pasaje San Hilarión que lleva a la asociación Los Sauces, jurisdicción del distrito Gregorio Albarracín. La mala maniobra condujo al carro dentro del canal del río Uchusuma en la avenida Collpa. El accidente motivó presencia policial y seguridad ciudadana quienes a su arribo no hallaron al conductor en el lugar. Y tras registro de la unidad tampoco encontraron la llave de contacto o documentos que permitan la identificación, noticia que se indica en la figura 1.

Figura 1

Vehículo cae a canal del río Uchusuma



Nota. Se observa la caída de un vehículo color blanco en el canal del Río Uchusuma en la altura de la Calle San Hilarión. Fuente: Medio Periodístico Radio Uno – Tacna 2022.

Esta nueva alternativa de ingreso y salida, trajo consecuencias con respecto al congestión vehicular, ocasionando caos, peligro y desorden en las intersecciones, ya que esta no cuenta con sistemas de control y señalización preventivo de tránsito, a su vez la falta de mantenimiento y señalización del canal del Río Uchusuma, ha

ocasionado diversos accidentes de tránsito, siendo un peligro constante para todo vehículo que transite a lo largo de la Avenida Tarapacá.

En la figura 2 se observa el constante tráfico y accidente de tránsito generan molestias y a su vez preocupación por los constante accidentes ante la falta de un sistema de control vehicular que de un ordenamiento a los vehículos que transitan por dichas intersecciones.

Figura 2

Intersección de la Avenida Tarapacá con Avenida Billinghurst



Nota. Se observa en la figura la intersección entre la Avenida Tarapacá y Avenida Billinghurst a primeras horas de la mañana.

En vista de la problemática de estos accesos vehiculares, es que se formula y realiza como tema principal de investigación la mejora del flujo vehicular y la determinación del nivel de servicio obtenido de los cruces de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, para así llegar a un ordenamiento del tránsito vehicular mediante las soluciones propuestas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de servicio para la mejora del flujo vehicular en las horas de mayor tránsito en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la Calle San Hilarión en la ciudad de Tacna, 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el aforo vehicular en las horas de mayor tránsito en la intersección de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión en la Ciudad de Tacna?
- ¿Cuál es el nivel de servicio del flujo vehicular mediante el análisis del aforo, giros y ciclo de semaforización en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la calle San Hilarión en la Ciudad de Tacna?
- ¿Cómo disminuir el nivel de servicio mediante la propuesta de un diseño de mejora de control vehicular para evitar el congestionamiento en la intersección la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión?

1.3. Justificación del problema

El Perú, a comparación de otros países tiene uno de los índices más altos de flujo vehicular, siendo esto un problema que genera costos innecesarios para los conductores, causando demoras y malestar a los conductores en los tramos de gran demanda vehicular, ocasionado por un diseño antiguo que no soporta la cantidad vehicular actual o un diseño defectuoso de la zona.

El constate crecimiento poblacional en el mundo genera un crecimiento de necesidades por parte de las poblaciones las cuales buscan satisfacer esas necesidades, dentro de las cuales la necesidad del transporte es una de las más importantes, por lo cual la utilización de vehículos motorizados va en aumento. El parque automotor de nuestro país está en aumento, al igual la necesidad por vías y accesos con sistemas de control que guíen y protejan el buen y correcto flujo de tránsito vehicular, esto a fin de evitar posibles accidentes y malestares a la población.

Las municipalidades locales y el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, podrán evaluar la magnitud que tendrá esta optimización en esta intersección de estudio, donde se desea poder aplicar los resultados obtenidos y a su vez en las diferentes intersecciones similares características en nuestra localidad.

En Tacna, los estudios sobre el comportamiento vehicular son muy pocos; viendo que las grandes ciudades que han logrado incursionar en la implementación

de nuevos sistemas de control, han logrado avanzar y progresar a lo largo del tiempo, tanto en su ordenamiento como económicamente, ayudando así a su comunidad a poder disfrutar de viajes placenteros y tiempos de viaje más cortos hacia sus destinos.

Con la presente investigación se busca el mejoramiento y el desarrollo de un mejor sistema de control de tráfico existente con los siguientes aspectos.

Social: La presente investigación tiene un beneficio para la ciudad de Tacna, pues permite un flujo adecuado del tránsito vehicular, en tiempos más reducidos y desplazamientos más continuos durante el viaje para el confort de la población.

Económica y ambiental: El buen manejo y la reducción de tiempos, permite al usuario poder reducir los gastos y disminuir consecutivamente la contaminación ambiental, dando como resultados una mayor productividad y un ahorro del combustible.

Académica: La presente investigación permitirá brindar información acerca de la forma y el desarrollo de los estudios de tránsito, así como también el estudio sobre la disminución del uso de combustible durante un tiempo de viaje determinado.

El estudio del tránsito vehicular, permite tener conocimientos de las diferentes posibilidades que podríamos utilizar para obtener un buen flujo del tránsito en los cruces de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la Calle San Hilarión, así como también poder optimizar la geometría de los carriles y el ciclo de semaforización de la intersección antes mencionada para un flujo coordinado en la intersección ya antes mencionada.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el nivel de servicio para la mejora del flujo vehicular en las horas de mayor tránsito en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión en la Ciudad de Tacna, 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar el aforo vehicular en las horas de mayor tránsito en la intersección de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión.
- Determinar el nivel de servicio del flujo vehicular analizando el aforo, giros y ciclo de semaforización en la intersección de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la Calle San Hilarión.
- Proponer un diseño de mejora mediante un sistema control vehicular para evitar el congestionamiento en la intersección la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El flujo vehicular influye significativamente en el nivel de servicio, el cual es crítico en las horas de mayor tránsito vehicular en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión.

1.5.2. Hipótesis específica

- Las características del aforo vehicular en la intersección de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión son de gran magnitud.
- El nivel de servicio del flujo vehicular analizado mediante el aforo vehicular, tipos de giros vehiculares y el ciclo de semaforización en las intersecciones de estudio son críticos.
- La propuesta del diseño de mejora del sistema de control vehicular, disminuye en gran porcentaje el congestionamiento vehicular en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Romero, J. y Toledo, C. (2017), desarrollaron la tesis titulada “Análisis de la intersección entre la Av. de las Américas y ruta Machángara, con posible mejoramiento vial”, en donde el objetivo de su proyecto era evaluar y determinar el desempeño real del cruce de la Av. De las Américas con Ruta Machángara, ubicado en la ciudad de Cuenca, a fin de dar propuestas de alternativas de solución basadas en el diseño, para la mejora y disminución del nivel de servicio de los accesos que llegan a la intersección. Es decir, se trata de evitar el exceso de las demoras que perciben los vehículos y solucionar los inconvenientes del flujo actual, todo esto para disminuir considerablemente el congestionamiento vehicular. El punto de inicio para el proyecto encontrar las demandas por cada acceso, sus formas geométricas del redondel y de accesos, a fin de poder encontrar la capacidad vial del cruce, el nivel de servicio y tener un mejor enfoque del funcionamiento real del cruce, para la futura obtención de propuesta de mejora. El aforo vehicular por acceso es uno de los datos principales, los cuales fueron obtenidos mediante un conteo manual y automático del volumen vehicular, a su vez se utilizó placas para el registro del cruce. Se realizó un levantamiento topográfico del redondel y a su vez se obtuvo información proporcionada por el GAD de la Municipalidad, Agencia de Regulación y Control Hidrocarburo y del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. El método dado por el HCM 2010, para el cálculo de pasos a desnivel, redondeles y cruces señalizados, fueron aplicados para el procesamiento y cálculo todos los datos obtenidos en campo. Concluido el proceso, se tomó como alternativa de solución la propuesta que mostraba un mejor resultado del nivel de servicio, esto para un tiempo de diseño de 20 años, adjuntando el nuevo diseño geométrico del cruce que justificara la viabilidad de los cambios operacionales.

Según Aiello, A. (2017), desarrollo el trabajo titulado “Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en Av. Pío XII, Av. Campanar, Calle Vall de la Ballestera y calle Joaquín Ballester mediante la aplicación del High Capacity Manual 2010”, siendo esta publicada en la Universidad Politécnica de Valencia, España; realizada con el fin de determinar la capacidad y el nivel de

servicio de los cruces semaforizados de la Av. Pio XII con las Av. De Campanar, la Calle de la Vall de la Ballestera y Calle Joaquín Ballester ubicados en la ciudad de Valencia, en vista de que dichas intersecciones se observa problemáticas como el congestionado flujo vehicular, generando molestias a los distintos pobladores y conductores y transitan por dichos cruces. Para la mejora de estas problemáticas se utilizó el método propuesto en el HCM 2010. Los datos más importantes obtenidos del campo son la recolección del aforo vehicular mediante el conteo manual en horas pico durante la acceso a la entrada de la ciudad de Valencia, realizando la clasificación entre vehículos pesados y ligeros, asimismo la clasificación se realizó para los diferentes movimientos realizados por los vehículos durante su tránsito por los diferentes accesos de los cruces. Los resultados obtenidos son respecto al nivel de servicio mediante la utilización del método propuesto por el HCM 2010 en los distintos cruces fueron B, C y D, siendo el nivel promedio de C. Se realizaron propuestas de mejora para disminuir y apaciguar el nivel de servicio, realizando un comparativo entre estas. Se llegó a la conclusión que la primera propuesta de solución es la modificación de la dirección de la Av. Campanar, el desvío del vial secundario de la Av. Pio XII en su dirección norte, y la realización de señales horizontales en el carril del cruce 2; siendo esta una solución de descongestionamiento y disminución del bloqueo sin la necesidad de tener altos costos de aplicación, y fin de no perjudicar el tránsito vehículos por los cruces. La segunda propuesta de solución disminuye completamente los problemas de demoras y bloqueos, pero necesita de la realización de un paso a desnivel y la construcción de una glorieta, aumentando los costos del proyecto y alterando el tránsito durante su ejecución, afectando a los conductores durante un tiempo determinado.

Según Ibarra, Y. (2019), desarrollo la tesis titulada “Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en la vía Ricardo J. Alfaro y Calle Juan Rivera Reyes, El Dorado, Ciudad de Panamá, Panamá; mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010”, que tuvo como fin principal determinar y analizar la capacidad de un cruce vial semaforizado, y a su vez la obtención del nivel de servicio. Primeramente se realizó los cálculos para determinar y analizar la situación actual en la que se encuentra el cruce y su capacidad, así como también determinar cuáles son los factores que afectan y generan la problemática al cruce, todo esto con los procedimientos propuestos en el HCM 2010, el cual es base para los procedimientos realizados. Posterior al procedimiento de los cálculos de la situación actual del cruce vial, se investigó las posibles alternativas de mejora de la

intersección de estudio, y continuamente realizar un análisis de las alternativas de solución dadas haciendo un comparativo entre ellas, realizando una selección de la alternativa con más porcentaje de mejora según la capacidad de la intersección, presupuesto y seguridad. Se concluye que el método propuesto por el HCM 2010 es ideal y de fácil comprensión para la ejecución de estudios en diferentes tipos de cruces viales, siendo utilizada para zonas urbanas y rurales, ya que en base a la capacidad de la intersección se puede conocer el nivel de servicio de cada uno de los accesos e intersección, pudiendo obtener alternativas de mejoría. Asimismo para realizar las mejoras de un cruce determinado es indispensable el planeamiento, proyección y futura ejecución con sistemas modernos que realicen la función de un sistema de control regulador de vehículos privados y públicos, realizando un ordenamiento del tránsito perfeccionando la capacidad de operación de la intersección.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Cuentas y Ayala (2019), en la tesis titulada “Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio, según manual de capacidad de carreteras (HCM 2010) en la vía PE-3S tramo Arco Tica Tica-Izcuchaca”, se explica el procedimiento de los cálculos realizados en la investigación del tramo Arco Tica Tica hasta Izcuchaca, ubicados en la carretera nacional PE-3S, con el fin de obtener la capacidad de operación vial y su determinado nivel de servicio, con la utilización de las variables como velocidad y porcentaje de tiempo de seguimiento, siendo utilizada el método propuesto por el HCM 2010. Este tramo de carretera cuenta con una gran cantidad de tránsito vehicular, ya que es uno de los vías principales que conecta a zonas turísticas de Ollantaytambo, Chincheros, Valle Sagrado, Urubamba, entre otros; debido a que estas generan una gran demanda de turistas para la región. El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, teniendo un nivel de investigación de tipo correlacional y una metodología de la investigación de tipo deductivo, siendo el diseño del método acogido de tipo no experimental longitudinal, todo ello por la evaluación de las condiciones presentes sin alguna modificación de las variables durante la ejecución del trabajo. El presente trabajo muestra las diferentes etapas de ejecución, iniciando con la obtención de información de campo como pendientes, movimientos realizados por los vehículos, la demanda, el tipo de vía y velocidades; así también durante el procesamiento de los datos como cálculos, aplicaciones de fórmulas, métodos de evaluación, graficas, diseño; he la interpretación de los resultados obtenidos, donde se encontró la capacidad vial y el tipo de nivel de servicio

de por clase de carretera y sus movimientos realizados. Para la clase I en sentido Arco Tica Tica – Izcuchaca se obtuvo un nivel de servicio E con una capacidad operativa vial mínima de 1296 veh/h y máxima de 1700 veh/h, y en sentido contrario un nivel de servicio E con una capacidad operativa vial mínima de 1133 veh/h y máxima de 1581 veh/h; para la clase II en sentido Arco Tica Tica – Izcuchaca se obtuvo un nivel de servicio D con una capacidad operativa vial de 1700 veh/h, y en sentido contrario un nivel de servicio C con una capacidad operativa vial de 1133 veh/h. Concluyendo se muestra como alternativa de mejora la creación de carriles adicionales en tramos de longitudes pequeñas en donde se hayo niveles de servicios bajos, a fin mejorar la distribución del tránsito vehicular y obtener un aumento de velocidad para los vehículos que transita por dicha vía.

Según Henríquez (2019), con su tesis titulada “Propuesta de mejora vial en la intersección de las Avenidas Miguel Grau y Gulman en la ciudad de Piura, Piura”, donde el presente trabajo se encuentra enfocada al estudio del cruce de las Av. Miguel Grau con Av. Guillermo Gulman ubicado en la ciudad de Piura, siendo esta una de las avenida principales en la ciudad siendo calificado como una avenida colectora y principal correspondientemente, teniendo una gran cantidad de vehicular que transitan por estas avenidas y a las funciones que ejecutan en este zona, proponiendo una alternativa de mejora que reduzca el conflicto vehicular existente. Para la obtención sobre la situación actual de la intersección, se ha establecido variables como el volumen de tráfico vehicular, tasas de flujo, velocidad promedio vehicular, aplicando el método, formulas y procesos establecidos en el HCM 2010 para la determinación de la capacidad vial de la intersección y el nivel de servicio, además de los problemas de tiempos establecidos en los semáforos y geometrías de las secciones viales. Asimismo según los parámetros establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones en cuanto a diseño geométrico se refieren, se tomaron estos datos de diseño para establecer alternativas de solución para mejorar el tránsito vehicular, realizando la optimización del cruce de dichas avenida. Finalmente se concluyó que durante los diferentes días de la semana existe una variación con respecto al aforo vehicular, teniendo una semejanza de comportamiento dentro del tiempo de 7:00 a.m. a 21:00 p.m. en los accesos que llegan a la intersección; el acceso Este de la Avenida Miguel Grau presenta una gran demanda vehicular siendo el vehículo de mayor incidencia las moto taxis, sumado a este problema se anade la mala geometría de los accesos, asi como también las

velocidad y la poca cultura vial de los conductores, todo esto generando la congestión vehicular.

Según Araujo (2020), con la tesis titulada “Nivel de servicio de la semaforización en las intersecciones de la Av. Atahualpa – Av. San Martín de Porres y Av. Vía de Evitamiento Norte – Av. Angamos en la ciudad de Cajamarca”, donde el fin del trabajo de investigación es principalmente encontrar los niveles de servicio del cruce semaforizado de la Av. Atahualpa con Av. San Martín de Porres y Av. Vía de Evitamiento Norte – Av. Angamos, ubicados en la ciudad de Cajamarca. Se realizó el conteo vehicular y peatonal de cada una de los accesos de las intersecciones, para encontrar las condiciones de tráfico en horarios de 6:45 a.m. hasta las 19:45 p.m. a su vez se ejecutó un levantamiento topográfico para determinar los datos geométricos de los cruces. Se realizó la recolección de datos semafóricos actuales y a su vez se observó el comportamiento de los movimientos vehiculares por acceso, así como las señalizaciones horizontales y verticales de la zona. Con todos los datos obtenidos de campo se inició al cálculo de las capacidades de los accesos de las intersecciones y la determinación del nivel de servicio basándose los procedimientos establecidos por el HCM 2010. Los resultados obtenidos de los procesos de cálculo, mostraron que la proporción de volumen – capacidad promedio es de 1,249 para el cruce de estudio 01, y un dato de 0,938 para el cruce de estudio 02. La demora promedio del cruce 01 obtenida es de 189,858 seg/veh, llegando a obtener un nivel de servicio F; asimismo la demora promedio del cruce 02 es de 68,152 seg/veh, siendo un nivel de servicio E.

2.1.3. Antecedentes locales

Según Guzmán (2021), con la ejecución de la tesis denominada “Mejoramiento del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – Con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, utilizando un modelo de micro simulación - Tacna, 2020”, tiene como fin principal el mejoramiento de los flujos vehiculares y disminución del nivel de servicio de los cruces de la Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, con la utilización del modelamiento de micro simulación. La metodología del presente trabajo es de tipo aplicada, con un diseño experimental, con un enfoque tuvo como población a los vehículos que transitaban por los cruces ya antes mencionados, realizando una muestra de los vehículos pesados y livianos contabilizados en tiempo de pandemia del SARS-CoV-

2, que circulaban durante los horarios de 7:00 a 9:00, 12:00 a 14:00 y 18:00 a 20:00 horas, estableciendo los días lunes, miércoles y viernes para el conteo vehicular en los cruces de la Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército. Las intersecciones de estudio se consideraron como zonas críticas de tránsito vehicular, teniendo una gran demanda vehicular, siendo utilizada por diferentes tipos de vehículos, siendo empleada la técnica del conteo vehicular. Se concluye que el cruce I, la Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría, tiene un nivel de servicio E, y el cruce de la Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército se encuentra con un nivel de servicio C, siendo estos resultados inapropiados para la intersección, motivando a la realización de alternativas de solución que conlleven el rediseño de las formas geométricas de los diferentes accesos viales de las intersecciones, manteniendo los tiempos semafóricos y disminuyendo las demoras vehiculares, mejorando así considerablemente el flujo vehicular de ambas intersecciones semaforizadas, obteniendo niveles de servicio por cruce de B y tiempo de demoras inferiores a 15 segundos.

Según Flores y Chambilla (2020), con el trabajo de tesis denominado “Optimización del tránsito en Avenida Jorge Basadre Grohmann, tramo Avenida Pinto – Avenida Tarata, distrito Alto de la Alianza, Tacna – 2020”, tiene como finalidad la mejora del flujo vehicular en la Av. Jorge Basadre Grohmann en cada cruce semaforizado, asimismo como en el tramo final propuesto. El método utilizado es el análisis operacional tomando como base el HCM 2010, siendo el primer paso la recolección de información de campo como son la contabilización vehicular de los vehículos que transitan por dicha avenida, también la obtención de datos y características geométricas de carril, pendientes de ingreso a la intersección, conteo de peatones, toma de velocidades promedio con dirección al cruce, tiempos de los semáforos, de cada uno de los accesos de cada intersección semaforizada, y así posteriormente determinar los niveles de servicio de cada uno de los accesos y cruces, en su situación actual. Los resultados obtenidos sobre los niveles de servicios de las intersecciones fueron, en la Av. Gustavo Pinto con la Av. Jorge Basadre Grohmann un nivel de servicio de D, en la Av. Internacional con la Av. Jorge Basadre Grohmann un nivel de servicio B, en la Av. Tarata con la Av. Jorge Basadre Grohmann un nivel de servicio D, siendo base de las propuestas de mejora para la optimización del tránsito vehicular, disminuyendo en gran medida el congestionamiento vehicular y los niveles de servicio. Los resultados obtenidos de la mejora del flujo vehicular fueron, En la Av. Gustavo Pinto con la Av. Jorge Basadre

Grohmann un nuevo nivel de servicio de A, en la En la Av. Internacional con la Av. Jorge Basadre Grohmann un nuevo nivel de servicio de A, en la Av. Internacional con la Av. Jorge Basadre Grohmann un nuevo nivel de servicio de A, y en la Av. Tarata con la Av. Jorge Basadre Grohmann un nivel de servicio de A, disminuyendo las demoras y mejorando considerablemente el flujo vehicular.

Según Layme y Zegarra (2021), con el trabajo de tesis denominado “Propuesta de solución al congestionamiento del tránsito en la Avenida Jorge Basadre Grohmann Oeste, tramo Calle Saucini hasta Calle Artemio García, distrito de Tacna - 2021”, nos muestra la presente investigación que está compuesta por dos áreas o intersecciones semaforizadas de estudio, las cuales tienen la ubicación en la Av. Jorge Basadre Grohmann oeste, comprendida entre los tramos de la Calle Saucini hasta la Calle Artemio García, comprendiendo como intersecciones semaforizadas la Av. Jorge Basadre Grohmann Oeste con la Calle Gregorio Albarracín y la Av. Jorge Basadre Grohmann Oeste con la Av. Augusto B. Leguía. En vista que el tramo de investigación presenta una gran demanda vehicular de tipos vehículos pesados y livianos, ocasionando así congestionamiento o bloqueo del tránsito a lo largo del día, viéndose así la necesidad de realizar y ejecutar un estudio de tráfico con los datos obtenidos de la situación actual que presenta. Para así realizar la presentación de alternativas de solución en dichos cruces semaforizados. El presente trabajo se realizó a base de la recolección de datos en campo, para el procesamiento y análisis de la información. Se realizó la ejecución del método propuesto por el HCM 2010, donde posteriormente se vieron reflejados en los resultados obtenidos con respecto a los niveles de servicio, siendo estos desfavorables debido a la situación actual. Finalmente se realizaron propuestas de alternativas de mejora, optimizando el ciclo semafórico y sus fases, redistribuyendo las dimensiones geométricas de los distintos carriles de las intersecciones, permitiendo nuevas propuestas de giros, logrando así la obtención de nuevos niveles de servicios óptimos para las intersecciones de estudio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Nivel de servicio

Indica un promedio de la demora en los vehículos que usan la intersección con los tipos de giros que esta presenta, en términos generales es la disposición del tráfico vehicular que presenta la intersección.

También corresponde a una cantidad de vehículos relacionados con la unidad y normalmente se miden por horas.

El procesamiento del análisis según el HCM (2010), define seis niveles de servicio, las cuales son ordenadas de la letra A hasta F, indicando el nivel A como la mejor condición de circulación, y el nivel de servicio F como la más deficiente que podría presentar una vía.

Con respecto al manual de Carreteras (MTC, 2014) señala que los niveles de servicio estarían establecidos por la densidad y la velocidad en la que operan según las condiciones que permite la carretera, estos serían los siguientes:

- Nivel A: Ofrece una comodidad física y psicológica al conductor, siendo sus movimientos exceptos de alta demora entre vehículos, sus maniobras presentan una sincronía favorable se debe por el perfil geométrico que presenta la vía, la demora que presenta no es mayor a diez segundos y se consideraría como el mejor nivel que puede presentar un carril o intersección.
- Nivel B: Indica las condiciones de una buena circulación libre, las velocidades promedio de viaje son similares a la del nivel A, pero los conductores tienen menor libertad de maniobra.
- Nivel C: Comienza a notarse un leve congestionamiento, algunos vehículos no logran pasar debido a la demora que presenta y esta va de 20 a 35 segundos, se infiere como una progresión y duración de ciclos regular.
- Nivel D: Las maniobras vehiculares se ven afectadas y se presencia una demora de 35 a 55 segundos en la intersección o carril, es ocasionado por el ciclo largo

o la sincronía desfavorable que presenta con la demanda de vehículos, se observa que varios vehículos llegan a detenerse.

- Nivel E: La operación vehicular es mínima, se observa un congestionamiento que no puede ser solucionado de inmediato y la demora que presenta va de 55 a 80 segundos. Además de observarse una velocidad mínima en los vehículos.
- Nivel F: La congestión que presenta es grande, esto debido a que la intensidad del flujo vehicular sobrepasa el aforo de la vía. La demora es mayor a los 80 segundos y se observa cortos movimientos de vehículos y en ocasiones seguidos de paralizaciones.

Para las intersecciones semaforizadas, estos niveles se relacionan con la demora que presentan cada vehículo en la intersección o carril. Esta demora es un indicador bastante complejo debido a las variables que influyen en su sincronía, uno de estos es el ciclo semafórico que presenta. En la tabla 2 se observa los niveles de servicio con sus segundos de demora correspondientes.

Tabla 2

Niveles de servicios con semáforos

Nivel de servicio	Demora (segundos)
A	$0 \leq 10$
B	$> 10 - 20$
C	$> 20 - 35$
D	$> 35 - 55$
E	$> 55 - 80$
F	> 80

Nota. Fuente: Manual de Capacitaciones De Carreteras (HCM 2010).

2.2.2. Flujo vehicular

Para la elaboración del diseño geométrico se necesita el conocimiento de las cualidades del flujo vehicular ya existente de la intersección, y a su vez la proyección de esta a futuro según el procesamiento de datos para las opciones de solución.

Para el análisis del flujo vehicular se debe de considerar la forma del transcurso de los vehículos sobre la clase de carril o intersección correspondiente, para así determinar el flujo más eficiente para su tránsito.

La velocidad, densidad y el flujo se lograría obtener las cualidades del tránsito en intersecciones mediante relaciones y deducciones y así poder tener un supuesto de cómo opera su circulación vehicular en la zona estudiada.

En cambio, Marsiglia y Coraspe (2011) señalan que la circulación vehicular es la cantidad exacta de vehículos que circulan por un sitio en relación con una unidad de tiempo. Se plantean simulaciones mediante procesos matemáticos que tratan de dar forma con una proximidad a la realidad del flujo vehicular en los lugares de intersecciones.

a) Flujo continuo

Se define como la circulación de los vehículos sin interrupciones debido a las características de la vía que se la permiten, se ve forzado a parar por razones fuera del tráfico.

b) Flujo discontinuo

Son las vías que poseen un flujo deficiente de vehículos, posee elementos como señales de alto, semáforos y otros dispositivos que permiten el control de la circulación de los vehículos.

2.2.3. Características geométricas

La geometría de una intersección y sus accesos son parte importante para tener un mejor flujo de tránsito vehicular, y estas deberán de satisfacer las necesidades vehiculares y peatonales de la comunidad y sus visitantes, así como brindar la comodidad, funcionalidad y seguridad a los usuarios.

Los siguientes puntos y características son parte de la sección transversal, además de gran importancia para el desarrollo del proyecto:

a) Pendiente

Es la magnitud que indica la inclinación de la superficie de una carretera con relación a la distancia horizontal. La pendiente máxima es la mayor que se permitirá en el proyecto. La pendiente mínima es la menor pendiente longitudinal de la rasante permitido en el proyecto. En la tabla 3 podemos observar los valores de las pendientes que nos indica el Manual de carreteras y diseño geométrico DG – 2018.

Tabla 3

Pendientes máximas

Demanda	Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	4 000-2 001				2 000-400				<400			
Característica	Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño											10	10
30 km/h												
40 km/h								9	8	9	10	
50 km/h			7	7			8	9	8	8	8	
60 km/h	6	6	7	7	6	7	8	9	8	8		
70 km/h	6	6	7	7	6	6	7		7	7		
80 km/h	6	6	6		6	6			7	7		
90 km/h	5	5			6				6	6		
100 km/h	5				6							
110 km/h												
120 km/h												
130 km/h												

Nota. Fuente: Datos tomados del Manual de Carreteras: DG – 2018.

b) Calzada

Es la sección permitida para el manejo de maniobras y circulación de vehículos, el cual depende de la clase de carril compuesta comúnmente por uno o más. El número de estos será determinado según el tipo de flujo vehicular y previsiones, todo esto en relación al IMDA que se obtiene en el diseño, además de obtener el nivel de servicio requerido, todo esto de acuerdo a la tabla 4.

Tabla 4*Anchos mínimos de calzada en tangente*

Clasificación	Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	4 000-2 001				2 000-400				<400			
Tipo	Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño											6	6
30 km/h												
40 km/h								6,6	6,6	6,6	6	
50 km/h			7,2	7,2			6,6	6,6	6,6	6,6	6	
60 km/h	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	6,6	6,6	6,6	6,6		
70 km/h	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	6,6		6,6	6,6		
80 km/h	7,2	7,2	7,2		7,2	7,2			6,6	6,6		
90 km/h	7,2	7,2			7,2				6,6	6,6		
100 km/h	7,2				7,2							
110 km/h												
120 km/h												
130 km/h												

Nota. Fuente: Datos tomados del Manual de Carreteras: DG – 2018.

c) Berma

Es la zona pavimentada o no, adyacente a la calzada del camino que sirve para el tránsito de peatones y la circulación de vehículos de emergencia o parqueo provisional, no está destinada a circulación de vehículos. En la tabla 5 observamos los anchos de berma según su clase y la velocidad de diseño que pide para optar por ellas.

Tabla 5*Anchos de berma*

Clasificación	Carretera				Carretera				Carretera			
	4 000-2 001				2 000-400				<400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Vel. de diseño												
30 km/h											0,5	0,5
40 km/h								1,2	1,2	0,9	0,5	
50 km/h			2,6	2,6			1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	
60 km/h	3	3	2,6	2,6	2	2	1,2	1,2	1,2	1,2		
70 km/h	3	3	3	3	2	2	1,2		1,2	1,2		
80 km/h	3	3	3		2	2			1,2	1,2		
90 km/h	3	3			2				1,2	1,2		
100 km/h	3				2							
110 km/h												
120 km/h												
130 km/h												

Nota. Fuente: Datos tomados del Manual de Carreteras: DG – 2018.

d) Bombeo

La función principal es desocupar la cantidad de agua que se ubica en la parte superior, generados comúnmente por las precipitaciones. El porcentaje de bombeo en la calzada es definido de acuerdo a las características del tipo de calzada y la cantidad de precipitaciones ocurridas en la localidad. En la tabla 6 se observa los valores y tipos de superficie que se tiene que tener en cuenta para escoger el porcentaje de bombeo.

Tabla 6*Valores de bombeo de la calzada*

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación < 500	Precipitación > 500
	mm/año	mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

Nota. Fuente: Datos tomados del Manual de Carreteras: DG – 2018.

e) Acera

La ubicación de las aceras es a ambos extremos de la sección vial, las cuales se encuentran a un nivel superior que el de la calzada para brindar seguridad, destinadas por su característica para el uso exclusivo de peatones.

2.2.4. Identificación de intersecciones

La intersección es un área que es compartida por dos o más caminos, permite a los conductores el intercambio de estos, además su complejidad varía desde una simple intersección, teniendo dos carriles que se cruzan, hasta una más compleja en la que tres o más interceptan en la misma zona.

Las intersecciones que no presentan desniveles se clasifican de la siguiente manera:

- a) **Empalmes (3 accesos):** Normalmente se asimilan a una intersección en forma de “T” o algunas veces a un cruce en forma de “Y”. El conteo relevante es determinado por la importancia de las diversas ramas que presentan, en donde los giros posibles son seis; a ello no se considera las posibilidades de giros en “U”.
- b) **Cruces (4 accesos):** Esta intersección se asemeja a una cruz o una X por lo cual recibirían ese nombre, en la cual la cantidad de giros máxima sería de doce si todas tendrían un doble sentido, a ellos no se considera el giro en U.
- c) **Encuentros (más de 4 accesos):** Estas intersecciones el flujo es complicado lo cual se recomienda restringir uno de los accesos, uniéndola con una intersección cercana a la que se evalúa. Si no se pudiera la alternativa de solución suele ser complicada viendo las formas de los giros u obligando al espacio de sentidos únicos de algunos de los accesos.

Todo esto de acuerdo a las características geométricas dadas según la tabla 7.

Tabla 7*Tipos de intersecciones a nivel*

Intersecciones	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	Tres	Entre 60 y 120
En Y	Tres	< 60 y > 120
En X	Cuatro	< 60
En +	Cuatro	> 60
En estrella	Más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o Rotondas	Más de cuatro	-

Nota. Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (2013).

2.2.5. Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual)

El HCM 2010 desarrolla los conceptos de la congestión vehicular, condiciones viales, niveles de servicio, condiciones de circulación y otros términos que se muestran a continuación:

- a) Condiciones viales o de la plataforma: nos referimos a condición vial como el conjunto de características urbanas de la carretera o calle, geométricas, clase de infraestructura de la vía, berma central, longitud del carril y el número de estos por sentido.
- b) Condiciones de la circulación: se refiere a los tipos de circulación del tránsito, esas condiciones se definen por la distribución, cantidad de vehículos distribución del tráfico distribución de los vehículos en los carriles existentes.
- c) Condiciones de control: En el Perú las condiciones de control son determinadas por el “Manual de dispositivos de control del tránsito automotor en calles y carreteras” se establece como se debe emplear los dispositivos de control en las zonas de tránsito, además de establece una uniformidad en el diseño, unos ejemplos serían las señales horizontales y verticales, semáforos, marca en el pavimento, incluido el tiempo de programación de los semáforos es una condición de control crítica, ya que depende de la capacidad de la intersección. Las medidas

más comunes de control son las señales de ALTO, CEDA EL PASO, la prohibición de giros en los carriles y el uso de ellos.

2.2.6. Señalización

Son los dispositivos que ayudan a mejorar circulación y ordenar a los vehículos y peatones; comunican y advierten a los usuarios que transitan por la vía, tomando un papel importante para un correcto tránsito peatonal y vehicular.

a) Señalización horizontal

Es la demarcación en planta sobre el pavimento, los cuales tienden a tener forma flechas, símbolos y letras, que se encuentran en la superficie de la carretera y berma, siendo de colores de acuerdo a las normativas vigentes. También es aplicado en sardineles o estructuras adyacentes a la vía, su importancia en la seguridad y operación vehicular es con el fin de regular y reglamentar la circulación de las personas que utilizan las vías.

Clasificación por colores de señalización horizontal

Estos son los más utilizados en las señales sobre la superficie plana de la vía:

- Blanco: Diferenciación de flujo de tránsito con igual sentido, son empleado en los bordes de la calzada, sobre marcas transversales, longitudinales, además flechas de dirección, lugares de estacionamiento y letras.
- Amarillo: Son utilizadas para señalar las áreas que necesitan ser destacadas por su condición especial de vía, tales como vías de tránsito en sentido contrario, vías de tránsito con alta demanda, objetos que se encuentran fijos adyacentemente de la vía, línea de restricción en intersecciones y las zonas restringidas de estacionamiento.
- Azul: Utilizado para las señales indicativas, un ejemplo seria las zonas donde está permitido estacionarse, también para dividir los carriles en peajes entre otros.
- Rojo: Demarcación para zonas y rampas de emergencia o zonas prohibidas.

b) Señalización vertical

Son dispositivos que se instalan en una parte lateral o encima de la vía, tienen la función de comunicar y prever al transeúnte o conductor por medio de símbolos, siendo su instalación de acuerdo a las necesidades de la vía.

Clasificación de las señales verticales

- **Señales de reglamentación:** Tiene la finalidad de informar a usuarios que emplean las vías las prioridades, prohibiciones y restricciones que presenta la vía, las cuales por su incumplimiento de una de esas podría llevar a cometer un delito.
- **Señales de Prevención:** Tiene la finalidad de prevenir a los conductores sobre la posible probabilidad de riesgos naturales o situaciones imprevistas que pudiesen presentarse en la vía, siendo de manera temporal o permanente.
- **Señales de Información:** Su propósito es indicar al conductor y brindar información sobre diferentes destinos de forma simple, además brindando información adicional sobre distancias y servicios que pueda requerir el conductor.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Congestión

Es la situación donde se presentan demasiados vehículos en movimiento y se observa un flujo vehicular lento e irregular. Se presenta en vías e intersecciones de alto tránsito cerca a lugares con bastante concurrencia como colegios, centros comerciales, mercados, etc.

2.3.2. Capacidad

Se determina como la cantidad máxima de vehículos, que se determina a condiciones dadas en intersecciones o carriles, es independiente a los que indica la demanda de la zona estudiada.

2.3.3. Velocidad

Se infiere como la relación entre el tiempo que se tarda en recorrer y el espacio recorrido. Para un vehículo se expresa como la relación entre la distancia recorrida sobre un tiempo determinado, varía según su aceleración.

2.3.4. Aforo vehicular

Es la contabilidad de vehículos, se infiere como una muestra de los volúmenes para el tiempo en el que se realiza el conteo y tienen como fin determinar el número de vehículos que transitan por el acceso, parte de un camino o a una cruce vial (Cal y Mayor, 2007).

2.3.5. Reordenamiento vial

Es la observación y estudio realizado a una zona en particular, teniendo como finalidad la identificación cambios en el conjunto del sistema vial las cuales resaltarían su máximo aprovechamiento de la intersección vial existente. (Vargas Gómez, 2018).

2.3.6. Trafico

Es la situación ocasionada por el gran flujo vehicular desordenado en un acceso o cruce vial. (Cal y Mayor, 2007)

2.3.7. Volumen

Es el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal durante un periodo determinado. (Cal y Mayor, 2007).

2.3.8. Densidad

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km) (Cal y Mayor, 2007).

2.3.9. Carril

Es una parte de la vía por la cual los vehículos fluyen en una sola fila vehicular (Cal y Mayor, 2007).

2.3.10. Semáforos

Son un sistema de control electrónico que cumplen con el objetivo de controlar el flujo del tráfico, y a su vez el paso de peatones que transitan por la intersección. Estos dispositivos se ubican principalmente en cruces de calles de área urbanas, donde el tránsito vehicular y peatonal es continuo, siendo esto coordinado por el semáforo.

2.3.11. Fases del semáforo

Es parte del ciclo semafórico, siendo esta asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos vehiculares que reciben simultáneamente el pase, en diferentes intervalos. (Cal y Mayor, 2007)

2.3.12. Ciclo Semafórico

Es el tiempo en segundos que pasa desde el cambio de una fase semafórica hacia otra, hasta la repetición de la misma, en una secuencia de maniobra completa en los distintos dispositivos de control electrónico conectados a un mismo controlador. (Agreda y Parra, 2017)

2.3.13. Transporte no motorizado

También son conocidos como transportes ecológicos, ya que dejan rastros de carbono durante su viaje, siendo este mediante la utilización de un transporte a pie. (Chiriboga, 2014).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de la investigación

Para la ejecución de la presente investigación, se utilizó el tipo de investigación aplicada, porque deseo conocer el tipo de flujo vehicular que se tiene actualmente en la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, y a su vez las alternativas de solución, todo esto mediante el análisis y calculo con fórmulas matemáticas.

El nivel de la investigación es explicativo, porque a través de los aforos vehiculares y datos geométricos obtenidos de ambas intersecciones se logró interpretar y comprender el nivel de servicio actual de la intersección de estudio, analizar el flujo y tipo del tránsito, a su vez plantear posibles alternativas de solución para la disminución del nivel de servicio en ambas intersecciones.

Se hará el reconocimiento de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la Calle San Hilarión, procediendo a la realización del aforo vehicular, identificando la situación in situ de ambas intersecciones y así realizar el análisis respectivo. La información obtenida mediante el aforo vehicular de la intersección fue analizada para representar el tipo de flujo vehicular y nivel de servicio de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la Calle San Hilarión, y a su vez mediante toda la información procesada de las intersecciones se realizó la propuesta de alternativas de solución para el mejoramiento del nivel de servicio en ambas intersecciones.

3.2. Población y/o muestra de estudio

3.2.1. Población

La población de la presente investigación está enfocada en el flujo de tránsito vehicular y peatonal de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, siendo considerados como accesos críticos que generan congestión de tránsito vehicular en la ciudad de Tacna, en vista que son utilizadas por diferentes tipos de vehículos y a su vez es uno de los accesos

principales hacia el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa y hacia el centro de la ciudad de Tacna.

3.2.2. Muestra

El tipo de muestra es no probabilístico en esta investigación, tomando el flujo de tránsito vehicular de transporte liviano y pesado de ambas intersecciones vehiculares como objeto de estudio, contabilizando la cantidad del flujo vehicular obtenida en periodos de conteo donde se eligen las horas más desfavorables en tres turnos de 7:00 am a 9:00 am, 12:00 pm a 2:00 pm y 6:00 pm a 8:00 pm, durante los días lunes, miércoles y viernes, en los accesos de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión.

El muestreo al ser de tipo no probabilístico, es de selección intencional, ya que en vista de diferentes estudios de tránsito, y a su vez siendo los horarios seleccionados los de mayor flujo vehicular en nuestra ciudad; y siendo en el caso de los días escogidos son los más relevantes días laborables durante una semana, es por ello la intención de la muestra durante estos horarios y días seleccionados.

3.3. Operacionalización de variables

Las variables a utilizar para el presente trabajo de investigación son las mencionadas en la tabla 8.

Tabla 8*Identificación de variable independiente y dependiente*

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Variable Dependiente Nivel de Servicio	El nivel de servicio representa la calidad del tránsito vehicular, la que es determinada mediante el cálculo de demoras de la intersección, las cuales los usuarios perciben como tiempos gastados de viaje, combustible consumido, estrés e incomodidad de viaje.	Calidad que brinda una intersección mediante el uso de aforos vehiculares y peatonales	<ul style="list-style-type: none"> • Demoras • Categorías • Distancia de recorrido • Ciclo de semaforización
Variable Independiente Flujo Vehicular	Es la cantidad de vehículos que transitan por un acceso o zona específica durante un tiempo determinado.	Cantidad de vehículos por hora	<ul style="list-style-type: none"> • Planimetría • Aforo vehicular • Tránsito vehicular • Tránsito peatonal • Señalización vehicular

Nota. Descripción de las variables dependientes e independientes del proyecto.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

En la presente se dan a conocer los procesos de recolección de información y datos por cada una de las intersecciones de estudio, las cuales son necesarias para la ejecución y aplicación del Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (HCM 2010), y obtener el nivel de servicio de la intersección, utilizando como técnica de recopilación de datos el aforo vehicular y peatonal.

En la figura 3 y 4 se aprecia la primera visita al área de estudio, en donde se observó visualmente las intersecciones y accesos colindantes de la vía, así como también las condiciones físicas de las pistas y veredas de las intersecciones, siendo realizado todo esto el 1 de abril de 2022 en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión.

Figura 3

Estado de la calidad de la intersección de la Avenida Tarapacá y Calle San Hilarión



Nota. La figura muestra la falta de un sistema de control, señalización vertical y horizontal, y el mal estado de la vía en la intersección II.

Figura 4

Estado de la calidad de la intersección de la Avenida Tarapacá y Avenida Billinghurst



Nota. La figura muestra la falta de un sistema de control, señalización vertical y horizontal, y el mal estado de la vía en la intersección I.

Se realizó la toma de datos geométricos, así como también se determinó la cantidad de carriles existentes por cada uno de los accesos de las intersecciones y los movimientos de giros que realizan los vehículos. La velocidad vehicular para los diferentes accesos y sus pendientes correspondientes.

En la figura 5 se aprecia la realización de las mediciones de campo se utilizó una wincha métrica de 5 metros y a su vez una de 50 metros, para los datos como la longitud de ancho de vereda, longitud de la berma, ancho de calzada, diseño de martillos de veredas y también para determinar la longitud de canal existente.

Figura 5

Toma de datos geométricos de la Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión



Nota. En la imagen se observa la toma de los datos geométricos de la Avenida Tarapacá.

Una vez tomado los datos iniciales de campo, se realizó la visita de los siguientes días considerados para la toma de datos de aforo vehicular por cada acceso de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst que cuenta con cuatro accesos en cruz, y la Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión que cuenta con tres accesos en forma de T.

Para la toma de datos referente al aforo vehicular en las intersecciones de estudio se tuvo la necesidad de 6 personas, las cuales observarían el flujo del tránsito y a su vez tomarían apunte de la cantidad y tipo de vehículos que transita por las intersecciones.

Las fechas programadas para la ejecución de la recolección de datos de aforo vehicular fueron los días 4 de abril de 2022, 6 de abril de 2022 y 8 de abril de 2022, durante seis horas al día las cuales fueron en horarios de 7:00 am a 9:00 am. 12:00 pm a 2:00 pm y de 6:00 pm a 8:00 pm, tal como se aprecia en la figura 6 y 7.

Figura 6

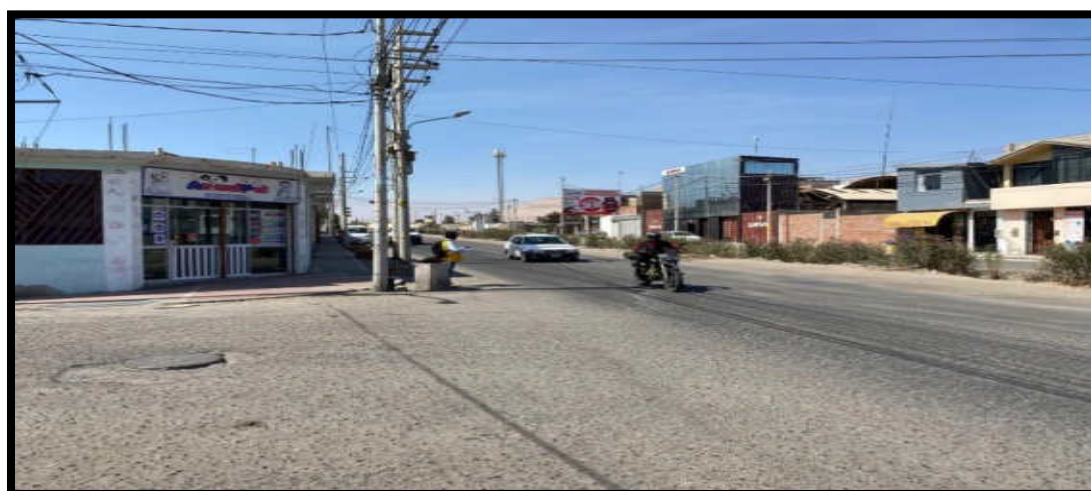
Toma de datos de aforo vehicular en la Avenida Tarapacá y Calle San Hilarión



Nota. Se observa la realización del conteo vehicular en la intersección II, en el acceso de Este a Oeste.

Figura 7

Toma de datos de aforo vehicular en la Avenida Tarapacá y Avenida Billinghamurst



Nota. Se observa la realización del conteo vehicular en la intersección I, en el acceso de Este a Oeste.

Para la realización del aforo vehicular se tomó los formatos proporcionados por el Ministerios de Transporte y Comunicaciones, el cual divide a los vehículos por tipos y en diferentes horarios, como se indica en la figura 8.

Figura 8

Formato de clasificación vehicular

FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA												ESTACION									
SENTIDO												DIA									
UBICACION												FECHA									
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		3T3
7:00-7:15																					
7:15-7:30																					
7:30-7:45																					
7:45-8:00																					
8:00-8:15																					
8:15-8:30																					
8:30-8:45																					
8:45-9:00																					
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																					
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																					

Nota. Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados durante la ejecución de recolección de datos fueron según la tabla 9.

Tabla 9

Instrumentos de recolección de datos

Nombre	Imagen	Especificaciones
Wincha		<ul style="list-style-type: none"> • Material: acero • Marca: Truper • Longitud: 50 m • Ancho: 12,7 mm • Peso: 0,65 kg • e: +3,0 mm
Smartphone		<ul style="list-style-type: none"> • Pantalla: 5,8" 1080x 2244 pixeles. • Procesador: Kirin 970 2.36 GHz. • 4GB RAM. • Cámara: Dual, 12MP+20MP.
Aplicación para móvil (cronómetro)		
Aplicación para móvil (App)		

Nota. Instrumentos de recolección de datos utilizados en campo.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

La metodología de la Junta de Investigación de Transporte de las Academias Nacionales de Ciencia de los Estados Unidos, abarca la determinación del nivel de servicio por acceso y por intersección, a su vez la obtención de la capacidad de la intersección de estudio. Las condiciones y características resaltantes de la intersección de estudio como los tipos de movimientos vehiculares, el tipo de vehículo que transita, el sistema de control vehicular y sus características geométricas son parte importante para la determinación del nivel de servicio. (Transportation Research Board of the National Academies of Science in the United States, 2010)

El valor de la capacidad es evaluado por cada acceso que llegue a la intersección de estudio, teniendo en consideración la demanda del acceso, su flujo y diversos factores de reajuste. A diferencia de la capacidad, el nivel de servicio se considera también para toda la intersección semaforizada, tomando como criterios de cálculo a las demoras vehiculares siendo estas expresadas en segundos por vehículo, las cuales son experimentadas por el conductor mediante el tiempo de desaceleración, cantidad de tiempo de espera y aceleración en la intersección. Para cada acceso establecido se realizó los siguientes pasos. (Washburn & Mannering, 2013)

3.5.1. Volumen horario de máxima demanda VHMD

Este es al máximo número de vehículos que transitan o pasan por un carril durante un periodo de una hora, este será el dato más importante para el cálculo de la capacidad y otros análisis de tráfico, siendo este la representación del periodo más crítico con la mayor cantidad de flujo vehicular.

3.5.2. Factor horario de máxima demanda FHMD

Para considerar el flujo de máxima demanda de manera uniforme se debe determinar la cantidad del flujo dentro de un tiempo de quince minutos, ubicado dentro del volumen horario de máxima demanda.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * V_{\max 15}} \quad (1)$$

Donde:

$VHMD$ = Volumen horario de máxima demanda (veh/h)

$V_{\max 15}$ = Volumen máximo en 15 minutos en la hora de máxima demanda (veh/15min)

3.5.3. Tasa de flujo V_p

Para la determinación de la tasa de flujo, se debe transformar los volúmenes horarios picos a una circulación de duración de 15 minutos pico. (Cal, Mayor y Cardenas, 2018)

$$V_p = \frac{VHMD}{FHMD} \quad (2)$$

Donde:

V_p = Tasa de flujo durante 15 minutos pico (veh/h)

$FHMD$ = Factor horario de máxima demanda (adimensional)

$VHMD$ = Volumen horario de máxima demanda (veh/h)

3.5.4. Tasa de flujo de saturación ajustada S

Según el Manual de Capacidad de Carreteras (2010), comenta que la tasa de flujo de saturación ajustada es la obtención de la utilización de factores diversos, relacionados con las características de los accesos de la intersección que modifica al flujo de saturación inicial propuesta en la metodología, siendo calculado para cada uno de los grupos de carril GC del acceso.

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb} \quad (3)$$

Donde:

S_0 = Flujo de saturación básica por carril (veh/h/carril en verde)

f_w = Factor de ajuste por ancho de carriles

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

f_g = Factor de ajuste por pendiente de acceso.

f_p = Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles.

f_{bb} = Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección..

f_a = Factor de ajuste por el tipo de área.

f_{LU} = Factor de ajuste por utilización de carriles

f_{RT} = Factor por ajuste de giros a la izquierda.

f_{LT} = Factor por ajuste de giros a la derecha.

f_{Rpb} = Factor de ajuste de peatones que giran a la derecha.

f_{Lpb} = Factor de ajuste para ciclistas que giran a la izquierda.

3.5.5. Flujo de saturación base “ S_0 ”

El Manual de Capacidad de Carreteras (2010) propone la utilización de un valor de 1900 vehículos livianos en una hora y por carril.

3.5.6. Factor de ajuste por ancho de carriles “ f_W ”

Es un factor de ajuste que considera el impacto negativo o positivo que puede llegar a producir la longitud de ancho del carril, y a su vez el HCM 2010 propone la tabla 10 de acuerdo a valores de longitud.

Tabla 10

Factor de ajuste de ancho de carril

Ancho de carril (m)	Factor de ajuste (f_W)
$W < 3,00$	0,96
$3,00 \leq W \leq 3,90$	1
$W > 3,90$	1,04

Nota. W =ancho de carril. Fuente: HCM 2010.

Asimismo, si la longitud del ancho del carril es superior a 3,90 m, este factor puede ser calculado mediante la siguiente ecuación proporcionada por el HCM 2010.

$$f_W = 1 + \frac{W - 3,6}{9} \quad (4)$$

Donde:

W = Ancho de carril..

3.5.7. Factor de ajuste por vehículos pesados “ f_{HV} ”

Es el factor que toma en consideración el espacio equivalente y adicional de los vehículos pesados, realizando una equivalencia con los vehículos livianos, así como también a sus diferencias operativas. El Manual de Capacidad de Carreteras

2010 propone la utilización de un factor de ajuste por vehículos pesados de $ET = 2,00$ siendo la equivalencia de vehículos livianos por cada vehículo pesado. Para fines de este estudio se tomó como propuesta la utilización de una tabla de estudio, en donde se observa los diferentes factores de equivalencia para nuestro país, siendo de nuestro interés el valor de $ET = 2,50$, por ser el tipo de vehículo pesado de tránsito por nuestras intersecciones de estudio.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} \quad (5)$$

Donde:

P_{HV} = Porcentaje de vehículos pesados.

E_T = Factor de automóviles equivalentes a un camión.

En nuestro país existe la falta de estudio de este tipo, considerando uno de los pocos la propuesta realizada por la Universidad Científica del Perú con el libro titulado Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular del año 2011, según la tabla 11.

Tabla 11

Factor de Ajuste por vehículos Pesados

Vehículo	Factor de ajuste por vehículos pesados UCP – LIMA
Camioneta rural	1,50
Coaster	1,60
Microbús	2,00
Ómnibus	3,00
Camión	2,50 o mas

Nota. Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular. Fuente: Fernández y Dextre 2011.

3.5.8. Factor de ajuste por pendiente de acceso “ f_g ”

Es el factor que considera la inclinación del acceso con dirección a la intersección, siendo el caso de la pendiente de subida con un valor positivo y las pendientes negativas con dirección a la intersección siendo negativas. Su cálculo es mediante la ecuación siguiente.

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} \quad (6)$$

Donde:

G = Pendiente %

3.5.9. Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles " f_p "

Es el factor que considera los efectos a consecuencia de las maniobras y bloqueos que se susciten en el acceso por la posible existencia de estacionamientos adyacente. El Manual de Capacidad de Carreteras utiliza un tiempo promedio de 18 segundos por maniobra, calculándose con la siguiente ecuación.

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * Nm}{3600}}{N} \quad (7)$$

Donde:

N = Número de carriles de los grupos del acceso.

Nm = Cantidad de maniobras por efecto de estacionamientos adyacentes al grupo de carriles dentro de un rango de 75 metros anteriores (maniobras/h), con un límite de 180 maniobras/h.

$f_p = 0,05$

En caso de no presentar estacionamientos, el factor será igual a 1,00.

3.5.10. Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección " f_{bb} "

Es el factor que considera las paradas realizadas por vehículos de transporte público, con el fin de aumentar o disminuir su cantidad de pasajeros, dentro de los 76 metros aproximadamente antes de llegar a la intersección. El HCM utiliza un tiempo de bloqueo promedio de 14,4 segundos, y se calcula de la siguiente manera.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 * Nb}{3600}}{N} \quad (8)$$

Donde:

N = Número de carriles.

Nb = Número de vehículos de transporte público que realizan paradas (vehículos/h)

En caso de no presentar buses que paren, el factor será igual a 1,00.

3.5.11. Factor de ajuste por tipo de área “ f_a ”

Es el factor que considera en cuenta el tipo de área de estudio, siendo considerado áreas centrales, de negocios u otro tipo de áreas con fines similares.

Para áreas comerciales $f_a = 0,90$

Para áreas residenciales o externas al núcleo de la ciudad $f_a = 1,00$

Donde:

f_a = Factor de ajuste por tipo de área.

3.5.12. Factor de ajuste por utilización de carriles “ f_{LU} ”

Es el factor que considera el tipo de flujo del volumen de tránsito vehicular. Cuando la distribución de vehículos es de manera uniforme, se puede llegar a considerar un valor de $f_{LU} = 1,00$ en todos los carriles o en caso de no tener un carril exclusivo, caso contrario se deberá calcular de la siguiente manera.

$$f_{LU} = \frac{Vg}{Vg1 * N} \quad (9)$$

Donde:

N = Número de carriles

Vg = Tasa de flujo de demanda no ajustada del grupo de carril.

$Vg1$ = Tasa de flujo de demanda no ajustada con el volumen mayor del grupo de carril.

3.5.13. Factor de ajuste por vueltas a la izquierda “ f_{LT} ”

Es el factor que depende de los movimientos protegidos o permitidos con dirección a la izquierda, así como también si son realizados desde un carril exclusivo o compartido. El factor será considerado con un valor de 1,00 en caso no exista los giros con dirección a la izquierda en el acceso, caso contrario se tomará en consideración los siguientes datos.

Carril exclusivo: $f_{LT} = 0,95$

$$\text{Carril compartido: } f_{LT} = \frac{1}{1-0,05 * P_{LT}} \quad (10)$$

Donde:

P_{LT} = Porcentaje de giros con dirección a la izquierda en el grupo de carril.

3.5.14. Factor de ajuste por vueltas a la derecha " f_{RT} "

Es el factor que depende de los movimientos protegidos o permitidos con dirección a la derecha, así como también si son realizados desde un carril exclusivo o compartido. El factor será considerado con un valor de 1,00 en caso no exista los giros con dirección a la derecha en el acceso, caso contrario se tomara en consideración los siguientes datos.

Carril exclusivo: $f_{RT} = 0,85$

Carril compartido: $f_{RT} = 1 - 0,15 * P_{RT}$ (11)

Donde:

P_{RT} = Porcentaje de giros con dirección a la derecha en el grupo de carril.

3.5.15. Factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha " f_{Rpb} "

Este factor considera si hay la existencia de conflicto peatonal o ciclistas con dirección a la derecha, siendo en caso de no existir conflicto tomando el valor de 1,00.

$$f_{Rpb} = 1,00 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA}) \quad (12)$$

Donde:

P_{RT} = Porcentaje de movimientos a la derecha en el grupo de carriles.

P_{RTA} = Porcentaje de movimientos a la derecha que usan la fase protegida.

A_{pbT} = Ajuste a la fase permitida.

3.5.16. Factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda " f_{Lpb} "

Este factor considera si hay la existencia de conflicto peatonal o ciclistas con dirección a la izquierda, siendo en caso de no existir conflicto tomando el valor de 1,00.

$$f_{Lpb} = 1,00 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA}) \quad (13)$$

Donde:

P_{LT} = Porcentaje de movimientos a la izquierda en el grupo de carriles.

P_{LTA} = Porcentaje de movimientos a la izquierda que usan la fase protegida.

A_{pbT} = Ajuste a la fase permitida..

3.5.17. Capacidad “c”

Es el valor numérico máximo de unidades vehiculares que transitan por un acceso determinado de una intersección durante un periodo de tiempo específico bajo condiciones de diseño y de tránsito, representado en vehículos en una hora por carril, siendo directamente afectada por la tasa de flujo de saturación ajustada y el ciclo semafórico, siendo representada por la siguiente ecuación.

$$c = N * S * \frac{g}{C} \quad (14)$$

Donde:

S = Flujo de saturación (veh/h).

N = Número de carriles del grupo de carril

g = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (segundos)

C = Ciclo del semáforo (segundos)

3.5.18. Relación volumen/capacidad “ X_i ”

También conocida como grado de saturación X se calcula mediante la ecuación.

$$X = \left(\frac{Vp}{c} \right) \quad (15)$$

Donde:

Vp = Tasa de flujo de tráfico actual del grupo de carriles (veh/h).

c = Capacidad del grupo de carril (veh/h).

3.5.19. Determinación de las demoras

Este representa la demora media que los vehículos pueden percibir durante el tránsito del acceso, así como las velocidades bajas de tránsito, efectos de tiempos

de pare en el acceso y desaceleraciones generados por los dispositivos de control, siendo calculados mediante la siguiente ecuación.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (16)$$

Donde:

d = Demora media de control (s/veh)

d_1 = Demora uniforme (s/veh)

d_2 = Demora incremental (s/veh)

d_3 = Demora de cola inicial(s/veh)

PF = Factor de ajuste de demora uniforme por coordinación.

3.5.20. Factor de ajuste por coordinación "PF"

La demora de los vehículos es a consecuencia del ciclo de semaforización, por ello es que se aplica este factor. Cuando el gran porcentaje vehicular llega a la intersección en tiempo de verde, se dice que el ciclo de semaforización es óptimo.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)} \quad (17)$$

Donde:

P = Porcentaje de vehículos que llegan en tiempo verde.

g = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (segundos)

C = Ciclo del semáforo (segundos)

f_{PA} =

Factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde

El valor del factor P puedes ser obtenido in situ, o su vez puede ser propuesto según el tipo de llegada a la intersección mediante la tabla 12 y 13.

Tabla 12*Tipos de llegada HCM 2010*

Relación g/C	Tipo de llegada (AT)					
	AT1	AT2	AT3	AT4	AT5	AT6
0,2	1,167	1,007	1	1	0,833	0,75
0,3	1,286	1,063	1	0,986	0,714	0,571
0,4	1,445	1,136	1	0,895	0,555	0,333
0,5	1,667	1,24	1	0,767	0,333	0
0,6	2,001	1,395	1	0,576	0	0
0,7	2,556	1,653	1	0,256	0	0
f_{PA}	1	0,93	1	1,15	1	1
Rp por defecto	0,333	0,667	1	1,333	1,667	2

Nota. Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras 2010.

Tabla 13*Relación entre tipo de llegada y rango de pelotón Rp*

Tipo de llegada	Rango de pelotón (Rp)	Valor por defecto (Rp)	Calidad de la progresión
1	≤ 0,50	0,333	Muy pobre
2	> 0,50 – 0,85	0,667	Desfavorable
3	> 0,85 – 1,15	1	Llegadas aleatorias
4	> 1,15 – 1,50	1,333	Favorable
5	> 1,50 – 2,00	1,667	Altamente favorable
6	> 2,00	2	Excepcional

Nota. Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010).

3.5.21. Demora incremental “ d_2 ”

Las fallas en el ciclo semafórico y el tipo de llegada a la intersección genera un tipo de demora incremental, la cual es calculada mediante la siguiente formula.

$$d_2 = 900 * T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * k * l * X}{c * T}} \right] \quad (18)$$

Donde:

T = Duración de periodo de análisis (0.25h)

X = Relación volumen – capacidad del grupo de carril

k = Factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones actuadas, $k = 0.50$ para intersecciones fijas.

l = Factor de ajuste por entradas en la intersección corriente arriba, $l = 1,00$ para intersecciones aisladas..

3.5.22. Demora por cola inicial “ d_3 ”

Demora la cual evalúa las colas residuales de ciclos anteriores, y en caso no hubiese el valor sería igual a 0.

Previamente se debe de determinar la duración de la demanda insatisfecha en T , siendo este representado por t en horas, mediante la siguiente ecuación.

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\} \quad (19)$$

Si se diese el caso que el valor de $t < T$, entonces el valor de $u = 0$.

Si se diese el caso de que $X > 1$, se considera el $t = T$.

$$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u)^t}{c * T} \quad (20)$$

Donde:

Qb = Cola inicial al inicio del periodo T (veh)

c = Capacidad del grupo de carril (veh/h)

T = Duración de periodo de análisis (0.25h)

u = Parámetro de demora

t = Duración de la demanda insatisfecha (horas)

3.5.23. Demora uniforme “ d_1 ”

Las llegadas uniformes ocasionan este tipo de demoras, teniendo un flujo estable y no generan una cola inicial en la intersección de estudio, siendo calculada mediante la fórmula.

$$d_1 = \frac{0,50 * c * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) * \frac{g}{C}\right]} \quad (21)$$

Donde:

X = Relación volumen - capacidad.

g = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (segundos)

C = Ciclo del semáforo (segundos)

Asimismo, para el cálculo de las demoras se deberá de usar la tabla 14, dependiendo de las condiciones que se nos en cada acceso.

Tabla 14

Casos para el cálculo de demora uniforme y por cola inicial

Caso I y II ($Qb = 0$)	
Demora por cola inicial, d_3 (s)	$d_3 = 0 \text{ seg}$
Demora uniforme, d_1 (s)	$d_1 = \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} \quad (22)$
Caso III ($Qb > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$), $u = 0$	
Demora por cola inicial, d_3 (s)	$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T} \quad (23)$
Demora uniforme, d_1 (s)	$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{T - t}{T} * PF \quad (24)$
Caso IV ($Qb > 0$), ($X \leq 1$), ($t = T$)	
Parámetro de demora, u	$u = 1 - \frac{c * T}{Qb} * (1 - \min 1, X) \quad (25)$
Demora por cola inicial, d_3 (s)	$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} \quad (26)$
Demora uniforme, d_1 (s)	$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) \quad (27)$
Caso V ($Qb > 0$), ($X > 1$), ($t = T$)	
Demora por cola inicial, d_3 (s)	$d_3 = \frac{3600 * Qb}{c} \quad (28)$
Demora uniforme, d_1 (s)	$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) \quad (29)$

Nota. Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010).

3.5.24. Determinación de la demora por intersección “ d_{int} ”

El Manual de Capacidad de Carreteras proporciona una ecuación con la cual se puede calcular la demora por intersección, utilizando las demoras de cada acceso de la intersección.

$$d_{int} = \frac{\sum d_A * V_A}{\sum V_A} \quad (30)$$

Donde:

d_A = Demora de cada acceso de la intersección (seg).

V_A = Tasa de flujo Vp para cada acceso (veh/h).

3.5.25. Determinación del nivel de servicio LOS

El Manual de Capacidad de Carreteras, proporciona la tabla 15 en donde establece el tipo de nivel de servicio basándose primeramente en la relación de volumen – capacidad, y a su vez en la cantidad de la demora de la intersección, siendo los niveles de servicio desde la letra A hasta la F siendo esta ultima la más desfavorable.

Tabla 15

Criterio para determinar el nivel de servicio

Nivel de servicio		Demora de control por vehículo (seg/veh)
$Vp/c \leq 1$	$Vp/c > 1$	
A	F	≤ 10
B	F	$> 10 - 20$
C	F	$> 20 - 35$
D	F	$> 35 - 55$
E	F	$> 55 - 80$
F	F	> 80

Nota. Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En la siguiente sección se da a conocer sobre la situación actual en las dos intersecciones de estudio de la ciudad de Tacna mediante la descripción del aforo vehicular que se ha realizado y los distintos movimientos vehiculares como se aprecia en la figura 9, asimismo se realizara la propuestas de mejoras para ambas intersecciones a fin de apaciguar y aminorar el congestionamiento vehicular y a su vez el nivel de servicio de estas.

Figura 9

Vista aérea de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Billinghurst y Calle San Hilarión



Nota. En la figura se observa el tramo de la Avenida Tarapacá a ser estudiada.

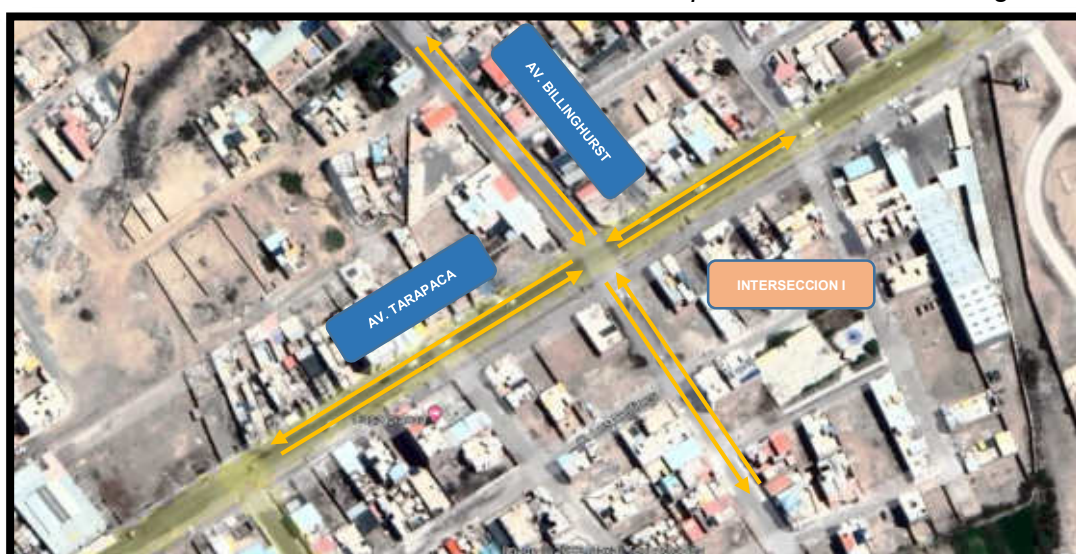
Cabe mencionar que en dirección paralela a la Avenida Tarapacá, se encuentra el canal del Río Uchusuma, el cual tiene poco o nulo pase de agua durante el año, siendo este un foco de accidentes y molestias para la comunidad ya que se encuentra en mal estado y no tiene las medidas de seguridad necesarias.

4.1. Situación actual de la Intersección I - Avenida Tarapacá con Avenida Billinghurst

En la presente intersección se observa que cuenta con cuatro accesos que cruzan y forman una "X", las cuales son la Avenida Tarapacá de Este – Oeste y Oeste – Este, y a su vez la Avenida Billinghurst de Norte – Sur y Sur – Norte, como se aprecia en la figura 10.

Figura 10

Vista aérea de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Billinghurst



Nota. En la figura se observa la intersección I de estudio.

a) Datos de la intersección

La primera intersección de análisis es entre la Avenida Tarapacá con la Avenida Billinghurst. Este cruce conecta a cuatro accesos las cuales interceptan formando una "X".

El tipo de uso a los predios es mayormente de viviendas no comerciales a lo largo de los accesos, pero a su vez es una de las intersecciones de mayor tránsito en la ciudad de Tacna a lo largo del día.

La Avenida Tarapacá presenta 02 carriles por acceso, las cuales son de dirección opuesta uno con la otra teniendo una longitud de ancho de carril de 3,60 m.

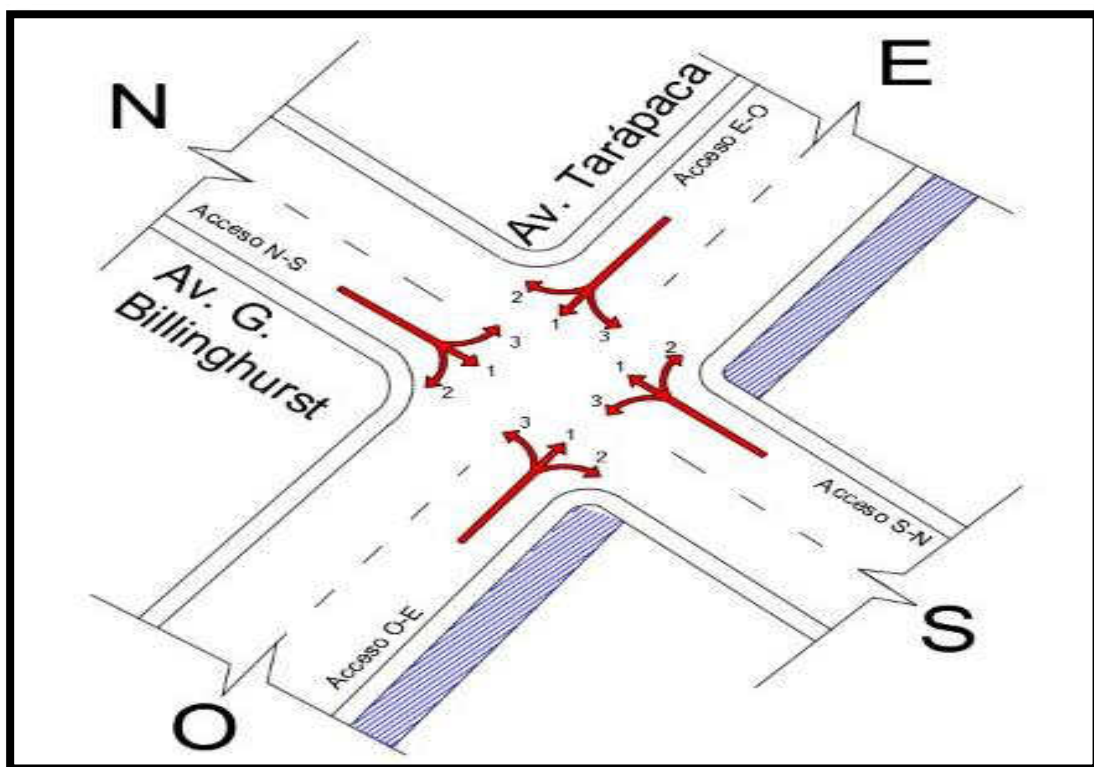
La Avenida Guillermo Billinghurst presenta 02 carriles, las cuales son de dirección opuesta uno con la otra teniendo una longitud de ancho de carril de 3,60 m.

Esta intersección no cuenta con un sistema de control, por lo cual se genera congestión vehicular en las horas pico y a su vez genera malestar e inseguridad a toda la comunidad y conductores que transitan por dicha intersección.

Los diferentes movimientos realizados por los vehículos que transitan por dicha intersección son temerarios como se muestra en la figura 11, ya que al no encontrar un sistema de control o señales preventivas y reguladoras, ellos realizan movimientos que creen convenientes para poder llegar a sus destinos, siendo los movimientos en dirección hacia la izquierda la que mayores problemas y consecuencias trae al momento de transitar por dicha intersección.

Figura 11

Movimientos realizados en la intersección I Avenida Tarapacá con Avenida Billinghurst



Nota. En la figura se observa la intersección I con los giros reales realizados por los vehículos que transita por allí.

b) Condiciones geométricas de la intersección

Las características geométricas que determinan la forma, ancho y pendiente de los diferentes accesos de la Intersección I son las siguientes según la tabla 16.

Tabla 16

Datos geométricos reales de la intersección I

Acceso	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Movimientos por carril	Pendiente (%)	Velocidad de llegada
E-O	01	3.6	Frente	-2.5	35 km/h
			Derecha		
			Izquierda		
O-E	01	3.6	Frente	2.0	15 km/h
			Derecha		
			Izquierda		
N-S	01	3.6	Frente	1.0	35 km/h
			Derecha		
			Izquierda		
S-N	01	3.6	Frente	0.5	30 km/h
			Derecha		
			Izquierda		

Nota. Se observa los datos geométricos recolectados en campo.

c) Aforo vehicular y determinación del nivel de servicio

Mediante el aforo vehicular se obtuvo la cantidad real de vehículos, peatones y ciclistas que transitan por la intersección. El conteo fue realizado para los diferentes movimientos que realizaron los vehículos, y a su vez diferenciados por el tipo de vehículo; todo esto realizado en cada uno de los accesos de la intersección antes mencionada.

Para la realización del aforo vehicular se tomaron como referencia el cuadro clasificador por tipo vehicular establecido por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, esto con la intención de mantener un orden adecuado y facilitar el conteo vehicular para su posterior cálculo.

El conteo se realizó de forma manual en los cuatro accesos de la intersección y con la ayuda de personal previamente capacitado en la utilización de los formatos

de conteo y en la clasificación vehicular, todo esto para la obtención de datos más precisos y reales de la intersección.

Los días de conteo vehicular fueron el lunes 4 de abril de 2022, miércoles 6 de abril de 2022 y viernes 8 de abril de 2022, durante seis horas durante el día las cuales fueron en horarios de 7:00 a.m. a 9:00 a.m., 12:00 p.m. a 2:00 p.m. y de 6:00 p.m. a 8:00 p.m., en periodos de 15 minutos respectivamente durante el horario establecido. Los días y horarios escogidos son de acuerdo a los diferentes horarios de mayor demanda vehicular e investigaciones de tráfico realizadas en nuestra ciudad, según los cuadros mostrados en el anexo denominado Aforo Vehicular de la Intersección I – Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst.

El volumen de ciclistas y peatones es casi nulo debido al gran flujo de tránsito vehicular en la zona, a la longitud limitada de ancho de carril que se tiene en la intersección y a su vez a la exposición al peligro que genera el canal del Rio Uchusuma.

En la tabla 16, 17 y 18 se observa el aforo total de la intersección I durante el día lunes es 6702 veh/día, el día miércoles es 7015 veh/día y el día viernes es de 6799 veh/día, las velocidades de tránsito son bajas, y las características de movimiento vehicular que lo determinan, es que se ubica en el nivel de servicio F, siendo el nivel donde la congestión es excesiva y el flujo es detenido en ocasiones tal como se aprecia en la figura 12.

Figura 12

Intersección I Avenida Tarapacá con Avenida Billinghurst en hora pico



Nota. Se observa la intersección I donde el tránsito es detenido por el gran aforo vehicular y sus movimientos.

Tabla 17*Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del lunes 4 de abril de 2022**Intersección I*

Hora de control	Av.	Av.	Av.	Av.	Total veh.15 min.
	Tarapacá	Billinghurst	Tarapacá	Billinghurst	
	E-O	N-S	O-E	S-N	
7:00 - 7:15 a.m.	100	43	156	7	306
7:15 - 7:30 a.m.	107	44	230	5	386
7:30 - 7:45 a.m.	108	54	194	13	369
7:45 - 8:00 a.m.	99	56	150	10	315
8:00 - 8:15 a.m.	102	45	102	6	255
8:15 - 8:30 a.m.	106	54	82	7	249
8:30 - 8:45 a.m.	112	45	70	10	237
8:45 - 9:00 a.m.	101	42	65	8	216
12:00 - 12:15 p.m.	107	26	58	6	197
12:15 - 12:30 p.m.	116	24	76	11	227
12:30 - 12:45 p.m.	113	29	97	6	245
12:45 - 1:00 p.m.	122	21	81	9	233
1:00 - 1:15 p.m.	109	25	88	12	234
1:15 - 1:30 p.m.	103	32	74	10	219
1:30 - 1:45 p.m.	104	27	68	8	207
1:45 - 2:00 p.m.	105	22	65	12	204
6:00 - 6:15 p.m.	113	38	148	12	311
6:15 - 6:30 p.m.	109	42	141	14	306
6:30 - 6:45 p.m.	116	49	141	14	320
6:45 - 7:00 p.m.	130	45	147	15	337
7:00 - 7:15 p.m.	130	60	146	21	357
7:15 - 7:30 p.m.	121	56	151	11	339
7:30 - 7:45 p.m.	112	58	136	12	318
7:45 - 8:00 p.m.	110	56	124	25	315
Parcial	2655	993	2790	264	
Total veh/día	6702				

Nota. Aforo vehicular en intervalos de 15 minutos y acumulado.

Tabla 18

*Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del miércoles 6 de abril de 2022-
Intersección I*

Hora de control	Av.	Av.	Av.	Av.	Total veh.15 min.
	Tarapacá E-O	Billinghurst N-S	Tarapacá O-E	Billinghurst S-N	
7:00 - 7:15 a.m.	101	49	137	17	304
7:15 - 7:30 a.m.	100	56	183	17	356
7:30 - 7:45 a.m.	102	68	162	17	349
7:45 - 8:00 a.m.	98	73	140	16	327
8:00 - 8:15 a.m.	98	66	108	20	292
8:15 - 8:30 a.m.	104	64	91	16	275
8:30 - 8:45 a.m.	114	60	78	16	268
8:45 - 9:00 a.m.	113	51	76	10	250
12:00 - 12:15 p.m.	111	37	74	21	243
12:15 - 12:30 p.m.	104	31	90	17	242
12:30 - 12:45 p.m.	106	48	102	21	277
12:45 - 1:00 p.m.	125	31	93	18	267
1:00 - 1:15 p.m.	104	35	85	22	246
1:15 - 1:30 p.m.	108	32	73	18	231
1:30 - 1:45 p.m.	107	23	91	19	240
1:45 - 2:00 p.m.	102	23	87	20	232
6:00 - 6:15 p.m.	110	51	122	25	308
6:15 - 6:30 p.m.	108	52	129	21	310
6:30 - 6:45 p.m.	115	55	133	20	323
6:45 - 7:00 p.m.	128	48	133	28	337
7:00 - 7:15 p.m.	127	54	137	26	344
7:15 - 7:30 p.m.	119	55	140	21	335
7:30 - 7:45 p.m.	111	63	140	13	327
7:45 - 8:00 p.m.	124	62	128	18	332
Parcial	2639	1187	2732	457	
Total veh/día	7015				

Nota. Aforo vehicular en intervalos de 15 minutos y acumulado.

Tabla 19

*Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del viernes 8 de abril de 2022-
Intersección I*

Hora de control	Av.	Av.	Av.	Av.	Total veh.15 min.
	Tarapacá E-O	Billinghurst N-S	Tarapacá O-E	Billinghurst S-N	
7:00 - 7:15 a.m.	98	54	143	19	314
7:15 - 7:30 a.m.	97	72	170	19	358
7:30 - 7:45 a.m.	82	72	157	13	324
7:45 - 8:00 a.m.	92	74	160	16	342
8:00 - 8:15 a.m.	100	72	123	11	306
8:15 - 8:30 a.m.	99	72	95	17	283
8:30 - 8:45 a.m.	100	72	94	15	281
8:45 - 9:00 a.m.	100	62	84	19	265
12:00 - 12:15 p.m.	84	42	72	17	215
12:15 - 12:30 p.m.	89	41	72	19	221
12:30 - 12:45 p.m.	95	40	92	20	247
12:45 - 1:00 p.m.	104	33	89	19	245
1:00 - 1:15 p.m.	94	45	77	17	233
1:15 - 1:30 p.m.	107	39	69	15	230
1:30 - 1:45 p.m.	92	31	80	14	217
1:45 - 2:00 p.m.	91	32	80	15	218
6:00 - 6:15 p.m.	114	58	113	23	308
6:15 - 6:30 p.m.	115	54	116	17	302
6:30 - 6:45 p.m.	120	63	109	19	311
6:45 - 7:00 p.m.	112	60	130	23	325
7:00 - 7:15 p.m.	109	56	135	29	329
7:15 - 7:30 p.m.	92	62	134	20	308
7:30 - 7:45 p.m.	103	59	140	25	327
7:45 - 8:00 p.m.	116	50	107	17	290
Parcial	2405	1315	2641	438	
Total veh/día	6799				

Nota. Aforo vehicular en intervalos de 15 minutos y acumulado.

4.2. Situación actual de la Intersección II - Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión

En la presente intersección se observa que cuenta con tres accesos que cruzan y forman una “T”, las cuales son la Avenida Tarapacá de Este – Oeste y Oeste – Este, y a su vez la Calle San Hilarión de Sur – Norte, como se aprecia en la figura 13.

Figura 13

Vista aérea de las intersecciones de la Avenida Tarapacá con Avenida Billinghurst



Nota. En la figura se observa la intersección II de estudio.

a) Datos de la intersección

La primera intersección de análisis es entre la Avenida Tarapacá con la Calle San Hilarión. Este cruce conecta a tres accesos las cuales interceptan formando una “T”.

El tipo de uso a los predios es mayormente de viviendas no comerciales a lo largo de los accesos, pero a su vez es una de las intersecciones de mayor tránsito en la ciudad de Tacna a lo largo del día.

La Avenida Tarapacá presenta 02 carriles por acceso, las cuales son de dirección opuesta uno con la otra teniendo una longitud de ancho de carril de 3,35 m.

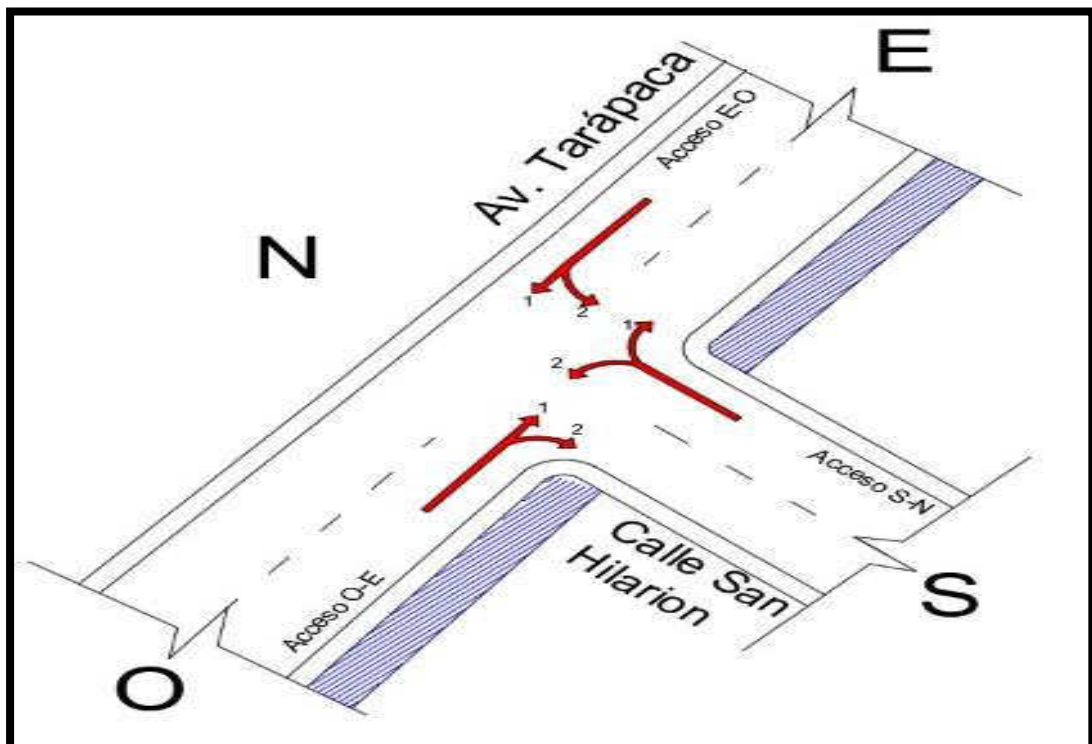
La Calle San Hilarión presenta 02 carriles por acceso, las cuales son de dirección opuesta uno con la otra teniendo una longitud de ancho de carril de 3,15 m.

Esta intersección no cuenta con un sistema de control, por lo cual se genera congestión vehicular en las horas pico y a su vez genera malestar e inseguridad a toda la comunidad y conductores que transitan por dicha intersección.

Los diferentes movimientos realizados por los vehículos que transitan por dicha intersección son temerarios, ya que al no encontrar un sistema de control o señales preventivas y reguladoras, ellos realizan movimientos que creen convenientes para poder llegar a sus destinos, siendo los movimientos en dirección hacia la izquierda la que mayores problemas y consecuencias trae al momento de transitar por dicha intersección.

Figura 14

Movimientos realizados en la intersección II Avenida Tarápaca con Calle San Hilarión



Nota. En la figura se observa la intersección II con los giros reales realizados por los vehículos que transita por allí.

b) Condiciones geométricas de la intersección

Las características geométricas que determinan la forma, ancho y pendiente de los diferentes accesos de la Intersección II son las siguientes según la tabla 20.

Tabla 20

Datos geométricos reales de la intersección II

Acceso	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Movimientos por carril	Pendiente (%)	Velocidad de llegada
E-O	01	3.35	Frente Izquierda	-2.0	15 km/h
O-E	01	3.35	Frente Derecha	2.0	30 km/h
N-S	01	3.15	Derecha Izquierda	1.0	20 km/h

Nota. Se observa los datos geométricos recolectados en campo.

c) Aforo vehicular y determinación del nivel de servicio

Mediante el aforo vehicular se obtuvo la cantidad real de vehículos, peatones y ciclistas que transitan por la intersección. El conteo fue realizado para los diferentes movimientos que realizaron los vehículos, y a su vez diferenciados por el tipo de vehículo; todo esto realizado en cada uno de los accesos de la intersección antes mencionada.

Para la realización del aforo vehicular se tomaron como referencia el cuadro clasificador por tipo vehicular establecido por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, esto con la intención de mantener un orden adecuado y facilitar el conteo vehicular para su posterior cálculo.

El conteo se realizó de forma manual en los tres accesos de la intersección y con la ayuda de personal previamente capacitado en la utilización de los formatos de conteo y en la clasificación vehicular, todo esto para la obtención de datos más precisos y reales de la intersección.

Los días de conteo vehicular fueron el lunes 4 de abril de 2022, miércoles 6 de abril de 2022 y viernes 8 de abril de 2022, durante seis horas durante el día las cuales fueron en horarios de 7:00 a.m. a 9:00 a.m., 12:00 p.m. a 2:00 p.m. y de 6:00 p.m. a 8:00 p.m., en periodos de 15 minutos respectivamente durante el horario establecido. Los días y horarios escogidos son de acuerdo a los diferentes horarios de mayor demanda vehicular e investigaciones de tráfico realizadas en nuestra ciudad según los cuadros mostrados en el anexo 3 denominado Aforo Vehicular de la Intersección II – Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión.

El volumen de ciclistas y peatones es casi nulo debido al gran flujo de tránsito vehicular en la zona, a la longitud limitada de ancho de carril que se tiene en la intersección y a su vez a la exposición al peligro que genera el canal del Río Uchusuma.

En la tabla 21, 22 y 23 se observa el aforo total de la intersección II durante el día lunes es 5519 veh/día, el día miércoles es 6087 veh/día y el día viernes es de 5746 veh/día, las velocidades de tránsito son bajas, y las características de movimiento vehicular que lo determinan, es que se ubica en el nivel de servicio F, siendo el nivel donde la congestión es excesiva y el flujo es detenido en ocasiones.

Tabla 21

*Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del lunes 4 de abril de 2022-
Intersección II*

Hora de control	Av. Collpa	Av. Collpa	Calle san Hilarión	Total veh. por 15 min.
	E-O	O-E	S-N	
7:00 - 7:15 a.m.	97	68	83	248
7:15 - 7:30 a.m.	107	129	101	337
7:30 - 7:45 a.m.	104	93	99	296
7:45 - 8:00 a.m.	85	72	72	229
8:00 - 8:15 a.m.	80	53	53	186
8:15 - 8:30 a.m.	94	42	40	176
8:30 - 8:45 a.m.	81	36	35	152
8:45 - 9:00 a.m.	81	32	32	145
12:00 - 12:15 p.m.	89	30	27	146
12:15 - 12:30 p.m.	95	41	33	169
12:30 - 12:45 p.m.	95	57	38	190
12:45 - 1:00 p.m.	101	44	37	182
1:00 - 1:15 p.m.	96	56	35	187
1:15 - 1:30 p.m.	92	44	32	168
1:30 - 1:45 p.m.	86	35	34	155
1:45 - 2:00 p.m.	93	36	30	159
6:00 - 6:15 p.m.	135	42	104	281
6:15 - 6:30 p.m.	141	46	103	290
6:30 - 6:45 p.m.	150	41	103	294
6:45 - 7:00 p.m.	164	35	113	312
7:00 - 7:15 p.m.	182	39	110	331
7:15 - 7:30 p.m.	156	44	104	304
7:30 - 7:45 p.m.	158	43	93	294
7:45 - 8:00 p.m.	161	42	85	288
Parcial	2723	1200	1596	
Total veh/día	5519			

Nota. Aforo vehicular en intervalos de 15 minutos y acumulado.

Tabla 22

*Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del miércoles 6 de abril de 2022-
Intersección II*

Hora de control	Av. Collpa	Av. Collpa	Calle san Hilarión	Total veh. por 15 min.
	E-O	O-E	S-N	
7:00 - 7:15 a.m.	124	69	68	261
7:15 - 7:30 a.m.	136	85	97	318
7:30 - 7:45 a.m.	138	90	76	304
7:45 - 8:00 a.m.	137	74	74	285
8:00 - 8:15 a.m.	127	53	53	233
8:15 - 8:30 a.m.	129	38	55	222
8:30 - 8:45 a.m.	139	42	34	215
8:45 - 9:00 a.m.	141	45	32	218
12:00 - 12:15 p.m.	134	36	40	210
12:15 - 12:30 p.m.	124	50	38	212
12:30 - 12:45 p.m.	134	57	44	235
12:45 - 1:00 p.m.	137	55	37	229
1:00 - 1:15 p.m.	128	50	34	212
1:15 - 1:30 p.m.	125	44	32	201
1:30 - 1:45 p.m.	114	58	35	207
1:45 - 2:00 p.m.	113	47	39	199
6:00 - 6:15 p.m.	147	61	63	271
6:15 - 6:30 p.m.	152	65	64	281
6:30 - 6:45 p.m.	156	74	60	290
6:45 - 7:00 p.m.	161	66	68	295
7:00 - 7:15 p.m.	173	77	62	312
7:15 - 7:30 p.m.	158	70	70	298
7:30 - 7:45 p.m.	153	65	74	292
7:45 - 8:00 p.m.	168	57	62	287
Parcial	3348	1428	1311	
Total veh/día	6087			

Nota. Aforo vehicular en intervalos de 15 minutos y acumulado.

Tabla 23

*Resumen de aforo vehicular por acceso y hora pico del viernes 8 de abril de 2022-
Intersección II*

Hora de control	Av. Collpa	Av. Collpa	Calle san Hilarión	Total veh. por 15 min.
	E-O	O-E	S-N	
7:00 - 7:15 a.m.	122	92	48	262
7:15 - 7:30 a.m.	130	103	68	301
7:30 - 7:45 a.m.	119	91	70	280
7:45 - 8:00 a.m.	128	103	58	289
8:00 - 8:15 a.m.	128	67	56	251
8:15 - 8:30 a.m.	128	48	46	222
8:30 - 8:45 a.m.	132	57	36	225
8:45 - 9:00 a.m.	132	54	29	215
12:00 - 12:15 p.m.	107	49	30	186
12:15 - 12:30 p.m.	112	46	32	190
12:30 - 12:45 p.m.	119	61	35	215
12:45 - 1:00 p.m.	112	55	32	199
1:00 - 1:15 p.m.	116	48	28	192
1:15 - 1:30 p.m.	122	45	24	191
1:30 - 1:45 p.m.	103	42	36	181
1:45 - 2:00 p.m.	104	50	32	186
6:00 - 6:15 p.m.	147	69	46	262
6:15 - 6:30 p.m.	149	65	50	264
6:30 - 6:45 p.m.	159	61	48	268
6:45 - 7:00 p.m.	159	81	50	290
7:00 - 7:15 p.m.	155	71	60	286
7:15 - 7:30 p.m.	138	85	49	272
7:30 - 7:45 p.m.	148	90	48	286
7:45 - 8:00 p.m.	148	50	35	233
Parcial	3117	1583	1046	
Total veh/día	5746			

Nota. Aforo vehicular en intervalos de 15 minutos y acumulado.

4.3. Alternativa de Solución de la Intersección I - Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst

a) Grupos de movimiento y grupos de carril

En vista de los movimientos con dirección hacia la izquierda, estos serán restringidos para un mejor tránsito y a su vez tener dos fases de semaforización, y tener un tránsito fluido.

En la Avenida Tarapacá de Este a Oeste, se tenía in situ tres diferentes tipos de movimientos de los cuales el de mayor incidencia era con dirección hacia el frente; para el movimiento hacia la izquierda se simuló el movimiento hacia la derecha por una calle antes de llegar a la intersección I de estudio, a fin de que pueda ingresar a la Avenida Billinghamurst y a su vez pueda seguir su camino con dirección al sur, como lo haría si pudiese girar a la izquierda. La cantidad de vehículos contabilizados con dirección a la izquierda serán restados de esta dirección de acceso y sumados al ingreso de la intersección por la Avenida Billinghamurst con dirección de frente. Finalmente se tiene dos tipos de movimientos los cuales son de frente y hacia la derecha con un solo carril de 3.60 m, restringiendo así el movimiento con dirección hacia la izquierda.

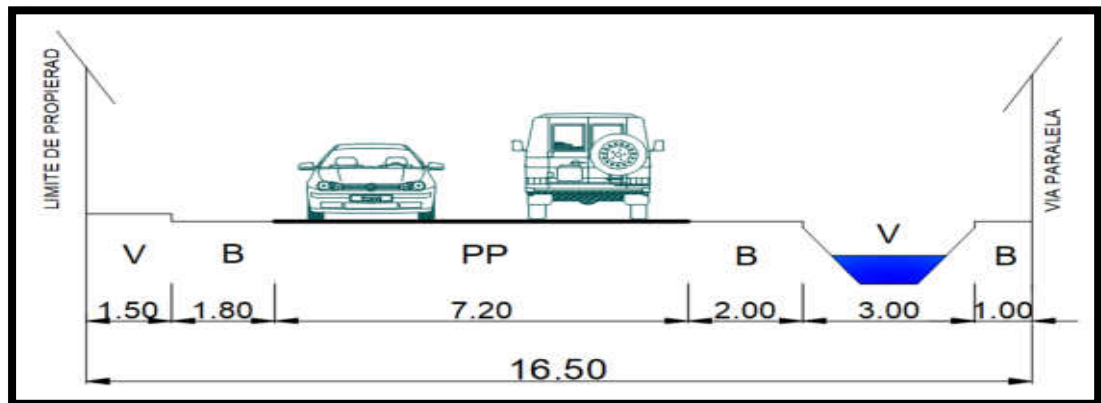
En la Avenida Billinghamurst de Norte a Sur, se tenía in situ tres diferentes tipos de movimientos de los cuales el de mayor incidencia era con dirección hacia la derecha; para el movimiento hacia la izquierda se despreció ya que el porcentaje era casi nulo; para el movimiento de frente se realizó la suma de los vehículos restados del anterior acceso que tenían movimiento hacia la izquierda. Finalmente se tiene dos tipos de movimientos los cuales son de frente y hacia la derecha con un solo carril de 3.60 m, restringiendo así el movimiento con dirección hacia la izquierda.

En la Avenida Tarapacá de Oeste a Este, se tenía in situ tres diferentes tipos de movimientos de los cuales el de mayor incidencia era con dirección hacia la izquierda, para este movimiento se hizo el cambio de dirección hacia la derecha y los vehículos contabilizados será sumados en la dirección hacia la derecha el cual podrá continuar con dirección al norte realizando el giro en las calle aledañas. Finalmente se tiene dos tipos de movimientos los cuales son de frente y hacia la derecha con un solo carril de 3.60 m, restringiendo así el movimiento con dirección hacia la izquierda.

En la Avenida Billinghamurst de Sur a Norte, se tenía in situ tres diferentes tipos de movimientos de los cuales el de mayor incidencia era con dirección de frente; para el movimiento hacia la izquierda se despreció ya que el porcentaje era casi nulo; para el movimiento de frente se realizó la suma de los vehículos que iban a realizar el movimiento con dirección hacia la izquierda en la Avenida Tarapacá de Oeste a Este del anterior acceso a fin de que puedan continuar su viaje con dirección al Norte. Finalmente se tiene dos tipos de movimientos los cuales son de frente y hacia la derecha con un solo carril de 3.60 m como se aprecia en la figura 15 y 16, restringiendo así el movimiento con dirección hacia la izquierda.

Figura 15

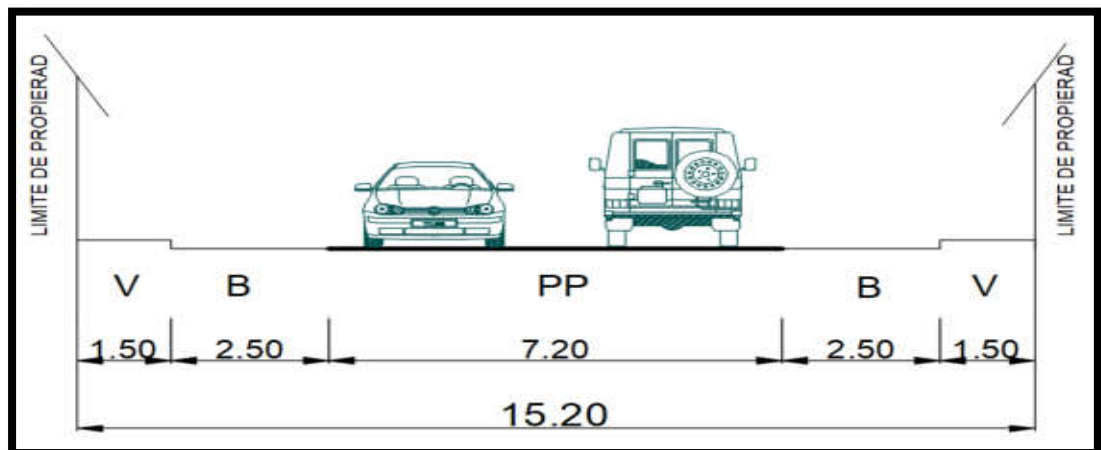
Sección de carril de Oeste – Este y Este a Oeste Intersección I - Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst



Nota. Dimensiones de las secciones geométricas del carril de Este – Oeste.

Figura 16

Sección de carril de Norte – Sur y Sur – Norte Intersección I - Avenida Tarapacá con Avenida Billinghamurst



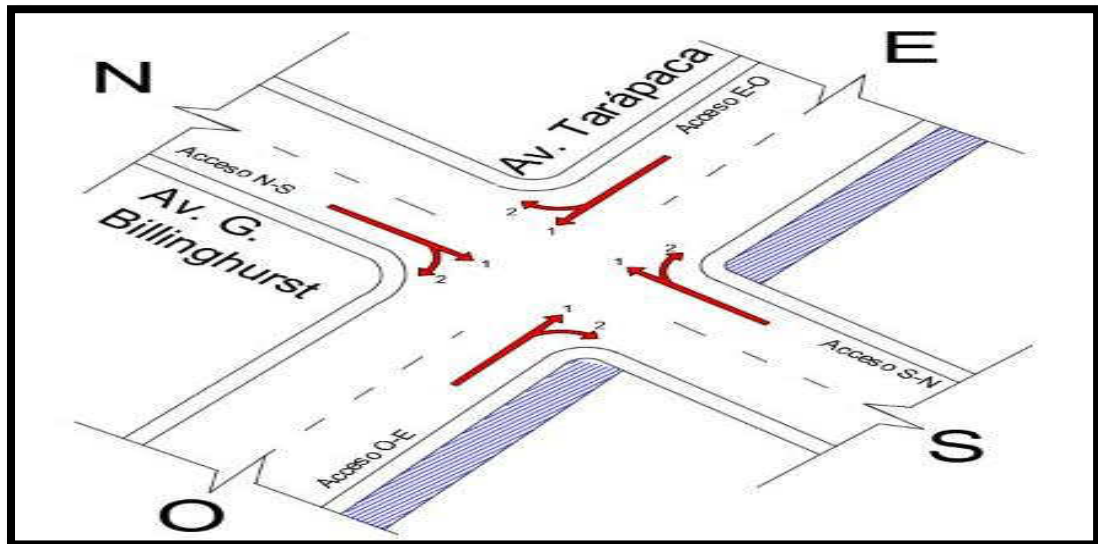
Nota. Dimensiones de las secciones geométricas del carril de Norte – Sur.

Grupo de carril "GC" por acceso:

- Carril compartido de movimiento de frente y giro a la derecha.

Figura 17

Movimientos propuestos para la Intersección I Av. Tarapacá con Av. Billinghurst



Nota. En la figura se observa la propuesta de la intersección I con la restricción de giros y los giros propuestos.

b) VHMD y cálculo de la tasa de flujo V_p

En seguida se presenta la aplicación de las fórmulas propuestas por la metodología antes descrita y la tabla resumen de la tasa de flujo " V_p " para cada grupo de carriles, acceso e intersección en la hora pico.

Se utilizó las hojas de cálculo de conteo vehicular para la corroboración de los resultados manuales y brindar los datos y resúmenes necesarios para los cálculos.

Otra forma de calcular el V_p es identificar el mayor flujo de cada movimiento ($V_{m\acute{a}x15}$) y multiplicarlo por 4, para obtener el flujo vehicular en una hora.

• Determinación de la tasa de flujo V_p

Acceso: E-O

Movimiento: F

Grupo de carril: 1

Número de carriles: 1

$$VHMD = 445 \text{ veh/hora}$$

$$V_{max15} = 121 \text{ veh/15min}$$

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * V_{max15}} = \frac{445}{4 * 121} = 0,92$$

$$V_p = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{445}{0,92} = 484 \text{ veh/hora}$$

Acceso: E-O

Movimiento: D

Grupo de carril: 1

Número de carriles: 1

$$VHMD = 37 \text{ veh/hora}$$

$$V_{max15} = 11 \text{ veh/15min}$$

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * V_{max15}} = \frac{37}{4 * 11} = 0,84$$

$$V_p = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{37}{0,84} = 44 \text{ veh/hora}$$

Cálculo de V_p del acceso:

$$V_p \text{ acceso} = 484 + 44 = 528 \text{ veh/h}$$

Tabla 24

Tasa de flujo por acceso de la Intersección I

ACCESO	MOVI.	GC	VHMD (veh/h)	V_{max15} (veh/15 min)	FHMD	V_p MOVI. (veh/h)	V_p GC (veh/h)	V_p acceso (veh/h)
E-O	F	1	445	121	0,92	484	528	528
	D		37	11	0,84	44		
N-S	F	1	114	34	0,84	136	356	356
	D		207	55	0,94	220		
O-E	F	1	455	129	0,88	516	760	760
	D		229	61	0,94	244		
S-N	F	1	231	70	0,83	280	324	324
	D		38	11	0,86	44		

Nota. Tasa de flujo por movimiento y acumulado por carril.

Se observa en la tabla número 24 que en el acceso de Oeste – Este es el de mayor incidencia por presentar un flujo vehicular considerable en la intersección I, mientras que en el acceso de Sur – Norte se presenta el menor flujo vehicular de la intersección.

c) Tiempo semafórico

Se planteó el uso de cuatro semáforos con contador de tiempo, una para cada acceso respectivamente; a fin de que se dé un reordenamiento vial en la intersección I de la Avenida Billinghamurst con Avenida Tarapacá.

El ciclo de semaforización contara con 2 fases semafóricas, siendo las de la Avenida Tarapacá de Este – Oeste y Oeste – Este será de 25 segundos de verde, 3 segundos de ámbar y 24 segundos de rojo. La Avenida Billinghamurst de Norte – Sur y Sur – Norte será de 20 segundos de verde, 3 segundos de ámbar y 29 segundos de rojo, como se observa en la figura 18.

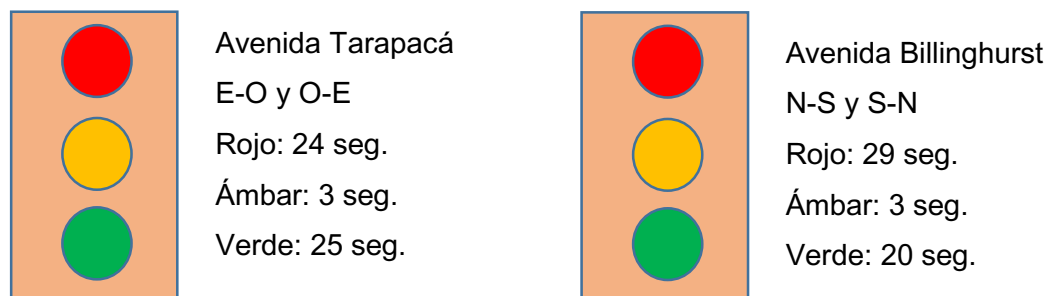
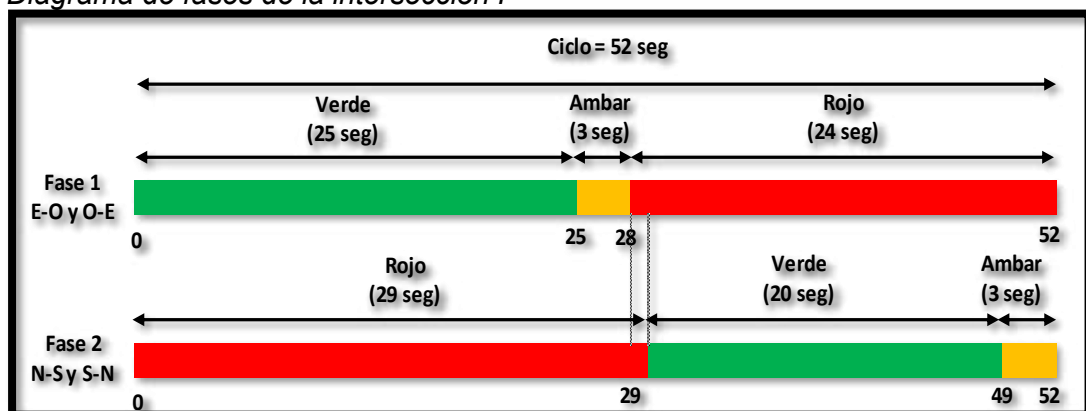


Figura 18

Diagrama de fases de la intersección I



Nota. En la figura se observa la propuesta de ciclo semafórico para la Intersección I, teniendo en consideración 1 seg de rojo en simultáneo.

d) **Determinación de la tasa de flujo de saturación “S”**

Para el GC 1 del acceso E-O

- Flujo de saturación base: $S_0 = 1\,900$ veh/h/carril
- Ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,60 m, por lo tanto, le corresponde $f_w = 1,00$
- Ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados $P_{HV} = 1,37\%$

Factor de equivalencias en vehículos livianos $E_T = 2,5$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 1,37(2,5 - 1)} = 0,980$$

- Ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal $G = -2,5\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200}$$

$$f_g = 1 - \frac{-2,5}{200} = 1,013$$

- Ajuste por estacionamiento:

Número de maniobras de estacionamiento al grupo de carriles $N_m = 4$

Número de carriles en el grupo $N = 1$

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N}$$

$$f_p = \frac{1 - 0,1 - \frac{18 * 4}{3600}}{1} = 0,88$$

- Ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de $\frac{\text{buses}}{\text{hora}}$ $N_b = 8$

Número de carriles en el grupo de carril $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N}$$

$$f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4 * 8}{3600}}{1} = 0,968$$

- Factor de ajuste por tipo de área
Como no es considerada una zona céntrica ni comercial el valor es de $f_a = 1,00$
- Ajuste por utilización de carriles
El grupo de carriles tiene un carril compartido por lo que es $f_{LU} = 1,00$
- Ajuste para giros a la derecha
Para giros protegidos para carril único es de $f_{RT} = 0,85$
- Ajuste para giros a la izquierda
No presenta giros a la izquierda, por ello es $f_{LT} = 1,00$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha
No existe la presencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Rpb} = 1,00$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda
No existe la presencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Lpb} = 1,00$
- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = 1900 * 1 * 0,980 * 1,013 * 0,88 * 0,968 * 1,00 * 1,00 * 0,85 * 1,00 * 1,00 * 1,00$$

$$S = 1364,87 \text{ veh/h}$$

Para el GC 1 del acceso N-S

- Flujo de saturación base $S_0 = 1\ 900 \text{ veh/h/carril}$
- Ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,60 m, por lo tanto, le corresponde $f_w = 1,00$
- Ajuste por vehículos pesados:
Porcentaje de vehículos pesados $P_{HV} = 0,00 \%$
Factor de equivalencias en vehículos livianos $E_T = 2,5$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 0,00(2,5 - 1)} = 1,000$$

- Ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal $G = 1,00 \%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200}$$

$$f_g = 1 - \frac{1,00}{200} = 0,995$$

- Ajuste por estacionamiento:

Número de maniobras de estacionamiento al grupo de carriles $N_m = 7$

Número de carriles en el grupo $N = 1$

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N}$$

$$f_p = \frac{1 - 0,1 - \frac{18 * 7}{3600}}{1} = 0,865$$

- Ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N}$$

$$f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4 * 0}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área

Como no es considerada una zona céntrica ni comercial el valor es de $f_a = 1,00$

- Ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril compartido por lo que es $f_{LU} = 1,00$

- Ajuste para giros a la derecha

Para giros protegidos para carril único es de $f_{RT} = 0,85$

- Ajuste para giros a la izquierda
No presenta giros a la izquierda, por ello es $f_{LT} = 1,00$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha
No hay presencia de peatones ni ciclistas, por ello el valor es $f_{Rpb} = 1,00$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda
No hay la presencia de ciclistas ni peatones, por ello el valor es $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = 1900 * 1 * 1,000 * 0,995 * 0,865 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 0,85 * 1,00 * 1,00 * 1,00$$

$$S = 1389,99 \text{ veh/h}$$

Para el GC 1 del acceso O-E

- Flujo de saturación base: $S_0 = 1\ 900 \text{ veh/h/carril}$
- Ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,60 m, por lo tanto, le corresponde $f_w = 1,00$
- Ajuste por vehículos pesados:
Porcentaje de vehículos pesados $P_{HV} = 6,00 \%$
Factor de equivalencias en vehículos livianos $E_T = 2,5$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 6,00(2,5 - 1)} = 0,917$$

- Ajuste por pendiente:
Pendiente longitudinal $G = 2,00 \%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200}$$

$$f_g = 1 - \frac{2,00}{200} = 0,990$$

- Ajuste por estacionamiento:
Número de maniobras de estacionamiento al grupo de carriles $N_m = 0$
No presenta estacionamientos por ende el factor es $f_p = 1,000$

- Ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora $N_b = 5$

Número de carriles en el grupo de carril $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N}$$

$$f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4 * 5}{3600}}{1} = 0,980$$

- Factor de ajuste por tipo de área

Como no es considerada una zona céntrica ni comercial el valor es de $f_a = 1,00$

- Ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril compartido por lo que es $f_{LU} = 1,00$

- Ajuste para giros a la derecha

Para giros protegidos para carril único es de $f_{RT} = 0,85$

- Ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por ello es $f_{LT} = 1,00$

- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe la presencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Rpb} = 1,00$

- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe la presencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = 1900 * 1 * 0,917 * 0,990 * 1,000 * 0,980 * 1,00 * 1,00 * 0,85 * 1,00 * 1,00 * 1,00$$

$$S = 1437,50 \text{ veh/h}$$

Para el GC 1 del acceso S-N

- Flujo de saturación base: $S_0 = 1\ 900 \text{ veh/h/carril}$

- Ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,60 m, por lo tanto, le corresponde $f_w = 1,00$

- Ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados $P_{HV} = 0,00 \%$

Factor de equivalencias en vehículos livianos $E_T = 2,5$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 0,00(2,5 - 1)} = 1,000$$

- Ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal $G = 0,50 \%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200}$$

$$f_g = 1 - \frac{0,50}{200} = 0,998$$

- Ajuste por estacionamiento:

Número de maniobras de estacionamiento al grupo de carriles $N_m = 0$

No presenta estacionamientos por ende el factor es $f_p = 1,000$

- Ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora $N_b = 5$

Número de carriles en el grupo de carril $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N}$$

$$f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4 * 5}{3600}}{1} = 0,980$$

- Factor de ajuste por tipo de área

Como no es considerada una zona céntrica ni comercial el valor es de $f_a = 1,00$

- Ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril compartido por lo que es $f_{LU} = 1,00$

- Ajuste para giros a la derecha

Para giros protegidos para carril único es de $f_{RT} = 0,85$

- Ajuste para giros a la izquierda
No presenta giros a la izquierda, por ello es $f_{LT} = 1,00$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha
No existe la presencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Rpb} = 1,00$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda
No existe la presencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = 1900 * 1 * 1,000 * 0,998 * 1,000 * 0,980 * 1,000 * 1,00 * 0,85 * 1,00 * 1,00 * 1,00$$

$$S = 1578,74 \text{ veh/h}$$

- e) Determinación de la capacidad “C”, la relación volumen-capacidad “X” y nivel de servicio**

Para el GC 1 del acceso E-O

- Número de carriles del grupo: $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo: $S = 1364,87 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo $g = 25 \text{ seg}$
- Ciclo de semaforización $C = 52$
- Relación de verde para el grupo

$$\frac{g}{C} = \frac{25}{52} = 0,490$$

- Capacidad “c”

$$c = N * S * \frac{g}{C}$$

$$c = 1 * 1364,87 * 0,490$$

$$c = 669,05 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen – capacidad “X”

$$X = \frac{Vp}{c}$$

$$X = \frac{528}{669,05} = 0,79$$

Al ser la relación volumen – capacidad $0,79 < 1,00$ por lo tanto se calcula las demoras.

- Factor de ajuste por coordinación de semáforos

Se usa el valor por defecto de $Rp = 1,333$ de tipo de llegada 4)

$$P = Rp * \frac{g}{C}$$

$$P = 1,333 * 0,490 = 0,653$$

Por ser de tipo de llegada 4 el factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde será $f_{PA} = 1,15$

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}}$$

$$PF = \frac{(1 - 0,653) * 1,15}{1 - 0,490} = 0,782$$

- Demora incremental (d_2)

$$d_2 = 900 * T * \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left(\frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis $T = 0,25$ horas

Factor de ajuste incremental $k = 0,50$ (semáforos de tiempo fijo)

Factor de ajuste por acceso a la intersección $I = 1$ (intersecciones aisladas)

$$d_2 = 900 * 0,25 * \left[(0,79 - 1) + \sqrt{(0,79 - 1)^2 + \left(\frac{8 * 0,50 * 1,00 * 0,79}{669,05 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 9,18 \text{ seg}$$

- Demora de cola inicial (d_3)

Tenemos como datos el $Qb = 3$ veh que es la cola inicial al inicio de un nuevo ciclo

Tenemos que $X \leq 1$, $0,79 \leq 1$

Calculamos el valor de t que es la duración de la demanda insatisfecha, sabiendo que $T = 0,25$ horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{3}{669,05 * [1 - \min(1; 0,79)]} = 0,0213 \text{ horas}$$

Como $t < T$, entonces el valor de $u = 0$

Consideramos el Caso III ($Qb > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$), $u = 0$ para lo cual usamos la siguiente ecuación

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$$

$$d_3 = \frac{1800 * 3 * 0,0213}{669,05 * 0,25} = 0,69 \text{ seg}$$

- Demora uniforme (d_1)

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1; X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{T - t}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * 52 * (1 - 0,490) * \frac{0,0213}{0,25} + \frac{0,5 * 52 * (1 - 0,490)^2}{1 - (\min 1; 0,79 * 0,490)} * \frac{0,25 - 0,0213}{0,25}$$

$$* 0,782$$

$$d_1 = 8,84 \text{ seg}$$

- Demora total del grupo de carril

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

$$d = 8,84 * (0,782) + 9,18 + 0,69$$

$$d = 16,78 \text{ seg}$$

Para el GC 1 del acceso N-S

- Número de carriles del grupo: $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo: $S = 1389,99 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo $g = 20 \text{ seg}$
- Ciclo de semaforización $C = 52$
- Relación de verde para el grupo

$$\frac{g}{C} = \frac{20}{52} = 0,392$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C}$$

$$c = 1 * 1389,99 * 0,392$$

$$c = 545,09 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen – capacidad “X”

$$X = \frac{Vp}{c}$$

$$X = \frac{356}{545,09} = 0,65$$

Al ser la relación volumen – capacidad $0,65 < 1,00$ por lo tanto se calcula las demoras.

- Factor de ajuste por coordinación de semáforos

Se usa el valor por defecto de $Rp = 1,333$ de tipo de llegada 4)

$$P = Rp * \frac{g}{C}$$

$$P = 1,333 * 0,392 = 0,523$$

Por ser de tipo de llegada 4 el factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde será $f_{PA} = 1,15$

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}}$$

$$PF = \frac{(1 - 0,523) * 1,15}{1 - 0,392} = 0,903$$

- Demora incremental (d_2)

$$d_2 = 900 * T * \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left(\frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis $T = 0,25$ horas

Factor de ajuste incremental $k = 0,50$ (semaforos de tiempo fijo)

Factor de ajuste por acceso a la intersección $I = 1$ (intersecciones aisladas)

$$d_2 = 900 * 0,25 * \left[(0,65 - 1) + \sqrt{(0,65 - 1)^2 + \left(\frac{8 * 0,50 * 1,00 * 0,65}{545,09 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 5,99 \text{ seg}$$

- Demora de cola inicial (d_3)

Tenemos como datos el $Qb = 2 \text{ veh}$ que es la cola inicial al inicio de un nuevo ciclo

Tenemos que $X \leq 1$, $0,65 \leq 1$

Calculamos el valor de t que es la duración de la demanda insatisfecha, sabiendo que $T = 0,25 \text{ horas}$

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{2}{545,09 * [1 - \min(1; 0,65)]} = 0,0106 \text{ horas}$$

Como $t < T$, entonces el valor de $u = 0$

Consideramos el Caso III ($Qb > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$), $u = 0$ para lo cual usamos la siguiente ecuación

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$$

$$d_3 = \frac{1800 * 2 * 0,0106}{545,09 * 0,25} = 0,28 \text{ seg}$$

- Demora uniforme (d_1)

La ecuación la tomaremos del Caso III

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1; X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{T - t}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * 52 * (1 - 0,392) * \frac{0,0106}{0,25} + \frac{0,5 * 52 * (1 - 0,392)^2}{1 - (\min 1; 0,65 * 0,392)} * \frac{0,25 - 0,0106}{0,25}$$

$$* 0,903$$

$$d_1 = 11,61 \text{ seg}$$

- Demora total del grupo de carril

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

$$d = 11,61 * (0,903) + 5,99 + 0,28$$

$$d = 16,75 \text{ seg}$$

Para el GC 1 del acceso O-E

- Número de carriles del grupo: $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo: $S = 1437,50 \text{ veh/h}$

- Tiempo de verde efectivo para el grupo $g = 25 \text{ seg}$
- Ciclo de semaforización $C = 52$
- Relación de verde para el grupo

$$\frac{g}{C} = \frac{25}{52} = 0,490$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C}$$

$$c = 1 * 1437,50 * 0,490$$

$$c = 704,66 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen – capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c}$$

$$X = \frac{760}{704,66} = 1,08$$

Al ser la relación volumen – capacidad $1,08 > 1,00$ por lo tanto influye las colas iniciales.

- Factor de ajuste por coordinación de semáforos

Se usa el valor por defecto de $Rp = 1,333$ de tipo de llegada 4)

$$P = Rp * \frac{g}{C}$$

$$P = 1,333 * 0,490 = 0,653$$

Por ser de tipo de llegada 4 el factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde será $f_{PA} = 1,15$

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}}$$

$$PF = \frac{(1 - 0,653) * 1,15}{1 - 0,490} = 0,782$$

- Demora incremental (d_2)

$$d_2 = 900 * T * \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left(\frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis $T = 0,25 \text{ horas}$

Factor de ajuste incremental $k = 0,50$ (*semaforos de tiempo fijo*)

Factor de ajuste por acceso a la intersección $I = 1$ (*intersecciones aisladas*)

$$d_2 = 900 * 0,25 * \left[(1,08 - 1) + \sqrt{(1,08 - 1)^2 + \left(\frac{8 * 0,50 * 1,00 * 1,08}{704,66 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 57,07 \text{ seg}$$

- Demora de cola inicial (d_3)

Tenemos como datos el $Qb = 4 \text{ veh}$ que es la cola inicial al inicio de un nuevo ciclo

Tenemos que $X > 1$ entonces $1,08 > 1$.

Como el valor de $X > 1$, entonces consideramos que el valor de $t = T$.

$$t = T$$

$$t = 0,25 \text{ horas}$$

Consideramos el Caso V ($Qb > 0$), ($X > 1$), ($t = T$), para lo cual usamos la siguiente ecuación.

$$d_3 = \frac{3600 * Qb}{c}$$

$$d_3 = \frac{3600 * 4}{704,66} = 20,44 \text{ seg}$$

- Demora uniforme (d_1)

La ecuación la tomaremos del Caso V

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C} \right)$$

$$d_1 = 0,5 * 52 * (1 - 0,490)$$

$$d_1 = 13,00 \text{ seg}$$

- Demora total del grupo de carril

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

$$d = 13,00 * (0,782) + 57,07 + 20,44$$

$$d = 87,67 \text{ seg}$$

Para el GC 1 del acceso S-N

- Número de carriles del grupo: $N = 1$

- Flujo de saturación del grupo: $S = 1578,74 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo $g = 20 \text{ seg}$
- Ciclo de semaforización $C = 52$
- Relación de verde para el grupo

$$\frac{g}{C} = \frac{20}{52} = 0,392$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C}$$

$$c = 1 * 1578,74 * 0,392$$

$$c = 619,12 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen – capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c}$$

$$X = \frac{324}{619,12} = 0,52$$

Al ser la relación volumen – capacidad $0,52 < 1,00$ por lo tanto se calcula las demoras.

- Factor de ajuste por coordinación de semáforos

Se usa el valor por defecto de $Rp = 1,333$ de tipo de llegada 4)

$$P = Rp * \frac{g}{C}$$

$$P = 1,333 * 0,392 = 0,523$$

Por ser de tipo de llegada 4 el factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde será $f_{pA} = 1,15$

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{pA}}{1 - \frac{g}{C}}$$

$$PF = \frac{(1 - 0,523) * 1,15}{1 - 0,392} = 0,903$$

- Demora incremental (d_2)

$$d_2 = 900 * T * \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left(\frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis $T = 0,25$ horas

Factor de ajuste incremental $k = 0,50$ (semaforos de tiempo fijo)

Factor de ajuste por acceso a la intersección $I = 1$ (intersecciones aisladas)

$$d_2 = 900 * 0,25 * \left[(0,52 - 1) + \sqrt{(0,52 - 1)^2 + \left(\frac{8 * 0,50 * 1,00 * 0,52}{619,12 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 3,15 \text{ seg}$$

- Demora de cola inicial (d_3)

Tenemos como datos el $Qb = 2$ veh que es la cola inicial al inicio de un nuevo ciclo

Tenemos que $X \leq 1$, $0,52 \leq 1$

Calculamos el valor de t que es la duración de la demanda insatisfecha, sabiendo que $T = 0,25$ horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{2}{619,12 * [1 - \min(1; 0,52)]} = 0,0068 \text{ horas}$$

Como $t < T$, entonces el valor de $u = 0$

Consideramos el Caso III ($Qb > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$), $u = 0$ para lo cual usamos la siguiente ecuación

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$$

$$d_3 = \frac{1800 * 2 * 0,0068}{619,12 * 0,25} = 0,16 \text{ seg}$$

- Demora uniforme (d_1)

La ecuación la tomaremos del Caso III

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C} \right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C} \right)^2}{1 - \left(\min 1; X * \frac{g}{C} \right)} * \frac{T - t}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * 52 * (1 - 0,392) * \frac{0,0068}{0,25} + \frac{0,5 * 52 * (1 - 0,392)^2}{1 - (\min 1; 0,52 * 0,392)} * \frac{0,25 - 0,0068}{0,25} * 0,903$$

$$d_1 = 10,83 \text{ seg}$$

- Demora total del grupo de carril

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

$$d = 10,83 * (0,903) + 3,15 + 0,16$$

$$d = 13,09 \text{ seg}$$

f) Determinación del nivel de servicio por intersección

- Nivel de servicio de Este – Oeste

Tasa de flujo por acceso $Vp = 528 \text{ veh/hora}$

Demora total del acceso $d = 16,78 \text{ seg}$

Nivel de servicio B

- Nivel de servicio de Norte – Sur

Tasa de flujo por acceso $Vp = 356 \text{ veh/hora}$

Demora total del acceso $d = 16,75 \text{ seg}$

Nivel de servicio B

- Nivel de servicio de Oeste – Este

Tasa de flujo por acceso $Vp = 760 \text{ veh/hora}$

Demora total del acceso $d = 87,67 \text{ seg}$

Nivel de servicio F

- Nivel de servicio de Sur – Norte

Tasa de flujo por acceso $Vp = 324 \text{ veh/hora}$

Demora total del acceso $d = 13,09 \text{ seg}$

Nivel de servicio B

- Nivel de servicio por intersección

$$d_{int} = \frac{\sum d_A * V_A}{\sum V_A}$$

$$d_{int} = \frac{16,78 * 528 + 16,75 * 356 + 87,67 * 760 + 13,09 * 324}{528 + 356 + 760 + 324}$$

$$d_{int} = 43,54 \text{ seg}$$

Siendo la demora total de la intersección de $d_{int} = 43,54 \text{ seg}$, entonces el nivel de servicio es D, como se observa en la tabla 25.

Tabla 25

Demora y nivel de servicio por acceso e intersección I

	Av. Tarapacá E-O	Av. Billinghurst N-S	Av. Tarapacá O-E	Av. Billinghurst S-N
Demora total por acceso	16,78 <i>seg</i>	16,75 <i>seg</i>	87,67 <i>seg</i>	13,09 <i>seg</i>
Nivel de servicio por acceso	B	B	F	B
Demora total por intersección	43,54 <i>seg</i>			
Nivel de servicio por intersección	D			

Nota. Nivel de servicio según las condiciones de demoras del HCM 2010.

4.4. Alternativa de Solución de la Intersección II - Avenida Tarapacá con la Calle San Hilarión

a) Grupos de movimiento y grupos de carril

En vista de los movimientos con dirección hacia la izquierda, estos serán restringidos para un mejor tránsito y a su vez tener dos fases de semaforización, y tener un tránsito fluido.

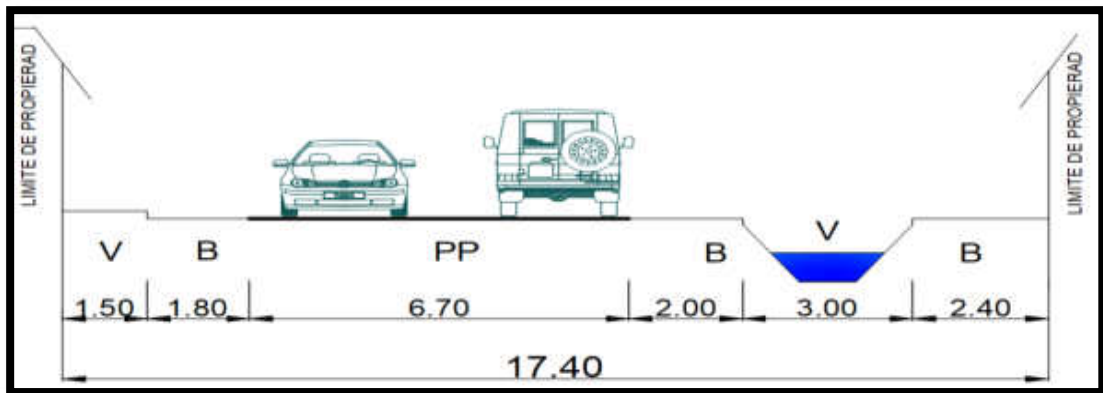
En la Avenida Tarapacá de Este a Oeste, se tenía in situ dos tipos de movimientos de los cuales el de mayor incidencia era con dirección hacia la izquierda; siendo un giro con precaución debido a la intersección que tendría con los vehículos del otro carril, para el movimiento hacia al frente se considera el más óptimo para dicha intersección, ya que generaría congestión vehicular, debido a esta problemática se simuló un tiempo semafórico con diferente tiempo para cada uno de los carriles, permitiendo este el giro a la izquierda con precaución. El tiempo de simulación del semáforo fue escogido de una intersección cercana y con los mismos giros permitidos de cada carril. Finalmente se obtuvo por dar el giro a la izquierda debió a la alta demanda que presentó, ya que es una de las entradas y salidas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

En la Calle San Hilarión de Sur a Norte, se tenía in situ dos diferentes tipos de movimientos de los cuales el de mayor incidencia era con dirección hacia la derecha; para el movimiento hacia la izquierda se despreció ya que el porcentaje era casi nulo; Finalmente se tiene un tipo de movimiento el cual sería giro de derecha con un solo carril de 3.15 m, restringiendo así el movimiento con dirección hacia la izquierda.

En la Avenida Tarapacá de Oeste a Este, se tenía in situ dos diferentes tipos de movimientos de los cuales el de mayor incidencia era con dirección hacia al frente. Finalmente se tiene dos tipos de movimientos los cuales son de frente y hacia la derecha con un solo carril de 3.35 m como se observa en la figura 19 y 20, restringiendo así el movimiento con dirección hacia la izquierda.

Figura 19

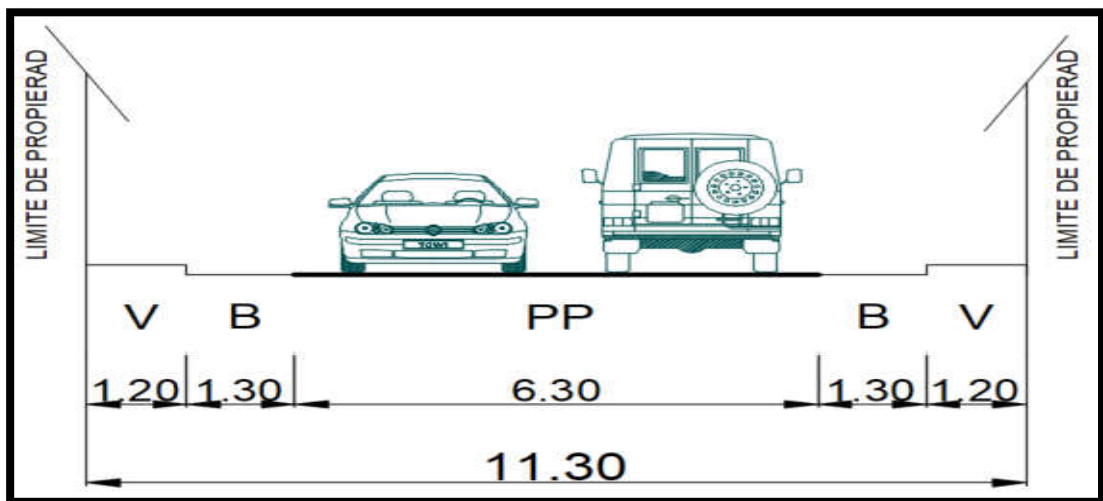
Sección de carril de Oeste – Este y Este – Oeste Intersección II - Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión



Nota: Dimensiones de las secciones geométricas del carril de Oeste – Este.

Figura 20

Sección de carril de Norte – Sur y Sur – Norte Intersección II - Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión



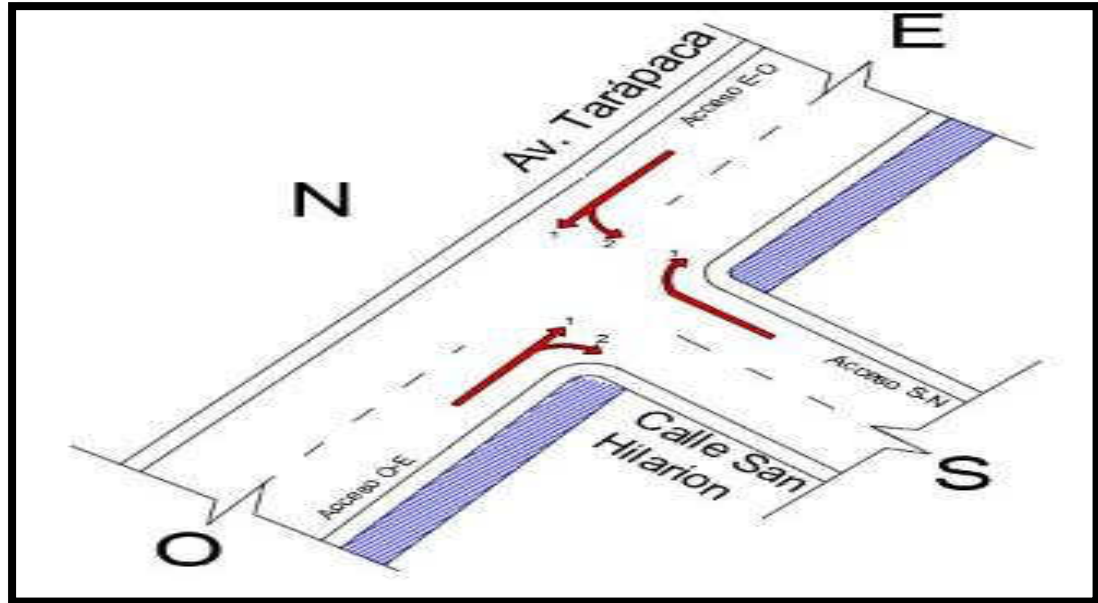
Nota: Dimensiones de las secciones geométricas del carril de Norte – Sur.

Grupo de carril "GC" por acceso:

- Carril compartido de movimiento de frente y giro a la derecha.

Figura 21

Movimientos propuestos para la Intersección II Av. Tarapacá con Calle San Hilarión



Nota. En la figura se observa la propuesta de la Intersección II con la restricción de giros y los giros propuestos.

b) VHMD y cálculo de la tasa de flujo Vp

En seguida se presenta la aplicación de las fórmulas propuestas por la metodología antes descrita y la tabla resumen de la tasa de flujo "Vp" para cada grupo de carriles, acceso e intersección en la hora pico.

Se utilizó las hojas de cálculo de conteo vehicular para la corroboración de los resultados manuales y brindar los datos y resúmenes necesarios para los cálculos.

Otra forma de calcular el Vp es identificar el mayor flujo de cada movimiento ($V_{m\acute{a}x15}$) y multiplicarlo por 4, para obtener el flujo vehicular en una hora.

- **Determinación de la tasa de flujo Vp**

Acceso: E-O

Movimiento: F

Grupo de carril: 1

Número de carriles: 1

$$VHMD = 263 \text{ veh/hora}$$

$$V_{max15} = 75 \text{ veh/15min}$$

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * Vmax15} = \frac{263}{4 * 75} = 0,88$$

$$Vp = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{263}{0,88} = 300 \text{ veh/hora}$$

Acceso: E-O

Movimiento: I

Grupo de carril: 1

Número de carriles: 1

$$VHMD = 406 \text{ veh/hora}$$

$$Vmax15 = 109 \text{ veh/15min}$$

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * Vmax15} = \frac{406}{4 * 109} = 0,93$$

$$Vp = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{406}{0,93} = 435 \text{ veh/hora}$$

Cálculo de Vp del acceso:

$$Vp \text{ acceso} = 300 + 435 = 735 \text{ veh/h}$$

Tabla 26

Tasa de flujo por acceso de la Intersección II

ACCESO	MOVI.	GC	VHMD (veh/h)	Vmax15 (veh/15 min)	FHMD	Vp MOVI. (veh/h)	Vp GC (veh/h)	Vp acceso (veh/h)
E-O	F	1	263	75	0,88	300	735	735
	I		406	109	0,93	435		
O-E	F	1	368	99	0,93	396	426	426
	D		21	8	0,70	30		
S-N	D	1	422	113	0,93	453	453	453

Nota. Tasa de flujo por movimiento y acumulado por carril.

En la tabla se observa que en el acceso de Este – Oeste es el de mayor incidencia por presentar un flujo vehicular considerable en la intersección II, mientras que en el acceso de Oeste – Este se presenta el menor flujo vehicular de la intersección.

c) Tiempo semafórico

Se planteó el uso de tres semáforos con contador de tiempo, una para cada acceso respectivamente; a fin de que se dé un reordenamiento vial en la intersección II de la Calle San Hilarión con Avenida Tarapacá.

El ciclo de semaforización contara con 2 fases semafóricas, siendo las de la Avenida Tarapacá de Este – Oeste y de La Calle San Hilarión de Sur – Norte será de 25 segundos de verde, 3 segundos de ámbar y 24 segundos de rojo. La Avenida Tarapacá de Oeste – Este será de 20 segundos de verde, 3 segundos de ámbar y 29 segundos de rojo, como se aprecia en la figura 22.

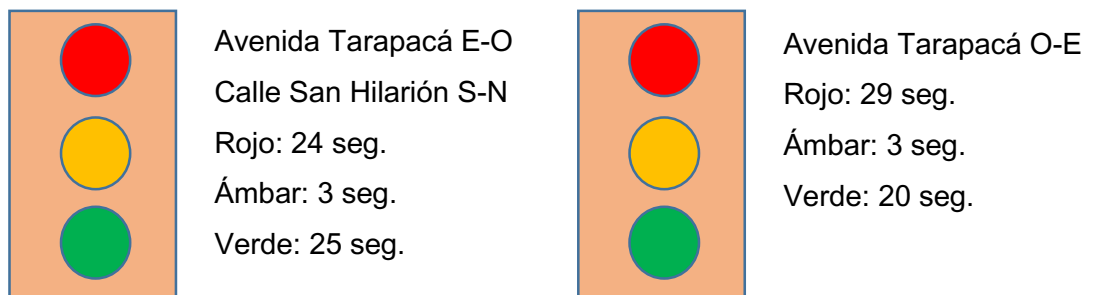
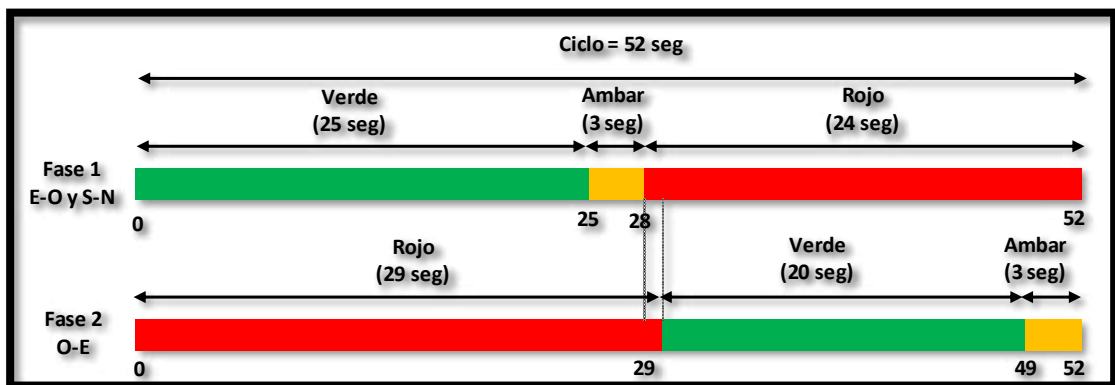


Figura 22

Diagrama de fases de la intersección II



Nota. En la figura se observa la propuesta de ciclo semafórico para la Intersección II, teniendo en consideración 1 seg de rojo en simultáneo.

d) Determinación de la tasa de flujo de saturación “S”

Para el GC 1 del acceso E-O

- Flujo de saturación base: $S_0 = 1\,900$ veh/h/carril

- Ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,35 m, por lo tanto, le corresponde $f_w = 1,00$

- Ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados $P_{HV} = 3,50 \%$

Factor de equivalencias en vehículos livianos $E_T = 2,50$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 3,50(2,50 - 1)} = 0,950$$

- Ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal $G = -2,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200}$$

$$f_g = 1 - \frac{-2}{200} = 1,010$$

- Ajuste por estacionamiento:

Número de maniobras de estacionamiento al grupo de carriles $N_m = 0$

Número de carriles en el grupo $N = 1$

En vista que no existe maniobras de estacionamiento en toda la longitud, el factor de ajuste por estacionamiento es de $f_p = 1,00$

- Ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N}$$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 * 0}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área

Como no es considerada una zona céntrica ni comercial el valor es de $f_a = 1,00$

- Ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril compartido por lo que es $f_{LU} = 1,00$

- Ajuste para giros a la derecha
No presenta giros a la derecha, por ello es de $f_{RT} = 1,00$
- Ajuste para giros a la izquierda
Para giros protegidos para carril único es de $f_{LT} = 0,85$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha
No existe la influencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Rpb} = 1,00$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda
No existe la influencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Lpb} = 1,00$
- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = 1900 * 1,00 * 0,950 * 1,010 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 0,85 * 1,00 * 1,00$$

$$S = 1550,00 \text{ veh/h}$$

Para el GC 1 del acceso O-E

- Flujo de saturación base: $S_0 = 1\ 900 \text{ veh/h/carril}$
- Ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,35 m, por lo tanto, le corresponde $f_w = 1,00$
- Ajuste por vehículos pesados:
Porcentaje de vehículos pesados $P_{HV} = 2,38 \%$
Factor de equivalencias en vehículos livianos $E_T = 2,5$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 2,38(2,5 - 1)} = 0,970$$

- Ajuste por pendiente:
Pendiente longitudinal $G = 2,00 \%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200}$$

$$f_g = 1 - \frac{2}{200} = 0,99$$

- Ajuste por estacionamiento:

Número de maniobras de estacionamiento al grupo de carriles $N_m = 0$

Número de carriles en el grupo $N = 1$

En vista que no existe maniobras de estacionamiento en toda la longitud, el factor de ajuste por estacionamiento es de $f_p = 1,00$

- Ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N}$$

$$f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4 * 0}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área

Como no es considerada una zona céntrica ni comercial el valor es de $f_a = 1,00$

- Ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril compartido por lo que es $f_{LU} = 1,00$

- Ajuste para giros a la derecha

Para giros protegidos para carril único es de $f_{RT} = 0,85$

- Ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por ello es $f_{LT} = 1,00$

- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe la influencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Rpb} = 1,00$

- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe la influencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = 1900 * 1,00 * 0,970 * 0,990 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 0,85 * 1,00 * 1,00 * 1,00$$

$$S = 1362,00 \text{ veh/h}$$

Para el GC 1 del acceso S-N

- Flujo de saturación base: $S_0 = 1\ 900 \text{ veh/h/carril}$
- Ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,15 m, por lo tanto, le corresponde $f_w = 1,00$

- Ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados $P_{HV} = 3,90 \%$

Factor de equivalencias en vehículos livianos $E_T = 2,5$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 3,90(2,5 - 1)} = 0,940$$

- Ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal $G = 1,00 \%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200}$$

$$f_g = 1 - \frac{1,00}{200} = 0,995$$

- Ajuste por estacionamiento:

Número de maniobras de estacionamiento al grupo de carriles $N_m = 0$

No presenta estacionamientos por ende el factor es $f_p = 1,000$

- Ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N}$$

$$f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4 * 0}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área
Como no es considerada una zona céntrica ni comercial el valor es de $f_a = 1,00$
- Ajuste por utilización de carriles
El grupo de carriles tiene un carril compartido por lo que es $f_{LU} = 1,00$
- Ajuste para giros a la derecha
Para giros protegidos para carril único es de $f_{RT} = 0,85$
- Ajuste para giros a la izquierda
No presenta giros a la izquierda, por ello es $f_{LT} = 1,00$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha
No existe la presencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Rpb} = 1,00$
- Ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda
No existe la presencia de ciclistas, por ello el valor es $f_{Lpb} = 1,00$
- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = 1900 * 1,00 * 0,940 * 0,995 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 0,85 * 1,00 * 1,00 * 1,00$$

$$S = 1340,00 \text{ veh/h}$$

e) Determinación de la capacidad “C”, la relación volumen-capacidad “X” y nivel de servicio

Para el GC 1 del acceso E-O

- Número de carriles del grupo: $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo: $S = 1550,00 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo $g = 25 \text{ seg}$
- Ciclo de semaforización $C = 52$
- Relación de verde para el grupo

$$\frac{g}{C} = \frac{25}{52} = 0,490$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C}$$

$$c = 1 * 1550,00 * 0,490$$

$$c = 759,70 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen – capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c}$$

$$X = \frac{735}{759,70} = 0,967$$

Al ser la relación volumen – capacidad $0,967 < 1,00$ por lo tanto se calcula las demoras.

- Factor de ajuste por coordinación de semáforos

Se usa el valor por defecto de $Rp = 1,333$ de tipo de llegada 4)

$$P = Rp * \frac{g}{C}$$

$$P = 1,333 * 0,490 = 0,653$$

Por ser de tipo de llegada 4 el factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde será $f_{PA} = 1,15$

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}}$$

$$PF = \frac{(1 - 0,653) * 1,15}{1 - 0,490} = 0,782$$

- Demora incremental (d_2)

$$d_2 = 900 * T * \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left(\frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis $T = 0,25$ horas

Factor de ajuste incremental $k = 0,50$ (semáforos de tiempo fijo)

Factor de ajuste por acceso a la intersección $I = 1$ (intersecciones aisladas)

$$d_2 = 900 * 0,25 * \left[(0,967 - 1) + \sqrt{(0,967 - 1)^2 + \left(\frac{8 * 0,5 * 1 * 0,967}{759,70 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 25,63 \text{ seg}$$

- Demora de cola inicial (d_3)

Tenemos como datos el $Qb = 2 \text{ veh}$ que es la cola inicial al inicio de un nuevo ciclo

Tenemos que $X \leq 1$, $0,967 \leq 1$

Calculamos el valor de t que es la duración de la demanda insatisfecha, sabiendo que $T = 0,25 \text{ horas}$

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{2}{759,70 * [1 - \min(1; 0,967)]} = 0,0810 \text{ horas}$$

Como $t < T$, entonces el valor de $u = 0$

Consideramos el Caso III ($Qb > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$), $u = 0$ para lo cual usamos la siguiente ecuación

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$$

$$d_3 = \frac{1800 * 2 * 0,0810}{759,70 * 0,25} = 1,53 \text{ seg}$$

- Demora uniforme (d_1)

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1; X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{T - t}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * 52 * (1 - 0,490) * \frac{0,0810}{0,25} + \frac{0,5 * 52 * (1 - 0,490)^2}{1 - (0,967 * 0,490)} * \frac{0,25 - 0,0810}{0,25}$$

$$* 0,782$$

$$d_1 = 10,87 \text{ seg}$$

- Demora total del grupo de carril

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

$$d = 10,87 * (0,782) + 25,63 + 1,53$$

$$d = 35,66 \text{ seg}$$

Para el GC 1 del acceso O-E

- Número de carriles del grupo: $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo: $S = 1362,00 \text{ veh/h}$

- Tiempo de verde efectivo para el grupo $g = 20 \text{ seg}$
- Ciclo de semaforización $C = 52$
- Relación de verde para el grupo

$$\frac{g}{C} = \frac{20}{52} = 0,392$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C}$$

$$c = 1 * 1362 * 0,392$$

$$c = 534,17 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen – capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c}$$

$$X = \frac{465}{534,17} = 0,87$$

Al ser la relación volumen – capacidad $0,87 < 1,00$ por lo tanto se calcula las demoras.

- Factor de ajuste por coordinación de semáforos

Se usa el valor por defecto de $Rp = 1,333$ de tipo de llegada 4)

$$P = Rp * \frac{g}{C}$$

$$P = 1,333 * 0,392 = 0,523$$

Por ser de tipo de llegada 4 el factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde será $f_{PA} = 1,15$

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}}$$

$$PF = \frac{(1 - 0,523) * 1,15}{1 - 0,392} = 0,903$$

- Demora incremental (d_2)

$$d_2 = 900 * T * \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left(\frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis $T = 0,25$ horas

Factor de ajuste incremental $k = 0,50$ (semaforos de tiempo fijo)

Factor de ajuste por acceso a la intersección $I = 1$ (intersecciones aisladas)

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[(0,87 - 1) + \sqrt{(0,87 - 1)^2 + \left(\frac{8 * 0,50 * 1,00 * 0,87}{534,17 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 17,44 \text{ seg}$$

- Demora de cola inicial (d_3)

Tenemos como datos el $Qb = 3$ veh que es la cola inicial al inicio de un nuevo ciclo

Tenemos que $X \leq 1$, $0,87 \leq 1$

Calculamos el valor de t que es la duración de la demanda insatisfecha, sabiendo que $T = 0,25$ horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{3}{534,17 * [1 - \min(1; 0,87)]} = 0,0434 \text{ horas}$$

Como $t < T$, entonces el valor de $u = 0$

Consideramos el Caso III ($Qb > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$), $u = 0$ para lo cual usamos la siguiente ecuación

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$$

$$d_3 = \frac{1800 * 3 * 0,0434}{534,17 * 0,25} = 1,75 \text{ seg}$$

- Demora uniforme (d_1)

La ecuación la tomaremos del Caso III

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C} \right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C} \right)^2}{1 - \left(\min 1; X * \frac{g}{C} \right)} * \frac{T - t}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * 52 * (1 - 0,392) * \frac{0,0434}{0,25} + \frac{0,5 * 52 * (1 - 0,392)^2}{1 - (0,87 * 0,392)} * \frac{0,25 - 0,0434}{0,25}$$

$$* 0,903$$

$$d_1 = 13,36 \text{ seg}$$

- Demora total del grupo de carril

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

$$d = 13,36 * (0,903) + 17,44 + 1,75$$

$$d = 31,26 \text{ seg}$$

Para el GC 1 del acceso S-N

- Número de carriles del grupo: $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo: $S = 1340,00 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo $g = 25 \text{ seg}$
- Ciclo de semaforización $C = 52$
- Relación de verde para el grupo

$$\frac{g}{C} = \frac{25}{52} = 0,490$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C}$$

$$c = 1 * 1340 * 0,490$$

$$c = 656,62 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen – capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c}$$

$$X = \frac{453}{656,62} = 0,69$$

Al ser la relación volumen – capacidad $1,08 > 1,00$ por lo tanto influye las colas iniciales.

- Factor de ajuste por coordinación de semáforos

Se usa el valor por defecto de $Rp = 1,333$ de tipo de llegada 4)

$$P = Rp * \frac{g}{C}$$

$$P = 1,333 * 0,490 = 0,653$$

Por ser de tipo de llegada 4 el factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde será $f_{PA} = 1,15$

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}}$$

$$PF = \frac{(1 - 0,653) * 1,15}{1 - 0,490} = 0,782$$

- Demora incremental (d_2)

$$d_2 = 900 * T * \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left(\frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis $T = 0,25$ horas

Factor de ajuste incremental $k = 0,50$ (semaforos de tiempo fijo)

Factor de ajuste por acceso a la intersección $I = 1$ (intersecciones aisladas)

$$d_2 = 900 * 0,25 * \left[(0,69 - 1) + \sqrt{(0,69 - 1)^2 + \left(\frac{8 * 0,50 * 1,00 * 0,69}{656,62 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 5,85 \text{ seg}$$

- Demora de cola inicial (d_3)

Tenemos como datos el $Qb = 3 \text{ veh}$ que es la cola inicial al inicio de un nuevo ciclo

Tenemos que $X \leq 1$, $0,69 \leq 1$

Calculamos el valor de t que es la duración de la demanda insatisfecha, sabiendo que $T = 0,25$ horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{3}{656,62 * [1 - \min(1; 0,69)]} = 0,0147 \text{ horas}$$

Como $t < T$, entonces el valor de $u = 0$

Consideramos el Caso III ($Qb > 0$), ($X \leq 1$), ($t < T$), $u = 0$ para lo cual usamos la siguiente ecuación

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$$

$$d_3 = \frac{1800 * 3 * 0,0147}{656,62 * 0,25} = 0,48 \text{ seg}$$

- Demora uniforme (d_1)

La ecuación la tomaremos del Caso III

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1; X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{T - t}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * 52 * (1 - 0,490) * \frac{0,0147}{0,25} + \frac{0,5 * 52 * (1 - 0,490)^2}{1 - (\min 1; 0,69 * 0,490)} * \frac{0,25 - 0,0147}{0,25} * 0,782$$

$$d_1 = 8,13 \text{ seg}$$

- Demora total del grupo de carril

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

$$d = 8,13 * (0,782) + 5,85 + 0,48$$

$$d = 12,70 \text{ seg}$$

f) Determinación del nivel de servicio por intersección

- Nivel de servicio de Este – Oeste

Tasa de flujo por acceso $V_p = 735 \text{ veh/hora}$

Demora total del acceso $d = 35,66 \text{ seg}$

Nivel de servicio D

- Nivel de servicio de Oeste – Este

Tasa de flujo por acceso $V_p = 426 \text{ veh/hora}$

Demora total del acceso $d = 31,26 \text{ seg}$

Nivel de servicio C

- Nivel de servicio de Sur – Norte

Tasa de flujo por acceso $V_p = 453 \text{ veh/hora}$

Demora total del acceso $d = 12,70 \text{ seg}$

Nivel de servicio B

- Nivel de servicio por intersección

$$d_{int} = \frac{\sum d_A * V_A}{\sum V_A}$$

$$d_{int} = \frac{35,66 * 735 + 31,26 * 426 + 12,70 * 453}{735 + 426 + 453}$$

$$d_{int} = 28,05 \text{ seg}$$

Siendo la demora total de la intersección de $d_{int} = 28,05 \text{ seg}$, entonces el nivel de servicio es C, tal como se aprecia en la tabla 27.

Tabla 27

Demora y nivel de servicio por acceso e intersección II

	Av. Collpa E-O	Av. Collpa O-E	Calle San Hilarión S-N
Demora total por acceso	35,66 <i>seg</i>	31,26 <i>seg</i>	12,70 <i>seg</i>
Nivel de servicio por acceso	D	C	B
Demora total por intersección		28,05 <i>seg</i>	
Nivel de servicio por intersección		C	

Nota. Nivel de servicio según las condiciones de demoras del HCM 2010.

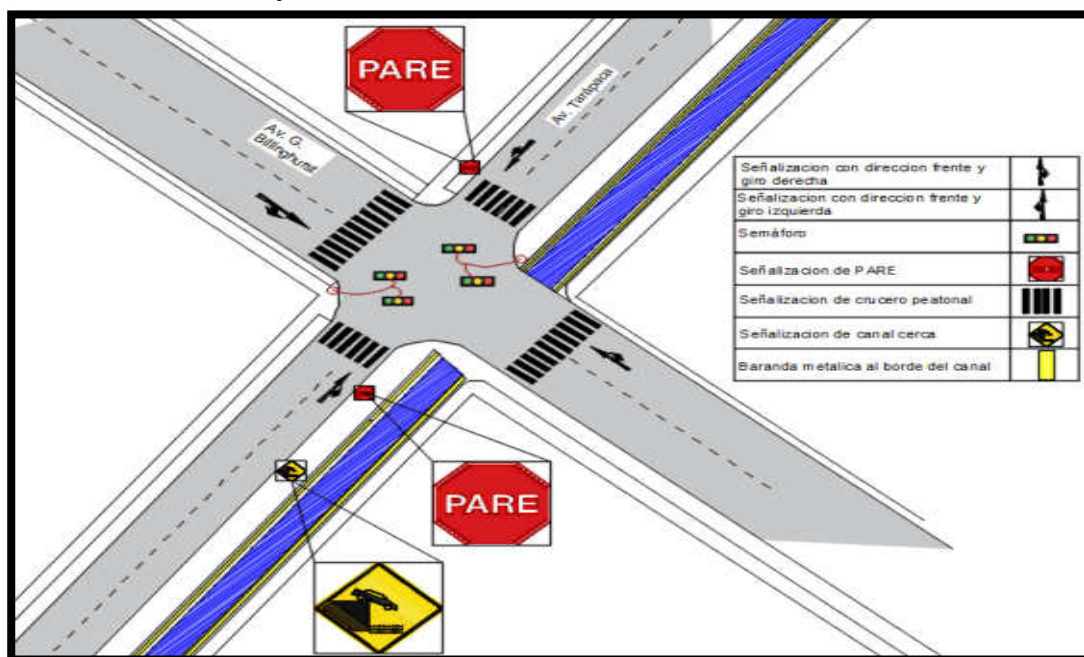
4.5. Alternativa de Solución Complementaria - Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst y con la Calle San Hilarión

En vista que los niveles de servicio disminuyeron considerablemente con las alternativas de solución antes mencionadas, es por ello que complementario a las alternativas anteriores, se adicionara la señalización vertical y horizontal, a fin de que puedan informar al conductor y salvaguardar la vida de los peatones de la zona.

Para la Intersección I, se realizó el diseño de las señales verticales y horizontales las cuales están compuestas por el pintado de los giros permitidos, siendo solo con dirección de frente y hacia la derecha en todos los accesos, a su vez el pintado de las líneas peatonales para los cruces de cada acceso, y líneas intermitentes que separan la cantidad de carriles, asimismo el pintado de delimitación del ancho de vía y a su vez de berma; para la señalización vertical se adiciono 2 señales de PARE en sentido de Este – Oeste y Oeste – Este, también en la dirección de Oeste – Este se le añadió una señal de prevención que comunica la existencia de un canal de río cercano, complementario a esto se delimito el borde de canal con barandales de altura 1.00 m debidamente pintadas, a fin de evitar accidentes vehiculares y peatonales en la zona, tal como se aprecia en la figura 23.

Figura 23

Señalización vertical y horizontal en la Intersección I



Nota. Ubicación y descripción de las señales reguladoras en la intersección I.

Para la Intersección II, se realizó el diseño de las señales verticales y horizontales las cuales están compuestas por el pintado de los giros permitidos, siendo solo con dirección de frente y hacia la derecha en todos los accesos, a su vez el pintado de las líneas peatonales para los cruces de cada acceso, y líneas intermitentes que separan la cantidad de carriles, asimismo el pintado de delimitación del ancho de vía y a su vez de berma; para la señalización vertical se adiciono 1 señal de PARE en sentido de Sur – Norte, también en la dirección de Oeste – Este se le añadió una señal de prevención que comunica la existencia de un canal de río cercano, complementario a esto se delimito el borde de canal con barandales de altura 1.00 m debidamente pintadas, a fin de evitar accidentes vehiculares y peatonales en la zona, tal como se aprecia en la figura 24.

Figura 24

Señalización vertical y horizontal en la Intersección II



Nota. Ubicación y descripción de las señales reguladoras en la intersección II.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

De lo resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general que se planteó; mediante un aforo vehicular se pudo determinar el nivel de servicio de los flujos vehiculares en las intersecciones Avenida Tarapacá – con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión. Estos resultados obtenidos muestran la situación actual y de simulación de las intersecciones con una propuesta semaforizada que cubra con la mayoría de giros para el mejor tránsito vehicular en las intersecciones.

En esta investigación se logró determinar el nivel de servicio que presenta las intersecciones Avenida Tarapacá – con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión donde se pudo encontrar que la intersección I, Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst tiene gran flujo de tránsito sobre todo en dirección Oeste – Este siendo este acceso el de más tránsito de la intersección. Mientras que la intersección II, Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión, también presenta gran afluencia de vehículos sobre todo en dirección Este – Oeste siendo este acceso la recolectora de los vehículos que transitaron por la intersección I. Estos resultados muestran que el flujo de tránsito no es el óptimo, teniendo como sustento el tiempo de las demoras y la cantidad de vehículos que se detienen en las intersecciones. Esto conlleva la pérdida de tiempo por parte de los conductores en las horas de alto tránsito de las intersecciones.

Se puede aceptar la hipótesis específica la cual mencionó que mediante un análisis de flujos vehiculares se obtiene el nivel de servicio actual, basándose en la metodología del análisis operacional HCM 2010.

Al analizar el flujo vehicular en las intersecciones Avenida Tarapacá – con Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, mediante un modelo de simulación es necesario comparar los flujos vehiculares de las dos intersecciones. Se infiere que la intersección Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst, presenta un mayor número de vehículos, mientras que la intersección Avenida Tarapacá con la Calle San Hilarión presenta una menor cantidad.

Revisando el comportamiento de alternativa de solución del flujo vehicular de la intersección I (Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst) con nivel de servicio D, cuatros accesos (N-S, S-N, E-O y O-E) presentan demoras menores a

16,75 segundos en dirección Norte – Sur, lo cual indica que esos accesos se encuentran en nivel de servicio B y la calidad del flujo vehicular es buena. Pero el acceso Oeste – Este presenta demora de 87,67 segundos, lo cual indica que la demanda de flujos vehiculares ha sobrepasado la capacidad del acceso, dando un nivel de servicio F. Esto es producido a los movimientos compartidos (frente y derecha) y finalmente teniendo un nivel de servicio de la Intersección I de D.

Los resultados del estudio sobre el flujo vehicular de la intersección I tiene una relación con el artículo presentado por Rodríguez (2015), en donde señala que la congestión vehicular se origina por los giros a la izquierda y derecha, aumentando el tiempo de demora en los conductores y esto lleva a que se obtenga niveles de servicios no óptimos.

Otra situación presenta el comportamiento de alternativa de solución del flujo vehicular de la intersección II (Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión), su nivel de servicio “C” es mejor que el de la intersección I, sin embargo, considera algunas situación. El acceso Sur – Norte presenta demora menor a 12,70 segundos, lo cual es un nivel de servicio B del acceso, el acceso Oeste – Este presenta una demora de 31,26 segundos lo cual da un nivel de servicio C. El problema se ve reflejado en el acceso Este – Oeste teniendo una demora de 35,66 segundos dando un nivel de servicio D, ya que es una de las entradas y salidas al distrito Gregorio Albarracín Lanchipa. Esto es producido a los movimientos compartidos (frente y derecha) y finalmente se tiene un nivel de servicio de la Intersección II de C

Como se menciona en la hipótesis específica las intersecciones debido a los giros permitidos tienden a ser críticos y conlleva a que se obtenga niveles de servicios no óptimos. En la intersección I Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst se plantea prohibir el giro a la izquierda de todos los accesos, esto debido al posible aumento de las demoras y problemas de libre tránsito en la intersección.

En la intersección II Avenida Tarapacá con Calle San Hilarión se plantea prohibir el giro a la izquierda del acceso de Sur – Norte, debido a que está en su aforo real es de baja consideración esto debido al posible aumento de las demoras.

CONCLUSIONES

En la presente tesis se demostró que el aforo manual es un método de contabilidad que tiene un margen de error mínimo, asimismo que este método de aforo requiere de una gran cantidad de personal capacitado, que pueda determinar los diferentes tipos de vehículos que existen en la clasificación vehicular.

Se afirmó que mediante el análisis de flujos vehiculares se determinó el nivel de servicio actual, siendo esta de nivel D para el cruce de la Avenida Tarapacá con Avenida Guillermo Billinghurst, y nivel de servicio C para el cruce de la Av. Tarapacá con Calle San Hilarión. Siendo estos resultados niveles de servicio estándares para el flujo vehicular.

Se analizó en la investigación el comportamiento del flujo vehicular en las horas de mayor tránsito mediante un modelo de simulación en las intersecciones Avenida Tarapacá - Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, obteniendo como resultado un comportamiento estándar. Esto debido a demoras de los vehículos, y a la gran cantidad de vehículos que transita por los distintos accesos de los cruces, siendo restringido el giro a la izquierda para un mejor comportamiento y flujo continuo en verde de vehículos. Se debe dicho giro a ser una de las salidas del distrito Gregorio Albarracín que tiene una gran demanda de tránsito vehicular.

Se evaluó acciones a implementar que permitan lograr una mejora del nivel de servicio de las intersecciones Avenida Tarapacá - Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión, optando por la utilización de tiempos semafóricos que disminuyen las demoras, reordenan el flujo vehicular y mejoran la circulación por las intersecciones, teniendo tiempos de demora menores a 42 segundos en la intersección I y demoras menores a 31 segundos en la intersección II, complementario a esto se aumentara la seguridad de la zona con la implementación de señales verticales y horizontales según la propuesta de solución.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al área de transporte de la Municipalidad Provincial de Tacna, realizar el mantenimiento correctivo de las distintas señalizaciones horizontales y verticales de los cruces, ya que se encuentran en condiciones deplorables y desfavoreciendo al tránsito continuo para los conductores.

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna la difusión y propagación de la información referida a la educación vial, para la concientización y capacitación de usuarios y conductores sobre las distintas señalizaciones y cultura vial que ayuden a un mejor flujo vehicular evitando así el congestionamiento.

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna la habilitación de accesos adyacentes que se encuentran cerca de los accesos de estudios que se encuentran cerrados por la población, ya que estos disminuirían considerablemente la cantidad de fluidos vehiculares de las intersecciones y mejorarías el libre tránsito.

De acuerdo a los cambios y restricciones realizados a los accesos de las intersecciones de estudio, se recomienda a las diferentes empresas de transporte público informar y tomar en consideración las alternativas propuestas para el flujo de transporte, a fin de evitar inconvenientes y mejorar a la disminución del nivel de servicio

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiello, A. (2017). *Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en Av. Pío XII, Av. Campanar, Calle Vall de la Ballestera y Calle Joaquín Ballester mediante la aplicación del High Capacity Manual 2010*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Araujo, R. (2020). *Nivel de servicio de la semaforización en las intersecciones de la Av. Atahualpa – Av. San Martín de Porres y Av. vía de Evitamiento Norte – Av. Angamos en la ciudad de Cajamarca [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3742>
- Bull, A. (2003). *Congestión de tránsito el problema y cómo enfrentarlo*. In CEPAL.
- Cal, R., Mayor, R. y Cardenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones 7ma. Edición*.
- Cal, R., Mayor, R. y Cardenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones 8va. Edición*.
- Cal, R., Mayor, R. y Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones, Novena Edición*. México: Alfa Omega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*.
- Contreras, S. (2014). *Teoría de flujo de tránsito-Posgrado*. Lima: UNI.
- Coraspe, L. y Marsiglia, O. (2011). *Análisis del flujo vehicular en las avenidas que convergen en la plaza de las Banderas (Avenida República, Avenida Menca de Leoni, Prolongación Paseo Orinoco y prolongación Avenida República) Ciudad Bolívar – Estado Bolívar*. Ciudad de Bolívar: Universidad de Oriente.
- Cuentas, M. y Ayala, J. (2019). *Determinación de la Capacidad Vial y Nivel de Servicio, Según Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010) en la Vía Pe-3s Tramo Arco Tica Tica-Izcuchaca*. Cusco. Cusco
- Flores, R. y Chambilla, J. (2020). *Optimización del tránsito en avenida Jorge Basadre Grohmann, tramo Avenida Pinto – Avenida Tarata, distrito Alto de la Alianza, Tacna - 2020*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Guzmán, J. (2021). *Mejoramiento Del Nivel De Servicio En Flujos Vehiculares De Las Intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – Con Av. Manuel A. Odría Y Av. Ejército, Utilizando Un Modelo De Micro Simulación - Tacna, 2020*. Perú: Universidad Privada de Tacna
- Henríquez, J. (2019). *Propuesta de Mejora Vial en la Intersección de las Avenidas Miguel Grau y Gulman en la Ciudad de Piura*. Piura.

- Ibarra, Y. (2019). *Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en Vía Ricardo J. Alfaro y Calle Juan Rivera Reyes., El Dorado, Ciudad de Panamá, Panamá; mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010*. Valencia.
- Layme, C. y Zegarra, M. (2021). *Propuesta de solución al congestionamiento del tránsito en la avenida Jorge Basadre Grohmann oeste, tramo calle Saucini hasta calle Artemio García, distrito de Tacna - 2021*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Leonardo, R. (2017). *Análisis del Nivel de Servicio de las intersecciones semaforizadas de la Avenida Villanueva Pinillos y modelado con Synchro 8.0 - Jaén -2016*. Jaén. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas*. Lima: Instituto de Construcción y Gerencia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción*. Lima: MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras Diseño Geométrico*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Dispositivos de control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Manual De Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018*.
- Municipalidad Provincial de Tacna (2015). *Plan desarrollo urbano de la ciudad de Tacna 2015 – 2025*. Tacna.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2011). *Evaluación rápida del nivel de ruido ambiental en las ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna*. Lima. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=1934
- Romero, J. y Toledo, C. (2017). *Análisis de la intersección entre la av. de las Américas y ruta Machángara, con posible mejoramiento vial*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27392>
- Rondoño, D. (2018). *Análisis vial en las intersecciones de la av. Luzuriaga y San Martín con la Av. Raymondi - Huaraz aplicando el software Synchro 8.0, para mejorar el flujo vehicular*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo - UNASAM.
- Thomson, I., y Bull, A. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Santiago de Chile.

Transportation Research Board of the National Academies of Science in the United States. (2010). *Manual Highway Capacity*.

Vargas, R. (2018). *Ordenamiento vial en el área central de San Vito de Coto Brus*. Costa Rica.

Washburn, S. y Mannering. (2013). *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis*.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p>Interrogante principal</p> <p>➤ ¿Cuál es el nivel de servicio para la mejora del flujo vehicular en las horas de mayor tránsito en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión en la Ciudad de Tacna, 2022?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>➤ Determinar el nivel de servicio para la mejora del flujo vehicular en las horas de mayor tránsito en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión en la Ciudad de Tacna, 2022.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>➤ El flujo vehicular influye significativamente en el nivel de servicio, el cual es crítico en las horas de mayor tránsito vehicular en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y Calle San Hilarión.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Nivel de servicio.</p>	<p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Comportamiento del tránsito Escala: Tipo de giro Velocidad vehicular Escala: m/s Distancia de recorrido Escala: metro lineal Aforo vehicular Escala: vehículos por minuto Ciclo de semaforización Escala: s 	<p>Tipo de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplicativo <p>Nivel de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> Explicativa <p>Población</p> <ul style="list-style-type: none"> Constituida por todos los vehículos ligeros como autos, station wagon, camionetas y micros; y vehículos pesados como buses, camiones, semi trailer y trailer, que circulan en las intersecciones de la
<p>Interrogantes secundarias</p> <p>➤ ¿Cuál es el aforo vehicular en las horas de mayor tránsito en la intersección de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión en la Ciudad de Tacna?</p> <p>➤ ¿Cuál es el nivel de servicio del flujo vehicular mediante el análisis del aforo, giros y ciclo de semaforización en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la calle San Hilarión en la Ciudad de Tacna?</p>	<p>Objetivo Específico</p> <p>➤ Realizar el aforo vehicular en las horas de mayor tránsito en la intersección de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión.</p> <p>➤ Determinar el nivel de servicio del flujo vehicular analizando el aforo, giros y ciclo de semaforización en la intersección de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y la calle San Hilarión.</p>	<p>Hipótesis Específico</p> <p>➤ Las características del aforo vehicular en la intersección de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión son de gran magnitud.</p> <p>➤ El nivel de servicio del flujo vehicular analizado mediante el aforo vehicular, tipos de giros vehiculares y el ciclo de semaforización en las intersecciones de estudio son críticos.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Flujo vehicular.</p>	<p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Planimetría Escala: sección vehicular (m) Tránsito vehicular Escala: vehículos por minuto Señalización Vehicular Escala: adimensional 	<p>Técnica de recolección de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> Análisis de la sección vial, tipos de vehículo, accesos, giros, tiempos semafóricos y nivel de servicio para la optimizar el tránsito. <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> Ficha de aforo vehicular y de comportamiento. Cronometro. HCM 2010 Cinta métrica

<p>➤ ¿Cómo disminuir el nivel de servicio mediante la propuesta de un diseño de mejora de control vehicular para evitar el congestionamiento en la intersección la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión.</p>	<p>➤ Proponer un diseño de mejora mediante un sistema control vehicular para evitar el congestionamiento en la intersección la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión.</p>	<p>➤ La propuesta del diseño de mejora del sistema de control vehicular, disminuye en gran porcentaje el congestionamiento vehicular en las intersecciones de la Avenida Tarapacá con la Avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión.</p>			
---	---	---	--	--	--

