

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



TESIS

**“PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VIAL PARA MEJORAR
EL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN
SEMAFORIZADA AV. GUSTAVO PINTO CON CALLE CORONEL
MENDOZA, TACNA 2021”**

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

**PRESENTADO POR:
Bach. JOEL ELVIS MARCA CASTRO
Bach. AMANDA CONDORI VENTURA**

**TACNA – PERÚ
2021**

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

TESIS

“Propuesta de reordenamiento vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021”

PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Tesis sustentada y aprobada el 30 de octubre del 2021, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE

SECRETARIO: Mag. MARTÍN PAUCARA ROJAS

VOCAL: Mag. ALFONSO OSWALDO FLORES MELLO

ASESOR: Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, *Joel Elvis Marca Castro*, 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 70605686.

Yo, *Amanda Condori Ventura*, 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 71387869.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

“Propuesta de reordenamiento vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza, Tacna 2021”

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 asumimos 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; asumimos las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 30 de octubre del 2021.



Bach. Marca Castro, Joel Elvis
DNI: 70605686



Bach. Condori Ventura, Amanda
DNI: 71387869

DEDICATORIA 1

*A Dios por haberme permitido finalizar una etapa de mi vida,
por brindarme salud y fuerza para seguir adelante.*

*A mis padres, Rebeca Castro, Efraín Marca, por su amor
incondicional, su entrega y motivación a seguir creciendo
como persona, profesionalmente.*

*A mis hermanos, maestros y amigos, por brindarme sus
enseñanzas, consejos y apoyo en los momentos
más oportunos.*

Joel Elvis Marca Castro

DEDICATORIA 2

*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 mis hermanos y hermanas, por siempre estar para mí,
este logro también es de ustedes.*

*A mi familia, 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.*

Amanda Condori Ventura

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a nuestro asesor Mtro. Rolando Gonzalo Salazar Calderón Juárez, quien amablemente nos orientó brindándonos sus conocimientos y consejos para la elaboración de este proyecto de investigación.

También expresar nuestro enorme agradecimiento a 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 DEL JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA 1	v
DEDICATORIA 2.....	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción del Problema	3
1.2. Formulación del Problema	5
1.2.1. Problema General.....	5
1.2.2. Problemas Específicas	5
1.3. Justificación de la Investigación	5
1.3.1. Desde el Punto de Vista Social	5
1.3.2. Desde el Punto de Vista Científico	6
1.3.3. Desde el Punto de Vista Económico y Ambiental.....	6
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Hipótesis	7
1.5.1. Hipótesis General	7
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes del Estudio	8
2.1.1. Antecedente Internacional	8
2.1.2. Antecedente Nacional.....	9
2.1.3. Antecedente Local	10
2.2. Bases Teóricas	12
2.2.1. Reordenamiento Vial	12

2.2.2. Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual).....	19
2.2.3. Capacidad Vial.....	20
2.2.4. Nivel de Servicio.....	20
2.2.5. Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforzadas.....	21
2.2.7. Determinación de la Tasa de Flujo de Saturación.....	23
2.2.8. Determinación de Capacidad y la Relación Volumen a Capacidad.....	27
2.2.9. Determinación de las demoras.....	28
2.2.10. Clasificación de los Vehículos.....	30
2.3. Definición de Términos.....	33
2.3.1. Intersecciones.....	33
2.3.2. Velocidad.....	33
2.3.3. Flujo vehicular.....	33
2.3.4. Aforo vehicular.....	33
2.3.5. Reordenamiento vial.....	33
2.3.6. Tráfico.....	33
2.3.7. Volumen.....	33
2.3.8. Densidad.....	34
2.3.9. Carril.....	34
2.3.10. Semáforos.....	34
2.3.11. Fase del semáforo.....	34
2.3.12. Cola.....	34
2.3.13. Transporte no Motorizado.....	34
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	35
3.1. Tipo y Nivel de la Investigación.....	35
3.1.1. Tipo de Investigación.....	35
3.1.2. Nivel de Investigación.....	35
3.2. Población y/o Muestra de Estudio.....	35
3.2.1. Población.....	35
3.2.2. Muestra.....	35
3.3. Operacionalización de Variables.....	36
3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.....	36
3.4.1. Ubicación del Trabajo en Campo.....	36
3.4.2. Designación de las estaciones de conteo.....	37
3.4.3. Medición de Datos de Tránsito.....	38
3.4.4. Medición de Datos Geométricos.....	40
3.4.5. Medición de Datos de Semáforos.....	42

3.4.6. Materiales y/o Instrumentos.....	43
3.5. Procesamiento y análisis de datos	44
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	45
4.1. Descripción del Trabajo en Campo.....	45
4.2. Intersección Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza	45
4.3. Procesamiento de Datos por Cada Estación.....	48
4.3.1. Cálculo del Nivel de Servicio, Estación 1	48
4.3.2. Cálculo del Nivel de Servicio, Estación 2	56
4.3.3. Cálculo del Nivel de Servicio, Estación 3	58
4.3.4. Cálculo del Nivel de Servicio, Estación 4	62
4.3.5. Resumen del Nivel de Servicio en la Intersección Semaforizada	69
4.4. Propuesta 1, solución para la intersección semaforizada.....	71
4.5. Propuesta 2, solución para la intersección semaforizada.....	76
4.6. Propuesta 3, solución para la intersección semaforizada.....	79
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	81
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES	84
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de servicio con semáforos	21
Tabla 2. Factor de ajuste para vehículos pesados.....	24
Tabla 3. Relación entre tipo de llegada y rango de pelotón	29
Tabla 4. Factor de ajuste para los cálculos de demora uniforme.....	29
Tabla 5. Identificación de variable independiente y dependiente.....	36
Tabla 6. Fases y ciclo semaforico en la intersección	48
Tabla 7. Resumen de aforo vehicular, estación 1	48
Tabla 8. Porcentaje de vehículos pesados, estación 1	49
Tabla 9. Parámetros de entradas, estación 1.....	51
Tabla 10. Determinación de flujo de saturación, estación 1 (Parte 1).....	52
Tabla 11. Determinación de flujo de saturación, estación 1 (Parte 2).....	53
Tabla 12. Determinación de capacidad y relación volumen capacidad, estación 1 .	54
Tabla 13. Determinación de demoras, estación 1 (Parte 1)	54
Tabla 14. Determinación de demoras, estación 1 (Parte 2)	55
Tabla 15. Resumen de aforo vehicular, estación 2	56
Tabla 16. Porcentaje de vehículos pesados, estación 2	56
Tabla 17. Parámetros de entradas, estación 2.....	58
Tabla 18. Resumen de aforo vehicular, estación 3	59
Tabla 19. Porcentaje de vehículos pesados, estación 3	59
Tabla 20. Parámetros de entradas, estación 3.....	61
Tabla 21. Resumen de aforo vehicular, estación 4	62
Tabla 22. Porcentaje de vehículos pesados, estación 4	62
Tabla 23. Parámetros de entradas, estación 4.....	64
Tabla 24. Calculo del nivel de servicio, estación 2,3 y 4 (parte 1)	65
Tabla 25. Calculo del nivel de servicio, estación 2,3 y 4 (parte 2).	66
Tabla 26. Calculo de capacidad y grado de saturación.....	67
Tabla 27. Cálculo de ajuste por coordinación, estación 2, 3 y 4	67
Tabla 28. Cálculo de las demoras, estación 2, 3 y 4.....	68
Tabla 29. Resumen de tasa de flujo de saturación	69
Tabla 30. Resumen del nivel de servicio.....	70
Tabla 31. Tabulación para diferentes accesos.....	72
Tabla 32. Propuesta 1, tiempos de semáforo para la intersección	73
Tabla 33. Situación actual y propuesta de ancho de carriles	73
Tabla 34. Propuesta 1, taza de flujo de saturación de los accesos	74
Tabla 35. Propuesta 1, nivel de servicio de los accesos.....	75

Tabla 36. Propuesta 2, tiempos de semáforo para la intersección	77
Tabla 37. Propuesta 2, tasa de flujo de saturación de los accesos (parte 1).....	77
Tabla 38. Propuesta 2, tasa de flujo de saturación de los accesos (parte 2).....	78
Tabla 39. Propuesta 2, nivel de servicio de los accesos (parte 1)	78
Tabla 40. Propuesta 2, nivel de servicio de los accesos (parte 2)	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recorrido de red de ciclovía en la Av. Gustavo Pinto	3
Figura 2. Colas vehiculares en la intersección semaforizada	4
Figura 3. Intersección Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza.....	4
Figura 4. Señales de reglamentación.....	15
Figura 5. Señales de prevención.....	15
Figura 6. Señales de información.....	16
Figura 7. Ubicación lateral de señales verticales	17
Figura 8. Señalización horizontal en una intersección semaforizada.....	18
Figura 9. Sentido unidireccional	32
Figura 10. Sentido bidireccional	32
Figura 11. Vista satelital de las intersecciones semaforizadas	37
Figura 12. Ubicación de estaciones en cada acceso	37
Figura 13. Aforo vehicular calle Coronel Mendoza.....	38
Figura 14. Aforo vehicular Av. Gustavo Pinto.....	38
Figura 15. Encuesta de velocidades a conductores.....	39
Figura 16. Toma de medidas de los anchos de carriles.....	40
Figura 17. Toma de medidas de carril de ciclovía.....	40
Figura 18. Pendiente de la Av. Gustavo Pinto.....	41
Figura 19. Pendiente de la calle Coronel Mendoza.....	41
Figura 20. Tiempo de los siglos de semaforización vehicular	42
Figura 21. Tiempo de los siglos de semaforización peatonal.....	42
Figura 22. Formato de aforo vehicular	43
Figura 23. Formato de aforo de ciclistas.	44
Figura 24. Metodología de análisis operacional.....	44
Figura 25. Sección vial Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza.....	45
Figura 26. Sección vial del acceso 1, corte A-A.....	46
Figura 27. Sección vial del acceso 2, corte B-B.....	46
Figura 28. Sección vial del acceso 3, corte C-C.....	46
Figura 29. Sección vial del acceso 4, corte D-D.....	47
Figura 30. Esquema de giros permitidos en la intersección.....	47
Figura 31. Volumen vehicular Av. Gustavo Pinto, estación 1.....	49
Figura 32. Volumen de ciclistas Av. Gustavo Pinto, estación 1	50
Figura 33. Flujo peatonal, acceso 1	50
Figura 34. Volumen vehicular calle Coronel Mendoza, estación 2.....	57
Figura 35. Flujo peatonal, acceso 2	57

Figura 36. Volumen vehicular Av. Gustavo Pinto, estación 3.....	60
Figura 37. Volumen de ciclistas Av. Gustavo Pinto, estación 3	60
Figura 38. Volumen vehicular calle Coronel Mendoza, estación 4.....	63
Figura 39. Flujo peatonal, acceso 4	63
Figura 40. Propuesta 1, detalle de la sección vial	71
Figura 41. Propuesta 2, detalle de la sección vial	76
Figura 42. Propuesta 3, detalle de giros en la sección vial	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia	87
Anexo 2. Aforo vehicular, estación 1 sábado 31 de julio – Gustavo Pinto	89
Anexo 3. Aforo vehicular, estación 1 lunes 2 de agosto – Gustavo Pinto	90
Anexo 4. Aforo vehicular, estación 1 miércoles 4 de agosto – Gustavo Pinto	91
Anexo 5. Aforo de ciclistas, estación 1 sábado 31 de julio – Gustavo Pinto	92
Anexo 6. Aforo de ciclistas, estación 1 lunes 2 de agosto – Gustavo Pinto.....	92
Anexo 7. Aforo de ciclistas, estación 1 miércoles 4 de agosto – Gustavo Pinto	93
Anexo 8. Aforo vehicular, estación 2 sábado 31 de julio – Coronel Mendoza	94
Anexo 9. Aforo vehicular, estación 2 lunes 2 de agosto – Coronel Mendoza	95
Anexo 10. Aforo vehicular, estación 2 miércoles 4 de agosto – Coronel Mendoza .	96
Anexo 11. Aforo vehicular, estación 3 sábado 31 de julio – Gustavo Pinto	97
Anexo 12. Aforo vehicular, estación 3 lunes 2 de agosto – Gustavo Pinto	98
Anexo 13. Aforo vehicular, estación 3 miércoles 4 de agosto – Gustavo Pinto	99
Anexo 14. Aforo de ciclistas, estación 3 sábado 31 de julio – Gustavo Pinto	100
Anexo 15. Aforo de ciclistas, estación 3 lunes 2 de agosto – Gustavo Pinto.....	100
Anexo 16. Aforo de ciclistas, estación 3 miércoles 4 de agosto – Gustavo Pinto. .	101
Anexo 17. Aforo vehicular, estación 4 sábado 31 de julio – Coronel Mendoza.	102
Anexo 18. Aforo vehicular, estación 4 lunes 2 de agosto – Coronel Mendoza.	103
Anexo 19. Aforo vehicular, estación 4 miércoles 4 de agosto–Coronel Mendoza. .	104

RESUMEN

El presente trabajo de investigación comprende el estudio de una intersección semaforizada ubicada en la Avenida Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza, siendo este una zona de alto comercio, con flujo vehicular y peatonal de gran cantidad, llegando a congestionarse en horas pico, provocando demoras, ruidos, contaminación ambiental y estrés a los usuarios de la vía. Es el motivo por el cual se ve la necesidad de hacer un análisis de tráfico para identificar las condiciones actuales que presenta la intersección, posteriormente proponer alternativas de solución. El objetivo principal de esta investigación es realizar propuestas de reordenamiento vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021. Para cumplir con este objetivo lo primero que se realizó es una evaluación del comportamiento del flujo vehicular, es decir, realizar la valoración de datos en campo para así determinar el nivel de servicio según el volumen de tráfico y las características geométricas de la intersección. Con el propósito de mitigar el congestionamiento se utilizó la metodología Highway Capacity Manual (HCM 2010). Los resultados tomados en campo, calculados y analizados en gabinete se determinó un nivel de servicio general de F, con demoras mayores a 80 segundos y características de operación con valores de flujo que exceden la capacidad de la intersección y ciclos semafóricos muy largos. Para mejorar el nivel de servicio actual se desarrollaron 3 propuestas. En la propuesta 1, se plantea incrementar carriles, modificar las fases y tiempos de semaforización, de esta manera se logró mejorar el nivel de servicio de "F" a "D". Para mejorar aún más el nivel de servicio se elaboró la propuesta 2 que propone las mismas características de la propuesta 1, con la diferencia de que en esta propuesta se implementa puentes peatonales así logrando un nivel de servicio de "F" a "C". A medida que cada año crece el parque automotor se da la propuesta 3, el cual se propone un paso a desnivel y puentes peatonales en las 4 secciones ya que el tránsito es continuo por ende tiene un nivel de servicio con baja demora.

Palabras clave: Reordenamiento vial, nivel de servicio, congestionamiento vehicular, demoras, hora pico.

ABSTRACT

This research work includes the study of a traffic-light intersection located at Gustavo Pinto Avenue and Coronel Mendoza Street, a high commerce area, with a large amount of vehicular and pedestrian flow, congested at peak hours, causing delays, noise, environmental pollution and stress to road users. Therefore, it is necessary to perform a traffic analysis to identify the current conditions of the intersection and then propose alternative solutions. The main objective of this research is to make proposals for road reorganization to improve the level of service at the intersection of Gustavo Pinto Avenue and Coronel Mendoza Street, Tacna 2021. To meet this objective, the first step was to evaluate the behavior of vehicular flow, i.e., to evaluate field data to determine the level of service according to traffic volume and geometric characteristics of the intersection. To mitigate congestion, the Highway Capacity Manual (HCM 2010) methodology was used. The results taken in the field, calculated and analyzed in the office, determined an overall level of service of F, with delays greater than 80 seconds and operating characteristics with flow values exceeding the capacity of the intersection and very long traffic signal cycles. Three proposals were developed to improve the current level of service. In proposal 1, it was proposed to increase lanes, modify traffic signal phasing and timing, thereby improving the level of service from "F" to "D". To further improve the level of service, proposal 2 was developed, which proposes the same characteristics as proposal 1, with the difference that in this proposal pedestrian bridges are implemented, thus achieving a level of service from "F" to "C". As the number of vehicles grows every year, proposal 3 is made, which proposes an overpass and pedestrian bridges in the 4 sections, since the traffic is continuous and therefore has a level of service with low delay.

Key words: Road reorganization, level of service, traffic congestion, delays, rush hour.

INTRODUCCIÓN

Los principales problemas que enfrentan las ciudades con mayor población en el mundo es el tráfico vehicular, provocando demoras, ruidos, contaminación ambiental por las acumulaciones de gases concentrados en enormes congestiones vehiculares, e incluso incrementando el porcentaje de accidentes de tránsito y nuestro país no es ajeno a estos problemas.

Uno de los departamentos con mayor congestión vehicular en Perú es lima, la capital que tiene aproximadamente 9 674 755 habitantes representando el 29,7% según INEI, puesto que el crecimiento de la población es constante y para su movilización requiere una gran cantidad de vehículos de transporte público y privado, además la carencia de inversión y planificación urbanística por parte de las entidades encargadas da como resultado altos congestionamientos vehiculares. Los pobladores de lima para transportarse entre distritos en vehículos públicos, probablemente se demoren hasta 2 horas para llegar a su destino, puesto que las rutas no son muy largos. Los factores que originan congestión vehicular son por la falta de la implementación de señalizaciones y paraderos formales ya que tienden a estacionarse en cualquier lugar, dando como resultado demoras que afecta a las personas que se movilizan a sus trabajos, estudios. La ciudad de Tacna no es la excepción.

En los últimos años la ciudad de Tacna se ve afectada por el crecimiento del congestionamiento vehicular en especial las intersecciones semaforizadas, esto debido a que no cuenta ni presta un nivel de servicio adecuado, existe un alto crecimiento del parque automotor e inadecuado reordenamiento de vías, generando así un factor crítico al caos vehicular en los diferentes lugares con mayor nivel de movilización vehicular y peatonal. La falta de reordenamiento vial por parte de los gobiernos y municipalidades contribuyen más a los problemas con el transporte urbano. Por ello es necesario la ejecución de estudios anuales para determinar y/o conocer el estado en el que se encuentran las vías, en especial las intersecciones semaforizadas de esta manera se aseguraría la viabilidad y el funcionamiento eficaz de las diferentes vías.

La capacidad limitada y el progresivo crecimiento de los volúmenes de tránsito en las intersecciones motivan a buscar soluciones más eficientes en las intersecciones semaforizadas, es por lo cual se realiza el presente trabajo de

investigación. La base de esta tesis es la evaluación del estudio de tráfico vehicular y el análisis de alternativas de reordenamiento vial para mejorar el congestionamiento vehicular en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza.

Es así que el contenido de este estudio se desarrolla de la siguiente manera:

Capítulo I, se plantea y se realiza la descripción del problema, identificando los principales problemas existentes en el tránsito vial, para posteriormente justificar la investigación y plantear los objetivos e hipótesis.

Capítulo II, se explica el marco teórico, describiendo antecedentes de estudios internacionales, nacionales y locales. También se especifica las bases teóricas como la Metodología de Análisis Operacional que plantea el HCM 2010, dispositivos de control de tráfico, capacidad de la intersección semaforizada, reordenamiento vial, semaforización y ciclo semafórico, señalización vial, nivel de servicio en intersecciones semaforizadas, congestión vehicular, parámetros de flujo vehicular, clasificación de vehículos y otros.

Capítulo III, en el marco metodológico se describe el tipo y nivel de la investigación, población de estudio, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos para el levantamiento de información en campo de los datos geométricos de la vía, datos de tránsito, datos semafóricos y sus respectivos procesamientos y análisis de datos.

Capítulo IV, el presente capítulo de resultados muestra un detallado del análisis operacional, realizados según la metodología (HCM 2010). Así como la descripción del trabajo de campo, sección vial, estaciones de conteo, esquemas de carriles y giros, tiempos de semaforización en la intersección, fases y siglos semafóricos, resumen del aforo vehicular, porcentaje de vehículos pesados, parámetros de entrada, determinación del nivel de servicio, cálculo de capacidad y grado de saturación, cálculo de demoras.

Se identificó los niveles de servicio de cada acceso para luego proponer propuestas de solución con la finalidad de obtener una mejora vial en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

En el Perú existe graves problemas en el transito vial por el incremento de unidades vehiculares que generan mayor nivel de congestión vehicular, ruidos, grandes demoras, largas colas y contaminación ambiental principalmente en la ciudad de lima que tiene una mayor población.

En la ciudad de Tacna, por la demanda vehicular y la limitación de infraestructura de comunicación vial, existe congestión vehicular en zonas céntricas de gran movimiento comercial, sin embargo con la nueva implementación de ciclovías aproximadamente de 25 kilómetros en la red vial, que une a los distritos de Gregorio Albarracín, Ciudad Nueva, Alto de la Alianza y Pocollay se puede estimar de acuerdo a una inspección visual que en determinadas vías importantes se han reducido la cantidad de carriles, al mismo tiempo dificulta la acción de algunos giros, sobre todo a la izquierda.

En la intersección Avenida Gustavo Pinto con la Avenida Coronel Mendoza existe un mayor nivel de congestionamiento vehicular por ser un tramo altamente comercial. Además, cabe señalar que la nueva implementación de la red de ciclovía recorre por la Av. Gustavo Pinto (ver Figura 1), generando saturación de flujos vehiculares en horas pico.

Figura 1

Recorrido de red de ciclovía en la Av. Gustavo Pinto



Nota. La red de ciclovía recorre por la Av. Gustavo Pinto.

Figura 2

Colas vehiculares en la intersección semaforizada

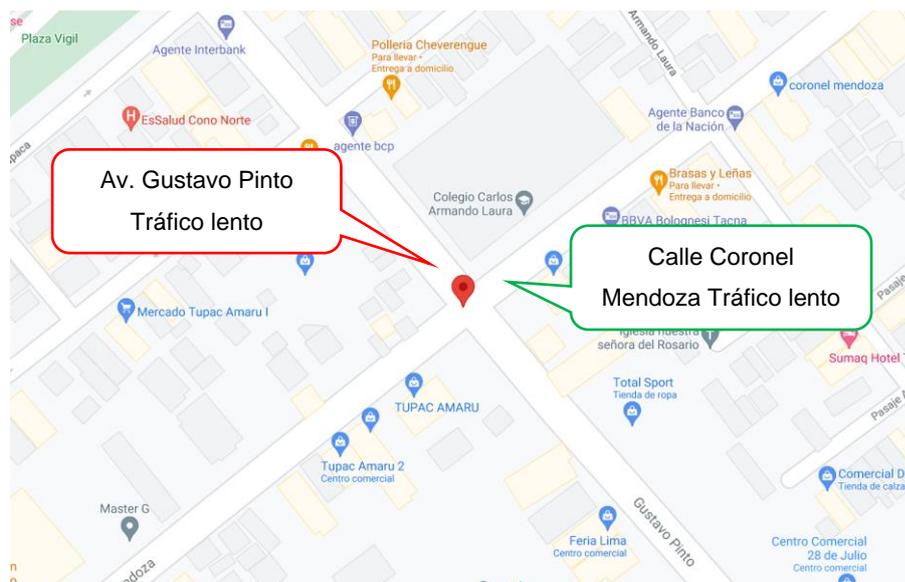


Nota. La imagen muestra las colas que se presentan en la Avenida Gustavo Pinto.

Se realizó el recorrido del lugar a fin de verificar el estado actual del tránsito en la intersección semaforizada, observándose largas colas generando demoras y ruidos en horas pico como se observa en la Figura 2.

Figura 3

Intersección Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza



Nota. Identificación de tráfico en las intersecciones semaforizadas. Tomado de Google Maps.

En la imagen anterior se aprecia el tráfico lento en horas punta (7:00 am–9:00 am) en las direcciones de Sur a Norte y Este a Oeste, además observándose semáforos con ciclos no adecuados.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera una propuesta de reordenamiento vial puede mejorar el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021?

1.2.2. Problemas Específicas

- ¿Cuál es el estado actual del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021?
- ¿Cómo la nueva configuración de red de ciclovía contribuye con el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021?
- ¿Qué tipo de reordenamiento vial contribuye con la mejora del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021?

1.3. Justificación de la Investigación

1.3.1. Desde el Punto de Vista Social

Se justifica la investigación que permitirá a partir de un análisis situacional calcular, reducir el congestionamiento existente, así como las colas, el estrés, las demoras y demás molestias que surgen actualmente. Además, permitirá analizar la operatividad de la actual ciclovía instalada para proponer alternativas de solución y obtener menor riesgo a su seguridad e integridad, dado que la zona es de alto comercio que a diario los peatones acuden a sus centros de trabajo y cruzan por la intersección.

En el estado actual de la intersección se aprecia mayor transitabilidad vehicular y peatonal, el cual denota un alto nivel de servicio a causa de las demoras existentes. Se tiene esta propuesta de mejoramiento vial para que las entidades y gerencias encargadas puedan tomar medidas por el beneficio de la población, así dando mejoras en la seguridad, señalización y semaforización. La propuesta ayudará

reducir el tiempo de demoras en la transitabilidad y un adecuado orden vehicular, peatonal en la intersección.

1.3.2. Desde el Punto de Vista Científico

Se justifica la investigación debido a que existen metodologías apropiadas para el desarrollo de la presente investigación.

Es así que para la presente investigación se utilizará el Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010 (Highway Capacity Manual). Esta metodología nos permitirá conocer el nivel de servicio de cada uno de los accesos en la intersección y a partir de dichos resultados proponer el mejoramiento vial que refiere el título, en todo momento en bien de la ciencia aplicada directamente a nuestra carrera como es la Ingeniería Civil.

1.3.3. Desde el Punto de Vista Económico y Ambiental

Existen tres tipos de solución que pueden darse para el problema del tránsito: la integral, la parcial de alto costo y la parcial de bajo costo. Como quiera que la pandemia que atravesamos por la COVID 19 afecta directamente la economía de nuestras regiones es que se plantea realizar la propuesta de mejoramiento vial tomando en cuenta una solución parcial de bajo costo aprovechando al máximo las condiciones existentes, con el mínimo material y una eficiente utilización de regulación funcional del tránsito.

Ambientalmente las condiciones mejoran al disminuir la contaminación propia de la excesiva operación vehicular, los ruidos en el ambiente y similares condiciones de mejora.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar una propuesta de reordenamiento vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el estado actual del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.

- Determinar como la nueva configuración de red de ciclovía contribuye con el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.
- Determinar qué tipo de reordenamiento vial contribuye con la mejora del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La propuesta de reordenamiento vial contribuye en la mejora del nivel de servicio de la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- El estado actual del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021, corresponde a demoras inaceptables mayores a 80 segundos.
- La configuración de red de ciclovía contribuye negativamente con el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.
- El tipo de reordenamiento vial asociado al reagrupamiento de carriles, optimización del ciclo semafórico y omisión de giros innecesarios mejora significativamente el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Antecedente Internacional

Amoroso y Hermida (2012), en su tesis “Análisis de las Intersecciones Semaforizadas de la Avenida Huayna - Cápac entre la Avenida Doce de Abril y Calle Mariscal Lamar” llevaron a cabo el análisis de la intersección semaforizada con el objetivo de determinar si el sistema de semaforización es adecuado y presta un nivel de servicio óptimo en horas de mayor demanda, presentó una solución de tránsito para las más altas horas de la demanda. Concluyendo que los elementos que componen la ingeniería de tránsito deben de trabajar de manera conjunta para lograr el objetivo de satisfacer una necesidad común, tales como la movilidad, el cual debe cumplir las normas por parte de los organismos de control, por lo que hay una armonía entre el conductor y la carretera. Las entidades encargadas de regular y administrar la infraestructura vial, deben proporcionar una vía compatible con los estándares de calidad, para todas las intersecciones semaforizadas las señalizaciones tanto horizontales como verticales, deben mantenerse en buenas condiciones ya que proporciona la información necesaria para la correcta circulación de vehículos en la intersección, es decir circular sin conflictos, sin la generación de congestión y causar malestar al usuario.

Valenzuela (2018), en su tesis “Estudio de Alternativas para la Mejora del Trafico y la Funcionalidad en la Intersección Semaforizada de la Carretera Mella y Av. San Vicente de Paul en la ciudad de Santo Domingo Este, Republica Dominicana” estudio desarrollado para el Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo, Universidad Politécnica de Valencia. Indica que la semaforización en las intersecciones puede ser de gran utilidad para la reducción del congestionamiento, la mejora de la seguridad y la capacidad, así como también para estimular el uso del transporte público, potenciación de peatones y ciclistas y el reforzamiento de la jerarquía viaria. Y para determinar la capacidad en una intersección semaforizada, hace uso del Highway Capacity Manual 2010, en el mismo en el capítulo de intersecciones semaforizadas, explica una metodología para evaluar la capacidad y niveles de servicio.

Ibarra (2019), en su tesis “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” tuvo como objetivo analizar la capacidad de una intersección semaforizada tipo cruz y determinar su nivel de servicio. En el estudio primero se elaboró el estado de la intersección con la información necesaria para el cálculo de la capacidad, las variables y factores que influyen en el mismo, todo ello basado en el método estadounidense Highway Capacity Manual 2010, el cual es empleado como guía. Luego de analizar los datos y realizar los cálculos respectivos, se procedió a explorar diferentes alternativas para solucionar el problema de la intersección en estudio. Para posteriormente analizar las propuestas haciendo un comparativo de cada una de ellas y de esta manera seleccionar la más apta en términos de capacidad, tiempos de viajes, costos y seguridad vial. Ibarra concluye que la metodología del HCM es ideal y de fácil comprensión para realizar estudios puntuales en diferentes intersecciones, tanto en áreas urbanas, semi-urbanas, rurales y conexiones entre ellas, ya que permite conocer a través de la clasificación en niveles de servicio, la capacidad de cada una de ellas, por ello se pueden evaluar oportunidades de mejora. Pero además de ello, para optimizar las actuaciones en un determinado sitio, será necesario planear, proyectar y construir modernos sistemas de regulación semafórica, de transporte público y regular la tipología de los vehículos de mercancías para que en conjunto todas las actuaciones sirvan para perfeccionar la capacidad la intersección estudiada y las intersecciones continuas.

2.1.2. Antecedente Nacional

Reyna (2015), en su tesis “Propuesta de Mejora de Niveles de Servicio en Dos Intersecciones” tuvo como objetivo general proponer alternativas para mejorar el nivel de servicio de dos intersecciones en el distrito de Miraflores, para ello realizó el cálculo de sus niveles de servicio actuales basándose en el HCM 2010, como también para su propuesta de mejora. Mostrando resultados de un nivel de servicio actual en la intersección calle Arica con Enrique Palacios de calificación “D” y en la intersección Comandante con Enrique Palacios de calificación “E”. Su propuesta para mejorar el nivel de servicio es incrementar el tiempo efectivo de verde en la calle Enrique Palacios de 15 segundos obteniendo un nivel de servicio de “E” a “D”.

Cuentas y Ayala (2019), en su tesis “Determinación de la Capacidad Vial y Nivel de Servicio, Según Manual (HCM 2010) En la Vía PE-3S Tramo Arco Tica Tica-

Izcuchaca”, tuvieron el siguiente objetivo: “determinar la capacidad vial y nivel de servicio en función de la velocidad media de recorrido y porcentaje de tiempo de seguimiento basándose en el Manual. Llegando a las siguientes conclusiones: Nivel de servicio clase II (sentido Arco Tica Tica - Izcuchaca) es D y con una Capacidad vial de 1700 veh/h, Nivel de servicio clase II (sentido Izcuchaca - Arco Tica Tica) es C y con una Capacidad vial de 1133 veh/h, Nivel de servicio clase I (sentido Arco Tica Tica - Izcuchaca) es E y con una Capacidad vial mínima de 1296 veh/h y la máxima de 1700 veh/h y un Nivel de servicio clase I (sentido Izcuchaca - Arco Tica Tica) es E y con una Capacidad vial mínima de 1133 veh/h y la máxima de 1581 veh/h”. y presenta como una propuesta de mejora la ejecución de carriles adicionales logrando así una mejor distribución del flujo vehicular.

Henríquez (2019), en su tesis “Propuesta de Mejora Vial en la Intersección de las Avenidas Miguel Grau Y Gulman en la Ciudad de Piura, Piura” hace la determinación de las variables, volumen de tráfico vehicular, tasas de flujo y velocidades, para ello emplea la metodología y procedimientos correspondiente a intersecciones semaforizadas propuesta por la metodología HCM, se determinó la capacidad vial y el nivel de servicio actual en mal estado, además de la problemática en los tiempos semafóricos y geometría vial. También determinó y analizó propuestas óptimas para la mejora vial de dichas avenidas.

2.1.3. Antecedente Local

Salazar Calderón Juárez (2019), en su tesis “Evaluación del Flujo Vehicular Para Determinar el Nivel de Servicio en Av. Gustavo Pinto Desde la Intersección Con Av. Jorge Basadre Grohmann Hasta la Intersección con Calle Coronel Mendoza, Distrito de Tacna – 2018”. Tuvo como objetivo analizar el flujo vehicular para así determinar el nivel de servicio de las intersecciones, obteniendo como resultado valores desfavorables y llegando en conclusión de que la medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo de tránsito y de su percepción por conductores y/o pasajeros existentes en las 4 intersecciones los niveles de servicio fueron lo siguiente; “E” para la intersección Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre, “F” para la intersección Av. Gustavo Pinto con Av. Bolognesi, “B” para la intersección Av. Gustavo Pinto con Calle Alto Lima, “F” para la intersección Av. Gustavo Pinto con Av. Leguía y “C” en la Av. Gustavo Pinto con la intersección con Calle Coronel Mendoza, para mejorar el nivel de servicio que presenta las 4 intersecciones propuso

cambios de fases de semaforización, así como la adición del números de carriles y redefinió los giros en las intersecciones estudiadas.

Honori y Serrano (2020), en su tesis “Determinación del Nivel de Servicio Y Propuesta de Mejora Vial en la Avenida Humboldt, Tramo Entre Avenida Collpa-Avenida Violeta, del Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa -Provincia Y Departamento De Tacna, Año 2019” tuvo como objetivo calcular el nivel de servicio, para luego elaborar propuestas de mejora vial en las intersecciones Av. Humboldt con Av. Collpa, Av. Humboldt con Ca. Amapolas y Av. Humboldt con Av. Violeta. Para el análisis de datos obtenidos en campo utilizó la metodología de análisis operacional HCM 2010 obteniendo como resultado un indicador de nivel de servicio de D y C. Dando como la siguiente propuestas de mejora: propuesta 1 optimización de carriles para las 3 intersecciones mejorando el indicador a un nivel de servicio de B y propuesta 2, realizó cambios de las fases de semaforización dando una mejora en el nivel de servicio de D a C, en la Av. Humboldt con Av. Violeta, C a B en Av. Humboldt con Ca. Amapolas y D a B Av. Humboldt con Av. Collpa.

Layme y Zegarra (2021), en su tesis “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” tuvo como objetivo general elaborar una 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. Llegando a las siguientes conclusiones; la propuesta de solución considera los múltiples factores que se presentan en las intersecciones logrando optimizar el flujo vehicular mediante el incremento de carriles y mejorando las fases de semaforización para finalmente mejorar el nivel de servicio. El nivel de servicio actual en las intersecciones del tramo de estudio es negativo obteniendo en ambas intersecciones un nivel de servicio “F”, las fases de semaforización que favorezcan a ciclos semafóricos más cortos tienden a reducir el nivel de servicio de los accesos, sin embargo estos mismos deben de ser concordantes con la distribución vial para lograr el resultado más óptimo en la intersección, lograr una distribución vial correcta en avenidas concurridas de la ciudad puede reducir significativamente el nivel de servicio de estas mismas. En los accesos del tramo de estudio se pudo reducir los niveles de servicio “E” y “F” a un nivel de servicio de “D”.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Reordenamiento Vial

Vargas (2018), indica que el objetivo de ordenamiento vial o también conocido como reordenamiento vial es aprovechar al máximo la infraestructura vial existente, una vez identificado los cambios pertinentes. El estudio se realiza teniendo en cuenta un análisis previo para mejorar un problema específico. El ordenamiento vial es un trabajo que debe ser coordinado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y las municipalidades.

Ramírez (2007), detalla que el ordenamiento es realizado cuando una o más de las siguientes situaciones surgen a presentar problemas en una provincia, distrito.

- Reducción severa de la fluidez del tráfico y peatonal.
- Alta cantidad de congestionamientos en carreteras e intersecciones semaforicas.
- Pérdida de zonas sociales y culturales invadidos por vehículos.
- Alto nivel de contaminación y afectación en flora por el exceso de automóviles.
- Alta probabilidad de accidentes de tránsito en lugares específicas por causas desconocidas.

Elementos que contempla un ordenamiento vial

Estacionamientos en la vía pública

Cárcamo, Hernández, & Ramos (2017), indican que tradicionalmente los primeros estacionamientos que existió fueron formándose en las calles, en espacios ubicados cerca de las veredas y bermas, frente a las instalaciones comerciales, edificios más concurridos y frente a las viviendas, provocando congestión vehicular y disminuyendo notablemente el propósito y la capacidad de las calles, que es la circulación, tanto por el espacio ocupado de estacionamiento como por los movimientos y maniobras para estacionarse. Cuando se tiene un impórtate volumen de tránsito, o calles estrechas, en el caso de contar con estacionamientos sobre la vía pública, es recomendable que el estacionamiento sea en paralelo, ya que el estacionamiento en ángulo contribuye a tener un mayor de riesgo de accidentes por la falta de visibilidad, en especial en maniobras de salida.

Los estacionamientos en la vía pública pueden ser libres o controlados: En cuanto a los estacionamientos libres, no se da ninguna restricción para el estacionamiento de vehículos cerca de las veredas, y es la manera ideal para aquellos conductores que logran conseguir un espacio libre. Sin embargo, el uso no

es equitativo, ya que un conductor puede demorar más que otro. El estacionamiento controlado es más ordenado por lo que dispone de señales o dispositivos que ayudan a restringir el tiempo de utilización.

La cantidad de vehículos que se estacionan en una calle será mayor mientras el tiempo de estacionamiento por cada vehículo sea por un corto tiempo, motivo por el cual las autoridades de las principales ciudades que sufren congestionamientos vehiculares en lugares más circuladas han buscado la forma de reducir su duración, con el objetivo de mejorar la utilización de los espacios, como también buscar una solución en mejorar la calidad de la vía.

Intersecciones Viales

Semaforización y Ciclo Semafórico

En las intersecciones, se utilizan diferentes tipos de señales de tráfico y sistemas de control, para reducir los tiempos de espera y evitar accidentes con el fin de aumentar la capacidad de las carreteras. El sistema más utilizado en las ciudades son los dispositivos de control (semáforos) que son colocados en las intersecciones muy transitadas.

El propósito de los sistemas de semaforización en una intersección es disminuir el tiempo de espera promedio para todos los vehículos y evitar la probabilidad de un accidente. Esto se logra reduciendo el número de colisiones y priorizando segmentos de diferentes bandas de tráfico en diferentes momentos. Existe una contradicción entre la reducción de accidentes y el tiempo medio de espera de un vehículo. Esto sucede porque se necesitan menos ciclos para reducir la latencia tanto como sea posible, pero es posible que se requieran equipos de control de tránsito.

En las intersecciones, la función de los semáforos es crear órdenes y disciplinas de tráfico. Los semáforos envían señales mediante una luz a los conductores y peatones, a quienes se les prohibirá o permitirá avanzar a través de una serie de colores conocidos.

Una serie de movimientos que reciben la misma señal forman un flujo de tráfico definido por este período, que es el período durante el cual uno o más flujos de tráfico pueden viajar y los restantes son impedidos.

La secuencia de fase mínima que proporciona acceso a todos los flujos de tráfico se denomina ciclo. Las definiciones de secuencia y fase deben cumplir cada una de las expectativas del conductor, los grupos (flujos) de tráfico agrupados en una sola fase deben tener medidas de carga similares. El índice de carga se define como el cociente entre la corriente de entrada y la corriente de saturación, transformando

la necesidad de una señal verde para cada fase. Por lo tanto, la fase que tiene un índice de carga más alto se considera importante, está acondicionada para distribuir el verde en las fases restantes.

Señalización Vial

Las señales viales son dispositivos que se utilizan para controlar el tránsito, con el objetivo de comunicar a los transportistas que circulan por las vías mediante un mensaje de símbolos convencionales o palabras. Estas señales se pueden identificar por su tamaño, forma, color, visibilidad diurna y nocturna, utilizando símbolos o palabras. La señalización está dividida en señalización vertical y horizontal.

Para vías conformados de dos sentidos, estas señales tienen que estar claramente visible para el conductor y son colocadas a la derecha en sentido que avanza los vehículos. En cuanto a las vías que tienen un solo sentido ya sea con uno o más carriles, ante este caso las señales se colocan a la derecha e izquierda de la vía. Estas señales son especiales que pueden ser visibles durante el día y noche por reflexión de las luces que proporcionan los vehículos.

a) Señalización vertical

Son dispositivos colocadas generalmente a los costados o también sobre el camino. La finalidad de la señalización vertical es reglamentar, dar información a los usuarios a través de símbolos o palabras. Estas señales tienen uso esencial en aquellos lugares donde los peligros no son evidentes, también es utilizado en sitios donde existen regulaciones permanentes, especiales o temporales. Las señales verticales se clasifican en; señales reguladoras o de reglamentación, prevención y información.

Las señales de reglamentación: La finalidad de esta señal reguladora es dar a conocer a los usuarios, las restricciones, limitaciones, autorizaciones o prohibiciones existentes que ordena el uso de una vía, en caso el usuario no obedezca la señalización contribuye una violación a las normas vigentes dadas por el MTC y Reglamento Nacional de Tránsito, como se aprecia en la Figura 4.

Clasificación de las señales de reglamentación:

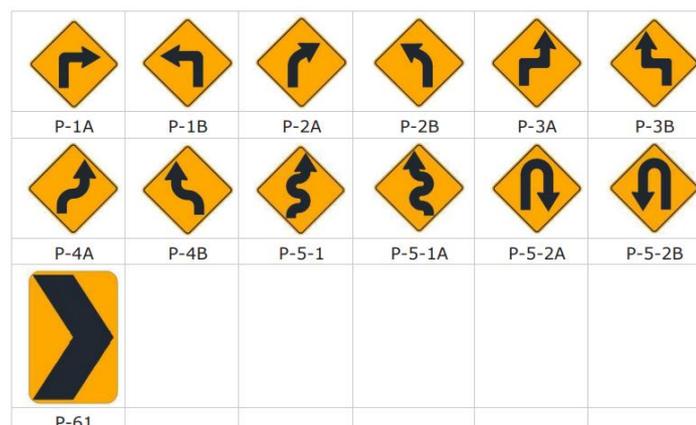
- Señales de prioridad
- Señales de restricción
- Señales de prohibición
- Señales de obligación
- Señales de autorización

Figura 4*Señales de reglamentación*

Nota. La imagen solo muestra algunas señales de obligación.

Tomado del manual de Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC).

Las señales de prevención: El objetivo de la señalización es advertir al usuario de la vía de manera anticipada la existencia de un peligro y la naturaleza de éste, como se aprecia en la Figura 5.

Figura 5*Señales de prevención*

Nota. La imagen solo muestra algunas señales preventivas – curvatura horizontal. Tomado del manual (MTC).

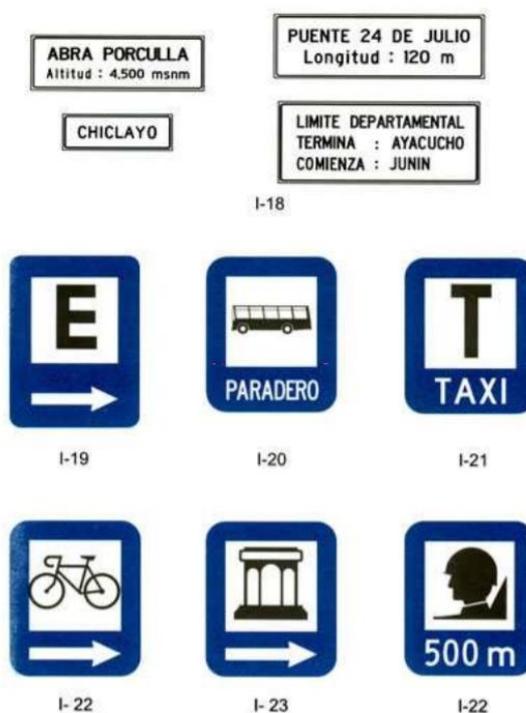
Las señales de información: Su función principal es identificar las vías y guiar al usuario proporcionándole información que pueda necesitar el transportista. En la Figura 6 se aprecia algunas señales de información.

Las señales de información se agrupan de la siguiente manera:

- Señales de Dirección.
- Señales Indicadoras de Ruta.
- Señales de Información General.

Figura 6

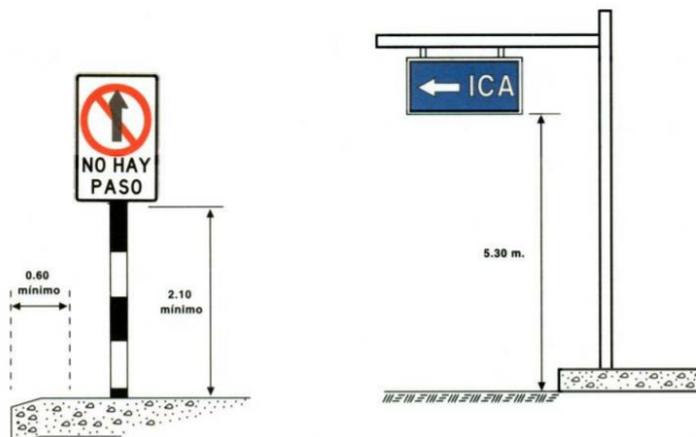
Señales de información



Nota. La imagen solo muestra algunas señales de información. Tomado del manual (MTC).

Según la norma MTC, los colores de fondo utilizados para la señalización vertical son los siguientes: Amarillo, naranja, azul, blanco negro, marón, rojo, verde.

Ubicación: Para que una señal sea eficiente y cumpla sus funciones es muy importante su ubicación longitudinal y ubicación lateral, así como también la altura y la orientación del tablero de la señal. En la Figura 7 se detalla algunas consideraciones de ubicación lateral.

Figura 7*Ubicación lateral de señales verticales*

Nota. La imagen muestra las medidas según el reglamento valido para zonas urbanas. Tomado del manual (MTC).

b) Señalización horizontal

Las demarcaciones en el pavimento, también conocido como señalizaciones horizontales que son conformados por marcas en los pavimentos, ya sea en líneas horizontales o transversales como también las marcas se dan en letras y símbolos que se adhieren encima del pavimento, estructuras de una vía, sardineles y zonas adyacentes. Son utilizadas con el propósito de reglamentar el movimiento de los flujos de vehículos y mejorar la seguridad en su operación. En algunos casos sirven como suplemento a las señales y semáforos en el control del tráfico; en otros, constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía (MTC).

Los pavimentos que no contemplan con marcas de pavimento por ningún caso entraran en servicio, caso sea necesario se tendrá que utilizar demarcaciones temporales que además deben de ser retrorreflectiva asimismo tiene que cumplir los requisitos mínimos que son establecidos por manual del MTC. En la Figura 8 muestra las demarcaciones para un cruce.

Las señalizaciones horizontales se clasifican en:

- Marcas en el pavimento.
- Marcas en los obstáculos.
- Demarcadores reflectores.

lo que ayuda a los pasajeros y a los operadores de autobuses a identificar un lugar en específico designado como paradero, además ayuda en anunciar los servicios y rutas que le son designados.

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

El siguiente Manual de Capacidad de Carreteras describe las definiciones de las condiciones viales, condiciones de la circulación, congestión vehicular, niveles de servicio, entre otras definiciones que se muestra de la siguiente manera:

Condiciones viales o de la plataforma: La condición vial se refiere a las características geométricas, características urbanísticas de la calle o carretera, tipo de infraestructura vial, número de carriles por sentido, anchos de carril y berma central, etc.

Condiciones de la circulación: Son las características de circulación del tránsito, estas condiciones de circulación quedan definidas por la composición, distribución, cantidad de vehículos, distribución de los sentidos y la distribución del tráfico entre los carriles existentes.

Condiciones de Control: En nuestro país las condiciones de control están reguladas por el “Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras” este manual establece la uniformidad del diseño y utilización de los dispositivos de control de tránsito tales como señales verticales y horizontales, marcas en pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares. Específicamente la programación de los semáforos es un condicional de control crítico ya que depende de esta principalmente la capacidad de la vía en una intersección, entre otras medidas de control están las señales de STOP, CEDA EL PASO, las restricciones en el uso de los carriles y las restricciones de giros.

Congestión Vehicular

El congestionamiento vehicular hace referencia a la saturación de flujo vehicular que se presenta en una vía, exigiendo una demanda mayor al espacio ya establecido, en otras palabras, es la cantidad de vehículos que circulan por la vía y excede la capacidad a lo que la misma puede disponer, originando restricciones e incrementando los tiempos de viaje a causa de las largas colas vehiculares.

Los efectos de las congestiones vehiculares tienden a provocar accidentes, a pesar de que los vehículos no tienen la posibilidad de transitar a una gran velocidad y pueda que el conductor pierda la calma al encontrarse detenido por un largo tiempo en un lugar de la vía.

2.2.3. Capacidad Vial

La capacidad vial teóricamente está definida como la tasa máxima de flujo que puede brindar una calle o autopista. En otras palabras, la capacidad vial es la cantidad máxima de vehículos que pueden pasar bajo condiciones adecuadas por una intersección o sección durante un tiempo dado (HCM, 2010).

Mayormente el intervalo de tiempo utilizado para el análisis de la capacidad es cada cuarto de hora, el cual durante este tiempo puede presentarse un tráfico estable y el volumen obtenido durante ese tiempo se convierte en tasas de flujo horaria por ende la capacidad de la vía es tasa máxima horaria.

Las autopistas o calles pueden ser de circulaciones continuas o como también discontinuos. En las vías de circulación continua carecen de elementos externos al flujo vehicular, así como las señales y semáforos que produzcan interrupciones. En cuanto a los sistemas viales con circulación discontinua cuentan con elementos fijados para que genere interrupciones periódicas al flujo vehicular. Dependiendo de la infraestructura vial que se analiza, tiene que disponer procedimientos para los cálculos de la calidad y capacidad de operación. Por consiguiente, el objetivo principal respecto al análisis de la capacidad es brindar una estimación máxima de la cantidad de vehículos que puede pasar con una seguridad razonable durante un tiempo específico.

2.2.4. Nivel de Servicio

Es una medida cualitativa que se basa en la demora promedio por vehículo para diferentes tipos de movimientos, en otras palabras, es la calidad que la vía ofrece a los usuarios, en lo que respecta a las condiciones operacionales.

Los niveles de servicio corresponden un volumen, que será el máximo número de vehículos por unidad de tiempo (generalmente medidos en hora), que pasará mientras se conserve dicho nivel.

Para procedimiento de análisis según el manual HCM 2010 define seis niveles de servicio. Denominado por las letras A hasta F, representando el nivel A las mejores condiciones de circulación y el nivel de servicio F las peores condiciones que presenta una vía.

2.2.5. Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

En un flujo discontinuo, el nivel de servicio se establece en relación con la demora promedio por la detención por cada vehículo. Esta es una de las medidas que refleja incomodidad y frustración al conductor, ocasionando pérdida de tiempo en el viaje y mayor consumo de combustible. La demora es una medida compleja ya que depende de muchas variables que influyen en la calidad de la sincronía, la duración de los ciclos del semáforo. En la Tabla 1 se describe los niveles de servicio para las intersecciones que cuentan con dispositivos de control.

Tabla 1

Niveles de servicio con semáforos

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

Nota. La tabla muestra los niveles de servicios para intersecciones semaforizadas. Tomado del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010).

2.2.6. Parámetros del Flujo Vehicular

Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

Es el número máximo de vehículos que pasarán por un punto o parte de un carril de una carretera en 60 minutos, que representa el período de máxima demanda que puede ocurrir en un día determinado.

Otros análisis de tráfico y capacidad se centran en las horas pico de tráfico, es decir, donde el tráfico alcanza su punto máximo. Esto se debe a que es el período de funcionamiento más importante es dinámico y tiene los requisitos de potencia más altos.

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)

También conocido como Factor de hora punta (FHP), representa un cambio en el tráfico dentro de una hora. Las observaciones circulares continuas muestran que el volumen detectado dentro de los 15 minutos de la hora pico no se mantiene a lo largo de la hora. Este fenómeno se tiene en cuenta al determinar el rendimiento utilizando el factor de tiempo que da la parte superior de la ecuación.

Es la relación entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo ($q_{\text{máx}}$), que se presenta en un periodo dado dentro de dicha hora como se aprecia en la ecuación:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{\text{máx}})} \quad (1)$$

Donde:

$VHMD$ = Volumen máximo de máxima demanda.

$q_{\text{máx}}$ = Volumen máximo durante 15 minutos de flujo (vehículos /15minutos).

Flujo de Saturación

Ésta es la cantidad máxima de vehículos que pueden ingresar a una intersección de semáforo en un carril o grupo de carriles cuando el semáforo está en verde. Conocer el rango de saturación es fundamentalmente importante para el correcto funcionamiento del control de señales en una semaforización. El tráfico saturado es un parámetro básico para determinar la duración de un semáforo y todos los cálculos de rendimiento para los intercambios de señales son la capacidad, longitud de la carretera, número de paradas, además se conoce este parámetro.

La tasa de saturación depende de factores como las características del tráfico, la forma de la carretera, las condiciones del terreno, las condiciones meteorológicas y los conductores.

Se tiene dos clases de flujo de saturación:

Flujo de Saturación Básico (0): Cantidad de vehículos que tiene la posibilidad de pasar durante la fase verde de un acceso, aquellos vehículos que pasan directo en la intersección. Su unidad de medida es [1900 vehículos livianos/h verde - carril].

Flujo de Saturación Real (S): Se conoce como el volumen máximo de vehículos que pueden pasar desde una cola, aquellos vehículos que realiza cualquier tipo de movimiento en la intersección. Unidad de medida [vehículos /h] o [vehículos /h - carril].

Para el cálculo de flujo de saturación real, se hace uso de la ecuación matemática que describe la metodología HCM 2010, en la que se basa la presente tesis.

2.2.7. Determinación de la Tasa de Flujo de Saturación

Definido como la tasa máxima de flujo en un acceso o grupo de carriles, que puede cruzar la intersección bajo las condiciones prevalentes del tránsito (composición del flujo, movimientos, conflicto con peatones, ciclistas, paraderos, etc.) y la calle (ancho y cantidad de carriles, pendientes, semáforos, etc.).

$$S_i = S_o(N)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb}) \quad (2)$$

Donde:

S_i = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (veh/hr verde).

S_o = Tasa de flujo de saturación ideal por carril (veh/h/carril).

N = Cantidad de carriles del grupo de carriles.

f_w = Factor de ajuste por ancho de carriles.

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

f_g = Factor de ajuste por pendiente del acceso.

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

f_{bb} = Factor de ajuste por bloqueo de buses que se detienen en la intersección.

f_a = Factor de ajuste por tipo de área.

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

f_{LT} = Factor de ajuste por vueltas a la izquierda.

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

f_{Lpb} = Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros vehiculares a la izquierda.

f_{Rpb} = Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros vehiculares a la derecha.

Todos los siguientes factores que intervienen en la ecuación son mencionados en el manual (Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual)) HCM 2010 que continuación se detallan.

- **Ajuste del ancho del carril " f_w "**

Este factor toma en consideración el impacto negativo que pueden llegar a generar los carriles muy estrechos en la tasa del flujo de saturación base (1900 veh/h/carril) así como incrementar la tasa al existir carriles anchos. Según el manual HCM 2010 propone un ancho de carril estándar de 3,6 m. Es calculado, mediante la siguiente ecuación.

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

Donde:

W = Ancho de carril.

- **Ajuste para vehículos pesados “ f_{HV} ”**

El ajuste toma en cuenta el espacio adicional que ocupan los vehículos pesados y sus diferencias entre las capacidades operativas en comparación de los vehículos de pasajeros. Para la investigación se consideró según la Tabla 2 que muestra los factores equivalentes en distintos países donde consideran la unidad como valor equivalente a un automóvil por ser el vehículo predominante en el flujo vehicular. Se asumió el valor de $E_T = 2,40$. y se calcula mediante la ecuación.

Tabla 2

Factor de ajuste para vehículos pesados.

Categoría	Factores Equivalentes	Categoría	Factores Equivalentes
Motocicleta	1,00	Ómnibus	3,00
Automóvil	1,00	Vehículo medio	3,00
Camioneta	-	Camión	3,00
Minibús	-	Tráiler	-

Nota. Tabla de factor de Ajuste de Vehículos. Tomado de (Sánchez, 2018)

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)} \quad (4)$$

Donde:

E_T = Factor de equivalencia en vehículos livianos para cada vehículo pesado (veh equivalente/hv).

$\%HV$ = Porcentaje de vehículos pesados.

- **Factor de ajuste por pendiente de acceso “ f_g ”**

Factor que toma en cuenta la pendiente que poseen cada acceso. Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \quad (5)$$

Donde:

$\%G$ = pendiente del acceso en rango: - 6% a 10%.

- **Factor de ajuste por estacionamiento “ f_p ”**

El factor de ajuste considera el bloqueo ocasional de un carril adyacente a causa de que los vehículos entran o salen de un estacionamiento. En caso no tenga estacionamiento, el factor de ajuste es equivalente a 1,00, caso contrario se debe tener

en cuenta la cantidad de maniobras que duran un promedio de 18 segundos y emplear la siguiente fórmula:

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N} \quad (6)$$

Donde:

N_m = Actividad de estacionamiento (maniobras/h).

N = Cantidad de carriles.

- **Factor de ajuste por bloqueo de buses “ f_{bb} ”**

El factor es utilizado solo cuando los autobuses detenidos bloquean el flujo de tráfico en el grupo de carriles analizado, 70 metros arriba o debajo de la línea de parada.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4NB}{3600}}{N} \quad (7)$$

Donde:

N = Cantidad de carriles en acceso.

NB = número de parada de buses/hora.

- **Factor de ajuste por tipo de área “ f_a ”**

Este factor de ajuste considera la congestión en general de las zonas céntricas de la ciudad (CBD) es 0,93 y en otras áreas se le considera 1,00.

- **Factor de ajuste por utilización de carriles “ f_{LU} ”**

El factor de ajuste se aplica para la estimación de la tasa de saturación del flujo por grupo de carril con más de un carril exclusivo. Se utiliza $f_{LU} = 1,00$ en caso se pueda asumir una distribución uniforme de tráfico en todos los carriles, en caso no se posee un carril exclusivo se procede a calcular mediante la siguiente ecuación.

$$f_{LU} = V_g/v_{g1}N \quad (8)$$

Donde:

N = Número de carriles.

V_g = Tasa de flujo de demanda no ajustada en un grupo de carriles.

V_{g1} = Tasa de flujo de demanda no ajustada de un grupo de carril con el volumen más elevado.

- **Factor de ajuste para giros a la izquierda “ f_{LT} ”**

Este factor de ajuste se utiliza cuando los giros a la izquierda son restringidos o permitidos y si estos se realizan desde un carril compartido o exclusivo. Los accesos que no tiene o no están permitidos los giros a la izquierda el factor será igual a 1,00. Es calculado mediante la siguiente ecuación.

Carril exclusivo:

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

$$f_{LT} = \frac{1}{1,0 + 0,05P_{LT}} \quad (9)$$

Donde:

P_{LT} = Proporción de vueltas a la izquierda en el acceso.

- **Factor de ajuste para giros a la derecha “ f_{RT} ”**

Este factor de ajuste se utiliza cuando los giros a la derecha son restringidos o permitidos y si estos se realizan desde un carril compartido o exclusivo. Los accesos que no tiene o no están permitidos los giros a la derecha el factor será igual a 1,00. Es calculado mediante la siguiente ecuación.

Carril exclusivo:

$$f_{RT} = 0,85$$

Carril compartido:

$$f_{RT} = 1,0 - (0,15)P_{RT} \quad (10)$$

Carril único:

$$f_{RT} = 1,0 - (0,135)P_{RT} \quad (11)$$

Donde:

P_{RT} = Proporción de vueltas a la derecha en el acceso.

- **Factor de ajuste para peatones y ciclistas para vueltas a la izquierda “ f_{Lpb} ” y derecha “ f_{Rpb} ”**

El manual HCM 2010 toma en consideración este factor si existe conflictos peatón - ciclista con vehículos, es aplicado solo para carriles exclusivos. El factor de ajuste es 1,00 en caso no existiera conflicto peatón - ciclistas con los vehículos.

Ajuste para giros a la izquierda:

$$f_{Lpb} = 1,0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA}) \quad (12)$$

Ajuste para giros a la derecha:

$$f_{Rpb} = 1,0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA}) \quad (13)$$

Donde:

P_{LT} = Proporción de giros a la izquierda en un grupo de carriles.

A_{pbT} = Ajuste a la fase permitida.

P_{LTA} = Proporción de giro izquierdo de la fase protegida sobre el total de verde del grupo.

P_{RT} = Proporción de giro derecho en el grupo de carriles.

P_{RTA} = Proporción de giro derecho de la fase protegida sobre el verde total.

2.2.8. Determinación de Capacidad y la Relación Volumen a Capacidad

- **Capacidad “ C_i ”**

Determina el proceso de acceso o grupo de carriles y da a conocer la tasa de flujo máxima que pueden transitar a través de la Intersección bajo condiciones óptimas, dado que no puede ser mayor a su capacidad real.

$$C_i = S_i \left(\frac{g_i}{C} \right) \quad (14)$$

Donde:

C_i = Capacidad del grupo de carriles (Veh/hr)

S_i = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (veh/hr verde)

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

C = Ciclo del semáforo (segundos)

g_i/C = Factor de ajuste por ancho de carriles

- **Determinación de Relación volumen capacidad “ X_i ”**

Conocido como grado de saturación, cuando los valores de X_i son superiores a 1,00 da a conocer que existe un exceso de demanda sobre la capacidad.

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} \quad (15)$$

Donde:

v_i = Tasa de Flujo de tráfico actual o proyectado del grupo de carriles i (Veh/hr).

c_i = capacidad del grupo de carriles i (Veh/hr)

Para su evaluación a la intersección con respecto a la geometría y al ciclo, es utilizado el concepto de grado de saturación crítica de la intersección X_c , que considera únicamente los grupos de carriles más críticos, definidos como:

$$X_c = \left(\frac{C}{C-L} \right) \left[\sum \left(\frac{V}{S} \right)_{ci} \right] \quad (16)$$

Donde:

X_c = Relación volumen a capacidad crítica de la intersección.

C = Ciclo de semáforo (s).

L = Tiempo total perdido por ciclo (S).

$\sum \left(\frac{V}{S} \right)_{ci}$ = Sumatoria de flujo de todos los grupos de carriles críticos i .

2.2.9. Determinación de las demoras

Los valores derivados de los cálculos representan la demora media por control, que comprende los movimientos a velocidades bajas y las detenciones en los accesos de la intersección analizada, cuando los vehículos reducen la velocidad corriente arriba o cambian de posición en la cola. Se calcula con la siguiente expresión:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (17)$$

Donde:

d = Demora media por control (s/veh).

d_1 = Demora uniforme (s/veh) deduciendo llegadas uniformes.

PF = Factor de ajuste de coordinación. Toma en consideración los efectos de coordinación de los dispositivos de control.

d_2 = Demora incremental (s/veh), que toma en consideración los efectos de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas a lo largo del periodo de análisis "no existe cola inicial al comienzo del periodo de análisis".

d_3 = Demora por cola inicial (s/veh), que tiene en consideración las demoras de todos los vehículos debido a la existencia de colas iniciales antes del periodo de análisis.

- **Factor de Ajuste Por Coordinación " PF "**

Una buena coordinación de semáforos brindará elevadas cantidades de vehículos que llegan en verde. La coordinación afecta sobre todo a la demora uniforme, porque se realiza el ajuste a d_1 :

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)} \quad (18)$$

Donde:

P = Proporción de vehículos que llegan en verde.

g/C = Proporción de verde disponibilidad.

f_{PA} = Factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde.

Para calcular la proporción de vehículos que llegan en verde se puede determinar el tipo de llegada AT detallado en la Tabla 4, posteriormente determinar el valor R_p con la ayuda de la Tabla 3, finalmente se calcula P con la siguiente ecuación:

$$P = R_p * \frac{g}{C} \quad (19)$$

Donde:

R_p = Rango de pelotón.

P_f = no debe exceder a 1 desde AT 3 hasta AT 6.

Tabla 3

Relación entre tipo de llegada y rango de pelotón

Tipo de llegada	Calidad de la progresión	Rango (R_p)	Valor de (R_p)
1	Muy pobre	$\leq 0,50$	0,333
2	Desfavorable	$> 0,50 - 0,85$	0,667
3	Llegadas aleatorias	$> 0,85 - 1,15$	1
4	Favorable	$> 1,15 - 1,50$	1,333
5	Altamente favorable	$> 1,50 - 2,00$	1,667
6	Excepcional	$> 2,00$	2,00

Nota. Tabla para la obtención del valor de R_p . Tomado del manual HCM 2010 (pág. 16-20), citado por Otero L. (2015)

Tabla 4

Factor de ajuste para los cálculos de demora uniforme

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
R_p por defecto	0,333	0,667	1	1,333	1,667	2

Nota. Tabla para la obtención del factor tipo de llegada. Tomado del manual HCM 2010 (pág. 16-20), citado por Otero L. (2015)

- **Determinación de Demora uniforme “ d_1 ”**

Se determina asumiendo llegadas uniformemente distribuidas a lo largo del tiempo del ciclo, es calculado con la siguiente formula.

$$d_1 = \frac{0,5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C} \right]} \quad (20)$$

Donde:

C = Ciclo.

$g/C =$ = Proporción de verde disponible.

$\min(1, X) =$ Relación volumen / capacidad del acceso.

- **Demora Incremental “ d_2 ”**

La demora incremental d_2 , considera las llegadas aleatorias, provocando que algunos ciclos se sobresaturen. Se determina mediante:

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8klK}{cT}} \right] \quad (21)$$

Donde:

$T =$ Duración del periodo de análisis (0,25h).

$K =$ Factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones actuadas, $k=0,50$ para intersecciones prefijadas.

$l =$ Factor de ajuste por entradas en la intersección corriente arriba Según el (HCM 2010) indica que si $l = 1,00$ es utilizado para intersecciones aisladas.

- **Demora por cola inicial “ d_3 ”**

Es la demora que se genera por colas residuales “remanentes o insatisfechas” del anterior periodo. Es decir, representa la demora experimentada por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis.

$$d_3 = \frac{1800Q_b(1 + u)t}{cT} \quad (22)$$

Donde:

$Q_b =$ Cola inicial al principio del periodo T (veh).

$c =$ Capacidad (veh/h).

$T =$ Duración del periodo de análisis (0,25 h).

$t =$ Duración de la demanda insatisfecha (h).

$u =$ Parámetro de demora.

2.2.10. Clasificación de los Vehículos

Según Cal y Mayor (2007), menciona que las clasificaciones de vehículos son por tipos, es decir en vehículos pesados, vehículos ligeros y vehículos especiales. Los vehículos de carga ligera son vehículos de pasajeros y/o carga con un peso no mayor a 5 toneladas, que tienen dos ejes y cuatro ruedas. En esta denominación se incluyen tales como autos, camionetas, furgonetas y otras las unidades de carga ligera y de pasajeros.

Los vehículos de dos o más ejes son aquellos que realizan transporte masivo de mercadería y pasajeros, son denominados vehículos pesados. En este grupo se incluyen tales como los autobuses, camiones, remolques, entre otros con un peso vehicular mayor a 3,5 toneladas.

Las excavadoras, barredoras como también las maquinarias de uso agrícolas y sus remolques y cualquier otra maquinaria similar son vehículos especiales que transitan ocasionalmente las calles y carreteras.

Ancho de las Calzadas

Según lo descrito en el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas (2005) indica que está relacionada con la clasificación funcional de la vía; como también con la capacidad operacional necesaria para satisfacer a la demanda vehicular y con el sentido de la circulación.

Ancho de Carriles

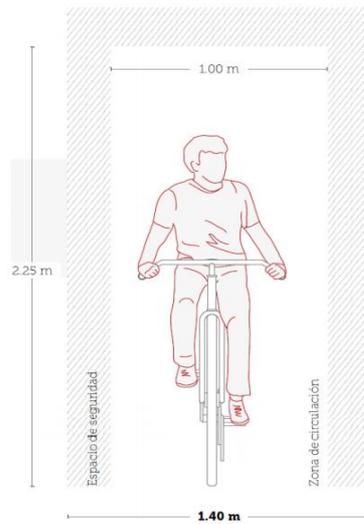
El ancho recomendable para los carriles de una vía dependerá principalmente según la demanda vehicular y la velocidad de diseño como también la orografía, sin embargo, no siempre será posible diseñar con los anchos de carriles requeridos ya que depende del lugar en el que se encuentre. El proyectista podrá justificar el empleo de valores excepcionales considerando los aspectos sociales, económicos, físicos y geográficos.

Red de Ciclovías

Según Yomona Aguilar (2020), describe que una ciclovía es un espacio en el perfil vial reservado de manera exclusiva para la circulación ciclistas, ya que puede formar parte de una calzada, vereda, berma central y berma lateral. La red de ciclovía puede ser en una sola dirección o bidireccional esto dependerá del entorno y sus condiciones. Otro punto son las demarcaciones en la infraestructura, para las ciclovías las demarcaciones son de colores diferentes al de la calzada o la vereda, de esta manera se puede identificar de manera fácil y se diferencia para ser identificado por el usuario de la vía.

Ciclovía unidireccional: El espacio libre requerido para ciclistas en zonas urbanas el ancho mínimo de un carril de ciclovía unidireccional es de 1,00 m. y 1,40 m. incluyendo los espacios de seguridad como se aprecia en la Figura 9.

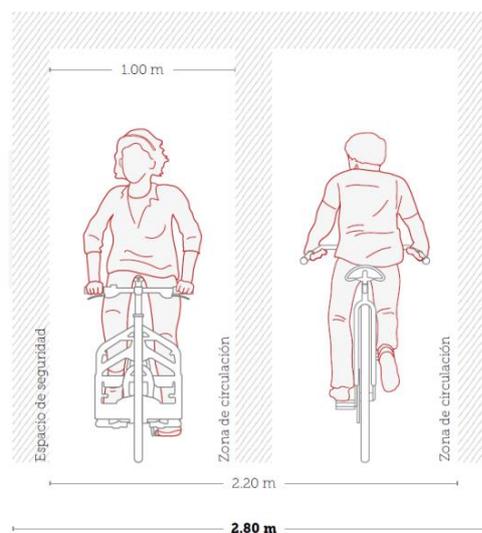
Figura 9
Sentido unidireccional



Nota. Tomado del Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista, 2017, pág. 48.

Ciclovía Bidireccional: En cuanto a la circulación de dos ciclistas en sentido contrario el ancho mínimo del carril de ciclovía es de 2,00m y 2,80 m. incluyendo los espacios de seguridad en cada lado. Ver Figura 10.

Figura 10
Sentido bidireccional



Nota. Tomado del manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista, 2017, pág. 49.

2.3. Definición de Términos

2.3.1. Intersecciones

Es un espacio común de dos o más vías que se cruzan al mismo nivel y estas comparten las calzadas que son utilizados por los vehículos para hacer todos los movimientos posibles (Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas, 2005).

2.3.2. Velocidad

Se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en km/h (Cal y Mayor, 2007).

2.3.3. Flujo vehicular

El flujo vehicular es un fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Antes de cualquier diseño geométrico de una vía, se debe de conocer las características del tránsito que va a ocupar esa carretera o calle (Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas, 2005).

2.3.4. Aforo vehicular

Es el conteo de vehículos, el aforo es una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tienen por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o a una intersección (Cal y Mayor, 2007).

2.3.5. Reordenamiento vial

Es un estudio, que se realiza en un área específica, con el objetivo de identificar cambios en el sistema vial que procuren el máximo aprovechamiento de la infraestructura vial existente (Vargas Gómez, 2018).

2.3.6. Tráfico

Es el fenómeno causado por la congestión vehicular en una vía o intersección (Cal y Mayor, 2007). Se presenta también con muchas similitudes en otros fenómenos como el flujo de partículas (líquidos, gases o sólidos) y el de peatones.

2.3.7. Volumen

Es el número de vehículos que pasan por un punto durante un tiempo específico (Cal y Mayor, 2007).

2.3.8. Densidad

Se define la densidad como el número de vehículos que ocupan un tramo de la longitud de un carril o carretera, promediado entre esta longitud, en unidades de vehículos por kilómetro (Cal y Mayor, 2007).

2.3.9. Carril

Parte de una vía de circulación destinada al tránsito de una sola fila de vehículos (Cal y Mayor, 2007).

2.3.10. Semáforos

Son dispositivos eléctricos que tienen como función ordenar y regular el tránsito, de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces que son generalmente de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad de control (Cal y Mayor, 2007).

2.3.11. Fase del semáforo

Parte del ciclo semafórico asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos que reciben simultáneamente el derecho de paso, durante uno o más intervalos (Cal y Mayor, 2007).

2.3.12. Cola

También denominada fila o línea de espera cuando se genera cuando los usuarios (vehículos) llegan a una intersección con semáforos, la prestación del servicio para cada llegada toma cierto tiempo (Cal y Mayor, 2007).

2.3.13. Transporte no Motorizado

También llamados ecológicos, ya que no dejan una huella de carbono a su paso. Este puede ser mediante el uso de un vehículo o transporte a pie (Chiriboga, 2014).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de la Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

La investigación que se realizó es de tipo Aplicada, porque se buscó resolver el problema planteado, analizando el comportamiento del congestionamiento vehicular para luego proponer propuestas de solución para la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza.

3.1.2. Nivel de Investigación

En la presente tesis, el nivel de investigación corresponde a comprensivo e innovación, ya que este nivel de investigación pertenece a una investigación cuyos objetivos conllevan “explicar, predecir y proponer”.

3.2. Población y/o Muestra de Estudio

3.2.1. Población

Corresponde a la cantidad de vehículos y peatones que transitan por los accesos de la intersección semaforizada de la Avenida Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza.

3.2.2. Muestra

Se realizó un muestreo censal considerando vehículos y peatones que transitan por los accesos de la intersección semaforizada de la Avenida Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza en horas pico.

3.3. Operacionalización de Variables

Tabla 5

Identificación de variable independiente y dependiente

Variable	Definición Operacional	Dimensión	Indicador
Variable independiente	Estudio realizado tomando en consideración un análisis previo con el objetivo de mejorar y aprovechar al máximo de una infraestructura vial existente.	Disminución de accidentes, congestionamientos, contaminación ambiental y Mejora de fluides vehicular y peatonal.	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización del Ciclo semafórico. • Redistribución de carriles y giros. • Rediseño de Sección vial. • Señalética vertical y horizontal.
Reordenamiento vial			
Variable dependiente	Definido como una medida cualitativa descriptivo sobre las condiciones del flujo vehicular, con el fin de identificar el grado de satisfacción que perciben los transportistas.	Identificación de la calidad que brinda una intersección mediante aforos vehiculares y peatonales.	<ul style="list-style-type: none"> • Aforo vehicular, peatonal y de ciclistas. • Ciclo semafórico. • Distribución de carriles y giros. • Velocidad de operación.
Nivel de servicio			

3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

En la investigación se aplicó la metodología Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). Para aplicar el desarrollo de la metodología se procedió ir al lugar de investigación con el fin de verificar, analizar y obtener datos reales para la determinación del nivel de servicio.

3.4.1. Ubicación del Trabajo en Campo

La investigación se realizó en la provincia de Tacna, distrito de Tacna en las intersecciones semaforizadas Avenida Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza, siendo una de las principales vías más circuladas. En la Figura 11 muestra una vista satelital.

Figura 11

Vista satelital de las intersecciones semaforizadas



Nota. Ubicación de las intersecciones semaforizadas Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza. Tomado de Google Earth.

3.4.2. Designación de las estaciones de conteo

Las estaciones de cada acceso fueron asignadas del siguiente modo, como se aprecia en la Figura 12.

Estación 1: Av. Gustavo Pinto de sur a norte.

Estación 2: Calle Coronel Mendoza de este a oeste.

Estación 3: Av. Gustavo Pinto de norte a sur.

Estación 4: Calle Coronel Mendoza de oeste a este.

Figura 12

Ubicación de estaciones en cada acceso



Nota. La estación 1 y 2 corresponde al aforo de la Av. Gustavo Pinto, 2 y 4 corresponde a la calle Coronel Mendoza. Tomado de Google Earth.

3.4.3. Medición de Datos de Tránsito

- **El Aforo vehicular**

Para el aforo vehicular se procedió a realizar según los parámetros de la metodología HCM 2010 mediante la metodología del aforo manual, que requirió la ayuda de 2 estudiantes de la universidad que fueron previamente capacitados.

Con el objetivo de ver el comportamiento del tráfico vehicular en el lugar de estudio, se realizó los siguientes días: sábado 31 de julio, lunes 2 y miércoles 4 de agosto del 2021 en horas de la mañana 7:00 a 9:00, tarde 12:00 a 14:00 y noche 18:00 a 20:00 horas por cada 15 minutos en las 4 estaciones identificadas.

Figura 13

Aforo vehicular calle Coronel Mendoza



Nota. El aforo se realizó en las 4 estación con la ayuda de 2 estudiantes de la universidad Privada de Tacna.

Figura 14

Aforo vehicular Av. Gustavo Pinto



Nota. La imagen muestra el aforo de la estación 1.

- **Aforo peatonal**

Los aforos peatonales se procedieron a realizar junto al aforo vehicular registrando la cantidad de peatones que cruzan por cada acceso, para luego identificar la cantidad máxima que pasa en 1 hora (*peatones/h*).

- **Conteo de vehículos que ocasionan demoras**

Para realizar el conteo de aquellos vehículos que ocasionan demoras, bloqueos *Nb(vehiculos/h)* en la intersección, se realizó el cálculo en gabinete para identificar la hora pico en los 4 accesos.

- **Conteo de maniobras que ocasionan bloqueos**

En horas pico ya definidos se realizó el conteo de vehículos que ocasionan bloqueos por las maniobras que realizan al momento de estacionarse y desaparcar. *Nm(maniobras/h)*.

- **Identificación de velocidades**

Para la identificación de velocidades que circulan los vehículos, en campo se hizo una pequeña encuesta a los conductores que pasan por la intersección semaforizada (ver Figura 15), datos con los cuales la velocidad varía entre 35 a 40 (*km/h*).

Figura 15

Encuesta de velocidades a conductores



Nota. La figura muestra la encuesta que se realizó en la calle Coronel Mendoza.

- El manual HCM 2010 expresa que la tasa de flujo de saturación base *So(veh/h)* es de 1900 vehículos livianos/h/carril.

3.4.4. Medición de Datos Geométricos

Para la medición de datos geométricos se procedió a identificar el número de calzadas, número de carriles (**N**) que llegan al acceso mediante una intervención visual.

Con la ayuda de una cinta métrica se procedió con la toma de medidas del ancho de carril, berma central, ciclovía, veredas, estacionamientos y señalizaciones horizontales en los 4 accesos, expresados en metros (**W**).

En la Figura 16 y figura 17 se observa las mediciones que se tomaron en campo del ancho del carril y el ancho del carril de ciclovía.

Figura 16

Toma de medidas de los anchos de carriles



Nota. Las mediciones se efectuaron para los 4 accesos de la intersección.

Figura 17

Toma de medidas de carril de ciclovía



Nota. El carril de ciclovía recorre por la Av. Gustavo Pinto.

- **Pendiente de las secciones viales**

Para determinar las pendientes de las intersecciones semaforizadas Av. Gustavo Pinto y para la calle Coronel Mendoza, La Figura 18 y Figura 19 muestra la metodología que se utilizó para la obtención de datos utilizando Google Earth.

Figura 18

Pendiente de la Av. Gustavo Pinto



Nota. La imagen muestra la pendiente de la Av. Gustavo Pinto. Tomado de Google Eart.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} * 100 \quad (23)$$

$$m = \frac{597 - 596}{374 - 0} * 100 = 0,27 \%$$

Figura 19

Pendiente de la calle Coronel Mendoza



Nota. La imagen muestra la pendiente de la calle Coronel Mendoza. Tomado de Google Eart.

$$m = \frac{591 - 600}{305 - 0} * 100 = -2,95 = -3\%$$

3.4.5. Medición de Datos de Semáforos

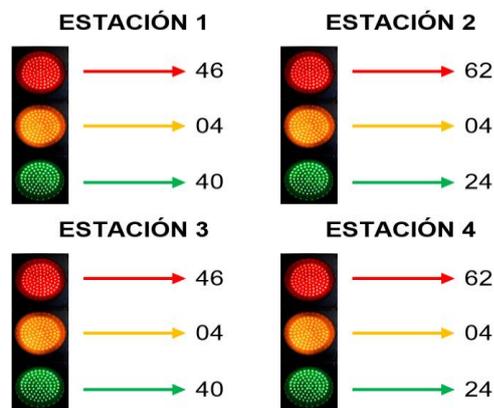
Con el apoyo de un cronometro se procedió a registrar los tiempos en verde $G(s)$, ámbar, todo rojo de cada uno de los accesos para la determinación de la longitud de ciclo $C(s)$.

- **Semáforos vehiculares**

La intersección Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza, cuenta con semáforos vehiculares y peatonales en cada acceso. En la actualidad los tiempos y fases semafóricas que presenta en la intersección se muestra en la figura 20.

Figura 20

Tiempo de los siglos de semaforización vehicular



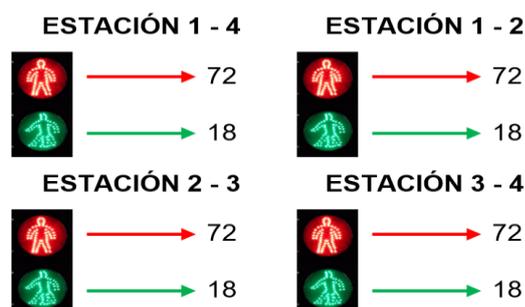
Nota. Tiempo de semaforización medidos en segundos.

- **Semáforos peatonales**

La intersección cuenta con semáforos peatonales en cada acceso sincronizado con los semáforos vehiculares.

Figura 21

Tiempo de los siglos de semaforización peatonal



Nota. Tiempo de semaforización medidos en segundos.

3.4.6. Materiales y/o Instrumentos

Para la obtención de datos reales en el campo y en gabinete se utilizó los siguientes equipos y accesorios.

- 1 flexómetro: La cinta métrica de metal se utilizó para realizar las mediciones de la sección que conforma la vía.
- 4 cronómetros: Se empleo para la orientación de tiempo cada 15 minutos según los tiempos indicados en el formato de aforo vehicular, así como también se utilizó para calcular los tiempos de las velocidades que circulan los vehículos.
- 1 cámara fotográfica: Se utilizó para documentar con imágenes el procedimiento y desarrollo de la toma de datos en campo.
- 2 computadora portátil: se empleó para procesar los datos obtenidos del campo y desarrollo del informe.
- 4 tableros: Fueron necesarios como material de apoyo para realizar el aforo vehicular.
- Formatos de aforo vehicular: Se usaron formatos de soporte para realizar el conteo vehicular de cada estación.
- Formatos de aforo de ciclistas: Formatos de soporte para contabilizar a los ciclistas que recorre por la Av. Gustavo Pinto.

Para el aforo vehicular se emplearon el formato establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) como se muestra en la Figura 22, donde clasifica los diferentes tipos de vehículos que pasan por una vía durante un tiempo.

Figura 22

Formato de aforo vehicular

MTC
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

OPP

FORMATO N°
FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				ESTACION			
SENTIDO		← →		CODIGO DE LA ESTACION			
UBICACION				DIA Y FECHA			

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS	CAMION			SEMI TRAYLER 2S1/2S2	SUBTOTAL	
			SUV	PICK UP	PANEL	COMBI			2 E	2 E	3 E			
MAÑANA	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
7:00 - 7:15 a.m														
7:15 - 7:30 a.m														
7:30 - 7:45 a.m														
7:45 - 8:00 a.m														
8:00 - 8:15 a.m														
8:15 - 8:30 a.m														
8:30 - 8:45 a.m														
8:45 - 9:00 a.m														
PARCIAL														
SUMATORIA														

Nota. Formato establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

En la nueva red de ciclovia que recorre por la Av. Gustavo Pinto, a fin de realizar el conteo de ciclistas que pasan en la intersección semaforizada se empleó el siguiente formato que se detalla en la Figura 23.

Figura 23

Formato de aforo de ciclistas.

TRAMO DE LA CARRETERA				ESTACIÓN			
SENTIDO		← →		CÓDIGO DE LA ESTACIÓN			
UBICACIÓN				DÍA Y FECHA			

CICLISTAS				
TURNO	CICLISTAS			SUB TOTAL
	↶	↑	↷	
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				
Parcial				
Sumatoria				

CICLISTAS				
TURNO	CICLISTAS			SUB TOTAL
	↶	↑	↷	
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				
Parcial				
Sumatoria				

CICLISTAS				
TURNO	CICLISTAS			SUB TOTAL
	↶	↑	↷	
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				
Parcial				
Sumatoria				

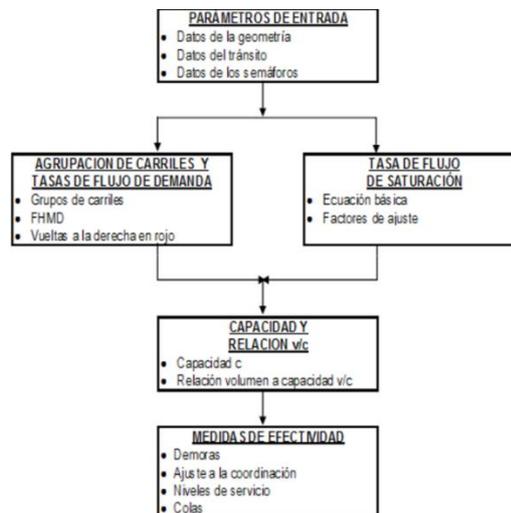
Nota. Formato elaborado solo para el aforo de ciclistas.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Los criterios y cálculos que se realiza en esta presentan tesis se basa según el manual (HCM 2010).

Figura 24

Metodología de análisis operacional



Nota. Tomado de Salazar Calderón Juárez.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Descripción del Trabajo en Campo

El trabajo en campo fueron las siguientes actividades:

- Estudio e identificación de los tipos de vehículos en los formatos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), aforos vehiculares.
- Identificación de los puntos de aforos vehiculares.
- Inicio de conteo vehicular y peatonal en los formatos de (MTC) cada 15 minutos.
- Registro de la cantidad de maniobras por parqueo y la cantidad de buses que se detienen en la intersección por cada hora.
- Identificación de velocidades de los flujos vehiculares.
- Identificación de tiempos de semáforo y las fases correspondientes.

Finalizando el aforo vehicular del día de cada estación, se procedió con el trabajo de gabinete para su determinación de la hora pico y volúmenes vehiculares.

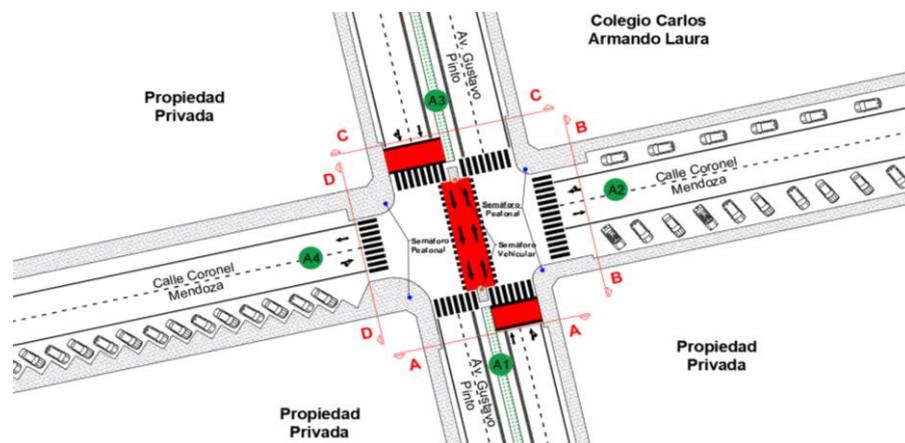
4.2. Intersección Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza

La intersección semaforizada tiene 4 accesos, en la avenida Gustavo Pinto en la actualidad presenta 4 carriles, 2 por cada sentido divididos por separador. En cuanto a la calle coronel Mendoza presenta 2 carriles, 1 por cada sentido asimos tiene espacios para estacionamientos. En la Figura 25 se muestra en detalle la sección vial.

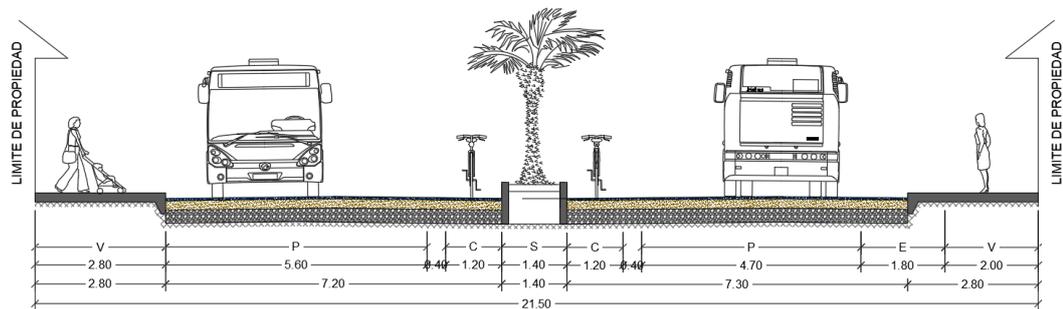
A. Sección Vial

Figura 25

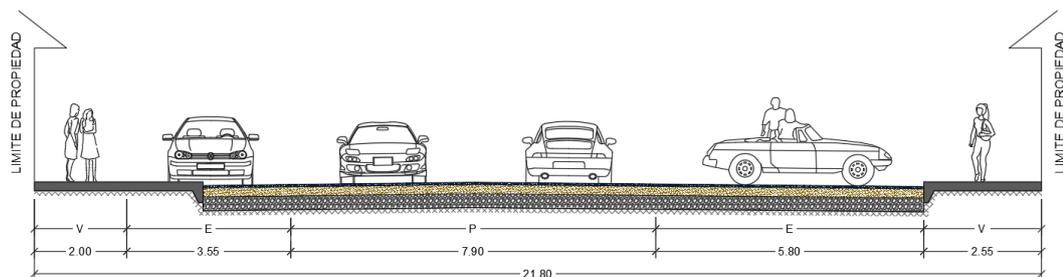
Sección vial Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza



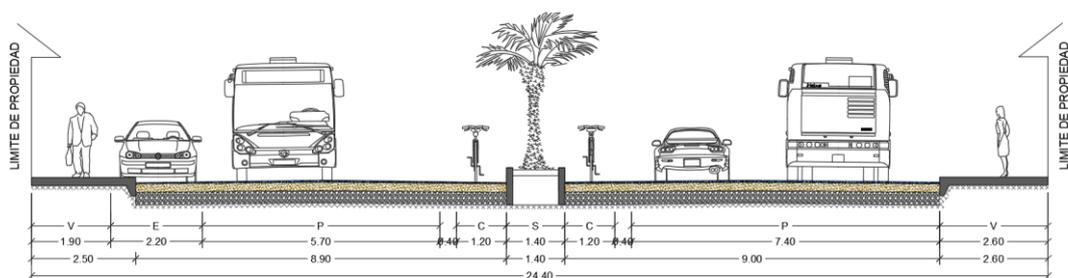
Nota. Detalles de la sección vial en la intersección semaforizada.

Figura 26*Sección vial del acceso 1, corte A-A*

Nota. La sección vial del acceso 1, corte A-A, tiene un ancho carril promedio 3,60m, incluye la nueva configuración de la red de ciclovía con un ancho de 1,20m.

Figura 27*Sección vial del acceso 2, corte B-B*

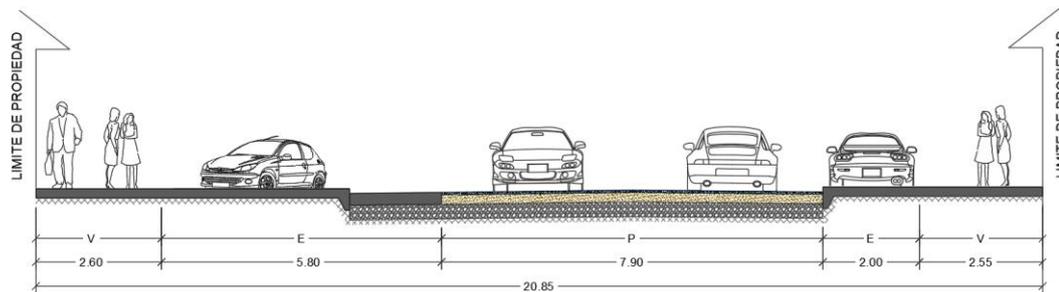
Nota. La sección vial del acceso 2, corte B-B tiene un ancho carril promedio de 3,95m. incluye 2 estacionamientos con un ancho de 5,80 y 3,55m.

Figura 28*Sección vial del acceso 3, corte C-C*

Nota. La sección vial del acceso 3, corte C-C, tiene un ancho carril promedio de 4,45m. incluye 1 estacionamientos con un ancho de 2,20m en la Av. Gustavo Pindo en sentido Norte a sur.

Figura 29

Sección vial del acceso 4, corte D-D



Nota. La sección vial del acceso 4, corte D-D posee un ancho carril promedio de 3,95m. incluye 2 estacionamientos con un ancho de 5,80 y 2,00m.

B. Esquema de Carriles y Giros

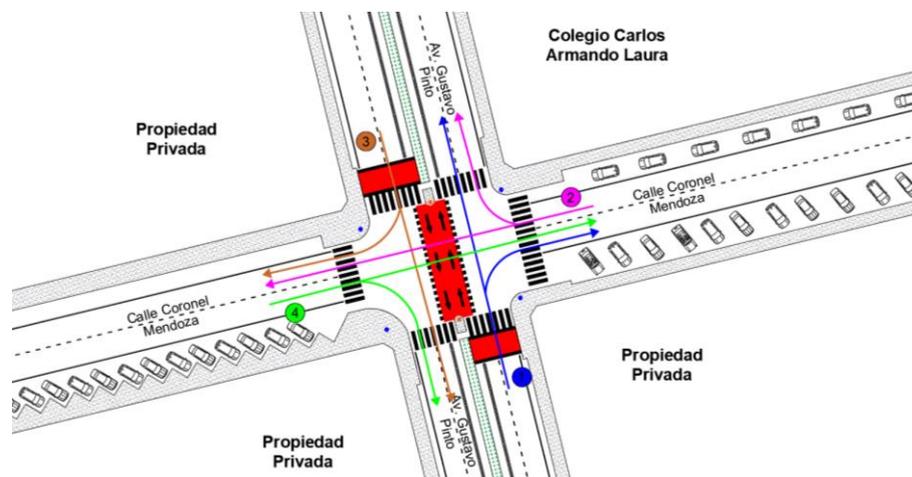
En la Figura 30 se aprecia el esquema de carriles y giros permitidos de la intersección semaforizada estudiado que se detalla a continuación:

En las estaciones 1, 2, 3 y 4 los únicos giros permitidos son:

- Pase directo.
- Giros a la derecha.

Figura 30

Esquema de giros permitidos en la intersección



Nota. En todos los accesos no están permitidos los giros a la izquierda.

C. Fases y ciclo semafórico

En la actualidad la intersección tiene una fase semafórica de 90 segundos que es calculado mediante la suma del tiempo de verde + ámbar + todo rojo. En la siguiente Tabla 6 se detalla los tiempos de semaforización.

Tabla 6*Fases y ciclo semafórico en la intersección*

Semáforo	Estación	Fases de semaforización		
Vehicular	1	40 s.	04 s.	46 s.
Peatonal	1	44 s.	18 s.	28 s.
Vehicular	2	62 s.	24 s.	04 s.
Peatonal	2	44 s.	18 s.	28 s.
Vehicular	3	40 s.	04 s.	46 s.
Peatonal	3	44 s.	18 s.	28 s.
Vehicular	4	62 s.	24 s.	04 s.
Peatonal	4	44 s.	18 s.	28 s.
Total		90 segundos		

Nota. Distribución actual de fases y ciclo semafórico en la intersección.

4.3. Procesamiento de Datos por Cada Estación

4.3.1. Cálculo del Nivel de Servicio, Estación 1

- **Resumen de aforo vehicular**

Para la elaboración del resumen de aforo vehicular de la estación 1 se tomaron los datos aforados en campo (ver Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4).

Tabla 7*Resumen de aforo vehicular, estación 1*

Día/hora	Izquierda		Directo		Derecho	
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
lunes 7:00 a 9:00 h	0	0	126	504	21	84
lunes 12:00 a 14:00 h	0	0	129	516	41	164
lunes 18:00 a 20:00 h	0	0	171	684	35	140
miércoles 7:00 a 9:00 h	0	0	104	416	14	56
miércoles 12:00 a 14:00 h	0	0	138	552	30	120
miércoles 18:00 a 20:00 h	0	0	153	612	36	144
sábado 7:00 a 9:00 h	0	0	112	448	15	60
sábado 12:00 a 14:00 h	0	0	137	548	42	168
sábado 18:00 a 20:00 h	0	0	150	600	35	140
mayor		0		684		168

Nota. La tabla muestra el resumen de aforo vehicular de los tres días.

- **Porcentaje de vehículos pesados**

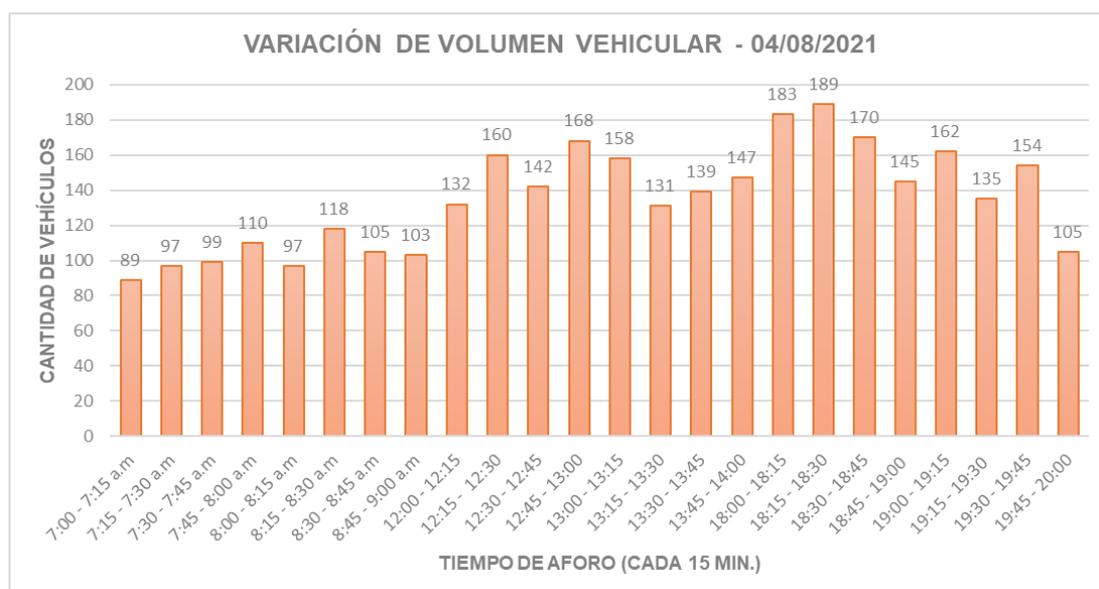
Tabla 8*Porcentaje de vehículos pesados, estación 1*

	Izquierda	Directo	Derecha
	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
lunes 7:00 a 9:00 h	0	2	0
lunes 12:00 a 14:00 h	0	2	0
lunes 18:00 a 20:00 h	0	1	0
miércoles 7:00 a 9:00 h	0	2	0
miércoles 12:00 a 14:00 h	0	2	0
miércoles 18:00 a 20:00 h	0	1	0
sábado 7:00 a 9:00 h	0	2	0
sábado 12:00 a 14:00 h	0	2	0
sábado 18:00 a 20:00 h	0	1	0
mayores	0	1,996	0,376

Nota. La tabla muestra el resumen porcentual de vehículos pesados.

- **Variación de volumen vehicular**

Según el aforo vehicular realizado en la estación 1, el máximo volumen vehicular se dio el día miércoles 4 de agosto del 2021, ver Figura 31.

Figura 31*Volumen vehicular Av. Gustavo Pinto, estación 1*

Nota. la figura muestra la variación de volumen vehicular más crítico.

- **Variación de volumen de ciclistas**

El aforo de ciclistas que recorre por la Av. Gustavo Pinto de sur a norte se realizó junto al aforo vehicular, el sábado 31 de julio, lunes 2 y miércoles 4 de agosto del 2021. En la siguiente Figura 32 muestra el volumen más crítico con 19 ciclistas que recorrieron por la avenida el miércoles 04 de agosto. Aforo de ciclistas (ver Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7).

Figura 32

Volumen de ciclistas Av. Gustavo Pinto, estación 1



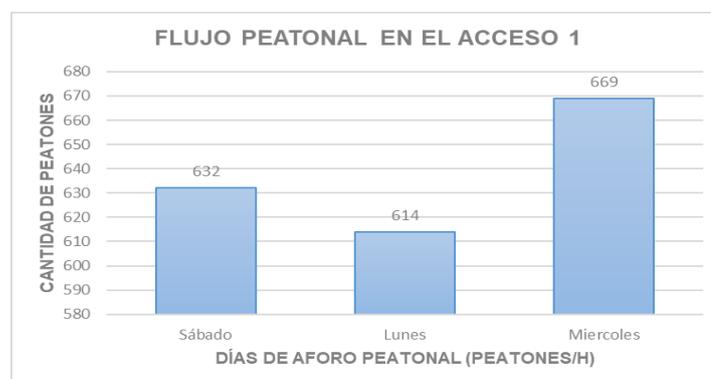
Nota. la figura muestra la variación de volumen de ciclistas más crítico del aforo realizado.

- **Flujo peatonal**

En la Figura 33 se detalla los aforos peatonales que se realizaron en los tres días, sábado, lunes y miércoles durante 1 hora, la siguiente figura muestra el flujo peatonal en el acceso 1 de las horas más circuladas.

Figura 33

Flujo peatonal, acceso 1



Nota. Los resultados que muestra la imagen están expresados en (peatones/h).

- **Parámetros de entrada**

En la siguiente Tabla 9 se realiza una descripción de los tipos de condiciones geométricas, en tránsito y semafóricas que en la actualidad presenta la estación 1, Av. Gustavo Pinto.

Tabla 9

Parámetros de entradas, estación 1

Tipo de condición	Parámetro	E1
Geométricas	Tipo de área	No CBD
	Cantidad de carriles, N	2
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3,30
	Pendiente, G (%)	0
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, Ls (m)	No
	Estacionamiento	No
De Tránsito	Flujo de saturación base, S_o (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	669
	Transporte Público que paran en la intersección, Nb (vehículos/h)	49
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	5
	Velocidad de aproximación, (km/h)	40
Semafóricas	Longitud del ciclo, C (s)	90
	Tiempo en verde, G (s)	40
	Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, entreverde, Y(s)	26
	Operación accionada o prefija	Prefija
	Botón peatonal	No
	Verde mínimo peatonal, (s)	18
	Plan de fases	1
	Periodo de análisis, T (h)	0,25

Nota. Los datos que muestra en la tabla se obtuvieron en campo.

- **Determinación del nivel de servicio**

Para la determinación del nivel de servicio se efectuaron según el manual HCM 2010, en la siguiente Tabla 10 se hace el cálculo de flujo de saturación para la estación 1.

Tabla 10*Determinación de flujo de saturación, estación 1 (Parte 1)*

Determinación de la tasa de flujo de saturación		
1. Factor de ajuste por ancho de carriles "fw"	$f_w = 1 + \frac{W - 3,6}{9} = 1 + \frac{3,30 - 3,6}{9}$ <p>$W =$ Ancho de carril (m)</p>	0,970
2. Factor de ajuste por vehículos pesados "fHV"	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 2,372(2,4 - 1)}$ <p>$\%HV =$ Porcentaje de vehículos pesados del acceso $E_T = 2,4$ Autos/Pesados</p>	0,970
3. Factor de ajuste por pendiente de acceso "fg"	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} = 1 - \frac{0}{200}$ <p>$\%G =$ Pendiente longitudinal</p>	1,00
4. Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles "fp"	$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * Nm}{3600}}{N} = \frac{2 - 0,1 - \frac{18 * 5}{3600}}{2}$ <p>$N =$ Número de carriles del acceso $Nm =$ Número de maniobras de estacionamiento/h</p>	0,940
5. Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en la intersección "fbb"	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 * Nb}{3600}}{N} = \frac{N - \frac{14,4 * 49}{3600}}{2}$ <p>$N =$ Número de carriles del acceso $Nb =$ Número de buses que paran/h</p>	0,902
6. Factor de ajuste por tipo de área "fa"	<p>"fa" = 0,9 En CBD (centro de la ciudad) "fa" = 1,0 En otras áreas</p>	1,00
7. Factor de ajuste por utilización de carriles "fLU"	$f_{LU} = \frac{Vg}{Vg1 * N} = \frac{852}{684 * 2}$ <p>$N =$ Número de carriles del acceso $Vg =$ Tasa de flujo de demanda no ajustada del acceso $Vg1 =$ Tasa de flujo de demanda no ajustada de carril con el volumen más alto</p>	0,623

Nota. Los datos provienen de la tabla resumen y parámetros de entrada.

La siguiente Tabla 11 es la continuación de la Tabla 10 para el cálculo del flujo de saturación.

Tabla 11*Determinación de flujo de saturación, estación 1 (Parte 2)*

Determinación de la tasa de flujo de saturación		
8. Factor de ajuste por vueltas a la izquierda "fLT"	$f_{LT} = \frac{1}{1 - 0,05 * P_{LT}} = \frac{1}{1 - 0,05 * 0}$ $P_{LT} = \text{Proporción de vueltas a la izquierda en el acceso}$	1,00
9. Factor de ajuste por vueltas a la derecha "fRT"	$f_{LT} = 1 - 0,15 * P_{RT} = 1 - 0,15 * 0,197$ $P_{RT} = \text{Proporción de vueltas a la derecha en el acceso}$	0,970
10. Factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda "fLpb"	$f_{Lpb} = 1,0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$ $f_{Lpb} = 1,0 - 0(1 - 0)(1 - 0)$ $P_{LT} = \text{Proporción de vueltas a la izquierda en el acceso}$ $A_{pbT} = \text{Ajuste de la fase permitida}$ $P_{LTA} = \text{Proporción de vueltas a la izquierda que usan la fase permitida}$	1,00
11. Factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha "fRpb"	$f_{Rpb} = 1,0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$ $f_{Lpb} = 1,0 - 0(1 - 0)(1 - 0)$ $P_{RT} = \text{Proporción de vueltas a la derecha en el acceso}$ $A_{pbT} = \text{Ajuste de la fase permitida}$ $P_{RTA} = \text{Proporción de vueltas a la derecha que usan la fase permitida}$	1,00
12. Cálculo del flujo de saturación "Si"	$S_i = S_o(N)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb})$ $= 1900(2)(0,970)(0,970)(1)(0,94)(0,902)(1)(0,623)(1)(0,970)(1)(1)$ $S_o = \text{Flujo de saturación base}$ $N = \text{Número de carriles del acceso}$	1831,9 8

Nota. Los datos provienen de la tabla resumen y parámetros de entrada.

Finalizado de procesar los cálculos indica que en la actualidad la estación 1 tiene un flujo de saturación de 1794,20.

- **Cálculo de la capacidad y grado de saturación**

Según la Tabla 12 podemos decir que la Av. Gustavo Pinto sur a norte presenta alto congestionamiento vehicular porque la capacidad de acceso es menor al flujo de saturación.

Tabla 12

Determinación de capacidad y relación volumen capacidad, estación 1

Cálculo de capacidad y la relación volumen a capacidad		
13. Capacidad del acceso	$C_i = S_i + \frac{g1}{C} = 1831,982 + \frac{40}{90}$ $S_i = \text{Flujo de saturación}$ $g1 = \text{Tiempo de verde efectivo}$ $C = \text{Ciclo semafórico}$	814,21
14. Relación volumen a capacidad (Grado de Saturación)	$X_i = \frac{V_i}{C_i} = \frac{852}{814,21}$ $V_i = \text{Tasa de flujo actual o proyectado del acceso}$ $C_i = \text{Capacidad del acceso}$	1,05

- **Cálculo de las demoras**

Una vez calculado el flujo de saturación y la capacidad del acceso, la siguiente tabla determina las demoras que se presenta en la estación 1.

Tabla 13

Determinación de demoras, estación 1 (Parte 1)

Cálculo de las demoras		
15. Factor de ajuste por coordinación	$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)} = \frac{(1 - 0,3) * 0,93}{1 - \left(\frac{40}{90}\right)}$ $P = \text{Proporción de vehículos que llegan en verde}$ $f_{PA} = \text{Factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante verde.}$ $g/C = \text{Proporción de verde}$	1,17
16. Demora uniforme "d1"	$d_1 = \frac{0,5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} = \frac{0,5 * 90(1 - \frac{40}{90})^2}{1 - \left[1,05 * \frac{40}{90}\right]}$ $C = \text{Ciclo semafórico}$ $g/C = \text{Proporción de verde disponible}$ $\min(1, X) = \text{Relación volumen/capacidad del acceso}$	25,96

la siguiente Tabla 14 muestra la continuación de la Tabla 13 que se realiza para el cálculo de las demoras.

Tabla 14

Determinación de demoras, estación 1 (Parte 2)

Cálculo de las demoras	
17. Demora incremental "d2"	$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIk}{cT}} \right]$ $= 900 * 0,25 \left[(1,05 - 1) + \sqrt{(1,05 - 1)^2 + \frac{8 * 0,5 * 1 * 1,05}{814,21 * 0,25}} \right]$ <p> <i>T</i> = Duración del periodo de análisis (0.25 hrs) 44,35 <i>k</i> = Factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones actuadas <i>k</i> = 0,5 Para intersecciones prefijadas <i>l</i> = Factor de ajuste para entradas (1 para aisladas) </p>
18. Demora de cola inicial "d3"	$d_3 = \frac{1800Q_b(1 + u)^t}{cT} = \frac{1800 * 6(1 + 0)^0}{814,21 * 0,25}$ <p> <i>Q_b</i> = Cola inicial al principio del periodo T (veh) <i>c</i> = Capacidad (veh/h) 53,06 <i>T</i> = Duración del periodo de análisis (0.25h) <i>t</i> = Duración de la demanda insatisfecha (h) <i>u</i> = Parámetro de demora </p>
19. Demora total en el acceso "d"	$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 25,96(1,17) + 44,35 + 53,06$ <p> <i>PF</i> = Factor de ajuste por coordinación <i>d₁</i> = Demora uniforme 127,84 <i>d₂</i> = Demora incremental <i>d₃</i> = Demora de cola inicial </p>

Nota. Cálculo de demoras para la estación 1.

Identificación de nivel de servicio: Acceso 1

Según el tiempo de demora total en el acceso 1 (127,84 segundos), podemos determinar que presenta un alto congestionamiento vehicular con un nivel de servicio equivalente a "F".

4.3.2. Cálculo del Nivel de Servicio, Estación 2

- **Resumen de aforo vehicular**

Para la elaboración del resumen de aforo vehicular de la estación 2 se tomaron los datos aforados en campo (ver Anexo 8, Anexo 9 y Anexo 10).

Tabla 15

Resumen de aforo vehicular, estación 2

Día/hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
lunes 7:00 a 9:00 h	0	0	41	164	14	56
lunes 12:00 a 14:00 h	0	0	55	220	18	72
lunes 18:00 a 20:00 h	0	0	36	144	20	80
miércoles 7:00 a 9:00 h	0	0	43	172	13	52
miércoles 12:00 a 14:00 h	0	0	53	212	22	88
miércoles 18:00 a 20:00 h	0	0	36	144	20	80
sábado 7:00 a 9:00 h	0	0	45	180	14	56
sábado 12:00 a 14:00 h	0	0	54	216	28	112
sábado 18:00 a 20:00 h	0	0	35	140	29	116
mayor		0		220		116

Nota. La tabla muestra el resumen de aforo vehicular de los tres días.

- **Porcentaje de vehículos pesados**

De acuerdo con el conteo realizado se tiene el siguiente porcentaje de vehículos pesados que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16

Porcentaje de vehículos pesados, estación 2

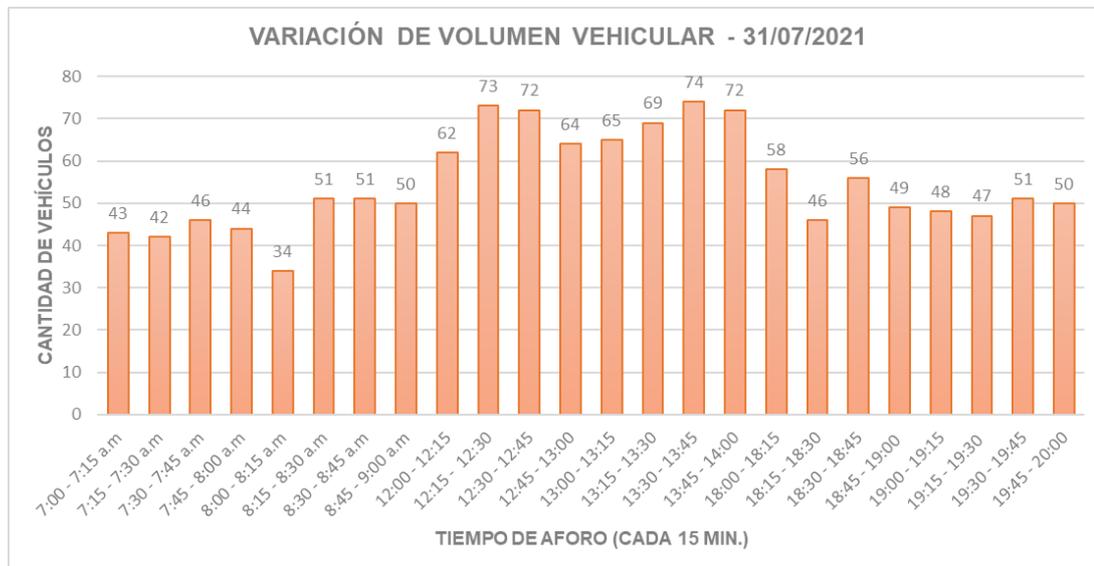
	Izquierda	Directo	Derecha
	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
lunes 7:00 a 9:00 h	0	3	0
lunes 12:00 a 14:00 h	0	2	0
lunes 18:00 a 20:00 h	0	2	0
miércoles 7:00 a 9:00 h	0	3	0
miércoles 12:00 a 14:00 h	0	2	0
miércoles 18:00 a 20:00 h	0	2	0
sábado 7:00 a 9:00 h	0	2	0
sábado 12:00 a 14:00 h	0	2	0
sábado 18:00 a 20:00 h	0	1	1
mayores	0	3,273	0,592

- **Variación de volumen vehicular**

Según el aforo vehicular realizado en la estación 2 el máximo volumen vehicular se dio el día sábado 31 de julio del 2021, ver Figura 34.

Figura 34

Volumen vehicular calle Coronel Mendoza, estación 2



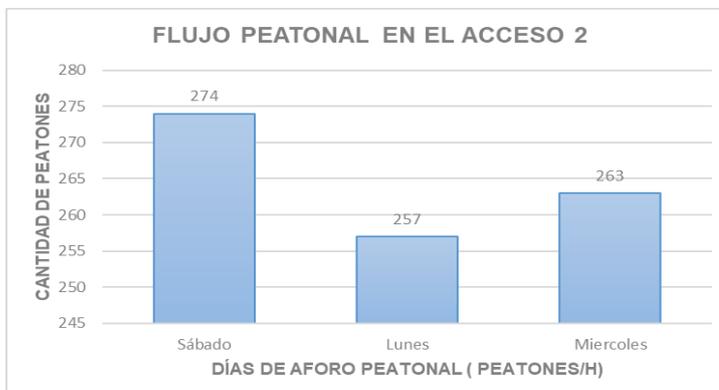
Nota. la figura muestra la variación de volumen vehicular más crítico de los 3 días aforados.

- **Flujo peatonal**

Para los aforos peatonales en el acceso 2, se procedió el aforo durante 1 hora, la siguiente Figura 35 muestra el flujo peatonal en el acceso 2 de las horas más circuladas.

Figura 35

Flujo peatonal, acceso 2



Nota. Los resultados que muestra la imagen están expresados en (peatones/h).

- **Parámetros de entrada**

En la siguiente Tabla 17 se realiza una descripción los tipos de condiciones geométricas, en tránsito y semafóricas que en la actualidad presenta la estación 2, calle Coronel Mendoza.

Tabla 17

Parámetros de entradas, estación 2

Tipo de condición	Parámetro	E2
Geométricas	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles, N	1
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3,95
	Pendiente, G (%)	-3
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, Ls (m)	No
	Estacionamiento	Si
De Tránsito	Flujo de saturación base, So (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	274
	Transporte Público que paran en la intersección, Nb (vehículos/h)	0
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	12
	Velocidad de aproximación, (km/h)	40
Semafóricas	Longitud del ciclo, C (s)	90
	Tiempo en verde, G (s)	24
	Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, entreverde, Y(s)	26
	Operación accionada o prefija	Prefija
	Botón peatonal	No
	Verde mínimo peatonal, (s)	18
	Plan de fases	2
	Periodo de análisis, T (h)	0,25

Nota. Los datos que muestra en la tabla se obtuvieron en campo.

4.3.3. Cálculo del Nivel de Servicio, Estación 3

- **Resumen de aforo vehicular**

Para la elaboración del resumen de aforo vehicular de la estación 3 se tomaron los datos aforados en campo (ver Anexo 11, Anexo 12 y Anexo 13).

Tabla 18

Resumen de aforo vehicular, estación 3

Día/hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
lunes 7:00 a 9:00 h	0	0	86	344	19	76
lunes 12:00 a 14:00 h	0	0	133	532	55	220
lunes 18:00 a 20:00 h	0	0	176	704	58	232
miércoles 7:00 a 9:00 h	0	0	85	340	20	80
miércoles 12:00 a 14:00 h	0	0	157	628	64	256
miércoles 18:00 a 20:00 h	0	0	202	808	43	172
sábado 7:00 a 9:00 h	0	0	84	336	23	92
sábado 12:00 a 14:00 h	0	0	110	440	33	132
sábado 18:00 a 20:00 h	0	0	163	652	54	216
mayor		0		808		256

Nota. La tabla muestra el resumen de aforo vehicular de los tres días.

- **Porcentaje de vehículos pesados**

De acuerdo con el conteo realizado se tiene el siguiente porcentaje de vehículos pesados que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 19

Porcentaje de vehículos pesados, estación 3

	Izquierda	Directo	Derecha
	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
lunes 7:00 a 9:00 h	0	2	0
lunes 12:00 a 14:00 h	0	2	0
lunes 18:00 a 20:00 h	0	2	0
miércoles 7:00 a 9:00 h	0	3	0
miércoles 12:00 a 14:00 h	0	2	0
miércoles 18:00 a 20:00 h	0	1	0
sábado 7:00 a 9:00 h	0	2	0
sábado 12:00 a 14:00 h	0	2	0
sábado 18:00 a 20:00 h	0	2	0
mayores	0	2,901	0,461

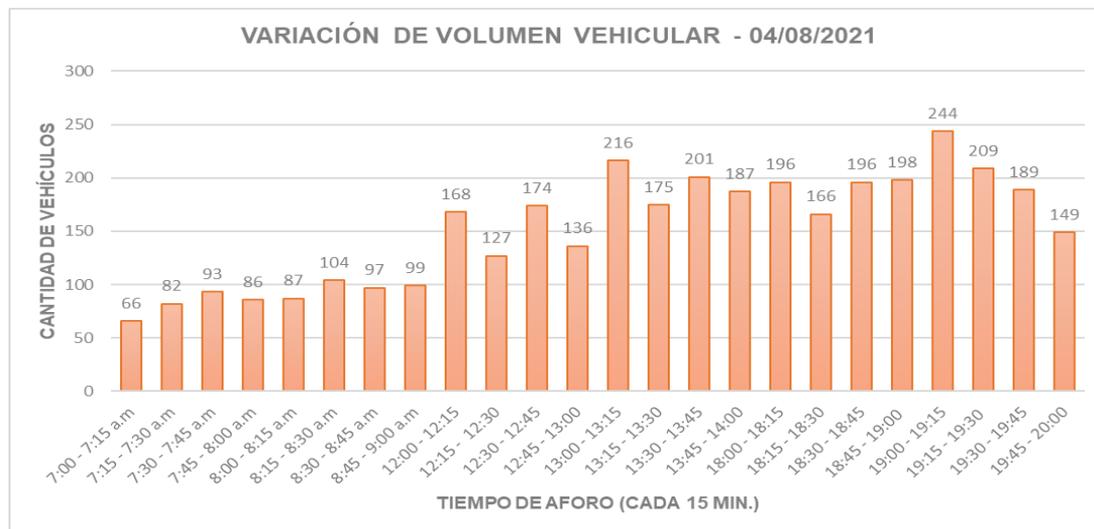
Nota. La tabla muestra el resumen porcentual de vehículos pesados.

- **Variación de volumen vehicular**

En la Figura 36 se detalla el aforo vehicular realizado en la estación 3, que es el máximo volumen vehicular se dio el miércoles 4 de agosto del 2021.

Figura 36

Volumen vehicular Av. Gustavo Pinto, estación 3



Nota. la figura muestra la variación de volumen vehicular más crítico de los 3 días aforados.

- **Variación de volumen de ciclistas**

Según el aforo de ciclistas que recorre por la Av. Gustavo Pinto de norte a sur, el volumen más crítico es 2 ciclistas que pasaron por la intersección semaforizada siendo el día miércoles 4 de agosto del presente año. Aforo de ciclistas (ver Anexo 14, Anexo 15 y Anexo 16).

Figura 37

Volumen de ciclistas Av. Gustavo Pinto, estación 3



Nota. la figura muestra la variación de volumen de ciclistas más crítico del aforo realizado.

- **Flujo peatonal**

Para los aforos peatonales del acceso 3 se procedió al igual que la estación 1 durante 1 hora, siendo el día miércoles 4 de agosto con un flujo peatonal de 392 peatones/h.

- **Parámetros de entrada**

En la siguiente Tabla 20 se realiza la descripción los tipos de las condiciones geométricas, en tránsito y semafóricas que en la actualidad presenta la estación 3, Av. Gustavo Pinto.

Tabla 20

Parámetros de entradas, estación 3

Tipo de condición	Parámetro	E3
Geométricas	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles, N	2
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3.65
	Pendiente, G (%)	0
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, Ls (m)	No
	Estacionamiento	No
De Tránsito	Flujo de saturación base, S_o (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	392
	Transporte Público que paran en la intersección, Nb (vehículos/h)	65
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	5
	Velocidad de aproximación, (km/h)	40
Semafóricas	Longitud del ciclo, C (s)	90
	Tiempo en verde, G (s)	40
	Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, entreverde, Y(s)	26
	Operación accionada o prefija	Prefija
	Botón peatonal	No
	Verde mínimo peatonal, (s)	18
	Plan de fases	1
Periodo de análisis, T (h)	0,25	

Nota. Los datos que muestra en la tabla se obtuvieron en campo.

4.3.4. Cálculo del Nivel de Servicio, Estación 4

- **Resumen de aforo vehicular**

Para la elaboración del resumen de aforo vehicular de la estación 4 se tomaron los datos aforados en campo (ver Anexo 17, Anexo 18 y Anexo 19).

Tabla 21

Resumen de aforo vehicular, estación 4

Día/hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
lunes 7:00 a 9:00 h	0	0	37	148	6	24
lunes 12:00 a 14:00 h	0	0	42	168	22	88
lunes 18:00 a 20:00 h	0	0	46	184	31	124
miércoles 7:00 a 9:00 h	0	0	36	144	5	20
miércoles 12:00 a 14:00 h	0	0	49	196	25	100
miércoles 18:00 a 20:00 h	0	0	47	188	23	92
sábado 7:00 a 9:00 h	0	0	48	192	14	56
sábado 12:00 a 14:00 h	0	0	54	216	31	124
sábado 18:00 a 20:00 h	0	0	33	132	29	116
mayor		0		216		124

Nota. La tabla muestra el resumen de aforo vehicular de los tres días.

- **Porcentaje de vehículos pesados**

De acuerdo con el conteo realizado se tiene el siguiente porcentaje de vehículos pesados que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22

Porcentaje de vehículos pesados, estación 4

	Izquierda	Directo	Derecha
	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
lunes 7:00 a 9:00 h	0	2	0
lunes 12:00 a 14:00 h	0	0	0
lunes 18:00 a 20:00 h	0	1	1
miércoles 7:00 a 9:00 h	0	2	0
miércoles 12:00 a 14:00 h	0	1	0
miércoles 18:00 a 20:00 h	0	2	1
sábado 7:00 a 9:00 h	0	1	0
sábado 12:00 a 14:00 h	0	1	1
sábado 18:00 a 20:00 h	0	2	1
mayores	0	1,990	1,053

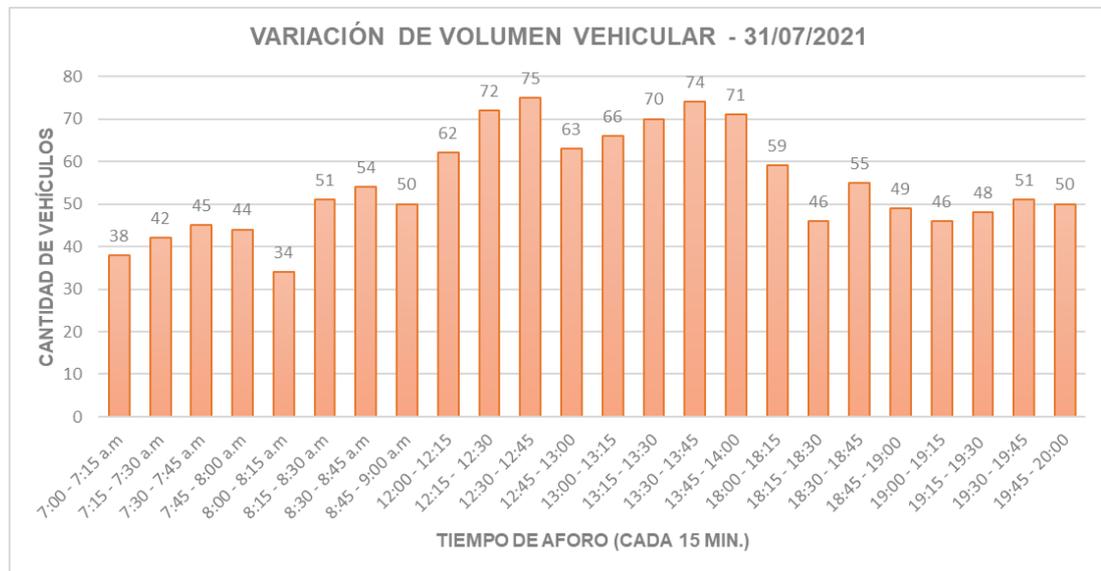
Nota. La tabla muestra el resumen porcentual de vehículos pesados.

- **Variación de volumen vehicular**

Según el aforo vehicular realizado en la estación 4 el máximo volumen vehicular se dio el sábado 31 de julio del 2021, como se muestra en la Figura 38.

Figura 38

Volumen vehicular calle Coronel Mendoza, estación 4



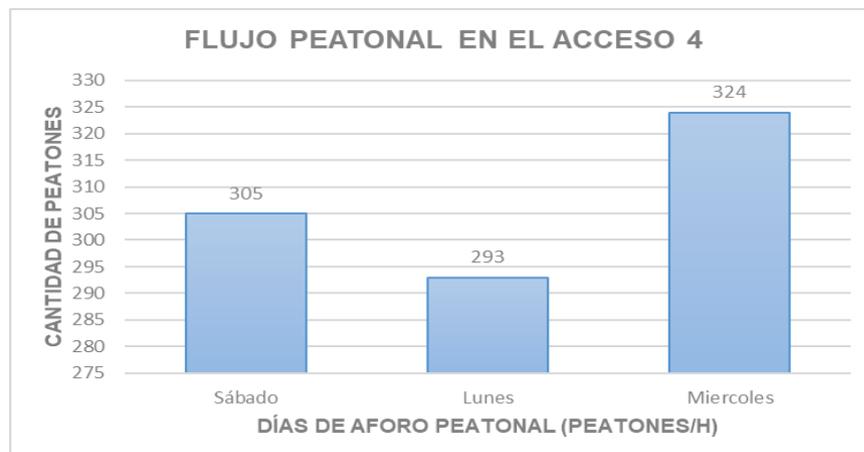
Nota. la figura muestra la variación de volumen vehicular más crítico.

- **Flujo peatonal**

La siguiente Figura 39 muestra el aforo peatonal del acceso 4, que se procedió a aforar durante 1 hora, al igual que los demás accesos.

Figura 39

Flujo peatonal, acceso 4



Nota. Los resultados que muestra la imagen están expresados en (peatones/h).

- **Parámetros de entrada**

En la siguiente Tabla 23 se realiza una descripción de los tipos de las condiciones geométricas, en tránsito y semafóricas que en la actualidad presenta la estación 4, calle Coronel Mendoza.

Tabla 23

Parámetros de entradas, estación 4

Tipo de condición	Parámetro	E4
Geométricas	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles, N	1
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3,95
	Pendiente, G (%)	3
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, Ls (m)	No
	Estacionamiento	Si
De Tránsito	Flujo de saturación base, So (veh/h)	1900
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	324
	Transporte Público que paran en la intersección, Nb (vehículos/h)	0
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	8
	Velocidad de aproximación, (km/h)	40
Semafóricas	Longitud del ciclo, C (s)	90
	Tiempo en verde, G (s)	24
	Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, entreverde, Y(s)	26
	Operación accionada o prefija	Prefija
	Botón peatonal	No
	Verde mínimo peatonal, (s)	18
	Plan de fases	2
	Periodo de análisis, T (h)	0,25

Nota. Los datos que muestra en la tabla se obtuvieron en campo.

- **Determinación del nivel de servicio**

Para la determinación del nivel de servicio de las estaciones 2, 3, y 4 se procedió a seguir los mismos pasos que la estación 1 establecido por el manual HCM 2010, en la siguiente tabla se hace el cálculo de flujo de saturación.

Tabla 24

Calculo del nivel de servicio, estación 2,3 y 4 (parte 1)

Determinación del nivel de servicio	Estaciones		
	E2	E3	E4
1. Factor de ajuste por ancho de carriles "fw"			
$f_w = 1 + \frac{W - 3,6}{9}$	1,040	1,01	1,04
W = Ancho de carril (m)			
2. Factor de ajuste por vehículos pesados "fHV"			
$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	0,950	0,960	0,960
$\%HV$ = Porcentaje de vehículos pesados del acceso			
E_T = Autos/Pesados			
3. Factor de ajuste por pendiente de acceso "fg"			
$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	1,00	1,00	1,00
$\%G$ = Pendiente longitudinal			
4. Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles "fp"			
$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * Nm}{3600}}{N}$	0,840	0,940	0,860
N = Número de carriles del acceso			
Nm = Número de maniobras de estacionamiento/h			
5. Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en la intersección "fbb"			
$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 * Nb}{3600}}{N}$	1,00	0,870	1,00
N = Número de carriles del acceso			
Nb = Número de buses que paran/h			
6. Factor de ajuste por tipo de área "fa"			
"fa" = 0,9 En CBD (centro de la ciudad)	1,00	1,00	1,00
"fa" = 1,0 En otras áreas			
7. Factor de ajuste por utilización de carriles "fLU"			
$f_{LU} = \frac{Vg}{Vg1 * N}$	1,527	0,658	1,574
N = Número de carriles del acceso			
Vg = Tasa de flujo de demanda no ajustada del acceso			
$Vg1$ = Tasa de flujo de demanda no ajustada de carril con el volumen más alto			

Nota. Los datos provienen de la tabla resumen y parámetros de entrada de cada estación.

la siguiente Tabla 25 es la continuación de la Tabla 24 para el cálculo del flujo de saturación.

Tabla 25

Calculo del nivel de servicio, estación 2,3 y 4 (parte 2).

Determinación del nivel de servicio	Estaciones		
	E2	E3	E4
8. Factor de ajuste por vueltas a la izquierda "fLT"			
$f_{LT} = \frac{1}{1 - 0,05 * P_{LT}}$	1,00	1,00	1,00
P_{LT} = Proporción de vueltas a la izquierda en el acceso			
9. Factor de ajuste por vueltas a la derecha "fRT"			
$f_{RT} = 1 - 0,15 * P_{RT}$	0,948	0,964	0,945
P_{RT} = Proporción de vueltas a la derecha en el acceso			
10. Factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda "fLpb"			
$f_{Lpb} = 1,0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$	1,00	1,00	1,00
P_{LT} = Proporción de vueltas a la izquierda en el acceso			
A_{pbT} = Ajuste de la fase permitida			
P_{LTA} = Proporción de vueltas a la izquierda que usan la fase permitida			
11. Factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha "fRpb"			
$f_{Rpb} = 1,0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$	1,00	1,00	1,00
P_{RT} = Proporción de vueltas a la derecha en el acceso			
A_{pbT} = Ajuste de la fase permitida			
P_{RTA} = Proporción de vueltas a la derecha que usan la fase permitida			
12. Cálculo del flujo de saturación "Si"			
$S_i = S_o(N)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb})$			
S_o = Flujo de saturación base	2282,64	1911,29	2426,58
N = Número de carriles del acceso			

Los flujos de saturación de las estaciones 2,3 y 4 son los siguientes:

- Estación 2 presenta un flujo de saturación de 2282,64
- Estación 3 presenta un flujo de saturación de 1911,29
- Estación 4 presenta un flujo de saturación de 2426,58

- **Cálculo de la capacidad y grado de saturación**

Según la Tabla 26 podemos interpretar que las estaciones presentan un alto congestionamiento vehicular porque sus capacidades de cada acceso son menores que sus flujos de saturación.

Tabla 26

Calculo de capacidad y grado de saturación

Determinación de la capacidad y la relación volumen a capacidad	Estaciones		
	E2	E3	E4
13. Capacidad del acceso			
$C_i = S_i + \frac{g1}{C}$			
$S_i =$ Flujo de saturación	608,70	849,46	647,09
$g1 =$ Tiempo de verde efectivo			
$C =$ Ciclo semafórico			
14. Relación volumen a capacidad (Grado de Saturación)			
$f_{HV} = \frac{V_i}{C_i}$			
$V_i =$ Tasa de flujo actual o proyectado del acceso	0,55	1,25	0,530
$C_i =$ Capacidad del acceso			

- **Cálculo de las demoras**

Una vez calculado el flujo de saturación y la capacidad de los accesos, la siguiente tabla determina las demoras que en la actualidad ocurre en las estaciones.

Tabla 27

Cálculo de ajuste por coordinación, estación 2, 3 y 4

	Estaciones		
	E2	E3	E4
15. Factor de ajuste por coordinación			
$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)}$			
$P =$ Proporción de vehículos que llegan en verde	1,04	1,17	1,04
$f_{PA} =$ Factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante verde			
$g/C =$ Proporción de verde			

Tabla 28

Cálculo de las demoras, estación 2, 3 y 4

Determinación de las demoras	Estaciones		
	E2	E3	E4
16. Demora uniforme "d1"			
$d_1 = \frac{0,5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\min(1, X) \frac{g}{C}]}$			
$C =$ Ciclo semafórico	28,38	31,33	28,14
$g/C =$ Proporción de verde disponible			
$\min(1, X) =$ Relación volumen/capacidad del acceso			
17. Demora incremental "d2"			
$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8klK}{cT}} \right]$			
$T =$ Duración del periodo de análisis (0.25 hrs)			
$k =$ Factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones actuadas	3,58	123,34	3,04
$k = 0.5$ Para intersecciones prefijadas			
$l =$ Factor de ajuste para entradas (1 para aisladas)			
18. Demora de cola inicial "d3"			
$d_3 = \frac{1800Q_b(1 + u)^t}{cT}$			
$Q_b =$ Cola inicial al principio del periodo T (veh)			
$c =$ Capacidad (veh/h)	82,80	59,33	89,01
$T =$ Duración del periodo de análisis (0.25h)			
$t =$ Duración de la demanda insatisfecha (h)			
$u =$ Parámetro de demora			
19. Demora total en el acceso "d"			
$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$			
$PF =$ Factor de ajuste por coordinación			
$d_1 =$ Demora uniforme	115,96	219,38	121,39
$d_2 =$ Demora incremental			
$d_3 =$ Demora de cola inicial			

Identificación de nivel de servicio: Acceso 2, 3 y 4

Según el tiempo de demora total de los accesos superan los 80 segundos, se determina que los accesos presentan un alto congestionamiento vehicular con un nivel de servicio equivalente a "F".

4.3.5. Resumen del Nivel de Servicio en la Intersección Semaforizada

Resumen de tasa de flujo de saturación

Los valores que se muestra en la Tabla 29, detalla el resumen del flujo de saturación de las 4 estaciones, así mismo se detalla los factores que se consideraron para el análisis del cálculo.

Tabla 29

Resumen de tasa de flujo de saturación

TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN	ESTACIONES			
	E1	E2	E3	E4
Flujo de saturación base, S_0 (veh/h)	1900	1900	1900	1900
Número de carriles, N	2	1	2	1
Ancho promedio de carriles, W (m)	3,30	3,95	3,65	3,95
Factor de ajuste por ancho de carriles, f_w	0,970	1,04	1,01	1,04
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	2,37	3,865	3,362	3,043
Equivalente en vehículos livianos, E_t	2,4	2,4	2,4	2,4
Factor de ajuste por vehículos pesados, F_{HV}	0,970	0,950	0,960	0,960
Pendiente en el grupo de carriles, %G	0	-3	0	3
Factor de ajuste por pendiente, f_g	1,00	1,00	1,00	1,00
Estacionamiento	No	Si	No	Si
Actividad de estacionamiento, N_m (maniobras/h)	5	12	5	8
Factor de ajuste por estacionamiento, f_p	0,940	0,840	0,940	0,860
Transporte público que paran en la intersección, N_b (veh/h)	49	0	65	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses, f_{bb}	0,902	1,00	0,870	1,00
Tipo de área	No CBD	No CBD	No CBD	No CBD
Factor de ajuste por tipo de área, f_a	1,00	1,00	1,00	1,00
Carril exclusivo	No	No	No	No
Factor de ajuste por utilización de carril, f_{LU}	0,623	1,527	0,658	1,574
Proporción de vueltas a la izquierda en el acceso, PLT	0	0	0	0
Factor de ajuste por giro a la izquierda, f_{LT}	1,00	1,00	1,00	1,00
Proporción de vueltas a la derecha en el acceso, PRT	0,197	0,345	0,240	0,365
Factor de ajuste por giro a la derecha, f_{RT}	0,970	0,948	0,964	0,945
Factor de ajuste por peatones para giros a la izquierda, f_{Lpb}	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por peatones para giros a la derecha, f_{Rpb}	1,00	1,00	1,00	1,00
Flujo de Saturación Ajustado, s (veh/h)	1831,98	2282,64	1911,29	2426,57

Nota. En la tabla muestra el resumen del análisis y cálculo de niveles de servicio.

Resumen del nivel de servicio

En la Tabla 30 se realiza el resumen de las velocidades de aproximación, longitudes de ciclo, capacidades de acceso, demoras y el nivel de servicio, entre otros datos considerados, para las 4 estaciones.

Tabla 30

Resumen del nivel de servicio

NIVEL DE SERVICIO	ESTACIONES			
	E1	E2	E3	E4
Velocidad de aproximación, (km/h)	40	40	40	40
Plan de fases	1	2	1	2
Longitud del ciclo, C (s)	90	90	90	90
Tiempo en verde, G (s)	40	24	40	24
Verde mínimo peatonal, (s)	18	18	18	18
Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, Y(s)	26	26	26	26
Capacidad del acceso, Ci	814,21	608,70	849,46	647,09
Tasa de flujo actual o proyectado, Vi	852	336	1064	340
Relación volumen/capacidad (Grado de Saturación), Xi	1,05	0,55	1,25	0,53
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,3	0,178	0,3	0,178
Factor de ajuste suplementario, fPA	0,93	0,93	0,93	0,93
Proporción de verde, g/C	0,444	0,267	0,444	0,267
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,17	1,04	1,17	1,04
Valor min(1,X)	1,07	0,55	1,25	0,53
Demora uniforme, d1	25,96	28,38	31,33	28,14
Periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25	0,25
Operación accionada o prefija	Prefija	Prefija	Prefija	Prefija
Botón peatonal	No	No	No	No
Factor de demora incremental (prefijada), k	0,50	0,50	0,50	0,50
Factor de ajuste para entradas, l	1	1	1	1
Demora incremental, d2	44,35	3,58	123,34	3,04
Cola inicial al principio del periodo T(veh), Qb	6	7	7	8
Duración de demanda insatisfecha (h), t	0,012	0,025	0,017	0,042
Parámetro de demora, si $t < T$, $u=0$	0	0	0	0
Demora de cola inicial, d3	53,06	82,80	59,33	89,01
Demora total del acceso, d	127,84	115,96	219,38	121,39
Nivel de servicio individual de cada acceso	F	F	F	F
Demora total de la intersección (s)	146,14			
Nivel de servicio total de la intersección	F			

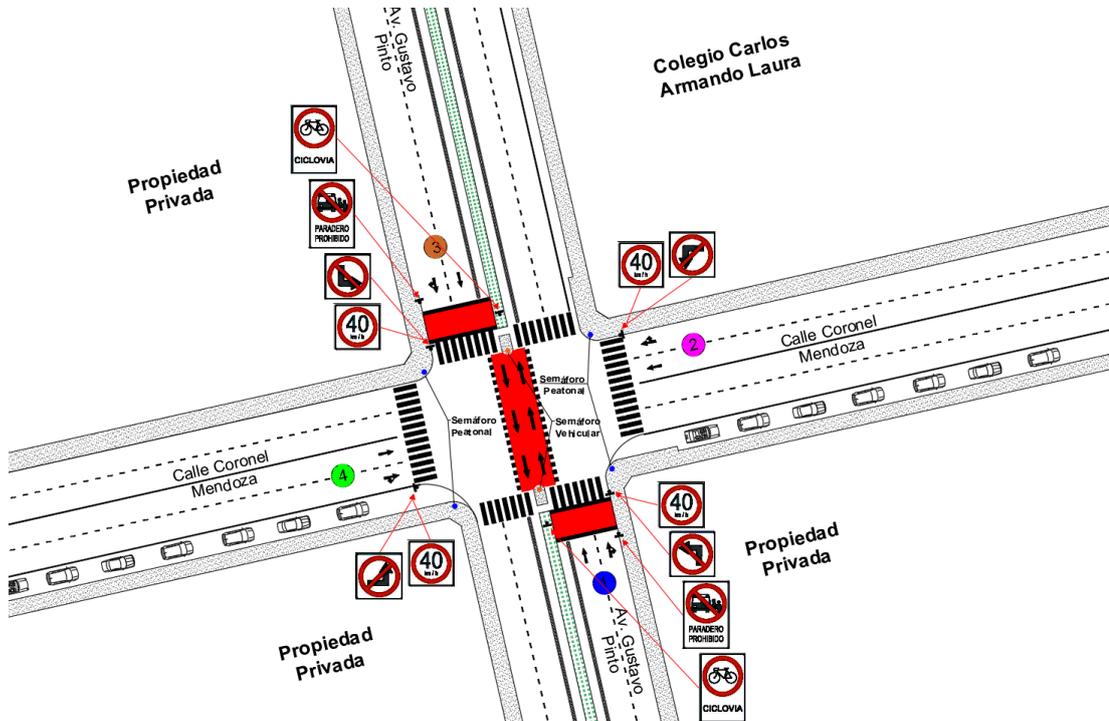
Nota. Según el manual HCM 2010 los valores que se muestra en la tabla los niveles de servicios de las estaciones son críticos.

4.4. Propuesta 1, solución para la intersección semaforizada

La Figura 40 se muestra las mejoras que se realizaron en la propuesta 1 para mejorar el nivel de servicio.

Figura 40

Propuesta 1, detalle de la sección vial



Nota. En la propuesta 1 se implementa las señales de reglamentación tales como; señal de ciclovía y paradero prohibido.

a) Modificación de fases y tiempos de semáforo:

En la intersección semaforizada se aprecia en la actualidad que sus tiempos de fases son muy extensos por lo cual para ajustar los tiempos se propone reducir las cuatro fases semafóricas.

Determinación de tiempos de fase

- Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

$$F_{vp} = \frac{100}{100 + P_C(E_C - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$F_{vp} = 0,97$$

Tabla 31*Tabulación para diferentes accesos*

	Acceso	Movimiento	VHMD	FHMD	fvp	Ev	qv	qT	
Fase 1		Directo	23	0,95	0,97	1	25	201	
	Este	Derecha	116	0,95	0,97	1,4	176		
	Oeste	Directo	197	0,95	0,97	1	214	214	
		Izquierda	0	0,95	0,97	1,6	0	0	
		Directo	149	0,95	0,97	1	162	399	
	Oeste	Derecha	156	0,95	0,97	1,4	237		
		Este	Directo	283	0,95	0,97	1	307	307
		Izquierda	0	0,95	0,97	1,6	0	0	
Fase 2		Directo	226	0,95	0,97	1	245	634	
	Norte	Derecha	256	0,95	0,97	1,4	389		
	Sur	Directo	582	0,95	0,97	1	632	632	
		Izquierda	0	0,95	0,97	1,6	0	0	
		Directo	161	0,95	0,97	1	175	430	
	Sur	Derecha	168	0,95	0,97	1,4	255		
		Norte	Directo	523	0,95	0,97	1	568	568
		Izquierda	0	0,95	0,97	1,6	0	0	

- Longitud de los intervalos de cambio para cada fase

Fase 1 (accesos Este y Oeste)

$$y_1 = \left(1 + \frac{V}{2a}\right) + \left(\frac{W + L}{V}\right) = 4 \text{ s}$$

- Tiempo perdido por fase

$$l_1 = A_1 = 3$$

$$l_1 = A_1 = 3$$

- Tiempo total perdido por ciclo

$$L = (l_1 + l_2) + (TR_1 + TR_2) = 16 \text{ s}$$

- Máximas relaciones de flujo actual a flujo de saturación

$$\beta_1 = \frac{q_{1max}}{s} = 0,21$$

$$\beta_2 = \frac{q_{1max}}{s} = 0,33$$

$$C = \frac{1,5L + 5}{1 - (\beta_1 + \beta_2)} = 63 \text{ s}$$

- Tiempo verde efectivo total

$$g_T = C - L = 47 \text{ s}$$

- Reparto de los tiempos verdes efectivos

$$g_1 = \frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2} = 18 \text{ s}$$

$$g_1 = \frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2} = 29 \text{ s}$$

- Determinación de los tiempos verdes reales.

$$G_1 = g_1 + l_1 + A_1 = 18 \text{ s}$$

$$G_2 = g_2 + l_2 + A_2 = 29 \text{ s}$$

En la siguiente Tabla 32 se detalla los tiempos de semáforos definitivos.

Tabla 32

Propuesta 1, tiempos de semáforo para la intersección

Estación	Tiempos de semáforos actual			Tiempos de semáforos propuesto		
	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar	Rojo
1	40	4	46	27	3	33
2	24	4	62	20	3	40
3	40	4	46	27	3	33
4	24	4	62	20	3	40
L. Ciclo	90 segundos			63 segundos		

Nota. En los tiempos de rojo incluye los tiempos de semaforización peatonal.

b) Aumento de carriles:

Considerando que se debe priorizar el nivel de calidad de los vehículos, ciclistas que circulan por la intersección, se opta la siguiente propuesta que nos ayudará a mejorar los niveles de servicios.

Las medidas de aumento o reducción de ancho del carril que a continuación detallamos se realizan con el fin de mantener la red de ciclovía que recorre por la av. Gustavo Pinto. Ver Tabla 33.

- **Estación 1:** Aumento de ancho de carril a 3,30m. en la Av. Gustavo Pinto.
- **Estación 2:** Reducción del carril a 3,30m para incrementar 1 carril, así sumando 2 carriles de bajada en la calle Coronel Mendoza.
- **Estación 3:** Reducción del carril a 3,60m en la Av. Gustavo Pinto.
- **Estación 4:** Reducción del carril a 3,30m para incrementar 1 carril de subida, así sumando 2 carriles en la calle Coronel Mendoza.

Tabla 33

Situación actual y propuesta de ancho de carriles

	Número de carriles		Ancho de carriles	
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
Estación 1	2	2	3,70	3,30
Estación 2	1	2	3,95	3,30
Estación 3	2	2	3,65	3,60
Estación 4	1	2	3,95	3,30

c) Restricción de paraderos:

Tomando en consideración la cantidad de vehículos que transitan por la Av. Gustavo Pinto siendo una de las vías con mayor flujo vehicular y peatonal, por ser una zona de alto comercio. Analizando las demoras que ocasionan los trasportes públicos al estacionarse para recoger pasajeros, en la estación 1 se propone instalar una señalética vertical de paradero prohibido y crear un paradero en la siguiente esquina con el fin de mejorar la fluides vehicular.

Tabla 34

Propuesta 1, taza de flujo de saturación de los accesos

TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN	ESTACIONES			
	E1	E2	E3	E4
Flujo de saturación base, S_0 (veh/h)	1900	1900	1900	1900
Número de carriles, N	2	2	2	2
Ancho promedio de carriles, W (m)	3,30	3,30	3,60	3,30
Factor de ajuste por ancho de carriles, fw	0,970	0,970	1,01	0,970
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	2,37	3,273	3,362	3,043
Equivalente en vehículos livianos, Et	2,4	2,4	2,4	2,4
Factor de ajuste por vehículos pesados, FHV	0,970	0,960	0,960	0,960
Pendiente en el grupo de carriles, %G	0	-3	0	3
Factor de ajuste por pendiente, fg	1,00	1,00	1,00	1,00
Estacionamiento	No	Si	No	Si
Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	0	0	0	8
Factor de ajuste por estacionamiento, fp	1,00	0,950	1,00	0,950
Transporte público que paran en la intersección, Nb (veh/h)	0	0	0	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses, fbb	1,00	1,00	1,00	1,00
Tipo de área	No CBD	No CBD	No CBD	No CBD
Factor de ajuste por tipo de área, fa	1,00	1,00	1,00	1,00
Carril exclusivo	No	No	No	No
Factor de ajuste por utilización de carril, fLU	1,00	1,00	1,00	1,00
Proporción de vueltas a la izquierda en el acceso, PLT	0	0	0	0
Factor de ajuste por giro a la izquierda, fLT	1,00	1,00	1,00	1,00
Proporción de vueltas a la derecha en el acceso, PRT	0,197	0,345	0,240	0,365
Factor de ajuste por giro a la derecha, fRT	0,970	0,948	0,964	0,945
Factor de ajuste por peatones para giros a la izquierda, fLpb	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por peatones para giros a la derecha, fRpb	1,00	1,00	1,00	1,00
Flujo de Saturación Ajustado, s (veh/h)	3468,16	3186,83	3551,84	3176,74

Nota. En la tabla propuesta 1, muestra el resumen del análisis y cálculo de flujo de saturación de los 4 accesos.

Tabla 35*Propuesta 1, nivel de servicio de los accesos*

NIVEL DE SERVICIO	ESTACIONES			
	E1	E2	E3	E4
Velocidad de aproximación, (km/h)	40	40	40	40
Plan de fases	1	2	1	2
Longitud del ciclo, C (s)	63	63	63	63
Tiempo en verde, G (s)	27	20	27	20
Verde mínimo peatonal, (s)	16	16	16	16
Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, Y(s)	16	16	16	16
Capacidad del acceso, Ci	1486,35	1111,69	1522,22	1008,49
Tasa de flujo actual o proyectado, Vi	852	336	1064	340
Relación volumen/capacidad (Grado de Saturación), Xi	0,57	0,33	0,70	0,34
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,29	0,21	0,29	0,21
Factor de ajuste suplementario, fPA	0,93	0,93	0,93	0,93
Proporción de verde, g/C	0,429	0,317	0,429	0,317
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,16	1,08	1,16	1,08
Valor min(1,X)	0,57	0,33	0,70	0,34
Demora uniforme, d1	13,64	16,40	14,68	16,43
Periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25	0,25
Operación accionada o prefija	Prefija	Prefija	Prefija	Prefija
Botón peatonal	No	No	No	No
Factor de demora incremental (prefijada), k	0,50	0,50	0,50	0,50
Factor de ajuste para entradas, l	1	1	1	1
Demora incremental, d2	1,61	0,88	2,69	0,91
Cola inicial al principio del periodo T(veh), Qb	6	4	7	4
Duración de demanda insatisfecha (h), t	0,012	0,026	0,013	0,042
Parámetro de demora, si $t < T$, $u=0$	0	0	0	0
Demora de cola inicial, d3	29,06	17,1	33,11	28,56
Demora total del acceso, d	46,43	47,01	52,77	47,15
Nivel de servicio individual de cada acceso	D	D	D	D
Demora total de la intersección (s)	48,34			
Nivel de servicio total de la intersección	D			

Nota. En la tabla muestra los datos que se tomaron para el cálculo del nivel de servicio.

Propuesta 1, nivel de servicio de los accesos

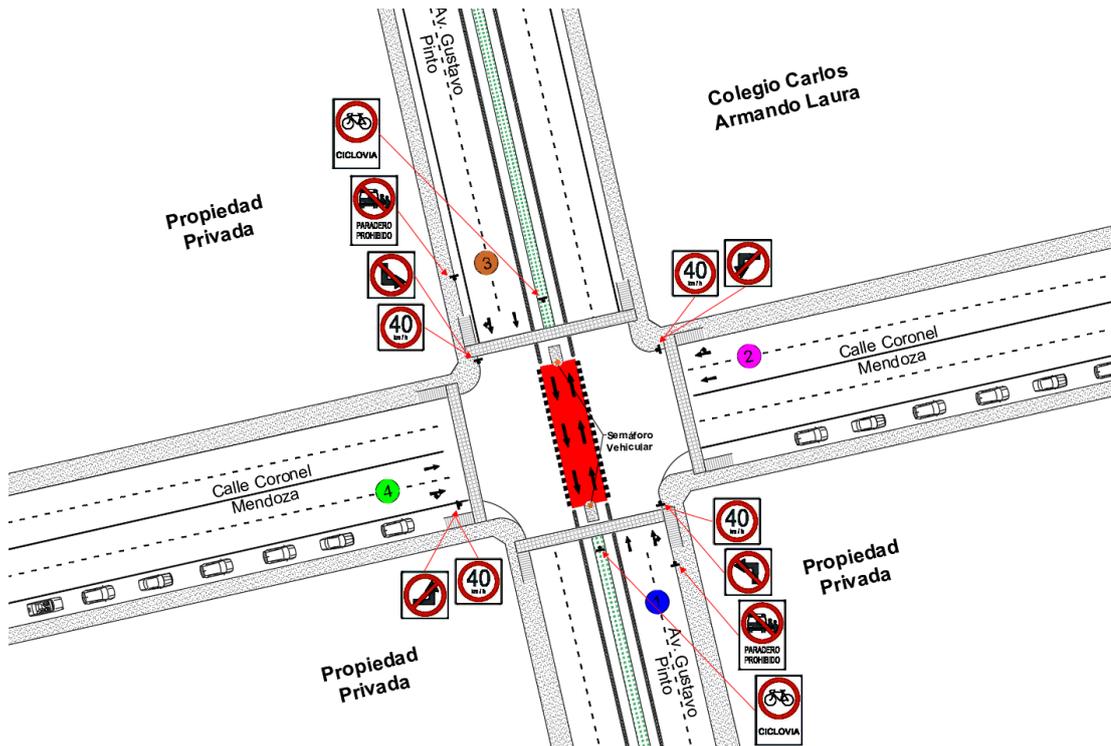
Esta propuesta nos ayuda a mejorar los niveles de servicio de “F” hasta “D” en los 4 accesos.

4.5. Propuesta 2, solución para la intersección semaforizada

Dado que en la primera propuesta el nivel de servicio es “D”, se propone la segunda propuesta para mejorar de manera significativa el nivel de servicio en la intersección semaforizada. En la Figura 41 se aprecia a detalla la propuesta dada.

Figura 41

Propuesta 2, detalle de la sección vial



Nota. En la propuesta 2 se implementa las señales de reglamentación tales como; señal de ciclovía y paradero prohibido.

a) Implementación puente peatonal:

La importancia de priorizar la seguridad de las personas que cruzan por los accesos y comodidad para el flujo vehicular, se propone plantear puente peatonal en los 4 accesos.

b) Modificación de fases y tiempos de semáforo:

Por la anulación de semáforos peatonales y la implementación de puente peatonal ayuda a incrementar los tiempos de los semáforos vehiculares, el cual se procedió a ajustar los tiempos de las fases semafóricas con el objetivo de lograr a mejorar el nivel de servicio, que a continuación en la siguiente Tabla 36 se detalla los tiempos semafóricos propuestos.

Tabla 36*Propuesta 2, tiempos de semáforo para la intersección*

Estación	Tiempos de semáforos actual			Tiempos de semáforos propuesto		
	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar	Rojo
1	40	4	46	28	2	22
2	24	4	62	20	2	30
3	40	4	46	28	2	22
4	24	4	62	20	2	30
L. Ciclo	90 segundos			52 segundos		

Nota. En los tiempos de rojo no incluye los tiempos de semaforización peatonal.

c) Aumento de carriles:

Para la propuesta 2 se mantiene los anchos y la cantidad de carriles que se detalló en la propuesta 1.

d) Restricción de paraderos:

Siendo una zona de alto comercio y con mayor flujo vehicular, Se mantiene la propuesta 1 que se detalló anteriormente.

Tabla 37*Propuesta 2, tasa de flujo de saturación de los accesos (parte 1)*

TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN	ESTACIONES			
	E1	E2	E3	E4
Flujo de saturación base, S_0 (veh/h)	1900	1900	1900	1900
Número de carriles, N	2	2	2	2
Ancho promedio de carriles, W (m)	3,30	3,30	3,60	3,30
Factor de ajuste por ancho de carriles, fw	0,970	0,970	1,01	0,970
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	2,37	3,273	3,362	3,043
Equivalente en vehículos livianos, Et	2,4	2,4	2,4	2,4
Factor de ajuste por vehículos pesados, FHV	0,970	0,960	0,960	0,960
Pendiente en el grupo de carriles, %G	0	-3	0	3
Factor de ajuste por pendiente, fg	1,00	1,00	1,00	1,00
Estacionamiento	No	Si	No	Si
Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	0	0	0	0
Factor de ajuste por estacionamiento, fp	1,00	0,950	1,00	0,950
Transporte público que paran en la intersección, Nb (veh/h)	0	0	0	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses, fbb	1,00	1,00	1,00	1,00
Tipo de área	No CBD	No CBD	No CBD	No CBD
Factor de ajuste por tipo de área, fa	1,00	1,00	1,00	1,00
Carril exclusivo	No	No	No	No

La siguiente Tabla 38 es la continuación de la Tabla 37 que muestra los cálculos de las tazas flujo de saturación para los 4 accesos.

Tabla 38

Propuesta 2, tasa de flujo de saturación de los accesos (parte 2)

TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN	ESTACIONES			
	E1	E2	E3	E4
Factor de ajuste por utilización de carril, fLU	1,00	1,00	1,00	1,00
Proporción de vueltas a la izquierda en el acceso, PLT	0	0	0	0
Factor de ajuste por giro a la izquierda, fLT	1,00	1,00	1,00	1,00
Proporción de vueltas a la derecha en el acceso, PRT	0,197	0,345	0,240	0,365
Factor de ajuste por giro a la derecha, fRT	0,970	0,948	0,964	0,945
Factor de ajuste por peatones para giros a la izquierda, fLpb	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por peatones para giros a la derecha, fRpb	1,00	1,00	1,00	1,00
Flujo de Saturación Ajustado, s (veh/h)	3468,16	3186,83	3551,84	3176,74

Nota. En la tabla propuesta 2, detalla el resumen del análisis y cálculo de flujo de saturación.

Tabla 39

Propuesta 2, nivel de servicio de los accesos (parte 1)

NIVEL DE SERVICIO	ESTACIONES			
	E1	E2	E3	E4
Velocidad de aproximación, (km/h)	40	40	40	40
Plan de fases	1	2	1	2
Longitud del ciclo, C (s)	52	52	52	52
Tiempo en verde, G (s)	28	20	28	20
Verde mínimo peatonal, (s)	2	2	2	2
Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, Y(s)	2	2	2	2
Capacidad del acceso, Ci	1867,47	1225,70	1912,53	1221,82
Tasa de flujo actual o proyectado, Vi	852	336	1064	340
Relación volumen/capacidad (Grado de Saturación), Xi	0,46	0,27	0,56	0,28
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,36	0,38	0,36	0,38
Factor de ajuste suplementario, fPA	0,93	0,93	0,93	0,93
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,29	0,94	1,29	0,94
Valor min(1,X)	0,46	0,27	0,56	0,28
Demora uniforme, d1	7,34	11,01	7,91	11,03
Periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25	0,25
Operación accionada o prefija	Prefija	Prefija	Prefija	Prefija
Botón peatonal	No	No	No	No
Factor de demora incremental (prefijada), k	0,50	0,50	0,50	0,50
Factor de ajuste para entradas, l	1	1	1	1

Tabla 40*Propuesta 2, nivel de servicio de los accesos (parte 2)*

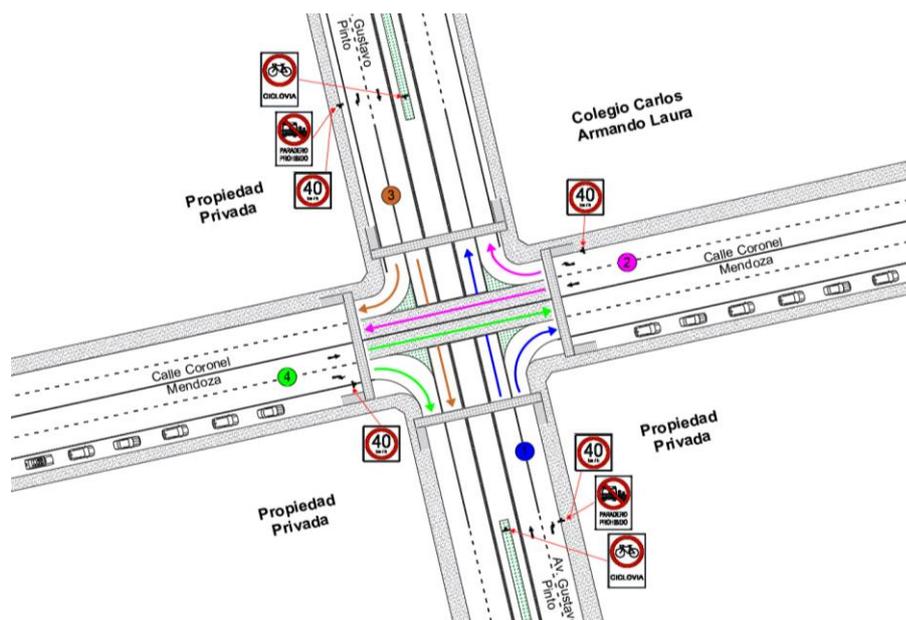
NIVEL DE SERVICIO	ESTACIONES			
	E1	E2	E3	E4
Demora incremental, d2	0,81	0,55	1,17	0,57
Cola inicial al principio del periodo T(veh), Qb	6	4	6	4
Duración de demanda insatisfecha (h), t	0,012	0,026	0,013	0,042
Parámetro de demora, si $t < T$, $u=0$	0	0	0	0
Demora de cola inicial, d3	23,13	23,50	22,59	23,57
Demora total del acceso, d	33,41	34,36	33,96	34,47
Nivel de servicio individual de cada acceso	C	C	C	C
Demora total de la intersección (s)	34,05			
Nivel de servicio total de la intersección	C			

Propuesta 2, nivel de servicio de los accesos

A comparación con la propuesta 1, esta propuesta 2 nos ayuda a mejorar aún más los niveles de servicio de “F” hasta “C” en los 4 accesos estudiados.

4.6. Propuesta 3, solución para la intersección semaforizada

A medida que en estos años la demanda de lujo vehicular es mayor, esta propuesta se realiza con la finalidad de tener un tránsito continuo. Se propone lo siguiente, como se aprecia en la Figura 42.

Figura 42*Propuesta 3, detalle de giros en la sección vial*

Nota. En la propuesta 3 se implementa las señales de reglamentación tales como; señal de ciclovía, paradero prohibido y la implementación de un paso a desnivel.

a) Implementación de paso a desnivel:

La implementación del paso a desnivel deprimido en la Avenida Gustavo ayuda a tener un flujo continuo por lo que ya no dependen de los semáforos vehiculares ni semáforos peatonales, ya que se implementa puentes peatonales. El cual contiene 2 carriles, uno en sentido norte sur y otro en sentido sur norte; los 2 carriles restantes quedan de manera exclusiva para giros a la derecha.

b) Implementación puente peatonal:

En cuanto a la existencia de un paso de desnivel es importante priorizar la seguridad de los peatones que circulan por la intersección ya que los vehículos cruzan a una mayor velocidad, por el cual se propone un puente peatonal en los 4 accesos.

c) Aumento de carriles:

Para esta propuesta se mantiene los anchos y la cantidad de carriles que se detalló en la propuesta 1.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Se demostró la hipótesis planteada en la investigación, considerando que el nivel de servicio de los 4 accesos mejoró aplicando el método de análisis operacional planteado por el HCM 2010, obteniendo propuestas de solución para mejorar el atasco de tráfico en la intersección estudiado.

Para poder determinar el estado actual del nivel de servicio se aplicó la metodología HCM 2010 para ello gracias a los aforos y datos específicos medidos en cada estación se pudo corroborar mediante cálculos, que las demoras si son inaceptables mayores a 80 segundos en las 4 estaciones estudiadas.

Se obtuvieron los siguientes resultados por cada estación:

- Estación 1: Av. Gustavo Pinto de sur a norte dispone un nivel de servicio actual de “F” debido a una demora “127,84 segundos”.
- Estación 2: Calle Coronel Mendoza de este a oeste dispone un nivel de servicio actual de “F” debido a una demora “115,96 segundos”.
- Estación 3: Av. Gustavo Pinto de norte a sur dispone un nivel de servicio actual de “F” debido a una demora “219,38 segundos”.
- Estación 4: Calle Coronel Mendoza de oeste a este dispone un nivel de servicio actual de “F” debido a una demora “121,39 segundos”.

Para poder analizar si la nueva configuración de la red de ciclovía contribuye negativamente con el nivel de servicio se realizó en aforo correspondiente y al aplicar la metodología HCM 2010, si contribuye negativamente porque la nueva red de ciclovía reduce un ancho de 1,60 m. a los 2 carriles de sentido contrario que recorre por la avenida Gustavo Pinto.

Para definir qué tipo de reordenamiento vial mejora el nivel de servicio se plantean tres propuestas las cuales pasamos a detallar:

- a. Propuesta 1: Se propone implementar prohibiciones de paraderos, incremento de carriles, omisión de giros innecesarios, modificación de las fases y tiempos de semáforos, llegando a mejorar el nivel de servicio a “D” donde empieza a notarse la influencia de congestionamiento en la intersección semaforizada.
- Estación 1: Av. Gustavo Pinto de sur a norte mejora el nivel de servicio actual de “F” hasta “D”.

- Estación 2: Calle Coronel Mendoza de este a oeste mejora el nivel de servicio actual de "F" hasta "D".
 - Estación 3: Av. Gustavo Pinto de norte a sur mejora el nivel de servicio actual de "F" hasta "D".
 - Estación 4: Calle Coronel Mendoza de oeste a este mejora el nivel de servicio actual de "F" hasta "D".
- b. Propuesta 2: Para mejorar aún más el nivel de servicio se propone similar a la propuesta 1, el cual se implementará puente peatonal para los 4 accesos con el fin de reducir los ciclos largos de los semáforos de la intersección semaforizada, logrando disminuir al nivel de servicio "C".
- Estación 1: Av. Gustavo Pinto de sur a norte mejora el nivel de servicio actual de "F" hasta "C".
 - Estación 2: Calle Coronel Mendoza de este a oeste mejora el nivel de servicio actual de "F" hasta "C".
 - Estación 3: Av. Gustavo Pinto de norte a sur mejora el nivel de servicio actual de "F" hasta "C".
 - Estación 4: Calle Coronel Mendoza de oeste a este mejora el nivel de servicio actual de "F" hasta "C".
- c. Propuesta 3: Si el tránsito es continuo por lo tanto sería equivalente a un nivel de servicio óptimo, por el cual se propone implementar un paso a desnivel deprimido en la Avenida Gustavo Pinto conteniendo solo 2 carriles, uno en sentido norte sur y otro en sentido sur norte; los 2 carriles restantes quedan de manera exclusiva para giros a la derecha. Con esta acción quedan anuladas las estaciones semaforizadas en su totalidad y los flujos no se ven interrumpidos implementando puente peatonal para los 4 accesos.

CONCLUSIONES

1. Según los niveles de servicio obtenidos del estado actual de la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza, analizando las congestiones en las horas picos, se propuso tres alternativas de reordenamiento vial para mejorar los niveles que presenta la intersección.
2. Según los volúmenes vehiculares se ha determinado que la vía no tiene la capacidad suficiente permitido por el exceso de vehículos que transitan por la intersección, por el cual su estado actual del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza es crítico, con un nivel de servicio "F", estado desfavorable con demoras hasta 219,38 segundos.
3. Se determinó que cuando los ciclistas circulan por la nueva configuración de red de ciclovía contribuye negativamente por la reducción del ancho de carril de 1,60 m. a los 2 carriles de sentido contrario que recorre por la avenida Gustavo Pinto, eliminando un carril en cada sentido que genera largas colas vehiculares. Pero en la actualidad por la mínima existencia de ciclistas los vehículos que transitan por Av. Gustavo Pinto ocupan el carril de ciclovía que provoca inseguridad a los ciclistas.
4. Para mejorar la calidad y capacidad de la vía que en la actualidad presenta la intersección, se determinó 3 propuestas de reordenamiento vial que contribuye con la mejora del nivel de servicio. En la propuesta 1 se propuso la implementación de señales de prohibición de paraderos en la Av. Gustavo Pinto, modificación de fases semafóricas, omisión de giros innecesarios e incremento de 1 carril en ambos sentidos en la Calle Coronel Mendosa así mejorando el nivel de servicio de "F" a "D". Con la finalidad de reducir aún más el nivel de servicio, en la propuesta 2 se propone implementar un puente peatonal en los 4 accesos, así optando mejorar el nivel de servicio de "F" a "C". Además, a medida que cada año incrementa los flujos vehiculares, la propuesta 3 propone la implementación de puente peatonal en los 4 accesos y la implementación de un paso de desnivel deprimido en la Avenida Gustavo Pinto conteniendo solo 2 carriles, uno en sentido norte sur y otro en sentido sur norte; los 2 carriles restantes quedan de manera exclusiva para giros a la derecha con la finalidad de que el tránsito sea continuo por lo tanto sería equivalente a un nivel de servicio óptimo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna, gerencia de transporte urbano implementar señalizaciones, nuevas rutas para disminuir el congestionamiento vehicular así mismo puedan tomar en consideración esta investigación que brinda 3 propuestas de reordenamiento vial planteadas para mejorar la calidad de los transportistas y peatones que circulan por la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con calle Coronel Mendoza.
2. Se recomienda que a futuro se realicen mayores investigaciones y se analicen de manera integral en las intersecciones y avenidas donde existen mayor flujo de saturación vehicular, a fin de obtener las capacidades permitidos de las vías y tener en cuenta los niveles de servicio que presenta en la actualidad para proponer soluciones y mejorar el congestionamiento vehicular.
3. Se recomienda a los trasportistas que pasan por la Av. Gustavo Pinto, respetar la nueva configuración de red de ciclovía con el fin de evitar accidentes a futuro, y promover el uso de trasportes no motorizados para disminuir la contaminación ambiental.
4. Se recomienda a las entidades encargadas inviertan en realizar campañas de educación vial e incorporación de más efectivos policiales, a fin de mejorar las conductas y responsabilidades de los transportistas que circulan por la intersección semaforizada. Tener un adecuado orden vial es prevenir accidentes, disminuir congestionamientos vehiculares y disminución de contaminación ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amoroso Farfán , M. A., y Hermida Coello, P. A. (2012). *Análisis de las Intersecciones Semaforizadas de la Avenida Huayna-Cápac Entre Avenida Doce de Abril y Calle Mariscal Lamar*. Cuenca.
- Cal y Mayor, R. C. (2007). *Ingeniería de Transito – Fundamentos y Aplicaciones*. México: 8va Edición.
- Cárcamo Perla, W. A., Hernández Argueta, R. E., y Ramos Gonzales, N. I. (2017). *Propuesta de ordenamiento vial y elaboración de mapa turístico de la zona urbana del municipio de Osicala, departamento de Morazan*. San Miguel.
- Chavez, V. (2005). *Manual de Diseño Geometrico de Vías Urbanas*. Peru.
- Comunicaciones, M. d. (2016). *Manual de dispositivos de control del transito automotor para calles y carreteras*.
- Comunicaciones, M. d. (2020). *Guía de Implementación de Sistemas de Transporte Sostenible no Motorizado*.
- Cuentas Cárdenas, M. E., y Ayala Cusihuallpa, J. C. (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.
- HCM. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual)*. Washington.
- Henríquez Ulloa, J. E. (2019). *Propuesta de Mejora Vial en la Intersección de las Avenidas Miguel Grau y Gulman en la Ciudad de Piura*. Piura.
- Honori Chura, J. V., y Salas Serrano, E. J. (2020). *Determinación del Nivel de Servicio y Propuesta de Mejora Vial en la Avenida Humboldt, Tramo entre Avenida Collpa-Avenida Violeta, del Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa - Provincia y Departamento De Tacna, Año 2019*. Tacna.
- Ibarra Arroyo, Y. L. (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.
- Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Sánches Blanco, V., y del Val, M. (2004). *Ingeniería de Carreteras*. Lima: UDOCZ.: Volumen I.
- Ilayme Rivera, C., y Zegarra Yugra, 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.

- Mayta Rojas, M., y Ponce orue, V. (2021). *Propuesta de Diseño de Ciclovía para Facilitar la Movilidad urbana Sostenible Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Óvalo Cuzco hasta calle Granada de la Ciudad de Tacna*, 2019. Tacna.
- Moreano Quiroz, P. J., y Trejo Santos, J. V. (2020). *ropuesta de mejora vial, de la intersección Av. alameda sur con av. Alameda San Marcos en el distrito de Chorrillos, para reducir la congestión vehicular*. Lima.
- Reyna Peña, P. (2015). *Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones*. Lima.
- Salazar Calderón Juárez, R. G. (2019). *Evaluación del Flujo Vehicular para Determinar el Nivel de Servicio en Av. Gustavo Pinto Desde la Intersección con Av. Jorge Basadre Grohmann Hasta la Intersección con Calle Coronel Mendoza, Distrito de Tacna - 2018*. Tacna.
- Valenzuela, K. L. (2018). *Estudio de Alternativas para la Mejora del Trafico y la Funcionalidad en la intersección Semaforizada de la Carretera Mella y Av. San Vicente de Paul en la Ciudad de Santo Domingo Este, Republica Dominicana*. Valencia.
- Vargas Gómez, R. (2018). *Ordenamiento vial en el área central de San Vito de Coto Brus*. Costa Rica.
- Yomona Aguilar, J. (2020). *Propuesta de un Diseño de Ciclovía que interconecte las Principales Universidades y Centros Comerciales de la Ciudad de Trujillo*, 2018. Trujillo.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia

“Propuesta de reordenamiento vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021”

Interrogante del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Método	Pruebas Estadística o Estrategia
Interrogante principal ¿De qué manera una propuesta de reordenamiento vial puede mejorar el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021?	Objetivo principal Realizar una propuesta de reordenamiento vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.	Hipótesis principal La propuesta de reordenamiento vial contribuye en la mejora del nivel de servicio de la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.	Independiente: Reordenamiento vial.	Indicadores V.D. <ul style="list-style-type: none"> Optimización del Ciclo semafórico. Redistribución de carriles y giros. Rediseño de Sección vial. Señalética vertical y horizontal. 	Determinación del nivel de servicio según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010).	Tipo de Investigación Tipo aplicada Nivel de Investigación Nivel Comprensivo e innovación
Interrogantes específicas 1. ¿Cuál es el estado actual del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021?	Objetivos específicos 1. Determinar el estado actual del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.	Hipótesis específicas 1. El estado actual del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021, corresponde a demoras	Dependiente: Nivel de servicio	Indicadores V.I. <ul style="list-style-type: none"> Aforo vehicular, peatonal y de ciclistas. Ciclo semafórico. Distribución de carriles y giros. 		

2.¿Cómo la nueva configuración de red de ciclovía contribuye con el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021?

2.Determinar como la nueva configuración de red de ciclovía contribuye con el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.

inaceptables mayores a 80 segundos.

2. La configuración de red de ciclovía contribuye negativamente con el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.

- Velocidad de operación.

3.¿Qué tipo de reordenamiento vial contribuye con la mejora del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021?

3. Determinar qué tipo de reordenamiento vial contribuye con la mejora del nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.

3. El tipo de reordenamiento vial asociado al reagrupamiento de carriles, optimización del ciclo semafórico y omisión de giros innecesarios mejora significativamente el nivel de servicio en la intersección semaforizada Av. Gustavo Pinto con Calle Coronel Mendoza, Tacna 2021.

Anexo 4

Aforo vehicular, estación 1 miércoles 4 de agosto – Gustavo Pinto

HORA	AUTO			STATION WAGON		CAMIONETAS						MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTOTAL														
						SUV	PICK UP	PANEL	COMBI	2 E	2 E		3 E	2S1/2S2																			
MAÑANA	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔												
7:00 - 7:15 a.m	28	3		24	0	0	1	1	1	0			15	0	14			2					89										
7:15 - 7:30 a.m	29	1		27	0	5	2			2	0	1	12	0	18			0					97										
7:30 - 7:45 a.m	29	3		21	2	3	0			2	1	0	15	1	20			2					99										
7:45 - 8:00 a.m	40	3		28	1	5	1			3	1	0	13	0	14			1					110										
8:00 - 8:15 a.m	29	3		21	7	2	0			5	0	1	13	0	15			1					97										
8:15 - 8:30 a.m	33	5		30	7	1	1			3	1	0	14	0	20			3					118										
8:30 - 8:45 a.m	24	5		34	2	9	1			2	0	0	9	0	16			3					105										
8:45 - 9:00 a.m	37	9		19	2	2	2			2	0	0	11	0	18			1					103										
PARCIAL	0	249	32	0	204	21	0	27	8	0	20	4	0	2	0	0	102	1	0	135	0	0	0	0	13	0	818						
SUMATORIA	281			225		35			24			2			103			135			0			13			0			0			818
TARDE	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔												
12:00 - 12:15	28	10		33	10	7	3			5	2	2	0	12	1	17			2					132									
12:15 - 12:30	50	10		37	11	13	3			5	1	1	1	11	0	15			2					160									
12:30 - 12:45	46	7		31	12	6	4			7	0	0	0	10	0	18			1					142									
12:45 - 13:00	51	12		41	10	7	4			3	3	1	0	14	1	19			2					168									
13:00 - 13:15	47	9		36	7	12	8			5	0	0	0	17	0	16			1					158									
13:15 - 13:30	43	10		30	7	5	2			3	1	0	0	9	0	18			3					131									
13:30 - 13:45	35	9		35	4	8	1			7	1	1	0	13	1	20			4					139									
13:45 - 14:00	39	15		35	9	4	3			4	0	2	0	16	0	19			1					147									
PARCIAL	0	339	82	0	278	70	0	62	28	0	39	8	0	7	1	0	102	3	0	142	0	0	0	0	16	0	1177						
SUMATORIA	421			348		90			47			8			105			142			0			16			0			0			1177
NOCHE	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔												
18:00 - 18:15	53	11		46	18	6	2			6	3	0		13	1	22			2					183									
18:15 - 18:30	54	18		50	12	9	3			4	2	0		14	1	20			2					189									
18:30 - 18:45	49	15		46	6	7	2			9	2	2		12	0	19			1					170									
18:45 - 19:00	43	9		41	8	4	1			6	2	0		10	0	19			2					145									
19:00 - 19:15	41	18		49	9	6	3			3	0	0		9	0	21			3					162									
19:15 - 19:30	35	8		43	7	9	1			3	1	1		7	0	19			1					135									
19:30 - 19:45	44	14		37	12	7	2			3	0	1		14	0	20			0					154									
19:45 - 20:00	31	8		25	8	4	1			3	1	1		9	0	13			1					105									
PARCIAL	0	350	101	0	337	80	0	52	15	0	37	11	0	5	0	0	88	2	0	153	0	0	0	0	12	0	1243						
SUMATORIA	451			417		67			48			5			90			153			0			12			0			0			1243

Anexo 5

Aforo de ciclistas, estación 1 sábado 31 de julio – Gustavo Pinto

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
7:00 7:15		0		0
7:15 7:30		0		0
7:30 7:45		2		2
7:45 8:00		2		2
8:00 8:15		2		2
8:15 8:30		1		1
8:30 8:45		1		1
8:45 9:00		0		0
Parcial	0	8	0	8
Sumatoria	8			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
12:00 12:15		0		0
12:15 12:30		1		1
12:30 12:45		0		0
12:45 13:00		2		2
13:00 13:15		1		1
13:15 13:30		0		0
13:30 13:45		0		0
13:45 14:00		0		0
Parcial	0	4	0	4
Sumatoria	4			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
18:00 18:15		1		1
18:15 18:30		0		0
18:30 18:45		1		1
18:45 19:00		0		0
19:00 19:15		2		2
19:15 19:30		1		1
19:30 19:45		1		1
19:45 20:00		0		0
Parcial	0	6	0	6
Sumatoria	6			

Anexo 6

Aforo de ciclistas, estación 1 lunes 2 de agosto – Gustavo Pinto

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
7:00 7:15		0		0
7:15 7:30		1		1
7:30 7:45		0		0
7:45 8:00		1		1
8:00 8:15		0		0
8:15 8:30		0		0
8:30 8:45		3		3
8:45 9:00		0		0
Parcial	0	5	0	5
Sumatoria	5			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
12:00 12:15		2		2
12:15 12:30		1		1
12:30 12:45		0		0
12:45 13:00		0		0
13:00 13:15		0		0
13:15 13:30		1		1
13:30 13:45		0		0
13:45 14:00		1		1
Parcial	0	5	0	5
Sumatoria	5			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
18:00 18:15		0		0
18:15 18:30		1		1
18:30 18:45		2		2
18:45 19:00		0		0
19:00 19:15		0		0
19:15 19:30		1		1
19:30 19:45		2		2
19:45 20:00		1		1
Parcial	0	7	0	7
Sumatoria	7			

Anexo 7

Aforo de ciclistas, estación 1 miércoles 4 de agosto – Gustavo Pinto

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
7:00 7:15		2		2
7:15 7:30		1		1
7:30 7:45		0		0
7:45 8:00		2		2
8:00 8:15		1		1
8:15 8:30		0		0
8:30 8:45		1		1
8:45 9:00		0		0
Parcial	0	7	0	7
Sumatoria	7			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
12:00 12:15		0		0
12:15 12:30		4		4
12:30 12:45		1		1
12:45 13:00		0		0
13:00 13:15		1		1
13:15 13:30		0		0
13:30 13:45		0		0
13:45 14:00		0		0
Parcial	0	6	0	6
Sumatoria	6			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
18:00 18:15		1		1
18:15 18:30		0		0
18:30 18:45		0		0
18:45 19:00		2		2
19:00 19:15		1		1
19:15 19:30		1		1
19:30 19:45		1		1
19:45 20:00		0		0
Parcial	0	6	0	6
Sumatoria	6			

Anexo 14

Aforo de ciclistas, estación 3 sábado 31 de julio – Gustavo Pinto

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
7:00 7:15		0		0
7:15 7:30		0		0
7:30 7:45		1		1
7:45 8:00		0		0
8:00 8:15		0		0
8:15 8:30		2		2
8:30 8:45		0		0
8:45 9:00		0		0
Parcial	0	3	0	3
Sumatoria	3			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
12:00 12:15		0		0
12:15 12:30		1		1
12:30 12:45		0		0
12:45 13:00		0		0
13:00 13:15		2		2
13:15 13:30		1		1
13:30 13:45		0		0
13:45 14:00		0		0
Parcial	0	4	0	4
Sumatoria	4			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
18:00 18:15		0		0
18:15 18:30		0		0
18:30 18:45		1		1
18:45 19:00		0		0
19:00 19:15		0		0
19:15 19:30		1		1
19:30 19:45		0		0
19:45 20:00		0		0
Parcial	0	2	0	2
Sumatoria	2			

Anexo 15

Aforo de ciclistas, estación 3 lunes 2 de agosto – Gustavo Pinto

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
7:00 7:15		1		1
7:15 7:30		0		0
7:30 7:45		1		1
7:45 8:00		1		1
8:00 8:15		0		0
8:15 8:30		1		1
8:30 8:45		0		0
8:45 9:00		0		0
Parcial	0	4	0	4
Sumatoria	4			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
12:00 12:15		0	0	0
12:15 12:30		1	0	1
12:30 12:45		1	0	1
12:45 13:00		0	0	0
13:00 13:15		1	0	1
13:15 13:30		0	1	1
13:30 13:45		0	0	0
13:45 14:00		1	0	1
Parcial	0	4	1	5
Sumatoria	5			

CICLISTAS				
TURNO				SUB TOTAL
				
18:00 18:15		2		2
18:15 18:30		0		0
18:30 18:45		0		0
18:45 19:00		1		1
19:00 19:15		0		0
19:15 19:30		0		0
19:30 19:45		2		2
19:45 20:00		1		1
Parcial	0	6	0	6
Sumatoria	6			

Anexo 16

Aforo de ciclistas, estación 3 miércoles 4 de agosto – Gustavo Pinto.

CICLISTAS				
TURNO			SUB TOTAL	
				
7:00 7:15	0	0	0	
7:15 7:30	0	0	0	
7:30 7:45	1	1	2	
7:45 8:00	0	0	0	
8:00 8:15	0	0	0	
8:15 8:30	0	0	0	
8:30 8:45	1	0	1	
8:45 9:00	0	0	0	
Parcial	0	2	1	3
Sumatoria	3			

CICLISTAS				
TURNO			SUB TOTAL	
				
12:00 12:15	1		1	
12:15 12:30	0		0	
12:30 12:45	1		1	
12:45 13:00	2		2	
13:00 13:15	1		1	
13:15 13:30	0		0	
13:30 13:45	0		0	
13:45 14:00	0		0	
Parcial	0	5	0	5
Sumatoria	5			

CICLISTAS				
TURNO			SUB TOTAL	
				
18:00 18:15	2		2	
18:15 18:30	1		1	
18:30 18:45	0		0	
18:45 19:00	2		2	
19:00 19:15	1		1	
19:15 19:30	2		2	
19:30 19:45	0		0	
19:45 20:00	1		1	
Parcial	0	9	0	9
Sumatoria	9			

Anexo 18

Aforo vehicular, estación 4 lunes 2 de agosto – Coronel Mendoza.

HORA	AUTO			STATION WAGON		CAMIONETAS						MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			SUBTOTAL			
MAÑANA																									
7:00 - 7:15 a.m	7	0		5	0	0	0		0				0						1						13
7:15 - 7:30 a.m	5	1		7	0	1			1				0						0						15
7:30 - 7:45 a.m	12	1		11	0	0	0		0				0						1						25
7:45 - 8:00 a.m	6	1		14	0	1			0				3						0						25
8:00 - 8:15 a.m	9	1		16	0	1			0				0						0						27
8:15 - 8:30 a.m	13	1		16	2	4			2				2						0						40
8:30 - 8:45 a.m	13	3		16	1	0			1				1						2						37
8:45 - 9:00 a.m	5	4		21	2	0			3				1						0						36
PARCIAL	0	70	12	0	106	5	0	7	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	218
SUMATORIA	82			111		7		7	0		7	0	0		0	0		4	0		0			0	
TARDE																									
12:00 - 12:15	19	5		17	5	0	0		5	2			1	0					0						54
12:15 - 12:30	18	6		17	4	5	1		1	1			0	0					0						53
12:30 - 12:45	13	13		23	7	1	1		1	0			1	1					0						61
12:45 - 13:00	15	7		20	9	4	2		1	1			1	0					0						60
13:00 - 13:15	15	9		13	12	3	1		1	0			0	0					0						54
13:15 - 13:30	16	4		21	8	2	0		0	0			0	0					0						51
13:30 - 13:45	9	9		14	9	2	1		2	1			0	0					1						48
13:45 - 14:00	17	6		14	6	3	0		0	0			1	0					0						47
PARCIAL	0	122	59	0	139	60	0	20	6	0	11	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	428
SUMATORIA	181			199		26		16	0		5	0	0		0	0		1	0		0			0	
NOCHE																									
18:00 - 18:15	21	11		10	11	4	0		4	3			1	0					0	0					65
18:15 - 18:30	17	14		9	10	6	0		1	1			1	0					1	1					61
18:30 - 18:45	12	10		10	3	2	2		2	0			0	0					1	0					42
18:45 - 19:00	20	11		12	9	4	3		0	1			0	0					0	0					60
19:00 - 19:15	18	4		23	11	4	0		1	1			0	0					0	0					62
19:15 - 19:30	15	17		14	11	4	2		1	1			0	0					1	0					66
19:30 - 19:45	16	11		13	5	4	1		0	0			0	0					0	0					50
19:45 - 20:00	18	6		17	6	2	1		0	1			0	1					0	0					52
PARCIAL	0	137	84	0	108	66	0	30	9	0	9	8	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	458
SUMATORIA	221			174		39		17	0		3	0	0		0	0		4	0		0			0	

