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

TESIS

"OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN EL NIVEL DE SERVICIO DE LA CALLE ANCASH EN LAS INTERSECCIONES CALLE LIMA – AV. BALTA, MOQUEGUA 2024"

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. DANNA ALEJANDRA PAREJA CAHUANA

Bach. FEDERICO RODRIGO ALONSO OCAMPO CATACORA

TACNA – PERU

2024

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

TESIS

"OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN EL NIVEL DE SERVICIO DE LA CALLE ANCASH EN LAS INTERSECCIONES CALLE LIMA – AV. BALTA, MOQUEGUA 2024"

Tesis sustentada y aprobada el 17 de diciembre del 2024; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE	**:**	**Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES**
SECRETARIO	**:**	**Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE**
VOCAL	**:**	**Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR-CALDERÓN JUÁREZ**
ASESOR	**:**	**Dr. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ**

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Danna Alejandra Pareja Cahuana y Federico Rodrigo Alonso Ocampo Catacora, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(s) con DNI 73983267 y 70050779 respectivamente, así Pedro Valerio Maquera Cruz con DNI 00471913; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulado: "*Optimización del flujo vehicular en el nivel de servicio de la Calle Áncash en las intersecciones Calle Lima – Av. Balta, Moquegua 2024*", la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Civil.*
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 22 de octubre del 2024

Danna Alejandra Pareja Cahuana
DNI: 73983267

Pedro Valerio Maquera Cruz
DNI:00471913

Federico Rodrigo Alonso
Ocampo Catacora
DNI: 70050779

DEDICATORIA

A Papá Dios, por brindarme sabiduría a lo largo de mi formación universitaria, y haber cuidado cada uno de mis pasos.

Este logro se lo dedico de manera especial a mi virtuosa Mamá, Ana María Cahuana; sin su amor, sin su dedicación, sin su valentía, y sin su esfuerzo nada de esto hubiese sido posible, eres mi principal motor mamita; a mi Papa José Luis por inculcarme desde pequeña el valor del estudio. A mi hermanita Cristelle, que día a día su sonrisa y sus palabras me daban fuerza; a mis tíos Pamela y Lester Cahuana, por su incondicional e infinito apoyo a lo largo de mi vida, a mi Abuelito Lester por darme ánimos, quien siempre se ha sentido orgulloso de mi, a Juan por alentarme día a día; a cada miembro de mi familia por haber sido parte de este hermoso proceso y haberme brindado su apoyo y fortaleza.

También va dedicado para ti Ferny, mi ángel, hermana esto es por ti, gracias por haberle dado luz a mi vida con tu amistad, sé que desde el cielo te encuentras orgullosa.

Danna Alejandra Pareja Cahuana

DEDICATORIA

Primero que todo agradezco a Dios por darme la certeza de su presencia en cada paso que doy. A mis padres, Aurora y Federico quienes siempre me han apoyado permitiéndome alcanzar mis metas. A mis hermanos, Walther y Gerald, por su constante apoyo y cariño en todo lo que me he propuesto lograr, y a cada miembro de mi familia por brindarme el respaldo y la energía necesaria para seguir adelante y convertirme en profesional. Su apoyo me ha dado la fortaleza para continuar progresando.

Finalmente, agradezco a mis profesores y compañeros, quienes me han enseñado y acompañado a lo largo de mis años académicos.

Federico Rodrigo Alonso Ocampo Catacora

AGRADECIMIENTO

Le agradezco de manera especial a Dios, por brindarme salud, sabiduría, y luz a lo largo de mi vida.

También un agradecimiento especial a nuestro Asesor, Ing. Pedro Maquera Cruz, por los conocimientos impartidos para la elaboración y culminación de nuestro proyecto de investigación, a la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por las enseñanzas y conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación universitaria.

Y por último dar las gracias a Federico mi amigo y compañero de tesis, esta experiencia universitaria no hubiera sido la misma sin ti.

Danna Alejandra Pareja Cahuana

AGRADECIMIENTO

Le agradecemos de manera especial a Dios, por brindarnos salud, sabiduría, y luz a lo largo de nuestras vidas. De igual manera, queremos agradecer de manera especial a nuestro Asesor, Ing. Pedro Maquera Cruz, por su invaluable apoyo y por compartir con nosotros su vasto conocimiento durante todo el proceso de elaboración y culminación de nuestro proyecto de investigación. Su paciencia, orientación y compromiso han sido esenciales para que este trabajo se haya realizado con éxito. Gracias por guiarnos en cada paso, por su dedicación y por habernos impulsado a dar siempre lo mejor de nosotros mismos.

A la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por las enseñanzas y conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra formación universitaria.

Finalmente, sabemos que cada uno de estos logros no habría sido posible sin el apoyo y el acompañamiento de todas las personas que han estado a nuestro lado en este camino. A todas ellas, les estamos profundamente agradecidos.

Federico Rodrigo Alonso Ocampo Catacora

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD iii
DEDICATORIA iv
DEDICATORIA v
AGRADECIMIENTO vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE DE TABLAS vii
ÍNDICE DE FIGURAS x
RESUMEN xiii
ABSTRACT xiv
INTRODUCCION 1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION 3
1.1. Descripción del problema 3
1.2. Formulación del problema 6
1.2.1. Problema general 6
1.2.2. Problemas específicos 6
1.3. Justificación de la investigación 7
1.3.1. Justificación 7
1.4. Objetivos de la investigacion 8
1.4.1. Objetivo general 8
1.4.2. Objetivos específicos 8
1.5. Hipótesis 8
1.5.1. Hipótesis General 8
1.5.2. Hipótesis específicas 8
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 9
2.1. Antecedentes de la investigación 9
2.1.1. Antecedentes internacionales 9

2.1.2. Antecedentes nacionales 10
2.1.3. Antecedentes locales 11
2.2. Bases teóricas 13
2.2.1. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas 13
2.2.1.1. Nivel A. 13
2.2.1.2. Nivel B. 13
2.2.1.3. Nivel C. 14
2.2.1.4. Nivel D. 14
2.2.1.5. Nivel E. 14
2.2.1.6. Nivel F. 14
2.2.2. Clasificación por tipo de vehículo 14
2.2.2.1. Categoría L 15
2.2.2.2. Categoría M 15
2.2.2.3. Categoría N. 15
2.2.2.4. Categoría O 16
2.2.2.5. Categoría S 16
2.2.3. Tipos de transporte 16
2.2.3.1. Transporte público: 16
2.2.3.2. Transporte privado: 16
2.2.4. Metodología HCM 2010 para intersecciones semaforizadas 17
2.2.5. Ajuste de la demanda 18
2.2.6. Ajuste de la oferta 18
2.2.6.1. Determinación de la tasa de flujo de saturación. 18
2.2.6.2. Factor de ajuste por ancho del carril “fW”. 19
2.2.6.3. Factor de ajuste por vehículo pesado “fHV”. 19
2.2.6.4. Factor de ajuste por pendiente de acceso “fg”. 20
2.2.6.5. Factor de ajuste por estacionamiento “fp”. 20
2.2.6.6. Factor de ajuste por bloqueo de buses “fbb”. 20
2.2.6.7. Factor de ajuste por tipo de área “fa”. 21

2.2.6.8. Factor de ajuste por utilización de carril “fLu”. 21

2.2.6.9. Factor de ajuste por giros a la izquierda “fLT” 21

2.2.6.10. Factor de ajuste por giros a la derecha. 21

2.2.6.11. Factor de ajuste por peatones y bicicletas por giros a la izquierda “fLpb”. ... 22

2.2.6.12. Factor de ajuste por peatones y bicicletas por giros a la derecha “fRpb”. 22

2.2.7. Determinación de la capacidad “ci” y la relación volumen/capacidad “Xi” 22

2.2.7.1. Capacidad “ci”. 22

2.2.7.2. Relación v/c “xi”. 23

2.2.7.3. Grupo de carriles críticos y grado de saturación crítico “Xc”. 23

2.2.8. Medidas de efectividad 24

2.2.8.1. Determinación de las demoras. 24

2.2.8.2. Demora uniforme “d1”. 24

2.2.8.3. Factor de ajuste de demora uniforme por coordinación de semáforos “PF”. .. 24

2.2.8.4. Demora incremental “d2”. 25

2.2.8.5. Demora incremental “d3”. 26

2.2.8.6. Estimación de demoras agregadas (ponderadas). 28

2.2.8.7. Estimación del nivel de servicio. 28

2.3. Definición de Términos 29

2.3.1. Avenida 29

2.3.2. Intersecciones 29

2.3.3. Flujo vehicular 29

2.3.4. Tráfico 30

2.3.5. Velocidad 30

2.3.6. Densidad 30

2.3.7. Espaciamiento 30

2.3.8. Tiempo 30

2.3.9. Nivel de servicio 30

2.3.10. Hora punta 31

2.3.11. Carril 31

2.3.12. Demanda 31
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 32
3.1. Diseño de investigación 32
3.2. Acciones y actividades 32
3.3. Materiales y/o instrumentos 33
3.4. Población y/o muestra de estudio 34
3.4.1. Población 34
3.4.2. Muestra 34
3.6. Tipo de estudio 35
3.7. Nivel de investigación 35
3.8. Técnica de procesamiento y análisis de datos 35
CAPITULO IV. RESULTADOS 43
4.1. Descripción del Trabajo en Campo 43
4.2. Tramo calle Ancash con calle Lima 44
4.2.1. Descripción de la Intersección semaforizada 44
4.2.2. Datos de la Intersección Vial 44
4.2.3. Resultados de la Situación Actual de la intersección semaforizada 60
4.3. Tramo calle Ancash con Avenida Balta 66
4.3.1. Descripción de la intersección semaforizada 66
4.3.2. Datos de la intersección Vial 66
4.4. Propuestas de Solución para la intersección Vial calle Ancash con calle Lima 92
4.4.1. Propuestas de Solución 92
4.4.2. Aplicación de la Metodología HCM 2010 93
4.5. Propuestas de Solución para la intersección Vial calle Ancash con Avenida Balta 99
4.5.1. Propuestas de Solución 99
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN 109
CONCLUSIONES 111
RECOMENDACIONES 112

REFERERNCIAS BIBLIOGRAFICAS 113

ANEXOS..... 115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación Pelotón y tipo de llegada HCM 2010 17
Tabla 2. Factor de ajuste suplementario de secuencia 25
Tabla 3. Casos para cálculo de demora uniforme y por la cola inicial 27
Tabla 4. Criterio del nivel de servicio para intersecciones semaforizadas 29
Tabla 5. Formato de Aforo vehicular MTC 33
Tabla 6. Identificación y/o caracterización de las variables 34
Tabla 7. Calculo de intervalos del ciclo semafórico de la estación 1 y 2 49
Tabla 8. Aforo vehicular del día sábado 17 de agosto en los accesos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 50
Tabla 9. Aforo vehicular del día martes 20 de agosto en los accesos de la Intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 51
Tabla 10. Aforo vehicular del día jueves 22 de agosto en los accesos de la Intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima 52
Tabla 11. Resumen del aforo vehicular de la estación 1 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 54
Tabla 12. Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 1 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima..... 55
Tabla 13. Parámetros de entrada resumen de la estación 1 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 56
Tabla 14. Resumen del aforo vehicular de la estación 2 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 57
Tabla 15. Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 2 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima..... 58
Tabla 16. Parámetros de entrada resumen de la estación 2 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 59
Tabla 17. Ajustes de volúmenes de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima..... 60
Tabla 18. Tasa de flujo de saturación de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima..... 61
Tabla 19. Análisis y estimación de la capacidad de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 62
Tabla 20. Calculo por cola inicial y demora uniforme de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 63
Tabla 21. Cálculo de la demora Incremental y determinación del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 65

Tabla 22. Cálculo de Intervalos del ciclo semafórico de la estación 3,4 y 5. 72
Tabla 23. Aforo vehicular del día sábado 17 de agosto en los accesos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 73
Tabla 24. Aforo vehicular del día martes 20 de agosto en los accesos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 74
Tabla 25. Aforo vehicular del día jueves 22 de agosto en los accesos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 75
Tabla 26. Resumen del aforo vehicular de la estación 3 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 77
Tabla 27. Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 3 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta..... 78
Tabla 28. Parámetros de entrada resumen de la estación 3 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 79
Tabla 29. Resumen del aforo vehicular de la estación 4 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 80
Tabla 30. Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 4 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta..... 81
Tabla 31. Parámetros de entrada resumen de la estación 4 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 82
Tabla 32. Resumen del aforo vehicular de la estación 5 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 83
Tabla 33. Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 5 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta..... 83
Tabla 34. Parámetros de entrada resumen de la estación 5 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 85
Tabla 35. Ajustes de volúmenes de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta..... 86
Tabla 36. Tasa de flujo de saturación de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta..... 87
Tabla 37. Análisis y estimación de la capacidad de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta..... 88
Tabla 38. Calculo por cola inicial y demora uniforme de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 89
Tabla 39. Cálculo de la demora incremental y determinación del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 91
Tabla 40. Ajustes de volúmenes de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima..... 94

Tabla 41. Tasa de flujo de saturación de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 95
Tabla 42. Análisis y estimación de la capacidad de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 96
Tabla 43. Cálculo por cola inicial y demora uniforme de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 97
Tabla 44. Cálculo de la demora Incremental y determinación del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. 98
Tabla 45. Ajustes de volúmenes de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 103
Tabla 46. Tasa de flujo de saturación de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 104
Tabla 47. Análisis y estimación de la capacidad de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 105
Tabla 48. Cálculo por cola inicial y demora uniforme de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 106
Tabla 49. Cálculo de la demora incremental y determinación del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. 108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista satelital de las intersecciones de la calle Ancash tramo Av. Balta - calle Lima. 4
Figura 2. Congestión vehicular en la calle Ancash – Avenida Balta 5
Figura 3. Congestión vehicular en la calle Ancash – calle Lima 5
Figura 4. Registro de tiempos de semaforización en la calle Ancash – Av. 25 Balta. . 36
Figura 5. Toma de medidas de parámetros en la estación 1 de la calle Ancash con la calle Lima. 36
Figura 6. Toma de medida del ancho de carril en la estación 2 de la calle Ancash con la calle Lima. 37
Figura 7. Toma de medida del ancho de la vereda en la estación 2 de la calle Ancash con la calle Lima. 37
Figura 8. Toma de medida del ancho de la vereda en la estación 2 de la calle Ancash con la calle Lima. 38
Figura 9. Toma de medida del ancho de carril en la estación 3 de la calle Ancash con la avenida Balta. 38
Figura 10. Toma de medida del ancho del estacionamiento en la estación 3 de la calle Ancash con la avenida Balta. 39
Figura 11. Toma de medida del ancho de las áreas verdes en la estación 3 de la calle Ancash con la avenida Balta. 39
Figura 12. Toma de medida del ancho de vereda en la estación 3 de la calle Ancash con la avenida Balta. 40
Figura 13. Toma de medida del ancho de berma en la estación 4 de la calle Ancash con la avenida Balta. 40
Figura 14. Toma de medida del ancho de vereda en la estación 5 de la calle Ancash con la avenida Balta. 41
Figura 15. Toma de datos en la calle Ancash intersección calle Lima. 41
Figura 16. Toma de datos en la calle Ancash intersección avenida Balta. 42
Figura 17. Vista satelital de las intersecciones de la calle Ancash tramo Av. Balta - calle Lima. 43
Figura 18. Vista satelital de las intersecciones de la calle Ancash tramo calle Lima... 44
Figura 19. Accesos identificados en la intersección de la calle Ancash con calle Lima. 45
Figura 20. Sección vial del acceso 1 en la intersección semaforizada calle Áncash – calle Lima. 45

Figura 21. Sección vial del acceso 2 en la intersección semaforizada calle Áncash – calle Lima..... 46
Figura 22. Ubicación de estaciones de conteo en la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima 46
Figura 23. Esquema de carriles y giros en la intersección semaforizada tramo calle Áncash – calle Lima..... 47
Figura 24. Esquema de giros en la intersección semaforizada, estación 1..... 47
Figura 25. Esquema de giros en la intersección semaforizada, estación 2..... 48
Figura 26. Tiempos de semaforización de la intersección calle Ancash – calle Lima. 48
Figura 27. Diagrama de fases de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima..... 49
Figura 28. pendiente estación 1 de la intersección semaforizada calle Ancash – calle Lima, acceso 1..... 55
Figura 29. Pendiente estación 1 de la intersección semaforizada calle Ancash – calle Lima, acceso 2. 58
Figura 30. Vista satelital de las Intersecciones de la calle Ancash tramo Avenida Balta. 66
Figura 31. Accesos Identificados en la intersección de la calle Ancash con Avenida Balta. 67
Figura 32. Sección vial del acceso 1 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta..... 67
Figura 33. Sección vial del acceso 2 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta..... 68
Figura 34. Sección vial del acceso 3 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta..... 68
Figura 35. Ubicación de estaciones de conteo en la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta..... 69
Figura 36. Esquema de carriles y giros en la intersección semaforizada tramo calle Áncash – calle Lima..... 69
Figura 37. Esquema de giros en la intersección semaforizada, estación 3..... 70
Figura 38. Esquema de giros en la intersección semaforizada, estación 4 y estación 5. 71
Figura 39. Tiempos de semaforización de la intersección calle Ancash – Avenida Balta. 71
Figura 40. Diagrama de fases de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta..... 72

Figura 41. Pendiente estación 3 de la intersección semaforizada calle Ancash – Avenida Balta, acceso 1. 78
Figura 42. Pendiente estación 4 de la intersección semaforizada calle Ancash – Avenida Balta, acceso 2 81
Figura 43. Pendiente estación 5 de la intersección semaforizada calle Ancash – Avenida Balta, acceso 3. 84
Figura 44.Tiempos de semaforización propuestos de la intersección calle Ancash – calle Lima..... 93
Figura 45. Diagrama de fases propuestos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima..... 93
Figura 46. Tiempos de semaforización propuestos de la intersección calle Ancash – Avenida Balta..... 100
Figura 47. Diagrama de fases propuestos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta..... 101
Figura 48. Sección vial propuesta del acceso 1 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta. 101
Figura 49. Sección vial propuesta del acceso 2 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta..... 102
Figura 50. Sección vial propuesta del acceso 3 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta..... 102

RESUMEN

La investigación titulada “Optimización del Flujo Vehicular en el Nivel de Servicio de la calle Ancash en las Intersecciones calle Lima – Av. Balta, Moquegua 2024” tiene como objetivo principal analizar la influencia de la optimización del flujo vehicular en el nivel de servicio, determinando si los ciclos de semaforización impactan en la optimización y proponiendo medidas para evitar embotellamientos. Las intersecciones estudiadas, ubicadas en el centro de Moquegua, son puntos clave de conexión que generan congestión debido al alto volumen de vehículos, superando la capacidad de las vías. El estudio, de tipo fundamental y enfoque cuantitativo, emplea herramientas estadísticas y matemáticas basadas en el manual de Capacidad de Carreteras y la metodología HCM 2010 para evaluar el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas. La investigación se clasifica como correlacional-explicativa, buscando comprender la relación entre el nivel de servicio y la optimización del flujo vehicular. Se realizaron propuestas para reducir el embotellamiento, tales como ajustar los tiempos de semaforización, restringir estacionamientos e incrementar el número de carriles. Como resultado, se obtuvo una mejora significativa: en la Intersección semaforizada N°01, el nivel de servicio pasó de C a B, y en la Intersección N°02, de F a D, lo que reflejó una reducción en los tiempos de espera y una mejora notable en la fluidez del tránsito.

Palabras claves: Nivel de Servicio; Optimización del Flujo Vehicular; embotellamiento de vehículos; ciclos de semaforización; corte transversal.

ABSTRACT

The main objective of the research entitled “Optimization of Vehicular Flow in the Service Level of Ancash Street at the Intersections Calle Lima – Av. Balta, Moquegua 2024” is to analyze the influence of vehicular flow optimization on the service level, determining whether traffic light cycles impact optimization and proposing measures to avoid traffic jams. The intersections studied, located in the center of Moquegua, are key connection points that generate congestion due to the high volume of vehicles, exceeding the capacity of the roads. The study, of a fundamental type and quantitative approach, uses statistical and mathematical tools based on the Road Capacity manual and the HCM 2010 methodology to evaluate the service level of traffic light intersections. The research is classified as correlational-explanatory, seeking to understand the relationship between the service level and the optimization of vehicular flow. Proposals were made to reduce the congestion, such as adjusting traffic light times, restricting parking and increasing the number of lanes. As a result, a significant improvement was achieved: at Signalized Intersection No. 01, the service level went from C to B, and at Intersection No. 02, from F to D, which reflected a reduction in waiting times and a noticeable improvement in traffic flow.

Keywords: Service Level; Vehicular Flow Optimization; vehicle traffic jams; traffic light cycles; cross section.

INTRODUCCIÓN

Debido al incremento notable en la demanda de vehículos durante los últimos años, a causa del crecimiento económico del país, ha generado inconvenientes significativos en el desplazamiento por las calles en diversos Departamentos a nivel nacional. Moquegua no es ajeno a este problema, donde se evidencia el congestionamiento de tráfico y embotellamientos de vehículos en la ciudad que se ha vuelto una rutina para los residentes. En la actualidad la calle Ancash y la Avenida Balta son los principales conectores del centro de la ciudad cuya demanda inicialmente planteada para su diseño rebase las expectativas de esta misma, evidenciándose en el nivel de Servicio, la congestión vehicular y a causa de estas mismas, el desgaste de la superficie de rodadura. Es por ello que se busca optimizar el flujo vehicular en el Nivel de Servicio mediante la aplicación de la Metodología HCM 2010.

La presente investigación se estructuró en cinco capítulos.

En el capítulo I, describe la problemática que presenta actualmente la zona en estudio, así mismo la formulación del problema general y los problemas específicos, con el fin de obtener mejoras plasmadas en el Objetivo General y Objetivos Específicos, en base a los problemas existentes es que se basó la justificación de la investigación y posteriormente se realizaron las Hipótesis.

En el capítulo II, se describe los antecedentes de investigación Internacionales, Nacionales y Locales, así como el desarrollo y la descripción del Marco Teórico el cual detalla la teoría para la aplicación de la Metodología HCM 2010, las bases teóricas y la definición de términos relacionadas directamente con la problemática de la investigación

En el capítulo III, se definieron los elementos metodológicos que forman parte de la investigación de acuerdo al tipo de estudio, al diseño y nivel de investigación; donde se detallan las actividades y acciones realizadas, así como los materiales e Instrumentos utilizados y las técnicas de procesamiento de datos para la obtención de Resultados mediante la recolección de datos en campo de los parámetros geométricos, de tránsito y semafóricos.

En el capítulo IV se desarrollaron los resultados de los datos obtenidos en campo, en base al aforo vehicular de los tres días seleccionados, sábado, martes y jueves, lo que permitió conocer el volumen real de vehículos y sus 15 minutos mas desfavorables, permitiendo hallar el Nivel de Servicio y mediante propuestas optimizar el flujo vehicular evitando colas iniciales elevadas y embotellamiento de vehículos para cada Intersección semaforizada mediante la aplicación del análisis operacional HCM 2010.

En el capítulo V se desarrolla la discusión de la investigación en base a los resultados actuales y propuestos, y la relación directa con la hipótesis general y especifica planteadas inicialmente.

Finalmente se formularon las conclusiones y recomendaciones, y los anexos adjuntos recolectados a lo largo de la investigación.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

El incremento notable en la demanda de vehículos durante la última década, impulsado por el crecimiento económico del país, ha generado inconvenientes significativos para los ciudadanos al desplazarse por los diversos departamentos a nivel nacional. Este problema no pasa desapercibido en el departamento de Moquegua, donde los congestionamientos de tráfico y embotellamiento de vehículos se han vuelto una rutina para los residentes.

En la actualidad la calle Ancash y la Avenida Balta son los principales conectores en el centro del departamento de Moquegua para sectores de educación, salud, comercio, oficinas de administración pública, centros comerciales, centros deportivos, Plaza de Armas de Moquegua etc.; los factores antes mencionados, han hecho y vienen generando que la demanda inicialmente planteada para su diseño rebase las expectativas de esta misma, evidenciándose esto en el nivel de servicio, tráfico vehicular, así como en la superficie de rodadura de la avenida en estudio y las veredas peatonales.

Moquegua se encuentra en la ladera de una cadena de cerros, lo que provoca una pronunciada pendiente en las carreteras en dirección Oeste a Este, que se dividen en 03 zonas. Ubicándose nuestra zona de estudio en la zona baja, la cual es la más cercana al río Moquegua y tiene una inclinación moderada (pendiente baja).

La calle Ancash consta de una sola vía con un ancho de vía total de 11,85m, una calzada de 3,70m, un estacionamiento de 3,75 m; un área verde de 1,60m.

La concentración de un gran número de vehículos de la calle Ancash se ubica en las intersecciones semaforizadas entre la Avenida Balta y la calle Lima debido a sus parámetros geométricos.

La Avenida Balta (figura 1) consta de doble vía con un ancho de vía total de 19,65 m, una calzada de 6,40 m con doble carril de circulación de 3,20 m cada uno y un arcén de 0,20m y 0,15m en el mismo sentido de tráfico; una mediana de 1,75 m y en dirección opuesta una calzada de 6,40 m con doble carril de circulación de 3,20 m y un arcén de 0,15m y 0,20 m. La segunda intersección en estudio ubicada en la calle Lima consta de un solo carril de 3,35 m.

Figura 1

Vista satelital de las intersecciones de la calle Ancash tramo Av. Balta - calle Lima

Nota. Fuente Google Earth

La infraestructura vial de la calle Ancash con intersecciones en la Avenida Balta y calle Lima, con un alto flujo vehicular, muestra diferencias en cuanto al diseño, la semaforización vertical y semaforización horizontal; así como deficiencias en las señalizaciones de tránsito, entre otros aspectos.

La zona bajo estudio comprende un área escolar con una alta demanda de tráfico debido al mercado central propensos en diferentes ocasiones a sufrir accidentes de tránsito (figura 2 y 3). En su estado actual, ciertos tramos de la calle Ancash, Interceptado por la Avenida Balta y calle Lima presentan una superficie asfáltica deteriorada que impide una circulación fluida, causando molestias y congestionamiento a los usuarios de esta vía crucial.

La comprensión del flujo de vehículos en las intersecciones de la Avenida Balta y la calle Lima es fundamental para evaluar el grado de ocupación y las condiciones en la que opera. Un análisis de su comportamiento puede revelar tendencias de crecimiento y anticipar cuando dejara de ofrecer un servicio adecuado. Esta vía, con una alta demanda vehicular, esta propensa a sufrir fallas de fatiga en la carpeta asfáltica debido al elevado número de repeticiones del eje estándar para el cual fue diseñada.

La congestión se considera un problema crítico, y para mantenerlo bajo control y garantizar niveles de servicio aceptables, es necesario planificar mejoras de infraestructura vial, la gestión del tráfico y comportamiento de conducción. Así, el mantenimiento y, en algunos casos, la ampliación de las vías son medidas con potencial

beneficio, siempre y cuando estén acompañadas de otras que eviten su deterioro prematuro.

Figura 2

Congestión vehicular en la calle Ancash – Avenida Balta

Figura 3

Congestión vehicular en la calle Ancash – calle Lima

Se pueden esperar resultados más efectivos mediante intervenciones progresivas y simultaneas en diferentes componentes del sistema de transporte, como la conservación y demarcación adecuada de las calles, la mejora de hábitos de conducción, la coordinación de tiempos semafóricos, la distribución eficaz del transporte público y la consideración de los altos volúmenes de tráfico asociados al crecimiento de la población.

Es crucial tener en cuenta que una medida puede impactar en otros aspectos del flujo vehicular, por lo que se debe anticipar posibles efectos negativos. En resumen, para aumentar la capacidad, es esencial implementar medidas viables mediante mejoras en la gestión y la productividad de la infraestructura existente.

Este panorama ha derivado en un aumento del tráfico vehicular, causando problemas como tiempos de viaje excesivos por diseño de semáforo descoordinado, consumo elevado de combustible, ruidos molestos para la población y un diseño descoordinado de semáforos que no tiene en cuenta el constante tráfico peatonal en la calle Ancash.

Es por ello que en el presente trabajo de investigación se analizó la calle Ancash en las Intersecciones de la Avenida Balta y calle Lima que representa un denso flujo vehicular; con la finalidad de brindar alternativas y soluciones a este problema en ascenso y así evitar accidentes, demoras congestiones vehiculares; evitando niveles de servicio críticos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la optimización del flujo de vehículos en el nivel de servicio en la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024?

1.2.2. Problemas específicos

a. ¿Cuál es el aforo actual de vehículos en el tránsito de la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024?

b. ¿Cuáles son los tiempos del ciclo de semaforización que influyen en el nivel de servicio para la optimización del flujo vehicular de la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la valle Lima, Moquegua 2024?

c. ¿Cuáles son las propuestas de mejora de nivel de servicio para optimizar el flujo vehicular en la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación

El presente proyecto de investigación busca aportar una alternativa de solución con el fin de optimizar el flujo vehicular en la calle Ancash tramo Av. Balta – calle Lima en el Departamento de Moquegua.

En la actualidad ambas intersecciones tienen un mayor flujo de transitabilidad de vehículos menores y peatones, representando una demanda vehicular alta, así como un elevado nivel de servicio ocasionando demoras, congestionamiento, retrasos e inconvenientes.

Teniendo como objetivo mejorar los tiempos de semaforización y acortar el tiempo de viaje de los conductores, dando la facilidad de acceder en menor tiempo a sus lugares de desplazamiento; optimizando las zonas de mayor concentración, evitando estrés, aminorando accidentes vehiculares y reduciendo el consumo del combustible. Con esta propuesta se busca un adecuado flujo vehicular y peatonal para que en un futuro el presente estudio sea considerado por las autoridades de la ciudad de Moquegua para tomar decisiones sobre la ingeniería de tráfico y el plan de transporte urbano. De esta manera, se podrá abordar exitosamente los problemas de tráfico utilizando la presente investigación como antecedente.

Se optó por el enfoque metodológico del Manual de Capacidad por el autor Cubas (2020) que menciona sobre el nivel de servicio de la presente Zona de estudio, permitiendo plantear una mejora vial; puesto que la ciudad de Moquegua carece de trabajos de investigación en estudios viales respecto al tema en mención.

Las condiciones actuales existentes causadas por la excesiva operación vehicular se buscará aminorar la contaminación y un flujo fluido y eficiente con menos desgaste de vehículos y combustible.

Logrando aminorar el congestionamiento vehicular en un sector crítico de la ciudad de Moquegua, arribando a nuestros destinos de una manera óptima, rápida y segura.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la optimización del flujo de vehículos en el nivel de servicio en la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

a. Determinar el aforo actual de vehículos en el tránsito de la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024

b. Determinar los ciclos de semaforización que influyen en el Nivel de Servicio para la optimización del flujo vehicular de la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024

c. Formular propuestas de mejora del nivel de servicio para optimizar el flujo vehicular en la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La optimización vehicular tiene una influencia positiva en el nivel de servicio en la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024.

1.5.2. Hipótesis específicas

a. El aforo actual de vehículos en el tránsito de la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024, indica saturación y congestionamiento vehicular

b. Los ciclos de semaforización influyen en el nivel de servicio para la optimización del flujo vehicular en la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024

c. Mediante propuestas de nivel de servicio se optimiza el flujo vehicular en la calle Ancash en la intersección de la avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Verdezoto (2020) de acuerdo a su investigación titulada “Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil – Ecuador”, el objetivo principal es explorar opciones para mejorar la calidad del servicio en una vía principal de la ciudad. Para este fin, se llevaron a cabo conteos manuales y clasificaciones de vehículos durante una semana, junto con la evaluación de los tiempos semafóricos. Se llegan a identificar como principales causas del congestionamiento la distribución ineficiente de los tiempos en el ciclo semafórico y las obstrucciones ocasionadas por los autobuses de la Metro vía durante las operaciones de recogida y entrega; en conclusión, se recomienda actualizar y ajustar el sistema semafórico existente, abrir una vía adicional para mejorar el flujo de salida, y establecer medidas efectivas para mitigar las obstrucciones causadas por los vehículos de la Metro vía. Estas intervenciones están diseñadas para optimizar la movilidad en la vía principal estudiada, reduciendo así la congestión vehicular y mejorando la experiencia de transporte para los usuarios en Guayaquil.

De acuerdo a Carrillo y Montoya (2022) en el proyecto de investigación “Análisis Técnico de la Capacidad Vial y Nivel de Servicio de la intersección, Glorieta Barrio Porfía, ubicada en el corredor que conduce de Villavicencio al Municipio de Acacías – Meta’’. El objetivo principal de este proyecto de investigación fue demostrar que la estructura vial de Colombia no es adecuada debido a varias razones. Una de ellas es que las condiciones estructurales y topográficas del país no son ideales, ya que cuenta con tres cadenas montañosas que dificultan la conectividad. La falta de una planificación, organización y ejecución adecuadas de los proyectos viales es otro problema que se planteó. Según Carrillo (2022) menciona en su publicación que, convirtiéndose en un reto para el diseño de movilidad vial adecuadamente, como consecuencia El rápido crecimiento demográfico dificulta el diseño adecuado de la movilidad vial. Por lo tanto, es necesario un mayor desarrollo urbano, especialmente en las vías. Si las vías no se desarrollan proporcionalmente, esto provoca interrupciones en el tráfico, un aumento en el índice de accidentabilidad y conflictos sociales que afectan el desarrollo comunitario y la cohesión social. La administración local llevó a cabo investigaciones sobre el diseño de vías en Villavicencio, proponiendo soluciones

como semáforos, glorietas o rotondas, intersecciones en forma de "T" y "Y", pasos a desnivel y puentes para el tránsito.

Tal como refiere Chicaiza et al. (2021), de acuerdo a su investigación titulada “Determinación del nivel de servicio de la Av. Mariscal Sucre, tramo I, comprendido entre la Inter tramo con la Av. Universitaria hasta el redondel del Condado (Av. De la Prensa) y propuestas técnicas para mejorarlo", realizado bajo la modalidad de Estudio Técnico para la obtención del título de Ingeniero Civil en Ecuador, se centra en identificar las causas principales de la congestión vehicular en esta área en particular. El estudio incluye un análisis detallado del tráfico actual y proyectado, haciendo uso de la metodología de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras. El análisis determinó que la Avenida Mariscal Sucre tiene actualmente un nivel de servicio C, con una capacidad de 1617 vehículos por hora por carril, lo que indica problemas significativos durante las horas pico. Como solución propuesta, se recomienda la rehabilitación de la señalización tanto horizontal como vertical, así como la reubicación estratégica de las paradas de autobús. Estas medidas están diseñadas para mejorar la fluidez del tráfico y reducir los tiempos de viaje, contribuyendo así a una movilidad más eficiente y segura en la zona estudiada.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Rodrigo y Rivas (2019) en el proyecto de investigación “Análisis de la Capacidad, Congestión y Flujo Vehicular para la Optimización del Nivel de Servicio del Ovalo Pachacútec de la ciudad del Cusco”. El objetivo de esta investigación fue evaluar los flujos de vehículos, las características geométricas, la capacidad y el congestionamiento de las aproximaciones al "Óvalo Pachacútec" de la ciudad de Cusco para evaluar los niveles de servicio que ofrecen. Para el análisis de los flujos, se tomaron aforos vehiculares de todas las aproximaciones al "Óvalo Pachacútec" y se utilizaron los resultados para simular varios escenarios para optimizar los niveles de servicios. Estos escenarios incluyen cambios en el sentido de las aproximaciones, mejoras en la geometría y optimización de los ciclos semafóricos del "Óvalo Pachacútec" y pasos a desnivel. Por último, menciona los investigadores Pulido y Gómez (2018) sobre la cantidad de vehículos que se requieren supera la capacidad de aproximación del "Óvalo Pachacútec", por lo que se sugiere la implementación de medidas para mejorar los niveles de servicio del ovalo.

De acuerdo Huamán (2021) en el proyecto de investigación “Optimización del flujo vehicular con modelo Synchro para el ordenamiento del transporte diario en la Ciudad de Quillabamba – Cusco – 2022”. El presente estudio se enfocó en técnicas

para evaluar el tránsito diario en las áreas más importantes de la ciudad de Quillabamba, como las zonas comerciales principales, los hospitales y otras relevantes. Se estimaron las tasas de flujo de saturación, las demoras por tiempos de semaforización y las extensiones de cola máximas, todas ellas medidas in situ. De esta manera, la aplicación Synchro colaboró para proporcionar resultados más realistas basados en la información en el campo, obteniendo valores iguales a los reales mismos, lo cual es fundamental para los objetivos del trabajo actual. El propósito de la investigación fue evaluar la optimización del flujo de vehículos para lograr el ordenamiento del transporte diario en la ciudad de Quillabamba. El objetivo es controlar, regular y modificar la situación actual del transporte en la ciudad de Quillabamba, que presenta anomalías que impiden el funcionamiento normal de los flujos y afectan varios aspectos de la ciudad.

Tal como refiere Nureña Diaz (2019), en su proyecto de investigación "Evaluación y propuestas para mitigar la congestión vehicular en la avenida Sáenz Peña, Distrito de Chiclayo 2019" desarrollada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo – Perú tiene como finalidad evaluar el flujo vehicular y la geometría de las vías, para así poder determinar el motivo principal por el cual existe mayor congestión vehicular y así obtener la mejor alternativa de solución para disminuir el problema que se describe en el presente trabajo de investigación. Las soluciones propuestas en la investigación, pretenden que varias de estas trabajen de manera simultánea: Anular los giros a la izquierda siempre en compañía de la vigilancia del cumplimiento de la restricción mencionada, a su vez la reducción en su totalidad o de manera parcial la informalidad, lo que no tiene sentido a la hora de tomar una decisión si todavía hay intersecciones que no existen semáforos que regulen el flujo de vehículos. Del mismo modo, la introducción del transporte masivo tiene como objetivo reducir la cantidad de automóviles, combinado con el ciclo correcto de los semáforos para garantizar el tráfico ordenado en las intersecciones y no hay conflicto.

2.1.3. Antecedentes locales

De acuerdo a Altamirano e Inquilla (2023), en el proyecto de investigación "Análisis de Flujo Vehicular para mejorar el nivel de servicio entre la Av. Augusto B. Leguía y la Av. Patricio Meléndez, Distrito de Tacna – 2022". Según menciona Meza y Páliza (2023) menciona que el estudio encontró que actualmente hay una gran cantidad de congestión de vehículos, que incluye vehículos pesados y livianos. Por lo tanto, se propuso un diseño para mejorarlo utilizando la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). Para utilizar la metodología HCM 2010, Según menciona Meza y Páliza (2023) se utilizaron datos en campo para encontrar el aforo de vehículos,

las fases semafóricas y la medición de la sección vial. Al encontrar el nivel de servicio actual, se obtuvo un nivel de servicio F, lo que indica que la intersección está en un nivel deficiente. En conclusión, se propuso un cambio de diseño en la Av. Patricio Meléndez, aumentando el número de carriles de dos a tres y modificando la fase semafórica para ambas avenidas, que se detallará más adelante. Esta propuesta de diseño permitiría alcanzar un nivel de servicio C, el cual es adecuado.

Según Neyra y Cutipa (2023), en el trabajo de investigación “Determinación del nivel de servicio y propuesta de mejora vial en la Av. Gustavo Pinto tramo: Av. coronel Mendoza – Av. Augusto B Leguía Tacna, 2022” trata sobre el estudio de dos intersecciones semaforizadas en la ciudad de Tacna, estas se encuentran ubicadas en la avenida Gustavo Pinto, tramo avenido coronel Mendoza hasta avenida Augusto B Leguía. A consecuencia de que el tramo en estudio de esta investigación presenta una gran cantidad de flujo vehicular y por ende esto ocasiona un congestionamiento vehicular durante el día, debido a eso es que se ve la necesidad de realizar un estudio de tráfico teniendo en cuenta condiciones actuales que se presenta, y así presentar una solución en mencionadas avenidas en la ciudad de Tacna. Esta investigación se realizó a través de recolección de datos en campo, y de esta manera podamos consolidar toda la información recolectada, por último, se aplicó la metodología usada en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010), en el cual los resultados que se obtuvieron dieron un nivel de servicio deficiente en las intersecciones que se iban a estudiar. Finalmente se propone la alternativa de solución, en donde se optimiza las fases de semaforización, la correcta distribución de carriles, giros permitidos, alcanzando así una mejoría en el nivel de servicio de cada una de las intersecciones intervenida.

Tal como refiere Morales y Pacovilca (2023), en el trabajo de investigación “ Estimación de nivel de servicio para optimizar flujos vehiculares en la intersección de la Av. Francisco Bolognesi con Av. Guillermo Billinghurst - Tacna, 2023.” La investigación consiste en la estimación de los niveles de servicio actual de cada uno de los cinco accesos que pertenecen al cruce de la Av. Francisco Bolognesi con Av. Guillermo Billinghurst y se encuentran distribuidos en dos intersecciones viales semaforizadas, con el objetivo de optimizar flujos vehiculares en la intersección. El diseño de la investigación es experimental y fue elaborada tomando en cuenta las siguientes acciones y actividades como el Aforo vehicular, Verificación de la sección vial, Medición de los parámetros de entrada, Aplicación de la metodología HCM 2010 (Highway Capacity Manual) y Análisis de resultados para optimizar flujos vehiculares. Se utilizaron los siguientes materiales e instrumentos, Formato oficial de aforo del MTC, Cronómetro, Software Google Earth, Cinta métrica de metal de 10 y 50 m. La población se constituye por la cantidad de vehículos que circulan atravesando las intersecciones de la Av.

Francisco Bolognesi con Av. Guillermo Billinghurst y la muestra a analizar, por la cantidad de vehículos que circulan atravesando las intersecciones analizadas en los 15 minutos más desfavorables. Los datos de parámetros de entrada fueron tomados en campo y fueron procesados de acuerdo con lo establecido en la metodología HCM 2010. Finalmente se puede observar un escenario de mejora que propone cambiar el ciclo semafórico, redistribuir el flujo vehicular y modificar la sección vial de la avenida Guillermo Billinghurst. Los resultados obtenidos alteran de manera considerable la fluidez del tránsito actual en los accesos de intervención, llevando a la intersección 01 desde un nivel de servicio E hasta un nivel de servicio optimizado C, y en el caso de la intersección 02, desde un nivel de servicio F hasta un nivel de servicio optimizado B, lo que se traduce en una reducción de la congestión vehicular en la intersección de la Avenida Francisco Bolognesi y la Avenida Guillermo Billinghurst.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

El rango de volúmenes que son más pequeños que el volumen de servicio está cubierto por los niveles de servicio, lo que le permite ejecutarse más rápido que el mínimo requerido para cada nivel. Se ha alcanzado el nivel especificado cuando se reduce el volumen y la velocidad de operación al rango especificado para el nivel anterior; por el contrario, si se aumenta el volumen y se reduce la velocidad, se cumplen las condiciones establecidas para el nivel inferior. Vicente y Zegarra (2022)

El nivel de servicio se expresa específicamente en términos de la demora media por cada vehículo por las detenciones que ocurren durante un período de análisis de 15 minutos, que se considera período de máxima demanda. Las intersecciones semaforizadas tienen los siguientes niveles de servicio.

2.2.1.1. Nivel A

Incluye las condiciones de flujo libre de vehículos. Las interrupciones de circulación menores son fácilmente amortiguadas sin cambiar la velocidad de circulación u operación con demoras de 10 segundos o menos por vehículo.

2.2.1.2. Nivel B

Indica que tiene buenas condiciones de libre circulación, pero la presencia de otros vehículos a menor velocidad puede afectar a los que se desplazan a mayor velocidad. Aunque las velocidades promedio de viaje son las mismas que en el nivel A, los

conductores tienen menos libertad de maniobra. Operación con demoras de 10 a 20 segundos por vehículo.

2.2.1.3. Nivel C

La presencia de una gran cantidad de vehículos limita la capacidad de maniobra y la posibilidad de adelantar otro vehículo. Las interrupciones menores pueden dañar el nivel de servicio local y provocar colas de vehículos en caso de una interrupción significativa del tráfico. Cada vehículo tiene una demora de 20 a 35 segundos en la operación.

2.2.1.4. Nivel D

Los congestionamientos de tráfico limitan la maniobrabilidad, lo que puede resultar en detención. Debido al creciente número de vehículos congestionados, la velocidad de tráfico está disminuyendo. Esto crea colas que hacen imposible adelantar a otros vehículos. El tiempo de espera es de 35 a 55 segundos por vehículo.

2.2.1.5. Nivel E

Cuando los vehículos están operados en este nivel, hay poco espacio entre ellos, lo que los mantiene a una velocidad constante. La velocidad de flujo libre en carreteras con varios carriles oscilará entre 70 y 100 km/h, lo que resulta en velocidades menores impredecibles y variadas. La demora es de 55 a 80 segundos por vehículo.

2.2.1.6. Nivel F

En este nivel, el flujo de vehículos es extremadamente congestionado y forzado debido a que la intensidad del flujo supera por mucho la capacidad máxima de la carretera. En estas circunstancias, las colas aparecen y experimentan esos períodos breves de movimiento y se detienen de inmediato. El nivel F es responsable de describir el punto de colapso y las condiciones en las que los vehículos operan dentro de la cola existente. operación con retrasos de más de 80 segundos por vehículo.

2.2.2. Clasificación por tipo de vehículo

Vicente y Zegarra (2022) nos indican que: Según el Reglamento Nacional de vehículos, la participación por porcentaje de cada categoría de vehículo en el Índice Medio Diario Anual es la siguiente:

2.2.2.1. Categoría L

L1: vehículos con dos ruedas, que no superen los 50 cm^3 y una velocidad máxima de 50 km/h.
L2: vehículos con tres ruedas, que no superen los 50 cm^3 y una velocidad máxima de 50 km/h.
L3: vehículos con dos ruedas, que superen los 50 cm^3 o una velocidad mayor de 50 km/h.
L4: vehículos con tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, que superen los 50 cm3 o una velocidad mayor de 50 km/h.
L5: vehículos con tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, que superen los 50 cm3 o una velocidad mayor de 50 km/h y que su peso bruto vehicular no supere una tonelada.

2.2.2.2. Categoría M

Vehículos con cuatro ruedas o más, los cuales fueron diseñados para transportar pasajeros.
M1: vehículos con ocho asientos o menos, y no está incluido el asiento del conductor.
M2: El asiento del conductor no está incluido en los vehículos que tienen más de ocho asientos y tienen un peso bruto de cinco toneladas o menos.
M3: El asiento del conductor no está incluido en los vehículos con un peso superior a cinco toneladas y que tienen más de ocho asientos. Dependiendo de la disposición de pasajeros, los vehículos de las categorías M2 y M3 se clasifican de la siguiente manera:
Clase I, son los vehículos que son construidos con espacios para pasajeros que pueda permitir un transporte en pie y también que les permita el desplazamiento frecuente.
Clase II, son los vehículos que son construidos priorizando el transporte de pasajeros sentados y con pasadizos y/o áreas para pasajeros que pueda permitir un transporte en que no supere o limite el espacio provisto para los dos asientos dobles que estos tienen.
Clase III, son los vehículos que son construidos exclusivamente el transporte de pasajeros sentados.

2.2.2.3. Categoría N

Vehículos con cuatro ruedas o más que fueron diseñados para transportar mercancías.
N1: vehículos que cuentan con un peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.
N2: vehículos que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 12 toneladas.
N3: vehículos que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 12 toneladas.

2.2.2.4. Categoría O

Remolques, en esta categoría también se incluye semirremolques.

O1: Remolques que cuentan con un peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.

O2: Remolques que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 0,75 toneladas y alcanzan hasta las 3,5 toneladas.

O3: Remolques que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 3,5 toneladas y alcanzan hasta las 10 toneladas.

O4: Remolques que cuentan con un peso bruto vehicular superior a 10 toneladas.

2.2.2.5. Categoría S

Además de las categorías de vehículos (M, N u O), si se requiere el uso de carrocerías y/o equipos especiales para transportar pasajeros o mercancías, se clasifican en:

SA: Casas rodantes.

SB: vehículos blindados para el transporte de valores.

SC: Ambulancias.

SD: vehículos funerarios.

2.2.3. Tipos de transporte

2.2.3.1. Transporte público

Debido a que los autobuses, trenes y metros son formas comunes de transporte donde pueden desplazarse varias personas, se consideran transporte público. Cada medio de transporte tiene su propio cronograma y ruta. La ventaja del transporte público es el precio, ya que es relativamente más económico y todos pagan la misma tarifa. Tanto buenos como malos, el transporte público tiene desventajas, como que en horas punta suele estar muy lleno, los conductores no te esperan si llegas tarde y no se detienen cuando suelen estar muy llenos. (Vicente y Zegarra, 2022)

2.2.3.2. Transporte privado

(Vicente y Zegarra, 2022) Nos indica que en general, se refiere al tipo de transporte en el que el vehículo no está disponible para ser compartido con otras personas o para el público en general. Es únicamente para el conductor y/o acompañante. Las siguientes son algunas de las ventajas de usar el transporte privado:

Ahorra tiempo porque eres el único que puede usarlo. No hay retrasos para recoger y dejar pasajeros. Además, tienes un destino específico y selecciona la ruta más corta para llegar a él en el menor tiempo posible.

Los conductores deben pasar pruebas específicas, tener una licencia válida y tener vehículos que cumplan con estándares estrictos.

Cómodos, con espacios más amplios para el usuario, generalmente están mejor cuidados, limpios y los asientos son más espaciosos.

El conductor brinda un servicio personalizado, te ayudará con equipaje y te prestará la mayor atención para garantizar que tu viaje sea una experiencia agradable.

2.2.4. Metodología HCM 2010 para intersecciones semaforizadas

Los siguientes son los pasos necesarios para determinar el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas, según HCM 2010:

2.2.4.1. Análisis operacional

El análisis operativo de HCM consiste en estimar medidas de eficiencia para todo el sistema, que se generan primero para componentes individuales y luego se agregan (ponderan).

2.2.4.2. Datos de entrada

Las condiciones geométricas abarcan toda la configuración física de la intersección. Incluye la cantidad y el ancho de los carriles, los estacionamientos, los movimientos por carril, el porcentaje de pendiente de la avenida, etc.

Condiciones de tránsito, consiste en recopilar datos sobre los volúmenes de tránsito para cada movimiento en la intersección. De acuerdo con el HCM, el tipo de llegada debe observarse en campo porque se considera lo óptimo. Como resultado, podemos vincularlo con el rango de proporción del pelotón (Rp) a través de la siguiente tabal y ecuación.

Tabla 1

Relación Pelotón y tipo de llegada HCM 2010

Tipo de Legada (AT)	Rango de proporción de pelotón (Rp)	Valor por Defecto (Rp)	Calidad de Progresión
1	≤ 0,50	0,333	Muy Pobre
2	> 0,50 – 0,85	0,667	Desfavorable
3	> 0,85 – 1,15	1	Llegadas Aleatorias
4	> 1,15 – 1,50	1,333	Favorable
5	> 1,50 – 2,00	1,667	Muy Favorable
6	> 2,00	2	Excepcional

$$Rp = \frac{P}{\left(\frac{g_i}{C}\right)} \quad (1)$$

Donde:

Rp = Relación de pelotón

P = Proporción de todos los vehículos que llegan durante la fase de verde (P ≤ 1)

C = Longitud del ciclo (s)

gi = Tiempo de verde efectivo del movimiento o grupo de carriles (s)

Las condiciones de semaforización incluyen Información completa de la configuración semafórica de la intersección. Incluye longitud del ciclo, tiempo en verde, plan de fases, periodo de análisis, etc.

2.2.5. Ajuste de la demanda

2.2.5.1. Grupo de carriles

Según la metodología HCM 2010, el acceso a una intersección se considera individualmente, así como los grupos de carriles. La parte geométrica de la intersección y la distribución de movimientos se toman en cuenta en la segmentación.

2.2.5.2. Determinación de la tasa de flujo

Dado que es muy improbable que todos los movimientos alcancen su volumen pico en el mismo momento, se recomienda primero seleccionar el periodo crítico de análisis de flujo de cada 15 minutos para determinar la tasa de flujo vehicular durante los 15 minutos pico.

$$vp = V/(FHP) \quad (2)$$

Donde:

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

V = Volumen horario (veh/h)

FHP = Factor de hora pico

2.2.6. Ajuste de la oferta

2.2.6.1. Determinación de la tasa de flujo de saturación

El flujo de saturación ideal por carril (so), que la metodología proporciona como variable de entrada (1750 veh/h/carril), se necesitará para determinar la tasa de flujo de saturación, según HCM 2010. La tasa de flujo muestra un "ajuste" porque muestra la aplicación de varios factores para ajustar la velocidad de flujo de saturación.

$$s = so * N * fW * fHV * fg * fp * fbb * fa * fLU * fLT * fRT * fLp * fRpb \quad (3)$$

Donde:

s = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/h – verde)

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

N = Número de carriles del grupo de carriles

fW = Factor de ajuste por ancho de carriles

fHV = Factor de ajuste por vehículos pesados

fg = Factor de ajuste por pendiente del acceso

fp = Factor de ajuste por estacionamiento adyacentes al grupo de carriles

fbb = Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran cerca de la intersección

fa = Factor de ajuste por tipo de área

fLU = Factor de ajuste por utilización de carriles

fLT = Factor de ajuste por giros a la izquierda

fRT = Factor de ajuste por giros a la derecha

fLpb = Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la izquierda

fRpb = Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha

2.2.6.2. Factor de ajuste por ancho del carril "fW"

El factor de ajuste por ancho de carril tiene en cuenta los efectos perjudiciales que los carriles muy ajustados pueden tener en la tasa del flujo de saturación ideal por carril (So), aunque también puede aumentar la tasa cuando hay carriles más anchos. El ancho de carril recomendado por HCM 2010 es de 3,6 m, y si supera los 4,8 m, se considerarán dos carriles de análisis.

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

Donde:

W = Ancho de carril (m)

2.2.6.3. Factor de ajuste por vehículo pesado "fHV"

Este factor incluye las diferencias operativas entre los vehículos pesados y los vehículos livianos. Para el proyecto actual, se calculó que cada vehículo pesado equivale a 2,0 vehículos livianos (ET).

$$fhv = \frac{100}{100 + \%HV(Et - 1)} \quad (5)$$

Donde =

%HV = % de vehículos pesados – grupo de carriles

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

2.2.6.4. Factor de ajuste por pendiente de acceso “fg”.

Este elemento considera cómo la pendiente de la rasante afecta la operación de todos los vehículos en el acceso, tanto vehículos pesados como livianos.

$$fg = 1 - \frac{\%G}{200} \qquad (6)$$

Donde:

G = % pendiente en el acceso – grupo de carriles: - 6 % a 10 %

2.2.6.5. Factor de ajuste por estacionamiento “fp”.

El factor tiene en cuenta el impacto de las maniobras y el retraso en el bloqueo de un carril cercano debido a los vehículos que entran y salen constantemente de un estacionamiento, así como los vehículos que salen de un estacionamiento. Debido a las maniobras por estacionamiento dentro de 75 metros corriente arriba de la línea parada, cada maniobra tarda en promedio 18 segundos, según HCM 2010.

$$fp = \frac{N - 0{,}1 - \frac{18 * Nm}{3600}}{N} \geq 0{,}050 \qquad (7)$$

Donde:

N = Número de carriles por grupo

Nm = Número de maniobras de parqueo/hora

2.2.6.6. Factor de ajuste por bloqueo de buses “fbb”

Al recoger o dejar pasajeros en un rango de 75 metros por detrás de la línea de parada, los vehículos de transporte público bloquean el flujo de tráfico. El tiempo de bloqueo promedio para una indicación verde es de 14,4 segundos.

$$fbb = \frac{N - \frac{14{,}4 * Nb}{3600}}{N} \geq 0{,}050 \qquad (8)$$

Donde:

N = Número de carriles por grupo

NB = Número de parada de buses/hora. Máximo 250 buses. Si NB = 0; el factor de ajuste es 1.

2.2.6.7. Factor de ajuste por tipo de área “fa”

Este factor se considera cuando el estudio se realiza en zonas céntricas de negocios de la ciudad u otras zonas con características similares.

Para zonas comerciales o centro de la ciudad (CBD) fa = 0,900

Para zonas residenciales o externas al centro de la ciudad fa = 1,000

2.2.6.8. Factor de ajuste por utilización de carril “fLu”

La tasa de saturación del flujo por grupo de carril con más de un carril exclusivo se estima utilizando este factor. Se utiliza fLU = 1,00 cuando se puede observar o visualizar una distribución uniforme de tráfico en todos los carriles, así como cuando no hay más de un carril exclusivo disponible.

$$flu = \frac{Vg}{Vg1 * N} \tag{9}$$

Donde:

N = Número de carriles en el grupo

Vg = Proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en veh/hora

Vg1 = Proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril único con el volumen más alto en el grupo de carriles, veh/hora.

2.2.6.9. Factor de ajuste por giros a la izquierda “fLT”

Este factor se usa para determinar si los giros a la izquierda son permitidos o restringidos y si se realizan desde un carril compartido o exclusivo. El factor será igual a 1,0 en los accesos que no tienen giros hacia la izquierda.

Carril exclusivo:

$$fLT = 0{,}95$$

Carril compartido:

$$lt = \frac{1}{1 + 0{,}05 * Plt} \tag{10}$$

Donde:

PLT = Proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles

2.2.6.10. Factor de ajuste por giros a la derecha

Este factor se aplica a los giros a la derecha restringidos o permitidos desde un carril compartido o exclusivo. El factor para los accesos sin giros hacia la derecha será igual a 1,0.

Carril exclusivo:

$$fRT = 0{,}85$$

Carril compartido:

$$fRT = 1 - 0{,}15 * PRT \quad (11)$$

Carril único:

$$fRT = 1 - 0{,}135 * PRT \quad (12)$$

Donde:

PRT = Proporción de giros derechos en el grupo de carriles

2.2.6.11. Factor de ajuste por peatones y bicicletas por giros a la izquierda "fLpb"

El manual HCM 2010 especifica que, si hay conflictos entre peatones y vehículos, solo se aplican carriles exclusivos. Si no hay conflictos, el factor de ajuste se considera 1,00.

$$fLpb = 1{,}0 - PLT\ (1 - ApbT)(1 - PLTA) \quad (13)$$

Donde:

PLT = Proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles

PLTA = Proporción de giros izquierdos de la fase protegida sobre el total de verde del grupo de carriles

ApbT = Ajuste en la fase permitida

2.2.6.12. Factor de ajuste por peatones y bicicletas por giros a la derecha "fRpb"

El manual HCM 2010 considera el factor de ajuste 1,00 si hay conflictos entre peatones y vehículos. Solo se aplica a carriles exclusivos si hay conflictos.

$$fRpb = 1{,}0 - PRT\ (1 - ApbT)(1 - PRTA) \quad (14)$$

Donde:

PRT = Proporción de giros derechos en el grupo de carriles

PRTA = Proporción de giros derechos de la fase protegida sobre el total de verde del grupo de carriles

ApbT = Ajuste en la fase permitida

2.2.7. Determinación de la capacidad "ci" y la relación volumen/capacidad "Xi"

2.2.7.1. Capacidad "ci"

El ciclo semafórico y la tasa de flujo de saturación ajustada tienen un impacto directo en la capacidad de acceso.

$$ci = si * \left(\frac{gi}{C}\right) \quad (15)$$

Donde:

ci = Capacidad del grupo de carriles i (veh/h)

si = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles i (veh/h)

gi = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles i (s)

C = Longitud del ciclo del semáforo (s)

gi/C = Proporción de verde efectivo para el grupo de carriles i

2.2.7.2. Relación v/c "xi"

También conocida como grado de saturación. Cuando Xi toma valores superiores a 1,00 da a conocimiento que existe un exceso de demanda sobre la capacidad.

$$Xi = \frac{vi}{ci} = \frac{vi}{si * (\frac{gi}{C})} = \frac{vi * C}{si * gi} \qquad (16)$$

Donde:

Xi = Relación v/c o grado de saturación para el grupo de carriles i

vi = Tasa de flujo de demanda actual o proyectada para el grupo de carriles i (veh/h)

ci = Capacidad del grupo de carriles i (veh/h)

si = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles i (veh/h)

gi = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles i (s)

C = Longitud del ciclo del semáforo (s)

2.2.7.3. Grupo de carriles críticos y grado de saturación crítico "Xc"

Los grupos de carriles críticos para cada fase son la representación de la mayor relación v/c y se utilizan para evaluar la intersección en conjunto. Como resultado, podemos obtener la saturación critica de la intersección "Xc".

$$x_c = \frac{C}{C - L} * \sum \left(\frac{v}{s}\right) ci \qquad (17)$$

Donde:

Xc = Relación v/c crítica o grado de saturación crítico para la intersección

$\sum(\frac{v}{s})\, ci$ = Sumatoria de las relaciones de flujo para todos los grupos de carriles críticos i

C = Longitud del ciclo del semáforo (s)

L = Tiempo perdido total por ciclo, calculado como tiempo, perdido, tL, para la trayectoria crítica de los movimientos (s)

2.2.8. Medidas de efectividad

2.2.8.1. Determinación de las demoras

La evaluación de las demoras muestra la demora media por control que todo vehículo percibe, que incluye bajas velocidades de circulación, efectos de desaceleración, demora por vehículos en cola y detenciones cuando el grupo de carriles se encuentra sobresaturado.

$$d = d1(PF) + d2 + d3(23) \tag{18}$$

Donde:

d = Demora por control vehículo (s/veh)

d1 = Demora uniforme (s/veh)

d2 = Demora incremental (s/veh)

d3 = Demora de cola inicial (s/veh)

PF = Factor de ajuste de demora uniforme por coordinación, el cual tiene cuenta los efectos de la coordinación de semáforos

2.2.8.2. Demora uniforme “d1”

Para calcular la demora uniforme, se debe tener en cuenta que la cola inicial no se considera. Además, esto incluye llegadas uniformes y flujos estables. Según HCM 2010, el cálculo de d1 incluirá valores X superiores a 1,0.

$$d1 = \frac{0.5C(1-\frac{g}{C})^2}{1-\left[min(1,X)*\frac{g}{C}\right]} \tag{19}$$

Donde:

d1 = Demora uniforme (s/veh)

C = Longitud del ciclo (s); longitud de ciclo emplead en semáforos con controladores de tiempo fijo

g = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s); tiempo de verde empleado en semáforos con controladores de tiempo fijo

X = Relación v/c o grado de saturación para el grupo de carriles.

2.2.8.3. Factor de ajuste de demora uniforme por coordinación de semáforos “PF”

Este factor se basa en cómo la secuencia semafórica afecta la demora de los vehículos. Si hay una buena coordinación de semáforos, grandes cantidades de vehículos llegarán a la intersección verde, pero si hay una mala coordinación, pocos vehículos llegarán a la intersección verde.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - (\frac{g}{c})} \quad (20)$$

Donde:

PF = Factor de ajuste de demora uniforme por coordinación, el cual tiene en cuenta los efectos de la coordinación de semáforos

P = Proporción de vehículos que llegan en verde

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

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

El valor de la proporción de vehículos en el ciclo que llegan a la línea de parada o que se acumulan a la cola en verde (P) es extraído del trabajo en campo, como también puede ser determinado empleando el tipo de llegada (AT) y relacionándolo directamente con la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 2

Factor de ajuste suplementario de secuencia

Relación (g/C)	**Tipo de Llegada (AT)**					
	AT1	**AT2**	**AT3**	**AT4**	**AT5**	**AT6**
0.2	1,167	1,007	1,0	1,0	0,833	0,750
0.3	1,286	1,063	1,0	0,986	0,714	0,571
0.4	1,445	1,136	1,0	0,895	0,555	0,333
0.5	1,667	1,240	1,0	0,767	0,333	0,0
0.6	2,001	1,395	1,0	0,576	0,0	0,0
0.7	2,556	1,653	1,0	0,256	0,0	0,0
fpa	1,00	0,93	1,0	1,15	1,0	1,0
Rp por defecto	0,333	0,667	1,0	1,333	1,667	2,0

2.2.8.4. Demora incremental “d2”

Esta demora es utilizada para calcular el retraso incremental que se debe a las llegadas no uniformes, demoras que tiene un exceso de saturación y por retrasos aleatorios. Se asume la no existencia de la demanda insatisfecha que genere colas iniciales. El término de demora incremental es válido para todos los valores de X, incluidos los grupos de carriles muy sobresaturados.

$$d2 = 900T\left[(x-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{8 * k * I * X}{c * T}}\right] \quad (21)$$

Donde:

d2 = Demora incremental (s/veh)

T = Duración del periodo de análisis (h)

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

I = Factor de ajuste por ingreso a la intersección corriente arriba. Para intersecciones aisladas I = 1,00

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

X = Relación v/c para el grupo de carriles o grado de saturación

2.2.8.5. Demora incremental "d3"

Es la demora que experimentan todos los vehículos que arriban a la intersección durante el periodo de análisis, debido a las colas residuales del periodo antecesor analizado, siendo necesario incluir estas demoras para el nuevo proceso de análisis estas colas iniciales.

$$d3 = \frac{1800 * Qb * (1+u)t}{cT} \quad (22)$$

Donde:

T = Duración del periodo de análisis (h)

t = Duración de la demanda insatisfecha (h)

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

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

u = Parámetro de demora

A continuación, en la tabla 3 se presentan los 5 posibles escenarios de análisis para estimar la demora por cola inicial.

Tabla 3

Casos para cálculo de demora uniforme y por la cola inicial

Caso I (no saturado) y II (saturado) (Qb=0)
Demora por cola Inicial, d3 (s/veh) $$d3 = \frac{1800 * Qb * (1+u)t}{cT} = 0$$ Demora uniforme, d1 (s/veh) $$d1 = \frac{0.5C(1-\frac{g}{c})^2}{1-\left[min\ (1,x)\frac{g}{c}\right]}$$
Caso III (Qb> 0), (X≤ 1), (t < T)
Demora por cola Inicial, d3 (s/veh) $$d3 = \frac{1800 * Qb * t}{cT}$$ Demora uniforme, d1 (s/veh) $$d1 = 0.5C\left(1-\frac{g}{c}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0.5C\left(1-\frac{g}{c}\right)^2}{1-\left[min(1,x)\frac{g}{c}\right]} * \frac{T-t}{T} * PF$$
Caso IV (Qb > 0), (X ≤ 1), (t = T)
Demora por cola Inicial, d3 (s/veh) $$d3 = \frac{1800 * Qb * (1+u)}{c}$$ Demora uniforme, d1 (s/veh) $$d1 = 0.5C\left(1-\frac{g}{c}\right)$$
Caso V (Qb > 0), (X > 1), (t= T)
Demora por cola Inicial, d3 (s/veh) $$d3 = \frac{3600 * Qb}{c}$$ Demora uniforme, d1 (s/veh) $$d1 = 0{,}5C\left(1-\frac{g}{c}\right)$$

Para los casos III, IV y V el cálculo de los parámetros t y u se realizó con las siguientes ecuaciones.

Si:

$$Qb = 0\ entonces\ t = 0$$

Si no:

$$t = min\left[T, \frac{Qb}{c[1 - min\ (1, X)]}\right] \quad (23)$$

Si:

$$t < \ T\ entonces\ u = 0$$

Si no:

$$u = 1 - \left[\frac{cT * [1 - \min(1, X)]}{Qb}\right] \quad (24)$$

2.2.8.6. Estimación de demoras agregadas (ponderadas)

Para calcular las demoras en un acceso, es necesario tener en cuenta las demoras de los grupos de carriles.

$$dA = \frac{\sum(d_i * v_i)}{\sum(v_i)} \quad (25)$$

Donde:

dA = Demora para el acceso A (s/veh)

di = Demora para el grupo de carriles i (en el acceso A) (s/veh)

vi = Flujo ajustado para el grupo de carriles i (veh/h)

De igual manera, para poder determinar la demora por control promedio en conjunto de la intersección, es requisito ponderar las demoras por control de los accesos.

$$d1 = \frac{\sum(d_A * v_A)}{\sum(v_A)} \quad (26)$$

Donde:

dI = Demora por vehículo para la intersección (s/veh)

dA = Demora para el acceso A (s/veh)

vA = Flujo ajustado para el acceso A (s/veh)

2.2.8.7. Estimación del nivel de servicio

La relación volumen/capacidad y la demora por vehículo se utilizan para determinar el nivel de servicio. La alternativa más efectiva para intersecciones semaforizadas es la demora media por control. La siguiente tabla muestra un resumen del criterio del nivel de servicio.

Tabla 4

Criterio del nivel de servicio para intersecciones semaforizadas

Nivel de Servicio	Demora de Control por Vehículo (s/veh)
A	≤ 10
B	> 10 – 20
C	> 20 – 35
D	> 35 – 55
E	> 55 – 88
F	> 80

2.3. Definición de Términos

2.3.1. Avenida

Una avenida se define como una destacada vía de comunicación en el interior de una ciudad o un área urbana. Por lo general, las avenidas cuentan con dos direcciones de circulación, distinguiéndose así de las calles de sentido único. Estas avenidas son propensas a experimentar un mayor flujo de vehículos y se consideran arterias urbanas primarias que conectan diversos distritos de la ciudad, sirviendo como puntos de convergencia para las vías secundarias (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.2. Intersecciones

Las intersecciones se refieren a áreas compartidas por dos o más vías que se cruzan en el mismo nivel, abarcando las calzadas que los vehículos pueden utilizar para llevar a cabo todos los movimientos posibles. Estas intersecciones constituyen puntos de desconexión en cualquier red vial, generando situaciones críticas que requieren un tratamiento específico, debido a que las maniobras de cruce, divergencia o convergencia no son comunes en la mayoría de los trayectos (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.3. Flujo vehicular

El movimiento de vehículos, conocido como flujo vehicular, se origina a partir de la circulación de automóviles en una vía, calle o autopista. Previo a la elaboración de cualquier diseño geométrico para una vía, resulta fundamental comprender las particularidades del tráfico que utilizará esa carretera o calle (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.4. Tráfico

Se trata del efecto derivado de la congestión de vehículos en una vía o en un cruce de caminos. Este fenómeno exhibe similitudes con otros eventos, como el flujo de partículas (líquidos, gases o sólidos) y el desplazamiento de peatones (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.5. Velocidad

La velocidad se describe como la relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado, comúnmente expresada en kilómetros por hora (km/h). En el HCM 2010, la medida de velocidad adoptada es la velocidad promedio de viaje, ya que se puede calcular de manera sencilla observando cada vehículo en el tráfico, y constituye la medida estadística más significativa en comparación con otras variables. (Vicente y Zegarra, 2022)

2.3.6. Densidad

La densidad es el número de vehículos que circulan por una longitud de carretera o carril específico., habitualmente expresada como vehículos por kilómetro (veh/km) (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.7. Espaciamiento

La separación entre dos vehículos que se desplazan en una misma vía en un momento dado. Normalmente, esta distancia es medida de manera general y se relaciona con el primer vehículo, denominándose "espaciamiento". Esta variable describe de manera detallada la circulación a nivel microscópico (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.8. Tiempo

Se refiere al tiempo requerido para recorrer una sección específica de la ruta conocida. Para obtener esta medida, se divide la longitud de la vía entre la velocidad promedio de desplazamiento, ya sea para vehículos en su recorrido o para peatones al atravesarla (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.9. Nivel de servicio

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajero (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.10. Hora punta

Periodos en los que las avenidas principales experimentan congestión de vehículos debido a la alta demanda de empleados que ingresan o se retiran (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.11. Carril

Esta es una sección de una calzada o área de la carretera que debe tener un ancho suficiente para permitir una sola fila de vehículos (Vicente y Zegarra, 2022).

2.3.12. Demanda

Se refiere a la cantidad de automóviles que quieren viajar y viajar por un lugar durante un tiempo determinado. Debido a que algunos viajes se desvían y otros simplemente no se realizan, la demanda es mayor en caso de congestión vehicular que el volumen actual (Vicente y Zegarra, 2022).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es no experimental, se buscó optimizar el Flujo de vehículos mediante la mejora de nivel de servicio en la calle Ancash tramo Av. Balta – calle Lima, Moquegua 2024 mediante datos y técnicas de recolección con la finalidad de dar solución al problema planteado.

3.2. Acciones y actividades

La metodología empleada se basa en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010) y para la elaboración del presente proyecto de investigación se realizaron las siguientes actividades.

a) Análisis de intersecciones (inspección en campo) que cumpla los requisitos fundamentales básicos necesarios para la investigación

b) Se selecciono la avenida con intersecciones con flujos críticos, se realizó la recolección de información en campo, de las características geométricas del área analizada, las fases y tiempos de los ciclos semafóricos, las condiciones del tráfico, ancho de carriles y otros datos a considerar.

c) Se determino las estaciones de control, fechas de conteo vehicular, selección de horas pico con la ayuda de personal de apoyo para el conteo vehicular en cada estación. La selección de las horas y fechas para el conteo, se determinaron en base a una inspección visual previa de 24 horas para determinar los 3 periodos con mayor afluencia vehicular.

d) Se uso el formato oficial de aforo de la MTC para el conteo vehicular y la identificación de giros vehiculares

e) Seleccionando el tipo de registro de datos, la recopilación de datos fue de tres días a la semana en tres horarios por día; se realizó durante una semana por periodos de 6:00 h- 9:00 h.; 12:00 h. – 15:00 h.; 17:00 h. – 20:00 h. los días Sábado 17 de agosto; martes 20 de agosto y jueves 22 de agosto del 2024, permitiendo hallar con mayor precisión los 15 minutos más desfavorables en cada día de conteo Vehicular.

f) Se contrató y capacito personal para la obtención de datos del conteo vehicular en las estaciones designadas, en la presente investigación se cuenta con 5 estaciones, por lo que se contrató 3 personas para el conteo vehicular de las estaciones que no estaban cubiertas por los autores del presente proyecto, y así tener datos exactos y concisos,

sin margen de error; también se contó con la ayuda de una herramienta móvil en cada estación en las intersecciones de estudio.

g) Una vez culminadas las actividades en campo y la recopilación de información obtenida en campo obteniendo la hora pico; hallar los 15 minutos más desfavorables y mayor afluencia vehicular.

h) Se realizó la interpretación de los resultados para brindar soluciones y alternativas que ayude al congestionamiento vehicular de la zona en estudio.

i) Informe final: Se presento el informe final y sustentación.

3.3. Materiales e instrumentos

Los siguientes materiales se utilizaron para recopilar datos:

-Portátil e Impresora

-Videocámara

-Útiles de Oficina

-Manual de capacidad de carreteras

-Cronómetros

-Flexómetro de marca Stanley, con gancho de cero absoluto el cual permite mayor precisión

-Formato del MTC de conteo vehicular

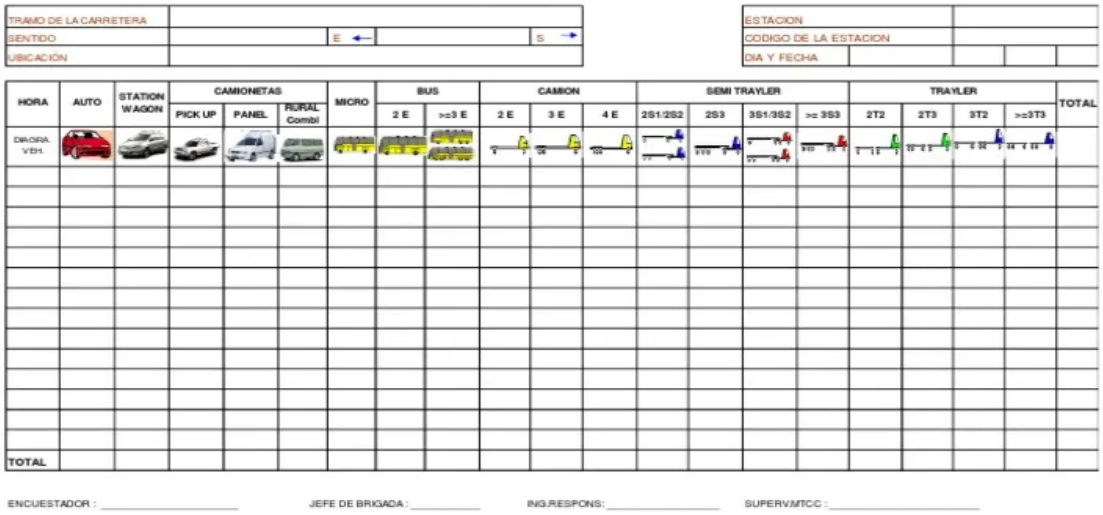
-Libreta de campo

-Tableros

-Software Office

Tabla 5

Formato de Aforo vehicular MTC



Nota. Extraído de la página oficial del MTC.

3.4. Población y muestra de estudio

3.4.1. Población

La población está relacionada con el flujo de vehículos (Cantidad de vehículos) en la zona de influencia calle Ancash entre los tramos de la Av. Balta y la calle Lima considerados puntos críticos en la fluidez vehicular deficiente en el Centro del Departamento de Moquegua de los días y horarios específicos seleccionados, considerada una población finita basadas en las características de la Zona en estudio.

3.4.2. Muestra

Se utilizará una muestra para este estudio conformada por los vehículos que transitan en la calle Ancash entre los tramos de la Av. Balta y la calle Lima en hora pico, con la elección de tres horarios por día, tres días a la semana. Donde se presentará mayor cantidad de tránsito vehicular, seleccionando las horas con más afluencia vehicular para un posterior análisis de flujo vehicular y determinando la cantidad de vehículos en horas pico.

3.5. Operacionalización de Variables

3.5.1. Identificación de las Variables

En la Tabla 6 Se indica la identificación de las variables independientes y dependientes del proyecto de investigación, cada una con su definición e indicadores.

Tabla 6

Identificación y/o caracterización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Optimización del Flujo Vehicular	Número de vehículos que atraviesan una determinada vía	Estudio de transito y análisis de datos	Clasificación vehicular Comportamiento del transito
Nivel de Servicio	Representa condiciones de Flujo	Niveles de servicio: A B C D E F	Tiempo de semaforización Numero de giros o sentidos Identificación de aforo y demoras

Nota. Esta tabla muestra la identificación y caracterización de las variables, del mismo modo sus definiciones y e indicadores.

3.6. Tipo de estudio

El tipo de estudio es fundamental (Básico) con enfoque cuantitativo de corte transversal, ya que se recopila y analiza información obtenida en campo usando herramientas estadísticas y matemáticas para cuantificar el problema de este proyecto de investigación para mejorar el tránsito para la población de Moquegua.

3.7. Nivel de investigación

La presente investigación pertenece al nivel correlacional - explicativo porque su propósito es el incremento de conocimiento enfocada en la relación de ambas variables y se busca dar a conocer que mediante la mejora del nivel de servicio se optimizan los flujos vehiculares en la calle Ancash con intersección en la Av. Balta y la calle Lima.

3.8. Técnica de procesamiento y análisis de datos

En la presente investigación se realizó un análisis de datos de cada uno de los formatos de conteo vehicular de los datos obtenidos realizados en la calle Ancash tramo Av. Balta – calle Lima para la aplicación de la Metodología del HCM 2010 y obtener el nivel de servicio usando el aforo vehicular para la recolección de datos. Se obtuvieron numerosos datos: Medición de datos geométricos; medición de datos de tránsito; medición de datos semafóricos; conteo vehicular en cada intersección estudiada.

Primero se hizo una inspección visual de cada Intersección; para la medición de los parámetros geométricos se escogió el sábado 3 de agosto en un horario de Madrugada para una toma más exacta de cada dato.

En la Figura 4 se observa el registro de tiempos de los Semáforos; como parte de la recopilación de información en campo; se identificaron 2 semáforos en la Intersección de la calle Ancash y calle Lima y 3 Semáforos en la Intersección de la calle Ancash y avenida Balta; Así como también se realizó la medición del ancho de la vía en cada intersección; ancho de carriles, bermas, veredas en cada estación.

Figura 4

Registro de tiempos de semaforización en la calle Ancash – Av. 25 Balta

Figura 5, 6, 7 y 8 se observa la medición de ancho de carriles, arcén o berma, veredas en la Intersección de la calle Ancash y calle Lima.

Figura 5

Toma de medidas de parámetros en la estación 1 de la calle Ancash con la calle Lima

Figura 6

Toma de medida del ancho de carril en la estación 2 de la calle Ancash con la calle Lima

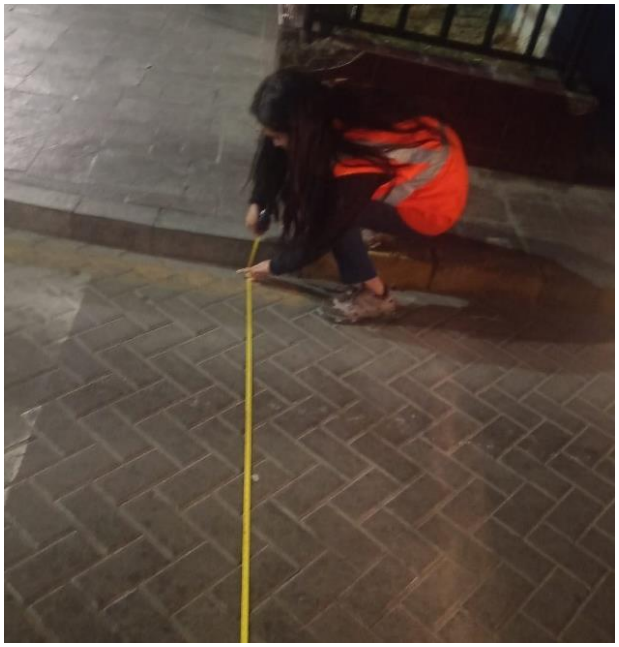


Figura 7

Toma de medida del ancho de la vereda en la estación 2 de la calle Ancash con la calle Lima

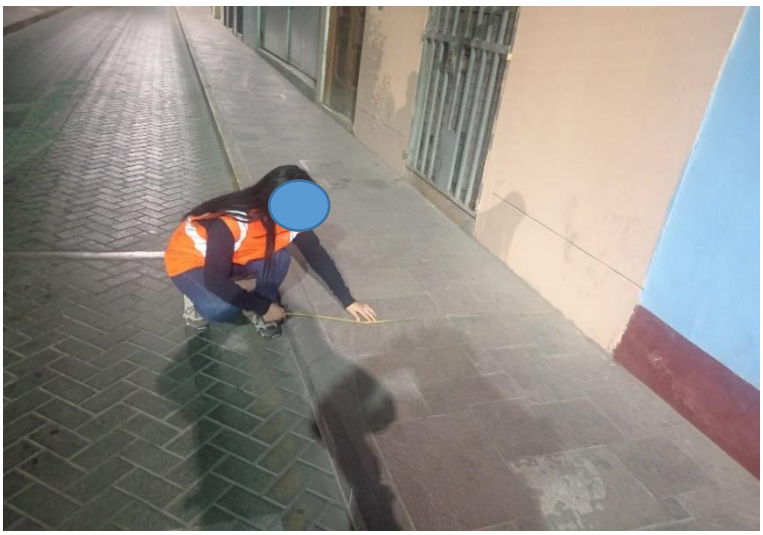


Figura 8

Toma de medida del ancho de la vereda en la estación 2 de la calle Ancash con la calle Lima

En la figura 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se observa la medición de ancho de carriles, arcén o berma, veredas en la Intersección de la calle Ancash con la avenida Balta.

Figura 9

Toma de medida del ancho de carril en la estación 3 de la calle Ancash con la avenida Balta

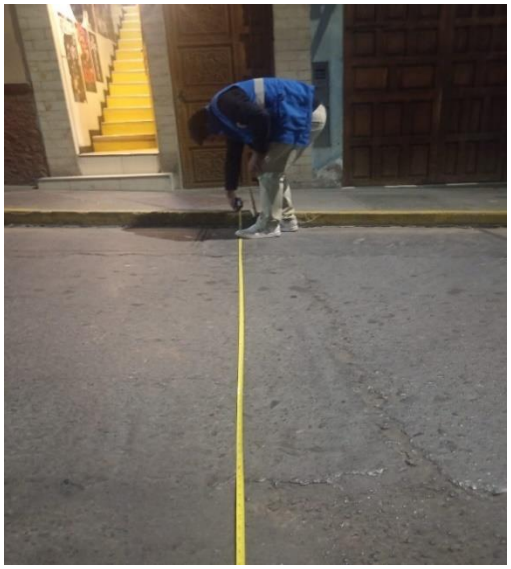


Figura 10

Toma de medida del ancho del estacionamiento en la estación 3 de la calle Ancash con la avenida Balta

Figura 11

Toma de medida del ancho de las áreas verdes en la estación 3 de la calle Ancash con la avenida Balta

Figura 12

Toma de medida del ancho de vereda en la estación 3 de la calle Ancash con la avenida Balta

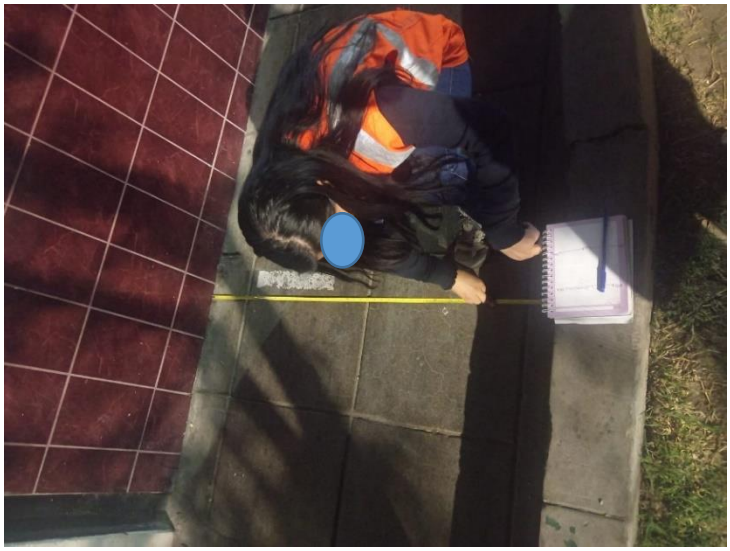


Figura 13

Toma de medida del ancho de berma en la estación 4 de la calle Ancash con la avenida Balta

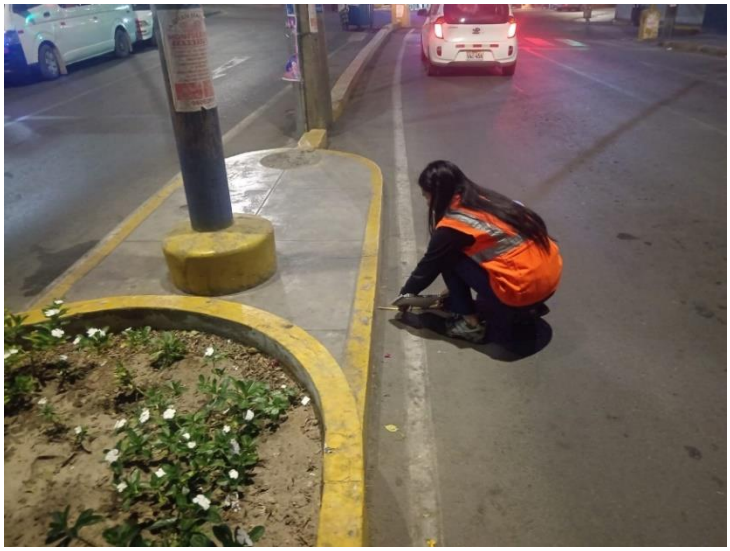


Figura 14

Toma de medida del ancho de vereda en la estación 5 de la calle Ancash con la avenida Balta

Figura 15 y 16 se realizó el conteo vehicular en ambas intersecciones; se vio la necesidad de contratar 3 personas para realizar el conteo; una en cada Intersección los días sábado 17, martes 20 y jueves 22 de agosto del 2024; cada una de ellos realizo el registro del tráfico vehicular; también se contó con cámaras fotográficas en cada intersección para procesar los datos sin margen de error.

Figura 15

Toma de datos en la calle Ancash intersección calle Lima

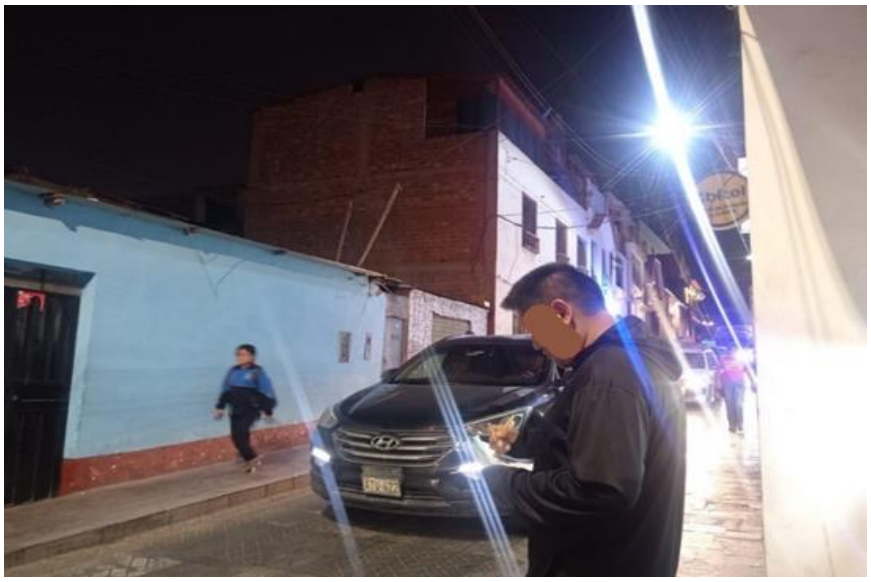


Figura 16

Toma de datos en la calle Ancash intersección avenida Balta

Procedemos a tabular los datos obtenidos del conteo de vehículos, los tiempos de semaforización, las características geométricas de la vía, los giros de vehículos y la tasa de flujo y el nivel de servicio.

Se obtuvo un resultado porcentual que sirvió como base para la cuantificación de los resultados.

Para hacer una propuesta de mejora, se analizó e interpreto los hallazgos en relación con nuestros objetivos e hipótesis del proyecto de investigación.

Se uso el programa de Excel para el procesamiento de la información obtenida.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción del Trabajo en Campo

En el presente capítulo se reconoció como zona de estudio la intersección semaforizada de la calle Ancash tramo calle Lima y avenida Balta en el Distrito de Moquegua usando la Metodología HCM 2010 para determinar el nivel de servicio y capacidad de ambas Intersecciones, basados en el congestionamiento y embotellamiento vehicular en el centro de la ciudad, cuya población según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en su censo Nacional es de 182,016 Habitantes los cuales 92,375 corresponden al sexo femenino y 89,641 al sexo masculino.

En la primera intersección semaforizada de la calle Ancash tramo calle Lima se asignaron 2 estaciones para el conteo vehicular denominadas E-1 y E-2 y para la intersección semaforizada de la calle Ancash tramo avenida Balta se asignaron 3 estaciones de conteo vehicular denominadas E-3, E-4 y E-5; obteniendo un aforo real en base a las horas pico, en la siguiente Figura 17 se observa la vista satelital de la zona de estudio.

Figura 17

Vista satelital de las intersecciones de la calle Ancash tramo Av. Balta - calle Lima

Nota. Fuente Google Earth

La recopilación de información fue previo análisis visual y toma de parámetros geométricos, de tránsito y semafóricos, se realizó en tres días, sábado 17 de agosto, martes 20 de agosto y jueves 22 de agosto del año 2024. se determinó los horarios en base a una mayor congestión vehicular; 6:00 h – 9:00 h; 12:00 h – 15:00 h y 17:00 h – 20:00 h para mayor precisión en el conteo vehicular.

4.2. Tramo calle Ancash con calle Lima

4.2.1. Descripción de la Intersección semaforizada

La primera intersección semaforizada se encuentra ubicada en la calle Ancash interceptada con la calle Lima, ubicada en el centro del Departamento de Moquegua, cuya zona es de mayor afluencia vehicular puesto que se encuentra ubicada la Plaza de Armas de Moquegua, la Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto, el colegio I.E. Angela Barrios de Espinoza, el Banco de la Nación, establecimientos comerciales, lo que resulta en una gran cantidad de movimiento vehicular durante las horas punta.

4.2.2. Datos de la Intersección Vial

4.2.2.1. Ubicación

La Figura 18 muestra una imagen satelital detallada de la intersección semaforizada estudiada, recopilada mediante el programa Google Earth, brindando una visión clara de la ubicación de la intersección en estudio.

Figura 18

Vista satelital de las intersecciones de la calle Ancash tramo calle Lima

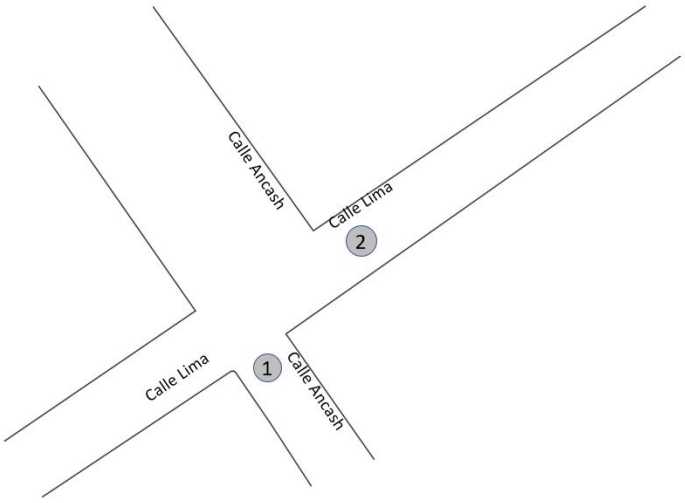
Nota: Fuente Google Earth.

4.2.2.2. Tramo Vial

En la figura 19 se identificaron los accesos de la Intersección semaforizada en estudio, visualizando dos accesos existentes denominados acceso 1 y acceso 2. En campo se obtuvieron los valores de los parámetros geométricos y de esta manera se obtuvieron las secciones viales de la zona de estudio.

Figura 19

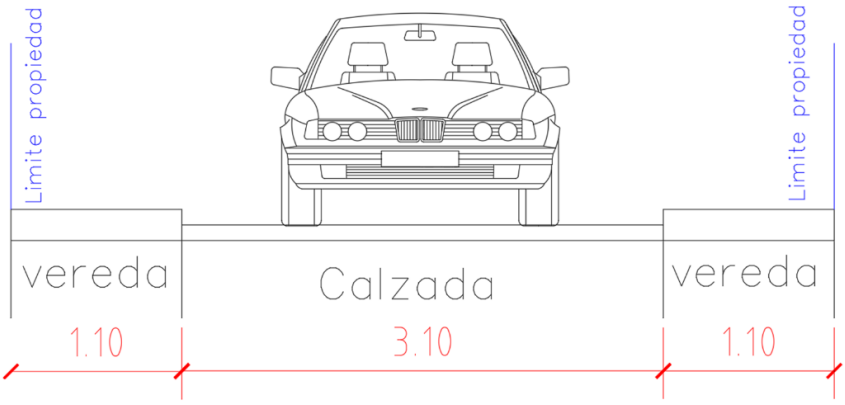
Accesos identificados en la intersección de la calle Ancash con calle Lima



El acceso 1 consta de un ancho de vía de 5,30m con una única calzada de 3,10m con un solo carril, como muestra la figura 20.

Figura 20

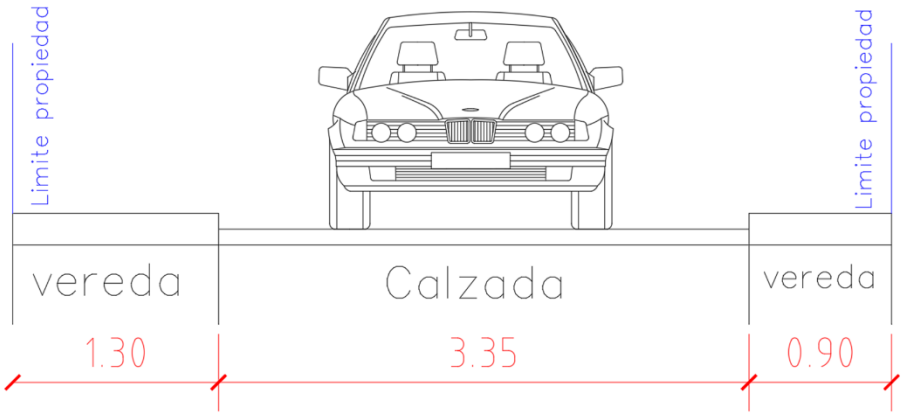
Sección vial del acceso 1 en la intersección semaforizada calle Áncash – calle Lima



El acceso 2 consta de un ancho de vía de 5,55m con una única calzada de 3,35m con un solo carril, como muestra la figura 21.

Figura 21

Sección vial del acceso 2 en la intersección semaforizada calle Áncash – calle Lima



4.2.2.3. Estaciones de Conteo

La intersección semaforizada consta de 2 estaciones distribuidas y denominadas E-1 y E-2, correspondientes al tramo calle Ancash – calle lima, tal y como lo muestra la Figura 22.

- Estación 1 (E-1), situada en la calle Ancash de Sur a Norte
- Estación 2 (E-2), situada en la calle Lima de Este a Oeste

Figura 22

Ubicación de estaciones de conteo en la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Nota. Fuente Google Earth

4.2.2.4. Esquemas de Carriles y Giros

En la figura 23 se visualiza el esquema de carriles y giros de la Intersección semaforizada del tramo de la calle Ancash – calle Lima, identificando los tipos de giros mediante una previa visualización en campo. La figura 24 visualiza los giros de la estación 1 donde se tiene restringido el giro a la derecha y un tránsito vehicular para ir directo o realizar giros a la izquierda. La figura 25 visualiza los giros de la estación 2 donde se tiene restringido el giro a la izquierda y un tránsito vehicular para ir directo o realizar giros a la derecha.

Figura 23

Esquema de carriles y giros en la intersección semaforizada tramo calle Áncash – calle Lima

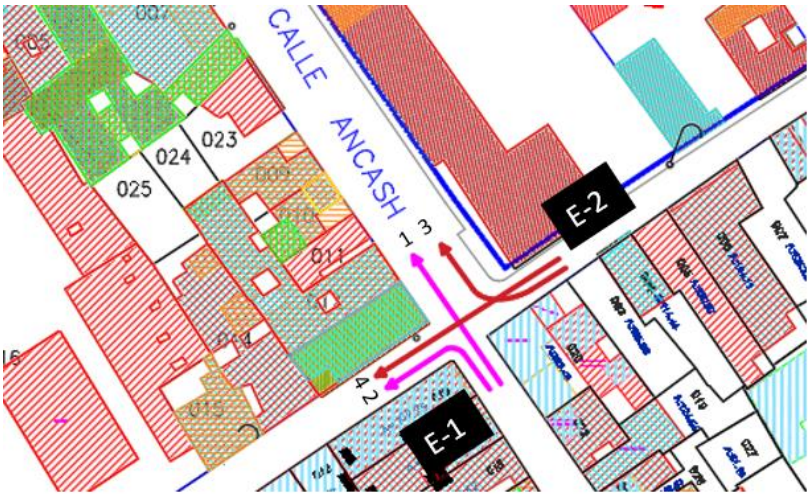
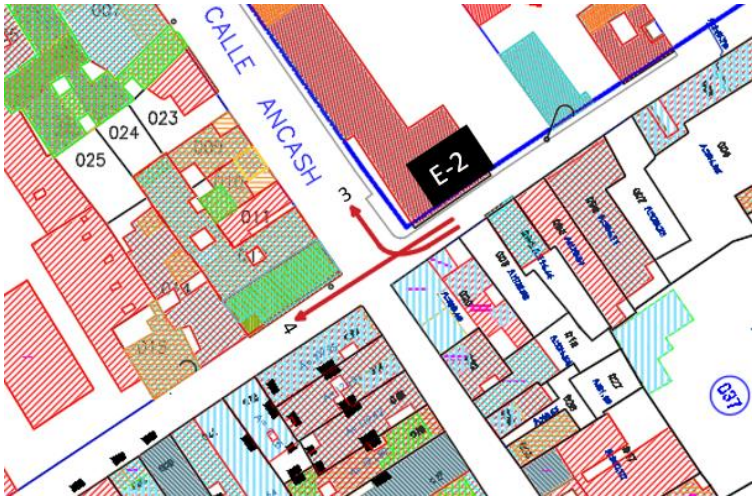


Figura 24

Esquema de giros en la intersección semaforizada, estación 1

Figura 25

Esquema de giros en la intersección semaforizada, estación 2



4.2.2.5. Fases y Tiempos de Semaforización

La intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima cuenta con 2 Semáforos con tiempos predeterminados, cuyos datos se obtuvieron en campo con la toma de parámetros semafóricos, registrando los ciclos y tiempos en verde, ámbar y rojo de cada semáforo. En la figura 26 se muestra los tiempos semafóricos de la estación 1 y estación 2. Así mismo esta intersección cuenta con dos fases semafóricas, la primera fase correspondiente a la estación 1 y la segunda fase a la estación 2 como se aprecia en la figura 27.

Figura 26

Tiempos de semaforización de la intersección calle Ancash – calle Lima

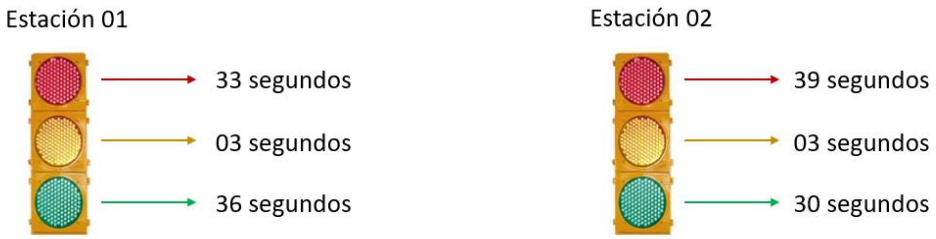
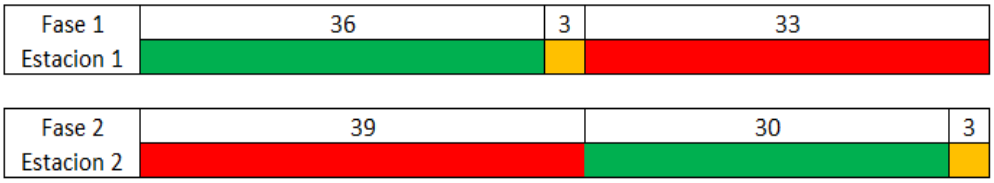


Figura 27

Diagrama de fases de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima



Tal y como se muestra en la figura 26 donde se identificaron los tiempos semafóricos de la luz verde, ámbar y rojo, aplicamos las ecuaciones según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010) para la obtención del rojo efectivo (Periodo el cual no se permiten acciones específicas en el área de estudio) y verde efectivo (Periodo el cual determina el tiempo que tienen los vehículos para pasar la intersección semaforizada). Considerando los valores de 2,5s y 2,5s para L1 y e respectivamente. Se observa de manera detallada en la siguiente Tabla 7.

Tabla 7

Calculo de intervalos del ciclo semafórico de la estación 1 y 2

Parámetro	Estación 1	Estación 2
G	36	30
R	33	39
Y	3	3
L1	2.5	2.5
L2=Y-e	0.5	0.5
tL=L1+L2	3	3
e	2.5	2.5
g=G+Y-Tl	36	30
r=R – TR +Tl	36	42

4.2.2.6. Aforo Vehicular

Para el análisis del conteo vehicular se procesó en una hoja Excel en base a los datos recolectados en campo. En las siguientes Tablas 8, 9 y 10 se detalla el aforo vehicular mixto para cada estación en los tres días de recolección (sábado 17 martes 20 y jueves 22 de agosto del 2024) destacando los volúmenes totales en el período analizado, indicando los 15 minutos críticos con mayor afluencia vehicular para la intersección

semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima. Los datos de los conteos vehiculares se encuentran en el Anexo 2 para más detalle.

Tabla 8

Aforo vehicular del día sábado 17 de agosto en los accesos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Periodo	Estación 1 E-1	Estación 2 E-2	Total	60 min consecutivos
6:00 - 6.15 h	116	123	239	
6:15 - 6:30 h	111	136	247	
6:30 - 6:45 h	117	136	253	
6:45 - 7:00 h	113	150	263	1002
7:00 - 7:15 h	140	170	**310**	1073
7:15 - 7:30 h	121	152	273	1099
7:30 - 7:45 h	132	173	305	**1151**
7:45 - 8:00 h	120	141	261	1149
8:00 - 8:15 h	110	164	274	1113
8:15 - 8:30 h	121	154	275	1115
8:30 - 8:45 h	120	150	270	1080
8:45 - 9:00 h	121	143	264	1083
12:00 - 12:15 h	122	147	269	
12:15 - 12:30 h	108	178	286	
12:30 - 12:45 h	123	170	293	
12:45 - 13:00 h	114	170	284	1132
13:00 - 13:15 h	128	172	**300**	1163
13:15 - 13:30 h	124	164	288	**1165**
13:30 - 13:45 h	117	172	289	1161
13:45 - 14:00 h	99	170	269	1146
14:00 - 14:15 h	120	160	280	1126
14:15 - 14:30 h	107	161	268	1106
14:30 - 14:45 h	103	168	271	1088
14:45 - 15:00 h	113	171	284	1103
17:00 - 17:15 h	114	160	274	
17:15 - 17:30 h	115	153	268	

Tabla 9 (continuación)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Total	60 min consecutivos
17:30 - 17:45 h	122	160	**282**	
17:45 - 18:00 h	109	168	277	1101
18:00 - 18:15 h	121	152	273	1100
18:15 - 18:30 h	112	169	281	**1113**
18:30 - 18:45 h	105	161	266	1097
18:45 - 19:00 h	116	174	290	1110
19:00 - 19:15 h	111	160	271	1108
19:15 - 19:30 h	112	160	272	1099
19:30 - 19:45 h	112	167	279	1112
19:45 - 20:00 h	124	154	278	1100

Tabla 10

Aforo vehicular del día martes 20 de agosto en los accesos de la Intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima.

Periodo	Estación 1 E-1	Estación 2 E-2	Total	60 min consecutivos
6:00 – 6:15 h	112	112	224	
6:15 - 6:30 h	112	137	249	
6:30 - 6:45 h	123	123	246	
6:45 - 7:00 h	122	140	262	981
7:00 - 7:15 h	148	168	**316**	1073
7:15 - 7:30 h	151	155	306	1130
7:30 - 7:45 h	144	167	311	1195
7:45 - 8:00 h	141	140	281	**1214**
8:00 - 8:15 h	139	148	287	1185
8:15 - 8:30 h	132	134	266	1145
8:30 - 8:45 h	124	149	273	1107
8:45 - 9:00 h	132	152	284	1110
12:00 - 12:15 h	124	131	255	
12:15 - 12:30 h	120	163	283	
12:30 - 12:45 h	120	164	284	
12:45 - 13:00 h	122	167	289	1111

Tabla 9 (continuación)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Total	60 min consecutivos
13:00 - 13:15 h	130	159	289	1145
13:15 - 13:30 h	136	162	**298**	**1160**
13:30 - 13:45 h	115	143	258	1134
13:45 - 14:00 h	126	165	291	1136
14:00 - 14:15 h	131	148	279	1126
14:15 - 14:30 h	130	151	281	1109
14:30 - 14:45 h	118	147	265	1116
14:45 - 15:00 h	117	152	269	1094
17:00 - 17:15 h	98	155	253	
17:15 - 17:30 h	111	167	278	
17:30 - 17:45 h	106	161	267	
17:45 - 18:00 h	117	162	**279**	1077
18:00 - 18:15 h	111	151	262	**1086**
18:15 - 18:30 h	113	146	259	1067
18:30 - 18:45 h	112	166	278	1078
18:45 - 19:00 h	113	149	262	1061
19:00 - 19:15 h	111	141	252	1051
19:15 - 19:30 h	122	156	278	1070
19:30 - 19:45 h	112	153	265	1057
19:45 - 20:00 h	106	142	248	1043

Tabla 11

Aforo vehicular del día jueves 22 de agosto en los accesos de la Intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Periodo	Estación 1	Estación 2	Total	60 min consecutivos
	E-1	E-2		
6:00 - 6.15 h	106	134	240	
6:15 - 6:30 h	96	142	238	
6:30 - 6:45 h	123	137	260	
6:45 - 7:00 h	115	140	255	993
7:00 - 7:15 h	104	169	273	1026
7:15 - 7:30 h	119	148	267	1055
7:30 - 7:45 h	107	172	**279**	**1074**

Tabla 10 (Continuación)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Total	60 min consecutivos
7:45 - 8:00 h	106	143	249	1068
8:00 - 8:15 h	104	138	242	1037
8:15 - 8:30 h	118	144	262	1032
8:30 - 8:45 h	102	146	248	1001
8:45 - 9:00 h	112	144	256	1008
12:00 - 12:15 h	114	128	242	
12:15 - 12:30 h	105	169	274	
12:30 - 12:45 h	111	168	**279**	
12:45 - 13:00 h	110	168	278	1073
13:00 - 13:15 h	112	149	261	**1092**
13:15 - 13:30 h	106	162	268	1086
13:30 - 13:45 h	103	153	256	1063
13:45 - 14:00 h	102	159	261	1046
14:00 - 14:15 h	123	146	269	1054
14:15 - 14:30 h	98	161	259	1045
14:30 - 14:45 h	113	139	252	1041
14:45 - 15:00 h	116	154	270	1050
17:00 - 17:15 h	119	153	272	
17:15 - 17:30 h	123	160	**283**	
17:30 - 17:45 h	126	151	277	
17:45 - 18:00 h	120	159	279	**1111**
18:00 - 18:15 h	121	136	257	1096
18:15 - 18:30 h	115	153	268	1081
18:30 - 18:45 h	109	163	272	1076
18:45 - 19:00 h	110	153	263	1060
19:00 - 19:15 h	110	134	244	1047
19:15 - 19:30 h	111	154	265	1044
19:30 - 19:45 h	104	154	258	1030
19:45 - 20:00 h	105	134	239	1006

Con los datos obtenidos del conteo vehicular y los 15 minutos críticos; hallaremos el Factor de Hora Pico (FHP) del día martes 20 de agosto del 2024 en el rango de 7:00 h a 7:15 h, aplicando la ecuación 27 y dando como resultado un FHP de 0,960s.

$$FHP = \frac{V}{Vp} \qquad (27)$$

$$FHP = \frac{V}{4 * V_{15}}$$

$$FHP = \frac{1214}{4 * 316}$$

$$FHP = 0.960\ s$$

4.2.2.7. Estación 1

4.2.2.7.1. Resumen de Aforo Vehicular

La siguiente Tabla 11 muestra el resumen del conteo vehicular de la estación 1 ubicada en la intersección semaforizada de la calle Ancash – calle Lima de acuerdo a los giros realizados a la izquierda o de manera directa.

Tabla 12

Resumen del aforo vehicular de la estación 1 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Dia - Hora	**Izquierda**		**Directo**		**Derecha**	
	Aforo (15min)	**(vph)**	Aforo (15min)	**(vph)**	Aforo (15min)	**(vph)**
Sábado 6:00 h - 9:00 h	69	276	71	284	0	0
Sábado 12:00h -15:00 h	62	248	66	264	0	0
Sábado 17:00 h-20:00 h	60	240	68	272	0	0
Martes 6:00 h - 9:00 h	75	300	79	316	0	0
Martes 12:00 h -15:00 h	62	248	75	300	0	0
Martes 17:00 h -20:00 h	54	216	72	288	0	0
Jueves 6:00 h - 9:00 h	59	236	66	264	0	0
Jueves 12:00 h -15:00 h	59	236	64	256	0	0
Jueves 17:00 h -20:00 h	61	244	70	280	0	0
Mayor		300		316		0

4.2.2.7.2. Porcentaje de vehículos pesados

En la siguiente Tabla 12 se visualiza el resumen de la cantidad de vehículos pesados que transitan por la estación 1 de la Intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima de acuerdo a los giros realizados a la izquierda o de manera directa.

Tabla 13

Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 1 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

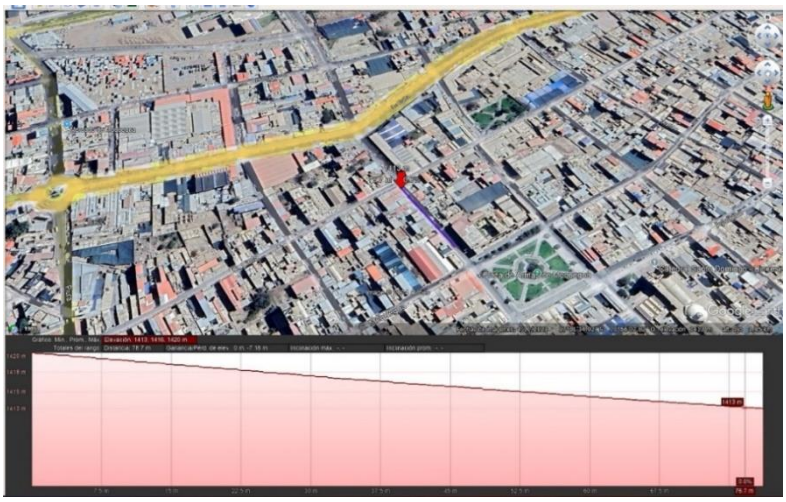
Dia - Hora	Izquierda %	Directo %	Derecha %
Sábado 6:00 h - 9:00 h	0	0	0
Sábado 12:00 h -15:00 h	0	0	0
Sábado 17:00 h -20:00 h	0	0	0
Martes 6:00 h - 9:00 h	0	0	0
Martes 12:00 h -15:00 h	0	0	0
Martes 17:00 h -20:00 h	0	0	0
Jueves 6:00 h - 9:00 h	0	0	0
Jueves 12:00 h -15:00 h	0	0	0
Jueves 17:00 h -20:00 h	0	0	0
Mayor	**0**	**0**	**0**

4.2.2.7.3. Pendiente

Para el cálculo de la pendiente se empleó el programa Google Earth mediante la herramienta de ángulos y medición de distancias. Se tomo la distancia de la Intersección semaforizada del tramo Ancash - calle Lima acceso 1, teniendo como resultado una pendiente de -7,18% como se visualiza en la siguiente Figura 28.

Figura 28

Pendiente estación 1 de la intersección semaforizada calle Ancash – calle Lima, acceso 1



Nota. Fuente Google Earth**.**

4.2.2.7.4. Parámetros de Entrada

Para el presente trabajo de investigación se basó en la Metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). En la Tabla 13 se detallan los parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos de la estación 1 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima.

Tabla 14

Parámetros de entrada resumen de la estación 1 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Tipo de condición	Parámetro	E1
Geométricos	Tipo de Área	CBD
	Número de carriles, N	1
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3,1
	pendiente, G (%)	-7,18
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	NO
	Extensión de bahía, LT o RT, Ls (m)	NO
	Estacionamiento	NO
	Flujo de saturación base, So (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	79
De transito	Transporte público que paran en la intersección, Nb(veh/h)	0
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	0

	Velocidad de aproximación, (km/h)	10
	Longitud del ciclo, C (s)	72
	Tiempo en verde, G (s)	36
	Ámbar, (s)	3
Semafóricos	Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, entre verde, Y(s)	3
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	1
	Periodo de análisis, T (h)	0,25

4.2.2.8. Estación 2

4.2.2.8.1. Resumen de Aforo Vehicular

La siguiente Tabla 14 muestra el resumen del conteo vehicular de la estación 2 ubicada en la intersección semaforizada de la calle Ancash – calle Lima de acuerdo a los giros realizados a la derecha o de manera directa.

Tabla 15

Resumen del aforo vehicular de la estación 2 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Dia – Hora	**Izquierda**		**Directo**		**Derecha**	
	Aforo (15min)	**(vph)**	Aforo (15min)	**(vph)**	Aforo (15min)	**(vph)**
Sábado 6:00h-9:00 h	0	0	95	380	84	336
Sábado 12:00h-15:00 h	0	0	98	392	85	340
Sábado 17:00h-20:00 h	0	0	95	380	79	316
Martes 6:00h-9:00 h	0	0	94	376	82	328
Martes 12:00h-15:00 h	0	0	99	396	74	296
Martes 17:00h -20:00 h	0	0	98	392	69	276
Jueves 6:00 h-9:00 h	0	0	98	392	89	356
Jueves 12:00h- 15:00 h	0	0	97	388	75	300
Jueves 17:00h- 20:00 h	0	0	92	368	74	296

Mayor	0	396	356

4.2.2.8.2. Porcentaje de vehículos pesados

En la siguiente Tabla 15 se visualiza el resumen de la cantidad de vehículos pesados que transitan por la estación 2 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima de acuerdo a los Giros realizados a la derecha o de manera directa.

Tabla 16

Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 2 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Día - Hora	Izquierda %	Directo %	Derecha %
Sábado 6:00h - 9:00h	0	0	0
Sábado 12:00h - 15:00h	0	0	0
Sábado 17:00h - 20:00h	0	0	0
Martes 6:00h - 9:00h	0	0	0
Martes 12:00h - 15:00h	0	0	0
Martes 17:00h - 20:00h	0	0	0
Jueves 6:00h - 9:00h	0	0	0
Jueves 12:00h - 15:00h	0	0	0
Jueves 17:00h - 20:00h	0	0	0
Mayor	**0**	**0**	**0**

4.2.2.8.3. Pendiente

Para el cálculo de la pendiente se empleó el Programa Google Earth mediante la herramienta de ángulos y medición de distancias. Se tomó la distancia de la intersección semaforizada del tramo Ancash - calle Lima acceso 2, teniendo como resultado una pendiente de -3,16% como se visualiza en la siguiente Figura 29.

Figura 29

Pendiente estación 1 de la intersección semaforizada calle Ancash – calle

Lima, acceso 2

Nota. Fuente Google Earth**.**

4.2.2.8.4. Parámetros de entrada

Para el presente trabajo de investigación se basó en la Metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). En la Tabla 16 se detallan los parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos de la estación 2 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima.

Tabla 17

Parámetros de entrada resumen de la estación 2 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Tipo de condición	Parámetro	E2
	Tipo de área	CBD
	Número de carriles, N	1
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3,35
Geométricos	pendiente, G (%)	-3,16
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	NO
	Extensión de bahía, LT o RT, Ls (m)	NO
	Estacionamiento	NO
	Flujo de saturación base, So (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	81
	Transporte público que paran en la intersección, Nb(veh/h)	0
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	0
De transito	Velocidad de aproximación, (km/h)	10

	Longitud del ciclo, C (s)	72
	Tiempo en verde, G (s)	30
	Ámbar, (s)	3
Semafóricos	Todo rojo + amarillo, inérvalo de cambio y despeje, entre verde, Y(s)	3
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	2
	Periodo de análisis, T (h)	0,25

4.2.3. Resultados de la Situación Actual de la intersección semaforizada

4.2.3.1. Aplicación de la Metodología HCM 2010

Como primer paso en la aplicación de la Metodología HCM 2010, se halló los ajustes de los volúmenes del tránsito vehicular de la hora pico en la intersección semaforizada en estudio, así mismo se realizó el cálculo de la capacidad de la vía y el análisis de la Tasa de Saturación de la intersección semaforizada; de manera posterior hallamos la demora uniforme, demora por cola inicial y la demora por control para determinar el nivel de servicio en la intersección semaforizada tramo calle Áncash - calle Lima.

Como se muestra en la siguiente Tabla 17 el cálculo de ajustes de los volúmenes vehiculares para la estación 1 y estación 2 a través del factor de hora pico el cual nos indica un calor de 0,960 s y por último el cálculo de proporción de giros a la derecha o a la izquierda según sea el caso.

Tabla 18

Ajustes de volúmenes de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Ajustes de volumen	Estación 1 E-1	Estación 2 E-2
Volumen, V (veh/h)	616,00	752,00
Volumen Izquierdo, Vizq (veh/h)	300	0
Volumen Directo, Vdir (veh/h)	316	396
Volumen Derecho, Vder (veh/h)	0	356
Factor de Hora Pico, PHF	0,96	0,96

Tasa de Flujo ajustado en el grupo de carriles, vp= V/PHF (veh/h)	642,00	783,00
Tasa de Flujo ajustado izquierda, (veh/h)	313,00	0,00
Tasa de Flujo ajustado directo, (veh/h)	329,00	412,00
Tasa de Flujo ajustado derecha, (veh/h)	0,00	371,00
Proporción de giros LT o RT (Plt o Prt)		
Proporción de giros izquierda Plt	0,487	0
Proporción de giros derecha Prt	0,000	0,473

La Tabla 18 muestra los valores de los factores de ajuste por ancho de carril, por vehículos pesados, por pendiente, por estacionamiento, por bloqueo de buses, por tipo de área, por utilización de carril, por giros, así como por patones y bicicletas; para el cálculo de la tasa de flujo de saturación para la estación 1 y estación 2.

Tabla 19

Tasa de flujo de saturación de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Tasa de flujo de saturación	**Estación 1 E-1**	**Estación 2 E-2**
Flujo de saturación ideal, So (veh/h)	1750	1750
Número de carriles, N	1	1
Ancho de carril, W	3,1	3,35
Factor de ajuste por ancho de carril, fw	0,94	0,97
Volumen de vehículos pesados, HV	0	0
porcentaje de vehículos pesados, %HV	0%	0%
Equivalente en vehículos livianos, Et = 2.0	2	2
Factor de ajuste por vehículos pesados, Fhv	1	1
porcentaje de pendiente en el grupo de carriles, %G	-7,18	-3,16
Factor de ajuste por pendiente, fg	1,036	1,016
Número de maniobras de estacionamiento por hora, Nm ≤ 180	NO	NO
Factor de ajuste por estacionamiento, fp ≥ 0.50	1	1
Número de buses que se detienen por hora, NB ≤ 250	0	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses, fbb ≥ 0.050	1	1
Tipo de área	CBD	CBD

Factor de ajuste por tipo de área, fa	0,9	0,9
Tasa de flujo no ajustada para el grupo de carriles, vg (veh/h)	616	752
Existencia de carriles exclusivos	NO	NO
Tasa de flujo no ajustada para el carril con mayor volumen, vg1 (veh/h)	316	396
Factor de ajuste por utilización de carril, fLU	1,949	1,899
Proporción de vueltas a la izquierda de vehículos	0,487	0
Factor de ajuste por giro a la izquierda, fLT	1,025	1
Proporción de vueltas a la derecha de vehículos	0	0,473
Factor de ajuste por giro a la derecha, fRT ≥ 0.050	1	0,929
Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la izquierda, fLpb	1	1
Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la derecha, fRpb	1	1
Flujo de saturación ajustado, S	3078,752	2744,023

Tal y como muestra la siguiente Tabla 19, se realizó el análisis y cálculo de la capacidad del grupo de carriles ‘’c’’ y la relación volumen - capacidad ‘’X’’ en la intersección semaforizada tramo calle Áncash – calle Lima.

Tabla 20

Análisis y estimación de la capacidad de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Análisis de capacidad	**Estación 1 E-1**	**Estación 2 E-2**
Fase	1	2
Tipo de Fase	PRE	PRE
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	642,00	783,00
Tasa de flujo de saturación ajustado, S (veh/h)	3078,752	2744,023
Tiempo perdido, tL (s)	3	3
Longitud de ciclo, c (s)	72	72
Tiempo de verde efectivo, g (s)	36	30
Proporción de verde, g / c	0,50	0,42
Capacidad del grupo de carriles, C = S (g / C)	1539,376	1143,343
Relación volumen-capacidad, X = v / C	0,417	0,685
Relación de flujo, v/s	0,209	0,285

Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos, Yc= ∑(v/s)	0,494
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)	6
Grado de saturación crítico, $\boldsymbol{Xc}$ = $(\boldsymbol{Yc})(\boldsymbol{C})/\ (\boldsymbol{C}-\boldsymbol{L})$	0,539

Como penúltimo paso según la Metodología HCM 2010 hallamos el tipo de llegada para la estación 1 y estación 2; analizamos el tipo de caso correspondiente para cada estación. Primero obtuvimos la demora por cola inicial ‘’d3’’ y después la demora Uniforme ‘’d1’’. Tal como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 21

Calculo por cola inicial y demora uniforme de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Cálculo de la demora uniforme y por cola inicial	**Estación 1 E-1**	**Estación 2 E-2**
Periodo de análisis	1	2
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25
Longitud de ciclo, c (s)	72	72
Proporción de verde, g / c	0,50	0,42
Relación volumen-capacidad, X = v / C	0,417	0,685
Cola inicial, Qb (veh/h)	17,00	18,00
Capacidad del grupo de carriles, C (veh/h)	1539,376	1143,343
Tipo de Llegada	AT1	AT2
Relación de pelotón, Rp	0,333	0,667
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,170	0,28
Factor de ajuste suplementario, Fpa	1	0,93
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,667	1,151
Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)		
t = min $[T_1 \frac{Q_b}{c(1-min(1,x)}]$	0,0189	0,0500
Parámetro de demora, u		

u = 1 - [cT * $\frac{[1-\min(1,x)}{Q_b)}$]	-	-
Caso de análisis	Caso III	Caso III
Caso I (no saturado) y II (saturado) (Qb=0)		
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)		
$d_3 = \frac{1800*Q_b*(1+u)*t}{C*T}$	No cumple	No cumple
Demore uniforme, d1 (s/veh)		
$d_1 = \frac{0{,}5*c(1-\frac{g}{c})^2}{1-[\min(1,x)*\frac{g}{c}]}$	No cumple	No cumple
Caso III (**Qb>0**), (**X≤1**), (**t<T**)		
Demora por cola inicial, **$d3$** (s/veh)		
$d_3 = \frac{1800*Q_b*t}{C*T}$	1,506	5,662
Demore uniforme, d1 (s/veh)		
$d_1 = 0.5*c\left(1-\frac{g}{c}\right)*\frac{t}{T}+\frac{0{,}5*c(1-\frac{g}{c})^2}{1-\left[\min(1,x)*\frac{g}{c}\right]}*\frac{T-t}{T}*\mathrm{PF}$	18,883	19,986
Caso IV (Qb>0), (X≤1), (t=T)		
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)		
$d_3 = \frac{1800*Q_b*(1+u)}{C}$	No cumple	No cumple
Demore uniforme, d1 (s/veh)		
$d_1 = 0{,}5*c(1-\frac{g}{C})$	No cumple	No cumple
Caso V (**Qb>0**), (**X>1**), (**t=T**)		
Demora por cola inicial, **$d3$** (s/veh)		
$d_3 = \frac{3600*Q_b}{C}$	No cumple	No cumple
Demore uniforme, **$d1$** (s/veh)		
$d_1 = 0.5*c(1-\frac{g}{C})$	No cumple	No cumple

Como último paso, se realizó el cálculo de la demora incremental ‘’d2’’ para determinar el nivel de servicio en el acceso 1 y acceso 2 correspondientes a las estaciones 1 y 2

respectivamente, del mismo modo para la intersección semaforizada. Como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 22

Cálculo de la demora Incremental y determinación del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Cálculo de la demora por control y determinación del nivel de servicio	**Estación 1 E-1**	**Estación 2 E-2**
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	642,00	783,00
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1539,376	1143,343
Relación $v/c = X$	0,417	0,685
Calibración de la demora incremental, k	0,50	0,50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente, I	1,000	1,000
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25
Tabla 23 (continuación)		
Demora incremental, d2 $d_2 = 900T\left[(x-1)+\sqrt{(x-1)^2+\frac{8*k*I*X}{c*T}}\right]$	0,834	3,342
Demora por cola inicial, d3	1,506	19,986
Demore uniforme, d1	18,883	5,662
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	1,667	1,151
Demora, d = d1(PF) + d2 + d3 (s/veh)	33,819	32,013
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ por grupo de carriles	C	C
Demora por acceso, dA = $\sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	33,819	32,013
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ por acceso	C	C
Tasa de flujo del acceso, VA (veh/h)	642,00	783,00
Demora de la intersección semaforizada	32,916	
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ de la intersección	C	

Según el análisis aplicando la Metodología HCM 2010 se determinó que la intersección semaforizada tramo calle Áncash - calle Lima cuenta con un nivel de servicio C.

4.3. Tramo calle Ancash con Avenida Balta

4.3.1. Descripción de la intersección semaforizada

La Segunda intersección semaforizada se encuentra ubicada en la calle Ancash interceptada con la Avenida Balta, ubicada en el centro del Departamento de Moquegua, cuya zona es de mayor afluencia vehicular puesto que se encuentra ubicada la el mercado central, la Universidad Nacional de Moquegua, Centro de Salud, Coliseo Mariano Lino Urquieta, Entidades Bancarias, Centros Comerciales, el Colegio I.E.E. Angela Barrios de Espinoza, siendo esta zona de estudio el principal conector en la ciudad, lo que resulta en una gran cantidad de movimiento vehicular durante las horas punta.

4.3.2. Datos de la intersección Vial

4.3.2.1. Ubicación

La Figura 30 muestra una imagen satelital detallada de la intersección semaforizada estudiada, recopilada mediante el programa Google Earth, brindando una visión clara de la ubicación de la intersección en estudio.

Figura 30

Vista satelital de las Intersecciones de la calle Ancash tramo Avenida Balta

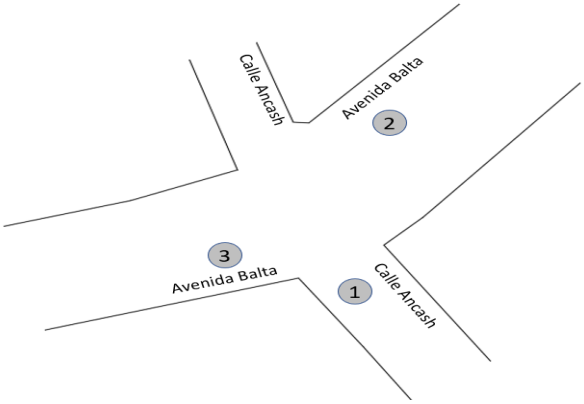
Nota. Fuente Google Earth.

4.3.2.2. Tramo Vial

En la Figura 31 se identificaron los accesos de la intersección semaforizada en estudio, visualizando dos accesos existentes denominados acceso 1, acceso 2 y acceso 3. En campo se obtuvieron los valores de los parámetros geométricos y de esta manera se obtuvieron las secciones viales de la zona de estudio.

Figura 31

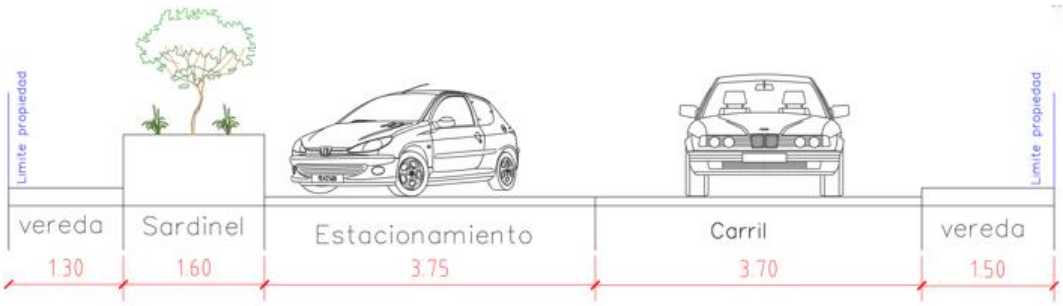
Accesos Identificados en la intersección de la calle Ancash con Avenida Balta



El acceso 1 consta de un ancho de vía de 11,85 m con una única calzada de 3,70m con un solo carril, como muestra la Figura 32.

Figura 32

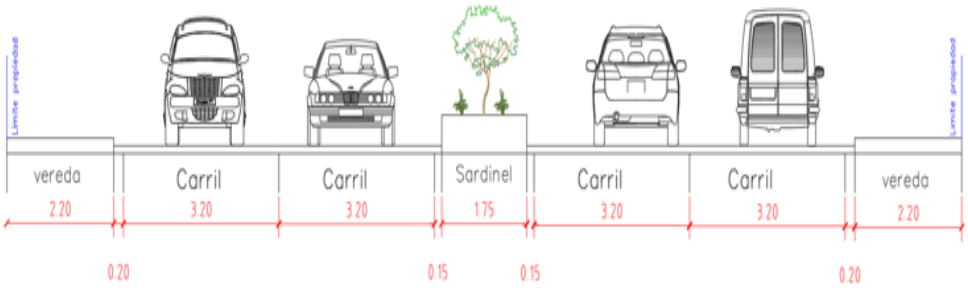
Sección vial del acceso 1 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta



El acceso 2 consta de un ancho de vía de 19,65m con dos calzadas de 6,40m cada una, cada calzada cuenta con dos carriles de 3,20m, como muestra la Figura 33.

Figura 33

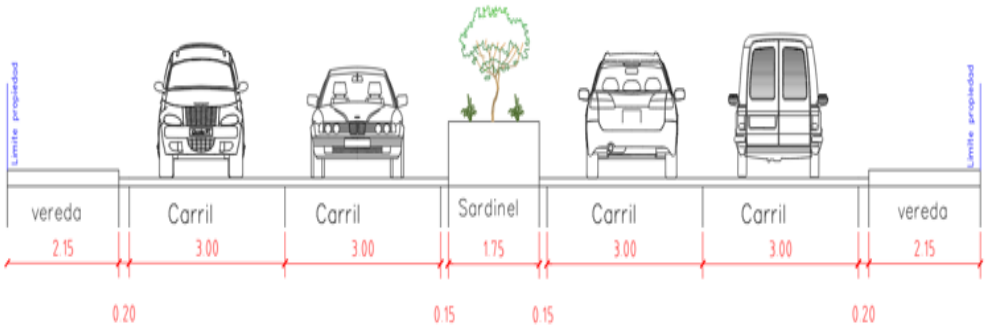
Sección vial del acceso 2 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta



El acceso 3 consta de un ancho de vía de 18,75m con dos calzadas de 6,00m cada una, cada calzada cuenta con dos carriles de 3,00m, como muestra la Figura 34.

Figura 34

Sección vial del acceso 3 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta



4.3.2.3. Estaciones de Conteo

La intersección semaforizada consta 3 Estaciones distribuidas y denominadas E-3, E-4 y E-5, correspondientes al tramo calle Ancash – Avenida Balta, tal y como lo muestra la Figura 35.

- Estación 3 (E-3), situada en la calle Ancash de Sur a Norte.
- Estación 4 (E-4), situada en la Avenida Balta de Este a Oeste.
- Estación 5 (E-5), situada en la Avenida Balta de Oeste a Este.

Figura 35

Ubicación de estaciones de conteo en la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Nota. Fuente Google Earth.

4.3.2.4. Esquemas de Carriles y Giros

En la Figura 36 se visualiza el esquema de carriles y giros de la intersección semaforizada del tramo de la calle Ancash –avenida Balta, identificando los tipos de giros mediante una previa visualización en campo.

La Figura 37 visualiza los giros de la estación 3 donde se tiene un tránsito vehicular para ir directo y realizar giros a la Izquierda y derecha.

La Figura 38 visualiza los giros de la estación 4 donde se tiene restringido el giro a la izquierda y un tránsito vehicular para ir directo o realizar giros a la derecha.

La Figura 38 visualiza los giros de la estación 5 donde se tiene restringido el giro a la izquierda y derecha y un tránsito vehicular para ir directo.

Figura 36

Esquema de carriles y giros en la intersección semaforizada tramo calle Áncash – calle Lima

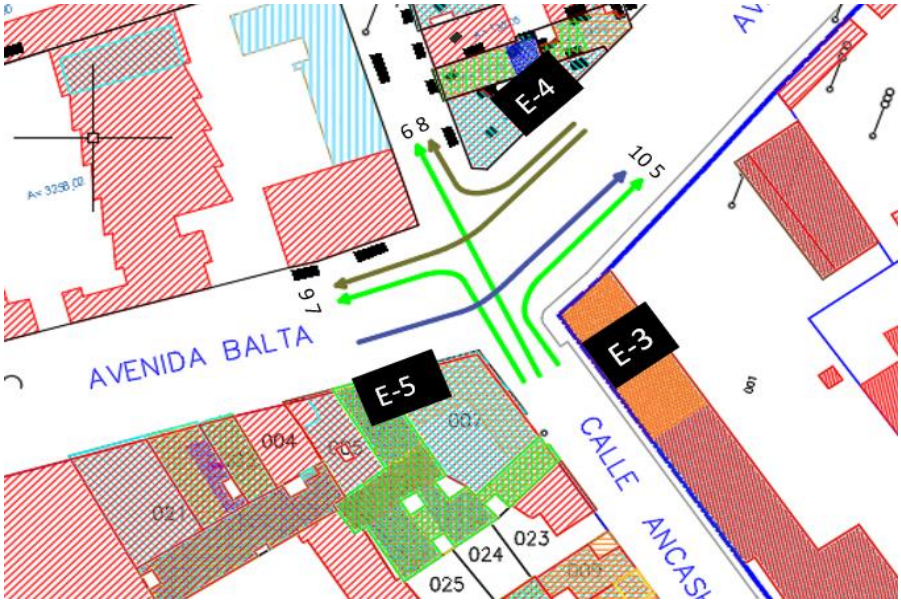


Figura 37

Esquema de giros en la intersección semaforizada, estación 3

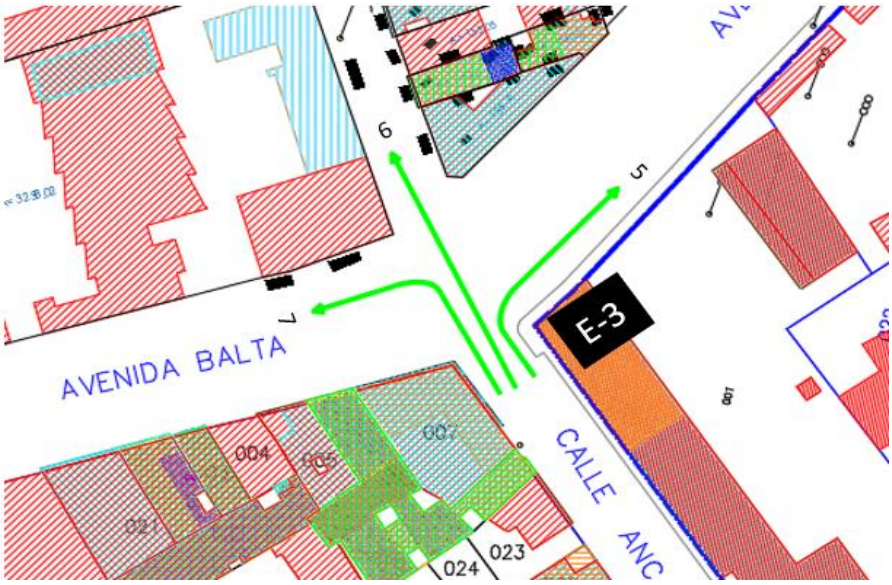
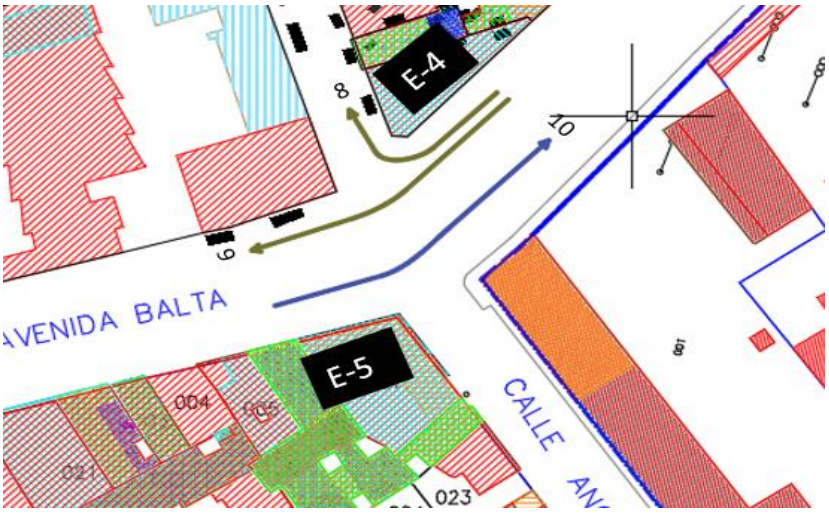


Figura 38

Esquema de giros en la intersección semaforizada, estación 4 y estación 5



4.3.2.5. Fases y Tiempos de Semaforización

La intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta cuenta con 3 Semáforos con tiempos predeterminados, cuyos datos se obtuvieron en campo con la toma de parámetros semafóricos, registrando los ciclos y tiempos en verde, ámbar y rojo de cada semáforo. En la Figura 39 se muestra los tiempos semafóricos de la estación 3, estación 4 y estación 5. Así mismo esta intersección cuenta con dos fases semafóricas, la primera fase correspondiente a la estación 3 y la Segunda fase a la estación 4 y 5 como se aprecia en la Figura 40.

Figura 39

Tiempos de semaforización de la intersección calle Ancash – Avenida Balta

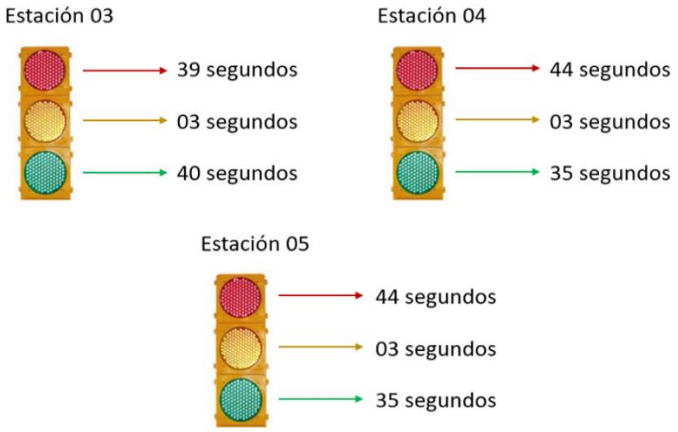
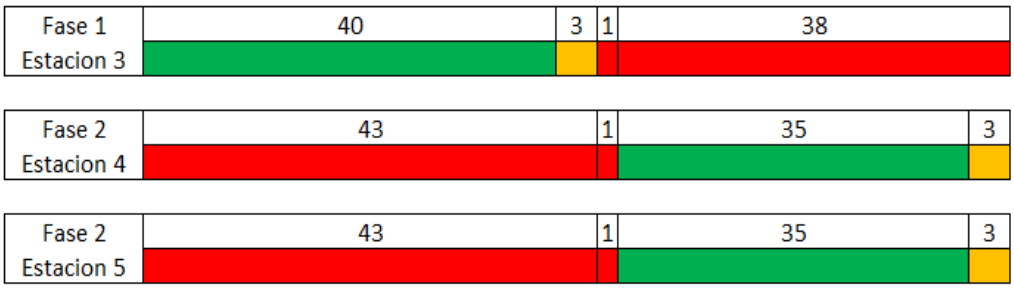


Figura 40

Diagrama de fases de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta



Tal y como se muestra en la Figura 39 donde se identificaron los tiempos semafóricos de la luz Verde, ámbar y rojo, aplicamos las ecuaciones según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010) para la obtención del rojo efectivo (Periodo el cual no se permiten acciones específicas en el área de estudio) y verde efectivo (Periodo el cual determina el tiempo que tienen los vehículos para pasar la intersección semaforizada). Considerando los valores de 2,5s y 2,5s para L1 y e respectivamente. Se observa de manera detallada en la siguiente Tabla 22.

Tabla 24

Cálculo de Intervalos del ciclo semafórico de la estación 3,4 y 5

Parámetro	estación 3	estación 4	estación 5
G	40	35	35
R	39	44	44
Y	3	3	3
L1	2.5	2.5	2.5
L2=Y-e	0.5	0.5	0.5
tL=L1+L2	3	3	3
e	2.5	2.5	2.5
g=G+Y-Tl	40	35	35
r=R-TR+Tl	42	47	47

4.3.2.6. Aforo Vehicular

Para el análisis del conteo vehicular se procesó en una hoja Excel en base a los datos recolectados en campo. En las siguientes Tablas 23, 24 y 25, se detalla el aforo vehicular mixto para cada estación en los tres días de recolección (sábado 17 martes 20 y jueves 22 de agosto del 2024) destacando los volúmenes totales en el período

analizado, indicando los 15 minutos críticos con mayor afluencia vehicular para la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta. Los datos de los conteos vehiculares se encuentran en el Anexo 2 para más detalle.

Tabla 25

Aforo vehicular del día sábado 17 de agosto en los accesos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Periodo	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	Total	60 min consecutivos
	E-3	E-4	E-5		
6:00 - 6.15 h	170	176	109	455	
6:15 - 6:30 h	151	156	124	431	
6:30 - 6:45 h	145	158	119	422	
6:45 - 7:00 h	167	168	136	471	1779
7:00 - 7:15 h	177	198	134	509	1833
7:15 - 7:30 h	178	227	121	526	1928
7:30 - 7:45 h	202	215	120	**537**	2043
7:45 - 8:00 h	182	176	115	473	**2045**
8:00 - 8:15 h	176	188	135	499	2035
8:15 - 8:30 h	179	179	129	487	1996
8:30 - 8:45 h	194	174	126	494	1953
8:45 - 9:00 h	167	181	131	479	1959
12:00 - 12:15 h	172	181	133	486	
12:15 - 12:30 h	184	172	139	495	
12:30 - 12:45 h	173	192	137	502	
12:45 - 13:00 h	181	185	147	513	1996
13:00 - 13:15 h	196	216	156	**568**	**2078**
13:15 - 13:30 h	182	180	122	484	2067
13:30 - 13:45 h	182	183	140	505	2070
13:45 - 14:00 h	173	191	127	491	2048
14:00 - 14:15 h	179	197	136	512	1992
14:15 - 14:30 h	175	182	137	494	2002
14:30 - 14:45 h	186	181	133	500	1997
14:45 - 15:00 h	185	175	156	516	2022

Tabla 26 (continuación)

Periodo	Estacion 3	Estacion 4	Estacion 5	Total	60 min consecutivos
17:00 - 17:15 h	172	179	129	480	
17:15 - 17:30 h	182	179	135	496	
17:30 - 17:45 h	171	181	136	488	
17:45 - 18:00 h	177	201	151	529	1993
18:00 - 18:15 h	186	207	165	**558**	2071
18:15 - 18:30 h	187	191	141	519	2094
18:30 - 18:45 h	173	186	132	491	**2097**
18:45 - 19:00 h	181	200	144	525	2093
19:00 - 19:15 h	181	211	141	533	2068
19:15 - 19:30 h	187	202	130	519	2068
19:30 - 19:45 h	172	204	134	510	2087
19:45 - 20:00 h	169	200	112	481	2043

Tabla 27

Aforo vehicular del día martes 20 de agosto en los accesos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Periodo	Estación 3 E-3	Estación 4 E-4	Estación 5 E-5	Total	60 min consecutivos
6:00 - 6.15 h	151	157	133	441	
6:15 - 6:30 h	131	152	138	421	
6:30 - 6:45 h	140	148	143	431	
6:45 - 7:00 h	160	154	145	459	1752
7:00 - 7:15 h	162	173	149	484	1795
7:15 - 7:30 h	160	206	145	**511**	1885
7:30 - 7:45 h	186	183	129	498	1952
7:45 - 8:00 h	180	174	145	499	1992
8:00 - 8:15 h	177	177	143	497	**2005**
8:15 - 8:30 h	167	173	142	482	1976
8:30 - 8:45 h	172	156	134	462	1940
8:45 - 9:00 h	150	156	128	434	1875
12:00 - 12:15 h	163	156	136	455	
12:15 - 12:30 h	162	154	144	460	

Tabla 28 (Continuación)

Periodo	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Total	60 min consecutivos
12:30 - 12:45 h	164	172	154	490	
12:45 - 13:00 h	167	169	156	492	1897
13:00 - 13:15 h	170	200	145	**515**	1957
13:15 - 13:30 h	149	159	162	470	**1967**
13:30 - 13:45 h	161	165	138	464	1941
13:45 - 14:00 h	144	179	141	464	1913
14:00 - 14:15 h	168	183	154	505	1903
14:15 - 14:30 h	155	161	154	470	1903
14:30 - 14:45 h	162	161	146	469	1908
14:45 - 15:00 h	170	167	140	477	1921
17:00 - 17:15 h	164	165	134	463	
17:15 - 17:30 h	175	157	140	472	
17:30 - 17:45 h	173	160	143	476	
17:45 - 18:00 h	184	176	137	497	1908
18:00 - 18:15 h	200	192	150	**542**	1987
18:15 - 18:30 h	179	170	137	486	2001
18:30 - 18:45 h	183	159	149	491	**2016**
18:45 - 19:00 h	177	174	135	486	2005
19:00 - 19:15 h	195	179	144	518	1981
19:15 - 19:30 h	171	176	137	484	1979
19:30 - 19:45 h	162	181	120	463	1951
19:45 - 20:00 h	145	170	129	444	1909

Tabla 29

Aforo vehicular del día jueves 22 de agosto en los accesos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Periodo	Estación 3 E-3	Estación 4 E-4	Estación 5 E-5	Total	60 min consecutivos
6:00 - 6.15 h	157	158	126	441	
6:15 - 6:30 h	138	145	126	409	
6:30 - 6:45 h	142	160	137	439	
6:45 - 7:00 h	150	153	130	433	1722

Tabla 30 (continuación)

Periodo	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Total	60 min consecutivos
7:00 - 7:15 h	172	187	128	487	1768
7:15 - 7:30 h	179	190	138	507	1866
7:30 - 7:45 h	165	203	142	**510**	1937
7:45 - 8:00 h	159	166	127	452	**1956**
8:00 - 8:15 h	161	171	129	461	1930
8:15 - 8:30 h	156	169	122	447	1870
8:30 - 8:45 h	176	158	127	461	1821
8:45 - 9:00 h	160	168	123	451	1820
12:00 - 12:15 h	168	167	160	495	
12:15 - 12:30 h	182	161	158	501	
12:30 - 12:45 h	153	179	147	479	
12:45 - 13:00 h	168	180	164	512	1987
13:00 - 13:15 h	184	216	157	**557**	**2049**
13:15 - 13:30 h	158	164	145	467	2015
13:30 - 13:45 h	169	172	159	500	2036
13:45 - 14:00 h	153	182	144	479	2003
14:00 - 14:15 h	174	182	142	498	1944
14:15 - 14:30 h	165	171	156	492	1969
14:30 - 14:45 h	177	168	152	497	1966
14:45 - 15:00 h	176	178	163	517	2004
17:00 - 17:15 h	164	169	107	440	
17:15 - 17:30 h	166	162	136	464	
17:30 - 17:45 h	175	162	162	499	
17:45 - 18:00 h	171	181	136	488	1891
18:00 - 18:15 h	178	193	156	**527**	1978
18:15 - 18:30 h	180	182	153	515	**2029**
18:30 - 18:45 h	155	166	154	475	2005
18:45 - 19:00 h	166	187	140	493	2010
19:00 - 19:15 h	179	196	159	534	2017
19:15 - 19:30 h	159	188	142	489	1991
19:30 - 19:45 h	157	181	138	476	1992
19:45 - 20:00 h	143	189	133	465	1964

Con los datos obtenidos del conteo vehicular y los 15 minutos críticos; hallaremos el Factor de Hora Pico (FHP) del día Sábado 17 de agosto del 2024 en el rango de 13:00 h a 13:15 h, aplicando la ecuación 28 y dando como resultado un FHP de 0,923.

$$FHP = \frac{V}{Vp} \tag{28}$$

$$FHP = \frac{V}{4 * V_{15}}$$

$$FHP = \frac{2097}{4 * 568}$$

$$FHP = 0{,}923\ s$$

4.3.2.7. Estación 3

4.3.2.7.1. Resumen de Aforo Vehicular

La siguiente Tabla 26 muestra el resumen del conteo vehicular de la estación 3 ubicada en la intersección semaforizada de la calle Ancash – Av. Balta de acuerdo a los giros realizados a la izquierda, derecha y de manera directa.

Tabla 31

Resumen del aforo vehicular de la estación 3 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Dia - Hora	**Izquierda**		**Directo**		**derecha**	
	Aforo (15min)	**(vph)**	Aforo (15min)	**(vph)**	Aforo (15min)	**(vph)**
Sábado 6:00h - 9:00h	36	144	102	408	68	272
Sábado 12:00h – 15:00h	33	132	98	392	71	284
Sábado 17:00h - 20:00h	36	144	105	420	56	224
Martes 6:00h - 9:00h	40	160	98	392	58	232
Martes 12:00h - 15:00h	37	148	93	372	61	244
Martes 17:00h - 20:00h	42	168	115	460	56	224
Jueves 6:00h - 9:00h	34	136	91	364	62	248
Jueves 12:00h - 15:00h	40	160	98	392	63	252
Jueves 17:00h - 20:00h	34	136	99	396	52	208
Mayor		168		460		284

4.3.2.7.2. Porcentaje de vehículos pesados

En la siguiente Tabla 27 se visualiza el resumen de la cantidad de vehículos pesados que transitan por la estación 3 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Av. Balta de acuerdo a los giros realizados a la izquierda, derecha y de manera directa.

Tabla 32

Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 3 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

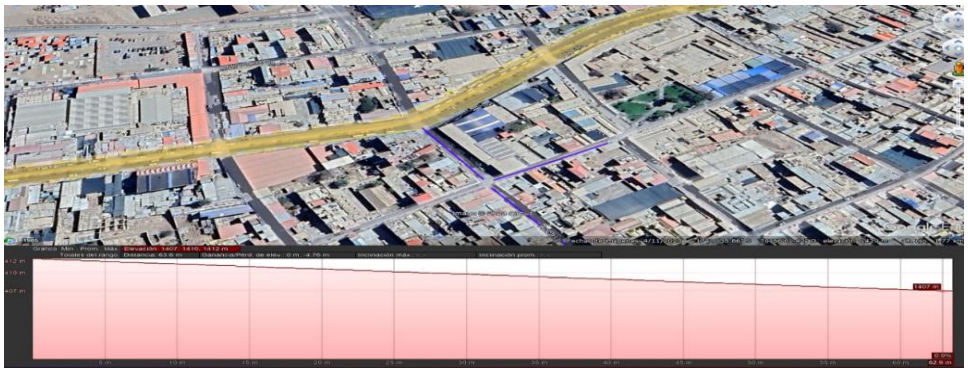
Día - Hora	Izquierda %	Directo %	derecha %
Sábado 6:00h - 9:00h	0	0	0
Sábado 12:00h - 15:00h	0	0	0
Sábado 17:00h - 20:00h	0	0	0
Martes 6:00h - 9:00h	0	0	0
Martes 12:00h - 15:00h	0	0	0
Martes 17:00h - 20:00h	0	0	0
Jueves 6:00h - 9:00h	0	0	0
Jueves 12:00h - 15:00h	0	0	0
Jueves 17:00h - 20:00h	0	0	0
Mayor	**0**	**0**	**0**

4.3.2.7.3. Pendiente

Para el cálculo de la pendiente se empleó el programa Google Earth mediante la herramienta de ángulos y medición de distancias. Se tomó la distancia de la intersección semaforizada del tramo Ancash – Av. Balta acceso 1, teniendo como resultado una pendiente de -4,76% como se visualiza en la siguiente Figura 41.

Figura 41

Pendiente estación 3 de la intersección semaforizada calle Ancash – Avenida Balta, acceso 1



Nota. Fuente Google Earth.

4.3.2.7.4. Parámetros de entrada

Para el presente trabajo de investigación se basó en la Metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). En la Tabla 28 se detallan los parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos de la estación 3 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Av. Balta.

Tabla 33

Parámetros de entrada resumen de la estación 3 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Tipo de condición	Parámetro	E3
Geométricos	Tipo de área	CBD
	Número de carriles, N	1
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3,7
	pendiente, G (%)	-4,76
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	NO
	Extensión de bahía, LT o RT, Ls (m)	NO
	Estacionamiento	SI
De transito	Flujo de saturación base, So (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	98
	Transporte público que paran en la intersección, Nb(veh/h)	22
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	15
	Velocidad de aproximación, (km/h)	15
Semafóricos	Longitud del ciclo, C (s)	82
	Tiempo en verde, G (s)	40
	Ámbar, (s)	3
	Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, entre verde, Y(s)	3
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	1
	Periodo de análisis, T (h)	0,25

4.3.2.8. Estación 4

4.3.2.8.1. Resumen de Aforo Vehicular

La siguiente Tabla 29 muestra el resumen del conteo vehicular de la estación 4 Ubicada en la intersección semaforizada de la calle Ancash – Av. Balta de acuerdo a los giros realizados a la derecha y de manera directa.

Tabla 34

Resumen del aforo vehicular de la estación 4 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

	Izquierda		Directo		derecha	
Dia - Hora	**Aforo (15min)**	**(vph)**	**Aforo (15min)**	**(vph)**	**Aforo (15min)**	**(vph)**
Sábado 6:00h - 9:00h	0	0	138	552	89	356
Sábado 12:00h - 15:00h	0	0	133	532	84	336
Sábado 17:00h - 20:00h	0	0	126	504	87	348
Martes 6:00h - 9:00h	0	0	132	528	82	328
Martes 12:00h - 15:00h	0	0	125	500	83	332
Martes 17:00h - 20:00h	0	0	108	432	82	328
Jueves 6:00h - 9:00h	0	0	121	484	82	328
Jueves 12:00h - 15:00h	0	0	138	552	78	312
Jueves 17:00h - 20:00h	0	0	117	468	80	320
Mayor		0		552		356

4.3.2.8.2. Porcentaje de vehículos pesados

En la siguiente Tabla 30 se visualiza el resumen de la cantidad de vehículos pesados que transitan por la estación 4 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Av. Balta de acuerdo a los giros realizados a la derecha y de manera directa.

Tabla 35

Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 4 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Día - Hora	Izquierda %	Directo %	derecha %
Sábado 6:00h - 9:00h	0	0	0
Sábado 12:00h - 15:00h	0	0	0
Sábado 17:00h - 20:00h	0	0	0
Martes 6:00h - 9:00h	0	0	0
Martes 12:00h - 15:00h	0	0	0
Martes 17:00h - 20:00h	0	0	0
Jueves 6:00h - 9:00h	0	0	0
Jueves 12:00h - 15:00h	0	0	0
Jueves 17:00h - 20:00h	0	0	0
Mayor	**0**	**0**	**0**

4.3.2.8.3. Pendiente

Para el cálculo de la pendiente se empleó el Programa Google Earth mediante la herramienta de ángulos y medición de distancias. Se tomó la distancia de la intersección semaforizada del tramo Ancash – Av. Balta acceso 2, teniendo como resultado una pendiente de +3,32% como se visualiza en la siguiente Figura 42.

Figura 42

Pendiente estación 4 de la intersección semaforizada calle Ancash – Avenida Balta, acceso 2

Nota..Fuente Google Earth.

4.3.2.8.4. Parámetros de entrada

Para el presente trabajo de investigación se basó en la Metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). En la Tabla 31 se detallan los parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos de la estación 4 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Av. Balta.

Tabla 36

Parámetros de entrada resumen de la estación 4 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Tipo de condición	Parámetro	E4
Geométricos	Tipo de área	CBD
	Número de carriles, N	2
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3,2
	pendiente, G (%)	3,32
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	NO
	Extensión de bahía, LT o RT, Ls (m)	NO
	Estacionamiento	NO
De transito	Flujo de saturación base, So (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	93
	Transporte público que paran en la intersección, Nb(veh/h)	0
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	0
	Velocidad de aproximación, (km/h)	15
Semafóricos	Longitud del ciclo, C (s)	82
	Tiempo en verde, G (s)	35
	Ámbar, (s)	3
	Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, entre verde, Y(s)	3
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	2
	Periodo de análisis, T (h)	0,25

4.3.2.9. Estación 5

4.3.2.9.1. Resumen de Aforo Vehicular

La siguiente Tabla 32 muestra el resumen del Conteo Vehicular de la estación 5 ubicada en la intersección semaforizada de la calle Ancash – Av. Balta de acuerdo a los Giros realizados de forma directa.

Tabla 37

Resumen del aforo vehicular de la estación 5 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Dia - Hora	Izquierda		Directo		derecha	
	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)	Aforo (15min)	(vph)
Sábado 6:00h - 9:00h	0	0	135	540	0	0
Sábado 12:00h - 15:00h	0	0	156	624	0	0
Sábado 17:00h - 20:00h	0	0	165	660	0	0
Martes 6:00h - 9:00h	0	0	143	572	0	0
Martes 12:00h - 15:00h	0	0	162	648	0	0
Martes 17:00h - 20:00h	0	0	150	600	0	0
Jueves 6:00h - 9:00h	0	0	142	568	0	0
Jueves 12:00h - 15:00h	0	0	164	656	0	0
Jueves 17:00h - 20:00h	0	0	162	648	0	0
Mayor		0		660		0

4.3.2.9.2. Porcentaje de vehículos pesados

En la siguiente Tabla 33 se visualiza el resumen de la cantidad de vehículos pesados que transitan por la estación 5 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Av. Balta de acuerdo a los giros realizados de forma directa.

Tabla 38

Resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 5 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Día - Hora	Izquierda %	Directo %	derecha %
Sábado 6:00h - 9:00h	0	0	0
Sábado 12:00h - 15:00h	0	0	0
Sábado 17:00h - 20:00h	0	0	0
Martes 6:00h - 9:00h	0	0	0
Martes 12:00h - 15:00h	0	0	0
Martes 17:00h - 20:00h	0	0	0
Jueves 6:00h - 9:00h	0	0	0
Jueves 12:00h – 15:00h	0	0	0
Jueves 17:00h - 20:00h	0	0	0
Mayor	**0**	**0**	**0**

4.3.2.9.3. Pendiente

Para el cálculo de la pendiente se empleó el programa Google Earth mediante la herramienta de ángulos y medición de distancias. Se tomó la distancia de la intersección semaforizada del tramo Ancash – Av. Balta acceso 3, teniendo como resultado una pendiente de -1,24% como se visualiza en la siguiente Figura 43.

Figura 43

Pendiente estación 5 de la intersección semaforizada calle Ancash – Avenida Balta, acceso 3

Nota. Fuente Google Earth.

4.3.2.9.4. Parámetros de entrada

Para el presente trabajo de investigación se basó en la Metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). En la Tabla 34 se detallan los parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos de la estación 5 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Av. Balta.

Tabla 39

Parámetros de entrada resumen de la estación 5 de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Tipo de condición	Parámetro	E5
Geométricos	Tipo de área	CBD
	Número de carriles, N	2
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3
	pendiente, G (%)	-1,24
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	NO
	Extensión de bahía, LT o RT, Ls (m)	NO
	Estacionamiento	NO
De transito	Flujo de saturación base, So (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	96
	Transporte público que paran en la intersección, Nb(veh/h)	0
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	0
	Velocidad de aproximación, (km/h)	15
Semafóricos	Longitud del ciclo, C (s)	82
	Tiempo en verde, G (s)	35
	Ámbar, (s)	3
	Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, entre verde, Y(s)	3
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	2
	Periodo de análisis, T (h)	0,25

4.3.3. Resultados de la Situación Actual de la intersección semaforizada

4.3.3.1. Aplicación de la Metodología HCM 2010

Como primer paso en la aplicación de la Metodología HCM 2010, se halló los ajustes de los volúmenes del tránsito vehicular de la hora pico en la intersección semaforizada en estudio, así mismo se realizó el cálculo de la capacidad de la vía y el análisis de la tasa de saturación de la intersección semaforizada; de manera posterior hallamos la

demora uniforme, demora por cola Inicial y la demora por control para determinar el nivel de servicio en la intersección semaforizada tramo calle Áncash – Avenida Balta. Como se muestra en la siguiente Tabla 35 el cálculo de ajustes de los volúmenes vehiculares para la estación 3, estación 4 y estación 5 a través del factor de Hora Pico el cual nos indica un calor de 0,923 s y por último el cálculo de proporción de giros a la derecha o a la izquierda según sea el caso.

Tabla 40

Ajustes de volúmenes de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Ajustes de volumen	**Estación 3**	**Estación 4**	**Estación 5**
	E-3	**E-4**	**E-5**
Volumen, V (veh/h)	912,00	908,00	660,00
Volumen Izquierdo, Vizq (veh/h)	168	0	0
Volumen Directo, Vdir (veh/h)	460	552	660
Volumen Derecho, Vder (veh/h)	284	356	0
Factor de Hora Pico, PHF	0,923	0,923	0,923
Tasa de Flujo ajustado en el grupo de carriles, vp= V/PHF (veh/h)	988,00	984,00	715,00
Tasa de Flujo ajustado izquierda, (veh/h)	182,00	0,00	0,00
Tasa de Flujo ajustado directo, (veh/h)	498,00	598,00	715,00
Tasa de Flujo ajustado derecha, (veh/h)	308,00	386,00	0,00
Proporción de giros LT o RT (Plt o Prt)			
Proporción de Giros Izquierda Plt	0,184	0,000	0,000
Proporción de giros derecha Prt	0,311	0,392	0,000

La Tabla 36 muestra los valores de los factores de ajuste por ancho de carril, por vehículos pesados, por pendiente, por estacionamiento, por bloqueo de buses, por tipo de área, por utilización de carril, por giros, así como por patones y bicicletas; para el cálculo de la tasa de flujo de saturación para la estación 3, estación 4 y estación 5.

Tabla 41

Tasa de flujo de saturación de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Tasa de flujo de saturación	Estación 3 E-3	Estación 4 E-4	Estación 5 E-5
Flujo de saturación ideal, So (veh/h)	1750	1750	1750
Número de carriles, N	1	2	2
Ancho de carril, W	3,7	3,2	3
Factor de ajuste por ancho de carril, fw	1,01	0,956	0,933
Volumen de vehículos pesados, HV	0	0	0
porcentaje de vehículos pesados, %HV	0%	0%	0%
Equivalente en vehículos livianos, Et = 2.0	2	2	2
Factor de ajuste por vehículos pesados, Fhv	1	1	1
porcentaje de pendiente en el grupo de carriles, %G	-4,76	3,32	-1,24
Factor de ajuste por pendiente, fg	1,0238	0,983	1,006
Número de maniobras de estacionamiento por hora, Nm ≤ 180	SI	NO	NO
Factor de ajuste por estacionamiento, fp ≥ 0,50	0,825	1	1
Número de buses que se detienen por hora, NB ≤ 250	22	0	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses, fbb ≥ 0,050	0,912	1	1
Tipo de área	CBD	CBD	CBD
Factor de ajuste por tipo de área, fa	0,9	0,9	0,9
Tasa de flujo no ajustada para el grupo de carriles, vg (veh/h)	912	908	660
Existencia de carriles exclusivos	NO	NO	NO
Tasa de flujo no ajustada para el carril con mayor volumen, vg1 (veh/h)	460	552	660
Factor de ajuste por utilización de carril, fLU	1,983	0,822	0,5
Proporción de vueltas a la izquierda de vehículos	0,184	0	0
Factor de ajuste por giro a la izquierda, fLT	1,009	1	1
Proporción de vueltas a la derecha de vehículos	0,311	0,392	0
Factor de ajuste por giro a la derecha, fRT ≥ 0,050	0,953	0,941	1
Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la izquierda, fLpb	1,000	1	1
Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la derecha, fRpb	1,000	1	1
Flujo de saturación ajustado, S	2340,043	2291,345	1479,114

Tal y como muestra la siguiente tabla 37, se realizó el análisis y cálculo de la capacidad del grupo de carriles ‘’c’’ y la relación volumen - capacidad ‘’X’’ en la intersección semaforizada tramo calle Áncash – Avenida Balta.

Tabla 42

Análisis y estimación de la capacidad de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Análisis de capacidad	**Estación 3**	**Estación 4**	**Estación 5**
	E-3	**E-4**	**E-5**
Fase	1	2	2
Tipo de Fase	PRE	PRE	PRE
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	988,00	984,00	715,00
Tasa de flujo de saturación ajustado, S (veh/h)	2340,043	2291,345	1479,114
Tiempo perdido, tL (s)	3	3	3
Longitud de ciclo, c (s)	82	82	82
Tiempo de verde efectivo, g (s)	40	35	35
Proporción de verde, g / c	0,49	0,43	0,43
Capacidad del grupo de carriles, C = S (g / C)	1141,484	978,013	631,329
Relación volumen-capacidad, X = v / C	0,866	1,006	1,133
Relación de flujo, v/s	0,422	0,429	0,483
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos, Yc= ∑(v/s)		1.335	
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)		9	
Grado de saturación crítico, $\boldsymbol{Xc} = (\boldsymbol{Yc})(\boldsymbol{C})/(\boldsymbol{C}-\boldsymbol{L})$		1,500	

Como penúltimo paso según la Metodología HCM 2010 hallamos el tipo de llegada para la estación 3, estación 4 y estación 5; analizamos el tipo de caso correspondiente para cada estación. Primero obtuvimos la demora por cola inicial ‘’d3’’ y después la demora uniforme ‘’d1’’. Tal como se muestra en la Tabla 38.

Tabla 43

Calculo por cola inicial y demora uniforme de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Cálculo de la demora uniforme y por cola inicial	**Estación 3** **E-3**	**Estación 4** **E-4**	**Estación 5** **E-5**
Periodo de análisis	1	2	2
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	1,25
Longitud de ciclo, c (s)	82	82	82
Proporción de verde, g / c	0,49	0,43	0,43
Relación volumen-capacidad, X = v / C	0,866	1,006	1,133
Cola inicial, Qb (veh/h)	23,00	12,00	7,00
Capacidad del grupo de carriles, C (veh/h)	1141,484	978,013	631,329
Tipo de Llegada	AT2	AT3	AT3
Relación de pelotón, Rp	0,667	1	1
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,330	0,43	0,43
Factor de ajuste suplementario, Fpa	0,93	1	1
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,225	1,000	1,000
Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h) $t = \min [T_1 \frac{Q_h}{c(1-min(1,x)}]$	0,1499	0,2500	0,2500
Parámetro de demora, u $u = 1 - [cT * \frac{[1-\min(1,x)}{Q_b)}]$	-	-	-
Caso de análisis Caso I (no saturado) y II (saturado) (Qb=0)	Caso III	Caso V	Caso V
Demora por cola inicial, $d3$ (s/veh) $d_3 = \frac{1800*Q_b*(1+u)*t}{C*T}$	No cumple	No cumple	No cumple
Demora uniforme, $d1$ (s/veh) $d_1 = \frac{0,5*c(1-\frac{g}{c})^2}{1-[\min(1,x)*\frac{g}{c}]}$	No cumple	No cumple	No cumple
Caso III (**Qb>0**), (**X≤1**), (**t<T**)			

Tabla 44 (continuación)

Cálculo de la demora uniforme y por cola inicial	**Estación 3**	**Estación 4**	**Estación 5**
Demora por cola inicial, $\boldsymbol{d3}$ (s/veh)	**E-3**	**E-4**	**E-5**
$d_3 = \frac{1800*Q_b*t}{C*T}$	21,74	No cumple	No cumple
Demora uniforme, d1 (s/veh)			
$d_1 = 0.5 * c\left(1-\frac{g}{c}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5*c(1-\frac{g}{c})^2}{1-\left[\min(1,x)*\frac{g}{c}\right]} * \frac{T-t}{T} * \mathrm{PF}$	21,723	No cumple	No cumple
Caso IV (Qb>0), (X≤1), (t=T)			
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)			
$d_3 = \frac{1800*Q_b*(1+u)}{C}$	No cumple	No cumple	No cumple
Demora uniforme, d1 (s/veh)			
$d_1 = 0,5 * c(1-\frac{g}{C})$	No cumple	No cumple	No cumple
Caso V ($\boldsymbol{Qb}$>**0**), ($\boldsymbol{X}$>**1**), ($\boldsymbol{t}$=$\boldsymbol{T}$)			
Demora por cola inicial, $\boldsymbol{d3}$ (s/veh)			
$d_3 = \frac{3600*Q_b}{C}$	No cumple	44,171	39,916
Demora uniforme, $\boldsymbol{d1}$ (s/veh)			
$d_1 = 0,5 * c(1-\frac{g}{C})$	No cumple	23,5	23,5

Como último paso, se realizó el cálculo de la demora incremental ‘’d2’’ para determinar el nivel de servicio en el acceso 1, acceso 2 y acceso 5 correspondientes a las estaciones 3, 4 y 5 respectivamente, del mismo modo para la intersección semaforizada. Como se muestra en la Tabla 39.

Tabla 45

Cálculo de la demora incremental y determinación del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Cálculo de la demora por control y determinación del nivel de servicio	**Estación 3**	**Estación 4**	**Estación 5**
	E-3	**E-4**	**E-5**
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	988,00	984,00	715,00
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1141,484	978,013	631,329
Relación $v/c = X$	0,866	1,006	1,133
Calibración de la demora incremental, k	0,50	0,50	0,50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente, I	1,000	1,000	1,000
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Demora incremental, $\boldsymbol{d2}$ $d_2 = 900T\left[(x-1)+\sqrt{(x-1)^2+\frac{8*k*I*X}{c*T}}\right]$	4,709	30,277	78,216
Demora por cola inicial, d3	21,74	44,171	39,916
Demore uniforme, d1	21,723	23,500	23,500
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	1,225	1,000	1,000
Demora, d = d1(PF) + d2 + d3 (s/veh)	53,057	97,948	141,632
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ por grupo de carriles	D	F	F
Demora por acceso, $dA = \sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	53,057	97,948	141,632
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ por acceso	D	F	F
Tasa de flujo del acceso, VA (veh/h)	988,00	984,00	715,00
Demora de la intersección semaforizada		97,55	
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ de la intersección		F	

Según el análisis aplicando la Metodología HCM 2010 se determinó que la intersección semaforizada tramo calle Áncash – Av. Balta cuenta con un nivel de servicio F.

4.4. Propuestas de Solución para la intersección Vial calle Ancash con calle Lima

4.4.1. Propuestas de Solución

El análisis del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima nos da como resultado un NS ‘’C’, teniendo en cuenta que la intersección analizada no sufrirá cambios en su sección vial puesto que es una calle estrecha, no cuenta con estacionamientos, y considerando que el cambio de carriles generaría congestión vehicular en las intersecciones adyacentes, la solución planteada es la siguiente:

- **Nuevos Tiempos semafóricos**

Para las estaciones E-1 y E-2 se disminuyó el ciclo semafórico garantizando una óptima distribución de tiempos, mediante ajustes de los tiempos en verde, ámbar y rojo.

En el cambio de ciclo semafórico se consideraron los siguientes factores:

-Factores de Trafico: Se considero el volumen de tráfico, la velocidad promedio de la vía la cual cuenta con una velocidad de aproximación de 10km/h y el tipo de tráfico que circula en la intersección semaforizada que es de tráfico liviano.

-Factores de Seguridad: Se analizo si es una zona de accidentes frecuentes; el conflicto existente entre tráfico vehicular y peatonal por el cual se incluyó en semáforos peatonales y la visibilidad que tienen los conductores cuando circulan por la intersección semafórica.

-Factores de Eficiencia: Se evaluó los tiempos de espera; el flujo vehicular y la capacidad de la intersección en estudio.

-Factores de Accesibilidad: Se analizo el acceso para los peatones asegurando el tiempo necesario para el cruce peatonal.

-Factores de Mantenimiento: Se aseguro que sea un sistema confiable mediante la aplicación de la Metodología HCM 2010 el cual no requiera reparaciones frecuentes en los tiempos semafóricos.

Al no encontrarse normado el tiempo de precaución y considerando que la intersección semaforizada en estudio está conformada por dos calles con secciones viales reducidas, teniendo en cuenta las necesidades específicas de la zona previo análisis es que se consideró la eliminación del tiempo en ámbar mejorando la fluidez del tráfico sin perjudicar a los conductores en la reacción de frenado.

A continuación, en la Figura 44 se muestran los nuevos tiempos semafóricos propuestos para la intersección semaforizada calle Ancash – calle Lima. Asimismo, en la Figura 45 se ilustra el nuevo diagrama de fases semaforizas propuestas incluyendo tiempos de paso peatonal.

Figura 44

Tiempos de semaforización propuestos de la intersección calle Ancash – calle Lima

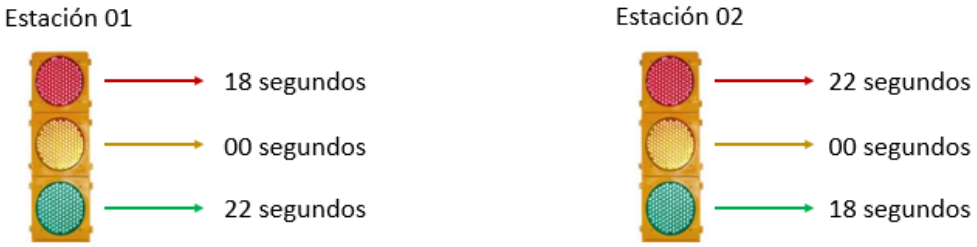
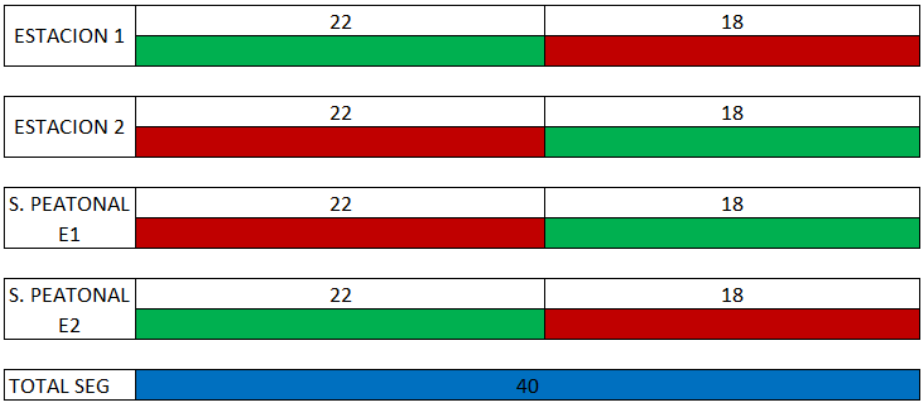


Figura 45

Diagrama de fases propuestos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima



Con los tiempos establecidos propuestos para cada ciclo semafórico, actualizamos los parámetros de entradas para la E-1 y E-2 para la obtención del nivel de servicio aplicando la Metodología HCM 2010.

4.4.2. Aplicación de la Metodología HCM 2010

Como se muestra en la siguiente Tabla 40 el cálculo de ajustes de los volúmenes vehiculares para la estación 1 y estación 2 siguen siendo los mismos puesto que no se restringieron los giros en los accesos, evitando congestión vehicular en las calles adyacentes.

Tabla 46

Ajustes de volúmenes de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Ajustes de volumen	Estación 1 E-1	Estación 2 E-2
Volumen, V (veh/h)	616,00	752,00
Volumen Izquierdo, Vizq (veh/h)	300	0
Volumen Directo, Vdir (veh/h)	316	396
Volumen Derecho, Vder (veh/h)	0	356
Factor de Hora Pico, PHF	0,96	0,96
Tasa de Flujo ajustado en el grupo de carriles, vp= V/PHF (veh/h)	642,00	783,00
Tasa de Flujo ajustado izquierda, (veh/h)	313,00	0,00
Tasa de Flujo ajustado directo, (veh/h)	329,00	412,00
Tasa de Flujo ajustado derecha, (veh/h)	0,00	371,00
Proporción de giros LT o RT (Plt o Prt)		
Proporción de Giros Izquierda Plt	0,487	0
Proporción de giros derecha Prt	0,000	0,473

La Tabla 41 muestra los valores de los factores de ajuste por ancho de carril, por vehículos pesados, por pendiente, por estacionamiento, por bloqueo de buses, por tipo de área, por utilización de carril, por giros, así como por patones y bicicletas; para el cálculo de la tasa de flujo de saturación para la estación 1 y estación 2. Sin cambios significativos puesto que no hubo modificaciones; considerando que el factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha e izquierda es 1 por la inexistencia de carriles exclusivos.

Tabla 47

Tasa de flujo de saturación de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Tasa de flujo de saturación	Estación 1 E-1	Estación 2 E-2
Flujo de saturación ideal, So (veh/h)	1750	1750
Número de carriles, N	1	1
Ancho de carril, W	3,1	3,35
Factor de ajuste por ancho de carril, fw	0,94	0,97
Volumen de vehículos pesados, HV	0	0
porcentaje de vehículos pesados, %HV	0%	0%
Equivalente en vehículos livianos, Et = 2.0	2	2
Factor de ajuste por vehículos pesados, Fhv	1	1
porcentaje de pendiente en el grupo de carriles, %G	-7,18	-3,16
Factor de ajuste por pendiente, fg	1,036	1,016
Número de maniobras de estacionamiento por hora, Nm ≤ 180	NO	NO
Factor de ajuste por estacionamiento, fp ≥ 0,50	1	1
Número de buses que se detienen por hora, NB ≤ 250	0	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses, fbb ≥ 0,050	1	1
Tipo de área	CBD	CBD
Factor de ajuste por tipo de área, fa	0,9	0,9
Tasa de flujo no ajustada para el grupo de carriles, vg (veh/h)	616	752
Existencia de carriles exclusivos	NO	NO
Tasa de flujo no ajustada para el carril con mayor volumen, vg1 (veh/h)	316	396
Factor de ajuste por utilización de carril, fLU	1,949	1,899
Proporción de vueltas a la izquierda de vehículos	0,487	0
Factor de ajuste por giro a la izquierda, fLT	1,025	1
Proporción de vueltas a la derecha de vehículos	0	0,473
Factor de ajuste por giro a la derecha, fRT ≥ 0.050	1	0,929
Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la izquierda, fLpb	1	1
Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la derecha, fRpb	1	1
Flujo de saturación ajustado, S	3078,752	2744,023

Tal y como muestra la siguiente tabla 42, se realizó el análisis y cálculo de la capacidad del grupo de carriles ‘‘c’’ y la relación volumen - capacidad ‘‘X’’ en la intersección

semaforizada tramo calle Áncash – calle Lima considerando los nuevos tiempos semafóricos propuestos para la estación E-1 y E-2, donde nos indica que en la relación volumen/capacidad no existe exceso de demanda en ambos accesos.

Tabla 48

Análisis y estimación de la capacidad de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Análisis de capacidad	**Estación 1 E-1**	**Estación 2 E-2**
Fase	1	2
Tipo de Fase	PRE	PRE
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	642,00	783,00
Tasa de flujo de saturación ajustado, S (veh/h)	3078,752	2744,023
Tiempo perdido, tL (s)	0	0
Longitud de ciclo, c (s)	40	40
Tiempo de verde efectivo, g (s)	22	18
Proporción de verde, g / c	0,55	0,45
Capacidad del grupo de carriles, C = S (g / C)	1693,313	1234,810
Relación volumen-capacidad, X = v / C	0,379	0,634
Relación de flujo, v/s	0,209	0,285
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos, Yc= ∑(v/s)	0,494	
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)	0	
Grado de saturación crítico, $\boldsymbol{Xc} = (\boldsymbol{Yc})(\boldsymbol{C})/(\boldsymbol{C} - \boldsymbol{L})$	0,494	

Como penúltimo paso según la Metodología HCM 2010 como menciona Agreda y Parra (2017) hallamos el tipo de llegada para la estación 1 y estación 2; analizamos el tipo de caso correspondiente para cada estación, recalcando que según las condiciones de cada acceso se calculó las nuevas demoras uniforme y cola inicial por el caso III. Primero obtuvimos la demora por cola inicial ‘’d3’’ y después la demora uniforme ‘’d1’’. Tal como se muestra en la Tabla 43, evidenciando una mejora significativa en las demoras con los nuevos tiempos propuestos.

Tabla 49

Cálculo por cola inicial y demora uniforme de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Cálculo de la demora uniforme y por cola inicial	**Estación 1**	**Estación 2**
	E-1	**E-2**
Periodo de análisis	1	2
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25
Longitud de ciclo, c (s)	40	40
Proporción de verde, g / c	0,55	0,45
Relación volumen-capacidad, X = v / C	0,379	0,634
Cola inicial, Qb (veh/h)	17,00	18,00
Capacidad del grupo de carriles, C (veh/h)	1693,313	1234,810
Tipo de Llegada	AT1	AT2
Relación de pelotón, Rp	0,333	0,667
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,183	0,30
Factor de ajuste suplementario, Fpa	1	0,93
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,815	1,183
Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)		
$t = \min\left[T_1 \frac{Q_h}{c(1-min(1,x)}\right]$	0,0162	0,0398
Parámetro de demora, u		
$u = 1 - \left[cT * \frac{[1-\min(1,x)}{Q_b)}\right]$	-	-
Caso de análisis	Caso III	Caso III
Caso I (no saturado) y II (saturado) (Qb=0)		
Demora por cola inicial, $d3$ (s/veh)		
$d_3 = \frac{1800*Q_b*(1+u)*t}{C*T}$	No cumple	No cumple
Demora uniforme, $d1$ (s/veh)		
$d_1 = \frac{0{,}5*c(1-\frac{g}{c})^2}{1-[\min(1,x)*\frac{g}{c}]}$	No cumple	No cumple
Caso III (**Qb>0**), (**X≤1**), (**t<T**)		
Demora por cola inicial, **$d3$** (s/veh)		
$d_3 = \frac{1800*Q_b*t}{C*T}$	1,169	4,181

Tabla 43 (Continuación)

Cálculo de la demora uniforme y por cola inicial	**Estación 1**	**Estación 2**
Demora uniforme, d1 (s/veh)	**E-1**	**E-2**
$d_1 = 0.5 * c\left(1 - \frac{g}{c}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0{,}5*c(1-\frac{g}{c})^2}{1-\left[\min(1,x)*\frac{g}{c}\right]} * \frac{T-t}{T} * \mathrm{PF}$	9,27	10,175
Caso IV (Qb>0), (X≤1), (t=T) Demora por cola inicial, d3 (s/veh) $d_3 = \frac{1800*Q_b*(1+u)}{C}$	No cumple	No cumple
Demora uniforme, d1 (s/veh) $d_1 = 0{,}5 * c(1 - \frac{g}{C})$	No cumple	No cumple
Caso V (**Qb>0**), (**X>1**), (**t=T**) Demora por cola inicial, **$d3$** (s/veh) $d_3 = \frac{3600*Q_b}{C}$	No cumple	No cumple
Demora uniforme, **$d1$** (s/veh) $d_1 = 0.5 * c(1 - \frac{g}{C})$	No cumple	No cumple

Como último paso, se realizó el cálculo de la nueva demora Incremental ‘’d2’’ para determinar el nivel de servicio en el acceso 1 y acceso 2 correspondientes a las Estaciones 1 y 2 respectivamente, del mismo modo para la intersección semaforizada. Como se muestra en la Tabla 44 se obtuvo los nuevos resultados para la intersección 1 visualizando mejora en el nivel de servicio optimizando los tiempos de espera.

Tabla 50

Cálculo de la demora Incremental y determinación del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – calle Lima

Cálculo de la demora por control y determinación del nivel de servicio	**Estación 1** **E-1**	**Estación 2** **E-2**
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	642,00	783,00
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1693,313	1234,810
Relación $v/c = X$	0,379	0,634
Calibración de la demora incremental, k	0,50	0,50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente, I	1,000	1,000
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25

Tabla 51 *(continuación)*

Cálculo de la demora por control y determinación del nivel de servicio	**Estación 1**	**Estación 2**
Demora incremental, $\boldsymbol{d2}$	**E-1**	**E-2**
$d_2 = 900T\left[(x-1)+\sqrt{(x-1)^2+\frac{8*k*I*X}{c*T}}\right]$	0,648	2,489
Demora por cola inicial, d3	1,169	4,181
Demore uniforme, d1	9,27	10,175
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	1,815	1,183
Demora, d = d1(PF) + d2 + d3 (s/veh)	18,643	18,710
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ por grupo de carriles	B	B
Demora por acceso, dA = $\sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	18,643	18,710
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ por acceso	B	B
Tasa de flujo del acceso, VA (veh/h)	642,00	783,00
Demora de la intersección semaforizada	18,6765	
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ de la intersección	B	

Según el nuevo análisis con la propuesta de solución aplicando la Metodología HCM 2010 se determinó que la intersección semaforizada tramo calle Áncash - calle Lima cuenta con un nivel de servicio B, optimizando 14,24 s de espera.

4.5. Propuestas de Solución para la intersección Vial calle Ancash con Avenida Balta

4.5.1. Propuestas de Solución

El análisis del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta nos da como resultado un NS ‘’F’, teniendo en cuenta que la intersección analizada se encuentra en el centro de la ciudad de Moquegua previo estudio no fue factible el cambio y eliminación de giros puesto que generaría congestión vehicular en las avenidas y calles adyacentes; es que se consideró según la morfología de los accesos 1, 2 y 3 las siguientes soluciones:

- **Nuevos Tiempos semafóricos**

Para las estaciones E-3, E-4 y E-5 se disminuyó el ciclo semafórico garantizando una óptima distribución de tiempos, mediante ajustes de los tiempos en verde, ámbar y rojo.

En el cambio de ciclo semafórico se consideraron los siguientes factores:

- **Factores de Trafico:** Se considero el volumen de tráfico, la velocidad promedio de la vía la cual cuenta con una velocidad de aproximación de 15km/h y el tipo de tráfico que circula en la intersección semaforizada que es de tráfico liviano

- **Factores de Seguridad:** Se analizo si es una zona de accidentes frecuentes; el conflicto existente entre tráfico vehicular y peatonal por el cual se incluyó en semáforos peatonales y la visibilidad que tienen los conductores cuando circulan por la intersección semafórica

- **Factores de Eficiencia:** Se evaluó los tiempos de espera; el flujo vehicular y la capacidad de la intersección en estudio

- **Factores de Accesibilidad:** Se analizo el acceso para los peatones asegurando el tiempo necesario para el cruce peatonal

- **Factores de Mantenimiento:** Se aseguro que sea un sistema confiable mediante la aplicación de la Metodología HCM 2010 el cual no requiera reparaciones frecuentes en los tiempos semafóricos.

Al no encontrarse normado el tiempo de precaución, teniendo en cuenta las necesidades específicas de la zona previo análisis es que se consideró la reducción del tiempo en ámbar mejorando la fluidez del tráfico sin perjudicar a los conductores en la reacción de frenado.

A continuación, en la Figura 46 se muestran los nuevos tiempos semafóricos propuestos para la intersección semaforizada calle Ancash – Avenida Balta. Asimismo, en la Figura 47 se ilustra el nuevo diagrama de fases semaforizas Propuestas incluyendo tiempos de paso peatonal.

Figura 46

Tiempos de semaforización propuestos de la intersección calle Ancash – Avenida Balta

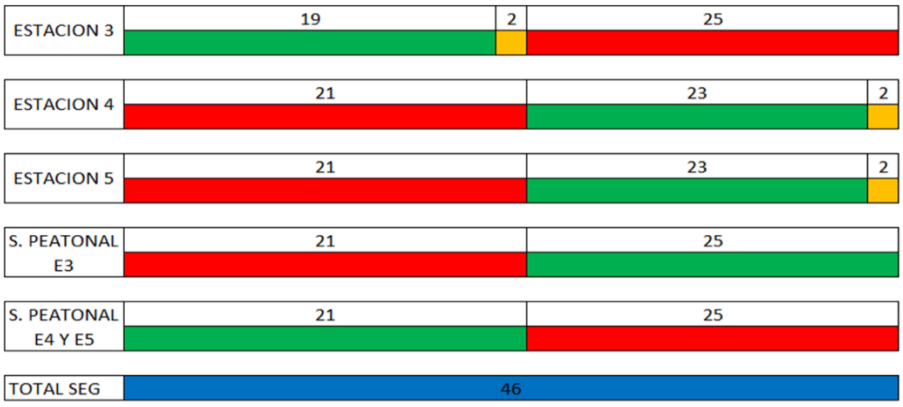


Figura 47

Diagrama de fases propuestos de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

- **Eliminación de Estacionamiento**

Para el acceso 1 se consideró la restricción del estacionamiento, ya que generaba congestión vehicular con colas iniciales elevadas, esta restricción será empleada mediante señalizaciones restrictivas bajo pena de multa.

- **Aumento de Carriles**

Para el acceso 1 se consideró la restricción del estacionamiento, permitiendo incrementar un carril más. Sin embargo, el acceso 2 y 3 no sufrirá cambios.

- **Sección Vial**

Para los accesos se consideró el incrementó del ancho del carril sin modificación de calzada, como se visualiza en la Figura 48, 49 y 50.

Figura 48

Sección vial propuesta del acceso 1 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta

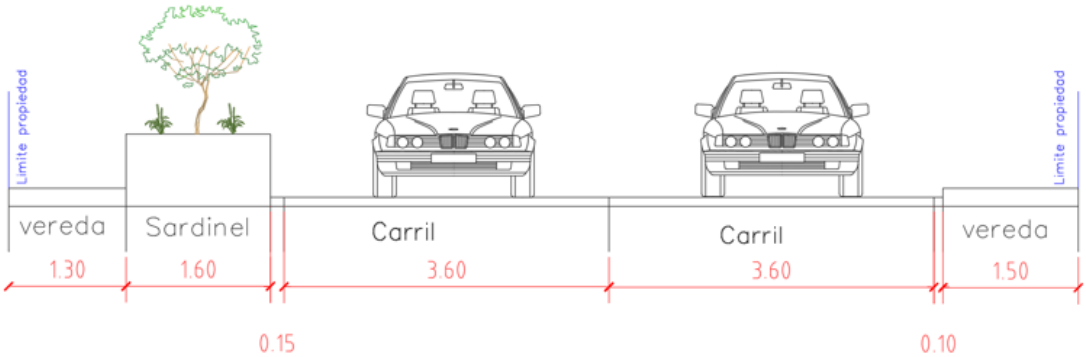


Figura 49

Sección vial propuesta del acceso 2 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta

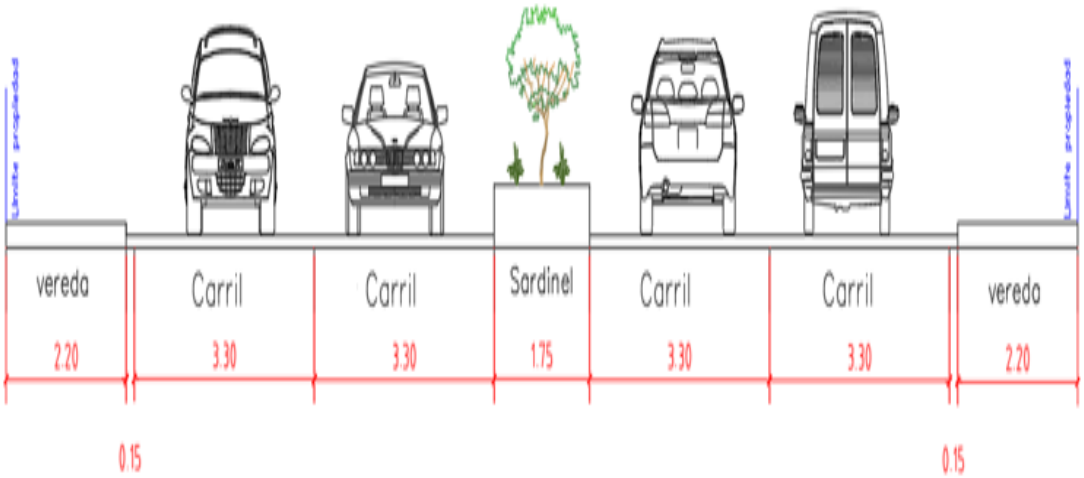
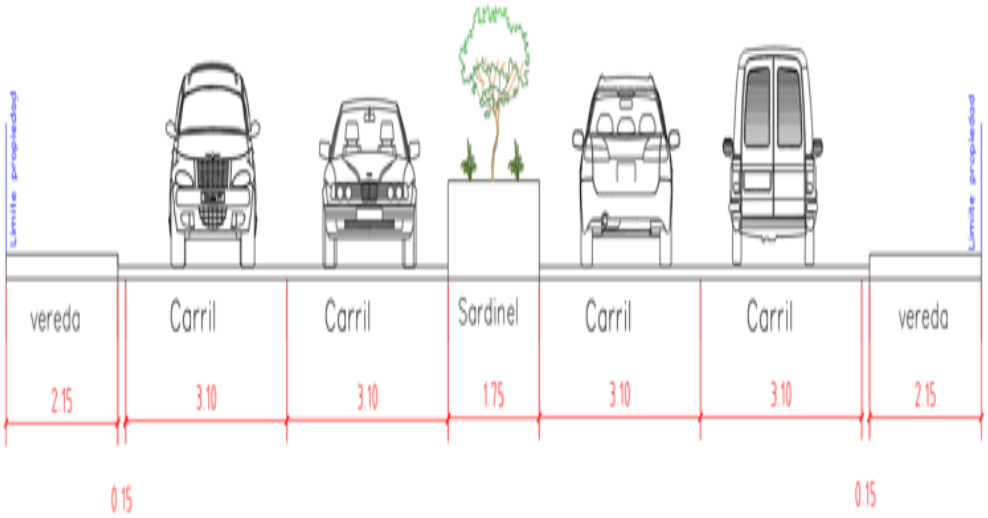


Figura 50

Sección vial propuesta del acceso 3 en la intersección semaforizada calle Áncash – Avenida Balta



Con los tiempos establecidos propuestos para cada ciclo semafórico, la restricción de estacionamientos y la modificación de la sección vial de los accesos 1, 2 y 3 actualizamos los parámetros de entradas para la E-3, E-4 y E-5 para la obtención del nivel de servicio aplicando la Metodología HCM 2010.

4.5.2. Aplicación de la Metodología HCM 2010

La Tabla 45 muestra el cálculo de ajustes de los volúmenes vehiculares para la estación 3, estación 4 y estación 5 siguen siendo los mismos puesto que no se restringieron los giros en los accesos, evitando congestión vehicular en las avenidas y calles adyacentes.

Tabla 52

Ajustes de volúmenes de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Ajustes de volumen	Estación 3 E-3	Estación 4 E-4	Estación 5 E-5
Volumen, V (veh/h)	912,00	908,00	660,00
Volumen Izquierdo, Vizq (veh/h)	168	0	0
Volumen Directo, Vdir (veh/h)	460	552	660
Volumen Derecho, Vder (veh/h)	284	356	0
Factor de Hora Pico, PHF	0,923	0,923	0,923
Tasa de Flujo ajustado en el grupo de carriles, vp= V/PHF (veh/h)	988,00	984,00	715,00
Tasa de Flujo ajustado izquierda, (veh/h)	182,00	0,00	0,00
Tasa de Flujo ajustado directo, (veh/h)	498,00	598,00	715,00
Tasa de Flujo ajustado derecha, (veh/h)	308,00	386,00	0,00
Proporción de giros LT o RT (Plt o Prt)			
Proporción de Giros Izquierda Plt	0,184	0,000	0,000
Proporción de giros derecha Prt	0,311	0,392	0,000

La Tabla 46 muestra los valores de los factores de ajuste por ancho de carril, por vehículos pesados, por pendiente, por estacionamiento, por bloqueo de buses, por tipo de área, por utilización de carril, por giros, así como por patones y bicicletas; para el Cálculo de la tasa de flujo de saturación para la estación 3, estación 4 y estación 5. Considerando que el factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha e izquierda es 1 por la inexistencia de carriles exclusivos. Para el acceso 1 se restringió el estacionamiento, habilitando un carril más con una nueva sección vial de 3.60 m cada uno. Asimismo, se amplió el ancho de carril para el acceso 2 y 3.

Tabla 53

Tasa de flujo de saturación de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Tasa de flujo de saturación	Estación 3 E-3	Estación 4 E-4	Estación 5 E-5
Flujo de saturación ideal, So (veh/h)	1750	1750	1750
Número de carriles, N	2	2	2
Ancho de carril, W	3,6	3,3	3,1
Factor de ajuste por ancho de carril, fw	1,00	0,967	0,944
Volumen de vehículos pesados, HV	0	0	0
porcentaje de vehículos pesados, %HV	0%	0%	0%
Equivalente en vehículos livianos, Et = 2,0	2	2	2
Factor de ajuste por vehículos pesados, Fhv	1	1	1
porcentaje de pendiente en el grupo de carriles, %G	-4,76	3,32	-1,24
Factor de ajuste por pendiente, fg	1,024	0,983	1,006
Número de maniobras de estacionamiento por hora, Nm ≤ 180	NO	NO	NO
Factor de ajuste por estacionamiento, fp ≥ 0,50	1	1	1
Número de buses que se detienen por hora, NB ≤ 250	0	0	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses, fbb ≥ 0,050	1	1	1
Tipo de área	CBD	CBD	CBD
Factor de ajuste por tipo de área, fa	0,9	0,9	0,9
Tasa de flujo no ajustada para el grupo de carriles, vg (veh/h)	912	908	660
Existencia de carriles exclusivos	NO	NO	NO
Tasa de flujo no ajustada para el carril con mayor volumen, vg1 (veh/h)	460	552	660
Factor de ajuste por utilización de carril, fLU	0,991	0,822	0,5
Proporción de vueltas a la izquierda de vehículos	0,184	0	0
Factor de ajuste por giro a la izquierda, fLT	1,009	1	1
Proporción de vueltas a la derecha de vehículos	0,311	0,392	0
Factor de ajuste por giro a la derecha, fRT ≥ 0,050	0,953	0,941	1
Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la izquierda, fLpb	1,000	1	1
Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la derecha, fRpb	1,000	1	1
Flujo de saturación ajustado, S	3075,928	2317,989	1496,723

Tal y como muestra la siguiente tabla 47, se realizó el análisis y cálculo de la capacidad del grupo de carriles ‘’c’’ y la relación volumen - capacidad ‘’X’’ en la intersección semaforizada tramo calle Áncash – Avenida Balta considerando los nuevos tiempos semafóricos propuestos para la estación E-3, E-4 y E-5, donde nos indica que en la relación volumen/capacidad no existe exceso de demanda en los tres accesos.

Tabla 54

Análisis y estimación de la capacidad de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Análisis de capacidad	**Estación 3 E-3**	**Estación 4 E-4**	**Estación 5 E-5**
Fase	1	2	2
Tipo de Fase	PRE	PRE	PRE
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	988,00	984,00	715,00
Tasa de flujo de saturación ajustado, S (veh/h)	3075,928	2317,989	1496,723
Tiempo perdido, tL (s)	2	2	2
Longitud de ciclo, c (s)	46	46	46
Tiempo de verde efectivo, g (s)	19	23	23
Proporción de verde, g / c	0,41	0,50	0,50
Capacidad del grupo de carriles, C = S (g / C)	1270,492	1158,994	748,361
Relación volumen-capacidad, X = v / C	0,778	0,849	0,955
Relación de flujo, v/s	0,321	0,425	0,478
Sumatoria de relaciones de flujo para grupos de carriles críticos, Yc= ∑(v/s)		1,223	
Tiempo perdido total por ciclo, L (s)		6	
Grado de saturación crítico, $\boldsymbol{Xc} = (\boldsymbol{Yc})(\boldsymbol{C})/ (\boldsymbol{C} - \boldsymbol{L})$		1,407	

Como penúltimo paso según la Metodología HCM 2010 hallamos el tipo de llegada para la estación 3, estación 4 y estación 5; analizamos el tipo de caso correspondiente para cada estación, recalcando que según las condiciones de cada acceso se calculó las nuevas demoras uniforme y cola inicial por el caso III. Primero obtuvimos la demora por cola inicial ‘’d3’’ y después la demora uniforme ‘’d1’’. Tal como se muestra en la

Tabla 48, evidenciando una mejora significativa en las demoras con los nuevos tiempos propuestos.

Tabla 55

Cálculo por cola inicial y demora uniforme de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Cálculo de la demora uniforme y por cola inicial	**Estación 3 E-3**	**Estación 4 E-4**	**Estación 5 E-5**
Periodo de análisis	1	2	2
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Longitud de ciclo, c (s)	46	46	46
Proporción de verde, g / c	0,41	0,50	0,50
Relación volumen-capacidad, X = v / C	0,778	0,849	0,955
Cola inicial, Qb (veh/h)	23,00	12,00	7,00
Capacidad del grupo de carriles, C (veh/h)	1270,492	1158,994	748,361
Tipo de Llegada	AT2	AT2	AT2
Relación de pelotón, Rp	0,667	0,667	0,667
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,276	0,33	0,33
Factor de ajuste suplementario, Fpa	0,93	0,93	0,93
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,148	1,240	1,240
Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)			
t = min $[T_1 \frac{Q_h}{c(1-min(1,x)}]$	0,0814	0,0686	0,2098
Parámetro de demora, u			
u = 1 - $[cT * \frac{[1-\min(1,x)}{Q_b)}]$	-	-	-
Caso de análisis	CASO III	CASO III	CASO III
Caso I (no saturado) y II (saturado) (Qb=0)			
Demora por cola inicial, $d3$ (s/veh)			
$d_3 = \frac{1800*Q_b*(1+u)*t}{C*T}$	No cumple	No cumple	No cumple
Demora uniforme, $d1$ (s/veh)			

Tabla 48 (Continuación)

Cálculo de la demora uniforme y por cola inicial	Estación 3	Estación 4	Estación 5
$d_1 = \frac{0{,}5*c(1-\frac{g}{c})^2}{1-[\min(1,x)*\frac{g}{c}]}$	No cumple	No cumple	No cumple
Caso III (**Qb>0**), (**X≤1**), (**t<T**)			
Demora por cola inicial, **$d3$** (s/veh)			
$d_3 = \frac{1800*Q_b*t}{C*T}$	10,612	5,112	14,131
Demora uniforme, *d1* (s/veh)			
$d_1 = 0{,}5*c\left(1-\frac{g}{c}\right)*\frac{t}{T}+\frac{0{,}5*c(1-\frac{g}{c})^2}{1-\left[\min(1,x)*\frac{g}{c}\right]}*\frac{T-t}{T}*\mathrm{PF}$	13,433	12,143	11,845
Caso IV (Qb>0), (X≤1), (t=T)			
Demora por cola inicial, d3 (s/veh)			
$d_3 = \frac{1800*Q_b*(1+u)}{C}$	No cumple	No cumple	No cumple
Demora uniforme, d1 (s/veh)			
$d_1 = 0{,}5*c(1-\frac{g}{C})$	No cumple	No cumple	No cumple
Caso V (**Qb>0**), (**X>1**), (**t=T**)			
Demora por cola inicial, **$d3$** (s/veh)			
$d_3 = \frac{3600*Q_b}{C}$	No cumple	No cumple	No cumple
Demora uniforme, **$d1$** (s/veh)			
$d_1 = 0{,}5*c(1-\frac{g}{C})$	No cumple	No cumple	No cumple

Como último paso, se realizó el cálculo de la nueva demora incremental ‘’d2’’ para determinar el nivel de servicio en el acceso 1, acceso 2 y acceso 3 correspondientes a las Estaciones 3, 4 y 5 respectivamente, del mismo modo para la intersección semaforizada. Como se muestra en la Tabla 49 se obtuvo los nuevos resultados para la intersección 2 visualizando mejora en el nivel de servicio optimizando los tiempos de espera.

Tabla 56

Cálculo de la demora incremental y determinación del nivel de servicio de la intersección semaforizada tramo calle Ancash – Avenida Balta

Cálculo de la demora por control y determinación del nivel de servicio	Estación 3 E-3	Estación 4 E-4	Estación 5 E-5
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	988,00	984,00	715,00
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1270,492	1158,994	748,361
Relación $v/c = X$	0,778	0,849	0,955
Calibración de la demora incremental, k	0,50	0,50	0,50
Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente, I	1,000	1,000	1,000
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25
Demora incremental, d2 $d_2 = 900T\left[(x-1)+\sqrt{(x-1)^2+\frac{8*k*I*X}{c*T}}\right]$	4,731	7,831	23,655
Demora por cola inicial, d3	10,612	5,112	14,131
Demore uniforme, d1	13,433	12,143	11,845
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	1,148	1,240	1,240
Demora, d = d1(PF) + d2 + d3 (s/veh)	30,764	27,996	52,471
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ por grupo de carriles	C	C	D
Demora por acceso, dA = $\sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	30,764	27,996	52,471
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ por acceso	C	C	D
Tasa de flujo del acceso, VA (veh/h)	988,00	984,00	715,00
Demora de la intersección semaforizada		37,08	
Nivel de servicio $\boldsymbol{NS}$ de la intersección		D	

Según el nuevo análisis con la propuesta de solución aplicando la Metodología HCM 2010 se determinó que la intersección semaforizada tramo calle Áncash – Avenida Balta cuenta con un nivel de servicio D, optimizando 60,47 s de espera.

CAPITULO V: DISCUSIÓN

Según las hipótesis planteadas inicialmente en el presente proyecto de investigación, indica que el aforo actual de vehículos presenta saturación y congestionamiento vehicular en la calle Ancash en la intersección de la calle Lima y la Avenida Balta, comprobando la veracidad de esta misma en la Tabla 44 y la Tabla 49, donde nos muestra los resultados del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas en Estudio mediante la aplicación de la Metodología HCM 2010. Determinado un nivel de servicio catalogado deficiente para cada acceso considerando que la Primera intersección semaforizada tiene secciones viales reducidas lo que genera el embotellamiento vehicular.

- Calle Ancash – calle Lima.

  Acceso 1 (estación 1) presenta un nivel de servicio actual ‘’C’’.

  Acceso 2 (estación 2) presenta un nivel de servicio actual ‘’C’’.

  Teniendo como resultado un NS C para la intersección semaforizada 1.

- Calle Ancash – Avenida Balta.

  Acceso 1 (estación 3) presenta un nivel de servicio actual ‘’D’’.

  Acceso 2 (estación 4) presenta un nivel de servicio actual ‘’F’’.

  Acceso 3 (estación 5) presenta un nivel de servicio actual ‘’F’’.

  Teniendo como resultado un NS F para la intersección semaforizada 2.

Mediante la optimización del flujo vehicular, disminuyó de manera considerable el embotellamiento vehicular mediante el análisis operacional HCM 2010.

Como primer paso, se modificó los tiempos de semaforización para el acceso 1 y 2 de la primera intersección semaforizada, dando como resultados un óptimo nivel de servicio. Asimismo, en la intersección semaforizada 2 se eliminó el estacionamiento en el acceso 1 permitiendo incrementar un carril más, lo que nos da como resultados un acceso conformado por 2 carriles de 3,60m cada uno; así mismo para el acceso 2 y 3 se amplió el carril. Con un previo análisis se evidencio que los tiempos semafóricos iniciales generaban embotellamientos vehiculares debido al aforo vehicular; es por ello que se realizó de manera óptima la reducción y modificación de los tiempos semafóricos, corroborando y dando veracidad a nuestras hipótesis planteadas donde nos indicaba que mediante propuestas y cambios en los ciclos de semaforización estas influirían positivamente en la optimización del nivel de servicio de la zona en estudio.

Mediante las propuestas planteadas se obtuvo las siguientes mejoras:

- Calle Ancash – calle Lima

Acceso 1 (estación 1) se optimizo el nivel de servicio ‘’C’’ a ‘’B’’ con una reducción de tiempo de espera de 15,18 s

Acceso 2 (estación 2) se optimizo el nivel de servicio ‘’C’’ a ‘’B’’ con una reducción de tiempo de espera de 13,30 s

Teniendo como resultado un NS B para la intersección semaforizada 1

- Calle Ancash – Avenida Balta

  Acceso 1 (estación 3) se optimizo el nivel de servicio ‘’D’’ a ‘’C’’ con una reducción de tiempo de espera de 22,30 s

  Acceso 2 (estación 4) se optimizo el nivel de servicio ‘’F’’ a ‘’C’’ con una reducción de tiempo de espera de 69,95 s

  Acceso 3 (estación 5) se optimizo el nivel de servicio ‘’F’’ a ‘’D’’ con una reducción de tiempo de espera de 89,16 s

  Teniendo como resultado un NS D para la intersección semaforizada 2

CONCLUSIONES

Mediante el conteo manual se conoció el aforo vehicular e identificación de giros vehiculares por un periodo de tres días a la semana en tres horarios por día, permitiendo hallar los 15 minutos más desfavorables y la mayor afluencia vehicular por horas pico cuyo aforo por estación es: estación 1 con un volumen de 616 veh/hora, estación 2 con un volumen de 752 veh/hora, estación 3 con un volumen de 912 veh/hora, estación 4 con un volumen de 908 veh/hora y estación 5 con un volumen de 660 veh/hora, indicando saturación y congestionamiento vehicular mediante la aplicación de la metodología HCM 2010.

Se hallaron los ciclos de semaforización de las intersecciones 1 y 2, encontrando 2 semáforos en la intersección calle Ancash – calle Lima con ciclos semafóricos de 72 s, así mismo se encontró 3 semáforos en la intersección calle Ancash – Avenida Balta con ciclos semafóricos de 82 s.

El análisis en las Intersecciones semaforizadas 1 y 2 dio como resultado un nivel de servicio deficiente, debido a que la primera zona en estudio consta de una sección vial estrecha con tiempos semafóricos prolongados generando embotellamiento y colas iniciales elevadas con un nivel de servicio ‘’C’’ con tiempos de espera de 32,91s; la segunda intersección semaforizada tiene como resultados un nivel de servicio aún más crítico que el primero, debido a las maniobras de estacionamiento en los accesos, las paradas de vehículos menores en las intersecciones y tiempos semafóricos prolongados con tiempos de espera de 97,55s y un nivel de Servicio actual F.

Se determino que mediante las propuestas planteadas se optimizo el flujo vehicular para cada intersección semaforizada de la calle Ancash en el tramo calle Lima y Avenida Balta dando como resultado la disminución del congestionamiento vehicular optimizando los tiempos de espera; mediante la aplicación de las propuestas ya descritas en párrafos anteriores tenemos como resultado que la intersección semaforizada de la calle Ancash – calle Lima inicialmente obtuvo un nivel de servicio C con 32,91 s y se optimizo a un nivel de servicio B con 18,68s, así mismo la intersección semaforizada calle Ancash - Avenida Balta inicialmente obtuvo un nivel de servicio F con 97,55 s y se optimizo a un nivel de servicio D con 37,08 s; evidenciado resultados favorables para la zona de estudio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los futuros egresados de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, realizar investigaciones de temas similares en el Departamento de Moquegua en las principales calles del centro de la ciudad con embotellamientos vehiculares, con el fin de tener una base de datos actualizada anual que permita tomar como referencia para la optimización de flujos vehiculares.

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto considerar la aplicación del presente trabajo de investigación en la calle Ancash con calle Lima y Avenida Balta, cuyo nivel de servicio actual es deficiente debido a que la zona de estudio se encuentra en el centro de la ciudad cuya mayor afluencia vehicular es elevada y de esta manera optimizar la congestión vehicular generado en horas punta.

Se recomienda a las autoridades del Gobierno Regional de Moquegua y Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto darles más realce a los estudios de tránsito en el Departamento de Moquegua, puesto que la ciudad carece de estudios similares, con el fin de obtener soluciones continuas.

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto, la instalación de señalizaciones y semáforos peatonales con el fin de evitar conflictos entre los peatones y vehículos, de igual manera coordinar con la Policía de tránsito de Moquegua para un mayor orden vehicular.

Se recomienda a las autoridades de la Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto realizar mantenimientos en la superficie de rodadura debido a que presentan una superficie asfáltica deteriorada que impide la circulación fluida, causando molestias y congestionamiento a los usuarios de esta vía crucial. Así mismo se recomienda la inversión es semaforización inteligente.

REFERERNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agreda y Parra (2017). Análisis comparativo de la aplicación de la metodología HCM 2000 y HCM 2010 en un tramo semaforizado de la avenida San Luis en la ciudad metropolitana de Lima. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/622076

Altamirano y Inquilla (2023). Análisis de flujo vehicular para mejorar el nivel de servicio entre las Av. Augusto B. Leguía y la Av. Patricio Meléndez, distrito de Tacna—2022. *Repositorio Institucional - UPT*. http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2842

Carrillo y Montoya (2022). *Análisis técnico de la capacidad vial y nivel de servicio de la intersección, glorieta barrio Porfía, ubicada en el corredor que conduce de Villavicencio al municipio de Acacías – Meta*. https://hdl.handle.net/20.500.12494/47172

Cubas Gonzales, T. L., y Rondon Alcedo, R. R. (2020). Calibración y comparación de los Manuales de Capacidad de Carreteras HCM 2000, HCM 2010 y HCM 2016; y selección de un modelo de capacidad calibrado para la aplicación en tramos básicos de la autopista Panamericana Sur de Lima Metropolitana.

Chicaiza Reyes, K y Vela Mosquera, J. (2021). Determinación del nivel de servicio de la Av. Mariscal Sucre, tramo I, comprendido entre la intersección con la Av. Universitaria hasta el redondel del Condado (Av. de la Prensa) y propuestas técnicas para mejorarlo. Quito: UCE. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22720

Huaman Quipo, N. (2021). Optimización del flujo vehicular con modelo Synchro para el ordenamiento del transporte diario en la Ciudad de Quillabamba – Cusco—2022. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110876

Meza y Páliza (2023) Diseño geométrico de paso a desnivel para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión incluyendo un plan de mantenimiento, ubicado en el distrito de Jesús María provincia y departamento de Lima. Universidad de San Martín de Porres

Neyra y Cutipa (2023). Determinación del nivel de servicio y propuesta de mejora vial en Av. Gustavo Pinto tramo: Av Coronel Mendoza-Av. Augusto B Leguía Tacna, año 2022.

Nureña Diaz (2021). Evaluación y propuestas para mitigar la congestión vehicular en la avenida Sáenz Peña, distrito de Chiclayo 2019.

Pulido Contreras, P. J., y Gómez Patiña, M. L. (2018). *Evaluación de la capacidad y nivel de servicio de la glorieta ubicada en la calle 63 con carrera 50 en Bogotá d.c—Colombia por medio de métodos no convencionales*. https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5316

Rodrigo y Rivas (2019). Análisis de la capacidad, congestión y flujo vehicular para la optimización del nivel de servicio del Óvalo Pachacutec de la ciudad del Cusco. *Universidad Andina del Cusco*. http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3474

Verdezoto, T. Z. A., Montes, F. F. C., y Medina, O. B. R. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. Gaceta Técnica, 21(2), 4-23.

Vicente y Zegarra (2022) Optimización de flujos vehiculares para disminuir el congestionamiento de tránsito en la intersección de la avenida 28 de Julio con calle Zepita y jirón Moquegua, distrito de Ilo, 2022. *Universidad Privada de Tacna*. http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2377

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

Título de investigación **Optimización del flujo vehicular en el nivel de servicio de la calle Ancash en las intersecciones calle Lima – av. Balta, Moquegua 2024**

Problema principal	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Indicadores	Metodología
¿Cuál es la influencia de la Optimización del Flujo de vehículos en el nivel de servicio en la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024?	Determinar la influencia de la Optimización del Flujo de vehículos en el Nivel de Servicio en la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024.	La optimización vehicular tiene una influencia positiva en el nivel de servicio en la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024.	Variable Independiente: Flujo vehicular	Clasificación vehicular Comportamiento de transito	Diseño de investigación: No Experimental Nivel de investigación Correlacional – Explicativo Tipo de Estudio: Cuantitativo

Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especifica	Variables	Indicadores	Metodología

¿Cuál es el aforo actual de vehículos en el tránsito de la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024?	Determinar el aforo actual de vehículos en el tránsito de la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua2024.	El aforo actual de vehículos en el tránsito de la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024, indica saturación y congestionamiento vehicular.	Variable Dependiente: Nivel de servicio	Tiempo de semaforización Numero de giros o sentidos Identificación de aforo y demoras	Diseño de la investigación: No experimental
¿Cuáles son los tiempos del ciclo de semaforización que influyen en el Nivel de Servicio para la optimización del Flujo Vehicular de la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024?	Determinar los ciclos de semaforización que influyen en el Nivel de Servicio para la optimización del flujo vehicular de la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024.	Los ciclos de Semaforización influyen en el Nivel de Servicio para la optimización del flujo vehicular en la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024.			Población: La población corresponde al flujo vehicular (cantidad de vehículos) en la zona de influencia calle Ancash entre los tramos de la Av. Balta y la calle Lima
¿Cuáles son las propuestas de Mejora de Nivel de Servicio para	Formular propuestas de Mejora del Nivel de Servicio para Optimizar	Mediante propuestas de Nivel de Servicio se optimiza el Flujo			Muestra: Se considerará una muestra conformada

optimizar el Flujo Vehicular en la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024?	el Flujo Vehicular en la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024.	Vehicular en la calle Ancash en la intersección de la Avenida Balta y la calle Lima, Moquegua 2024.		por los vehículos que transitan en la calle Ancash entre los tramos de la Av. Balta y la calle Lima en hora pico.