



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE
SERVICIO DE LA CARRETERA JULIACA – LAMPA KM 03+000
AL KM 09+000**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MITWAR LEOPOLDO SANCA YERBA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2025



MITWAR LEOPOLDO SANCA YERBA

INFLUENCIA DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA KM 03+00

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:477619338

Fecha de entrega

31 jul 2025, 12:44 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

31 jul 2025, 12:46 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis IC - Mitwar Sanca - C1.pdf

Tamaño de archivo



3,6 MB

124 Páginas

22.896 Palabras

111.459 Caracteres


 **Ing. Félix Rojas Chahuares**
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 2051221


 **Ing. Silvia Leonor Ingaluaga Arapa**
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 2170515





14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 13% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Ing. Félix Rojas Chahuares
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 2051221

Ing. Silvia Leonor Ingaluque Arapa
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 2170515





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE SERVICIO DE
LA CARRETERA JULIACA – LAMPA KM 03+000 AL KM 09+000

TESIS PRESENTADA POR:

MITWAR LEOPOLDO SANCA YERBA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

D.Sc. EDGAR VIDAL HURTADO CHAVEZ

PRIMER MIEMBRO:

Dr. CESAR EDWIN GUERRA RAMOS

SEGUNDO MIEMBRO:

M.Sc. FAUSTO PONCIANO MAMANI MAMANI

ASESOR DE TESIS:

Dra. SILVIA LEONOR INGALUQUE ARAPA

ÁREA: Transportes

TEMA: Tráfico vehicular y Niveles de servicio

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 16 de septiembre de 2025



Lic. Juana J. Zavaleta Gómez
Dra. En Matemáticas



DEDICATORIA

A Dios por darme vida, salud y fortaleza.

A mis padres y mi hermano por su apoyo incondicional en todos los aspectos y momentos de la vida.

Mitwar Leopoldo Sanca Yerba



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su bendición y guiarme en la vida.

A la Universidad Nacional del Altiplano por acogerme en la vida académica, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por dejarme conocer la ciencia de la ingeniería, brindarme conocimientos que me ayudan en el crecimiento profesional y académico,

A mi asesora y directora de tesis Ing. Silvia Leonor Ingaluque Arapa; por haberme guiado en el desarrollo del trabajo de investigación.

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil por los conocimientos compartidos.

Mitwar Leopoldo Sanca Yerba



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2.1. Problema General.....	22
1.2.2. Problemas Específicos	22
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.3.1. Hipótesis General	23
1.3.2. Hipótesis Específicas	23
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.4.1. Justificación social	23
1.4.2. Justificación ambiental.....	24
1.4.3. Justificación tecnológica	24
1.4.4. Justificación teórica.....	24
1.4.5. Justificación práctica	25



1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1.5.1. Objetivo General	25
1.5.2. Objetivos Específicos	25
1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	26
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	26
1.7.1. Limitación del alcance Geográfico	26
1.7.2. Limitación de tiempo en la recopilación de datos.....	27
1.7.3. Limitación de recursos	27

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	28
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	28
2.1.2. Antecedentes Nacionales	29
2.1.3. Antecedentes Locales.....	31
2.2. MARCO TEÓRICO	33
2.2.1. Tráfico Vehicular	33
2.2.2. Elementos del flujo de tránsito.....	34
2.2.3. Automóvil	34
2.2.4. Sector automotriz en Perú	34
2.2.5. Crecimiento del sector automotriz	35
2.2.6. Características del flujo vehicular.....	35
2.2.7. Aforos de tráfico	36
2.2.8. Clasificación Vehicular.....	37
2.2.9. Niveles de servicio	39
2.2.10. Carreteras de dos carriles	42



2.2.10.1. Determinación de la Velocidad de Flujo Libre (FFS).....	43
2.2.10.2. Velocidad de flujo libre estimada	44
2.2.10.3. Ajuste al volumen de demanda por velocidad media de viaje (ATS)	45
2.2.10.4. Estimación de la velocidad de viaje promedio (ATS)	47
2.2.10.5. Estimación del porcentaje a velocidad de flujo libre (PFFS)....	49
2.2.11. Capacidad Vial	49
2.2.12. SUMO	49
2.2.12.1. Red de carreteras (Road Network).....	50
2.2.12.2. Demanda de Tráfico (Traffic Demand)	50
2.2.13. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	51
2.2.13.1. El Rugosímetro MERLIN	51
2.2.13.2. Escala de regularidad	52
2.2.14. Índice de Condición de Pavimento (PCI).....	54

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	56
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	57
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
3.3.1. Enfoque de Investigación	57
3.3.2. Nivel de Investigación.....	57
3.3.3. Método de Investigación	57
3.3.4. Diseño de Investigación	57
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	58
3.4.1. Población.....	58



3.4.2. Muestra	58
3.5. PROCEDIMIENTO	59
3.5.1. Metodología HCM 2016 en carreteras de dos carriles.....	59
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos	60
3.5.3. Procedimiento uso de Software SUMO	63
3.5.4. Procedimiento de cálculo del IRI	66
3.5.5. Procedimiento de cálculo del PCI	68
3.5.6. Metrado de propuesta de mantenimiento	76

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS	77
4.1.1. Resultados de recolección de datos.....	77
4.1.1.1. Características Geométricas	77
4.1.1.2. Aforo de velocidades	77
4.1.1.3. Zonas de no rebase	84
4.1.1.4. Volumen de tránsito	84
4.1.1.5. Factor de Hora Pico.....	85
4.1.2. Resultados de análisis de datos	86
4.1.2.1. Cálculo de nivel de servicio	86
4.1.3. Variación Diaria	97
4.1.4. Variación Horaria.....	98
4.1.5. IMDA	99
4.1.6. Clasificación vehicular IMDA	101
4.1.7. Resultados de niveles de servicio.....	102
4.1.8. Resultados de niveles de servicio - influencia de vehículos livianos....	102



4.1.9. Resultados de niveles de servicio - influencia de vehículos pesados....	103
4.1.10. Resultados de capacidad vial	104
4.1.11. Resultados del ensayo IRI.....	105
4.1.12. Resultados del Índice de Condición de Pavimento PCI.....	106
4.1.13. Resultado de mantenimiento y costo estimado	107
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	107
4.2.1. Prueba de hipótesis sobre influencia de vehículos livianos	107
4.2.1.1. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....	107
4.2.1.2. Prueba t-student.....	108
4.2.2. Prueba de hipótesis sobre influencia de vehículos pesados	109
4.2.2.1. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....	109
4.2.2.2. Prueba t-student.....	110
4.3. DISCUSIÓN	111
V. CONCLUSIONES.....	115
VI. RECOMENDACIONES	116
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	122



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Operacionalización de variables	26
Tabla 2 Nivel de servicio para carreteras de dos carriles: Clase I, Clase II, Clase III	43
Tabla 3 Factor de ajuste por tipo de terreno.....	46
Tabla 4 Equivalencia en vehículos ligeros para vehículos pesados y recreativos en terreno llano y ondulado	47
Tabla 5 Factor de ajuste por zona de no rebase	48
Tabla 6 Valores usado en diferentes países	53
Tabla 7 Rangos de clasificación para PCI	54
Tabla 8 Fallas consideradas	55
Tabla 9 Longitud de unidades de muestreo asfálticas.....	68
Tabla 10 Característicass geométricas tomadas en campo	77
Tabla 11 Aforo de velocidades entrada Dirección 1	78
Tabla 12 Aforo de velocidades salida Dirección 2	80
Tabla 13 Velocidades de vehículos livianos entrada dirección 1 de software SUMO	82
Tabla 14 Velocidades de vehículos liviano salida dirección 2 de software SUMO ...	82
Tabla 15 Velocidades de vehículos pesados entrada dirección 1 de software SUMO	83
Tabla 16 Velocidades de vehículos pesados salida dirección 2 de software SUMO..	83
Tabla 17 Zonas de no rebase.....	84
Tabla 18 Volumen de tránsito.....	84
Tabla 19 Intervalos para la hora pico.....	85
Tabla 20 Datos de entrada para análisis de la vía en su estado actual	86



Tabla 21	Datos de entrada para el análisis de la vía considerando solo vehículos livianos.....	90
Tabla 22	Datos de entrada para el análisis de la vía considerando solo vehículos pesados.....	93
Tabla 23	Resumen de aforo vehicular.....	99
Tabla 24	Resultado IMDA.....	100
Tabla 25	Niveles de Servicio	102
Tabla 26	Resultados de niveles de servicio - influencia de vehículos livianos	102
Tabla 27	Resultados de niveles de servicio - influencia de vehículos pesados	103
Tabla 28	Resultado del ensayo IRI	105
Tabla 29	Resultados de PCI.....	106
Tabla 30	Prueba de normalidad para vehículos livianos.....	108
Tabla 31	Contrastación de hipótesis mediante prueba t-student para influencia de vehículos livianos.....	109
Tabla 32	Prueba de normalidad para vehículos pesados.....	110
Tabla 33	Contrastación de hipótesis mediante prueba t-student para influencia de vehículos livianos.....	111
Tabla 34	Niveles de Significancia	111



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Vehículo de categoría M1	37
Figura 2 Vehículo de categoría M2 y M3	38
Figura 3 Vehículos de categoría N1, N2, N3.....	39
Figura 4 Elementos de red de carreteras SUMO	50
Figura 5 Demanda de tráfico SUMO	51
Figura 6 Esquema del Rugosímetro MERLIN.....	52
Figura 7 Escala estándar utilizada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías	53
Figura 8 Ubicación del estudio	56
Figura 9 Flujograma de la metodología HCM 2016 para carreteras de dos carriles.	59
Figura 10 Ficha de características geométricas	60
Figura 11 Ficha de porcentaje de no rebase	61
Figura 12 Ficha de análisis de velocidad	61
Figura 13 Ficha de aforo vehicular	62
Figura 14 Creación de network en SUMO	63
Figura 15 Creación de elementos de demanda SUMO.....	64
Figura 16 Creación de rutas para la demanda SUMO	64
Figura 17 Elementos adicionales para control de velocidad SUMO	65
Figura 18 Simulación SUMO-gui.....	65
Figura 19 Datos en campo del rugosímetro MERLIN.....	66
Figura 20 Histograma de lecturas registradas	66
Figura 21 Unidad de muestreo	69
Figura 22 Secciones de muestra de acuerdo a intervalo	70



Figura 23	Registro de campo de condición de pavimento	71
Figura 24	Cálculo de valor deducido	71
Figura 25	Interpolación para valor deducido	72
Figura 26	Cálculo de mayor valor deducido	73
Figura 27	Cálculo de VDC	74
Figura 28	Ábaco para el cálculo de VDC	75
Figura 29	Metrado para presupuesto de mantenimiento	76
Figura 30	Variación Diaria	97
Figura 31	Variación Horaria	98
Figura 32	Clasificación Vehicular IMDA.....	101
Figura 33	Presupuesto de mantenimiento	107



ACRÓNIMOS

ATS:	Average Travel Speed (Promedio de Velocidad de Viaje)
BFFS:	Base Free Flow Speed (Velocidad Base de Flujo Libre)
ET:	Equivalent for Trucks (Equivalente para camiones)
FFS:	Free Flow Speed (Velocidad de Flujo Libre)
FHMD:	Factor de Hora de Maxima Demanda
HCM:	Highway Capacity Manual (Manual de Capacidad de Carretera)
HDV:	High Deduce Value (Valor Alto Deducido)
HV:	Heavy Vehicules (Vehiculos Pesados)
IMD:	Indice Medio Diario
IMDA:	Indice Medio Diario Anual
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IRI:	Índice de Rugosidad Intenacional
MERLIN:	Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation (Maquina para la Evaluacion de Rugosidad de bajo costo)
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PCI:	Pavement Condition Index (Indice de Condición de Pavimento)
PHF:	Peak Hour Factor (Factor de Hora Pico)
PTSF:	Percent Time Spent Following (Porcentaje de Tiempo Destinado a Seguimiento)
PFFS:	Percent of Free Flow Speed (Porcentaje de Velocidad de Flujo Libre)
SUMO:	Simulation of Urban Mobility (Simulacion de Movilidad Urbana)
TRB:	Transportation Research Board (Junta de Investigacion de Transporte)
VDC:	Valor Deducido Corregido
VDT:	Valor Deducido Total



RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del tráfico vehicular en los niveles de servicio de la carretera Juliaca – Lampa Km 03+000 al Km 09+000. Para abordar el problema sobre el crecimiento del tráfico vehicular en la ciudad de Juliaca ha generado una creciente decadencia en los niveles de servicio en sus principales vías, particularmente en la carretera Juliaca – Lampa, que en horas de máxima demanda se observa la acumulación de vehículos y la reducción en la velocidad de viaje, pese a que el tráfico vehicular es un factor crucial para la planificación urbana y de transporte, actualmente no existe un análisis que cuantifique la influencia específica de este incremento en el nivel de servicio de la carretera Juliaca – Lampa en el tramo del Km 03+000 al Km 09+000. Sin esta información precisa, resulta difícil diseñar e implementar soluciones efectivas de gestión del tráfico. El enfoque de la Investigación es cuantitativo, transeccional, y de diseño experimental. Se tomo como indicadores el aforo, la velocidad y longitud de tramo. Para llevar a cabo esta investigación se tomó el aforo vehicular, las mediciones de velocidad, características geométricas de la carretera, luego se usó la metodología HCM 2016 para el análisis de los datos, como población y muestra la carretera Juliaca – Lampa Km 03+000 al Km 09+000. En conclusión, se obtuvo que el tráfico vehicular influye en los niveles de servicio de la carretera Juliaca – Lampa Km 03+000 al Km 09+000, al aplicar la metodología HCM 2016 obteniendo un porcentaje de velocidad de flujo libre (PFFS) de 83.12% para la dirección 1 y de 81.70% para la dirección 2 que da como resultado un nivel de servicio C.

Palabras clave: Aforo, Carretera, Serviciabilidad, Pavimento, Tráfico, Velocidad.



ABSTRACT

The research aimed to determine the influence of vehicular traffic on the service levels of the Juliaca – Lampa Highway, Km 03+000 to Km 09+000. To address the problem of vehicular traffic growth in the city of Juliaca, which has generated a growing decline in service levels on its main roads, particularly on the Juliaca – Lampa Highway, where vehicle accumulation and travel speed reduction are observed during peak hours. Despite the fact that vehicular traffic is a crucial factor for urban and transportation planning, there is currently no analysis that quantifies the specific influence of this increase on the level of service of the Juliaca – Lampa Highway in the section from Km 03+000 to Km 09+000. Without this precise information, it is difficult to design and implement effective traffic management solutions. The research approach is quantitative, cross-sectional, and experimental. The indicators taken were capacity, speed, and section length. To carry out this research, the vehicle capacity, speed measurements, geometric characteristics of the road were taken, then the HCM 2016 methodology was used for data analysis, as population and sample the Juliaca – Lampa highway Km 03 + 000 to Km 09 + 000. In conclusion, it was obtained that vehicular traffic influences the service levels of the Juliaca – Lampa highway Km 03 + 000 to Km 09 + 000, when applying the HCM 2016 methodology obtaining a percentage free flow speed (PFFS) of 83.12% for direction 1 and 81.70% for direction 2, resulting in a service level C.

Keywords: Capacity, Road, Serviceability, Pavement, Traffic, Speed.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento del tráfico vehicular en la ciudad de Juliaca ha generado en horas de máxima demanda la acumulación de vehículos y la reducción en la velocidad de viaje ocasionado por una creciente decadencia en los niveles de servicio en sus principales vías, particularmente en la carretera Juliaca – Lampa, pese a que el tráfico vehicular es un factor crucial para la planificación urbana y de transporte, actualmente no existe un análisis que cuantifique la influencia específica de este incremento en el nivel de servicio de la carretera Juliaca – Lampa en el tramo del Km 03+000 al Km 09+000. Sin esta información precisa, resulta difícil diseñar e implementar soluciones efectivas de gestión del tráfico. Las variables que se tendrán como estudio serán el tráfico vehicular y los niveles de servicio de la carretera. La presente investigación busca determinar la influencia del tráfico vehicular en los niveles de servicio de la carretera Juliaca – Lampa km 03+000 al km 09+000.

La ciudad de Juliaca al ser un eje comercial importante en la región, es una de las ciudades que tiene una mayor inmigración de las diferentes provincias aledañas, lo cual hace que tenga un crecimiento poblacional muy alto; en consecuencia, influye en el crecimiento del parque automotor. La carretera Juliaca – Lampa es parte de la vía nacional PE-3SQ, es uno de los ingresos hacia la ciudad de Juliaca. En el tramo de estudio km 03+000 al km 09+000, se vienen desarrollando urbanizaciones que son consecuencia de la inmigración es así que es necesario analizar los niveles de servicio de la carretera. De esta forma se genera un mayor tráfico vehicular lo cual afecta los niveles de servicio de la carretera, por lo que es necesario determinar el nivel de servicio en el que se encuentra.



Se han abordado temas de gestión vial, así como Chambi (2021), indica que la falta de un adecuado modelo de gestión vial en la carretera Juliaca – Lampa implicó que la entidad encargada de la administración de esta vía (Provias Nacional) no ejecute actividades de mantenimiento de forma adecuada y oportuna, a ello se suma las condiciones climáticas adversas a lo largo de todo el año que provoca un deterioro prematuro y excesivo de la vía.

Estudios sobre el tránsito en la ciudad de Juliaca, analizaron la planificación del tránsito vehicular en el cercado, así como lo manifiesta Soto Sanca (2017) en su investigación, a consecuencia del crecimiento de la ciudad de Juliaca hacia las zonas de ingreso, en la presenta investigación se busca determinar los niveles de servicio en una zona diferente al cercado, para lo cual se toma una zona de ingreso a la ciudad de Juliaca, como es la carretera Juliaca– Lampa.

En Ecuador, Ashhad et al. (2020) indican que la red vial de un país es afectada por la congestión vehicular, representa un grave problema para la población que circular por ellas, entre las causas se encuentra el incremento demográfico, inexistentes o desactualizadas señales de tránsito, la falta de obras viales tales como vías alternas, incremento un parque automotor en incremento, y la falta de mantenimiento vial.

Otra investigación en Ecuador, Cuenca (2014) observó que la congestión vehicular afecta a la red vial de un país, representando un grave problema para la población que debe circular por ellas, entre sus causas se encuentra el incremento demográfico, la falta de obras viales como vías alternas, señales de tránsito inexistentes o desactualizadas, incremento del parque automotor, y la falta de mantenimiento vial.

En Tacna, Amaru y Laguna (2022) señalan que: “En la ciudad de Tacna se generó un incremento de tránsito vehicular en lugares tales como el transporte público y privado,



los cuales no cuentan con un debido sistema de control tránsito adecuado para garantizar una continuidad vehicular”. Los autores se sostienen en lo manifestado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el año 2018, menciona: “El crecimiento del parque automotor, registrándose un crecimiento de 3,6 % para vehículos ligeros y un 29,0 % en lo que respecta a vehículos pesados”.

En Ancash, Bañez (2020) indica que “el desarrollo de la minería, el turismo y la agricultura trae consigo desarrollo para el Departamento de Ancash y para los poblados aledaños a nuestro estudio, ya que el canon minero ha dado mucho para poder hacer la obras que hoy en día se necesitan, para el crecimiento de nuestra economía; la circulación por esta vía a dado consigo la demanda en tanto al comercio, el turismo, el transporte particular e interprovincial al trayecto, como comúnmente se le dice al distrito millonario del paraíso de las magnolias y la cultura Chavín, y al ser localizada la ruta más circulada para trasladarse a la provincia de Huari al ver que aquellos sitios que eran caseríos se volvían centros poblados se dio un crecimiento poblacional que en consecuencia nos dio más el flujo de vehículos y usuarios”.

En Cajamarca, Paico (2021) observó que la población del departamento de Cajamarca para el año 2017 (1, 537,200 habitantes, Compañía Peruana de estudios de mercados y opinión Pública S.A.C, 2017) ha aumentado en un 2% respecto a la población del 2010 (1,500,584 habitantes, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021). Esta consecuencia es causada por el aumento de las diferentes actividades socioeconómicas desarrolladas en las diferentes provincias del departamento. El aumento del volumen vehicular encuentra su causa en el aumento de la población, que consecuentemente genera problemas en infraestructura de transporte diseñados inicialmente para volúmenes vehiculares menores a los actuales.



En Puno, Ancco (2020) indica que: “En la ciudad de Puno la sobrepoblación de vehículos viene generando problemas en el servicio de transporte urbano, es así que, en horas punta 07:00 a.m. a 08:00 a.m. y 18:00 a.m. a 19:00 p.m. se registra congestión vehicular en el centro de la ciudad. En la época escolar este problema se intensifica, generalmente todos siguen una misma ruta para llegar a su destino”.

En Puno, Mamani y Ramos (2018) señalan que: “Por la falta de un Sistema Integral de Vialidad en la ciudad de Puno, siendo esta la capital de la región, se presencia problemas en el tráfico vehicular con la concentración de gran cantidad de vehículos en puntos críticos, la misma que va incrementando con el pasar del tiempo. La elevada tasa anual de crecimiento poblacional causa un incremento del tráfico vehicular, otro factor significativo es el nivel de migración de la población desde diferentes distritos y provincias del departamento de Puno”.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cómo influye el tráfico vehicular en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cómo influyen los vehículos livianos en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000?

¿Cómo influyen los vehículos pesados en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000?



1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis General

El tráfico vehicular influye en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000.

1.3.2. Hipótesis Específicas

El tráfico de vehículos livianos influye en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000.

El tráfico de vehículos pesados influye en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Justificación social

Debido al crecimiento poblacional en la ciudad de Juliaca durante los últimos años, se ha registrado también un crecimiento en el parque automotor, para lo cual las vías actuales presentan una capacidad que se verá afectada con el tráfico vehicular, generando retrasos y afectando los niveles de servicio que ofrece la carretera, por lo cual es necesario conocer los niveles de servicio en el que se encuentra.

El estudio servirá para mejorar calidad de vida a la población aledaña a la carretera en estudio, así como lo manifestó el alcalde de la provincia de San Román: “Esta importante vía de comunicación, es para nuestros vecinos de la salida a Lampa, nosotros complementaremos con el asfaltado de otras vías que



faltan, queremos que ya no sigan comiendo tierra, eso atenta contra la salud de la población”(Municipalidad Provincial de San Román - Juliaca, 2024).

1.4.2. Justificación ambiental

Se justifica ambientalmente este estudio para contribuir con la reducción de la contaminación acústica que se genera por el tráfico vehicular, al tener un nivel de servicio bajo esta contaminación será mayor. Uno de los aspectos relevantes a considerar en los estudios de impacto ambiental para alcanzar un transporte sustentable, debido a los efectos y daños a la salud (Fernando et al., 2010).

1.4.3. Justificación tecnológica

Esta investigación se justifica tecnológicamente al hacer uso de un software de simulación de tráfico SUMO, los resultados permitieron determinar el comportamiento del tráfico, al ser este un software libre, se podrá hacer sugerencias para el mejoramiento del software para futuros estudios.

1.4.4. Justificación teórica

Esta investigación se justifica teóricamente al contribuir con un estudio de tráfico de una carretera de la cual no se tiene documentación certera, de esta manera se podrá proyectar tráficos futuros, los resultados de esta investigación forman base para nuevos estudios. Los estudios de tráfico desempeñan un papel fundamental en el diseño y desarrollo de entornos urbanos eficientes y sostenibles ya que proporcionan información valiosa para que permite tomar decisiones (Joaquin, 2024).



1.4.5. Justificación práctica

Como justificación práctica se busca la seguridad vial, y la eficiencia en los tiempos de viajes mediante la mejora de los niveles de servicio, tomando en cuenta la proyección de tráfico futuro, las características geométricas de la carretera y la velocidad de los vehículos en tránsito. El conocimiento de los niveles de servicio y las velocidades de operación, tiene gran relevancia ya que, con base en ello, se pueden planear los trabajos de ampliación, modificación o construcción de infraestructura carretera (Torres et al., 2018).

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo General

Determinar la influencia del tráfico vehicular en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000.

1.5.2. Objetivos Específicos

Determinar la influencia del tráfico de vehículos livianos en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000.

Determinar la influencia del tráfico de vehículos pesados en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000.

1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	UNIDAD DE MEDIDA
VARIABLE 1: Tráfico vehicular	Vehículos livianos	Aforo	IMDA > 6000	veh/día
			IMDA entre 6000 y 4001	
	Vehículos pesados	Aforo	IMDA entre 4000 y 2001	veh/día
			IMDA entre 2000 y 400	
VARIABLE 2: Niveles de servicio	Nivel de servicio A	Velocidad	Bajo	km/h
		Longitud de tramo	Medio	km
			Alto	km
	Nivel de servicio B	Velocidad	Bajo	km/h
		Longitud de tramo	Medio	km
			Alto	km
	Nivel de servicio C	Velocidad	Bajo	km/h
		Longitud de tramo	Medio	km
			Alto	km

Nota: Elaboración Propia

1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Limitación del alcance Geográfico

Esta investigación se limita al estudio del tramo entre el KM 3+000 y el KM 9+000 de la carretera Juliaca - Lampa. Por lo tanto, los resultados y conclusiones obtenidos son aplicables específicamente a esta sección y no pueden ser directamente generalizados a otros tramos de la carretera o a otras vías con características geométricas y de tráfico diferentes.



1.7.2. Limitación de tiempo en la recopilación de datos

En cuanto a la recopilación de datos de tráfico se efectuó en dos semanas, la primera en horarios diurnos y la segunda en horarios nocturnos. Por lo que podría tener variaciones a lo largo del año si se consideraran los días como son feriados o días festivos de la zona, en los cuales se tiene un mayor tráfico vehicular.

1.7.3. Limitación de recursos

La disponibilidad de recursos económicos y tecnológicos limitó la utilización de equipos más sofisticados como el perfilómetro laser para ensayos de IRI, el cual podría generar mayor exactitud en los resultados.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Para Paramasivam (2013) en su tesis: “Evaluación del nivel de servicio (LOS) para la cobertura del servicio en el sistema de tránsito de Kuala Lumpur utilizando SIG” que tiene como objetivo: “Evaluar la eficiencia y accesibilidad de la cobertura del servicio LOS en Kuala con el SIG de Lumpur para la planificación del tránsito” concluye: “Los Niveles de Servicio (LOS) de cobertura se calcula con el porcentaje de TSA (Area de Soporte de Tránsito) atendido por cada sistema de tránsito; en general, el porcentaje de TSA que prestan servicio a todos los sistemas de tránsito fue inferior al 60%, y la combinación de todos los sistemas de tránsito cae por debajo del 80%, lo que todavía no es eficiente para un número de pasajeros significativo”.

Para Rincón y Sandoval (2020) en su tesis titulada: “Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de La Glorieta El Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, norte de Santander” que tiene como objetivo: “Realizar un estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de la glorieta el Claret, en la ciudad de San José Cúcuta, Norte de Santander” concluye: “Tras la toma de información de campo para los estimativos de tránsito, se obtuvo la demanda del flujo vehicular, identificando la cantidad y tipo de vehículos que circulan por la red vial; los datos permitieron determinar el número de vehículos por entrada, con el fin de determinar la de mayor flujo vehicular. En tal sentido, se determinó que la entrada



1, o transversal 17 es la que recibe la mayor cantidad de ingreso vehicular con 36,56%, y la de menor flujo vehicular, la entrada 4 o avenida 23 orientación sur-norte con 11,48% es la que en menor medida ofrece flujo vehicular. En promedio el tipo de vehículos que mayormente circulan por la referida rotonda es el tipo denominada como; autos con más del 50%, seguido de motos con 34,59%, siendo la de menor circulación los camiones de carga de más de tres ejes”.

Según Arias (2023) en su tesis titulada: “Análisis de la capacidad y el nivel de servicio de la doble calzada Buga-Tuluá-La Paila-La Victoria aplicando el manual para vías multicarril del INVIAS 2022” cuyo objetivo es: “Determinar la capacidad y el nivel de servicio de cada uno de los sectores de la doble calzada Buga-La Paila-La Victoria bajo los criterios planteados en el manual del INVIAS 2022 para vías multicarril” concluye que: “El comparativo de resultados del nivel de servicio, NS, calculado por los dos manuales de INVIAS 2022 y HCM2016, presenta una notoria diferencia en donde el tramo Buga-Tuluá en ambos sentidos registró un NS: B por INVIAS 2022 y NS: A por HCM 2016, lo que obedece a las diferencias entre los rangos de la densidad de cada manual; INVIAS 2022 define un rango de $>0-11$ ade/milla/carril y HCM 2016 un rango de ≤ 6 para asignar un nivel de servicio NS: A”.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Para Castro (2022) en su tesis titulada: “Análisis del flujo vehicular y el nivel de servicio de la Av. José Olaya” cuyo objetivo es: “Determinar los efectos del flujo vehicular en el nivel de servicio de la Av. José Olaya” concluye que: “El flujo vehicular produce efectos negativos en el nivel de servicio de las 4 intersecciones de la Av. José Olaya, dado que en las intersecciones se presenta



una acumulación de flujo vehicular de 1868 veh/hora, 2628 veh/hora, 2068 veh/hora y 2332 veh/hora, obteniendo niveles de servicio LOS F, LOS C, LOS F y LOS B respectivamente, los cuales son niveles considerados deficientes y muestran problemas en tráfico vehicular”.

Para Condor y Taipe (2025) en su tesis titulada: “Mejoramiento del tránsito vehicular y nivel de servicio en la Av. Independencia - carretera central margen derecha, tramo Av. Evitamiento e intersección con Av. Coronel, Junín - 2024” cuyo objetivo es: “Realizar el mejoramiento del tránsito vehicular y el nivel de Servicio en la Av. Independencia – Carretera Central Margen Derecha, Tramo Av. Evitamiento e intersección con Av. coronel Parra, Junín – 2024 a través de una propuesta de solución” concluye que: “Se identificó la relación de la infraestructura vial con el nivel de servicio en la Av. Independencia – Carretera Central Margen Derecha, tramo Av. Evitamiento e intersección con Av. Coronel Parra, Junín; la capacidad limitada de la vía, intersecciones mal diseñadas y la falta de mantenimiento adecuado contribuyen a la congestión y disminuyen el nivel de servicio, afectando tanto a vehículos particulares como al transporte público, manteniendo un nivel de servicio en F”.

Según Cuentas y Ayala (2019) en su tesis titulada: “Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio, según Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010) en la vía PE-3S tramo Arco Tica Tica-Izchuchaca”, que tiene como objetivo: “Determinar la capacidad vial y nivel de servicio en función de la velocidad media de recorrido (VMR) y porcentaje de tiempo de seguimiento (PTS) basado en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010) en la Vía PE-3S tramo Arco Tica tica-Izcuchaca” en la cual concluye que: “Con la disminución de la velocidad media de recorrido (VMR) y aumento de porcentaje



de tiempo de seguimiento (PTS), la capacidad y nivel de servicio desciende, basado en el manual de capacidad de carreteras (HCM 2010) en la Vía PE-3S tramo Arco Tica tica-Izcuchaca”.

Conforme con Zúniga (2023) en su tesis titulada: “Análisis e influencia de la capacidad vial y nivel de servicio en el tránsito vehicular de la carretera CU-117-Emp. PE-3S (Cusco) - Occopata - Yaurisque -Tramo CC Cachona – CC Occopata - Distrito de Santiago - Provincia del Cusco, utilizando la Metodología Highway Capacity Manual– 2016”, cuyo objetivo es: “Analizar la influencia de utilizar la metodología HCM-2016 y parámetros de la Normativa Peruana DG-2018 en la capacidad vial y nivel de servicio de la carretera CU-117-Emp. PE-3S (Cusco) - Occopata - yaurisque - Tramo CC Cachona - CC Occopata – del distrito Santiago – provincia del Cusco”, se concluye: “Que según la metodología HCM 2016 la vía satisface la demanda vehicular de la zona, sin embargo, no es la más óptima según la clasificación de la metodología en su totalidad, pudiéndose mejorar la capacidad vial y nivel de servicio de la carretera CU-117-Emp. PE-3S (Cusco) - Occopata - yaurisque - Tramo CC Cachona - CC Occopata – del distrito Santiago – provincia del Cusco”.

2.1.3. Antecedentes Locales

Según Parra (2023) en su tesis titulada: “Condiciones Operativas que inciden en la capacidad y niveles de servicio de las vías de acceso a la ciudad de Puno PE-36B y PE-3S-2022” cuyo objetivo es: “Determinar la incidencia de las condiciones operativas en la capacidad y niveles de servicio de las vías de acceso a la ciudad de Puno PE-36B y PE-3S – 2022” concluye: “Las condiciones operativas inciden negativamente en la capacidad y nivel de servicio de las vías



de acceso a la ciudad de Puno y de manera inversamente proporcional ya que cuanto mayor es la presencia de dichas condiciones operativas más también se reduce la capacidad y nivel de servicio de dichas vías; las regresiones lineales múltiples junto con el estadístico de prueba valor “p” demuestran que en la vía de acceso PE-36B (Puno – Laraqueri) las condiciones de infraestructura y de tránsito no presentan efectos negativos, mientras que las condiciones de control inciden negativamente reduciendo su nivel de servicio “A” a “B” con una capacidad de 3200 vl/h. Respecto a la vía de acceso PE-3S (Puno – Juliaca) las condiciones de infraestructura reducen la capacidad de 3200 vl/h a 3148 vl/h, las condiciones de tránsito reducen la capacidad hasta 3104 vl/h, mientras que las condiciones de control no presentan efectos negativos; en cuanto a la vía PE-3S (Puno – Ilave) las condiciones de infraestructura y de control no presentan efectos negativos, pero las condiciones de tránsito reducen la capacidad de la vía de 3200 vl/h a 3091 vl/h”.

De acuerdo con Ancco (2020) en su tesis titulada: “Análisis y evaluación de la capacidad y del nivel de servicio de la intersección semaforizada Fermín Arbulú y Tacna de la ciudad de Puno aplicando las metodologías HCM 2000 y Synchro 8” cuyo objetivo es: “Evaluar la Capacidad y el Nivel de servicio de la Intersección Semaforizada Av. Tacna - Jr. Arbulú, de la Ciudad de Puno. Aplicando las metodologías HCM 2000 y Synchro 8” concluye: “La intersección está operando a 71% de su capacidad determinado con HCM 2000 y a 90% con Synchro v.8. El nivel de servicio “D” con HCM 2000 y “D” con Synchro v.8.”.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Tráfico Vehicular

De acuerdo a los estudios de distintos autores se puede definir al tráfico vehicular como: tránsito de vehículos motorizados por las calles, carreteras, caminos, etc.,(Real Academia Española, 2023). Este término y entendiendo que nuestra investigación tiene como punto importante el tráfico vehicular, se entiende el tráfico vehicular como: El tránsito de vehículos en los tramos viales.

El tráfico vehicular se trata de un fenómeno provocado por el flujo de vehículos en carreteras y autopistas. En español, "tránsito" generalmente se utiliza para describir el flujo de elementos móviles (que se desplazan por las carreteras de un lugar a otro), y "tráfico" se utiliza para referirse a elementos transportados por otros medios que se utilizan para representar. Las ciudades con mayor impacto de tráfico son: San Salvador (El Salvador, Centroamérica), Shanghai (China, Asia), Los Ángeles (Estados Unidos, Norteamérica), Río de Janeiro (Brasil, Sudamérica), Madrid (España, Europa) etc. Durante la última década del siglo XX, el número de automóviles en América Latina aumentó rápidamente y los automóviles se utilizaron para una amplia gama de propósitos, incluidos los desplazamientos al trabajo y a la escuela, lo que ejerció una enorme presión sobre la red vial (Thomson & Bull, 2002).

El número mayoritario de vehículos de transporte es un contribuyente a agudizar la congestión, como sucede en algunas ciudades de similares características. La desregulación es una de las características de los modelos económicos en vigor; por tanto, es generalizada de la industria del transporte de pasajeros a menudo resulta en una expansión significativa de las flotas de



autobuses y taxis y en una reducción del orden y la disciplina en sus operaciones (Thomson & Bull, 2002).

2.2.2. Elementos del flujo de tránsito

- **Usuario:** Conductores, peatones, ciclistas y pasajeros.

De acuerdo con Cal y Mayor & Cárdenas (2018), “los seres humanos, son elementos primordiales del tránsito por calles, como usuarios de los diferentes medios de transporte, y carreteras, los cuales deben ser estudiados y entendidos claramente con el propósito de poder ser controlados y guiados en forma apropiada”.

- **Vehículos:** Livianos y pesados.
- **Vialidad:** Calles y carreteras.
- **Dispositivos de control:** Marcas, señales y semáforos.
- **Ambiente**

2.2.3. Automóvil

Un automóvil, conocido también como coche, carro, auto, etc.; es un vehículo motorizado con ruedas utilizado para el transporte; la clasificación de automóviles es generalmente un término que se refiere a la manera de agrupar vehículos en categorías según sus características (Soca, 2022).

2.2.4. Sector automotriz en Perú

La industria automotriz se compone de tres tipos de vehículos: livianos, pesados y compactos. Los vehículos pequeños se definen como vehículos pertenecientes a la categoría L de acuerdo con el Reglamento de Vehículos del



Estado establecido por el Decreto Supremo n. 058-2003-MTC. Son vehículos motorizados o no motorizados, de dos o incluso tres ruedas, aptos para el transporte de personas y carga de hasta una tonelada, cuya carrocería y estructura cuentan con elementos que protegen al usuario durante su operación. Algunos ejemplos son las motocicletas, los mototaxis, los tuk-tuks de carga (furgonetas de motocicletas), los ciclomotores y las motos de cross (Infante, 2022).

De los mencionados vehículos en la investigación se enfocó en los vehículos livianos y pesados, lo cuales se encuentran en el reglamento nacional de vehículos.

2.2.5. Crecimiento del sector automotriz

Es importante mencionar que el aporte del sector automotriz a la economía nacional involucra a más de actividades productivas, a otras que se relacionan directamente como son: comercialización de vehículos y autopartes, mecánicas y talleres de servicio, producción de combustibles y lubricantes y las de servicios financieros y de seguros (Carrillo, 2009).

De la misma forma que el parque automotor viene creciendo el flujo vehicular también crece, por una relación directa entre la fabricación de automóviles, lo que genera que el tráfico vehicular se sature en algunos momentos del día, y tomando en cuenta que las vías no fueron diseñadas para un parque automotor como el actual, se puede observar la destrucción de las vías, por el exceso número de vehículos.

2.2.6. Características del flujo vehicular

Dentro de las características del flujo vehicular se tiene los siguientes:

- **Velocidad**

Se entiende como la relación entre el tiempo que se tarda en recorrer y el espacio recorrido, para un vehículo se expresa como la relación entre la distancia recorrida sobre un tiempo determinado, varía según su aceleración (Amaru y Laguna, 2022).

Para el estudio se tomará las velocidades de acuerdo al High Capacity Manual 2016, en el cual indica que las velocidades de los vehículos son necesarias para el cálculo de los niveles de servicio de la carretera en estudio.

- **Volumen tránsito**

De acuerdo con diferentes autores el volumen de tránsito viene a ser la cantidad de vehículos que pasan por la carretera (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Para el estudio se calculará este volumen mediante el aforo utilizando los formatos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- **Densidad**

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.2.7. Aforos de tráfico

Se entiende como los estudios y evaluaciones para determinar las características del tráfico en las vías de circulación de tránsito, estos datos obtenidos se utilizan como base para el planeamiento y explotación de las redes viarias, la aplicación de regulaciones de tráfico y la investigación de los efectos

de los diferentes elementos de las vías en circulación de vehículos (Garber & Lester, 2005).

2.2.8. Clasificación Vehicular

Categoría M, vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.

M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor (Gobierno del Perú, 2003).

Figura 1

Vehículo de categoría M1



Nota: Adaptado de *Reglamento Nacional de Vehículos. Decreto Supremo N° 058-2003-MTC* (p.71), por Gobierno del Perú, 2003.

M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos (Gobierno del Perú, 2003).

M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas (Gobierno del Perú, 2003).

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

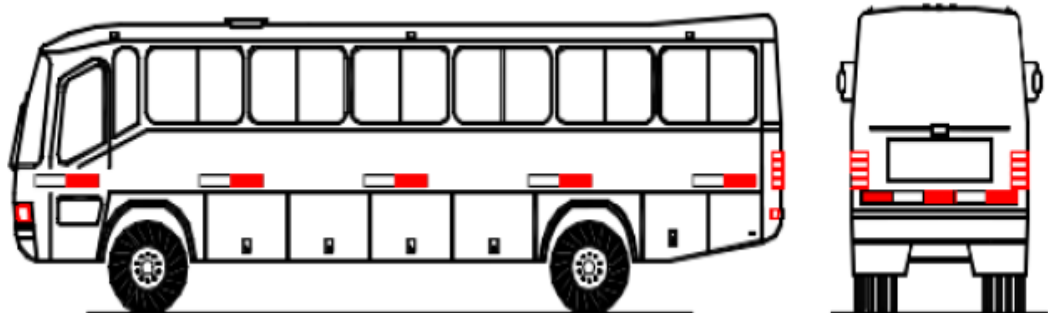
Clase I: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos (Gobierno del Perú, 2003).

Clase II: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles (Gobierno del Perú, 2003).

Clase III: Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados (Gobierno del Perú, 2003).

Figura 2

Vehículo de categoría M2 y M3



Nota: Adaptado de *Reglamento Nacional de Vehículos. Decreto Supremo N° 058-2003-MTC* (p.71), por Gobierno del Perú, 2003.

Categoría N, Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía

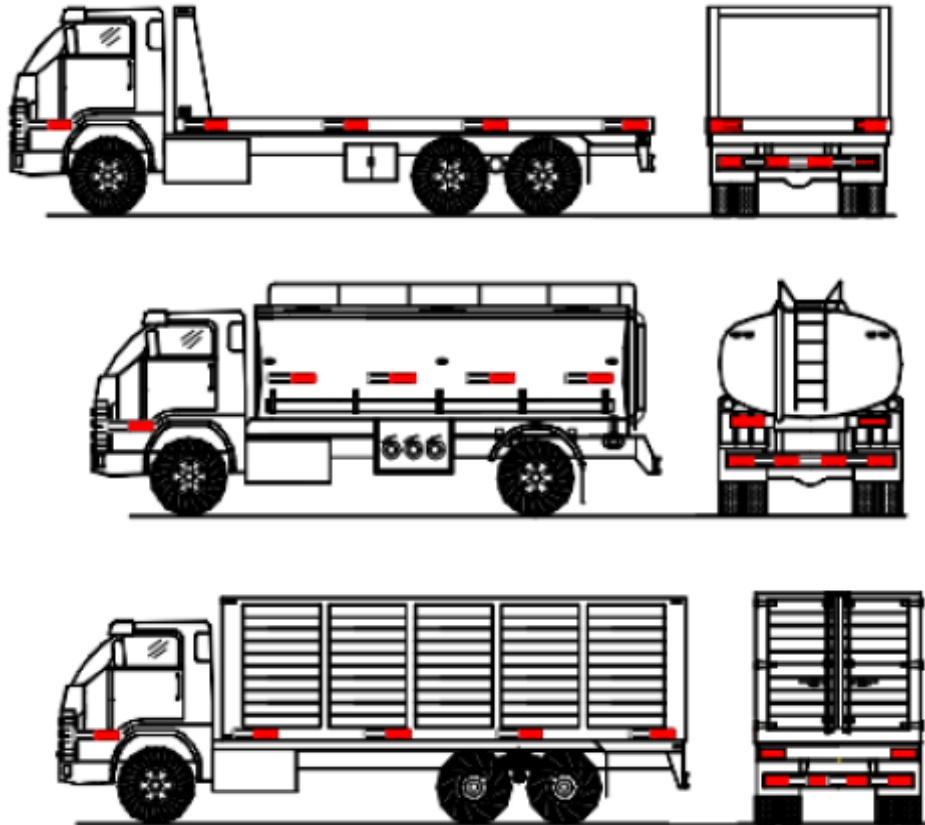
N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos (Gobierno del Perú, 2003).

N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas (Gobierno del Perú, 2003).

N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas (Gobierno del Perú, 2003).

Figura 3

Vehículos de categoría N1, N2, N3



Nota: Adaptado de *Reglamento Nacional de Vehículos. Decreto Supremo N° 058-2003-MTC* (p.71), por Gobierno del Perú, 2003.

2.2.9. Niveles de servicio

El nivel de servicio es una medida cualitativa, se encarga de describir las condiciones operativas en los concerniente a una corriente de tránsito; por la tanto, se puede decir que el nivel de servicio es una medida de la calidad que la vía ofrece al usuario, refiriéndose a la calidad como la velocidad a la que un vehículo puede circular con la suficiente comodidad y seguridad (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).



De acuerdo con la High Capacity Manual 2016 (HCM 2016) se tiene los siguientes niveles de servicio:

- **Nivel de Servicio A**

Representa circulación a flujo libre. Los usuarios están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación, donde poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito; por lo tanto, el nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente (Transportation Research Board, 2016).

- **Nivel de Servicio B**

Continúa en el rango de flujo libre, pero se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación; la libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, a pesar que disminuye un poco la libertad de maniobra; por lo tanto, el nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno (Transportation Research Board, 2016).

- **Nivel de Servicio C**

Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios; la velocidad deseada se ve influenciada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida; en consecuencia, el nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente (Transportation Research Board, 2016).



- **Nivel de Servicio D**

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable, quedan seriamente restringidas la velocidad y libertad de maniobra, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo; por lo que, pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas (Transportation Research Board, 2016).

- **Nivel de Servicio E**

El funcionamiento está en él, o cerca, del límite de su capacidad; la velocidad se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme, es extremadamente difícil la libertad de maniobra para circular, y los cambios de carril se consiguen forzando a los vehículos a “ceder el paso”; además, se sitúan en un nivel bajo la comodidad y conveniencia, siendo muy elevada la frustración de los conductores; en consecuencia la circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos (Transportation Research Board, 2016).

- **Nivel de servicio F**

Representa condiciones de flujo forzado. Se produce cuando la cantidad de tránsito se acerca a un punto que excede la cantidad posible para pasar por él; por lo tanto, en estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque (Transportation Research Board, 2016).



2.2.10. Carreteras de dos carriles

Para el análisis de la carretera es necesario conocer la clasificación de carreteras de dos carriles de acuerdo con el manual HCM 2016, se tiene la siguiente clasificación:

Clase I de carreteras de dos carriles: Son carreteras donde los conductores esperan que los viajes sean a velocidades generalmente altas; se puede decir que estas carreteras de dos carriles son las que conforman las rutas principales interurbanas, siendo conectores primordiales de los principales generadores de tráfico, a la clase I se le asigna rutas de cercanías diaria o principales de la red vial nacional, que por lo general son rutas en donde se realiza viajes de largas distancias y facilita conexiones (Transportation Research Board, 2016).

Clase II de carreteras de dos carriles: Son aquellas carreteras donde los conductores no necesariamente esperan viajar a altas velocidades; funcionan como rutas de acceso para las carreteras de clase I, generalmente atraviesan terrenos escarpados y no son arterias primarias y, usualmente, prestan servicio a viajes relativamente cortos (Transportation Research Board, 2016).

Clase III de carreteras de dos carriles: Son aquellas carreteras que sirven áreas moderadamente desarrolladas; pueden ser porciones de las carreteras de las clases I y II, que pasan por pequeñas poblaciones o áreas recreacionales, por lo que, en tales segmentos, el tránsito local se mezcla con el tránsito de paso (Transportation Research Board, 2016).

Tabla 2

Nivel de servicio para carreteras de dos carriles: Clase I, Clase II, Clase III

NIVEL DE SERVICIO	CLASE I		CLASE II		CLASE III	
	Velocidad Promedio de viaje ATS (Km/h)	Porcentaje de tiempo empleado en seguimiento PTSF (%)	Porcentaje de tiempo empleado en seguimiento PTSF (%)	Porcentaje de tiempo empleado en seguimiento PTSF (%)	Porcentaje de velocidad de Flujo Libre PFFS (%)	Porcentaje de velocidad de Flujo Libre PFFS (%)
A	>88	≤35	≤40	≤40	>91.7	>91.7
B	>88-80	>35-50	>40-55	>40-55	>83.7-91.7	>83.7-91.7
C	>72-80	>50-80	>55-70	>55-70	>72-83.3	>72-83.3
D	>64-72	>65-80	>70-85	>70-85	>66.7-75	>66.7-75
E	≤64	>80	>85	>85	≥66.7	≥66.7
F	El volumen excede la capacidad de la carretera					

Nota: Adaptado de *Highway Capacity Manual* (p. 15-8), por TRB, 2016.

2.2.10.1. Determinación de la Velocidad de Flujo Libre (FFS)

Es posible determinar la velocidad a flujo libre FFS directamente de un estudio de velocidad en campo, en una sección representativa del segmento de carretera evaluado durante períodos de flujo de tránsito bajo (hasta 200 vehículos livianos/h en ambos sentidos), tomando una muestra aleatoria representativa de al menos 100 vehículos para cada uno de los sentidos (Transportation Research Board, 2016).

Cuando la medición en campo es realizada considerando los volúmenes bidireccionales estando el número por encima de 200 vehículos livianos/h, entonces debe efectuarse un ajuste al volumen para después calcularse la velocidad a flujo libre, en base a los datos de campo obtenidos utilizando la siguiente expresión.

$$FFS = S_{FM} + 0.0124 \left(\frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$



Donde:

FFS = Velocidad a flujo libre estimada (km/h)

S_{FM} = Velocidad media del tránsito medida en campo (km/h)

v = Tasa de flujo observada para el periodo cuando los datos de campo fueron obtenidos (veh/h)

$f_{HV,ATS}$ = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados, en el cálculo

de la velocidad media de viaje ATS

2.2.10.2. Velocidad de flujo libre estimada

Para estimar la velocidad a flujo libre FFS , el analista debe caracterizar las condiciones de operación de la carretera en términos de una velocidad a flujo libre base $BFFS$, que refleje el carácter del tránsito y los alineamientos de la carretera. Se pueden desarrollar estimaciones de la velocidad a flujo libre base $BFFS$, apoyándose en datos de velocidades y en el conocimiento local de las condiciones de operación de carreteras similares (Transportation Research Board, 2016).

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

Donde:

FFS = Velocidad a flujo libre estimada (km/h)

$BFFS$ = Velocidad a flujo libre base (km/h)

f_{LS} = Ajuste por anchos de carril y acotamiento



f_{LS} = Ajuste por densidad de puntos de acceso

2.2.10.3. Ajuste al volumen de demanda por velocidad media de viaje

(ATS)

Para el cálculo de este ajuste al volumen de demanda se utilizará la siguiente ecuación:

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{FHMD \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

Donde:

$v_{i,ATS}$ = Tasa de flujo de demanda i

i = Significa: i = d (sentido de análisis), i = o (sentido opuesto)

V_i = Volumen de demanda en el sentido i

FHMD= Factor de la hora de máxima demanda

$f_{g,ATS}$ = Factor de ajuste por tipo de terreno y pendientes

$f_{HV,ATS}$ = Factor ajuste por presencia de vehículos pesados

Tabla 3

Factor de ajuste por tipo de terreno

Demanda en una dirección, V_{VPH} (veh/h)	Factor de Ajuste	
	Terreno Plano	Terreno Ondulado
≤ 100	1.00	0.67
200	1.00	0.75
300	1.00	0.83
400	1.00	0.90
500	1.00	0.95
600	1.00	0.97
700	1.00	0.98
800	1.00	0.99
≥ 900	1.00	1.00

Nota: Adaptado de *Highway Capacity Manual* (p.15-17), por TRB, 2016.

Factor de ajuste para vehículos pesados ATS

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Donde:

$f_{HV,ATS}$ = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

P_T = Porcentaje de vehículos pesados

P_R = Porcentaje de vehículos recreativos

E_T = Automóviles equivalentes a un vehículo pesado

E_R = Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo

Tabla 4

Equivalencia en vehículos ligeros para vehículos pesados y recreativos en terreno llano y ondulado

Tipo de vehículo	Volumen horario en la dirección de análisis (veh/h)	Terreno llano y pendiente en bajada	Terreno ondulado
Pesados, E _T	≤100	1.9	2.7
	200	1.5	2.3
	300	1.4	2.1
	400	1.3	2.0
	500	1.2	1.8
	600	1.1	1.7
	700	1.1	1.6
	800	1.1	1.4
	≥900	1.0	1.3
Recreativos, E _R	Todos los volúmenes	1.0	1.1

Nota: Adaptado de *Highway Capacity Manual* (15-19), por TRB, 2016.

2.2.10.4. Estimación de la velocidad de viaje promedio (ATS)

Para la estimación se tomará en cuenta la siguiente ecuación:

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

ATS_d = Velocidad media de viaje en la dirección analizada (km/h)

FFS = Velocidad a flujo libre (km/h)

$v_{d,ATS}$ = Volumen ajustado para ATS en el sentido de análisis

$v_{o,ATS}$ = Volumen ajustado para ATS en el sentido opuesto

$f_{np,ATS}$ = Ajuste por porcentaje de zonas de no rebase en la dirección analizada



Tabla 5

Factor de ajuste por zona de no rebase

Demanda en el sentido opuesto v_o (veh/h)	Porcentaje de zonas de no rebase				
	20	40	60	80	100
FFS \geq 104 km/h					
\leq 100	1.1	2.2	2.8	3.0	3.1
200	2.2	3.3	3.9	4.0	1.2
400	1.6	2.3	2.7	2.8	2.9
600	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0
800	0.7	1.0	1.2	1.4	1.5
1000	0.6	0.8	1.1	1.1	1.2
1200	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
1400	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9
\geq 1600	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
FFS=96 km/h					
\leq 100	0.7	1.7	2.5	2.8	2.9
200	1.9	2.9	3.7	4.0	4.2
400	1.4	2.0	2.5	2.8	3.9
600	1.1	1.3	1.6	1.9	2.0
800	0.6	0.9	1.1	1.4	1.4
1000	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2
1200	0.5	0.7	0.9	1.0	1.1
1400	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9
\geq 1600	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7
FFS=88 km/h					
\leq 100	0.5	1.2	2.2	2.6	2.7
200	1.5	2.4	3.5	3.9	4.1
400	0.9	1.9	2.4	2.7	2.8
600	0.5	1.1	1.6	1.8	1.9
800	0.5	0.7	1.1	1.2	1.4
1000	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1
1200	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0
1400	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9
\geq 1600	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
FFS=80 km/h					
\leq 100	0.2	0.7	1.9	2.4	2.5
200	1.2	2.0	3.3	3.9	4.0
400	1.1	1.6	2.2	2.6	2.7
600	0.6	0.9	1.4	1.7	1.9
800	0.4	0.6	0.9	1.2	1.3
1000	0.4	0.4	0.7	0.9	1.1
1200	0.4	0.4	0.7	0.8	1.0
1400	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8
\geq 1600	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
FFS \leq 72 km/h					
\leq 100	0.1	0.4	1.7	2.2	2.4
200	0.9	1.6	3.1	3.8	4.0
400	0.9	0.5	2.0	2.5	2.7
600	0.4	0.3	1.3	1.7	1.8
800	0.3	0.3	0.8	1.1	1.2
1000	0.3	0.3	0.6	0.8	1.1
1200	0.3	0.3	0.6	0.7	1.0
1400	0.3	0.3	0.6	0.6	0.7
\geq 1600	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6

Nota: Adaptado de *Highway Capacity Manual* (p.15-22), por TRB, 2016.



2.2.10.5. Estimación del porcentaje a velocidad de flujo libre (PFFS)

Esta estimación se utilizará para determinar el nivel de servicio de la carretera, para lo cual se requerirá el ATS y el FFS.

$$PFFS = \frac{ATS_d}{FFS}$$

2.2.11. Capacidad Vial

De acuerdo con HCM 2016 la capacidad en una dirección de una carretera de dos carriles es de 1700 veh/h, sin embargo, se debe de considerar los factores de ajuste obtenidos, por lo que será necesario usar la siguiente ecuación.

$$C_{d,ATS} = 1700 f_{g,ATS} f_{HV,ATS}$$

Donde:

$C_{d,ATS}$ = Capacidad en la dirección de análisis base en la velocidad media de viaje ATS

2.2.12. SUMO

"Simulation of Urban Mobility", o "SUMO" para abreviar, es una simulación de tráfico multimodal, microscópica y de código abierto. Permite simular cómo una demanda de tráfico determinada, compuesta por vehículos individuales que se mueve a través de una red de carreteras determinada; es decir, esta simulación permite abordar un gran conjunto de temas de gestión del tráfico, cada vehículo se modela explícitamente, tiene una ruta propia y se mueve individualmente a través de la red; las simulaciones son deterministas por defecto,

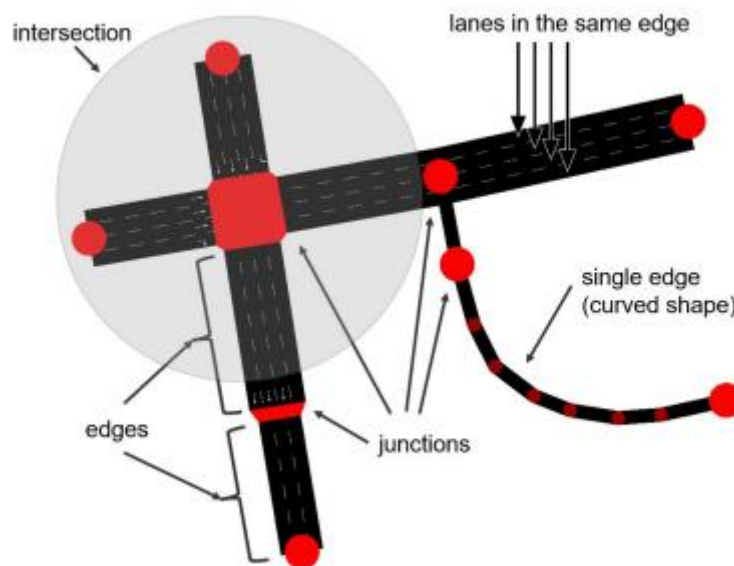
pero hay varias opciones para introducir aleatoriedad (German Aerospace Center, 2024).

2.2.12.1.Red de carreteras (Road Network)

Una red de carreteras SUMO describe las rutas relacionadas con el tráfico carreteras e intersecciones por las que circulan los vehículos simulados a lo largo o al otro lado.

Figura 4

Elementos de red de carreteras SUMO



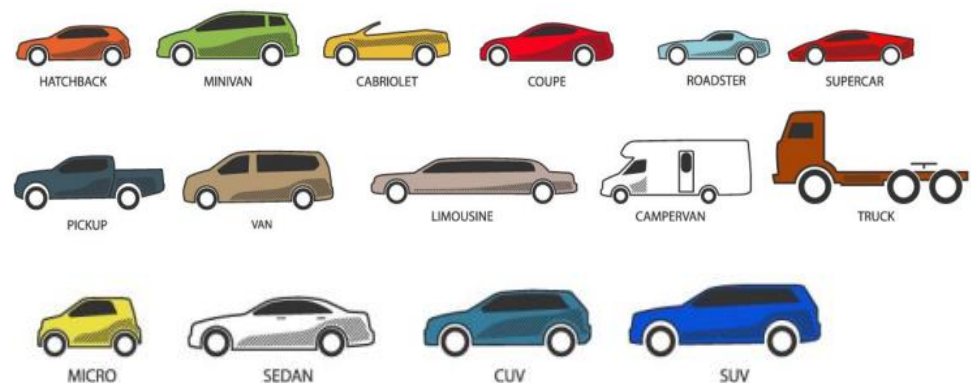
Nota: Adaptado de *Traffic Simulation with SUMO* (p. 10), por Buisson et al., 2019.

2.2.12.2.Demanda de Tráfico (Traffic Demand)

Una demanda de tráfico SUMO describe el tráfico que circular por la red viaria durante la simulación.

Figura 5

Demanda de tráfico SUMO



Nota: Adaptado de *Traffic Simulation with SUMO* (p. 36), por Buisson et al., 2019.

2.2.13. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

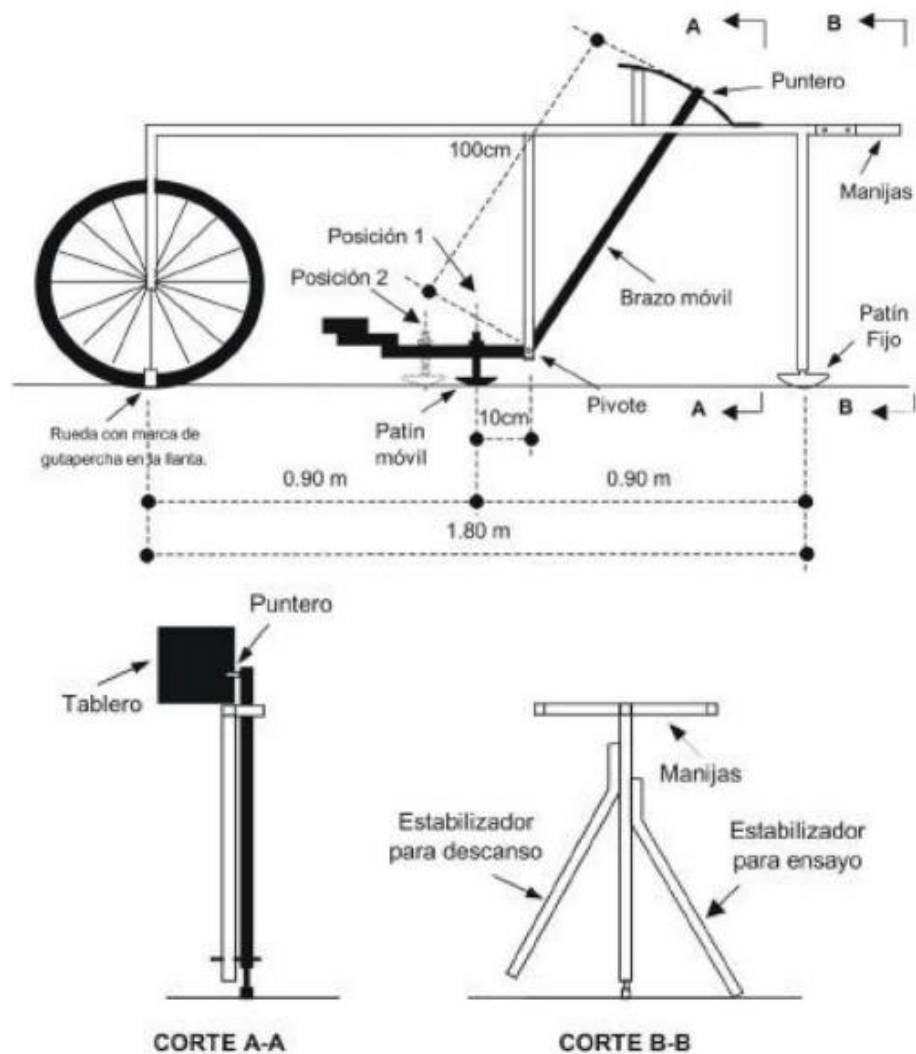
El Índice de Rugosidad Internacional IRI es un indicador estadístico de la irregularidad del pavimento; y representa la diferencia entre los perfiles longitudinales con respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad al manejar (Pradena, 2006).

2.2.13.1. El Rugosímetro MERLIN

El MERLIN es un equipo de diseño simple; consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal; para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo (Del Aguila, 1999).

Figura 6

Esquema del Rugosímetro MERLIN



Nota: Adaptado de *Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión* (p. 5), por Del Aguila, 1999.

2.2.13.2. Escala de regularidad

De acuerdo a los diferentes países que usan el valor del IRI para clasificar el grado de confort de las vías pavimentadas, se tiene la siguiente tabla.

Tabla 6

Valores usado en diferentes países

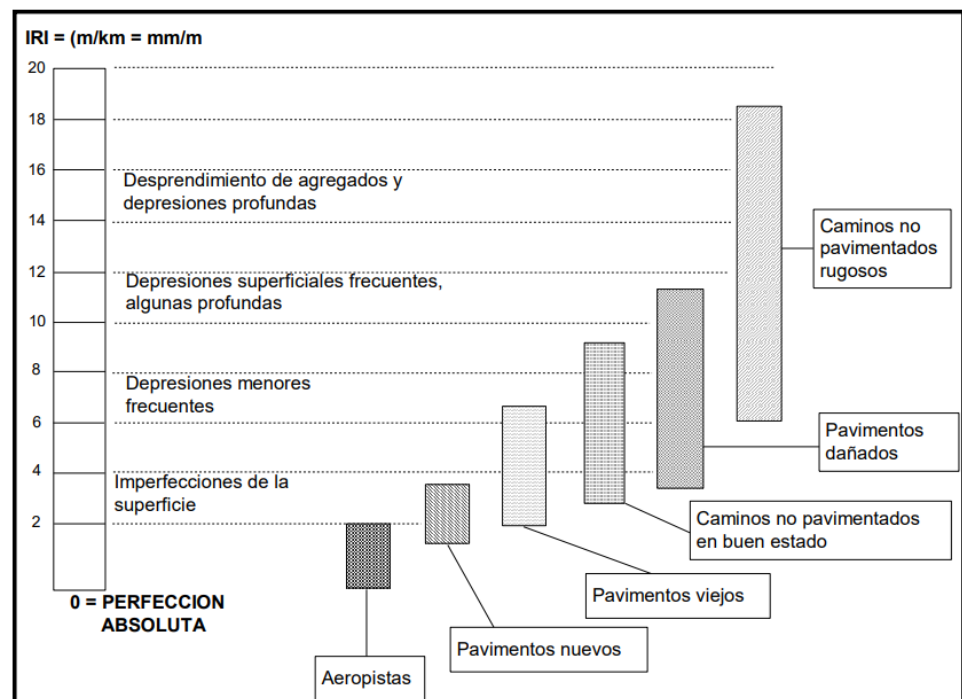
País	Estado del Pavimento		
	Bueno	Regular	Malo
EE.UU.	<2.4	2.4-4.7	>4.7
Chile	0-3.0	3.0-4.0	>4.0
Honduras	<3.5	3.5-6.0	>6.0
Uruguay	<3.9	4.0-4.6	>4.6
Perú	<2.5	2.5-4.5	>4.5

Nota: Adaptado de *Determinación del Índice de Regularidad Internacional IRI*, por Ventura y Alvarenga, 2005

A continuación, se exhibe la escala de regularidad para distintos tipos de carreteras de acuerdo al Banco Mundial.

Figura 7

Escala estándar utilizada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías



Nota: Adaptado de *Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. World Bank technical paper/no. WTP 46* (p. 5), por Sayers et al., 1986

2.2.14. Índice de Condición de Pavimento (PCI)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, “Pavement Condition Index”, en inglés) es la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de gestión Vial disponibles en la actualidad; por consiguiente, la metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación (Vasquez, 2002).

Tabla 7

Rangos de clasificación para PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

Nota: Adaptado de *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras* (p. 2), por Vásquez. 2002.

En la siguiente tabla se muestra las fallas evaluadas en la presente investigación.



Tabla 8

Fallas consideradas

FALLA N°	TIPO - NOMBRE	UNIDAD
1	Grieta piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación de asfalto	m ²
3	Grietas de contracción (bloque)	m ²
4	Elevaciones - Hundimientos	m
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Grietas de borde	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel calzada - hombrillo	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Baches y zanjas reparadas	m ²
12	Agregados pulidos	m ²
13	Huecos	Cantidad
14	Cruce de rieles	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación por empuje	m ²
17	Grietas deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación y desintegración	m ²

Nota: Adaptado de *Evaluación de Pavimentos* (p. 4-3), por Corros et al., 2009.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La presente investigación se realizó en la Carretera Juliaca - Lampa entre los kilómetros 03+000 (19L 375698.885E 8288136.048N) al 09+000 (19L 371857.274E 8292327.344N), ubicada en la Región Puno, Provincia de San Román, distrito de Juliaca.

Figura 8

Ubicación del estudio



Nota: Adaptado de *Google maps*



3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El periodo de duración de la recolección de datos para la investigación se realizó durante los meses de marzo y abril del 2024.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Enfoque de Investigación

El enfoque cuantitativo es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, lo que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados (Alan & Cortez, 2018).

3.3.2. Nivel de Investigación

Explicativo: Están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (Hernandez, 2014).

3.3.3. Método de Investigación

Método Hipotético-Deductivo: Parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben refutarse con los hechos (Rodríguez & Francisco, 2007).

3.3.4. Diseño de Investigación

Diseño Experimental: Consiste en recibir un tratamiento, una condición o un estímulo en determinadas circunstancias, para después evaluar los efectos de la exposición o aplicación de dicho tratamiento o tal condición (Hernandez, 2014).



3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.4.1. Población

Para Bernal (2010) la población son grupos integrados por elementos y ellos son los que nos brindarán la información que se necesita reunir para realizar con satisfacción el estudio.

Para la investigación se tomó como población la carretera Juliaca – Lampa.

3.4.2. Muestra

La muestra es la parte más representativa seleccionada de la población, es de esta muestra de la cual se extraerá toda la información necesaria para llevar a cabo la investigación (Lafuente & Marin, 2008).

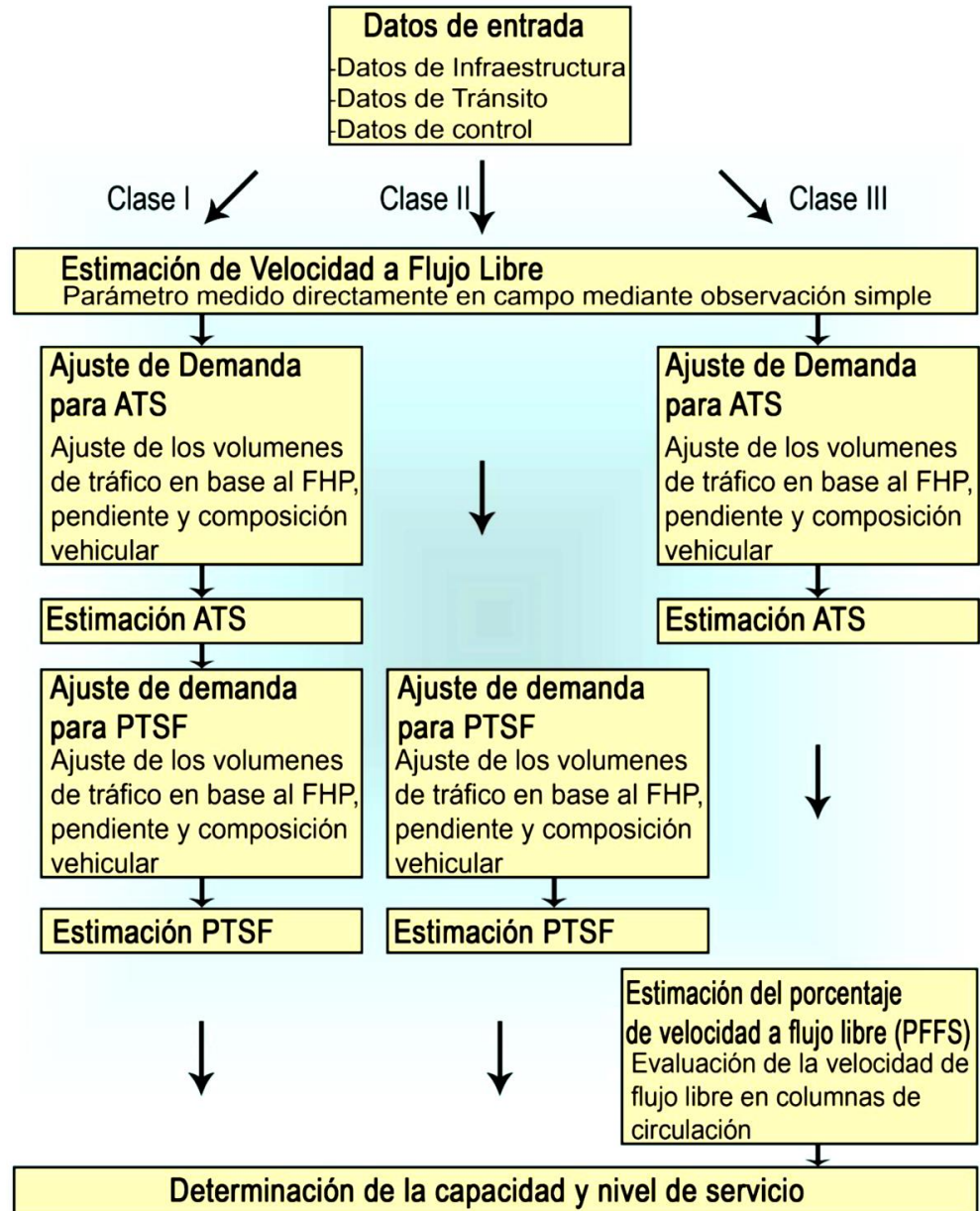
La muestra es el tramo del km 03+000 (19L 375698.885E 8288136.048N) al 09+000 (19L 371857.274E 8292327.344N) de la carretera Juliaca – Lampa.

3.5. PROCEDIMIENTO

3.5.1. Metodología HCM 2016 en carreteras de dos carriles

Figura 9

Flujograma de la metodología HCM 2016 para carreteras de dos carriles.



Nota: Adaptado de *Highway Capacity Manual* (p. 15-13), por TRB, 2016.

La figura muestra el procedimiento el cual se toma para la determinación de los niveles de servicio en carreteras de dos carriles, los cuales se tomaron en cuenta en la presenta investigación.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos son las que se mencionaran a continuación.

Figura 10

Ficha de características geométricas

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
FICHA CARACTERISTICAS GEOMETRICAS							
TESIS:	INFLUENCIA DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA JULIACA – LAMPA KM 03+000 AL KM 09+000						
TESISTA:	Mitwar Leopoldo Sanca Yerba						
Tramo	Progresiva		Ancho de carril		Ancho de berma		Pendiente %
	Del km	Al km	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	

Nota: Elaboración propia

Figura 11

Ficha de porcentaje de no rebase

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO			
	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
FICHA CARACTERISTICAS GEOMETRICAS				
TESIS:	INFLUENCIA DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA JULIACA – LAMPA KM 03+000 AL KM 09+000			
TESISTA:	Mitwar Leopoldo Sanca Yerba			
N	DESCRIPCION	LONGITUD DE TRAMO	LONGITUD DE NO REBASE	PORCENTAJE

Nota: Elaboración propia

Figura 12

Ficha de análisis de velocidad

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		
	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
FICHA CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			
TESIS:	INFLUENCIA DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA JULIACA – LAMPA KM 03+000 AL KM 09+000		
TESISTA:	Mitwar Leopoldo Sanca Yerba		
N	TIPO DE VEHICULO	TIEMPO	VELOCIDAD

Nota: Elaboración propia



Figura 13

Ficha de aforo vehicular

SENTIDO FECHA		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE AFORO VEHICULAR TESIS: INFLUENCIA DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA JULIACA – LAMPA KM 03+000 AL KM 09+000																				TOTAL
		VEHICULOS LIVIANOS					BUS			CAMION			VEHICULOS PESADOS				TRAYLER					
		AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL COMBI	MICROBUS	2E	3E	4E	2E	3E	4E	251/252	253	351/352	>=353	2T2	2T3	3T2	3T3	
		HORA																				
00:00	00:00																				0	
00:00	00:15																				0	
	00:30																				0	
	00:45																				0	
01:00	01:00																				0	
	01:15																				0	
	01:30																				0	
01:45	01:45																				0	
	02:00																				0	
	02:15																				0	
02:00	02:30																				0	
	02:45																				0	
	03:00																				0	
03:00	03:15																				0	
	03:30																				0	
	03:45																				0	
04:00	04:00																				0	
	04:15																				0	
	04:30																				0	
04:45	04:45																				0	
	05:00																				0	
	05:15																				0	
05:00	05:30																				0	
	05:45																				0	
	06:00																				0	
06:00	06:15																				0	
	06:30																				0	
	06:45																				0	
07:00	07:00																				0	
	07:15																				0	
	07:30																				0	
07:45	07:45																				0	
	08:00																				0	
	08:15																				0	
08:00	08:30																				0	
	08:45																				0	
	09:00																				0	
09:00	09:15																				0	
	09:30																				0	
	09:45																				0	
10:00	10:00																				0	
	10:15																				0	
	10:30																				0	
10:45	10:45																				0	
	11:00																				0	
	11:15																				0	
11:00	11:30																				0	
	11:45																				0	
	12:00																				0	
12:00	12:15																				0	
	12:30																				0	
	12:45																				0	
13:00	13:00																				0	
	13:15																				0	
	13:30																				0	
13:45	13:45																				0	
	14:00																				0	
	14:15																				0	
14:00	14:30																				0	
	14:45																				0	
	15:00																				0	
15:00	15:15																				0	
	15:30																				0	
	15:45																				0	
16:00	16:00																				0	
	16:15																				0	
	16:30																				0	
16:45	16:45																				0	
	17:00																				0	
	17:15																				0	
17:00	17:30																				0	
	17:45																				0	
	18:00																				0	
18:00	18:15																				0	
	18:30																				0	
	18:45																				0	
19:00	19:00																				0	
	19:15																				0	
	19:30																				0	
19:45	19:45																				0	
	20:00																				0	
	20:15																				0	
20:00	20:30																				0	
	20:45																				0	
	21:00																				0	
21:00	21:15																				0	
	21:30																				0	
	21:45																				0	
22:00	22:00																				0	
	22:15																				0	
	22:30																				0	
22:45	22:45																				0	
	23:00																				0	
	23:15																				0	
23:00	23:30																				0	
	23:45																				0	

Nota: Elaboración propia

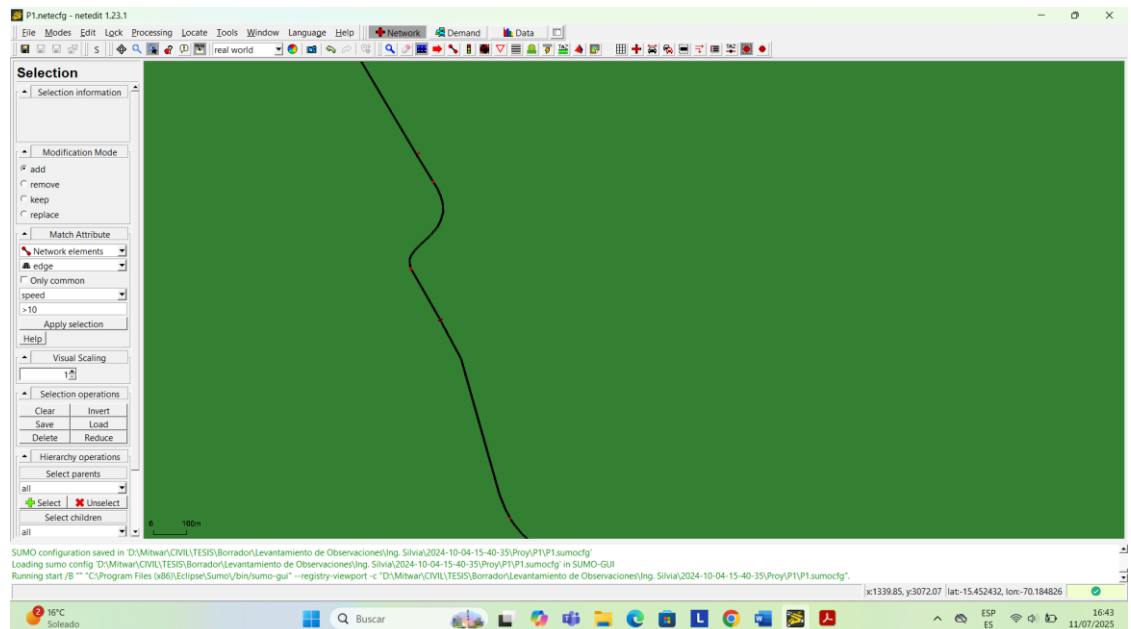
3.5.3. Procedimiento uso de Software SUMO

El software SUMO está desarrollado principalmente por empleados del Instituto de Sistemas de Transporte del Centro Aeroespacial Alemán. SUMO cuenta con la licencia EPL 2.0. A continuación se tiene la URL de la licencia del software: <https://www.eclipse.org/legal/epl-2.0/>

- Creación de network

Figura 14

Creación de network en SUMO

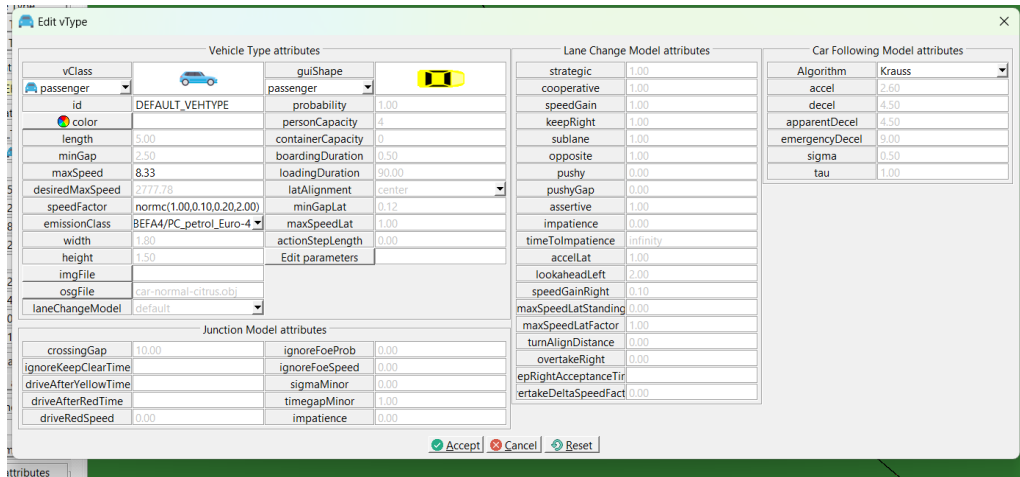


Nota: Obtenido de SUMO

- Creación de elementos de demanda

Figura 15

Creación de elementos de demanda SUMO

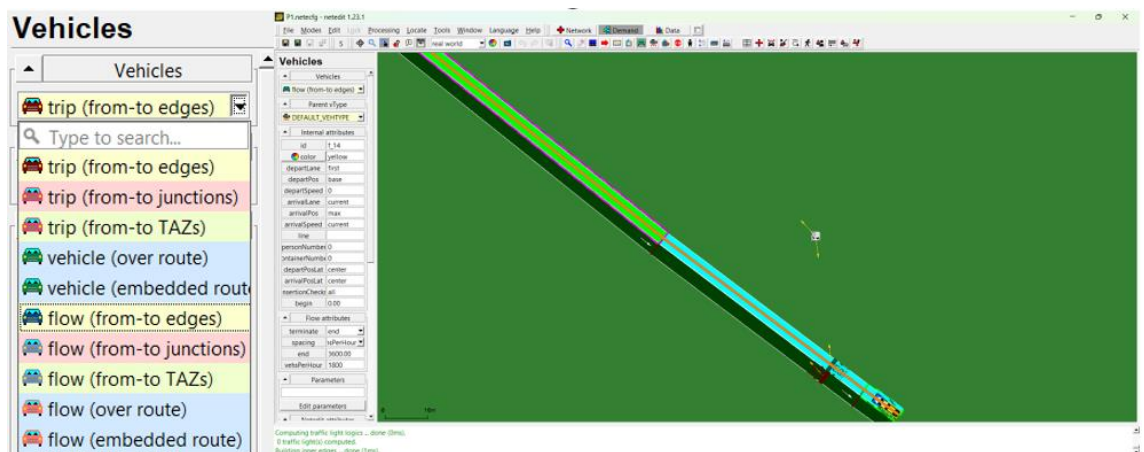


Nota: Obtenido de SUMO

- Creación de rutas para la demanda

Figura 16

Creación de rutas para la demanda SUMO

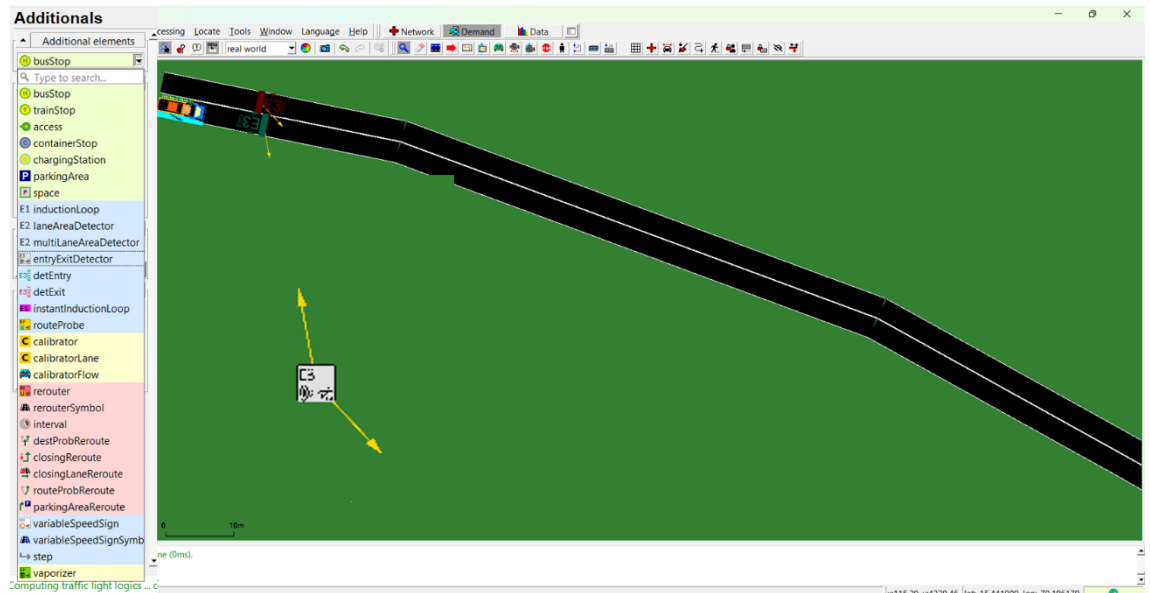


Nota: Obtenido de SUMO

- Instalación de elementos adicionales para control de velocidad

Figura 17

Elementos adicionales para control de velocidad SUMO

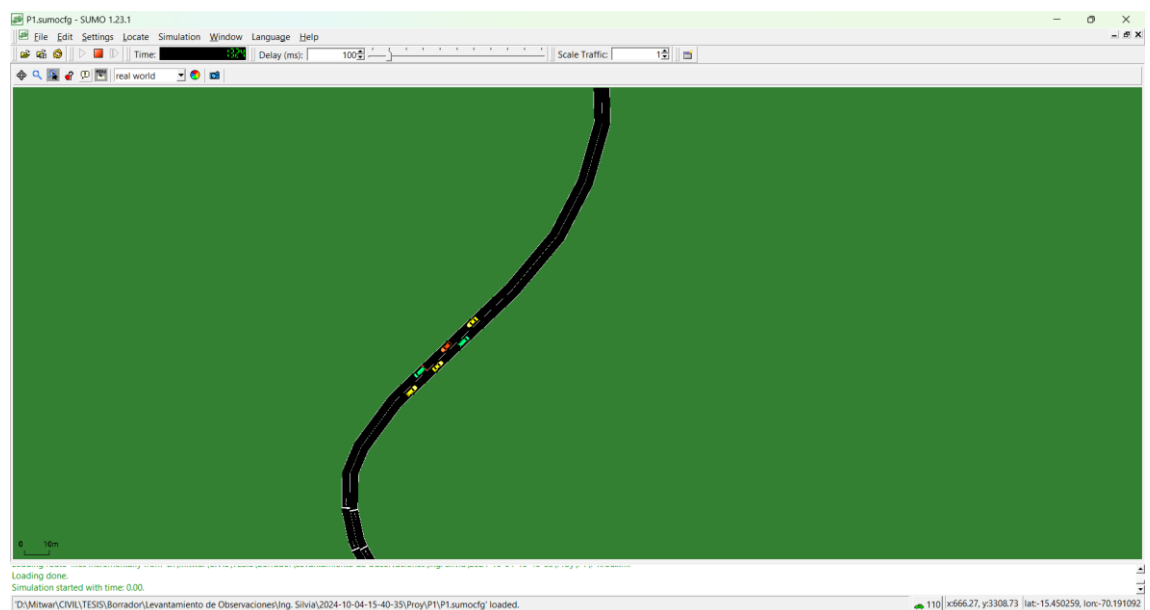


Nota: Obtenido de SUMO

- Simulación en SUMO-gui

Figura 18

Simulación SUMO-gui



Nota: Obtenido de SUMO

3.5.4. Procedimiento de cálculo del IRI

- Llenado de registro de campo

Figura 19

Datos en campo del rugosímetro MERLIN

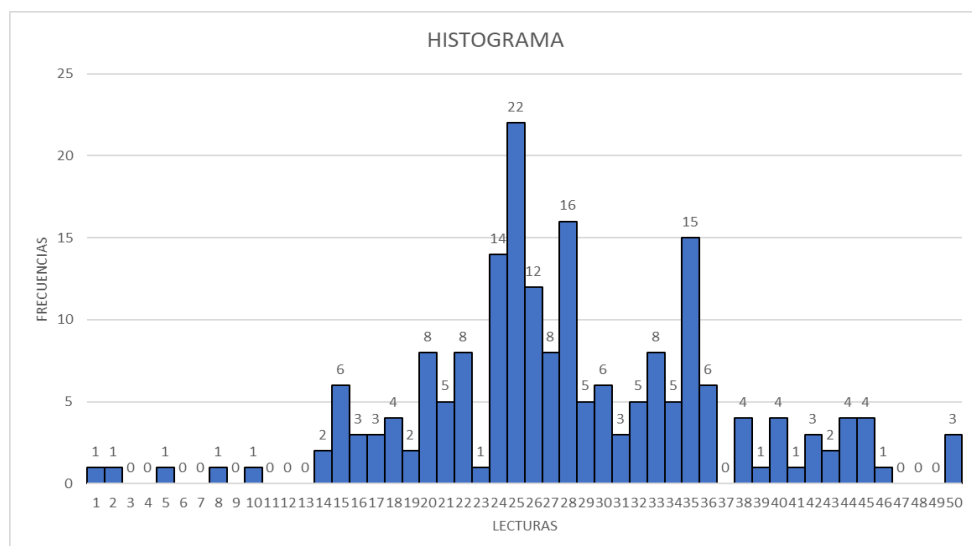
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	31	17	45	32	28	28	21	25	25	35	26	37	19	32	29	17	30	29	30	45
2	24	24	30	33	37	38	38	28	26	3	38	41	32	14	12	18	46	32	40	1
3	4	22	28	7	35	26	49	27	32	35	28	27	27	31	13	29	26	28	32	29
4	34	16	36	4	40	31	26	23	48	30	31	36	40	28	12	28	15	19	30	29
5	28	44	27	29	37	40	29	27	48	48	24	27	27	31	28	9	26	34	30	29
6	22	32	26	44	→															
7	↓																			
8																				
9																				
10																				

Nota: Elaboración propia

- Cálculo del Rango D

Figura 20

Histograma de lecturas registradas



Nota: Elaboración propia

Para el cálculo del rango D se descartarán 10 lecturas de ambos extremos, de lo cual descartaremos los intervalos de 1 al 13 y una lectura del intervalo 14,



por el lado derecho se tiene que descartar los intervalos del 45 al 50 y 2 lecturas del intervalo 44, obteniendo lo siguiente para el rango D:

$$D = 1/2 + 28 + 2/4$$

$$D = 29$$

- Factor de corrección para ajuste D

$$FC = \frac{(EP \times 10)}{[(LI - LF) \times 5]}$$

Donde:

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

$$FC = \frac{(6.2 \times 10)}{[(26 - 13) \times 5]}$$

$$FC = 0.954$$

- Cálculo de Rango D corregido

$$Dc = D \times FC$$

Donde:

D: Ancho del histograma

FC: Factor de corrección

$$Dc = 29 \times 0.954$$



$$Dc= 138.33$$

- Determinación de Rugosidad

$$IRI = 0.593 + 0.0471Dc$$

Donde:

D: Ancho del histograma

FC: Factor de corrección

$$IRI = 0.593 + 0.0471(138.33)$$

$$IRI = 7.42 \text{ m/km}$$

3.5.5. Procedimiento de cálculo del PCI

- Partición de unidades de muestra

Para la partición de la longitud de muestreo se hizo en base al ancho de via de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 9

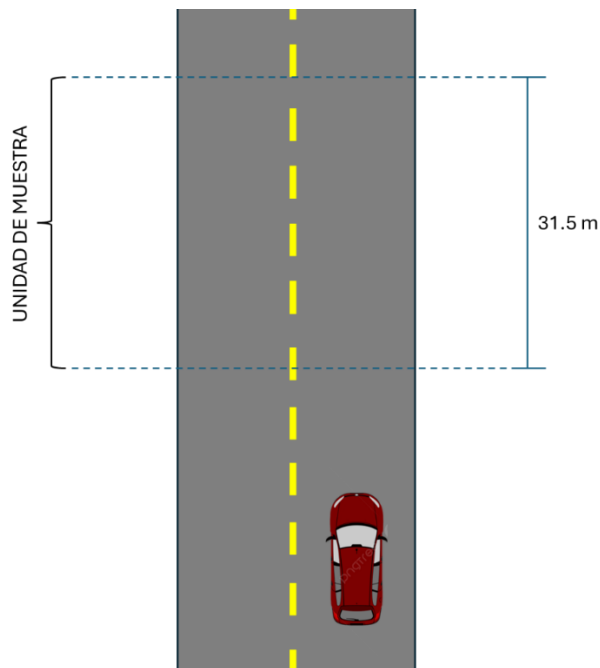
Longitud de unidades de muestreo asfálticas

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Nota: Adaptado de *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras* (p. 3), por Vasquez, 2002.

Figura 21

Unidad de muestreo



Nota: Elaboración propia

Se optó por la longitud de 31.50 m de acuerdo a la tabla anterior, para el cálculo del total de muestras se dividió la longitud total de la vía entre la longitud de la muestra:

$$N = \frac{6000}{31.50} = 190$$

Se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo del número mínimo de secciones a muestrear:

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n: Número mínimo de secciones a muestrear

N: Numero de muestras

σ : Desviación

e: Error

$$n = \frac{190 \times (10)^2}{\frac{(5)^2}{4} \times (190 - 1) + (10)^2} = 14.83 \approx 15$$

- Extracción de unidades de muestreo para inspección

A través de la siguiente formula se calculan las unidades de muestra a ser inspeccionadas:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{190}{15} = 12.70$$

El intervalo i se redondea al entero inferior, por lo tanto, $i=12$

Figura 22

Secciones de muestra de acuerdo a intervalo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	182	183	184	185	186	187	188	189	190
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Nota: Elaboración propia

- Evaluación de la condición

Se realizo mediante el formato que contiene todas las fallas existentes para poder examinarlas en las secciones de muestra

Figura 23

Registro de campo de condición de pavimento

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI																																																																																																																																																																																																																							
LUGAR: CARRETERA JULIACA - LAMPA									SECCION:			Km 05+362.50 - km 05+394.00																																																																																																																																																																																																											
FECHA: 13/05/2025									UNIDAD DE MUESTRA: 75																																																																																																																																																																																																														
REALIZADO POR: BACH. MITWAR LEOPOLDO SANCA YERBA									AREA DE LA UNIDAD: 233.10 m ²																																																																																																																																																																																																														
TIPOS DE FALLAS									LOCALIZACION Y REGISTRO FOTOGRAFICO																																																																																																																																																																																																														
1 Piel de cocodrilo. 2 Exudación. 3 Agrietamiento en bloque. 4 Abultamiento y hundimientos. 5 Corrugación. 6 Depresión. 7 Grieta de borde. 8 Grieta de reflexión de junta. 9 Desnivel carril / berma. 10 Grietas long y transversal. 11 Parcheo. 12 Pulimento de agregados. 13 Huecos. 14 Cruce de vía férrea. 15 Abujamiento. 16 Desplazamiento. 17 Grieta parabólica (slippage) 18 Hinchamiento. 19 Desprendimiento de agregados.																																																																																																																																																																																																																							
NIVEL DE SEVERIDAD			NUMERO MAXIMO DE VD																																																																																																																																																																																																																				
BAJA	L																																																																																																																																																																																																																						
MEDIA	M																																																																																																																																																																																																																						
ALTA	H																																																																																																																																																																																																																						
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGOS DE CALIFICACION DEL PCI</th> <th colspan="2">1</th> <th colspan="2">2</th> <th colspan="2">3</th> <th colspan="2">7</th> <th colspan="2">8</th> <th colspan="2">10</th> <th colspan="2">12</th> <th colspan="2">13</th> <th colspan="2">15</th> <th colspan="2">19</th> </tr> <tr> <th>Rango</th> <th>Clasificación</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Severidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100 - 85</td> <td>Excelente</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>85 - 70</td> <td>Muy Bueno</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70 - 55</td> <td>Buena</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>55 - 40</td> <td>Regular</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>40 - 25</td> <td>Mala</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25 - 10</td> <td>Muy Mala</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10 - 0</td> <td>Pesimo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																		RANGOS DE CALIFICACION DEL PCI		1		2		3		7		8		10		12		13		15		19		Rango	Clasificación	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	100 - 85	Excelente																					85 - 70	Muy Bueno																					70 - 55	Buena																					55 - 40	Regular																					40 - 25	Mala																					25 - 10	Muy Mala																					10 - 0	Pesimo																				
RANGOS DE CALIFICACION DEL PCI		1		2		3		7		8		10		12		13		15		19																																																																																																																																																																																																			
Rango	Clasificación	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad																																																																																																																																																																																																		
100 - 85	Excelente																																																																																																																																																																																																																						
85 - 70	Muy Bueno																																																																																																																																																																																																																						
70 - 55	Buena																																																																																																																																																																																																																						
55 - 40	Regular																																																																																																																																																																																																																						
40 - 25	Mala																																																																																																																																																																																																																						
25 - 10	Muy Mala																																																																																																																																																																																																																						
10 - 0	Pesimo																																																																																																																																																																																																																						
TOTAL		BAJA (L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																		
		MEDIA (M)	0	6.75	0	4.15	0	4.15	0	0	0	0	0	0	0	0	5.45	0	5.45	0	0																																																																																																																																																																																																		
		ALTA (H)	6.66	0	18.54	10.65	20.25	15.45	150	7.54	0	0	0	0	0	0	0	152.45	0	152.45	0																																																																																																																																																																																																		
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD		VALOR DEDUCIDO																																																																																																																																																																																																																		
1	H	6.66	2.86%		45.99																																																																																																																																																																																																																		
2	H	6.75	2.90%		9.78																																																																																																																																																																																																																		
3	H	18.54	7.95%		26.61																																																																																																																																																																																																																		
7	M	4.15	1.78%		6.57																																																																																																																																																																																																																		
7	H	10.65	4.57%		14.67																																																																																																																																																																																																																		
8	H	20.25	8.69%		27.64																																																																																																																																																																																																																		
10	H	15.45	6.63%		26.28																																																																																																																																																																																																																		
12	H	150.00	64.35%		15.63																																																																																																																																																																																																																		
13	H	7.54	3.23%		79.95																																																																																																																																																																																																																		
15	M	5.45	2.34%		26.76																																																																																																																																																																																																																		
19	H	152.45	65.40%		73.48																																																																																																																																																																																																																		
Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC																																																																																																																																																																																																																
1	79.95	73.48	27.64		181.08	3	99.54																																																																																																																																																																																																																
2	79.95	73.48	2.00		155.44	2	96.17																																																																																																																																																																																																																
3	79.95	2.00	2.00		83.95	1	83.95																																																																																																																																																																																																																
							MAX VDC	99.54																																																																																																																																																																																																															
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO												PCI=100-MAX VDC																																																																																																																																																																																																											
CONDICION DE PAVIMENTO												0,46																																																																																																																																																																																																											
ACTIVIDAD RECOMENDADA												FALLADO																																																																																																																																																																																																											
												RECONSTRUCCION																																																																																																																																																																																																											

Nota: Elaboración Propia

- Cálculo de valores deducidos

Figura 24

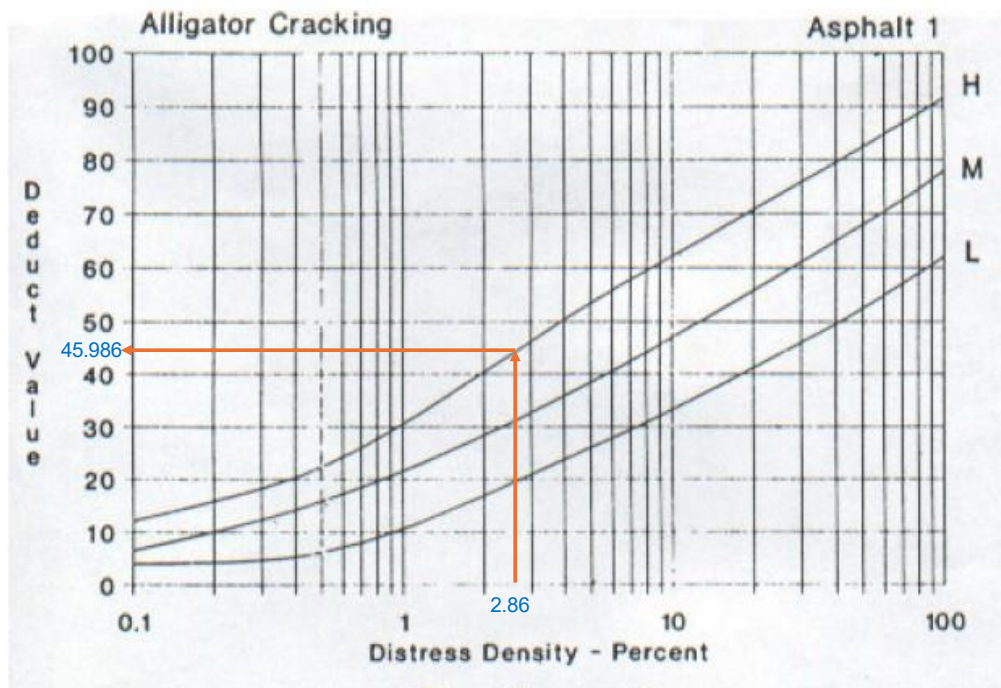
Cálculo de valor deducido

TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	6.66	2.86%	45.99
2	H	6.75	2.90%	9.78
3	H	18.54	7.95%	26.61
7	M	4.15	1.78%	6.57
7	H	10.65	4.57%	14.67
8	H	20.25	8.69%	27.64
10	H	15.45	6.63%	26.28
12	H	150.00	64.35%	15.63
13	H	7.54	3.23%	79.95
15	M	5.45	2.34%	26.76
19	H	152.45	65.40%	73.48

Nota: Elaboración Propia

Figura 25

Interpolación para valor deducido



Nota: Elaboración Propia

- Determinación del número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

De los valores deducidos se toman los valores mayores que 2, luego se identificó el valor deducido más alto.

Figura 26

Cálculo de mayor valor deducido

TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	6.66	2.86%	1 45.99
2	H	6.75	2.90%	2 9.78
3	H	18.54	7.95%	3 26.61
7	M	4.15	1.78%	4 6.57
7	H	10.65	4.57%	5 14.67
8	H	20.25	8.69%	6 27.64
10	H	15.45	6.63%	7 26.28
12	H	150.00	64.35%	8 15.63
13	H	7.54	3.23%	9 79.95
15	M	5.45	2.34%	10 26.76
19	H	152.45	65.40%	11 73.48



Nota: Elaboración Propia

Numero de valores deducidos >2: 11

Valor de deducción más alto (HDV): 79.955

Se calculo el número de valores máximos (m) de acuerdo a la siguiente formula:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

Donde:

m: Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo *i*.

HDV_{*i*}: Mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo *i*

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - 79.955)$$

$$m_i = 3$$



- Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido (VDC):

Se ordeno los valores deducidos del valor mayor al valor menor, para este caso los 3 valores deducidos más altos.

Se suman los valores deducidos, rellenando los espacios con 2, hasta que el valor de “q” sea 1.

Con las tablas correspondientes de q vs VDT se obtendrá el VDC, entre ellos el Maximo Valor Corredigo (VDC).

Figura 27

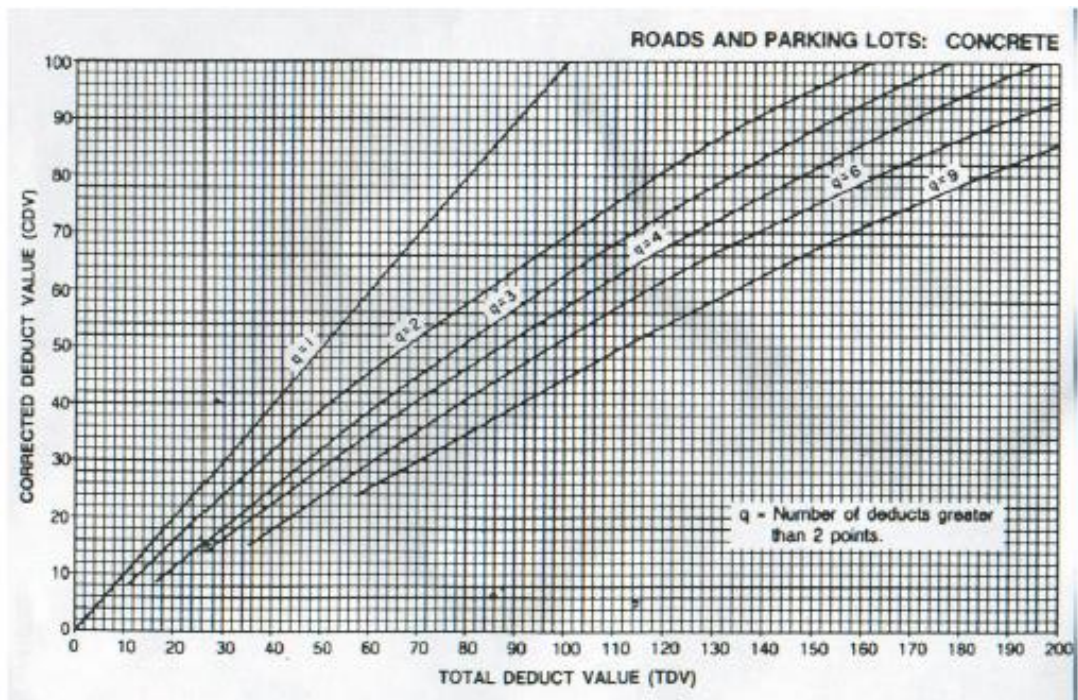
Cálculo de VDC

Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	79.95	73.48	27.64				181.08	3	99.54
2	79.95	73.48	2.00				155.44	2	96.17
3	79.95	2.00	2.00				83.95	1	83.95
								MAX VDC	99.54

Nota: Elaboración Propia

Figura 28

Ábaco para el cálculo de VDC



Nota: Adaptado de *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras* (p. 90), por Vasquez, 2002.

- Cálculo del PCI de la unidad de muestra

Mediante la siguiente fórmula se calculó el PCI:

$$PCI = 100 - VDC$$

$$PCI = 100 - 99.539$$

$$PCI = 0.461$$

De acuerdo a la escala de valoración este tramo se encuentra “**Fallado**”.

3.5.6. Metrado de propuesta de mantenimiento

Figura 29

Metrado para presupuesto de mantenimiento

Nº	TIPO DE FALLA	UND	METRADO						TOTAL
			km 3+000 - 4+000	km 4+000 - 5+000	km 5+000 - 6+000	km 6+000 - 7+000	km 7+000 - 8+000	km 8+000 - 9+000	
1	Piel de Cocodrilo	m ²		127.99	41.55	100.25	106.20	50.85	426.84
2	Exudación	m ²		50.45	6.75	-	14.30	-	71.50
3	Agrietamiento en bloque	m		12.65	34.43	66.34	10.54	83.83	207.79
4	Elevaciones y hundimientos	m ²		2.22	-	-	-	-	2.22
5	Corrugaciones	m ²		-	-	-	-	-	-
6	Depresiones	m ²		-	-	9.50	-	-	9.50
7	Grietas de borde	m ²		59.99	47.70	43.82	36.62	107.30	295.43
8	Reflexión de juntas	m ²		-	-	-	-	-	-
9	Desnivel de calzada	m ²		-	-	-	-	-	-
10	Grietas Longitudinal Y Transversal	m		51.80	34.94	66.60	59.26	99.42	312.02
11	Parcheo	m ²		-	-	-	-	-	-
12	Agregados pulidos	m ²		420.45	560.50	130.69	210.90	421.37	1,743.91
13	Huecos	m ²		52.14	40.19	15.88	27.02	5.10	140.33
14	Cruce sumideros de rejilla	m ²		-	-	-	-	-	-
15	Ahuellamiento	m ²		30.15	5.45	10.25	-	6.25	52.10
16	Deformación por empuje	m ²		-	-	-	-	-	-
17	Grietas de desplazamiento	m		-	-	-	-	-	-
18	Hinchamientos	m ²		-	-	-	-	-	-
19	Disgregación y destinte	m ²		420.56	570.09	125.69	231.40	487.42	1,835.16

Nota: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados de recolección de datos

4.1.1.1. Características Geométricas

Tabla 10

Características geométricas tomadas en campo

Progresiva		Ancho de carril (m)		Ancho de berma (m)		Pendiente
Del km	Al km	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	%
3+000	4+000	3.60	3.60	0.70	0.70	0.15
4+000	5+000	3.60	3.60	0.70	0.70	0.11
5+000	6+000	3.60	3.60	0.70	0.70	0.05
6+000	7+000	3.60	3.60	0.70	0.70	0.36
7+000	8+000	3.60	3.60	0.70	0.70	0.88
8+000	9+000	3.60	3.60	0.70	0.70	0.12
						0.28

Nota: Elaboración Propia

4.1.1.2. Aforo de velocidades

Se utilizó el método recomendado por el HCM 2016, para lo cual se tomaron velocidades de 100 vehículos que transitan por la vía en estudio, se tomó la distancia de 1 km, este tramo para la medición de la velocidad fue identificado a partir de los postes kilométricos.



Tabla 11

Aforo de velocidades entrada Dirección 1

Nº	TIPO DE VEHICULO	DISTANCIA (Km)	INICIO	FINAL	TIEMPO (h)	VELOCIDAD (Km/h)
1	Combi	1	10:57:35	10:59:50	0.04	26.67
2	Auto	1	11:00:00	11:02:33	0.04	23.53
3	Volquete	1	11:00:30	11:03:02	0.04	23.68
4	Combi	1	11:03:58	11:05:54	0.03	31.03
5	Combi	1	11:05:58	11:08:20	0.04	25.35
6	Auto	1	11:10:10	11:12:50	0.04	22.50
7	Combi	1	10:42:15	10:44:40	0.04	24.83
8	Combi	1	10:45:30	10:47:22	0.03	32.14
9	Combi	1	10:46:00	10:48:36	0.04	23.08
10	Combi	1	10:48:55	10:50:45	0.03	32.73
11	Camion	1	10:49:00	10:51:50	0.05	21.18
12	Combi	1	10:52:15	10:54:00	0.03	34.29
13	Combi	1	10:52:35	10:55:18	0.05	22.09
14	Auto	1	10:52:55	10:54:54	0.03	30.25
15	Combi	1	10:55:35	10:58:30	0.05	20.57
16	Auto	1	10:55:36	10:57:57	0.04	25.53
17	Combi	1	10:58:30	11:00:30	0.03	30.00
18	Camion	1	10:58:40	11:01:15	0.04	23.23
19	Combi	1	11:02:50	11:05:39	0.05	21.30
20	Auto	1	11:02:50	11:06:00	0.05	18.95
21	Camion	1	11:03:15	11:06:35	0.06	18.00
22	Combi	1	11:03:50	11:06:30	0.04	22.50
23	Combi	1	11:07:30	11:10:30	0.05	20.00
24	Microbus	1	11:08:06	11:12:00	0.07	15.38
25	Camion	1	11:08:50	11:10:47	0.03	30.77
26	Combi	1	11:12:15	11:13:55	0.03	36.00
27	Combi	1	11:14:15	11:16:20	0.03	28.80
28	Auto	1	11:14:35	11:16:54	0.04	25.90
29	Combi	1	11:14:37	11:17:00	0.04	25.17
30	Combi	1	11:17:25	11:19:43	0.04	26.09
31	Combi	1	11:17:48	11:20:25	0.04	22.93
32	Auto	1	11:18:18	11:21:14	0.05	20.45
33	Auto	1	11:21:25	11:24:50	0.06	17.56
34	Combi	1	11:22:15	11:25:12	0.05	20.34
35	Combi	1	11:22:45	11:25:15	0.04	24.00
36	Microbus	1	11:23:30	11:26:00	0.04	24.00
37	Combi	1	11:25:40	11:28:41	0.05	19.89
38	Combi	1	11:25:36	11:28:06	0.04	24.00
39	Combi	1	11:25:30	11:28:50	0.06	18.00
40	Auto	1	11:29:20	11:31:50	0.04	24.00
41	Auto	1	11:30:33	11:33:02	0.04	24.16
42	Auto	1	11:30:34	11:33:51	0.05	18.27
43	Combi	1	11:31:45	11:33:55	0.04	27.69
44	Combi	1	11:34:10	11:36:26	0.04	26.47
45	Auto	1	11:34:30	11:37:30	0.05	20.00
46	Camioneta	1	11:34:50	11:37:20	0.04	24.00
47	Combi	1	11:37:35	11:39:40	0.03	28.80
48	Combi	1	11:37:55	11:40:00	0.03	28.80
49	Auto	1	11:38:20	11:40:30	0.04	27.69
50	Auto	1	11:38:22	11:40:20	0.03	30.51
51	Camioneta	1	11:40:35	11:42:05	0.03	40.00
52	Camioneta	1	11:42:05	11:43:38	0.03	38.71
53	Combi	1	11:43:40	11:45:50	0.04	27.69
54	Combi	1	11:44:00	11:45:55	0.03	31.30
55	Combi	1	11:44:15	11:46:35	0.04	25.71
56	Combi	1	11:46:35	11:48:48	0.04	27.07
57	Auto	1	11:47:30	11:50:12	0.05	22.22
58	Camioneta	1	11:50:12	11:52:16	0.03	29.03
59	Auto	1	11:50:50	11:53:25	0.04	23.23
60	Combi	1	11:54:24	11:57:00	0.04	23.08
61	Auto	1	11:54:43	11:57:05	0.04	25.35
62	Combi	1	11:55:00	11:57:06	0.04	28.57
63	Auto	1	11:55:10	11:57:10	0.03	30.00
64	Camion	1	11:57:50	12:00:00	0.04	27.69



Nº	TIPO DE VEHICULO	DISTANCIA (Km)	INICIO	FINAL	TIEMPO (h)	VELOCIDAD (Km/h)
65	Combi	1	11:57:55	12:01:40	0.06	16.00
66	Combi	1	15:02:40	15:05:20	0.04	22.50
67	Camioneta	1	15:03:40	15:05:40	0.03	30.00
68	Combi	1	15:05:30	15:07:10	0.03	36.00
69	Combi	1	15:06:03	15:08:05	0.03	29.51
70	Combi	1	15:08:13	15:11:20	0.05	19.25
71	Camioneta	1	15:09:28	15:11:53	0.04	24.83
72	Combi	1	15:14:19	15:17:30	0.05	18.85
73	Auto	1	15:14:50	15:17:10	0.04	25.71
74	Combi	1	15:18:21	15:20:20	0.03	30.25
75	Auto	1	15:18:33	15:21:15	0.05	22.22
76	Camioneta	1	15:21:41	15:23:40	0.03	30.25
77	Combi	1	15:21:45	15:23:50	0.03	28.80
78	Combi	1	15:24:45	15:29:50	0.08	11.80
79	Camioneta	1	15:25:48	15:28:17	0.04	24.16
80	Combi	1	15:26:30	15:29:00	0.04	24.00
81	Auto	1	15:30:25	15:32:50	0.04	24.83
82	Combi	1	15:30:35	15:33:00	0.04	24.83
83	Auto	1	15:30:50	15:35:20	0.08	13.33
84	Camion	1	15:33:20	15:35:32	0.04	27.27
85	Combi	1	15:33:40	15:35:55	0.04	26.67
86	Auto	1	15:33:55	15:35:55	0.03	30.00
87	Auto	1	15:36:40	15:39:20	0.04	22.50
88	Combi	1	15:37:25	15:39:40	0.04	26.67
89	Combi	1	15:37:40	15:40:10	0.04	24.00
90	Camion	1	15:41:40	15:44:50	0.05	18.95
91	Auto	1	15:41:45	15:44:45	0.05	20.00
92	Auto	1	15:41:50	15:44:30	0.04	22.50
93	Combi	1	15:42:15	15:44:08	0.03	31.86
94	Combi	1	15:45:05	15:47:10	0.03	28.80
95	Auto	1	15:46:50	15:48:52	0.03	29.51
96	Camioneta	1	15:46:55	15:48:55	0.03	30.00
97	Auto	1	15:47:55	15:50:05	0.04	27.69
98	Auto	1	15:48:00	15:50:00	0.03	30.00
99	Combi	1	15:48:40	15:50:40	0.03	30.00
100	Panel	1	15:51:15	15:53:30	0.04	26.67
VELOCIDAD PROMEDIO						25.43

Nota: Elaboración Propia



Tabla 12

Aforo de velocidades salida Dirección 2

Nº	TIPO DE VEHICULO	DISTANCIA (Km)	INICIO	FINAL	TIEMPO (h)	VELOCIDAD (Km/h)
1	Combi	1	09:51:25	09:54:45	0.06	18.00
2	Auto	1	09:52:30	09:54:55	0.04	24.83
3	Auto	1	09:53:13	09:55:38	0.04	24.83
4	Auto	1	09:56:23	09:59:04	0.04	22.36
5	Auto	1	09:57:00	09:59:23	0.04	25.17
6	Combi	1	09:57:05	09:59:57	0.05	20.93
7	Combi	1	10:00:15	10:02:40	0.04	24.83
8	Combi	1	10:00:20	10:03:17	0.05	20.34
9	Combi	1	10:03:40	10:06:10	0.04	24.00
10	Camion	1	10:03:52	10:06:15	0.04	25.17
11	Combi	1	10:04:47	10:08:50	0.07	14.81
12	Combi	1	10:10:32	10:13:40	0.05	19.15
13	Combi	1	10:12:34	10:15:04	0.04	24.00
14	Combi	1	10:15:33	10:18:10	0.04	22.93
15	Auto	1	10:16:05	10:18:54	0.05	21.30
16	Combi	1	10:16:28	10:19:34	0.05	19.35
17	Combi	1	10:19:52	10:22:20	0.04	24.32
18	Combi	1	10:20:04	10:23:20	0.05	18.37
19	Camion	1	10:20:23	10:22:40	0.04	26.28
20	Combi	1	10:20:50	10:23:10	0.04	25.71
21	Camioneta	1	10:21:32	10:24:00	0.04	24.32
22	Combi	1	10:24:33	10:27:27	0.05	20.69
23	Combi	1	10:26:30	10:30:00	0.06	17.14
24	Auto	1	10:26:07	10:29:00	0.05	20.81
25	Auto	1	10:26:10	10:29:10	0.05	20.00
26	Camion	1	10:27:46	10:30:52	0.05	19.35
27	Combi	1	10:31:00	10:33:08	0.04	28.13
28	Auto	1	10:31:05	10:33:20	0.04	26.67
29	Combi	1	10:31:55	11:34:22	1.04	0.96
30	Combi	1	10:32:10	10:34:50	0.04	22.50
31	Combi	1	10:34:58	10:37:51	0.05	20.81
32	Camion	1	10:36:22	10:39:50	0.06	17.31
33	Combi	1	10:36:35	10:39:50	0.05	18.46
34	Combi	1	10:40:24	10:43:00	0.04	23.08
35	Combi	1	10:40:40	10:43:45	0.05	19.46
36	Combi	1	10:42:50	10:46:04	0.05	18.56
37	Combi	1	10:44:42	10:46:22	0.03	36.00
38	Auto	1	10:45:07	10:47:02	0.03	31.30
39	Combi	1	10:45:18	10:47:37	0.04	25.90
40	Combi	1	10:45:45	10:48:13	0.04	24.32
41	Camioneta	1	10:48:28	10:51:25	0.05	20.34
42	Combi	1	10:49:45	10:52:28	0.05	22.09
43	Combi	1	10:50:15	10:53:08	0.05	20.81
44	Auto	1	10:53:30	10:56:00	0.04	24.00
45	Auto	1	10:53:47	10:55:49	0.03	29.51
46	Camion	1	10:54:15	10:57:30	0.05	18.46
47	Auto	1	10:54:39	10:56:53	0.04	26.87
48	Combi	1	10:58:40	11:01:05	0.04	24.83
49	Combi	1	10:59:55	11:01:53	0.03	30.51
50	Combi	1	11:00:10	11:01:55	0.03	34.29
51	Auto	1	11:02:15	11:04:45	0.04	24.00
52	Combi	1	11:02:25	11:06:09	0.06	16.07
53	Auto	1	11:02:52	11:05:44	0.05	20.93
54	Combi	1	11:06:20	11:08:33	0.04	27.07
55	Combi	1	11:06:25	11:08:05	0.03	36.00
56	Camioneta	1	11:07:02	11:09:06	0.03	29.03
57	Combi	1	11:07:10	11:08:40	0.03	40.00
58	Combi	1	11:09:23	11:12:15	0.05	20.93
59	Auto	1	11:09:33	11:12:00	0.04	24.49
60	Auto	1	11:10:21	11:12:49	0.04	24.32
61	Combi	1	11:10:36	11:13:53	0.05	18.27
62	Combi	1	11:14:03	11:17:00	0.05	20.34
63	Auto	1	11:14:18	11:16:09	0.03	32.43
64	Combi	1	11:14:40	11:16:20	0.03	36.00



Nº	TIPO DE VEHICULO	DISTANCIA (Km)	INICIO	FINAL	TIEMPO (h)	VELOCIDAD (Km/h)
65	Camion	1	11:15:00	11:17:39	0.04	22.64
66	Auto	1	11:19:28	11:22:10	0.05	22.22
67	Combi	1	11:20:02	11:22:29	0.04	24.49
68	Combi	1	11:21:56	11:24:43	0.05	21.56
69	Combi	1	11:22:00	11:23:27	0.02	41.38
70	Combi	1	11:25:13	11:28:40	0.06	17.39
71	Combi	1	11:25:30	11:28:35	0.05	19.46
72	Auto	1	11:26:40	11:28:47	0.04	28.35
73	Auto	1	11:26:45	11:28:55	0.04	27.69
74	Auto	1	11:27:23	11:29:40	0.04	26.28
75	Auto	1	11:30:18	11:32:52	0.04	23.38
76	Panel	1	11:32:06	11:35:00	0.05	20.69
77	Camion	1	11:33:02	11:35:34	0.04	23.68
78	Auto	1	11:33:27	11:35:42	0.04	26.67
79	Combi	1	11:33:43	11:35:23	0.03	36.00
80	Combi	1	11:33:53	11:36:55	0.05	19.78
81	Auto	1	11:34:12	11:35:45	0.03	38.71
82	Combi	1	11:34:26	11:36:40	0.04	26.87
83	Combi	1	11:37:07	11:39:06	0.03	30.25
84	Combi	1	11:37:25	11:39:57	0.04	23.68
85	Auto	1	11:37:58	11:40:08	0.04	27.69
86	Combi	1	11:40:45	11:42:51	0.04	28.57
87	Auto	1	11:41:06	11:43:40	0.04	23.38
88	Camion	1	11:41:17	11:44:30	0.05	18.65
89	Auto	1	11:41:55	11:44:05	0.04	27.69
90	Camion	1	11:44:23	11:47:43	0.06	18.00
91	Combi	1	11:45:34	11:48:30	0.05	20.45
92	Auto	1	11:45:53	11:48:01	0.04	28.13
93	Auto	1	11:47:20	11:49:13	0.03	31.86
94	Camion	1	11:47:30	11:52:22	0.08	12.33
95	Combi	1	11:47:11	11:49:20	0.04	27.91
96	Combi	1	11:49:50	11:53:20	0.06	17.14
97	Auto	1	11:51:41	11:53:47	0.04	28.57
98	Combi	1	11:52:03	11:54:38	0.04	23.23
99	Camioneta	1	11:55:11	11:57:23	0.04	27.27
100	Auto	1	11:55:20	11:57:32	0.04	27.27
VELOCIDAD PROMEDIO						24.13

Nota: Elaboración Propia

De las tablas mostradas se obtuvo las velocidades para el sentido de entrada de 25.43 km/h y para el sentido de salida de 24.13 km/h.

- Para el análisis de solo vehículos livianos

Se hizo la simulación con solo vehículos livianos en el Software SUMO, en el cual se obtuvo las velocidades para el sentido de entrada de 34.48 km/h y para el sentido de salida de 35.34 km/h.

Tabla 13*Velocidades de vehículos livianos entrada dirección 1 de software**SUMO*

Inicio (s)	Final (s)	Tiempo de viaje promedio (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
300	600	571.51	10.51	37.84
600	900	627.11	9.6	34.56
900	1200	617.92	9.74	35.06
1200	1500	614.29	9.79	35.24
1500	1800	610.15	9.86	35.50
1800	2100	604.93	9.94	35.78
2100	2400	645.16	9.34	33.62
2400	2700	663.29	9.14	32.90
2700	3000	659.14	9.14	32.90
3000	3300	622.22	9.7	34.92
3300	3600	615.68	9.78	35.21
3600	3900	729.62	8.31	29.92
3900	4200	654.83	9.24	33.26
4200	4212	601.3	9.98	35.93
Velocidad Promedio			9.58	34.48

Nota: Elaboración Propia

Tabla 14*Velocidades de vehículos liviano salida dirección 2 de software SUMO*

Inicio (s)	Final (s)	Tiempo de viaje promedio (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
300	600	650.57	9.81	35.32
600	900	656.57	9.16	32.98
900	1200	630.57	9.56	34.42
1200	1500	598.39	10.05	36.18
1500	1800	632.05	9.52	34.27
1800	2100	585.2	10.30	37.08
2100	2400	627.29	9.60	34.56
2400	2700	621.47	9.67	34.81
2700	3000	599.74	10.04	36.14
3000	3300	655.38	9.15	32.94
3300	3600	598.94	10.04	36.14
3600	3900	615.61	9.79	35.24
3900	4200	551.14	10.93	39.35
4200	4212	598.94	9.83	35.37
Velocidad Promedio			9.82	35.34

Nota: Elaboración Propia

- **Para el análisis de solo vehículos pesados**

Se hizo la simulación con solo vehículos pesados en el Software SUMO, en el cual se obtuvo las velocidades para el sentido de ida de 38.02 km/h y para el sentido de vuelta de 37.82 km/h.

Tabla 15

Velocidades de vehículos pesados entrada dirección 1 de software

SUMO

Inicio (s)	Final (s)	Tiempo de viaje promedio (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
300	600	588.19	10.2	36.72
1200	1500	566.77	10.59	38.12
2100	2400	561.9	10.68	38.45
3000	3267	557.49	10.77	38.77
Velocidad Promedio			10.56	38.02

Nota: Elaboración Propia

Tabla 16

Velocidades de vehículos pesados salida dirección 2 de software SUMO

Inicio (s)	Final (s)	Tiempo de viaje promedio (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
300	600	552.85	10.87	39.13
1200	1500	545.5	10.51	37.82
1500	1800	546.72	10.99	39.56
3000	3267	622.29	9.66	34.78
Velocidad Promedio			10.51	37.82

Nota: Elaboración Propia



4.1.1.3. Zonas de no rebase

Tabla 17

Zonas de no rebase

Nº	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TRAMO (m)	LONGITUD DE NO REBASE (m)	PORCENTAJE
1	Km 3-4	1000	510	51%
2	Km 4-5	1000	490	49%
3	Km 5-6	1000	590	59%
4	Km 6-7	1000	450	45%
5	Km 7-8	1000	420	42%
6	Km 8-9	1000	510	51%
			Zona de no rebase	50%

Nota: Elaboración Propia

4.1.1.4. Volumen de tránsito

Tabla 18

Volumen de tránsito

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00	38	20	26	19	22	23	45
01:00	30	16	16	24	24	37	36
02:00	36	35	33	33	36	49	53
03:00	39	41	30	42	41	46	50
04:00	71	74	48	56	33	88	82
05:00	93	61	46	50	39	89	74
06:00	137	80	75	85	88	116	101
07:00	197	66	88	75	84	94	125
08:00	182	75	72	77	105	85	267
09:00	233	225	252	203	217	202	242
10:00	169	152	190	196	211	273	262
11:00	164	172	190	190	190	236	214
12:00	199	211	165	209	208	260	243
13:00	163	228	157	178	101	291	239
14:00	123	181	155	157	113	292	209
15:00	225	228	218	232	204	294	251
16:00	203	176	238	177	205	228	293
17:00	221	211	189	211	256	218	328
18:00	191	203	188	220	235	250	254
19:00	185	150	172	206	221	268	163
20:00	125	119	158	123	154	173	210
21:00	135	138	124	141	176	155	236
22:00	102	137	124	150	165	180	165
23:00	114	100	125	144	153	186	92
TOTAL	3375	3099	3079	3198	3281	4133	4234

Nota: Elaboración Propia

4.1.1.5. Factor de Hora Pico

$$PHF = \frac{n_{60}}{4n_{15}}$$

Se tomo la ecuación para el cálculo del Factor de hora pico (PHF), para lo cual se dividió la hora más crítica en intervalos de 15 minutos, para este caso se tomó la hora de las 17:00 siendo esta la hora más crítica de tráfico vehicular.

Tabla 19

Intervalos para la hora pico

Hora	Intervalos	Vehículos	Total
17:00	17:00	84	328
	17:15	64	
	17:30	90	
	17:45	90	

Nota: Elaboración Propia

Se tomo el intervalo de las 17:30 a las 17:45 siendo este el intervalo donde se registró un mayor flujo vehicular

$$PHF = \frac{328}{4(90)}$$

$$PHF = 0.91$$

De lo cual se obtuvo un PHF de 0.91, el cual será usado para la determinación de los niveles de servicio mediante la metodología HCM 2016.

4.1.2. Resultados de análisis de datos

4.1.2.1. Cálculo de nivel de servicio

- Análisis de la vía en su estado actual

Paso 1: Se reúne los datos de entrada necesarios para el cálculo. De acuerdo con la clasificación de carreteras de dos carriles del HCM 2016, se tiene una carretera que atraviesa áreas que vienen desarrollándose, por lo que se clasificara esta carretera de Clase III de dos carriles.

Tabla 20

Datos de entrada para análisis de la vía en su estado actual

Datos		Valores
Ancho Carril		3.6 m
Ancho Berma		0.7 m
Longitud de Tramo		6 km
Distribución direccional	Ida	52%
	Vuelta	48%
Factor de Hora Pico		0.91
% de vehículos pesados	PT	6%
% de vehículos recreativos	PR	0%
Porcentaje de zonas de no rebase		50%
Velocidad	Ida	25.43 km/h
	Vuelta	24.13 km/h

Nota: Elaboración Propia

Paso 2: En este paso se estima la velocidad de flujo libre (FFS) a partir de la velocidad tomada en campo.

Sentido Entrada (Dirección 1):

$$FFS = S_{FM} + 0.0124 \left(\frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

$$FFS = 25.43 + 0.0124 \left(\frac{328}{0.96} \right)$$



$$FFS = 29.65 \text{ km/h}$$

Sentido Salida (Dirección 2):

$$FFS = S_{FM} + 0.0124 \left(\frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

$$FFS = 24.13 + 0.0124 \left(\frac{328}{0.96} \right)$$

$$FFS = 28.37 \text{ km/h}$$

Paso 3: Se calcula el volumen de demanda ajustado por la velocidad promedio de desplazamiento (ATS).

El total del volumen de demanda en la hora máxima es de 328 veh/h, para lo cual se calculará para ambas direcciones de acuerdo a la distribución de 52% en un sentido y 48% en el otro sentido.

$$V_1 = 328 \times 0.52 = 171 \text{ veh/h}$$

$$V_2 = 328 \times 0.48 = 157 \text{ veh/h}$$

Para la dirección 1 se tomó el valor de $f_{g,ATS}=1.00$ y $ET=1.55$, y para la dirección 2 se tomó el valor de $f_{g,ATS}=1.00$ y $ET=1.61$. Posteriormente se reemplazó los valores en la fórmula del factor equivalente de ajuste para vehículos pesados y en el volumen de demanda ajustado por la velocidad media de viaje (ATS).

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$f_{HV,ATS(1)} = \frac{1}{1 + 0.07(1.55 - 1) + 0(1 - 1)}$$

$$f_{HV,ATS(1)} = 0.96$$

$$f_{HV,ATS(2)} = \frac{1}{1 + 0.07(1.61 - 1) + 0(1 - 1)}$$

$$f_{HV,ATS(2)} = 0.96$$

En la ecuación al ajuste de volumen de demanda

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{FHMD \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

$$v_{1,ATS} = \frac{171}{0.92 \times 1.00 \times 0.96}$$

$$v_{1,ATS} = 195 \text{ veh/h}$$

$$v_{2,ATS} = \frac{157}{0.92 \times 1.00 \times 0.96}$$

$$v_{2,ATS} = 180 \text{ veh/h}$$

Paso 4: Estimación de ATS

Haciendo uso de la tabla 5, considerando las condiciones de no rebase 50% y con el FFS menor de 72 km/h, se hizo la interpolación con el opuesto flujo de ajustes de volumen hallados en el paso anterior de 195 veh/h para la dirección 2 y 180 veh/h para la dirección 1.

$$f_{np,ATS(1)} = 2.09$$

$$f_{np,ATS(2)} = 2.28$$

Luego se usa la ecuación para la estimación de la velocidad de viaje promedio.



$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

$$ATS_1 = 29.65 - 0.00776(195 + 180) - 2.09 = 24.65 \text{ km/h}$$

$$ATS_2 = 28.37 - 0.00776(195 + 180) - 2.28 = 23.18 \text{ km/h}$$

Paso 5: Estimación de PFFS

$$PFFS = \frac{ATS_d}{FFS}$$

$$PFFS_1 = \frac{24.65}{29.65} = 83.12\%$$

$$PFFS_2 = \frac{23.18}{28.37} = 81.70\%$$

- **Análisis de la vía considerando solo vehículos livianos**

Paso 1: Se reúne los datos de entrada necesarios para el cálculo. De acuerdo con la clasificación de carreteras de dos carriles del HCM 2016, se tiene una carretera que atraviesa áreas que vienen desarrollándose, por lo que se clasificara esta carretera de Clase III de dos carriles.

Tabla 21

Datos de entrada para el análisis de la vía considerando solo vehículos livianos

Datos		Valores
Ancho Carril		3.6 m
Ancho Berma		0.7 m
Longitud de Tramo		6 km
Distribución direccional	Ida	52%
	Vuelta	48%
Factor de Hora Pico		0.91
% de vehículos pesados	PT	0%
% de vehículos recreativos	PR	0%
Porcentaje de zonas de no rebase		50%
Velocidad	Ida	34.48 km/h
	Vuelta	35.34 km/h

Nota: Elaboración Propia

Paso 2: En este paso se estima la velocidad de flujo libre (FFS) a partir de la velocidad obtenida de la simulación del software SUMO.

Sentido Entrada (Dirección 1):

$$FFS = S_{FM} + 0.0124 \left(\frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

$$FFS = 34.48 + 0.0124 \left(\frac{305}{1.00} \right)$$

$$FFS = 38.26 \text{ km/h}$$

Sentido Salida (Dirección 2):

$$FFS = S_{FM} + 0.0124 \left(\frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

$$FFS = 35.34 + 0.0124 \left(\frac{305}{1.00} \right)$$



$$FFS = 39.12 \text{ km/h}$$

Paso 3: Se calcula el volumen de demanda ajustado por la velocidad promedio de desplazamiento (ATS).

El total del volumen de demanda en la hora máxima es de 305 veh/h, para lo cual se calculará para ambas direcciones de acuerdo a la distribución de 52% en un sentido y 48% en el otro sentido.

$$V_1 = 305 \times 0.52 = 159 \text{ veh/h}$$

$$V_2 = 305 \times 0.48 = 146 \text{ veh/h}$$

Para la dirección 1 se tomó el valor de $f_{g,ATS}=1.00$ y $ET=1.60$, y para la dirección 2 se tomó el valor de $f_{g,ATS}=1.00$ y $ET=1.66$. Posteriormente se reemplazó los valores en la formula del factor equivalente de ajuste para vehículos pesados y en el volumen de demanda ajustado por la velocidad media de viaje (ATS).

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$f_{HV,ATS(1)} = \frac{1}{1 + 0.00(1.60 - 1) + 0(1 - 1)}$$

$$f_{HV,ATS(1)} = 1.00$$

$$f_{HV,ATS(2)} = \frac{1}{1 + 0.00(1.66 - 1) + 0(1 - 1)}$$

$$f_{HV,ATS(2)} = 1.00$$

En la ecuación al ajuste de volumen de demanda



$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{FHMD \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

$$v_{1,ATS} = \frac{159}{0.91 \times 1.00 \times 1.00}$$

$$v_{1,ATS} = 174 \text{ veh/h}$$

$$v_{2,ATS} = \frac{146}{0.91 \times 1.00 \times 1.00}$$

$$v_{2,ATS} = 161 \text{ veh/h}$$

Paso 4: Estimación de ATS

Haciendo uso de la tabla 5, considerando las condiciones de no rebase 50% y con el FFS menor de 72 km/h, se hizo la interpolación con el opuesto flujo de ajustes de volumen hallados en el paso anterior de 174 veh/h para la dirección 2 y 161 veh/h para la dirección 1.

$$f_{np,ATS(1)} = 1.84$$

$$f_{np,ATS(2)} = 2.02$$

Luego se usa la ecuación para la estimación de la velocidad de viaje promedio

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

$$ATS_1 = 38.26 - 0.00776(174 + 161) - 1.84 = 33.82 \text{ km/h}$$

$$ATS_2 = 39.12 - 0.00776(174 + 161) - 2.02 = 34.51 \text{ km/h}$$

Paso 5: Estimación de PFFS

$$PFFS = \frac{ATS_d}{FFS}$$

$$PFFS_1 = \frac{33.82}{38.26} = 88.39\%$$

$$PFFS_2 = \frac{34.51}{39.22} = 88.20\%$$

- Análisis de la vía considerando solo vehículos pesados

Paso 1: Se reúne los datos de entrada necesarios para el cálculo. De acuerdo con la clasificación de carreteras de dos carriles del HCM 2016, se tiene una carretera que atraviesa áreas que vienen desarrollándose, por lo que se clasificara esta carretera de Clase III de dos carriles.

Tabla 22

Datos de entrada para el análisis de la vía considerando solo vehículos pesados

Datos		Valores
Ancho Carril		3.6 m
Ancho Berma		0.7 m
Longitud de Tramo		6 km
Distribución direccional	Ida	52%
	Vuelta	48%
Factor de Hora Pico		0.91
% de vehículos pesados	PT	100%
% de vehículos recreativos	PR	0%
Porcentaje de zonas de no rebase		50%
Velocidad	Ida	38.02 km/h
	Vuelta	37.82 km/h

Nota: Elaboración Propia

Paso 2: En este paso se estima la velocidad de flujo libre (FFS) a partir de la velocidad de la simulación del software SUMO.



Sentido Entrada (Dirección 1):

$$FFS = S_{FM} + 0.0124 \left(\frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

$$FFS = 38.02 + 0.0124 \left(\frac{23}{0.53} \right)$$

$$FFS = 38.56 \text{ km/h}$$

Sentido Salida (Dirección 2):

$$FFS = S_{FM} + 0.0124 \left(\frac{v}{f_{HV,ATS}} \right)$$

$$FFS = 37.82 + 0.0124 \left(\frac{23}{0.53} \right)$$

$$FFS = 38.36 \text{ km/h}$$

Paso 3: Se calcula el volumen de demanda ajustado por la velocidad promedio de desplazamiento (ATS).

El total del volumen de demanda en la hora máxima es de 23 veh/h, para lo cual se calculará para ambas direcciones de acuerdo a la distribución de 52% en un sentido y 48% en el otro sentido.

$$V_1 = 23 \times 0.52 = 12 \text{ veh/h}$$

$$V_2 = 23 \times 0.48 = 11 \text{ veh/h}$$

Para la dirección 1 se tomó el valor de $f_{g,ATS}=1.00$ y $ET=1.90$, y para la dirección 2 se tomó el valor de $f_{g,ATS}=1.00$ y $ET=1.90$. Posteriormente se reemplazó los valores en la fórmula del factor



equivalente de ajuste para vehículos pesados y en el volumen de demanda ajustado por la velocidad media de viaje (ATS).

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$f_{HV,ATS(1)} = \frac{1}{1 + 1.00(1.90 - 1) + 0(1 - 1)}$$

$$f_{HV,ATS(1)} = 0.53$$

$$f_{HV,ATS(2)} = \frac{1}{1 + 1.00(1.90 - 1) + 0(1 - 1)}$$

$$f_{HV,ATS(2)} = 0.53$$

En la ecuación al ajuste de volumen de demanda

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{FHMD \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

$$v_{1,ATS} = \frac{12}{0.91 \times 1.00 \times 0.53}$$

$$v_{1,ATS} = 25 \text{ veh/h}$$

$$v_{2,ATS} = \frac{11}{0.92 \times 1.00 \times 0.96}$$

$$v_{2,ATS} = 23 \text{ veh/h}$$

Paso 4: Estimación de ATS

Haciendo uso de la tabla 5, considerando las condiciones de no rebase 50% y con el FFS menor de 72 km/h, se hizo la interpolación con el opuesto flujo de ajustes de volumen hallados en el paso anterior de 23



veh/h para la dirección 2 y 25 veh/h para la dirección 1, siendo estos menores de 100 por lo que de acuerdo a la tabla 5 se hace la interpolación correspondiente.

$$f_{np,ATS(1)} = 1.05$$

$$f_{np,ATS(2)} = 1.05$$

Luego se usa la ecuación para la estimación de la velocidad de viaje promedio

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

$$ATS_1 = 38.56 - 0.00776(25 + 23) - 1.05 = 37.14 \text{ km/h}$$

$$ATS_2 = 38.36 - 0.00776(25 + 23) - 1.05 = 36.94 \text{ km/h}$$

Paso 5: Estimación de PFFS

$$PFFS = \frac{ATS_d}{FFS}$$

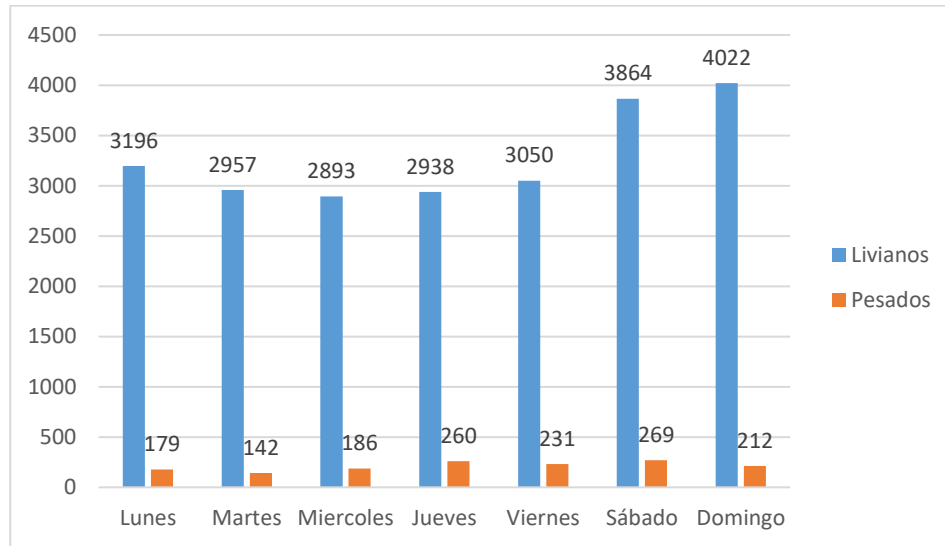
$$PFFS_1 = \frac{37.14}{38.56} = 96.31\%$$

$$PFFS_2 = \frac{36.94}{38.36} = 96.29\%$$

4.1.3. Variación Diaria

Figura 30

Variación Diaria



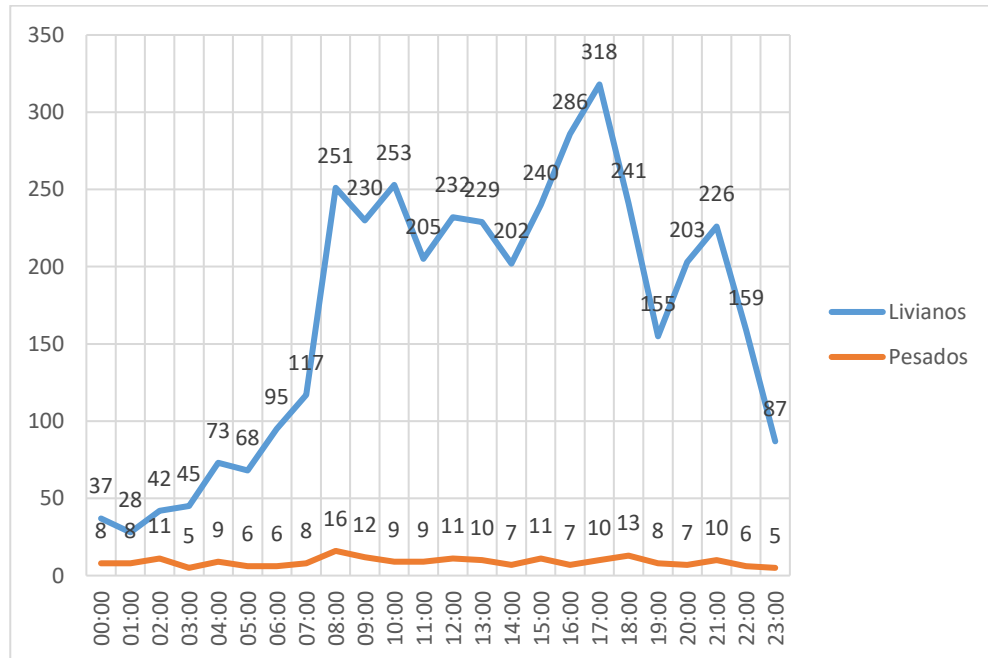
Nota: Elaboración propia

En la figura se muestra la variación diaria de la semana en la que fue tomada el aforo de lo cual el día domingo es en el que se tiene un mayor tránsito de vehículos livianos siendo estos 4022 vehículos, y en cuanto a los vehículos pesados el día sábado es el día donde hay mayor cantidad de vehículos pesados en tránsito, el cual es de 269, para el tránsito en general es el día domingo con un total de 4291 vehículos.

4.1.4. Variación Horaria

Figura 31

Variación Horaria



Nota: Elaboración propia

La figura corresponde a la variación horario del día de la semana en la que se tiene mayor flujo vehicular, el cual es el día domingo, la hora con mayor flujo vehicular de vehículos livianos es la hora de 17:00 con 318 vehículos, y para los vehículos pesados a la hora de 08:00 con 16 vehículos, la hora en la que se tiene mayor flujo vehicular en general es la de 17:00, la cual es la que se tomó para el análisis de los niveles de servicio.

4.1.5. IMDA

Tabla 23

Resumen de aforo vehicular

DIA	STATION					CAMIONETAS			BUS		SEMITRAYLER					TRAYLERS			PORC. %
	AUTO	WAGON	PICKUP	PANEL	COMBI RURAL	MICRO	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL	
LUNES	681	325	415	169	1579	27	7	0	92	73	0	0	0	7	0	0	0	1767	13.70
MARTES	645	288	330	112	1569	13	2	2	96	39	1	0	0	2	0	0	0	1721	13.34
MIÉRCOLES	767	167	330	226	1393	10	18	1	106	55	1	0	0	4	0	0	0	1621	12.56
JUEVES	694	220	344	128	1510	42	4	0	139	107	2	0	0	8	0	0	0	1842	14.28
VIERNES	685	411	342	83	1499	30	3	1	150	73	1	0	0	3	0	0	0	1929	14.95
SABADO	1077	534	508	124	1567	54	6	0	156	101	0	0	0	6	0	0	0	2020	15.66
DOMINGO	1117	582	484	91	1690	58	7	0	122	79	0	0	0	4	0	0	0	2001	15.51
TOTAL	5666	2527	2753	933	10807	234	47	4	861	527	5	0	0	34	0	0	0	12901	100.00
IMD	809	361	393	133	1544	33	7	1	123	75	1	0	0	5	0	0	0	3485	
%	23.21	10.36	11.28	3.82	44.30	0.95	0.20	0.03	3.53	2.15	0.03	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	100.00	

VEHICULOS PESADOS

VEHICULOS LIGEROS

Nota: Elaboración propia

La tabla muestra el resumen del aforo vehicular tomado en la semana, mostrando el total y los índices medios diarios sin corrección que serán utilizados para el cálculo del IMDA

Tabla 24

Resultado IMDA

IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR (Veh/dia)		
Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Autos	890	23.2%
Satation Wagon	397	10.4%
Camioneta Pick Up	432	11.3%
Camioneta Panel	146	3.8%
COMBI		
RURAL	1698	44.3%
Micro	36	0.9%
Omnibus 2E y 3E	9	0.2%
Camión 2E	134	3.5%
Camión 3E	82	2.1%
Camión 4E	1	0.0%
Semi trayler	5	0.1%
Trayler	0	0.0%
TOTAL IMD	3830	100.0%

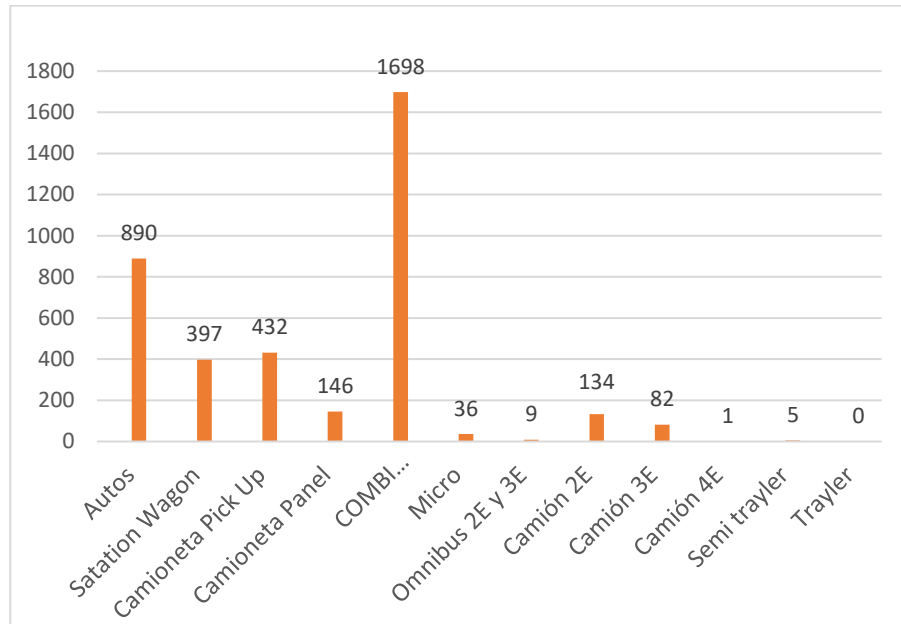
Nota: Elaboración propia

En la tabla se muestra el IMDA corregido por el factor de corrección estacional para vehículos livianos de 1.099866 y para vehículos pesados de 1.087851. De la misma forma se puede observar que los vehículos livianos componen el 94% del tráfico y el 6% lo componen los vehículos pesados.

4.1.6. Clasificación vehicular IMDA

Figura 32

Clasificación Vehicular IMDA



Nota: Elaboración propia

En la figura se observa que los vehículos con mayor tránsito son las Combi Rural con 1698 unidades, de lo cual se puede interpretar que esta vía tiene varios vehículos que prestan el servicio urbano, de la misma forma se aprecia 890 vehículos de tipo auto, por lo que se puede interpretar que existe una mayor presencia de vehículos livianos, en cambio los vehículos pesados se tiene 134 camiones de dos ejes, y 82 de camiones de tres ejes, lo cual se puede interpretar que existe una menor presencia.

4.1.7. Resultados de niveles de servicio

Tabla 25

Niveles de Servicio

SITUACION	ESTADO ACTUAL		SOLO VEHICULOS LIVIANOS		SOLO VEHICULOS PESADOS	
	DIRECCION 1	DIRECCION 2	DIRECCION 1	DIRECCION 2	DIRECCION 1	DIRECCION 2
Porcentaje de la velocidad de Flujo Libre (PFFS) %	83.12%	81.70%	88.39%	88.20%	96.31%	96.29%
RESULTADO DE NIVEL DE SERVICIO	C	C	B	B	A	A

Nota: Elaboración propia

Se tiene los resultados de los PFFS calculados con los niveles de servicio en los que se ubican, para las tres situaciones que se analizaron con la metodología HCM 2016, de lo cual se puede interpretar que el PFFS obtenido de 83.12% para la dirección 1 y 81.70% para la dirección 2, por lo que nivel de servicio en el que se encuentra la vía en estudio es el nivel C.

4.1.8. Resultados de niveles de servicio - influencia de vehículos livianos

Tabla 26

Resultados de niveles de servicio - influencia de vehículos livianos

SITUACIÓN	ESTADO ACTUAL		SOLO VEHÍCULOS PESADOS		DIFERENCIA	
	DIRECCIÓN 1	DIRECCIÓN 2	DIRECCIÓN 1	DIRECCIÓN 2		
Porcentaje de la velocidad de Flujo Libre (PFFS) %	83.12%	81.70%	96.31%	96.29%	13.19%	14.59%
RESULTADO DE NIVEL DE SERVICIO	C	C	A	A		

Nota: Elaboración propia

A partir de la tabla de resultados de nivel de servicio al analizar en la situación de solo vehículos pesados se puede notar la influencia de los vehículos livianos en los niveles de servicio, en condiciones actuales para la dirección 1 se tiene un PFFS de 83.12% lo cual califica el nivel de servicio en C, y para la dirección 2 se obtuvo un PFFS de 81.70% que ubica a la dirección 2 en un nivel de servicio C, sin embargo al retirar estos vehículos livianos se obtiene un PFFS para la dirección 1 de 96.31% y para la dirección 2 de 96.29% ubicándose en un nivel de servicio A, teniendo una diferencia en los PFFS de 13.19% en la dirección 1 y 14.59% en la dirección 2.

4.1.9. Resultados de niveles de servicio - influencia de vehículos pesados

Tabla 27

Resultados de niveles de servicio - influencia de vehículos pesados

SITUACIÓN	ESTADO ACTUAL		SOLO VEHÍCULOS LIVIANOS		DIFERENCIA	
	DIRECCIÓN 1	DIRECCIÓN 2	DIRECCIÓN 1	DIRECCIÓN 2		
Porcentaje de la velocidad de Flujo Libre (PFFS) %	83.12%	81.70%	88.39%	88.20%	5.27%	6.50%
RESULTADO DE NIVEL DE SERVICIO	C	C	B	B		

Nota: Elaboración propia

De la tabla de resultados de nivel de servicio al analizar en la situación de solo vehículos livianos se puede notar la influencia de los vehículos pesados en los niveles de servicio, en condiciones actuales para la dirección 1 se tiene un PFFS de 83.12% lo cual califica el nivel de servicio en C, y para la dirección 2 se obtuvo un PFFS de 81.70% que ubica a la dirección 2 en un nivel de servicio C, sin embargo al retirar estos vehículos pesados se obtiene un PFFS para la dirección 1 de 88.39% y para la dirección 2 de 88.20% ubicándose en un nivel de servicio



B, teniendo una diferencia en los PFFS de 5.27% en la dirección 1 y 6.50% en la dirección 2.

4.1.10. Resultados de capacidad vial

Utilizando la ecuación del HCM 2016 para el cálculo de capacidad máximo con los valores de ATS, se obtuvo lo siguiente:

$$C_{d.ATS} = 1700 \times f_{g.ATS} \times f_{HV.ATS}$$

$$C_{d.ATS} = 1700 \times 1.00 \times 0.96$$

$$C_{d.ATS} = 1637 \text{ veh/h}$$

Esta capacidad máxima es para la dirección 1 y 2 de la carretera en estudio, teniendo un $f_{g.ATS}$ de 0.96 y un $F_{HV.ATS}$ de 1.00

Del IMDA hallado que fue de 3830 veh/día al dividirlo entre 24 horas y tomando el resultado de la hora pico de 318 veh/h, la capacidad vial existente si satisface la demanda encontrada.

4.1.1.1. Resultados del ensayo IRI

Tabla 28

Resultado del ensayo IRI

PROGRESIVA	LONGITUD (m)	IRI (m/km)		PSI		CLASIFICACION DE SERVICIALIDAD		ESTADO DEL PAVIMENTO IRI	
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO
03+000	03+400	8.11	8.46	0.61	0.55	Muy mala	Muy mala	Malo	Malo
03+400	03+800	9.65	8.05	0.41	0.62	Muy mala	Muy mala	Malo	Malo
03+800	04+200	8.36	10.37	0.57	0.34	Muy mala	Muy mala	Malo	Malo
04+200	04+600	8.81	9.17	0.51	0.46	Muy mala	Muy mala	Malo	Malo
04+600	05+000	7.41	9.54	0.73	0.42	Muy mala	Muy mala	Malo	Malo
05+000	05+400	5.17	7.33	1.30	0.74	Mala	Muy mala	Malo	Malo
05+400	05+800	5.00	7.42	1.36	0.73	Mala	Muy mala	Malo	Malo
05+800	06+200	5.39	7.60	1.23	0.69	Mala	Muy mala	Malo	Malo
06+200	06+600	3.79	5.24	1.86	1.28	Mala	Mala	Regular	Malo
06+600	07+000	4.54	7.24	1.54	0.76	Mala	Muy mala	Malo	Malo
07+000	07+400	7.87	8.76	0.65	0.51	Muy mala	Muy mala	Malo	Malo
07+400	07+800	7.31	6.91	0.75	0.83	Muy mala	Muy mala	Malo	Malo
07+800	08+200	8.91	4.98	0.49	1.37	Muy mala	Mala	Malo	Malo
08+200	08+600	5.20	4.97	1.29	1.37	Mala	Mala	Malo	Malo
08+600	09+000	3.82	3.28	1.85	2.13	Mala	Regular	Regular	Regular
PROMEDIO		6.62	7.29	0.89	0.75	Muy mala	Muy mala	Malo	Malo

Nota: Elaboración propia

Se observa como resultado del ensayo IRI valores altos para cada tramo estudiado lo que refleja una condición de rugosidad mala.

4.1.12. Resultados del Índice de Condición de Pavimento PCI

Tabla 29

Resultados de PCI

N° MUESTRA	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVAS		PCI	CALIFICACION
		INICIO	FIN		
1	3	03+094.50	03+126.00		-
2	15	03+472.50	03+504.00		-
3	27	03+850.50	03+882.00		-
4	39	04+228.50	04+260.00	3.51	FALLADO
5	51	04+606.50	04+638.00	1.14	FALLADO
6	63	04+984.50	05+016.00	0.82	FALLADO
7	75	05+362.50	05+394.00	0.46	FALLADO
8	87	05+740.50	05+772.00	2.70	FALLADO
9	99	06+118.50	06+150.00	2.20	FALLADO
10	111	06+496.50	06+528.00	1.31	FALLADO
11	123	06+874.50	06+906.00	2.98	FALLADO
12	135	07+252.50	07+284.00	2.99	FALLADO
13	147	07+630.50	07+662.00	2.64	FALLADO
14	159	08+008.50	08+040.00	5.78	FALLADO
15	171	08+386.50	08+418.00	6.47	FALLADO

Nota: Elaboración propia

Del estudio de PCI realizado se obtuvo resultados bajos, que de acuerdo a la calificación corresponden a un pavimento fallado.

4.1.13. Resultado de mantenimiento y costo estimado

Figura 33

Presupuesto de mantenimiento

Presupuesto						
Presupuesto	0103007 INFLUENCIA DEL TRAFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA JULIACA LAMPA				Fecha presupuesto	30/10/2024
Subpresupuesto	1 TRAMO: KM3 - KM9					
Ciente						
Lugar	PUNO - SAN ROMAN - JULIACA					
Item	Descripcion	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	MANTENIMIENTO VIAL PAVIMENTO FLEXIBLE				278,674.92	
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				110,460.75	
01.01.01	LIMPIEZA GENERAL	m2	43,200.00	2.54	109,785.75	
01.01.02	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	675.00	675.00	
01.02	SELLADO DE GRIETAS				1,030.53	
01.02.01	LIMPIEZA DE GRIETAS	m	295.43	0.90	265.51	
01.02.02	RIEGO DE LIGA EN GRIETAS	m	295.43	0.70	206.66	
01.02.03	SELLADO DE GRIETAS CON CEMENTO ASFALTICO	m	295.43	1.89	558.36	
01.03	PARCHEO SUPERFICIAL				25,636.98	
01.03.01	RETIRO DE CARPETA ASFALTICA 2"	m3	6.28	19.88	124.80	
01.03.02	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION A NIVEL DE BASE C/COMPACTADORA	m2	123.60	6.27	775.02	
01.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	123.60	9.06	1,120.19	
01.03.04	RIEGO DE LIGA	m2	123.60	8.68	1,073.44	
01.03.05	PARCHEO CON MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	m3	6.28	483.74	3,037.36	
01.03.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINA	m3	6.28	22.35	140.34	
01.03.07	TRATAMIENTO SUPERFICIAL	m2	1,835.16	6.97	12,789.08	
01.03.08	FRESADO DE CARPETA ASFALTICA	m2	1,743.16	3.77	6,576.76	
01.04	PARCHEO PROFUNDO				70,145.63	
01.04.01	RETIRO DE CARPETA ASFALTICA 2"	m3	44.42	18.61	826.79	
01.04.02	EXCAVACION DE MATERIAL DE BASE E=0.20m	m3	174.86	66.45	11,620.48	
01.04.03	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION DE SUBBASE C/COMPACTADORA 7Hf	m2	874.32	6.80	5,943.38	
01.04.04	SUMINISTRO, CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE GRANULAR E=0.20	m3	174.86	65.47	11,448.23	
01.04.05	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	874.32	8.13	7,106.47	
01.04.06	RIEGO DE LIGA	m2	874.32	7.81	6,831.59	
01.04.07	PARCHEO CON MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	m3	44.42	483.74	21,485.66	
01.04.08	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINA	m3	218.58	22.34	4,883.03	
01.06	SEÑALIZACION HORIZONTAL				71,401.03	
01.06.01	PINTURA DE TRAFICO LINEALES (E=0.10 - 0.20 M)	m	5,000.00	13.23	66,147.54	
01.06.02	SEÑALES EN PISO (FLECHAS DIRECCIONALES)	und	80.00	65.67	5,253.49	

Nota: Elaboración propia

Se tiene como resultado un presupuesto de mantenimiento un total de 278,674.92 soles.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.2.1. Prueba de hipótesis sobre influencia de vehículos livianos

4.2.1.1. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Para realizar la prueba de normalidad se optó por la prueba de Shapiro-Wilk, con apoyo del programa IBM SPSS Statistics – Versión 27.

- **Hipótesis estadística**

H₀: Existe una distribución normal en los datos.

H_a: No existe una distribución normal en los datos.

Tabla 30

Prueba de normalidad para vehículos livianos

Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Livianos	0.881	5	0.315

Nota: Obtenido de SPSS Statistics

De la tabla se obtuvo un p-valor ≥ 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna por lo tanto los datos tienen una distribución normal.

4.2.1.2. Prueba t-student

Para la contrastación de hipótesis se usó el método de la prueba t-student para muestras emparejadas o relacionadas, con apoyo del programa IBM SPSS Statistics – Version 27.

- **Hipótesis estadística**

H₀: El tráfico de vehículos livianos no influye en los niveles de servicio de la Carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000

H_a: El tráfico de vehículos livianos influye en los niveles de servicio de la Carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000

Tabla 31

Contrastación de hipótesis mediante prueba t-student para influencia de vehículos livianos

Descripción	T-student			
	Media	Desviación estándar	gl	Sig. (bilateral)
Actual – Solo Vehículos Pesados	-1,389,000	,98995	1	,032

Nota: Obtenido de SPSS Statistics

De la tabla se obtuvo un $p\text{-valor} \leq 0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna por lo que el tráfico de vehículos livianos influye en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000.

4.2.2. Prueba de hipótesis sobre influencia de vehículos pesados

4.2.2.1. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Para realizar la prueba de normalidad se optó por la prueba de Shapiro-Wilk, con apoyo del programa IBM SPSS Statistics – Versión 27.

- **Hipótesis estadística**

H₀: Existe una distribución normal en los datos.

H_a: No existe una distribución normal en los datos.

Tabla 32

Prueba de normalidad para vehículos pesados

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pesados	0.908	5	0.456

Nota: Obtenido de SPSS Statistics

De la tabla se obtuvo un $p\text{-valor} \geq 0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna por los datos tienen una distribución normal.

4.2.2.2. Prueba t-student

Para la contrastación de hipótesis se usó el método de la prueba t-student para muestras emparejadas o relacionadas, con apoyo del programa IBM SPSS Statistics – Version 27.

- Hipótesis estadística

H₀: El tráfico de vehículos pesados no influye en los niveles de servicio de la Carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000

H_a: El tráfico de vehículos pesados influye en los niveles de servicio de la Carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000

Tabla 33

Contrastación de hipótesis mediante prueba t-student para influencia de vehículos livianos

Descripción	T-student			
	Media	Desviación estándar	gl	Sig. (bilateral)
Actual – Solo Vehículos Livianos	-588,500	,86974	1	,066

Nota: Obtenido de SPSS Statistics

De la tabla se obtuvo un p-valor > 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula por lo que el tráfico de vehículos pesados no influye en los niveles de servicio de la carretera Juliaca – Lampa Km 03+000 al Km 09+000.

Tabla 34

Niveles de Significancia

Rango (%)	Nivel de Significancia
0-10	Mínimo
10-20	Medio
20-30	Alta

Nota: Elaboración propia

4.3. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos en el estudio, la velocidad obtenida varía entre 12.33 km/h y 41.38 km/h con una velocidad promedio para la dirección 1 de 25.43 km/h y para la dirección 2 de 24.32 km/h, del estudio de tráfico el 94% lo componen vehículos livianos y el 6% está compuesto por vehículos pesados, al aplicar la metodología HCM 2016 se obtuvo un PFFS de 83.12% para la dirección 1 y de 81.70% para la dirección 2 lo que da



como resultado un nivel de servicio C, teniendo una diferencia de 16.88% para la dirección 1 y de 18.30% para la dirección 2 con respecto a un PFFS ideal de 100%.

En su estudio Arias (2023) observó que: “el comparativo de resultados del nivel de servicio, NS, calculado por los dos manuales de INVIAS 2022 y HCM2016, presenta una notoria diferencia en donde el tramo Buga-Tuluá en ambos sentidos registró un NS: B por INVIAS 2022 y NS: A por HCM 2016, lo que obedece a las diferencias entre los rangos de la densidad de cada manual; INVIAS 2022 define un rango de $>0-11$ ade/milla/carril y HCM 2016 un rango de ≤ 6 para asignar un nivel de servicio NS: A”.

Así como el autor Zúniga (2023) determinó que: “según la metodología HCM 2016 la vía satisface la demanda vehicular de la zona, sin embargo, no es la más óptima según la clasificación de la metodología en su totalidad, pudiéndose mejorar la capacidad vial y nivel de servicio de la carretera CU-117-Emp. PE-3S (Cusco) - Occopata - yaurisque - Tramo CC Cachona - CC Occopata – del distrito Santiago – provincia del Cusco”.

Asimismo, Paramasivam (2013) menciona que los Niveles de Servicio (LOS) de cobertura se calcula con el porcentaje de TSA (Area de Soporte de Tránsito) atendido por cada sistema de tránsito; en general, el porcentaje de TSA que prestan servicio a todos los sistemas de tránsito fue inferior al 60%, y la combinación de todos los sistemas de tránsito cae por debajo del 80%, lo que todavía no es eficiente para un número de pasajeros significativo.

Existe relación con Condor y Taipe (2025), “identificaron la relación de la infraestructura vial con el nivel de servicio en la Av. Independencia – Carretera Central Margen Derecha, tramo Av. Evitamiento e intersección con Av. Coronel Parra, Junín; la capacidad limitada de la vía, intersecciones mal diseñadas y la falta de mantenimiento



adecuado contribuyen a la congestión y disminuyen el nivel de servicio, afectando tanto a vehículos particulares como al transporte público, manteniendo un nivel de servicio en F”.

Además, la investigación de Rincón y Sandoval (2020) quienes, tras la toma de información de campo para los estimativos de tránsito, se obtuvo la demanda del flujo vehicular, identificando el tipo y la cantidad de vehículos que circulan por la red vial; los datos permitieron determinar el número de vehículos por entrada, con el fin de determinar la de mayor flujo vehicular. En tal sentido, “se determinó que la entrada 1, o transversal 17 es la que recibe la mayor cantidad de ingreso vehicular con 36,56%, y la de menor flujo vehicular, la entrada 4 o avenida 23 orientación sur- norte con 11, 48% es la que en menor medida ofrece flujo vehicular; en promedio el tipo de vehículos que mayormente circulan por la referida rotonda es el tipo denominada como; autos con más del 50%, seguido de motos con 34,59%, siendo la de menor circulación los camiones de carga de más de tres ejes”.

En su estudio Castro (2022) determinó que: “el flujo vehicular genera efectos negativos en el nivel de servicio de las 4 intersecciones de la Av. José Olaya, teniendo en cuenta que en las intersecciones se presenta una acumulación de flujo vehicular de 1868 veh/hora, 2628 veh/hora, 2068 veh/hora y 2332 veh/hora, resultando niveles de servicio LOS F, LOS C, LOS F y LOS B respectivamente, estos niveles son considerados deficientes y muestran problemas en tráfico vehicular”.

Así como Cuentas y Ayala (2019) quienes determinaron que: “la disminución de la velocidad media de recorrido (VMR) y aumento de porcentaje de tiempo de seguimiento (PTS), la capacidad y nivel de servicio desciende, basado en el manual de capacidad de carreteras (HCM 2010) en la Vía PE-3S tramo Arco Tica tica-Izcuchaca”.



En contraste con la presente investigación se usó el Porcentaje de velocidad de flujo libre (PFFS), para lo cual también se hizo la medición de la velocidad de los vehículos de la carretera.

En el estudio que realizó Parra (2023), “encontró que las condiciones operativas inciden negativamente en la capacidad y nivel de servicio de las vías de acceso a la ciudad de Puno y de manera inversamente proporcional ya que cuanto mayor es la presencia de dichas condiciones operativas más también se reduce la capacidad y nivel de servicio de dichas vías. Las regresiones lineales múltiples junto con el estadístico de prueba valor “p” demuestran que en la vía de acceso PE-36B (Puno – Laraqueri) las condiciones de infraestructura y de tránsito no presentan efectos negativos, mientras que las condiciones de control inciden negativamente reduciendo su nivel de servicio “A” a “B” con una capacidad de 3200 vl/h. Respecto a la vía de acceso PE-3S (Puno – Juliaca) las condiciones de infraestructura reducen la capacidad de 3200 vl/h a 3148 vl/h, las condiciones de tránsito reducen la capacidad hasta 3104 vl/h, mientras que las condiciones de control no presentan efectos negativos. En cuanto a la vía PE-3S (Puno – Ilave) las condiciones de infraestructura y de control no presentan efectos negativos, pero las condiciones de tránsito reducen la capacidad de la vía de 3200 vl/h a 3091 vl/h. Se concuerda con el autor en el sentido que en su estudio toma como muestra los ingresos a la ciudad de Puno. Por lo tanto, se puede notar que los niveles de servicio a nivel regional tienen relación en cuanto a los resultados encontrados”.



V. CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se determinó que el tráfico vehicular influye en los niveles de servicio de la carretera Juliaca – Lampa Km 03+000 al Km 09+000, al aplicar la metodología HCM 2016 obteniendo un PFFS de 83.12% para la dirección 1 y de 81.70% para la dirección 2 lo que da como resultado un nivel de servicio C, teniendo una diferencia de 16.88% para la dirección 1 y de 18.30% para la dirección 2 con respecto a un PFFS ideal de 100%.
- SEGUNDA:** Se determinó la influencia del tráfico de vehículos livianos en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000, usando la metodología HCM 2016 y el software SUMO, al obtener una influencia media con un PFFS para la dirección 1 de 96.31% y para la dirección 2 de 96.29% ubicándose en un nivel de servicio A, teniendo una diferencia en los PFFS de 13.18% en la dirección 1 y 14.59% en la dirección 2, con respecto al nivel de servicio actual, pasando de un nivel de servicio C a un nivel de servicio A.
- TERCERA:** Se determinó la influencia del tráfico de vehículos pesados en los niveles de servicio de la carretera Juliaca - Lampa Km 03+000 al Km 09+000, usando la metodología HCM 2016 y el software SUMO, al obtener una influencia mínima con un PFFS para la dirección 1 de 88.39% y para la dirección 2 de 88.20% ubicándose en un nivel de servicio B, teniendo una diferencia en los PFFS de 5.27% en la dirección 1 y 6.50% en la dirección 2, con respecto al nivel de servicio actual, pasando de un nivel de servicio C a un nivel de servicio B.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda a los investigadores de la escuela profesional de Ingeniería Civil hacer estudios de nivel de servicio en las diferentes vías de ingreso a la ciudad de Juliaca, pues al ser un eje comercial importante para la región, genera un mayor tráfico de vehículos en los ingresos a la ciudad, los estudios se pueden realizar en periodos de estudio más extendido.

SEGUNDA: Se recomienda a los investigadores de la escuela profesional de Ingeniería Civil hacer usos de diferentes programas computacionales que ayuden a la complementación de la investigación con alternativas para el mejoramiento del nivel de servicio, así como también el desarrollo de nuevos programas computacionales que permitan evaluar los niveles de servicio.

TERCERA: Se recomienda a las autoridades del gobierno central poner atención a esta carretera que es una de las vías acceso importantes hacia la ciudad de Juliaca, mediante proyecto que puedan mejorar el nivel de servicio de la carretera, que contribuya a la mejora de la calidad de vida de la población de Juliaca.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alan Neill, D., & Cortez Suárez, L. (2018). *Procesos y fundamentos de la investigación científica* (UTMATCH, Ed.; Primera). UTMATCH.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiagcionCientifica.pdf>
- Amaru Cormilluni, I. Y., & Laguna Chite, J. M. (2022). *Determinación del nivel de servicio para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la avenida Tarapacá con avenida Guillermo Billinghurst y calle San Hilarión, Tacna, 2022* [Universidad Privada de Tacna].
<http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>
- Ancco Ticahuanca, R. F. (2020). *Análisis y evaluación de la capacidad y del nivel de servicio de la intersección semaforizada Fermín Arbulú y Tacna de la ciudad de Puno aplicando las metodologías HCM 2000 y SYNCHRO 8*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Arias Echeverry, O. O. (2023). *Análisis de la capacidad y el nivel de servicio de la doble calzada Buga-Tuluá-La Paila-La Victoria aplicando el manual para vías multicarril del INVIAS 2022*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ashhad, T. Z., Cabrera, F. F., & Roa, O. B. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica*, 21(2), 4–23. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960>
- Bañez Mautino, F. E. (2020). *Análisis de capacidad y nivel de servicio de la vía Chavín – San Marcos, Huari, Ancash 2020*. [Universidad Cesar Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60088/Bañez_MF E-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Pearson, Ed.; Tercera). Universidad de la Sabana.
- Buisson, J., Mualla, Y., Lombard, A., & Galland, S. (2019). Traffic Simulation with SUMO. *EuSarlCon 2019*.



- Cal y Mayor Reyes Spíndola, R., & Cárdenas Grisales, J. (2018). *Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones* (Alfaomega Grupo, Ed.; Novena).
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9H14EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Ingeniería+de+tránsito,+fundamentos+y+aplicaciones&ots=tJTLxQbfzj&sig=-uf6kWEwTNHuPhx4JXlr4r4pShs#v=onepage&q=Ingeniería de tránsito%2C fundamentos y aplicaciones&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9H14EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Ingeniería+de+tránsito,+fundamentos+y+aplicaciones&ots=tJTLxQbfzj&sig=-uf6kWEwTNHuPhx4JXlr4r4pShs#v=onepage&q=Ingeniería+de+tránsito%2C+fundamentos+y+aplicaciones&f=false)
- Carrillo, D. (2009). Diagnóstico del Sector Automotriz. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*, 1–16.
- Castro Cerron, A. L. (2022). *Análisis del flujo vehicular y el nivel de servicio de la Av. José Olaya*. Universidad Peruana los Andes.
- Chambi Zapata, F. H. (2021). *Modelo de gestión de conservación vial para reducir costos de mantenimiento vial y operación vehicular en la carretera Juliaca – Lampa, aplicando el programa HDM-4*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Condor Buitron, A., & Taípe Paucar, R. (2025). *Mejoramiento del tránsito vehicular y nivel de servicio en la Av. Independencia - carretera central margen derecha, tramo Av. Evitamiento e intersección con Av. Coronel Parra, Junín - 2024*. Universidad Continental.
- Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (2009). *Evaluación de Pavimentos*.
- Cuenca Poma, P. E. (2014). *Análisis de la capacidad y nivel de servicio aplicando metodología de HCM en la vía Loja-Zamora*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Cuentas Cárdenas, M. E., & Ayala Cusihuallpa, J. C. (2019). *Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio, según Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010) en la vía PE-3S tramo Arco Tica Tica-Izchuchaca*. Universidad Andina del Cusco.
- Del Aguila Rodríguez, P. (1999). *Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión*.



- Fernando, J., Sánchez, M., Ortiz, S. T., Antonio, M., Puente, F., Téllez Gutiérrez, R., & Rascón Chávez, O. (2010). *El impacto ambiental de ruido generado por el transporte carretero y su valoración hacia un transporte sustentable*.
- Garber, N., & Lester, H. (2005). *Ingeniería de Transito y Carreteras* (P. De la Garza Rosales, Ed.; 3er ed.). Thomson.
- German Aerospace Center. (2024). *SUMO User Documentation*.
<https://sumo.dlr.de/docs/index.html#introduction>
- Gobierno del Perú. (2003). *Reglamento Nacional de Vehículos. Decreto Supremo N° 058-2003-MTC*.
- Hernandez, R. (2014). Metodología de la investigación. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Infante Infantes, F. (2022). *Análisis de competencia y mercados relevantes del sector automotriz en Perú: caso de los vehículos livianos*. Universidad de Piura.
- Joaquin Salanueva. (2024, February 29). *La Importancia de los Estudios de Tráfico para el Desarrollo Urbano*. <https://vsserviciosyurbanismo.com/La-Importancia-de-Los-Estudios-de-Trafico-En-El-Desarrollo-Urbano/>.
- Lafuente, C., & Marin, A. (2008). Metodologías de la Investigación en las ciencias sociales. *Revista Científica de América Latina*.
- Mamani Quispe, M. A., & Ramos Colque, L. W. (2018). *Evaluación del sistema de transporte en el centro de Puno y alternativas de solución a la planificación vial aplicando softwares especializados, 2017* [Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9603>
- Municipalidad Provincial de San Román - Juliaca. (2024, June 13). *Más de 47 millones de soles para la carretera Juliaca – Lampa*.
<https://www.gob.pe/institucion/munisanroman/noticias/971629-mas-de-47-millones-de-soles-para-la-carretera-juliaca-lampa>.
- Paico Malca, C. J. S. (2021). *Influencia del flujo vehicular en el nivel de servicio de la Av. La Paz, ubicada entre la Av. Independencia y el Jr. Diego Ferré, de la ciudad de Cajamarca*. Universidad Privada del Norte.



- Paramasivam, S. (2013). *Evaluating Level of Service (LOS) for service coverage in Kuala Lumpur transit system using GIS*. University of Malaya.
- Parra Roque, I. N. (2023). *Condiciones Operativas que inciden en la capacidad y niveles de servicio de las vías de acceso a la ciudad de Puno PE-36B y PE-3S-2022* [Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pradena Miquel, C. (2006). Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados. *Revista de La Construcción*, 5(2), 16–22.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127619380002>
- Real Academia Española. (2023). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es>
- Rincón Sánchez, G. R., & Sandoval Toro, J. B. (2020). *Estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio de La Glorieta El Claret, en la ciudad de San Jose Cúcuta, norte de Santander*. Universidad Francisco de Paula Santander.
- Rodríguez, N., & Francisco, C. (2007). Generalidades acerca de las técnicas de investigación cuantitativa. *Paradigmas: Una Revista Disciplinar de Investigación*, 2(1), 9–39.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4942053.pdf>
- Sayers, M. W., Gillespie, T. D., & Paterson, W. D. (1986). *Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements*. World Bank technical paper/no. WTP 46.
- Soca Cabrera, J. R. (2022). *Clasificación de automóviles*.
- Soto Sanca, D. E. (2017). *Análisis Y Planificación Vial Del Tránsito Vehicular En El Cercado De La Ciudad De Juliaca*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Thomson, I., & Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano. *Revista de La CEPAL*, 76, 109–121.
- Torres Vargas, G., Gonzales Garcia, J. A., Arroyo Osorno, J. A., & Hernandez Garcia, S. (2018). Estimación de niveles de servicio y velocidades de operación en



segmentos de carreteras de dos carriles y carriles múltiples aplicación del Highway Capacity Manual. *Instituto Mexicano Del Transporte*, 525.

Transportation Research Board. (2016). *Highway Capacity Manual volume 2: Uninterrupted flow* (National Research Council, Ed.).

Vasquez Varela, L. R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*.

Ventura, J., & Alvarenga, E. (2005). *Determinación del Índice de Regularidad Internacional IRI* (O. P. V. y D. U. Ministerio de Transporte, Ed.).

Zúniga Lovón, I. (2023). *Análisis e influencia de la capacidad vial y nivel de servicio en el tránsito vehicular de la carretera CU-117-Emp. PE-3S (Cusco) - Occopata - Yaurisque -Tramo CC Cachona – CC Occopata - Distrito de Santiago - Provincia del Cusco, utilizando la Metodología Highway Capacity Manual– 2016*. Universidad Andina del Cusco.



ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Anexo 2. Aforo vehicular

Anexo 3. Panel fotográfico

Anexo 4. Formatos IRI

Anexo 5. Formatos PCI

Anexo 6. Análisis de precios unitarios

Anexo 7. Constancia de laboratorio

Anexo 8. Planos



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MITWAR LEOPOLDO SANCA YERBA
, identificado con DNI 70182615 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

" INFLUENCIA DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE
SERVICIO DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA KM 03+000 AL KM 09+000

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 01 de agosto del 2025

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MITWAR LEOPOLDO SANCA YERBA
identificado con DNI 70182615 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA CIVIL

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"INFLUENCIA DEL TRAFICO VEHICULAR EN LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA KM 03+000 AL KM 09+000"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 01 de agosto del 2025

FIRMA (obligatoria)



Huella