

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR
LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN
CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO
GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025**

TESIS

Presentada por:

Bach. Luis Armando Churacutipa Mamani

Bach. Christian Cupertino Llanos Condori

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA - PERÚ

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA
OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I,
INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA
DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025”**

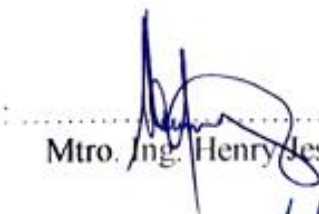
Tesis sustentada y aprobada el día 16 de diciembre del 2025 estando
integrado el Jurado Calificador por:

PRESIDENTE



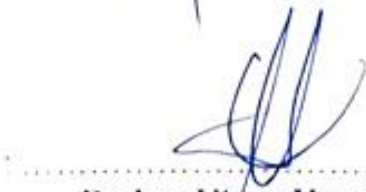
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

SECRETARIO



Mtro. Ing. Henry Jesus Chique Calderón

VOCAL



Dr. Ing. Víctor Yapuchura Platero

ASESOR DE TESIS



Dr. Ing. Víctor Yapuchura Platero

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dr. Ing. Víctor Yapuchura Platero, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 392-2025-FIG/UNJBG del 07 de agosto del 2025, de la Tesis titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025". Presentado por el Bach. Christian Cupertino Llanos Condori y Bach. Luis Armando Churacutipa Mamani, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 19%. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional de Ingeniero Civil, para su publicación en el Repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención de título profesional.

Tacna, 15 de diciembre del 2025



FIRMA ASESOR

Nombres y apellidos: Dr. Ing. Víctor Yapuchura Platero

DNI: 00444587



FIRMA AUTOR

Nombres y apellidos: Christian Cupertino Llanos Condori

DNI: 73092638



FIRMA AUTOR

Nombres y apellidos: Luis Armando Churacutipa Mamani

DNI: 75525998

DEDICATORIA

A mi padre, por ser ese faro de sabiduría que iluminó cada paso de mi camino académico. Gracias por tus consejos llenos de experiencia, por apoyar mis sueños desde el primer día y por enseñarme con tu ejemplo que la disciplina y el trabajo constante son los cimientos de todo éxito.

A mi mamá, cuyo amor incondicional ha sido mi refugio en los momentos de incertidumbre. Tu paciencia infinita, tus palabras de aliento en las noches de estudio y tu fe inquebrantable en mis capacidades fueron el motor que me impulsó a cruzar la meta. Eres mi inspiración diaria.

A Dios, por ser mi compañero constante en esta travesía universitaria. Gracias por darme la fortaleza en los momentos de cansancio, la claridad en los de confusión y la esperanza cuando todo parecía difícil. Tu guía divina me mostró que con fe todo es posible.

Bach. Christian Cupertino Llanos Condori

DEDICATORIA

A Dios, fuente de vida, fortaleza y propósito. A Él dedico este logro, porque en cada paso, incluso en los momentos más difíciles, encontré Su guía, Su luz y Su cuidado. Sin Su bendición, este camino no habría sido posible.

A mis padres, María e Ygnacio, cuyo amor incondicional, sacrificio y entrega han sido el pilar más firme de mi formación. Ustedes me enseñaron a soñar, a perseverar y a creer que con esfuerzo y fe todo es alcanzable. Gracias por cada gesto de apoyo, por cada palabra de ánimo y por brindarme siempre un hogar lleno de cariño y esperanza. Este triunfo es también suyo, porque fue construido con su constancia, su dedicación y su infinito amor.

Con profunda gratitud, les entrego esta dedicatoria como un pequeño reflejo de todo lo que significan para mí y de todo lo que han sembrado en mi vida.

Bach. Luis Armando Churacutipa Mamani

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, institución que me brindó una formación académica de excelencia y los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

A mi amada madre, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por ser el pilar fundamental que me sostuvo emocionalmente durante los momentos más desafiantes de esta carrera.

Al Dr. Victor Yapuchura Platero, mi asesor, por su invaluable guía, disponibilidad y conocimientos compartidos que enriquecieron significativamente este trabajo de investigación.

A todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron a la realización de este sueño académico, mi eterno y profundo agradecimiento.

Bach. Christian Cupertino Llanos Condori

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida y las oportunidades que me ha brindado, por su guía constante y por acompañarme en cada etapa de mi formación profesional. Todo lo alcanzado en este camino ha sido posible gracias a su bendición y cuidado.

A mis padres, María e Ygnacio, expreso mi más profundo agradecimiento. Su amor, sacrificio y dedicación han sido el fundamento de mi crecimiento personal y académico.

A pesar de las dificultades, siempre estuvieron presentes, brindándome motivación, comprensión y el respaldo necesario para continuar. Gracias por darme el tiempo, el espacio y las condiciones para concentrarme plenamente en mis estudios, y por acompañarme en todo momento a lo largo de mi trayectoria universitaria. Este logro es tan mío como suyo.

A mi hermanito David, agradezco su apoyo y disposición en múltiples ocasiones, permitiéndome avanzar con tranquilidad en mi formación. Su colaboración y comprensión han sido igualmente valiosas en este proceso.

A mi pareja Abigail, por su cariño, comprensión y motivación constante para seguir creciendo. Su apoyo emocional ha sido un impulso importante en esta etapa final de la carrera. Gracias por acompañarme y por creer en nuestro futuro.

A todos ellos, y a quienes contribuyeron de alguna manera a la culminación de este trabajo, expreso mi sincero agradecimiento.

Bach. Luis Armando Churacutipa Mamani

Índice

Portada	I
Hoja de jurados	II
Certificado de similitud	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	VI
Índice	VIII
Índice de tablas	XII
Índice de figuras	XIII
Resumen	XIV
Abstract	XV
Introducción	1
1. Capítulo 1: Planteamiento del Problema	2
1.1. Descripción y Fundamentación del Problema.....	2
1.2. Formulación del Problema	4
1.2.1. Problema General.....	5
1.2.2. Problemas Específicos	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
1.4. Justificación e Importancia.....	6
1.4.1. Justificación.....	6
1.4.2. Importancia.....	8
1.5. Limitaciones y Alcances	8

1.6.	Hipótesis	11
1.6.1.	Hipótesis General.....	11
1.6.2.	Hipótesis Específicas	11
1.7.	Sistema de Variables, Dimensiones e Indicadores.....	12
1.7.1.	Variable Independiente.....	12
1.7.2.	Variable Dependiente	12
2.	Capítulo 2: Marco Teórico	13
2.1.	Antecedentes de la investigación	13
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	13
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	14
2.1.3.	Antecedentes Locales.....	14
2.2.	Bases Teóricas	15
2.2.1.	Conceptos Generales de Pavimentos	15
2.2.2.	Clasificación de Pavimentos.....	16
2.2.3.	Pavimento flexible	17
2.3.	Parámetros del Diseño de Pavimentos Flexibles.....	17
2.3.1.	Cargas del Tránsito	18
2.3.2.	Capacidad del Soporte del Suelo.....	19
2.3.3.	Factores de Diseño Estructural.....	20
2.4.	Método de Diseño AASHTO-1993	21
2.4.1.	Fundamentos del Método	21
2.4.2.	Procedimiento General del Diseño ASSHTO-93	22
2.4.3.	Ventajas del Método AASHTO-93.....	23
2.5.	Normativa Técnica Aplicable	24
2.5.1.	Normativa Nacional	24

2.5.2.	Normativa Internacional	25
2.6.	Conceptos Relacionados con la Transitabilidad Vehicular	26
2.6.1.	Factores que Influyen en la Transitabilidad	26
2.6.2.	Indicadores de Transitabilidad Vehicular	27
2.6.3.	Relación entre el Diseño Estructural y la Transitabilidad	28
3.	Capítulo 3: Metodología de la Investigación	29
3.1.	Metodología y Técnicas Utilizadas	29
3.1.1.	Tipo de Investigación	29
3.1.2.	Nivel de Investigación.....	29
3.1.3.	Diseño de Investigación.....	29
3.2.	Población y Muestra.....	30
3.2.1.	Población	30
3.2.2.	Muestra	30
4.	Capítulo 4: Análisis y discusión de Resultados	31
4.1.	Determinación del estudio de tráfico.....	31
4.1.1.	Factores de corrección para vehículos livianos y pesados	31
4.1.2.	Cálculo del índice medio diario anual proyectado	33
4.1.3.	Cálculo de ESAL de diseño.....	34
4.1.4.	Determinación del número de puntos de investigación.....	35
4.1.5.	Exploración de campo	35
4.2.	Determinación de las propiedades físicas del suelo.....	37
4.2.1.	Análisis granulométrico	37
4.2.2.	Contenido de humedad	41
4.2.3.	Ensayo de límites de consistencia	42

4.2.4.	Resumen de ensayos de laboratorio	42
4.3.	Determinación de las propiedades mecánica de la subrasante	43
4.3.1.	Proctor modificado.....	43
4.3.2.	Proceso para ensayo de proctor modificado	43
4.3.3.	Capacidad de soporte	44
4.4.	Propuesta de diseño aplicando el método AASHTO-93	44
4.4.1.	Determinación del valor de nivel de confiabilidad	45
4.4.2.	Desviación estándar	46
4.4.3.	Cálculo de la serviciabilidad.....	47
4.4.4.	Variación de la serviciabilidad.....	47
4.4.5.	Cálculo de coeficientes estructurales.....	47
4.4.6.	Resultados de la propuesta pavimento flexible.....	48
4.5.	Discusión de resultados.....	53
5.	Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones	54
5.1.	Conclusiones.....	54
5.2.	Recomendaciones	56
6.	Bibliografía	57
	Anexos	60
	Anexo A: PLANOS	61
	Anexo B: MATRIZ DE CONSISTENCIA	64
	Anexo C: CONTEO DE TRAFICO.....	66
	Anexo D: HOJAS DE CALCULO.....	81
	Anexo E: PANEL FOTOGRAFICO	89
	Anexo F: RESULTADOS DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS	98

Índice de tablas

4.1. Conteo de tráfico	34
4.2. Cálculo del IMDa	35
4.3. Cálculo del IMDA proyectado	36
4.4. Cálculo de ESAL	36
4.5. Ubicación Coordenadas UTM	37
4.6. Puntos de Investigación.....	37
4.7. Tamices	39
4.8. Resumen de granulometría.....	40
4.9. Contenido de humedad.....	42
4.10. Resumen de las propiedades del suelo	42
4.11. Proctor Modificado.....	43
4.12. Nivel de confiabilidad AASHTO.....	46
4.13. Índice de serviciabilidad final.....	47
4.14. Coeficiente de drenaje	49

Índice de figuras

4.1. Unidad de peaje de Tomasiri	31
4.2. Factor de corrección para vehículos ligeros	32
4.3. Factor de corrección para vehículos pesados	32
4.4. Tasas de crecimiento para vehículos ligeros y pesados	33
4.5. Cuarteo del material	38
4.6. Curva granulométrica de calicata 1	40
4.7. Curva granulométrica de calicata 2	40
4.8. Nivel de confiabilidad	45
4.9. Desviación estándar normal	46
4.10. Cálculo de coeficiente para la carpeta asfáltica (a1)	48
4.11. Cálculo de coeficiente para la base (a2)	48
4.12. Cálculo de coeficiente para la sub-base (a3)	49
4.13. Cálculo del SN por AASHTO-93	50
4.14. Nomograma para cálculo de números estructurales	51
4.15. Detalle pavimento flexible	52

Resumen

El presente estudio tiene como finalidad proponer el diseño del pavimento flexible para la Calle I, ubicada entre las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica, en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, la cual presenta actualmente una superficie en afirmado con deficiente transitabilidad. Esta condición afecta el desplazamiento seguro y eficiente de los usuarios, generando irregularidades superficiales, polvo en suspensión y deterioro progresivo debido al tránsito de vehículos livianos, microbuses y maquinaria ligera.

Para abordar esta problemática, se aplicó el método AASHTO-93, empleando parámetros obtenidos del estudio de tránsito y de la caracterización del suelo de la subrasante. El sustento teórico del diseño se basó en el concepto del Número Estructural (SN). El estudio de tránsito proyectó 152 763 959 ejes equivalentes (ESALs) para un período de 10 años, mientras que el estudio de mecánica de suelos caracterizó la subrasante, obteniéndose un módulo resiliente de 11 403 psi, correspondiente a un CBR de 13,2 %.

Con estos datos y un nivel de confiabilidad del 70 %, se calculó un SN requerido de 1.88. La materialización de este número en una estructura física se logra distribuyéndolo en capas con distintos coeficientes estructurales, resultando en el siguiente diseño: carpeta asfáltica de 7.62 cm (3"), base granular de 7.62 cm (3") y subbase granular de 5.08 cm (2"). Esta estructura garantiza un desempeño adecuado, mejorando la regularidad superficial, eliminando el polvo y asegurando una durabilidad de una década, constituyendo una solución técnica viable para la mejora de la vía.

Palabras clave: pavimento flexible, AASHTO-93, transitabilidad, mecánica de suelos, diseño estructural.

Abstract

The purpose of this study is to propose the design of a flexible pavement for Calle I, located between Nicolás Arriola Avenue and Ecológica Avenue, in the district of Gregorio Albarracín Lanchipa. At present, this road has an unpaved gravel surface with poor traffic conditions. This situation negatively affects the safe and efficient movement of users, causing surface irregularities, airborne dust, and progressive deterioration due to the circulation of light vehicles, minibuses, and light machinery.

To address this problem, the AASHTO-93 design method was applied, using parameters obtained from traffic studies and subgrade soil characterization. The theoretical basis of the design is founded on the concept of the Structural Number (SN). The traffic study projected a total of 152,763,959 equivalent single axle loads (ESALs) over a 10-year design period, while the soil mechanics study characterized the subgrade, obtaining a resilient modulus of 11,403 psi, corresponding to a CBR value of 13.2%.

Based on these data and a reliability level of 70%, a required Structural Number (SN) of 1.88 was calculated. The physical implementation of this value was achieved by distributing it among pavement layers with different structural coefficients, resulting in the following pavement structure: an asphalt concrete surface course with a thickness of 7.62 cm (3 in), a granular base layer of 7.62 cm (3 in), and a granular subbase layer of 5.08 cm (2 in). This pavement structure ensures adequate performance, improves surface regularity, eliminates dust generation, and provides a service life of ten years, constituting a technically viable solution for the improvement of the roadway.

Keywords: flexible pavement, AASHTO-93, trafficability, soil mechanics, structural design.

Introducción

La presente investigación aborda la problemática relacionada con la transitabilidad vehicular en la Calle I, ubicada entre las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa. Esta vía cumple un rol importante como acceso hacia zonas de expansión urbana; sin embargo, su condición actual en afirmado genera inconvenientes para el desplazamiento seguro y eficiente de los usuarios. Entre las principales dificultades se encuentran la presencia de una superficie irregular, la emisión de polvo y el deterioro progresivo debido al tránsito de vehículos livianos, microbuses y maquinaria ligera.

Ante esta situación, el estudio plantea el diseño de un pavimento flexible aplicando el método AASHTO-93, el cual permite definir una estructura adecuada en función de parámetros obtenidos del estudio de tránsito y de la caracterización del suelo de fundación. Para ello, se realizaron ensayos de laboratorio y un análisis del flujo vehicular que brindan información esencial para el dimensionamiento óptimo de las capas que conformarán el pavimento.

El objetivo principal de esta investigación es proponer una solución vial técnicamente fundamentada que contribuya a mejorar la transitabilidad vehicular y elevar las condiciones de servicio en la zona de estudio. Los resultados obtenidos servirán como base técnica para futuras intervenciones viales en el distrito y para la toma de decisiones orientadas al desarrollo urbano ordenado.

Capítulo 1 : Planteamiento del Problema

1.1. Descripción y Fundamentación del Problema

El presente estudio aborda la problemática de la deficiente transitabilidad vehicular en la Calle I, ubicada en la intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica, del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna. Para comprender adecuadamente la magnitud de la problemática, resulta necesario analizarla desde tres niveles de contexto: internacional, nacional y local. Este enfoque integral permite identificar las causas comunes que afectan la infraestructura vial, reconocer las tendencias técnicas y metodológicas aplicadas en el diseño de pavimentos flexibles, y situar la problemática específica del área de estudio dentro de un marco global de referencia que sustente la propuesta de solución.

La transitabilidad vehicular y el desempeño de los pavimentos flexibles constituyen temas de constante investigación a nivel internacional, dado que la calidad de la infraestructura vial influye directamente en la eficiencia del transporte, los costos de operación vehicular y el desarrollo económico tanto en las zonas urbanas como rurales. En este contexto, estudios recientes resaltan la relevancia de diseñar pavimentos flexibles con criterios mecánico–empíricos, como los propuestos por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). Estos enfoques permiten una predicción del más precisa del comportamiento estructural del pavimento, al considerar de manera explícita las condiciones reales de carga y clima a las que estará sometido (Abdollahi et al., 2023).

Asimismo, investigaciones han demostrado que la aplicación de métodos simplificados de diseño de pavimentos puede facilitar su implementación en contextos con limitaciones técnicas o financieras, sin que ello implique una reducción significativa en la durabilidad de la estructura vial. En este sentido, El-Ashwah et al. (2021) proponen metodologías de diseño que optimizan los

recursos disponibles y mantienen un desempeño adecuado del pavimento a lo largo de su vida útil. Por otro lado, el concepto de índice de serviciabilidad presente (Present Serviceability Index, PSI), introducido en el ensayo de carreteras AASHO, sigue siendo un parámetro fundamental para la evaluación del estado funcional de los pavimentos, a ya que permite medir el nivel de confort y seguridad que ofrece la superficie de rodadura a los usuarios (Carey & Irick, 2020).

En el Perú, la transitabilidad vehicular constituye una problemática recurrente en distintas regiones del país, principalmente debido a la deficiente conservación de la infraestructura vial y a la carencia de diseños estructurales adecuados. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020), más del 40 % de la red vial departamental presenta condiciones regulares o malas, lo que incrementa los costos logísticos y reduce la competitividad regional.

Asimismo, estudios como los desarrollados por De la Cruz Vega et al. (2022) evidencian que muchas vías urbanas presentan deterioros prematuros, debido a la falta de control técnico durante el proceso constructivo y al empleo de materiales no certificados. En esta misma línea, Ramos (2022) destaca que la aplicación rigurosa del método AASHTO-93 en proyectos urbanos de la ciudad de Trujillo permitió obtener diseños de pavimentos más duraderos y económicamente viables, lo que demuestra la efectividad de dicho método en el contexto nacional.

Asimismo, la creciente urbanización en distritos periféricos, como Gregorio Albarracín Lanchipa, exige la implementación de pavimentos que acompañen de manera adecuada el desarrollo urbano, considerando el tránsito mixto como las condiciones de soporte del suelo, características propias de zonas en proceso de expansión residencial (Flores & Pilco, 2020).

En este distrito, la Calle I, en su intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica, presenta actualmente una superficie de afirmado sin tratamiento, con lo cual evidencia diversas deficiencias, tales como la generación constante de polvo, la formación de baches y el empozamiento de aguas pluviales. Estas condiciones reducen la comodidad y seguridad del tránsito vehicular, especialmente si se considera que el flujo está compuesto principalmente por microbuses de transporte público, automóviles particulares y maquinaria ligera.

Cabe destacar que el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa ha mostrado un crecimiento urbano acelerado en los últimos años, impulsado por la expansión de asentamientos humanos y la ejecución de obras de infraestructura básica, como los sistemas agua potable y alcantarillado. Esta dinámica evidencia una transición hacia un entorno urbano consolidado, el cual requiere una infraestructura vial acorde a las nuevas condiciones de uso. Al respecto, investigaciones desarrolladas en la región de Tacna muestran que las deficiencias en los pavimentos flexibles reducen significativamente la eficiencia del transporte local y afectan de manera directa la calidad de vida de los habitantes (Aro & Pongo, 2022).

En este contexto, el diseño estructural de un pavimento flexible mediante la aplicación el método AASHTO- 93 permitirá dimensionar adecuadamente las capas del pavimento en función del tránsito proyectado y de la capacidad de soporte del suelo, optimizando la mejora de la transitabilidad vehicular y a la reducción de los costos de mantenimiento a largo plazo.

1.2. Formulación del Problema

Tras identificar y fundamentar la problemática de transitabilidad vehicular en la zona de estudio, se plantea la siguiente formulación del problema, estructurada en un problema general y varios problemas específicos que orientan el desarrollo de la investigación.

1.2.1. Problema General

- ¿De qué manera la propuesta de diseño del pavimento flexible, aplicando el método AASHTO-93, optimizará la transitabilidad vehicular de la Calle I, en la intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica, del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las condiciones actuales del tránsito vehicular en la zona de estudio que deben considerarse para el diseño del pavimento flexible?
- ¿Cuál es la capacidad de soporte del terreno mediante ensayos de laboratorio (CBR o módulo resiliente) en la subrasante de la vía?
- ¿Qué espesores estructurales resultan óptimos para las capas del pavimento flexible según el método AASHTO-93?
- ¿En qué medida la propuesta de diseño del pavimento flexible mejorará la transitabilidad vehicular y la durabilidad esperada de la vía?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la propuesta de diseño del pavimento flexible, aplicando el *método AASHTO-93*, para optimizar la transitabilidad vehicular de la Calle I, en la intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el estudio de tránsito vehicular para conocer el volumen, tipo y proyección del flujo vehicular que influirá en el diseño estructural del pavimento flexible.
- Efectuar el estudio de mecánica de suelos para determinar la capacidad de soporte de la subrasante mediante ensayos de laboratorio (CBR o módulo resiliente).
- Diseñar la estructura del pavimento flexible aplicando el *método AASHTO-93*, estableciendo los espesores óptimos de cada capa (carpeta asfáltica, base y subbase).
- Evaluar los beneficios técnicos y funcionales de la propuesta de diseño del pavimento flexible en términos de mejora de la transitabilidad vehicular y la durabilidad esperada de la vía.

1.4. Justificación e Importancia

1.4.1. Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad de mejorar la transitabilidad vehicular en la Calle I, en la intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica, ubicadas en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna. Esta zona que presenta condiciones viales deficientes debido a la inexistencia de un pavimento estructural diseñado según normas técnicas vigentes, lo cual afecta negativamente la movilidad, la seguridad y la calidad de vida de los pobladores. En este contexto, resulta indispensable formular una propuesta técnica basada en el método AASHTO-93, ampliamente validado en el diseño de pavimentos flexibles.

Desde el punto de vista técnico, la investigación se sustenta en la aplicación de un método AASHTO-93, el cual permite dimensionar adecuadamente las capas del pavimento de acuerdo con las condiciones reales de tránsito, clima y capacidad de soporte del suelo. Este enfoque

garantiza la obtención de un diseño eficiente, duradero y técnicamente viable, capaz de reducir el deterioro prematuro y mejorar la calidad del servicio vial. Además, el estudio incorpora análisis de tránsito vehicular y ensayos de mecánica de suelos, proporcionando una base sólida para el diseño estructural propuesto y asegurando el cumplimiento de los parámetros de desempeño establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020).

Desde la perspectiva económica, la propuesta de diseño contribuirá a reducir los costos de mantenimiento vial y de operación vehicular, al mejorar las condiciones de rodadura y disminuir los tiempos de desplazamiento. Un pavimento correctamente diseñado evita intervenciones prematuras y garantiza una mayor vida útil de la vía, generando así un uso más eficiente de los recursos públicos y privados destinados a la infraestructura vial.

Adicionalmente, la mejora de la transitabilidad facilitará el acceso a servicios básicos y fomentará el desarrollo comercial en la zona, impulsando la productividad local y la valorización del entorno urbano.

En el ámbito social, la investigación busca mejorar las condiciones de vida de los habitantes del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, quienes actualmente enfrentan dificultades de desplazamiento debido al mal estado de la vía. La ejecución futura de un pavimento adecuado reducirá los niveles de polvo, ruido y la ocurrencia de accidentes menores, beneficiando tanto a peatones como a conductores. Además, el proyecto se alinea con los objetivos de desarrollo urbano sostenible del distrito, al facilitar la integración territorial y promover la equidad en el acceso a infraestructuras viales de calidad, respondiendo no solo a una necesidad técnica, sino también a una demanda ciudadana prioritaria.

Finalmente, desde el ámbito ambiental, la propuesta promueve el uso racional de los materiales y el control del polvo generado por el tránsito sobre superficies afirmadas, contribuyendo a la mejorar la calidad del aire y a la reducción de impactos negativos en la salud pública. El diseño propuesto permitirá una adecuada evacuación de aguas pluviales, evitando la erosión superficial y la degradación del terreno natural. Asimismo, se incorporan criterios de sostenibilidad mediante la selección eficiente de materiales locales y la reducción de emisiones asociadas al transporte de insumos.

1.4.2. Importancia

La importancia de la investigación radica en que proporcionará una propuesta técnica concreta y aplicable para el diseño del pavimento flexible en una vía urbana de alto impacto social, estableciendo un modelo replicable en otros sectores del distrito y la provincia.

Además, fortalecerá las capacidades técnicas locales en el ámbito del diseño estructural de pavimentos, aportando evidencia científica y metodológica útil para futuras obras viales promovidas por entidades públicas o privadas.

1.5. Limitaciones y Alcances

El desarrollo de la presente investigación se centra en el diseño estructural de un pavimento flexible para la Calle I, en su intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa de la región de Tacna.

Por lo tanto, el estudio se delimita a los aspectos técnicos, analíticos y metodológicos necesarios para proponer una solución de ingeniería viable, sin abordar la etapa constructiva ni presupuestal de la obra.

A) Alcances

1. Ámbito geográfico:

El estudio comprende el tramo correspondiente a la Calle I y su intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica, ubicadas en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna.

2. Aspecto técnico:

Se desarrollarán estudios de tránsito vehicular y mecánica de suelos, que servirán como base para la propuesta de diseño estructural del pavimento flexible bajo el *método AASHTO-93*, considerando los factores de carga, serviciabilidad, confiabilidad y condiciones del terreno.

3. Enfoque metodológico:

La investigación será de tipo aplicada y de nivel descriptivo, sustentada en el análisis de datos obtenidos en campo y laboratorio.

4. Temporalidad:

El estudio corresponde al año 2025, en el marco del proceso de urbanización del distrito de Gregorio Albarracín y la ejecución de obras complementarias de servicios básicos.

5. Alcance académico:

La investigación aportará una propuesta técnica que podrá ser utilizada como referencia para futuros proyectos de pavimentación urbana en zonas con características similares.

B) Limitaciones

1. Limitación temporal:

El estudio se realizó dentro de un periodo determinado, lo que restringe la posibilidad de realizar mediciones prolongadas del tráfico o ensayos complementarios durante distintas estaciones del año.

2. Limitación económica:

La disponibilidad de recursos financieros limitó la ejecución de ensayos avanzados, por lo que se utilizaron pruebas estándar de laboratorio recomendadas por el Manual de Carreteras del MTC (2020) y las Normas AASHTO (1993).

3. Limitación técnica:

El trabajo se centró en el diseño estructural del pavimento flexible, sin incluir el diseño geométrico ni hidráulico de la vía. Tampoco se aborda la gestión de mantenimiento posterior a la ejecución.

4. Limitación espacial:

Los resultados y recomendaciones del diseño se aplican únicamente al tramo estudiado, por lo que no deben extrapolarse a otras zonas sin un análisis técnico previo.

Estas delimitaciones y alcances permiten mantener la coherencia del estudio y asegurar que los resultados obtenidos sean técnicamente válidos dentro del marco de la investigación propuesta.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

- La propuesta de diseño del pavimento flexible, aplicando el *método AASHTO-93*, mejorará significativamente la transitabilidad vehicular de la Calle I, en la intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- El estudio de tránsito vehicular permitirá determinar con precisión las condiciones actuales y proyectadas del flujo vehicular, estableciendo parámetros adecuados para el diseño estructural del pavimento flexible.
- El estudio de mecánica de suelos permitirá evaluar la capacidad de soporte del terreno mediante ensayos de laboratorio (CBR o módulo resiliente), garantizando un diseño estructural técnicamente viable.
- La aplicación del método AASHTO-93 permitirá dimensionar las capas estructurales del pavimento flexible (carpeta asfáltica, base y subbase).
- La implementación de la propuesta de diseño del pavimento flexible mejorará la transitabilidad vehicular y aumentará la durabilidad esperada de la vía en la zona de estudio.

1.7. Sistema de Variables, Dimensiones e Indicadores

1.7.1. Variable Independiente

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Indicadores:

- Estudio de suelos
 - Capacidad Portante del suelo (CBR)
 - Granulometría
 - Contenido de humedad
 - Proctor modificado
 - Modulo resiliente (MR)
 - Límites de Atterberg
 - Clasificación del suelo (AASHTO / SUCS)
- Diseño Estructural
 - Número estructural (SN)
 - Espesor de capas (carpeta, base y subbase)
 - Confiabilidad y serviciabilidad (ΔPSI)

1.7.2. Variable Dependiente

TRANSITABILIDAD VEHICULAR

Indicadores:

- Estudio de tránsito
 - Tasa de crecimiento anual de vehículos
 - Factor de corrección
 - Intensidad media diaria anual (IMDA)
 - Equivalencia de ejes (ESAL)
 - Tránsito proyectado

Capítulo 2 : Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

El estudio del diseño de pavimentos flexibles ha sido ampliamente abordado tanto a nivel internacional como nacional, debido a su importancia en la optimización de la transitabilidad vehicular y la durabilidad de las vías. A continuación, se presentan los antecedentes más relevantes que sustentan el presente trabajo.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Abdollahi et al. (2023) realizaron un estudio sobre el diseño mecanicista-empírico de pavimentos flexibles bajo cargas variables, demostrando que el uso de modelos que integran datos reales tránsito y condiciones climáticas permite prolongar de manera significativa la vida útil del pavimento. De forma complementaria, El-Ashwah et al. (2021) desarrollaron una metodología simplificada de diseño basada en principios mecanicistas, la cual optimiza el uso de los recursos disponibles sin comprometer la calidad estructural del pavimento.

Por otro lado, Carey e Irick (2020) analizaron la relación entre el índice de serviciabilidad presente (Present Serviceability Index, PSI) y las estrategias de mantenimiento de pavimentos, concluyendo que una estructura diseñada correctamente adecuadamente reduce los costos operativos y mejora el nivel de servicio ofrecido a los usuarios. En conjunto, estos estudios resaltan la importancia de considerar factores de confiabilidad, condiciones climáticas y características del tránsito en el proceso de diseño estructural, aspectos que son incorporados de manera integral en el método AASHTO-93.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En el contexto nacional, Ramos (2022) aplicó el método AASHTO-93 en el diseño del pavimento flexible de la avenida 4 del Centro Poblado Alto Trujillo, concluyendo que el uso adecuado de los parámetros de tránsito y de la capacidad de soporte del suelo permite obtener estructuras de pavimento más duraderas y económicamente eficientes.

Asimismo, De la Cruz Vega et al. (2022) realizaron una evaluación estructural de la red vial urbana de la ciudad de Azángaro, en la que determinaron que los deterioros prematuros observados se deben a la falta de control técnico durante la ejecución de las obras y al empleo de materiales no certificados. Dichos resultados evidencian la necesidad de aplicar metodologías estandarizadas, como el método AASHTO-93, para garantizar un adecuado desempeño del pavimento.

Por su parte, Aro y Pongo (2022) evaluaron el estado del pavimento flexible de la avenida Jorge Basadre Grohmann, en la ciudad de Tacna, mediante la metodología el Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index, PCI), y propusieron alternativas de mejoramiento orientadas a optimizar la transitabilidad vehicular. Los autores demostraron que una rehabilitación basada en principios estructurales permite incrementar la velocidad promedio de circulación y mejorar el confort vehicular.

2.1.3. Antecedentes Locales

En la ciudad de Tacna, Flores y Pilco (2020) analizaron el estado pavimento flexible de la avenida Gustavo Pinto mediante el uso del rugosímetro de Merlín, demostrando que una adecuada planificación y un diseño estructural apropiado contribuyen significativamente a mejorar la calidad de rodadura y el nivel de servicio de la vía.

Asimismo, Acero (2022) realizó un estudio de diseño de pavimento flexible en el tramo Óvalo Tarapacá–desvío a Calana, en el cual concluyó que las deficiencias de transitabilidad existentes se deben principalmente a la ausencia de estructuras de pavimento diseñadas bajo criterios técnicos adecuados. En este sentido, el autor destaca que la aplicación del método AASHTO-93 resulta fundamental para optimizar el desempeño estructural y funcional de la vía.

En conjunto, estos antecedentes locales evidencian que, en la ciudad de Tacna, las vías ubicadas en zonas de reciente urbanización presentan deficiencias similares a las observadas en la Calle I del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, lo que justifica la realización del presente estudio.

2.2. Bases Teóricas

Las bases teóricas sustentan los conceptos y fundamentos técnicos necesarios para comprender el diseño de pavimentos flexibles y su relación con la transitabilidad vehicular.

2.2.1. Conceptos Generales de Pavimentos

Un pavimento es una estructura conformada por capas superpuestas de materiales seleccionados y debidamente compactados, cuyo propósito principal es soportar y distribuir las cargas generadas por el tránsito hacia la subrasante, garantizando una superficie de rodadura uniforme, segura y duradera (Prado, 2022).

En este sentido, Menéndez (2009) señala que el pavimento debe ofrecer resistencia estructural frente a las cargas repetitivas del tráfico y a las variaciones climáticas, además de proporcionar la comodidad del usuario mediante una adecuada rugosidad y drenaje.

Asimismo, el desempeño del pavimento depende principalmente del tipo y la calidad de los materiales empleados, del espesor de las capas que la conforman, de la capacidad de soporte del terreno de fundación y de la calidad del proceso constructivo, factores que en conjunto determinan su comportamiento y vida útil (Huamán & Chang, 2012).

2.2.2. Clasificación de Pavimentos

De acuerdo con Nureña y Vicmarc (2021), los pavimentos se clasifican en flexibles, rígidos y semirrígidos en función de los materiales empleados y de su comportamiento estructural. Los pavimentos flexibles están compuestos por capas granulares y una carpeta asfáltica, y su comportamiento estructural se basa en la capacidad de distribuir las cargas del tránsito mediante la deformación elástica de sus capas.

Por su parte, los pavimentos rígidos, contruidos con concreto hidráulico, presentan una mayor capacidad portante y una menor deformación ante las cargas aplicadas; sin embargo, requieren una base de mayor estabilidad y demandan costos iniciales más elevados en comparación con los pavimentos flexibles (Tenorio, 2022). En cuanto a los pavimentos semirrígidos, estos combinan características de ambos sistemas, empleando generalmente una base tratada con cemento o cal para incrementar su capacidad estructural y mejorar su desempeño frente a las solicitudes del tránsito.

En este contexto, diversos estudios señalan que los pavimentos flexibles resultan más adecuados para zonas urbanas en proceso de expansión, donde el tránsito es mixto y variable, y donde es necesario mantener bajos los costos de mantenimiento y rehabilitación a lo largo de la vida útil de la vía (Ramos, 2022).

2.2.3. Pavimento flexible

Según Rico y Del Castillo (1984), citados en Castro (2003), el pavimento flexible está conformado por varias capas estructurales, entre las cuales se incluyen la subrasante, la subbase, la base y la carpeta asfáltica. La función principal de esta estructura es distribuir de manera progresiva las tensiones generadas por las cargas del tránsito, de modo que se eviten deformaciones permanentes en la subrasante.

En términos de desempeño, los pavimentos flexibles presentan una vida útil promedio que oscila entre 10 y 15 años; sin embargo, una de sus principales ventajas radica en que su mantenimiento resulta más económico y sencillo en comparación con el de los pavimentos rígidos, lo que los convierte en una alternativa viable para vías urbanas y de tránsito mixto.

En este contexto, el método AASHTO-93 constituye una herramienta ampliamente utilizada para el diseño estructural de pavimentos flexibles, ya que permite dimensionar cada una de sus capas en función de variables fundamentales como la carga de tránsito proyectada, el módulo resiliente del suelo de fundación y la pérdida admisible del índice de serviciabilidad.

2.3. Parámetros del Diseño de Pavimentos Flexibles

El diseño de pavimentos flexibles requiere de la identificación y análisis de una serie de parámetros fundamentales que determinan la capacidad estructural del sistema. Estos parámetros incluyen las cargas del tránsito, la capacidad de soporte del suelo, los factores ambientales y los criterios de serviciabilidad que influyen en el desempeño del pavimento a lo largo de su vida útil.

2.3.1. Cargas del Tránsito

Las cargas del tránsito representan uno de los factores más influyentes en el proceso de deterioro de los pavimentos, debido a los esfuerzos repetitivos que inducen sobre su estructura. De acuerdo con el *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos* del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020), el tránsito se mide a través del conteo vehicular clasificado, a partir del cual se obtiene la Intensidad Media Diaria Anual (IMDA). Dicho valor es posteriormente proyectado para el período de diseño, considerando una tasa de crecimiento anual acorde con las características de la vía y su entorno.

En este contexto, el método AASHTO-93 expresa las cargas equivalentes en términos de Ejes Equivalentes de 18 kip (8,2 toneladas), conocidas como *Equivalent Single Axle Loads* (ESAL). Para convertir los distintos tipos de vehículos en cargas equivalentes, se emplean los factores de equivalencia de ejes (FESAL), los cuales dependen del tipo de vehículo, el peso por eje y la configuración de ruedas (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 1993).

La ecuación general para determinar el número total de ejes equivalentes de diseño (W18) es:

$$W_{18} = \sum (n_i \times FE_i)$$

Donde:

- n_i = número de vehículos del tipo i
- FE_i = factor de equivalencia correspondiente al tipo de vehículo

El tránsito de diseño (W18) representa el total acumulado de ejes equivalentes que actuarán sobre el pavimento durante su vida útil y constituye uno de los parámetros de entrada más importantes del método AASHTO-93.

2.3.2. Capacidad del Soporte del Suelo

La subrasante constituye la capa de terreno natural sobre la cual se apoya la estructura del pavimento, por lo que su capacidad de soporte resulta determinante para el desempeño global de la vía. Su capacidad se evalúa principalmente mediante el Ensayo CBR (*California Bearing Ratio*) o a través del Módulo Resiliente (MR), parámetros que expresan la resistencia del suelo frente a la aplicación de cargas repetitivas.

De acuerdo con el *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos* del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020), el valor del CBR se obtiene en laboratorio a partir de muestras representativas del suelo natural y constituye el parámetro fundamental para determinación del espesor de las capas superiores del pavimento.

El Módulo Resiliente (MR) es un parámetro mecánico avanzado que expresa la relación entre el esfuerzo y la deformación elástica recuperable del suelo cuando este es sometido a cargas cíclicas, condición que permite representar de manera más realista el comportamiento del material frente al tránsito vehicular. En el método de diseño AASHTO 1993, el MR se emplea como la variable principal para la determinación del Número Estructural (SN), el cual define la capacidad estructural total del pavimento para resistir las sollicitaciones del tráfico durante su vida útil (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 1993; Transportation Association of Canada [TAC], 2017).

Por otro lado, el Módulo Resiliente (MR) constituye un parámetro mecánico avanzado que describe la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación elástica resultante del suelo cuando este es sometido a cargas cíclicas, condición que simula de manera más realista el comportamiento del tránsito vehicular. bajo cargas cíclicas. En el método de diseño AASHTO 1993, el MR se emplea como la variable fundamental para la determinación del Número Estructural (SN), parámetro que define la capacidad estructural total del pavimento y su aptitud

para soportar las solicitaciones del tráfico a lo largo de su vida útil (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 1993; Transportation Association of Canada [TAC], 2017).

$$MR = 1500 \times CBR$$

(donde MR se expresa en psi).

2.3.3. Factores de Diseño Estructural

El método AASHTO-93 incorpora diversos factores que influyen de manera directa en la durabilidad y el desempeño estructural del pavimento, los cuales permiten ajustar el diseño a las condiciones reales de servicio. Entre los principales factores se consideran los siguientes:

- Número Estructural (SN): representa la capacidad estructural total requerida del pavimento para soportar las cargas del tránsito durante su vida útil. Este parámetro se obtiene mediante la ecuación general de diseño del método AASHTO-93 y depende fundamentalmente del tránsito proyectado, el nivel de confiabilidad, la pérdida de serviciabilidad admisible y la capacidad de soporte del suelo.
- Confiabilidad (R): corresponde al nivel de seguridad estadístico con el cual se espera que el pavimento cumpla satisfactoriamente su período de diseño. En el caso de vías urbanas, se suelen adoptar valores de confiabilidad comprendidos entre 85 % y 95 %, en función de la importancia de la vía y el volumen de tránsito.
- Serviciabilidad inicial y terminal (PSI): se refiere a la diferencia entre la condición funcional inicial del pavimento ($P_i \approx 4.2$) y la condición mínima aceptable al final de su vida útil ($P_t \approx 2.5$). Este parámetro refleja el nivel de confort y seguridad percibido por los usuarios.

- Factor ambiental: las condiciones climáticas, tales como la temperatura, la humedad y el régimen de precipitaciones, influyen significativamente en el comportamiento de los suelos y de las mezclas asfálticas. En el método AASHTO-93, estos efectos se consideran mediante factores de drenaje y la evaluación de las condiciones ambientales locales, los cuales afectan la capacidad estructural del pavimento (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 1993).

2.4. Método de Diseño AASHTO-1993

El método de diseño AASHTO 1993 constituye uno de los procedimientos más empleados a nivel mundial para el dimensionamiento de pavimentos flexibles. Este método se fundamenta en los resultados del histórico AASHO Road Test, desarrollado en el estado de Illinois, Estados Unidos, entre los años 1958 y 1960, cuyos ensayos permitieron desarrollar una ecuación de carácter empírico que relaciona la pérdida de serviciabilidad del pavimento con el número de ejes equivalentes de carga y las propiedades mecánicas del suelo de subrasante. Dichas relaciones conforman la base del enfoque estructural adoptado por la AASHTO para la evaluación del desempeño y la vida útil de los pavimentos (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 1993).

2.4.1. Fundamentos del Método

El método AASHTO considera que el deterioro de un pavimento se debe a la repetición de cargas y a las variaciones climáticas que afectan sus materiales. Por tanto, el diseño busca garantizar que el pavimento mantenga un nivel mínimo de serviciabilidad durante el período de diseño especificado.

Su ecuación general de diseño es:

$$\log W_{18} = Z_p \times S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(MR) - 8.07$$

Donde:

- W_{18} = ejes equivalentes de diseño (ESAL)
- Z_R = valor normal reducido asociado a la confiabilidad
- S_o = desviación estándar combinada
- SN = número estructural
- PSI = pérdida de serviciabilidad
- MR = módulo de resiliente del suelo

El objetivo del diseño es determinar el Número Estructural (SN) requerido, que luego se distribuye entre las capas del pavimento flexible mediante los coeficientes de capa (a_1, a_2, a_3) y los factores de drenaje (m_2, m_3).

2.4.2. Procedimiento General del Diseño ASSHTO-93

El procedimiento de aplicación del método AASHTO-93 comprende una serie de etapas fundamentales que permiten dimensionar de manera adecuada la estructura de un pavimento flexible. Dichas etapas se desarrollan de forma secuencial y sistemática, como se describe a continuación:

- a) **Recolección de datos de entrada:** incluye la estimación del tránsito proyectado expresado en ejes equivalentes acumulados (W_{18}), la caracterización de las condiciones del suelo mediante el Módulo Resiliente (MR) o el índice CBR, así como la consideración de las condiciones climáticas, el nivel de confiabilidad (R) y los parámetros de serviciabilidad (PSI).

- b) **Determinación del Número Estructural (SN):** se obtiene a partir de la ecuación general de diseño del método AASHTO-93, integrando los factores de tránsito, confiabilidad, pérdida de serviciabilidad y capacidad de soporte del suelo.
- c) **Distribución del SN en capas:** consiste en la asignación de espesores a las distintas capas del pavimento, tales como la carpeta asfáltica, la base y la subbase, utilizando los coeficientes estructurales de capa (a_i) correspondientes a cada material.
- d) **Verificación estructural:** se verifica que las tensiones y deformaciones inducidas por las cargas del tránsito se mantengan dentro de los límites admisibles para cada material que conforma la estructura del pavimento.
- e) **Revisión funcional y de mantenimiento:** se establecen las condiciones esperadas de serviciabilidad a lo largo del período de diseño, así como los requerimientos de mantenimiento necesarios para garantizar un adecuado nivel de servicio durante la vida útil del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2020).

2.4.3. Ventajas del Método AASHTO-93

El método AASHTO-93 presenta diversas ventajas que justifican su amplia aplicación en el diseño de pavimentos flexibles, entre las cuales destacan las siguientes:

- Permite considerar de manera integral el tránsito acumulado, la variabilidad de los materiales y el nivel de confiabilidad requerido para el período de diseño.
- Cuenta con el respaldo de varias décadas de aplicación práctica y validación empírica en distintos contextos geográficos y climáticos.
- Facilita su adaptación a diferentes condiciones de suelo y clima, lo que lo convierte en un método versátil para proyectos viales urbanos y rurales.
- Es reconocido y aceptado oficialmente por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú como referencia normativa para el diseño de pavimentos flexibles (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2020).

En consecuencia, el método AASHTO-93 constituye la base teórica más adecuada para el diseño del pavimento flexible propuesto en la Calle I del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, dado que permite ajustar los espesores de las capas a las condiciones reales del tránsito y del suelo local.

2.5. Normativa Técnica Aplicable

El diseño de pavimentos flexibles en el Perú se rige por normas nacionales e internacionales que aseguren la calidad, durabilidad y seguridad de las infraestructuras viales. Estas normas establecen los procedimientos de diseño, ensayos de materiales, control de calidad y criterios de evaluación estructural.

2.5.1. Normativa Nacional

En el Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) establece las directrices técnicas para el diseño y la construcción de pavimentos flexibles a través del *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos* (MTC, 2020) y la Norma Técnica *CE. 010 Pavimentos Urbanos*. Dichos documentos normativos definen los criterios para la caracterización de materiales, la determinación del índice CBR, la evaluación del tránsito vehicular y los procedimientos de diseño estructural basados en el método AASHTO-93.

Este manual especifica los criterios para la caracterización de materiales, determinación del CBR, evaluación del tránsito vehicular y procedimientos de diseño estructural basados en el método AASHTO-93.

De manera complementaria, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), emitido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), establece lineamientos específicos para el diseño de vías urbanas, precisando parámetros mínimos de diseño geométrico y estructural, espesores de pavimento y condiciones admisibles de la subrasante.

Asimismo, el *Manual de Ensayo de Materiales* del MTC (2016) regula los procedimientos para la ejecución de ensayos de laboratorio, tales como análisis granulométrico, límites de Atterberg, ensayo CBR y control de compactación. Estos ensayos resultan fundamentales para validar los parámetros de diseño y garantizar el adecuado desempeño estructural del pavimento flexible.

2.5.2. Normativa Internacional

A nivel internacional, las normas más influyentes en el diseño de pavimentos flexibles son las desarrolladas por la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 1993), las cuales establecen los fundamentos empíricos y analíticos del diseño estructural de pavimentos y constituyen la base del método AASHTO-93.

De manera complementaria, los estándares emitidos por la *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2016) proporcionan procedimientos normalizados para la caracterización de materiales utilizados en la construcción vial. Entre los ensayos más relevantes para el diseño de pavimentos flexibles se encuentran los siguientes:

- ASTM D1883: *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.*
- ASTM D1557: *Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (Modified Proctor Test).*
- ASTM D4318: *Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.*

La aplicación de estas normas internacionales garantiza la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados de laboratorio, así como la compatibilidad técnica entre los estudios de ingeniería desarrollados en distintos contextos geográficos, fortaleciendo la calidad y validez de los diseños de pavimentos flexibles.

2.6. Conceptos Relacionados con la Transitabilidad Vehicular

La transitabilidad vehicular es un indicador de la funcionalidad de una vía, ya que expresa el grado de la facilidad, comodidad y seguridad con la que los vehículos pueden desplazarse a lo largo de una infraestructura vial. Este concepto integra de manera conjunta variables estructurales, operativas y de confort, las cuales se encuentran directamente influenciadas por el estado y condición del pavimento, determinando así el nivel de servicio ofrecido a los usuarios de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2020).

2.6.1. Factores que Influyen en la Transitabilidad

De acuerdo con Zamora (2019) y Aro y Pongo (2022), la transitabilidad vehicular se ve influenciada por diversos factores técnicos y operativos que determinan el nivel de servicio de una vía. Entre los principales factores se encuentran:

- La condición superficial del pavimento, asociada a la presencia de baches, fisuras, ondulaciones o material suelto.
- La capacidad estructural, relacionada con la adecuada distribución de cargas y el control de deformaciones permanentes.
- El flujo vehicular, que considera el volumen, tipo y velocidad del tránsito.
- Las condiciones climáticas, como las variaciones de temperatura y humedad, influyen en el comportamiento del asfalto y del suelo de subrasante.
- El mantenimiento vial, en función de la periodicidad y calidad de las intervenciones de conservación, desempeña un papel determinante en la preservación de la infraestructura.

En este contexto, un pavimento diseñado estructuralmente conforme a normas técnicas vigentes contribuye de manera significativa a la mejora de estos factores, optimizando la movilidad urbana y reduciendo los costos operativos de los usuarios (Zamora, 2019; Aro & Pongo, 2022).

2.6.2. Indicadores de Transitabilidad Vehicular

La evaluación de la transitabilidad vehicular se realiza mediante diversos indicadores técnicos que permiten analizar el desempeño funcional y operativo de una vía. Entre los principales indicadores se encuentra:

- El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el cual mide la irregularidad longitudinal del pavimento en metros por kilómetro (m/km); de acuerdo con el Banco Mundial, valores de IRI inferiores a 3 m/km representan una superficie de rodadura aceptable para el usuario (World Bank, 1986).
- El Nivel de Servicio (LOS), que clasifica la calidad del flujo vehicular en seis niveles, desde A hasta F, en función de variables como la velocidad, la densidad y la demora promedio.
- El Índice de Condición del Pavimento (PCI), permite evaluar el estado superficial del pavimento mediante una escala de 0 a 100, donde valores superiores a 70 indican una condición buena (Shahin, 2005).
- El tiempo de recorrido promedio constituye un indicador complementario que facilita la determinación de la fluidez vehicular antes y después de una intervención vial.

En este contexto, estudios como el desarrollado por Flores y Pilco (2020) evidencian que el mejoramiento del pavimento flexible contribuye significativamente a la reducción del IRI y a la mejora del PCI, lo que se traduce en un incremento de la comodidad y seguridad del usuario.

2.6.3. Relación entre el Diseño Estructural y la Transitabilidad

Diversas investigaciones han evidenciado la existencia de una relación directa entre el adecuado diseño estructural del pavimento y la transitabilidad vehicular, dado que un dimensionamiento correcto de los espesores y la selección apropiada de los materiales permiten optimizar el desempeño de la estructura vial (Ramos, 2022; Aro & Pongo, 2022).

En este sentido, un pavimento diseñado conforme a criterios técnicos presenta menores deformaciones, mayor durabilidad y reducción de la rugosidad superficial, lo que se traduce en una mayor eficiencia vehicular y un mayor confort de conducción para los usuarios.

En el caso específico de la calle I del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, la aplicación del método de diseño AASHTO 1993 permitirá mejorar las condiciones de rodadura y reducir los tiempos de desplazamiento, contribuyendo de manera significativa al desarrollo urbano y a la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la zona.

Capítulo 3 : Metodología de la Investigación

3.1. Metodología y Técnicas Utilizadas

3.1.1. Tipo de Investigación

El estudio adoptó un enfoque aplicado, dado que se trabajó con una muestra específica de análisis sometida a una evaluación técnica exhaustiva. Este proceso comprendió la ejecución de ensayos de laboratorio, a partir de los cuales se obtuvieron datos precisos sobre la capacidad de soporte del material, mediante un análisis técnico de alta rigurosidad y complejidad.

3.1.2. Nivel de Investigación

A nivel descriptivo, el estudio se caracterizó por la evaluación sistemática de la muestra mediante un análisis de datos que permitió describir con precisión el comportamiento de los elementos analizados, tales como el tipo de suelo y la clasificación de la subrasante, esta última determinada en función de su composición porcentual.

3.1.3. Diseño de Investigación

El diseño del estudio fue no experimental, dado que no se realizó ninguna manipulación intencional de la muestra ni introdujeron alteraciones que afectaran de manera significativa su evaluación. Asimismo, no se trabajó con grupos experimentales, manteniéndose las condiciones originales de la muestra a lo largo de todo el proceso de análisis.

3.2. Población y Muestra

La población está constituida por el conjunto total de datos correspondientes a la unidad de análisis. Para el desarrollo del estudio, se trabajó con una muestra representativa de dicha población, seleccionada en función de su relevancia para el análisis, con énfasis en las características vinculadas al tránsito vehicular.

3.2.1. Población

Para el presente estudio, la población está conformada por la Asociación de Vivienda Trabajadores Unidos de Construcción Civil, la cual constituye la unidad de análisis considerada para el desarrollo de la investigación.

3.2.2. Muestra

La muestra seleccionada corresponde al tramo más transitado, el cual se localiza en la calle I y presenta una longitud total de 0+560 km, constituyéndose en el segmento representativo para el análisis del estudio.

Figura 2

Factor de corrección para vehículos ligeros

N°	País	Ligero		Medio		Pesado		Superpesado		Ligero		Medio		Pesado		Superpesado	
		kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb
1	ARMENIA	0.982	0.8626	1.055	0.9479	1.150	1.0207	1.275	1.1350	1.380	1.2369	1.455	1.3094	1.555	1.3986	1.655	1.4869
2	ARMENIA	0.982	0.8626	1.055	0.9479	1.200	1.0660	1.300	1.1603	1.400	1.2546	1.500	1.3589	1.600	1.4432	1.700	1.5475
3	ARMENIA	0.982	0.8626	1.150	1.0207	1.275	1.1350	1.380	1.2369	1.455	1.3094	1.555	1.3986	1.655	1.4869	1.755	1.5912
4	ARMENIA	0.982	0.8626	1.200	1.0660	1.300	1.1603	1.400	1.2546	1.500	1.3589	1.600	1.4432	1.700	1.5475	1.800	1.6518
5	ARMENIA	0.982	0.8626	1.275	1.1350	1.380	1.2369	1.455	1.3094	1.555	1.3986	1.655	1.4869	1.755	1.5912	1.855	1.7061
6	ARMENIA	0.982	0.8626	1.380	1.2369	1.455	1.3094	1.555	1.3986	1.655	1.4869	1.755	1.5912	1.855	1.7061	1.955	1.8104
7	ARMENIA	0.982	0.8626	1.455	1.3094	1.555	1.3986	1.655	1.4869	1.755	1.5912	1.855	1.7061	1.955	1.8104	2.055	1.9147
8	ARMENIA	0.982	0.8626	1.555	1.3986	1.655	1.4869	1.755	1.5912	1.855	1.7061	1.955	1.8104	2.055	1.9147	2.155	2.0190
9	ARMENIA	0.982	0.8626	1.655	1.4869	1.755	1.5912	1.855	1.7061	1.955	1.8104	2.055	1.9147	2.155	2.0190	2.255	2.1233
10	ARMENIA	0.982	0.8626	1.755	1.5912	1.855	1.7061	1.955	1.8104	2.055	1.9147	2.155	2.0190	2.255	2.1233	2.355	2.2276
11	ARMENIA	0.982	0.8626	1.855	1.7061	1.955	1.8104	2.055	1.9147	2.155	2.0190	2.255	2.1233	2.355	2.2276	2.455	2.3319
12	ARMENIA	0.982	0.8626	1.955	1.8104	2.055	1.9147	2.155	2.0190	2.255	2.1233	2.355	2.2276	2.455	2.3319	2.555	2.4362
13	ARMENIA	0.982	0.8626	2.055	1.9147	2.155	2.0190	2.255	2.1233	2.355	2.2276	2.455	2.3319	2.555	2.4362	2.655	2.5405
14	ARMENIA	0.982	0.8626	2.155	2.0190	2.255	2.1233	2.355	2.2276	2.455	2.3319	2.555	2.4362	2.655	2.5405	2.755	2.6448
15	ARMENIA	0.982	0.8626	2.255	2.1233	2.355	2.2276	2.455	2.3319	2.555	2.4362	2.655	2.5405	2.755	2.6448	2.855	2.7491
16	ARMENIA	0.982	0.8626	2.355	2.2276	2.455	2.3319	2.555	2.4362	2.655	2.5405	2.755	2.6448	2.855	2.7491	2.955	2.8534
17	ARMENIA	0.982	0.8626	2.455	2.3319	2.555	2.4362	2.655	2.5405	2.755	2.6448	2.855	2.7491	2.955	2.8534	3.055	2.9577
18	ARMENIA	0.982	0.8626	2.555	2.4362	2.655	2.5405	2.755	2.6448	2.855	2.7491	2.955	2.8534	3.055	2.9577	3.155	3.0620
19	ARMENIA	0.982	0.8626	2.655	2.5405	2.755	2.6448	2.855	2.7491	2.955	2.8534	3.055	2.9577	3.155	3.0620	3.255	3.1663
20	ARMENIA	0.982	0.8626	2.755	2.6448	2.855	2.7491	2.955	2.8534	3.055	2.9577	3.155	3.0620	3.255	3.1663	3.355	3.2706
21	ARMENIA	0.982	0.8626	2.855	2.7491	2.955	2.8534	3.055	2.9577	3.155	3.0620	3.255	3.1663	3.355	3.2706	3.455	3.3749
22	ARMENIA	0.982	0.8626	2.955	2.8534	3.055	2.9577	3.155	3.0620	3.255	3.1663	3.355	3.2706	3.455	3.3749	3.555	3.4792
23	ARMENIA	0.982	0.8626	3.055	2.9577	3.155	3.0620	3.255	3.1663	3.355	3.2706	3.455	3.3749	3.555	3.4792	3.655	3.5835
24	ARMENIA	0.982	0.8626	3.155	3.0620	3.255	3.1663	3.355	3.2706	3.455	3.3749	3.555	3.4792	3.655	3.5835	3.755	3.6878
25	ARMENIA	0.982	0.8626	3.255	3.1663	3.355	3.2706	3.455	3.3749	3.555	3.4792	3.655	3.5835	3.755	3.6878	3.855	3.7921
26	ARMENIA	0.982	0.8626	3.355	3.2706	3.455	3.3749	3.555	3.4792	3.655	3.5835	3.755	3.6878	3.855	3.7921	3.955	3.8964
27	ARMENIA	0.982	0.8626	3.455	3.3749	3.555	3.4792	3.655	3.5835	3.755	3.6878	3.855	3.7921	3.955	3.8964	4.055	4.0007
28	ARMENIA	0.982	0.8626	3.555	3.4792	3.655	3.5835	3.755	3.6878	3.855	3.7921	3.955	3.8964	4.055	4.0007	4.155	4.1050
29	ARMENIA	0.982	0.8626	3.655	3.5835	3.755	3.6878	3.855	3.7921	3.955	3.8964	4.055	4.0007	4.155	4.1050	4.255	4.2093
30	ARMENIA	0.982	0.8626	3.755	3.6878	3.855	3.7921	3.955	3.8964	4.055	4.0007	4.155	4.1050	4.255	4.2093	4.355	4.3136
31	ARMENIA	0.982	0.8626	3.855	3.7921	3.955	3.8964	4.055	4.0007	4.155	4.1050	4.255	4.2093	4.355	4.3136	4.455	4.4179
32	ARMENIA	0.982	0.8626	3.955	3.8964	4.055	4.0007	4.155	4.1050	4.255	4.2093	4.355	4.3136	4.455	4.4179	4.555	4.5222
33	ARMENIA	0.982	0.8626	4.055	4.0007	4.155	4.1050	4.255	4.2093	4.355	4.3136	4.455	4.4179	4.555	4.5222	4.655	4.6265
34	ARMENIA	0.982	0.8626	4.155	4.1050	4.255	4.2093	4.355	4.3136	4.455	4.4179	4.555	4.5222	4.655	4.6265	4.755	4.7308
35	ARMENIA	0.982	0.8626	4.255	4.2093	4.355	4.3136	4.455	4.4179	4.555	4.5222	4.655	4.6265	4.755	4.7308	4.855	4.8351
36	ARMENIA	0.982	0.8626	4.355	4.3136	4.455	4.4179	4.555	4.5222	4.655	4.6265	4.755	4.7308	4.855	4.8351	4.955	4.9394
37	ARMENIA	0.982	0.8626	4.455	4.4179	4.555	4.5222	4.655	4.6265	4.755	4.7308	4.855	4.8351	4.955	4.9394	5.055	5.0437
38	ARMENIA	0.982	0.8626	4.555	4.5222	4.655	4.6265	4.755	4.7308	4.855	4.8351	4.955	4.9394	5.055	5.0437	5.155	5.1480
39	ARMENIA	0.982	0.8626	4.655	4.6265	4.755	4.7308	4.855	4.8351	4.955	4.9394	5.055	5.0437	5.155	5.1480	5.255	5.2523
40	ARMENIA	0.982	0.8626	4.755	4.7308	4.855	4.8351	4.955	4.9394	5.055	5.0437	5.155	5.1480	5.255	5.2523	5.355	5.3566
41	ARMENIA	0.982	0.8626	4.855	4.8351	4.955	4.9394	5.055	5.0437	5.155	5.1480	5.255	5.2523	5.355	5.3566	5.455	5.4609
42	ARMENIA	0.982	0.8626	4.955	4.9394	5.055	5.0437	5.155	5.1480	5.255	5.2523	5.355	5.3566	5.455	5.4609	5.555	5.5652
43	ARMENIA	0.982	0.8626	5.055	5.0437	5.155	5.1480	5.255	5.2523	5.355	5.3566	5.455	5.4609	5.555	5.5652	5.655	5.6695
44	ARMENIA	0.982	0.8626	5.155	5.1480	5.255	5.2523	5.355	5.3566	5.455	5.4609	5.555	5.5652	5.655	5.6695	5.755	5.7738
45	ARMENIA	0.982	0.8626	5.255	5.2523	5.355	5.3566	5.455	5.4609	5.555	5.5652	5.655	5.6695	5.755	5.7738	5.855	5.8781
46	ARMENIA	0.982	0.8626	5.355	5.3566	5.455	5.4609	5.555	5.5652	5.655	5.6695	5.755	5.7738	5.855	5.8781	5.955	5.9824
47	ARMENIA	0.982	0.8626	5.455	5.4609	5.555	5.5652	5.655	5.6695	5.755	5.7738	5.855	5.8781	5.955	5.9824	6.055	6.0867
48	ARMENIA	0.982	0.8626	5.555	5.5652	5.655	5.6695	5.755	5.7738	5.855	5.8781	5.955	5.9824	6.055	6.0867	6.155	6.1910
49	ARMENIA	0.982	0.8626	5.655	5.6695	5.755	5.7738	5.855	5.8781	5.955	5.9824	6.055	6.0867	6.155	6.1910	6.255	6.2953
50	ARMENIA	0.982	0.8626	5.755	5.7738	5.855	5.8781	5.955	5.9824	6.055	6.0867	6.155	6.1910	6.255	6.2953	6.355	6.3996
51	ARMENIA	0.982	0.8626	5.855	5.8781	5.955	5.9824	6.055	6.0867	6.155	6.1910	6.255	6.2953	6.355	6.3996	6.455	6.5039
52	ARMENIA	0.982	0.8626	5.955	5.9824	6.055	6.0867	6.155	6.1910	6.255	6.2953	6.355	6.3996	6.455	6.5039	6.555	6.6082
53	ARMENIA	0.982	0.8626	6.055	6.0867	6.155	6.1910	6.255	6.2953	6.355	6.3996	6.455	6.5039	6.555	6.6082	6.655	6.7125
54	ARMENIA	0.982	0.8626	6.155	6.1910	6.255	6.2953	6.355	6.3996	6.455	6.5039	6.555	6.6082	6.655	6.7125	6.755	6.8168
55	ARMENIA	0.982	0.8626	6.255	6.2953	6.355	6.3996	6.455	6.5039	6.555	6.6082	6.655	6.7125	6.755	6.8168	6.855	6.9211
56	ARMENIA	0.982	0.8626	6.355	6.3996	6.455	6.5039	6.555	6.6082	6.655	6.7125	6.755	6.8168	6.855	6.9211	6.955	7.0254
57	ARMENIA	0.982	0.8626	6.455	6.5039	6.555	6.6082	6.655	6.7125	6.755	6.8168	6.855	6.9211	6.955	7.0254	7.055	7.1297
58	ARMENIA	0.982	0.8626	6.555	6.6082	6.655	6.7125	6.755	6.8168	6.855	6.9211	6.955	7.0254	7.055	7.1297	7.155	7.2340
59	ARMENIA	0.982	0.8626	6.655	6.7125	6.755	6.8168	6.855	6.9211	6.955	7.0254	7.055	7.1297	7.155	7.2340	7.255	7.3383
60	ARMENIA	0.982	0.8626	6.755	6.8168	6.855	6.9211	6.955	7.0254	7.055	7.1297	7.155	7.2340	7.255	7.3383	7.355	7.4426
61	ARMENIA	0.982	0.8626	6.855	6.9211	6.955	7.0254	7.055	7.1297	7.155	7.2340	7.255	7.3383	7.355	7.4426	7.455	7.5469
62	ARMENIA	0.982	0.8626	6.955	7.0254	7.055	7.1297	7.155	7.2340	7.255	7.3383	7.355	7.4426	7.455	7.5469	7.555	7.6412
63	ARMENIA	0.982	0.8626	7.055	7.1297	7.155	7.2340	7.255	7.3383	7.355	7.4426	7.455	7.5469	7.555	7.6412	7.655	7.7355
64	ARMENIA	0.982	0.8626	7.155	7.2340	7.255	7.3383	7.355	7.4426	7.455	7.5469	7.555	7.6412	7.655	7.7355	7.755	7.8398
65	ARMENIA	0.982	0.8626	7.255	7.3383	7.355	7.4426	7.455	7.5469	7.555	7.6412	7.655	7.7355	7.755	7.8398	7.855	7.9341
66	ARMENIA	0.982															

Nota. Factor de corrección para vehículos ligeros. Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Figura 3

Factor de corrección para vehículos pesados

[illegible]

Nota. Factor de corrección para vehículos ligeros. Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Asimismo, también tenemos en la Figura 4 donde nos menciona los factores de crecimiento para los vehículos ligeros y pesados en la ciudad de Tacna, siendo 2.13 % para vehículos ligeros y 2.36 % para los vehículos pesados.

Figura 4

Tasas de crecimiento para vehículos ligeros y pesados

Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos Pesados	
Amazonas.	1.12%	Amazonas.	2.69%
Ancash.	2.33%	Ancash.	1.49%
Apurímac.	1.13%	Apurímac.	4.50%
Arequipa.	2.90%	Arequipa.	2.97%
Ayacucho.	1.83%	Ayacucho.	2.90%
Cajamarca.	3.05%	Cajamarca.	1.45%
Cusco.	2.77%	Cusco.	3.07%
Huancavelica.	1.17%	Huancavelica.	2.00%
Huánuco.	1.94%	Huánuco.	3.03%
Ica.	1.10%	Ica.	2.62%
Junín.	2.04%	Junín.	2.84%
La Libertad.	2.61%	La Libertad.	2.21%
Lambayeque.	2.40%	Lambayeque.	2.54%
Lima Provincias.	2.61%	Lima Provincias.	2.34%
Loreto.	0.12%	Loreto.	1.48%
Madre de Dios.	2.22%	Madre de Dios.	1.38%
Moquegua.	1.97%	Moquegua.	0.58%
Pasco.	1.72%	Pasco.	0.39%
Piura.	2.38%	Piura.	2.37%
Puno.	2.47%	Puno.	2.58%
San Martín.	2.11%	San Martín.	2.88%
Tacna.	2.13%	Tacna.	2.36%
Tumbes.	0.81%	Tumbes.	2.40%
Ucayali.	1.73%	Ucayali.	2.25%

Nota. Tasas de crecimiento anual de vehículos ligeros y pesados. Elaboración propia a partir de información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

4.1.2. Cálculo del índice medio diario anual proyectado

Realizado el conteo de tráfico correspondiente en la Tabla 1, indicando la cantidad total de vehículos por día.

Siendo así tenemos el IMDA en la Tabla 2, y teniendo los factores de crecimiento de la Figura 4, determinamos en la Tabla 3 el índice medio diario anual proyectado.

Entonces para la consideración del estudio tenemos un IMDA de 1,165 veh/día incluyendo las motos, y un proyectado de 1,038 veh/día, sin incluirlas para el cálculo del ESAL.

Tabla 1

Conteo de tráfico

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Motos	146	119	167	204	158	101	141
Automovil	98	87	134	149	152	110	96
Station Wagon	79	59	81	77	81	61	52
Camioneta (Pickup/Panel)	66	56	70	49	72	45	77
C.Rural (Combi)	3	3	6	4	21	18	2
Micro	752	727	769	813	847	676	660
Bus 2E	-	-	-	-	-	-	-
Bus 3E	-	-	-	-	-	-	-
Bus 4E	-	-	-	-	-	-	-
Camión 2E	3	4	6	4	11	2	7
Camión 3E	7	4	11	7	22	11	4
Camión 4E	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	-	-	-	1	-	-	-
Semitrayler (T2S3)	1	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T3S3)	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C2R2)	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C2R3)	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C3R2)	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C3R3)	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	1155	1059	1244	1308	1364	1024	1039

Nota. Conteo vehicular realizado en campo. Elaboración propia.

4.1.3. Cálculo de ESAL de diseño

Datos para la obtención del ESAL:

- Periodo de diseño (n) : 10 años
- tasa de crecimiento - veh. ligeros (TC) : 2.13 %
- tasa de crecimiento - veh. pesados (TC) : 2.36 %
- Factor de crecimiento acumulado-pesado (FCA) : 11.132
- Característica de calzada : 1 calzada, 2 sentidos, 1 carril
- Factor direccional (Fd) : 0.5
- Factor carril (Fc) : 1
- ESAL (W18) : 152,763.959

Se obtuvo un ESAL de diseño de 152,763.959 EE

Tabla 2

Cálculo del IMDa

Tipo de Vehículo	LUNES	M/ RTES	MI RCOLES	JU VES	VII RNES	SÁ ADO	DC MINGO	SE ANA	IM s	FC	IM a	DI TRIBUCIÓN
Moto	146	119	167	204	158	101	141	1,036	148	0.9900	147	12.62
Automovil	98	87	134	149	152	110	96	826	118	0.9900	117	10.04
Station Wagon	79	59	81	77	81	61	52	490	70	0.9900	70	6.01
Camioneta (Pickup/Panel)	66	56	70	49	72	45	77	435	62	0.9900	62	5.32
C.Rural (Combi)	3	3	6	4	21	18	2	57	8	0.9900	9	0.77
Micro	752	727	769	813	847	676	660	5,244	749	0.9900	742	63.69
Bus 2E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Bus 3E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Bus 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Camión 2E	3	4	6	4	11	2	7	37	5	1.0075	6	0.52
Camión 3E	7	4	11	7	22	11	4	66	9	1.0075	10	0.86
Camión 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	-	-	-	1	-	-	-	1	0	1.0075	1	0.09
Semitrayler (T2S3)	1	-	-	-	-	-	-	1	0	1.0075	1	0.09
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Semitrayler (T3S3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Trayler (C2R2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Trayler (C2R3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Trayler (C3R2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Trayler (C3R3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
TOTAL	1155	1059	1244	1308	1364	1024	1039	8193	1170		1165	100.0

Nota. Cálculo del IMDa realizado a partir del conteo vehicular. Elaboración propia.

4.1.4. Determinación del número de puntos de investigación

En la Tabla 5 se expresa la ubicación de la calle a diseñar, ubicada en la Asociación de Vivienda trabajadores unidos de construcción civil, ubicado en la zona 19 Sur, Este 374937 y Norte 8012151.

4.1.5. Exploración de campo

Para determinar los puntos de investigación para el presente estudio se usó la Tabla 6 del CE.010. En este estudio el área de intervención es de 7042.28 m², teniendo una longitud de 560 m, siendo así se procedió a realizar 2 calicatas para esta vía local.

Tabla 3*Cálculo del IMDA proyectado*

Tipo de Vehículo	Año 0	Tasa de crecimiento	Año 1
Moto	147	2.13 %	150
Automovil	117	2.13 %	119
Station Wagon	70	2.13 %	71
Camioneta (Pickup/Panel)	62	2.13 %	63
C.Rural (Combi)	9	2.13 %	9
Micro	742	2.13 %	758
Bus 2E	-	2.36 %	-
Bus 3E	-	2.36 %	-
Bus 4E	-	2.36 %	-
Camión 2E	6	2.36 %	6
Camión 3E	10	2.36 %	10
Camión 4E	-	2.36 %	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	1	2.36 %	1
Semitrayler (T2S3)	1	2.36 %	1
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	-	2.36 %	-
Semitrayler (T3S3)	-	2.36 %	-
Trayler (C2R2)	-	2.36 %	-
Trayler (C2R3)	-	2.36 %	-
Trayler (C3R2)	-	2.36 %	-
Trayler (C3R3)	-	2.36 %	-

Nota. Cálculo del IMDa proyectado. Elaboración propia.**Tabla 4***Cálculo de ESAL*

Tipo de Vehículo	IMDa	Factor Equivalencia	FD	FC	FCA	Ejes Equivalente
Automovil	119	0.0011	0.5	1.0	11.01641	0.690872
Station Wagon	71	0.0011	0.5	1.0	11.01641	0.412201
Camioneta (Pickup/Panel)	63	0.0011	0.5	1.0	11.01641	0.365756
C.Rural (Combi)	9	0.0011	0.5	1.0	11.01641	0.052251
Micro	758	0.0011	0.5	1.0	11.01641	4.400680
Bus 2E	-	4.5037	0.5	1.0	11.13168	-
Bus 3E	-	2.6313	0.5	1.0	11.13168	-
Bus 4E	-	9.8628	0.5	1.0	11.13168	-
Camión 2E	6	4.5037	0.5	1.0	11.13168	150.399641
Camión 3E	10	3.2846	0.5	1.0	11.13168	182.814389
Camión 4E	-	2.7736	0.5	1.0	11.13168	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	1	7.7419	0.5	1.0	11.13168	43.090386
Semitrayler (T2S3)	1	6.5229	0.5	1.0	11.13168	36.305218
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	-	6.2097	0.5	1.0	11.13168	-
Semitrayler (T3S3)	-	6.5229	0.5	1.0	11.13168	-
Trayler (C2R2)	-	10.9802	0.5	1.0	11.13168	-
Trayler (C2R3)	-	9.7612	0.5	1.0	11.13168	-
Trayler (C3R2)	-	9.7612	0.5	1.0	11.13168	-
Trayler (C3R3)	-	8.5421	0.5	1.0	11.13168	-
EE /dia						418.53139
W18						152,763.959

Nota. Cálculo de ESAL. Elaboración propia.

Tabla 5
Ubicación Coordenadas UTM

	COORDENADAS UTM	
	Este	Norte
ASOCIACIÓN DE VIVIENDA TRABAJADORES UNIDOS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL	374937	8012151

Nota. Elaboración propia

Tabla 6
Puntos de Investigación

TIPO DE VÍA	NUMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (M2)
Expresa	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Nota. Adaptado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020).

4.2. Determinación de las propiedades físicas del suelo

4.2.1. Análisis granulométrico

El presente estudio presenta el análisis granulométrico por tamizado de las muestras de subrasante extraídas en dos calicatas, ejecutadas a una profundidad de 1,5 m. El ensayo se efectuó de acuerdo con las normas NTP 339,089 y ASTM D422/1140, con el fin de determinar la distribución de tamaños de partículas, clasificar el material y obtener parámetros relevantes para el diseño estructural del pavimento flexible.

Metodología

Las muestras analizadas corresponden a material natural *in situ*, obtenido de la Calicata 01 y la Calicata 02. El ensayo se realizó mediante tamizado mecánico utilizando la serie de tamices estándar. Durante el procedimiento se registró la masa retenida en cada tamiz, a partir de la cual se calcularon los porcentajes retenidos y pasantes conforme a la metodología AASHTO. Con base en los resultados obtenidos, se elaboró la curva granulométrica y se determinaron los parámetros de graduación (C_u y C_c), así como los porcentajes de grava, arena y finos.

- Cuarteo del material

Figura 5

Cuarteo del material



Nota. Cuarteo del material de la muestra para los ensayos de laboratorio. Elaboración propia.

De acuerdo con la norma NTP 339.089, el procedimiento de cuarteo consiste en obtener una fracción representativa del material, para lo cual se separan y seleccionan las porciones ubicadas en posiciones diagonales. Este proceso se observa en la figura correspondiente.

- Selección de tamices para el proceso de granulometría

Para llevar a cabo la clasificación del material, el manual de ensayos de laboratorio establece dos sistemas de tamices. En este estudio se empleó el primer sistema de clasificación, el cual se presenta en la Tabla 7.

Las Figura 6 y Figura 7, muestran los resultados gráficos de los ensayos mediante la curva granulométrica:

Tabla 7

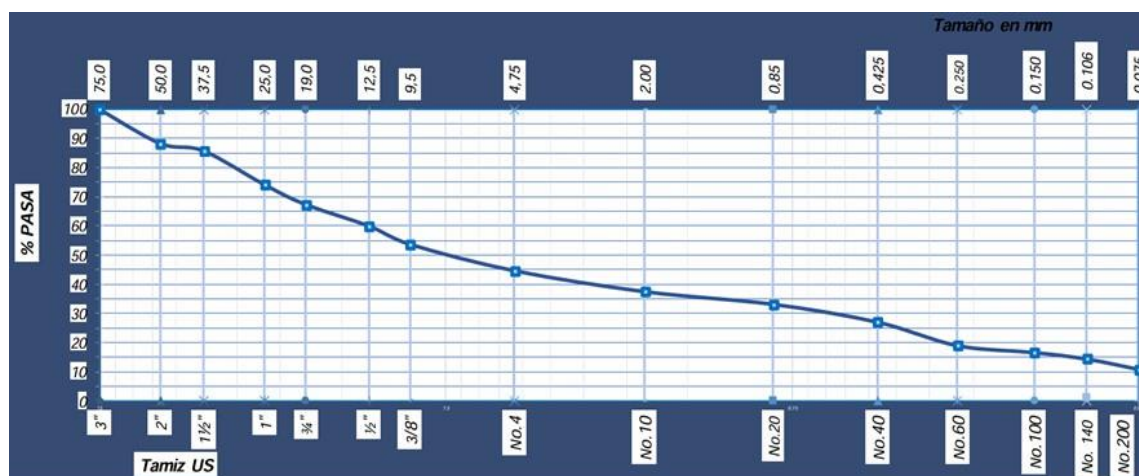
Tamices

TAMICES	ABERTURA (mm)
3 in.	75
2 in.	50
1-1/2 in.	37.5
1 in.	25
3/4 in.	19
1/2 in.	12.5
3/8 in.	9.5
No.4	4.75
No.10	2
No.20	0.85
No.40	0.425
No.60	0.25
No.100	0.15
No.140	0.106
No.200	0.075
<200 Fondo	

Nota. Elaboración propia.

Figura 6

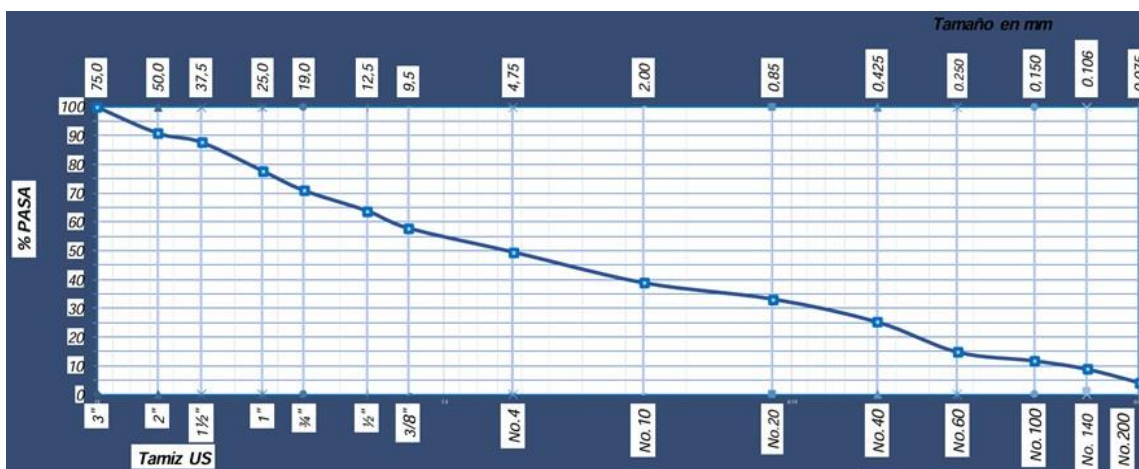
Curva granulométrica de calicata 1



Nota. Elaboración propia.

Figura 7

Curva granulométrica de calicata 2



Nota. Elaboración propia.

Tabla 8

Resumen de granulometría

Nº de Calicata	S.U.C.S (ASTM D2487)	AASHTO (ASTM D3282)	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)
C-01	GP-GM	A-1-a	62.46	26.63	10.91
C-02	GP	A-1-a	61.14	34.68	4.18

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 8 presenta los porcentajes de grava, arena y finos correspondientes a las muestras obtenidas en las dos calicatas analizadas. En la calicata 1, se registraron contenidos de 62,46 % de grava, 26,63 % de arena y 10,91 % de finos, lo que permitió clasificar el material como GP-GM de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Por su parte, la calicata 2 mostró porcentajes de 61,14 % de grava, 34,68 % de arena y 4,18 % de finos, correspondiendo a una clasificación GP según el SUCS. En ambos casos, los materiales evaluados se clasifican como A-1-a conforme al sistema AASHTO, lo que indica su adecuada calidad para ser utilizados como subrasante en el diseño de pavimentos.

4.2.2. Contenido de humedad

Se empleó la norma ASTM D2216 y la NTP 339.127

Proceso: Para esto se seleccionó más de 1kg del material para ser pesado, luego pasa por el horno a una temperatura de 110°C, se pesa de nuevo, tenemos el peso de la muestra húmeda y el peso de la muestra seca, se procede a determinar el peso del agua que es la diferencia, luego determinamos el peso del suelo seco con el dato del peso del recipiente y con el peso del agua y el peso del suelo seco determinamos el contenido de humedad.

Fórmula

Donde:

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

- w : Contenido de agua, %.
- Mcws : Masa del recipiente y muestra húmeda, g.
- Mcs : masa del recipiente y la muestra secada al horno, g.
- Mc : masa del recipiente, g.
- Mw : masa de agua , g.
- Ms : masa de partículas sólidas, g.

Entonces como menciona la Tabla 9 tenemos contenido de humedad para la calicata 1 de 1,69 % y para la calicata 2 de 1,87 %.

Tabla 9*Contenido de humedad*

CALICATA	CONTENIDO DE HUMEDAD
C-01	1.69%
C-02	1.87%

Nota. Elaboración propia.

4.2.3. Ensayo de límites de consistencia

Se empleó la norma ASTM D4318 y la NTP 339.129.

- **Limite Liquido.**
- **Limite Plástico**
- **Índice de plasticidad**

No corresponde debido a que según la granulometría la muestra es GP, grava mal graduada, por ende, es NP.

4.2.4. Resumen de ensayos de laboratorio

Tabla 10*Resumen de las propiedades del suelo*

N° de Calicata	S.U.C.S (ASTM D2487)	AASHTO (ASTM D3282)	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	% DE HUMEDAD	LL LP IP
C-01	GP-GM	A-1-a	62.46	26.63	10.91	1.69	NP
C-02	GP	A-1-a	61.14	34.68	4.18	1.87	NP

Nota. Elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 10 la clasificación fue de grava mal graduada y grava mal graduada con limo, también según el método de clasificación del AASHTO es A-1-a.

4.3. Determinación de las propiedades mecánica de la subrasante

4.3.1. Proctor modificado

Para la realización del ensayo Proctor Modificado se emplearon las normas ASTM D1557 y NTP 339.141, las cuales establecen tres métodos de ensayo (A, B y C), cuya selección depende de la granulometría del material evaluado.

El objetivo principal de este ensayo es determinar la máxima densidad seca del suelo y su correspondiente contenido óptimo de humedad, parámetros fundamentales para el control de compactación y el diseño estructural del pavimento.

4.3.2. Proceso para ensayo de proctor modificado

De la Tabla 11 son los resultados de los estudios realizados donde de las 2 calicatas realizadas, el menor resultado de la máxima densidad seca es de 2,026 gr/cm³ y del óptimo contenido de humedad.

Tabla 11

Proctor Modificado

Calicata	Óptimo Contenido de Humedad (%)	Máxima densidad seca (gr/cm ³)
C-01	7.04	2.037
C-02	7.13	2.026

Nota. Elaboración propia.

4.3.3. Capacidad de soporte

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), los estudios de CBR deben realizarse cada cinco puntos de investigación; en el presente estudio, al haberse ejecutado dos puntos de investigación, se contó con un solo ensayo de CBR. Dicho ensayo se desarrolló conforme a las normas ASTM D1883 y NTP 339,145.

El procedimiento ejecutado replicó la metodología del ensayo Proctor Modificado, ajustando la compactación de las muestras al 95 % de la Máxima Densidad Seca (MDS), con el objetivo de evaluar la penetración del pistón a 0,1 y 0,2 pulgadas. Debido al uso de moldes con diferentes capacidades volumétricas, el número de golpes de compactación varió entre 12, 25 y 56 impactos, según el tipo de molde empleado.

Una vez finalizada la etapa de compactación, las muestras fueron sometidas a un proceso de inmersión en agua durante un período de cuatro días, conforme a la normativa vigente. Posteriormente, se realizó el ensayo en la prensa CBR para determinar la capacidad portante del material. Los resultados obtenidos indicaron valores de CBR de 21 % para la compactación al 100 % y de 13,2 % para la compactación al 95 %, evidenciando un comportamiento adecuado del suelo para fines de diseño.

4.4. Propuesta de diseño aplicando el método AASHTO-93

Para la propuesta del cálculo, tenemos como mínimo para la base CBR al 80 % y para la sub base CBR al 40 %, los datos de ESAL es de 152,763.959 EE y el CBR para la subrasante obtenido es de 13,2 %.

4.4.1. Determinación del valor de nivel de confiabilidad

Una vez determinado el valor de ESAL, se recurrió al Cuadro 12.6 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020) para un período de diseño de 10 años. De acuerdo con la Figura 8, la vía en estudio se clasifica dentro de la categoría TP1, debido a que el valor de ESAL igual a 152 763,959 ejes equivalentes (EE) se encuentra comprendido en el rango de 150 001 a 300 000 EE, correspondiéndole un nivel de confiabilidad del 70 %.

Figura 8

Nivel de confiabilidad

Cuadro 12.6
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de
diseño
(10 o 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}	>30'000,000		95%

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020).

Corroboramos con lo estipulado en el AASHTO, en la Tabla 12 nos dice que para una vía local el nivel de confiabilidad debe estar dentro de 50-80 %, entonces la confiabilidad adoptada es de 70 %.

Tabla 12*Nivel de confiabilidad AASHTO*

Nivel de confiabilidad recomendado		
Clasificación Funcional	Urbano	Rural
Autopistas interestatales y otras carreteras rápidas	85-99.9	80-99.9
Arteriales principales	80-99	75-95
Colectora	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

Nota. Adaptado de la Tabla 2.2 de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993).

4.4.2. Desviación estándar

De manera análoga a la determinación del nivel de confiabilidad a partir del ESAL, se procedió a establecer el valor de la desviación estándar normal (Z_R). Para ello, se utilizó el Cuadro 12.8 del Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020), correspondiente a un período de diseño de 10 años. Asimismo, con base en la Figura 9 y considerando que la vía en estudio se clasifica como TP1, se determinó un valor de desviación estándar normal de $-0,524$.

Figura 9*Desviación estándar normal*

Cuadro 12.8
Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_R)
Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001	10'000,000	-1.282
	TP10	10'000,001	12'500,000	-1.282
	TP11	12'500,001	15'000,000	-1.282
	TP12	15'000,001	20'000,000	-1.645
	TP13	20'000,001	25'000,000	-1.645
	TP14	25'000,001	30'000,000	-1.645
	TP15	>30'000,000		-1.645

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020).

4.4.3. Cálculo de la serviciabilidad

Para la determinación de la serviciabilidad inicial (P_i), el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) establece que, en el caso de pavimentos flexibles, debe considerarse un valor de 4,2, mientras que para pavimentos rígidos el valor recomendado es de 4,5.

Tabla 13
Índice de serviciabilidad final

pt	Tipo de Vía
3,00	Expresas
2,50	Arteriales
2,25	Colectoras
2,00	Locales y estacionamientos

Nota. Adaptado de la Tabla A3 de la *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos* del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018).

Entonces tenemos de serviciabilidad inicial P_0 y de serviciabilidad final, debido a la Tabla 13, sería de 2, ya que es una vida local.

4.4.4. Variación de la serviciabilidad

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

Siendo la formula, tenemos que nuestra variación de la serviciabilidad es 2.20.

4.4.5. Cálculo de coeficientes estructurales

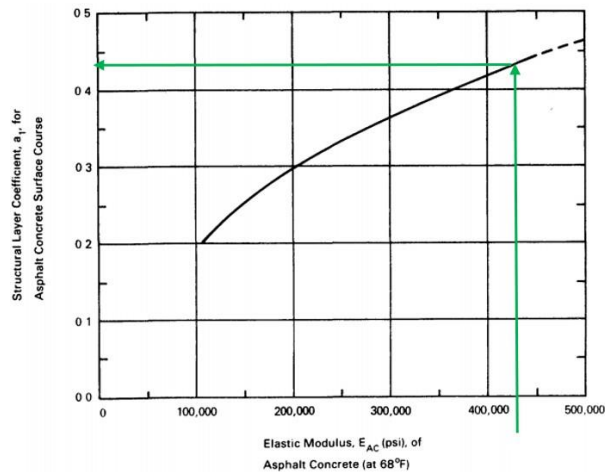
En la Figura 10 se determinó el coeficiente estructural a_1 correspondiente a la carpeta asfáltica en caliente, obteniéndose un valor de 0,431, asociado a un módulo resiliente de 430 000 psi. Asimismo, a partir de la Figura 11 se estimó el coeficiente estructural a_2 , cuyo valor es 0,132, considerando un CBR del 80,00 % para la capa base. Finalmente, mediante la Figura 12 se calculó el coeficiente estructural a_3 , obteniéndose un valor de 0,12, correspondiente a un CBR del 40 % para la subbase. Estos coeficientes estructurales fueron determinados conforme a los criterios establecidos en el método de diseño AASHTO 1993 (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 1993).

4.4.6. Resultados de la propuesta pavimento flexible

Calculamos con la formula del AASHTO el SN y comprobaremos el resultado con el programa AASHTO.

Figura 10

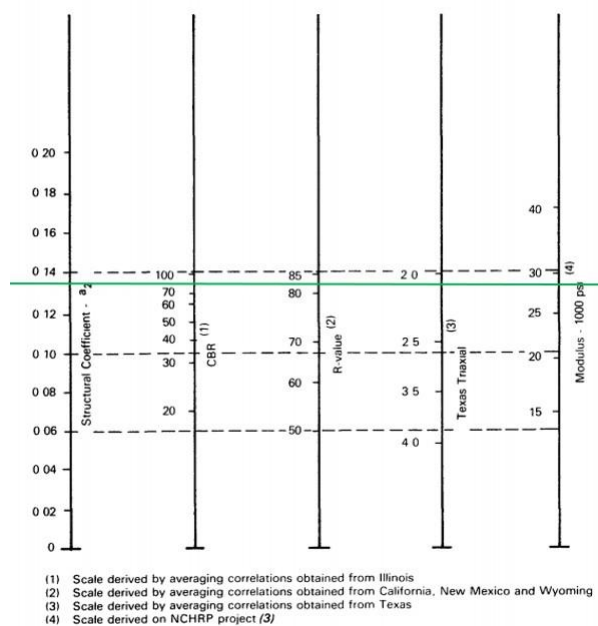
Cálculo de coeficiente para la carpeta asfáltica (a1)



Nota. Adaptado de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993).

Figura 11

Cálculo de coeficiente para la base (a2)



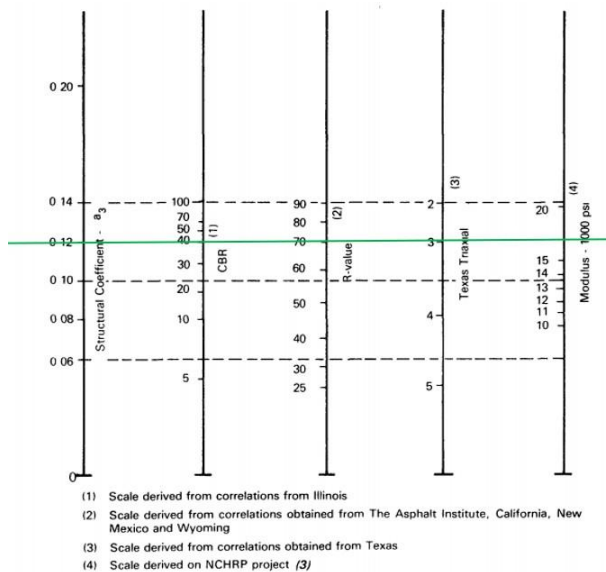
Nota. Adaptado de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993).

$$\log W_{18} = Z_p \times S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(MR) - 8.07$$

Reemplazamos los valores:

Figura 12

Cálculo de coeficiente para la sub-base (a3)



Nota. Adaptado de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993).

$$SN_{(Requerido)} = 1,88$$

En la Figura 13, corroboramos con el programa AASHTO-93 para pavimento flexible obteniendo el SN de 1,88.

Tabla 14

Coeficiente de drenaje

mi	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento estara a niveles de humedad cercanas a la saturacion			
		menos a 1 %	1-5 %	5-25 %	Mas de 25 %
Excelente	2 horas	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1 dia	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1 semana	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
pobre	1 mes	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
muy pobre	nunca	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Nota. Adaptado de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993).

Como coeficiente de drenaje de la Tabla 14 usamos uno regular.

Figura 13

Cálculo del SN por AASHTO-93

Nota. Adaptado de la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 1993).

Coeficiente de drenaje fue 1.1, se encuentra entre los 1 % a 5 % del porcentaje en los que el pavimento estará húmedo.

Luego de determinado el coeficiente de drenaje procedemos a usar el nomograma para el cálculo de números estructurales como lo muestra la Figura 14

Procedemos a los cálculos de los espesores, para esto la formula:

$$SN_3 \leq SN_{1c} + SN_{base} + SN_{sub-base}$$

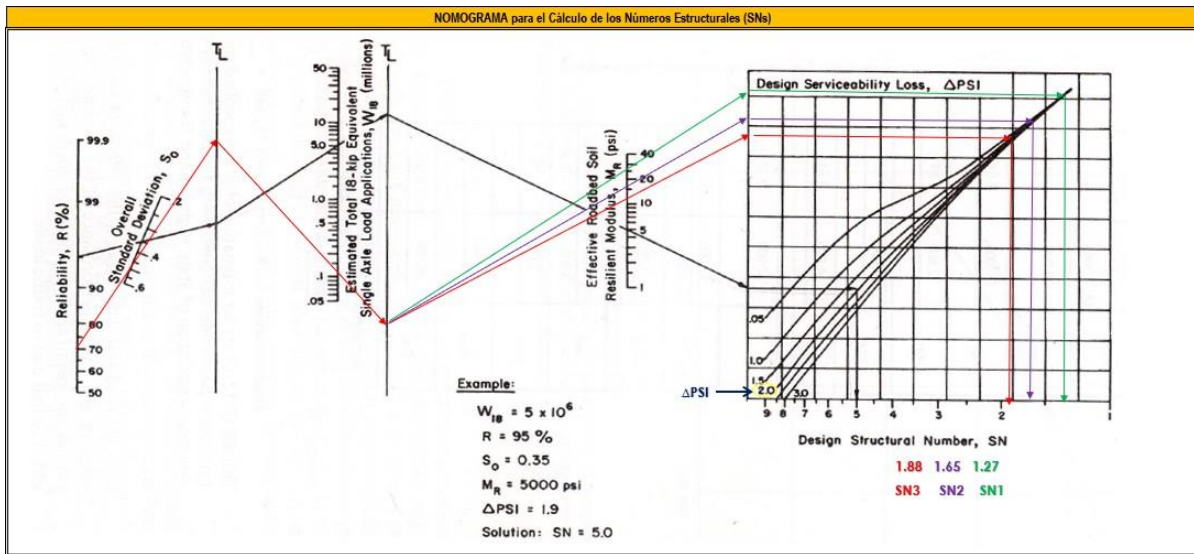
Cálculo del D1 para Capeta Asfáltica

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1 = a_1 \times D_1$$

Figura 14

Nomograma para cálculo de números estructurales



Nota. Adaptado de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993).

Cálculo del D2 para Base

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_{1c}}{a_2 \times m_2}$$

$$SN_{base} = a_2 \times D_2 \times m_2$$

$$SN_{2c} = SN_{base} \times SN_{1c}$$

Cálculo del D3 para Sub-Base

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_{1c} + SN_{2c})}{a_3 \times m_3}$$

$$SN_{sub-base} = a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$SN_{3c} = SN_{sub-base} + SN_{base} + SN_{1c}$$

Entonces, para los datos obtenidos:

Números estructurales

$$SN_3 = 1,88$$

$$SN_2 = 1,65$$

$$SN_1 = 1,27$$

Coeficientes de capa

$$a_3 = 0,120$$

$$a_2 = 0,132$$

$$a_1 = 0,431$$

Coeficientes de drenaje

$$m_2 = 1,1$$

$$m_3 = 1,1$$

Verificación:

$$SN_3 \leq SN_{1c} + SN_{base} + SN_{sub-base}$$

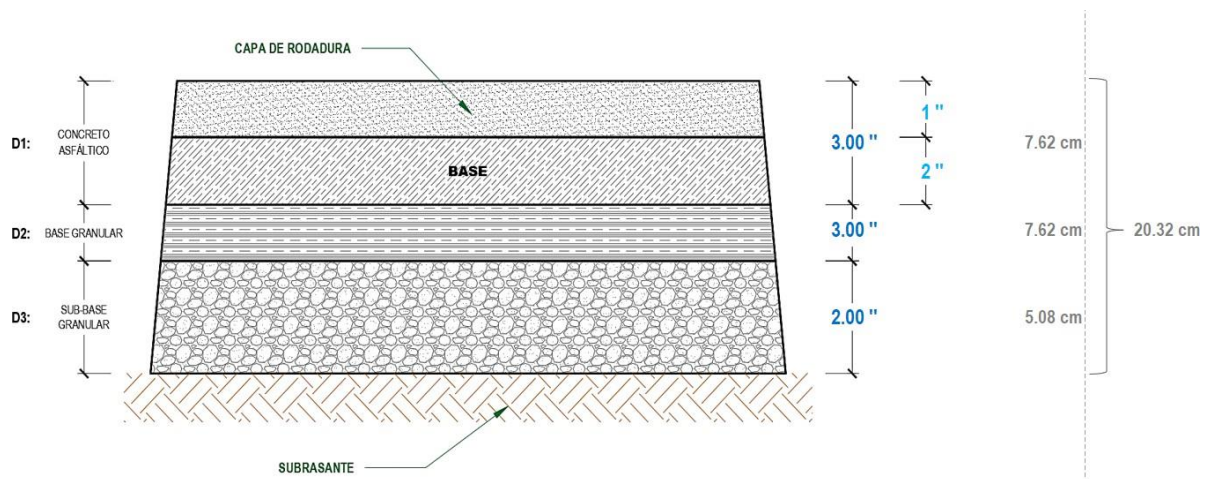
$$1,88 \leq 1,2924 + 0,44 + 0,26$$

$$1,88 \leq 1,99$$

Entonces nuestros espesores son los correspondientes a la Figura 15

Figura 15

Detalle pavimento flexible



Nota. Elaboración propia

4.5. Discusión de resultados

Del estudio de tráfico, en esta etapa se realizó un único punto de conteo, debido a que el vehículo predominante en la vía es el microbús, correspondiente a las rutas 101 y 203, el cual circula tanto en sentido ascendente como descendente. Este tipo de vehículo ligero representa el 63,69 % del IMDA de la vía. Como resultado del análisis y proyección del tránsito, se determinó un IMDA proyectado de 1 038 veh/día.

Considerando el IMDA proyectado y excluyendo las motocicletas, el valor obtenido clasifica a la vía como una carretera de segunda clase, ya que se encuentra dentro del rango comprendido entre 400 y 2 000 veh/día, de acuerdo con los criterios establecidos por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2018).

En relación con las tasas de crecimiento y los factores de corrección, estos parámetros varían en función del departamento y del mes del año en que se realiza el conteo vehicular. Asimismo, dichos factores dependen del tipo de vehículo, diferenciándose entre vehículos ligeros y pesados, conforme a los lineamientos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020).

Respecto a los análisis granulométricos, las muestras de suelo fueron clasificadas como grava mal gradada (GP) y grava mal gradada con limos (GP-GM). Debido a la ausencia de finos plásticos, los materiales no presentan límites de Atterberg, por lo que no se determinan el límite líquido, límite plástico ni índice de plasticidad. Asimismo, se obtuvo un valor de CBR de la subrasante de 12,30 %, lo cual permite clasificarla como una subrasante buena, al encontrarse dentro del rango de 10 % a 20 %, según los criterios técnicos vigentes (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2018).

Capítulo 5 : Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- La presente investigación permitió establecer una propuesta de diseño de pavimento flexible para la Calle I, en la intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, demostrando que la aplicación del método *AASHTO-93*, complementada con el estudio de tránsito y los ensayos de mecánica de suelos, constituye una alternativa técnicamente adecuada para mejorar la transitabilidad vehicular y garantizar una durabilidad adecuada bajo las condiciones actuales y proyectadas de la vía.
- El estudio de tránsito realizado en la zona permitió determinar que el volumen promedio diario vehicular es de vehículos/día, predominando las categorías [categorías de vehículos predominantes], lo que refleja un flujo característico de una vía urbana en proceso de consolidación.
- La tasa de crecimiento adoptada fue de 2.36 %, obteniéndose un tránsito proyectado para el periodo de diseño de 10 años, equivalente a 152,763.959 ejes equivalentes (ESALs).
- Estos resultados proporcionaron los parámetros fundamentales para el diseño estructural del pavimento flexible conforme al método *AASHTO-93*.
- El estudio de mecánica de suelos evidenció que el material de la subrasante presenta un CBR de 13.2 % al 95 % y un Módulo Resiliente (MR) equivalente de 11,403.018 PSI, clasificándose el suelo como GP-GM y A-1-a en la clasificación *AASHTO*.
- Los valores obtenidos son coherentes con las características geotécnicas de zonas urbanas en proceso de expansión como el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

- A partir del tránsito proyectado (152,763.959) y del módulo resiliente del suelo (11,403.018 PSI), y considerando una confiabilidad del 70 %, una desviación estándar total de 0.45 y una variación del índice de serviciabilidad de 2.20, se obtuvo un Número Estructural requerido (SN) de 1.88. Dicho valor fue distribuido en capas estructurales según los coeficientes recomendados, obteniéndose los siguientes espesores: Carpeta asfáltica: 7.62 cm (3"), Base granular: 7.62 cm (3"), Subbase granular: 5.08 cm (2")
- La estructura diseñada cumple con los requerimientos de desempeño para el periodo de diseño establecido (10 años), asegurando una respuesta adecuada frente al tránsito previsto y las condiciones geotécnicas de la zona.
- La propuesta de diseño estructural presenta una mejora significativa respecto a la condición actual de la vía, la cual se encuentra conformada únicamente por afirmado, generando polvo, irregularidades y una baja calidad de rodadura.
- El diseño obtenido permite proyectar una durabilidad esperada de 10 años, acorde con el tránsito estimado (1,165) y el desempeño de la estructura propuesta. Asimismo, los espesores de las capas contribuyen a reducir deformaciones, mejorar la regularidad superficial y optimizar la fluidez vehicular, lo cual se traduce en una mejor transitabilidad y en una disminución de intervenciones de mantenimiento en comparación con la condición actual.
- Estos beneficios técnicos y funcionales evidencian que la propuesta constituye una solución viable para la mejora del servicio vial en la Calle I.
- En conjunto, los resultados confirman la hipótesis planteada: la aplicación del método AASHTO-93, basada en parámetros reales obtenidos en campo, permite diseñar una estructura de pavimento flexible que mejora la transitabilidad vehicular y garantiza una durabilidad adecuada en condiciones urbanas de desarrollo como las del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que para el conteo vehicular donde se realiza el conteo de los vehículos observados en el punto de conteo, también pueden considerarse motos, mototaxis a fin de que debido a lo urbano son vehículos que predominan en la afluencia, siendo así, no se les considera en el ESAL de diseño.
- Para los estudios de suelos, se recomienda coordinar con las personas de la asociación a fin de al momento de realizarse las calicatas ubicar las zonas libres donde no encontraremos redes de agua ni algún otro imprevisto a solucionar, siendo que según la norma se opta por excavar como mínimo 1.50 m de profundidad respecto al nivel de subrasante del proyecto.
- Para la propuesta de diseño generadas, se recomienda usar el resultado del CBR más crítico, pero en nuestro caso solo se realizó un CBR, si en tal caso hubiese más de uno, se optaría para la propuesta de diseño el uso del más desfavorable.

Bibliografía

- Acero, I., & Roque, R. (2022). *Diseño de pavimento flexible para mejorar las condiciones de serviciabilidad de la vía Óvalo Tarapacá hasta desvío a Calana, Tacna – 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *AASHTO guide for design of pavement structures*. AASHTO.
- American Society for Testing and Materials. (2016). *Annual book of ASTM standards* (Vol. 04.08: Soil and rock [I]). ASTM International.
- Aro, P., & Pongo, G. (2022). *Evaluación del pavimento flexible por la metodología PCI y propuesta de mejoramiento de la transitabilidad en la Avenida Jorge Basadre Grohmann Este – Tacna 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].
- Bdollahi, S., Kim, Y., & Stoffels, S. (2023). Mechanistic–empirical pavement design under variable loading conditions. *Transportation Research Record*, 2677(1), 45–57.
<https://doi.org/10.1177/03611981221140219>
- Cary, A., & Irick, P. (2020). Pavement condition index and serviceability trends in performance-based maintenance. *Journal of Infrastructure Systems*, 26(2), 04020009.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000530](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000530)
- Castro, J. (2003). *Diseño de pavimentos flexibles: Fundamentos y aplicación del método AASHTO-93*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- De la Cruz Vega, A., Chávez, J., & Herrera, D. (2022). *Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación del pavimento flexible de la red vial urbana de Azángaro* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

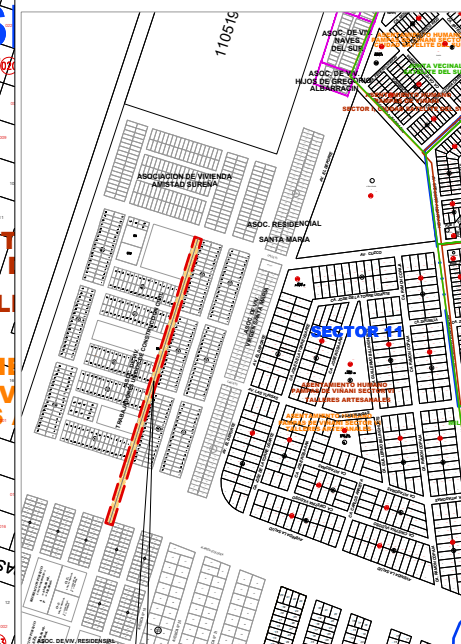
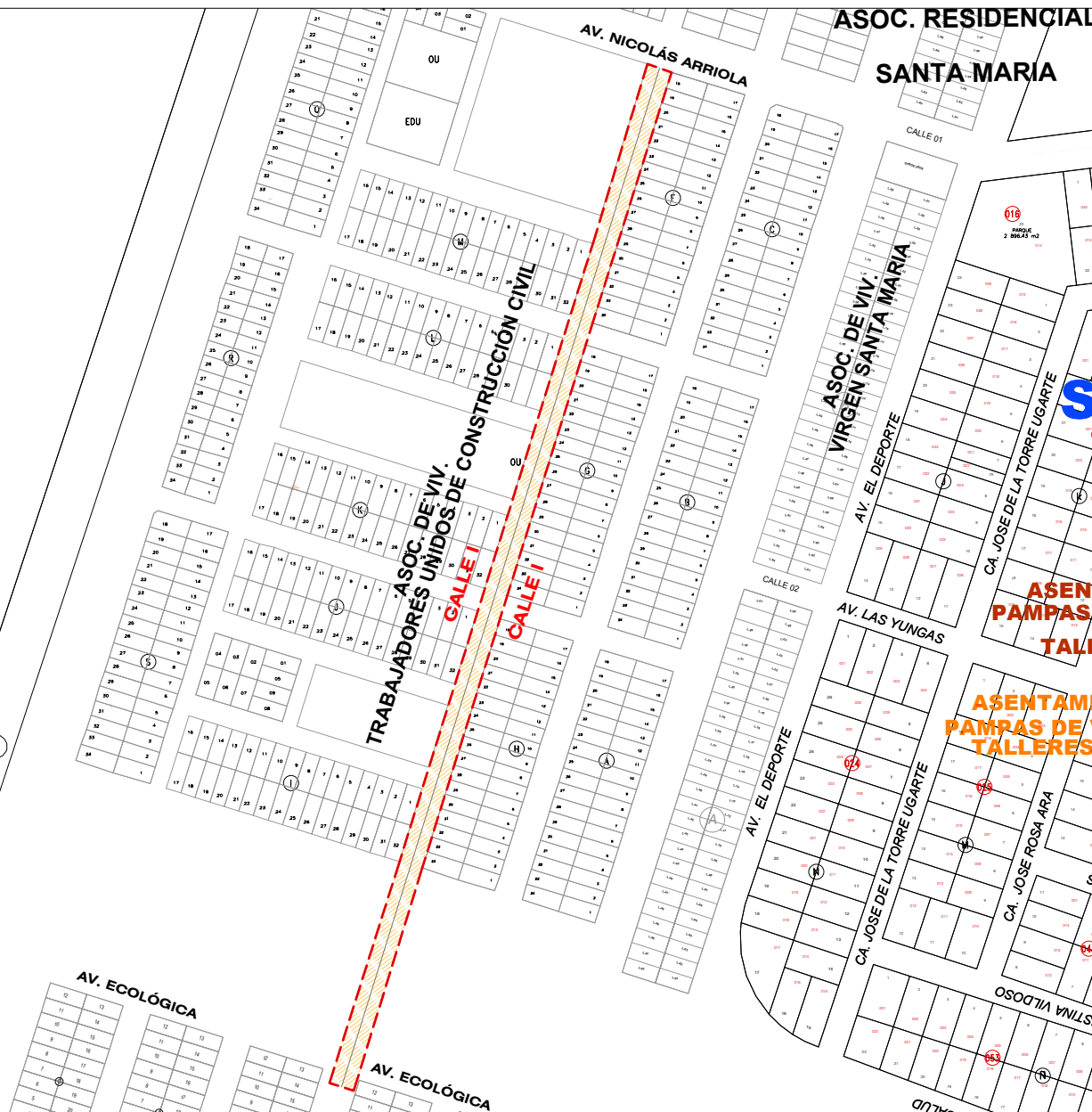
- El-Ashwah, A., Al-Abbasy, F., & El-Badawy, S. (2021). Simplified design of flexible pavements using mechanistic–empirical concepts. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(3), 387–397. <https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1586320>
- Flores, E., & Pilco, D. (2020). *Análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular utilizando el rugosímetro de Merlin en la Av. Gustavo Pinto, Tacna – 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].
- Huamán, N., & Chang, C. (2012). La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú. *Revista Paradigmas*, 4(1), 139–149.
- Menéndez, J. (2009). *Ingeniería de pavimentos: Materiales, diseño y conservación*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (SGGP-2014, revisión 2020)*. MTC.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Reglamento nacional de edificaciones: Norma técnica CE.010 Pavimentos urbanos*. MVCS.
- Nureña, V., & Vicmarc, G. (2021). *Diseño estructural del pavimento flexible utilizando el método AASHTO-93 en la avenida Riva Agüero – El Porvenir, Trujillo – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Prado, D. (2022). *Comparación de resultados del diseño de pavimento flexible entre el método AASHTO-93 y el método mecanicista, Andahuaylas – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes].
- Ramos, Q. (2022). *Diseño del pavimento flexible empleando el método AASHTO-93 en la Avenida 4 del Centro Poblado Alto Trujillo, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].

- Tenorio, L. (2022). *Comparación del diseño de pavimento flexible utilizando los métodos AASHTO-93 y racional en la carretera Jauranga – Palpa – Ica, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga].
- Transportation Association of Canada. (2017). *Pavement asset design and management guide*. TAC Publications.
- Zamora, D. (2019). *Evaluación de la transitabilidad vehicular en vías urbanas con pavimento flexible deteriorado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].

ANEXOS

PLANOS DE UBICACION

"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"



PLANO DE LOCALIZACIÓN
ESCALA 1/10,000

Área: 7042.28 m²
Área: 0.70423 Ha
Perímetro: 1146.73 ml.

PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA 1/2500

LEYENDA

LÍMITE DE PROYECTO	---
ÁREA DE PROYECTO	---

REGIÓN	: TACNA
PROVINCIA	: TACNA
DISTRITO	: CORONEL GREGORIO A.

PROYECTO:
"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"

PLANO:
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

ESC.:
INDICADA
FECHA:
OCTUBRE 2025

UNIVERSIDAD:
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

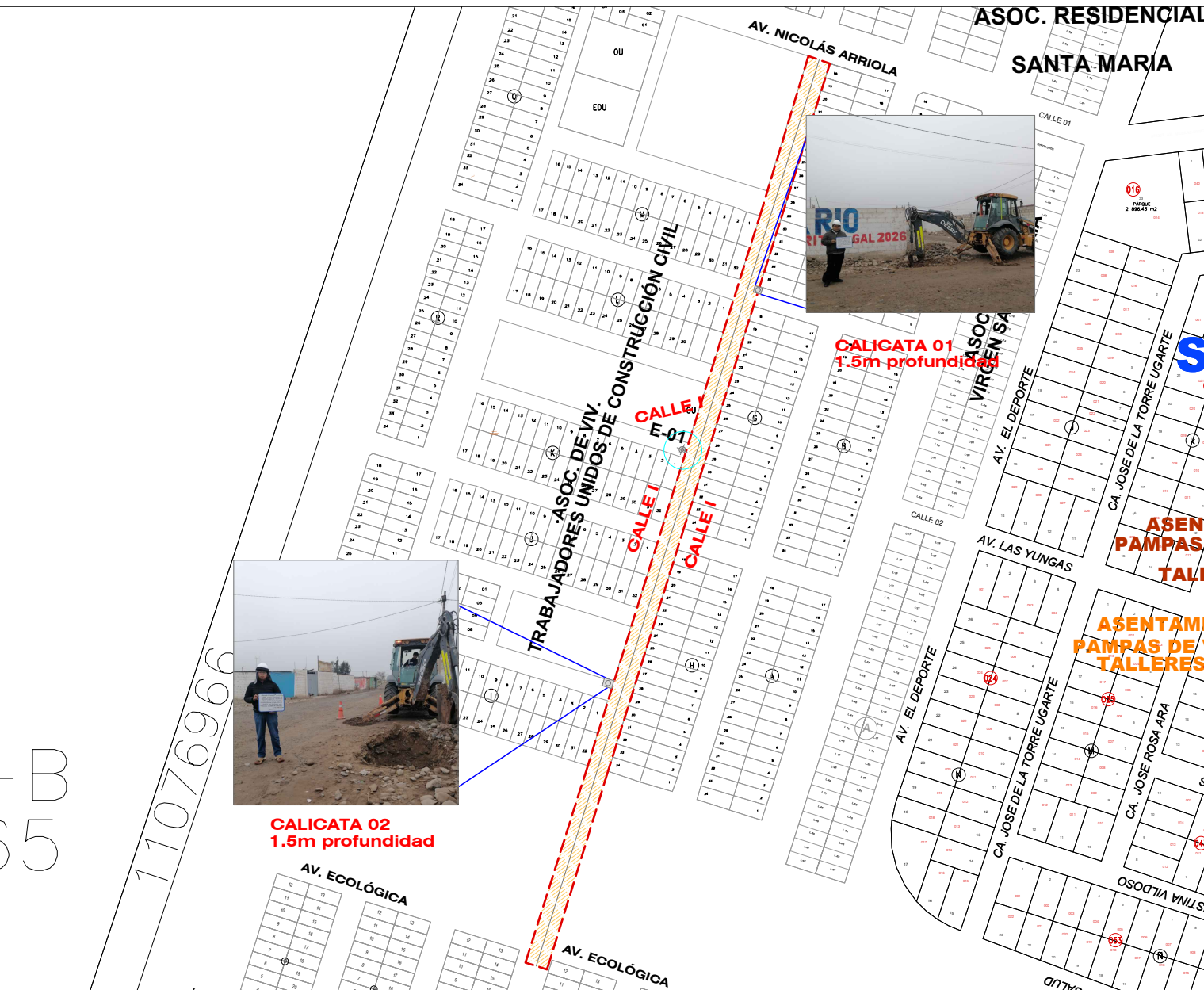
FACULTAD:
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL:
INGENIERÍA CIVIL

TESTIGAS:
- LUIS ARMANDO CHURACUTPA MAMANI 2019-129005
- CHRISTIAN CUPERTINO LLANDOS CONDON 2018-129018

ASESOR:
MSc. VÍCTOR YAPUCHURA PLATERO

LÁMINA:
U-01

"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"



PLANO DE LOCALIZACIÓN
ESCALA 1/10,000

Area: 7042.28 m²
Area: 0.70423 Ha
Perimetro: 1146.73 ml.

PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA 1/2500

LIMITE DE PROYECTO
AREA DE PROYECTO



LEYENDA

ESTACION DE CONTEO
CALICATAS



REGIÓN : TACNA
PROVINCIA : TACNA
DISTRITO : CORONEL GREGORIO A.

PROYECTO:
"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"

PLANO:
UBICACIÓN DE CALICATAS Y ESTACIÓN DE CONTEO

ESC.:
INDICADA

FECHA:
OCTUBRE 2025

UNIVERSIDAD:
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASABAR GRIJANOV

FACULTAD:
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL:
INGENIERÍA CIVIL

TESTIGAS:
- LUIS ARMANDO CHURACUTPA MAMANI 2019-129005
- CHRISTIAN CUPERTINO LLANDOS CONDON 2018-129018

ASESOR:
MSc. VÍCTOR YAPUCHURA PLATERO

LÁMINA:
UCE-01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025”

DEFINICION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES		METODOLOGIA		
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis General	Variable Independiente: DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE		Tipo de investigacion:		
¿De qué manera la propuesta de diseño del pavimento flexible, aplicando el método AASHTO-93, optimizará la transitabilidad vehicular de la Calle I, en la intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025?	Determinar la propuesta de diseño del pavimento flexible, aplicando el método AASHTO-93, para optimizar la transitabilidad vehicular de la Calle I, en la intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025.	La propuesta de diseño del pavimento flexible, aplicando el método AASHTO-93, mejorará significativamente la transitabilidad vehicular de la Calle I, en la intersección con las avenidas Nicolás Arriola y Ecológica del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025.	Dimensiones	Indicadores	Aplicada		
			Estudio de Suelos	Capacidad Portante del Suelo (CBR)		Nivel de investigacion:	
				Granulometria	Descriptivo		
				Contenido de humedad			Metodo:
				Proctor modificado	AASHTO-93		
				Módulo Resiliente (MR)			
				Limites de Atterberg			La poblacion esta representada por las asociaciones aledañas a la calle I.
				Clasificacion del suelo (AASHTO / SUCS)	Muestra:		
			Diseño de Estructural	Número Estructural (SN)			
				Espesor de capas (carpeta, base y subbase)			
				Confiabilidad y serviciabilidad (ΔPSI, R)			
Problema Especificos	Objetivos Especificos	Hipotesis Especificas	Variable Dependiente: TRANSITABILIDAD VEHICULAR				
¿Cuáles son las condiciones actuales del tránsito vehicular en la zona de estudio que deben considerarse para el diseño del pavimento flexible?	Realizar el estudio de tránsito vehicular para conocer el volumen, tipo y proyección del flujo vehicular que influirá en el diseño estructural del pavimento flexible.	El estudio de tránsito permitirá determinar de manera precisa las condiciones actuales y proyectadas del flujo vehicular.	Dimensiones	Indicadores			
¿Cuál es la capacidad de soporte del terreno mediante ensayos de laboratorio (CBR o módulo resiliente) en la subrasante de la vía?	Evaluar la capacidad de soporte del suelo mediante ensayos de laboratorio.	El estudio de mecánica de suelos permitirá evaluar la capacidad de soporte del terreno.	Estudio de Tránsito	Tasa de crecimiento			
				Factor de correccion			
¿Qué espesores estructurales resultan óptimos para las capas del pavimento flexible según el método AASHTO-93?	Diseñar la estructura del pavimento flexible aplicando el método AASHTO-93.	La aplicación del método AASHTO-93 permitirá dimensionar apropiadamente las capas estructurales del pavimento.		Intensidad Media Diaria Anual (IMDA)	Para el presente estudio la muestra está representada por 0+560 km de vía.		
¿En qué medida la propuesta de diseño del pavimento flexible mejorará la transitabilidad vehicular y la durabilidad esperada de la vía?	Evaluar los beneficios técnicos y funcionales del diseño en la mejora de la transitabilidad vehicular y la durabilidad esperada de la vía.	El diseño propuesto mejorará la transitabilidad vehicular y aumentará la durabilidad esperada de la vía.		Factor de Equivalencia de Ejes (ESAL)			
				Tránsito proyectado			

CONTEO DE TRAFICO

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACIÓN PRINCIPAL 1 - LUNES

ESTACIÓN PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1		
SENTIDO	x	E ←	x S →
UBICACIÓN	CALLE I		
DIA	Lunes		

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	E-1
DIA Y FECHA	11 8 2025

HORA	SENTI DO	MOTO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP 	PANEL 			2 E 	3 E 	4 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	>=3T3
00-01	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	1	0	0	0	0														
01-02	S	0	1	0	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
02-03	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
03-04	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	1	0	0	0	0	0	0														
04-05	S	1	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	2	2	1	0	0														
05-06	S	3	3	2	2	1	1	15														
	B	2	2	5	1	1	0	5														
06-07	S	6	9	2	1	0	0	14				1										
	B	8	0	2	0	0	0	28														
07-08	S	16	9	2	3	5	0	31														
	B	15	6	1	0	0	0	27														
08-09	S	9	2	3	0	1	0	33														
	B	16	4	2	1	3	0	27														
09-10	S	7	4	1	1	4	0	30					3									
	B	2	4	0	0	5	0	20					1									
10-11	S	1	0	1	3	2	0	19														
	B	0	0	0	1	1	0	20														
11-12	S	2	4	1	4	1	0	24														
	B	1	0	1	1	0	0	23														
12-13	S	6	3	3	3	1	0	25														
	B	9	1	4	1	1	0	23					3									
13-14	S	2	3	2	2	0	0	22				1				1						
	B	2	1	2	1	0	0	15														
14-15	S	3	1	2	0	0	0	25														
	B	2	0	1	0	0	0	20				1										
15-16	S	4	2	2	0	0	0	28														
	B	1	3	2	0	1	1	23														
16-17	S	3	1	3	0	2	0	24														
	B	2	1	2	0	1	0	20														
17-18	S	2	1	3	0	0	0	22														
	B	0	2	0	0	0	0	17														
18-19	S	4	7	4	1	1	0	23														
	B	4	9	5	2	0	0	28														
19-20	S	2	4	3	1	0	0	26														
	B	1	3	2	0	1	0	25														
20-21	S	0	1	4	0	1	1	19														
	B	1	2	2	1	0	0	16														
21-22	S	2	3	2	1	0	0	8														
	B	1	1	2	0	0	0	15														
22-23	S	3	0	1	0	0	0	0														
	B	2	1	1	0	0	0	0														
23-24	S	0	0	1	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
PARCIAL:		146	98	79	33	33	3	752	0	0	0	3	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : _____

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACIÓN PRINCIPAL 1 - MARTES

ESTACIÓN PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1		
SENTIDO	x	E ←	x S →
UBICACIÓN	CALLE I		
DIA	Martes		

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	E-1
DIA Y FECHA	12 8 2025

HORA	SENTI DO	MOTO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP 	PANEL 			2 E 	3 E 	4 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	>=3T3
00-01	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	1	0	0	0	0	0														
01-02	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
02-03	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
03-04	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
04-05	S	1	1	0	0	0	0	0														
	B	1	0	1	1	0	0	0														
05-06	S	1	2	1	1	1	0	1														
	B	2	1	3	1	1	0	5														
06-07	S	7	8	1	1	0	0	15														
	B	9	1	1	0	0	0	20														
07-08	S	15	8	1	1	4	0	28				1										
	B	12	5	2	0	0	0	22														
08-09	S	8	1	4	1	2	0	35				1										
	B	10	3	1	0	2	0	25														
09-10	S	5	5	1	1	3	0	32														
	B	1	5	0	1	4	0	25				1										
10-11	S	1	0	0	2	1	0	20														
	B	0	0	1	0	1	0	18														
11-12	S	2	3	1	3	1	0	22					1									
	B	2	2	2	2	0	0	25				1										
12-13	S	5	2	1	3	1	0	22														
	B	7	0	4	2	2	0	20					1									
13-14	S	2	3	2	1	0	0	20														
	B	1	1	1	1	0	0	16				1										
14-15	S	2	2	1	0	1	0	22														
	B	1	0	0	0	0	0	18														
15-16	S	2	2	2	0	0	1	25														
	B	1	0	1	0	0	0	20				1										
16-17	S	2	1	2	0	1	0	25														
	B	1	0	3	0	0	0	20														
17-18	S	0	2	1	0	0	0	23														
	B	1	1	0	0	0	0	20														
18-19	S	3	6	2	2	1	0	26														
	B	2	5	3	2	0	0	29														
19-20	S	2	3	2	1	0	0	25														
	B	1	5	2	0	1	0	24														
20-21	S	2	1	3	0	0	1	18														
	B	2	1	2	1	1	0	17														
21-22	S	3	3	2	1	0	0	9														
	B	2	2	2	0	0	0	12														
22-23	S	0	0	1	0	0	0	0														
	B	0	1	1	0	0	0	0														
23-24	S	0	0	1	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
PARCIAL:		119	87	59	29	27	3	727	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : _____

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACIÓN PRINCIPAL 1 - MIERCOLES

ESTACIÓN PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1		
SENTIDO	x	E ←	x S →
UBICACIÓN	CALLE I		
DIA	Miércoles		

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	E-1
DIA Y FECHA	13 8 2025

HORA	SENTI DO	MOTO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP 	PANEL 			2 E 	3 E 	4 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	>=3T3
00-01	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	0	1	0	0	0														
01-02	S	0	1	1	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
02-03	S	0	1	0	0	0	0	0														
	B	0	0	1	0	0	0	0														
03-04	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	1	1	0	0	0	1	0														
04-05	S	2	1	1	1	1	1	0														
	B	1	1	2	1	1	0	0														
05-06	S	3	2	2	1	2	1	21														
	B	2	5	3	1	2	0	5														
06-07	S	8	9	2	2	1	1	25						1								
	B	7	2	1	1	1	0	16														
07-08	S	10	8	3	2	3	0	31						1								
	B	12	4	2	1	1	0	17														
08-09	S	10	4	2	1	2	1	35						1								
	B	8	5	1	1	2	0	31						2								
09-10	S	6	4	1	1	3	1	26														
	B	4	3	1	0	3	0	15						1								
10-11	S	3	2	3	1	2	0	24						1								
	B	4	3	1	2	1	0	22														
11-12	S	4	5	1	4	2	0	30														
	B	2	2	2	2	1	0	26														
12-13	S	7	4	2	3	1	0	23						1								
	B	8	2	3	1	1	0	15														
13-14	S	5	5	4	1	0	0	22						2								
	B	3	4	2	1	0	0	19						1								
14-15	S	4	2	2	0	0	0	25														
	B	2	1	1	0	0	0	20														
15-16	S	2	4	3	0	0	0	27														
	B	4	3	2	0	1	0	23						1								
16-17	S	5	5	2	0	2	0	26														
	B	4	2	4	0	1	0	22														
17-18	S	6	3	3	1	0	0	24														
	B	3	3	2	0	0	0	22														
18-19	S	3	6	1	1	1	0	24						1								
	B	4	8	3	1	0	0	28														
19-20	S	2	3	2	1	0	0	26														
	B	3	3	3	1	1	0	29						1								
20-21	S	3	2	3	0	0	1	17														
	B	4	2	1	1	0	0	21														
21-22	S	2	4	2	1	0	0	7														
	B	2	2	2	0	0	0	14														
22-23	S	2	1	1	0	0	0	0														
	B	1	1	1	0	0	0	0														
23-24	S	0	1	1	0	0	0	0														
	B	1	0	1	0	0	0	0														
PARCIAL:		167	134	81	36	34	6	769	0	0	0	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : _____

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACIÓN PRINCIPAL 1 - JUEVES

ESTACIÓN PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1		
SENTIDO	x	E ←	x
UBICACIÓN	CALLE I		S →
DIA	Jueves		

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	E-1
DIA Y FECHA	14 8 2025

HORA	SENTI DO	MOTO 	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS		RURAL Combi 	MICRO 	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP 	PANEL 			2 E 	3 E 	4 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	>=3T3 
00-01	S	0	0	0	0	0	0	0	0													
	B	0	0	0	1	0	0	0	0													
01-02	S	0	0	1	0	0	0	0	0													
	B	0	0	0	0	0	0	0	0													
02-03	S	1	1	0	0	0	0	0	0													
	B	0	0	1	0	0	0	0	0													
03-04	S	0	0	0	0	0	0	0	0													
	B	1	1	0	0	0	1	0	0													
04-05	S	2	2	1	1	1	1	0	12													
	B	3	1	1	0	1	0	0	0													
05-06	S	4	4	0	0	0	0	0	27													
	B	4	3	3	1	2	0	6	6													
06-07	S	10	10	2	3	2	1	35														
	B	5	4	0	2	2	0	14														
07-08	S	8	6	3	1	1	0	31														
	B	9	2	3	1	1	0	18														
08-09	S	14	5	1	2	3	1	37				2										
	B	8	5	0	0	1	0	35				2										
09-10	S	4	4	0	1	1	1	21							1							
	B	6	2	2	0	0	0	17				1										
10-11	S	4	3	4	1	1	0	28														
	B	5	5	1	2	2	0	23														
11-12	S	5	6	1	3	3	0	34				2										
	B	7	4	2	2	1	0	30				1										
12-13	S	8	4	1	2	0	0	21														
	B	7	2	1	0	0	0	17														
13-14	S	7	7	5	0	0	0	21														
	B	4	6	2	0	0	0	18														
14-15	S	5	2	2	0	0	0	25														
	B	6	3	0	0	0	0	20														
15-16	S	4	4	4	0	0	0	26														
	B	5	3	2	0	0	0	22														
16-17	S	6	6	0	0	1	0	28														
	B	5	7	5	0	0	0	24				1										
17-18	S	7	5	2	1	0	0	25					1									
	B	5	3	3	0	0	0	27														
18-19	S	2	4	4	0	0	0	25					1									
	B	5	6	5	0	0	0	28														
19-20	S	4	1	2	1	0	0	26														
	B	6	3	4	1	0	0	32														
20-21	S	6	3	3	0	0	0	15														
	B	5	2	2	0	0	0	25														
21-22	S	2	4	1	0	0	0	8														
	B	3	2	1	0	0	0	12														
22-23	S	1	2	1	0	0	0	0														
	B	0	1	0	0	0	0	0														
23-24	S	0	1	0	0	0	0	0														
	B	1	0	1	0	0	0	0														
PARCIAL:		204	149	77	26	23	4	813	0	0	0	4	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : _____

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACIÓN PRINCIPAL 1 - VIERNES

ESTACIÓN PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1		
SENTIDO	x	E ←	x
UBICACIÓN	CALLE I		S →
DIA	Viernes		

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	E-1
DIA Y FECHA	15 8 2025

HORA	SENTI DO	MOTO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP 	PANEL 			2 E 	3 E 	4 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	>=3T3
00-01	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	1	0	0	0	0	0														
01-02	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	1	0	0	0	0														
02-03	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
03-04	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
04-05	S	1	2	0	0	1	0	14														
	B	0	1	2	0	0	0	0														
05-06	S	2	0	2	0	0	1	20														
	B	1	2	2	2	0	1	7					1									
06-07	S	6	5	1	2	1	1	27														
	B	2	2	1	0	0	0	10														
07-08	S	12	13	0	1	0	0	25														
	B	12	4	0	3	0	0	15					2									
08-09	S	10	15	5	3	2	0	40														
	B	12	12	2	1	2	0	34														
09-10	S	12	7	6	2	1	0	40					3									
	B	11	3	1	1	0	0	29														
10-11	S	5	7	3	2	1	2	25														
	B	5	2	0	0	1	1	27														
11-12	S	5	3	2	4	0	2	32														
	B	1	3	0	3	0	1	26														
12-13	S	5	8	0	2	3	0	22														
	B	4	3	1	0	0	1	25														
13-14	S	6	12	3	2	1	2	31														
	B	9	10	6	3	7	3	27					2									
14-15	S	4	6	2	1	0	0	35														
	B	5	5	3	2	0	0	28					3									
15-16	S	3	4	3	0	0	1	27														
	B	4	3	2	0	0	0	22														
16-17	S	2	2	5	2	0	1	30														
	B	2	0	1	1	0	1	25														
17-18	S	1	2	4	2	0	0	28														
	B	0	2	5	3	2	1	21					1									
18-19	S	2	3	6	0	3	0	34														
	B	3	1	5	0	0	1	29														
19-20	S	2	0	1	1	0	0	25														
	B	2	2	2	1	1	0	21														
20-21	S	3	3	2	0	1	0	10														
	B	1	2	0	0	0	1	22														
21-22	S	1	1	0	0	1	0	4														
	B	2	1	0	0	0	0	10														
22-23	S	0	0	1	0	0	0	0														
	B	0	0	0	0	0	0	0														
23-24	S	0	0	0	0	0	0	0														
	B	0	0	1	0	0	0	0														
PARCIAL:		158	152	81	44	28	21	847	0	0	0	11	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : _____

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACIÓN PRINCIPAL 1 - SABADO

ESTACIÓN PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1	
SENTIDO	x	E ←
UBICACIÓN	CALLE I	x
DIA	Sábado	

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	E-1
DIA Y FECHA	16 8 2025

HORA	SENTI DO	MOTO 	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS		RURAL Combi 	MICRO 	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP 	PANEL 			2 E 	3 E 	4 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	>=3T3 
00-01	S	0	0	0	0	0	0	0	0													
	B	0	0	0	0	0	0	0	0													
01-02	S	0	1	0	0	0	0	0	0													
	B	0	0	1	0	0	0	0	0													
02-03	S	0	1	1	0	0	0	0	0													
	B	1	1	0	0	0	0	0	0													
03-04	S	0	0	0	0	0	0	0	0													
	B	1	0	1	1	0	0	0	0													
04-05	S	0	0	1	1	1	0	0	11													
	B	1	2	0	0	1	0	0	0													
05-06	S	2	4	1	1	1	0	0	20													
	B	3	0	2	0	0	0	0	5													
06-07	S	7	9	1	0	0	0	2	13													
	B	5	0	1	0	0	0	0	8													
07-08	S	3	16	3	2	1	1	1	24													
	B	3	4	4	1	0	1	1	19					1								
08-09	S	7	9	1	9	0	1	1	28					1								
	B	6	5	0	1	0	0	0	19													
09-10	S	4	4	2	0	4	4	4	23					4								
	B	3	3	0	0	1	0	0	18													
10-11	S	8	7	2	1	2	0	0	20													
	B	6	2	1	0	3	1	1	15													
11-12	S	10	9	4	6	1	1	1	31					1								
	B	6	6	1	0	1	1	1	14													
12-13	S	1	2	0	0	0	0	0	25													
	B	2	0	0	0	0	0	0	20													
13-14	S	2	0	1	0	1	0	0	28													
	B	3	2	0	0	0	0	0	24													
14-15	S	4	3	1	0	0	1	1	24					1								
	B	1	1	4	0	0	0	0	21													
15-16	S	2	2	3	1	0	0	0	21													
	B	2	1	4	0	0	1	1	25													
16-17	S	1	4	1	0	0	1	1	24													
	B	0	2	5	1	2	1	1	18					1								
17-18	S	2	3	2	0	0	1	1	25													
	B	3	1	4	1	0	0	0	21					1								
18-19	S	1	1	1	0	0	0	0	26													
	B	1	2	1	0	0	1	1	21													
19-20	S	0	1	2	0	0	0	0	20													
	B	0	1	0	0	0	0	0	15													
20-21	S	0	1	0	0	0	0	0	15													
	B	0	0	1	0	1	0	0	18													
21-22	S	0	0	2	0	1	0	0	5													
	B	0	0	2	0	0	0	0	12													
22-23	S	0	0	0	0	0	0	0	0													
	B	0	0	0	0	0	0	0	0													
23-24	S	0	0	0	0	0	0	0	0													
	B	0	0	0	0	0	0	0	0													
PARCIAL:		101	110	61	26	19	18	676	0	0	0	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : _____

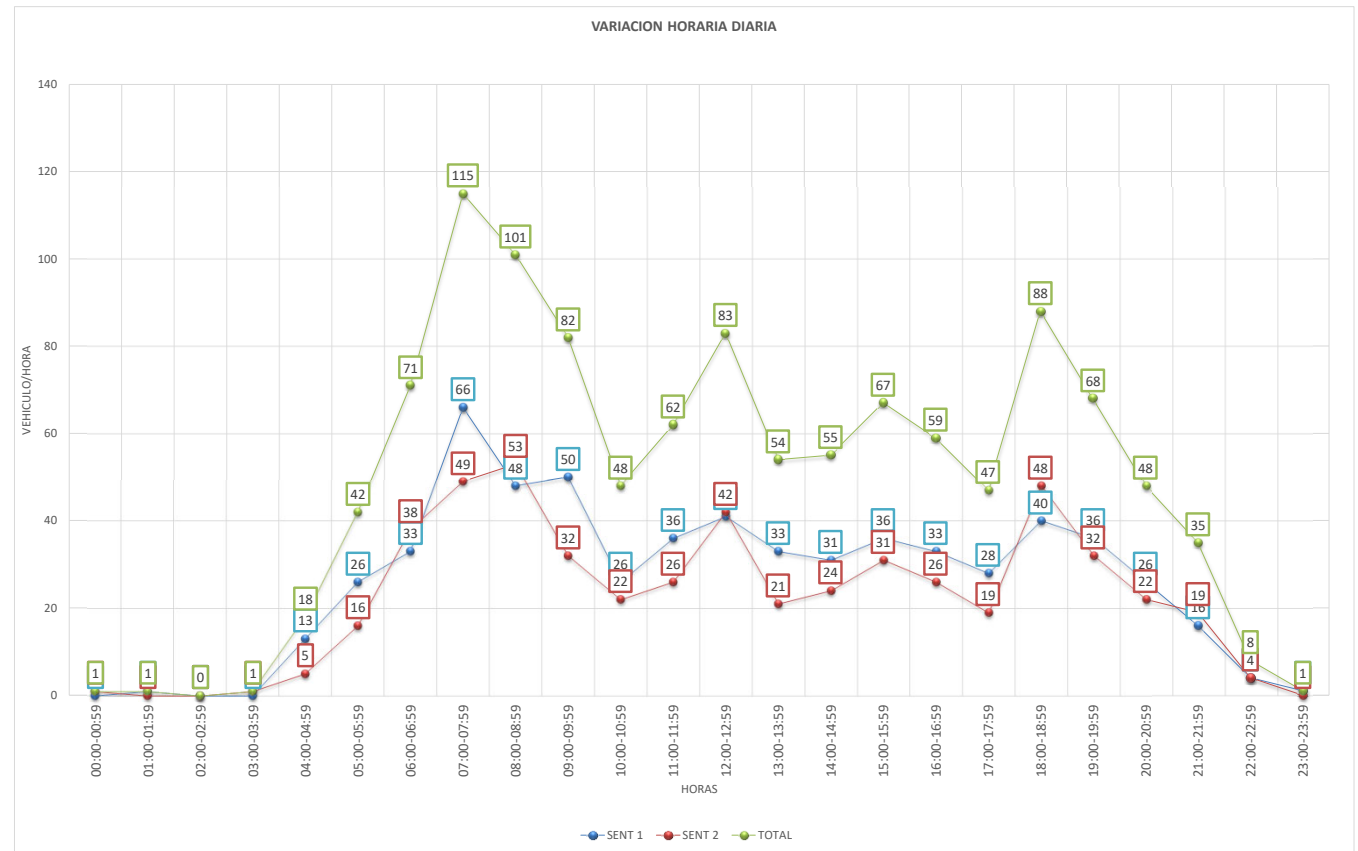
JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

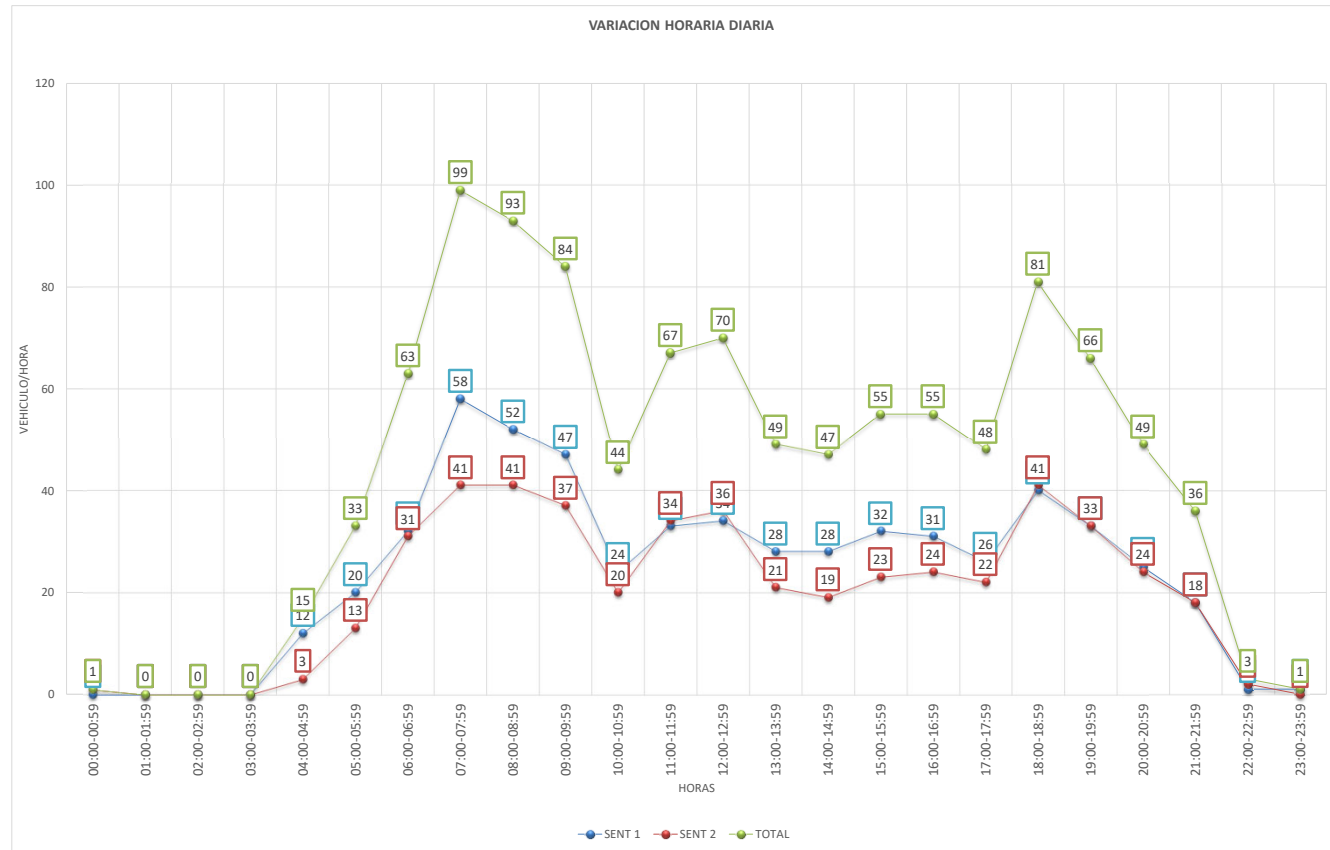
DIA	LUNES
ESTACION	1
CODIGO DE ESTACION	E-1

HORA	SENT 1	SENT 2	TOTAL
00:00-00:59	0	1	1
01:00-01:59	1	0	1
02:00-02:59	0	0	0
03:00-03:59	0	1	1
04:00-04:59	13	5	18
05:00-05:59	26	16	42
06:00-06:59	33	38	71
07:00-07:59	66	49	115
08:00-08:59	48	53	101
09:00-09:59	50	32	82
10:00-10:59	26	22	48
11:00-11:59	36	26	62
12:00-12:59	41	42	83
13:00-13:59	33	21	54
14:00-14:59	31	24	55
15:00-15:59	36	31	67
16:00-16:59	33	26	59
17:00-17:59	28	19	47
18:00-18:59	40	48	88
19:00-19:59	36	32	68
20:00-20:59	26	22	48
21:00-21:59	16	19	35
22:00-22:59	4	4	8
23:00-23:59	1	0	1
	624	531	1155



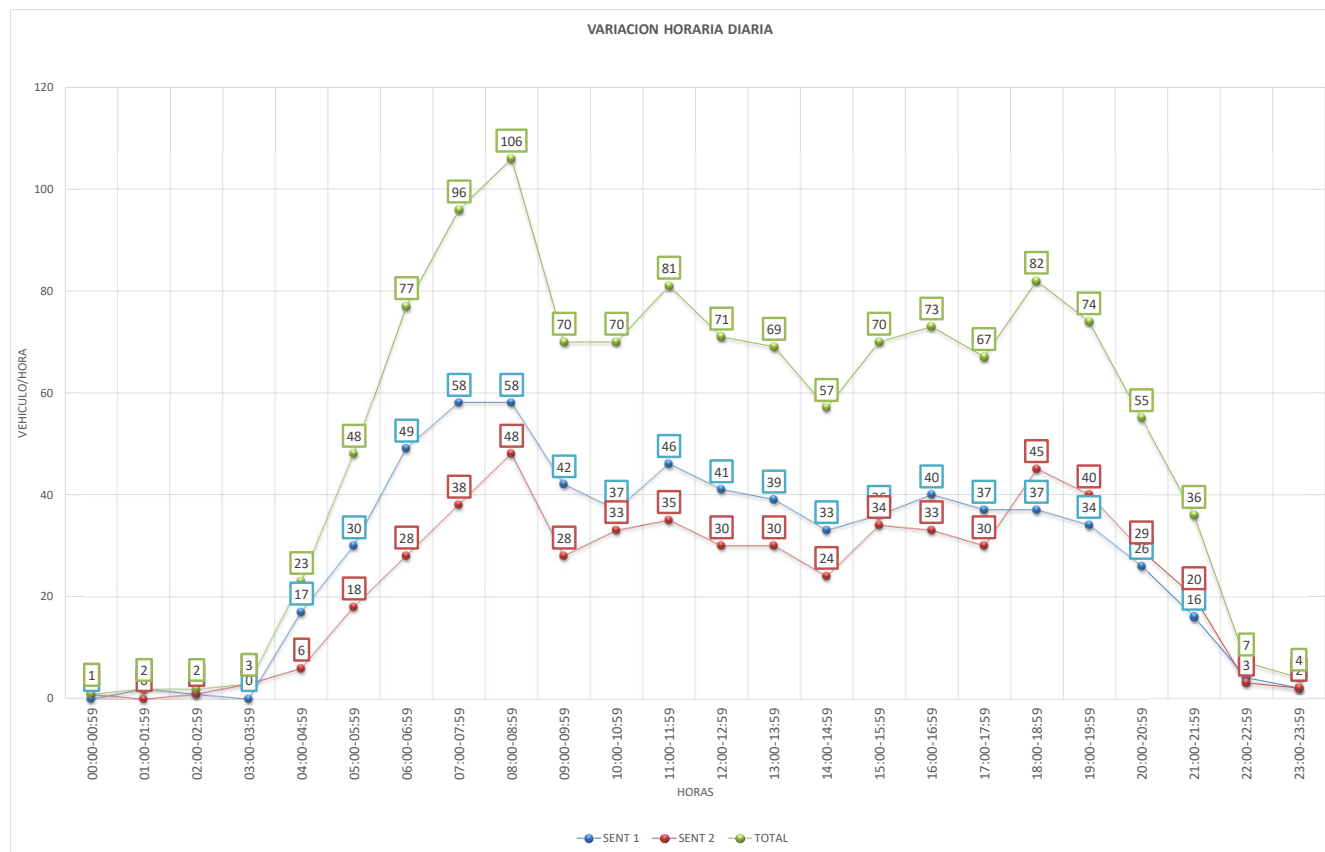
DIA	MARTES
ESTACION	1
CODIGO DE E	E-1

HORA	SENT 1	SENT 2	TOTAL
00:00-00:59	0	1	1
01:00-01:59	0	0	0
02:00-02:59	0	0	0
03:00-03:59	0	0	0
04:00-04:59	12	3	15
05:00-05:59	20	13	33
06:00-06:59	32	31	63
07:00-07:59	58	41	99
08:00-08:59	52	41	93
09:00-09:59	47	37	84
10:00-10:59	24	20	44
11:00-11:59	33	34	67
12:00-12:59	34	36	70
13:00-13:59	28	21	49
14:00-14:59	28	19	47
15:00-15:59	32	23	55
16:00-16:59	31	24	55
17:00-17:59	26	22	48
18:00-18:59	40	41	81
19:00-19:59	33	33	66
20:00-20:59	25	24	49
21:00-21:59	18	18	36
22:00-22:59	1	2	3
23:00-23:59	1	0	1
	575	484	1059



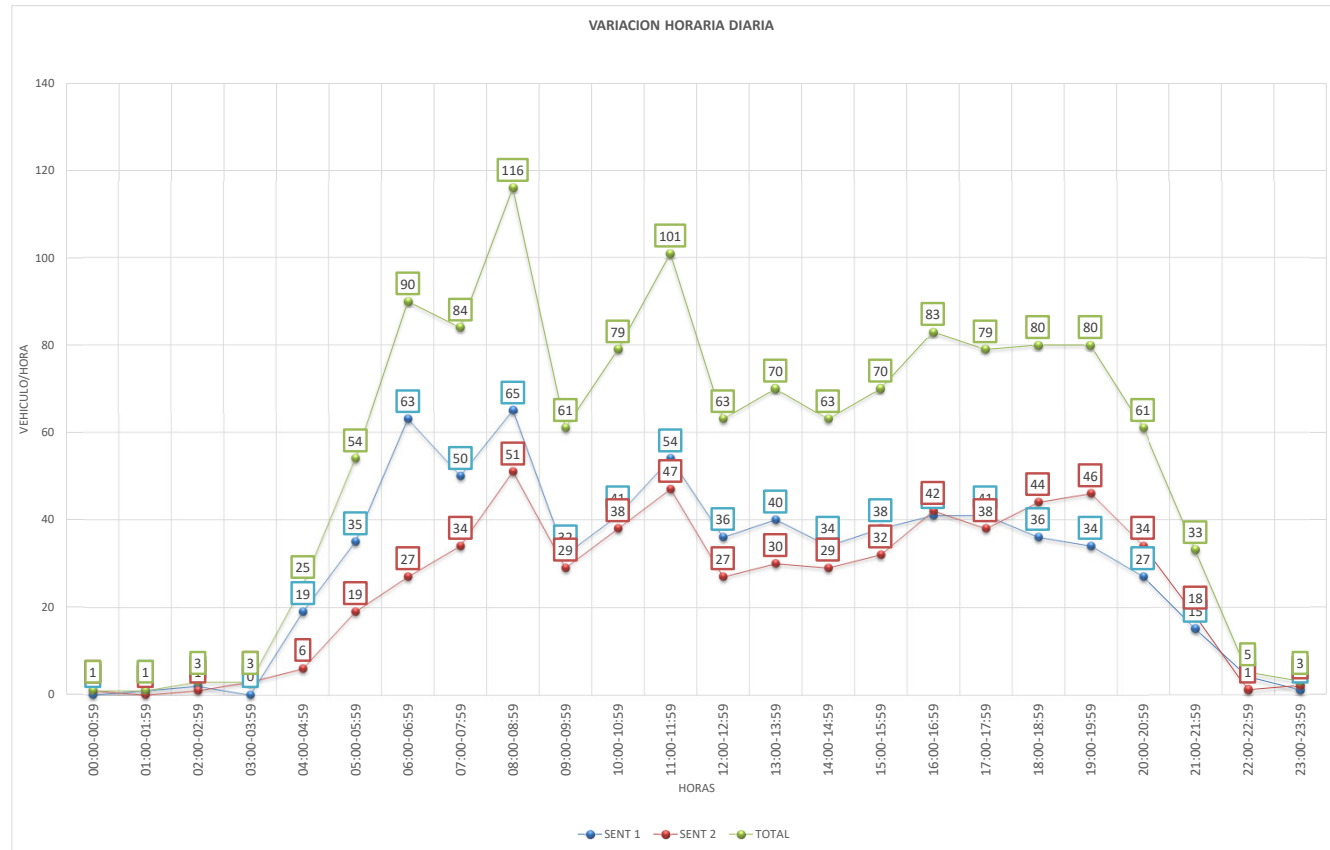
DIA	MIERCOLES
ESTACION	1
CODIGO DE E	E-1

HORA	SENT 1	SENT 2	TOTAL
00:00-00:59	0	1	1
01:00-01:59	2	0	2
02:00-02:59	1	1	2
03:00-03:59	0	3	3
04:00-04:59	17	6	23
05:00-05:59	30	18	48
06:00-06:59	49	28	77
07:00-07:59	58	38	96
08:00-08:59	58	48	106
09:00-09:59	42	28	70
10:00-10:59	37	33	70
11:00-11:59	46	35	81
12:00-12:59	41	30	71
13:00-13:59	39	30	69
14:00-14:59	33	24	57
15:00-15:59	36	34	70
16:00-16:59	40	33	73
17:00-17:59	37	30	67
18:00-18:59	37	45	82
19:00-19:59	34	40	74
20:00-20:59	26	29	55
21:00-21:59	16	20	36
22:00-22:59	4	3	7
23:00-23:59	2	2	4
	685	559	1244



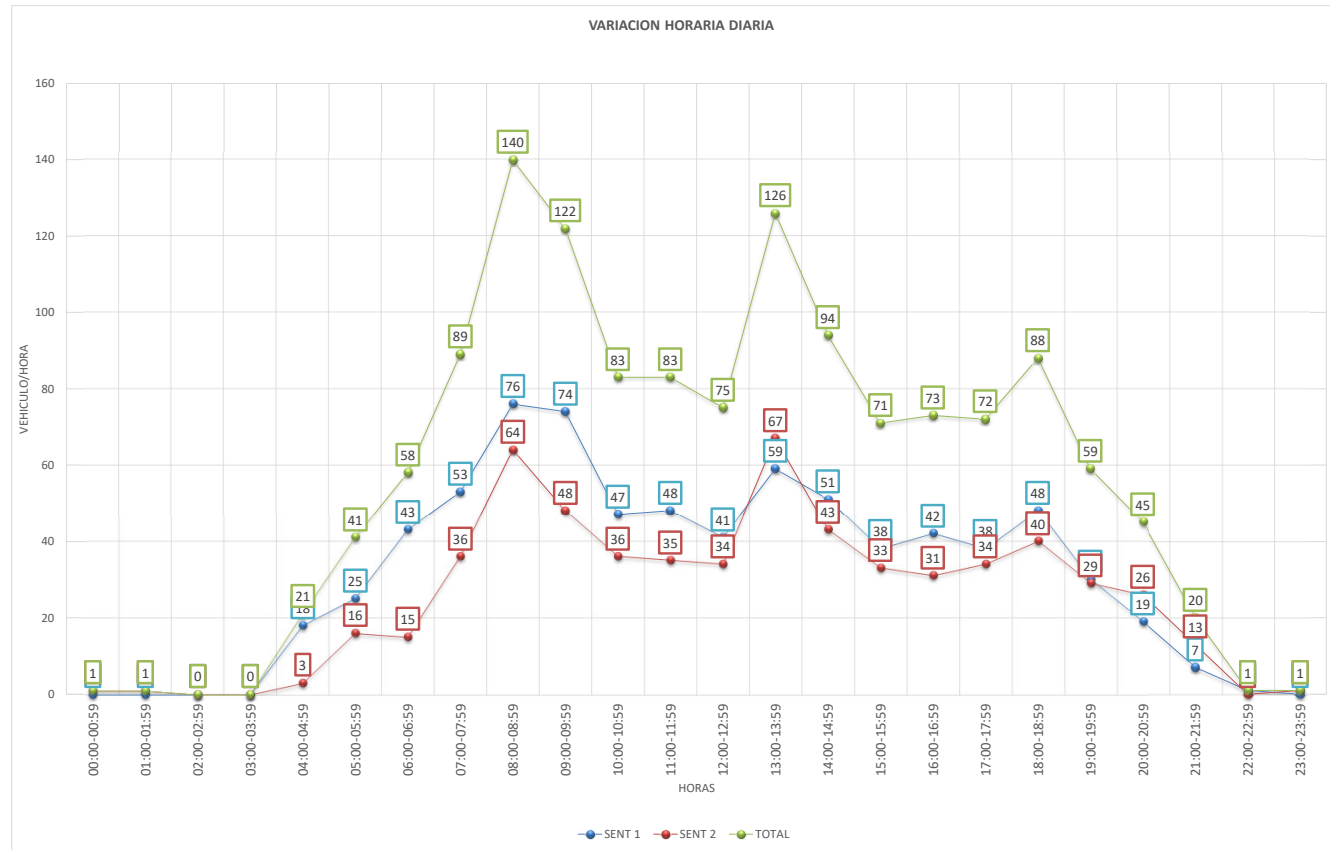
DIA	JUEVES
ESTACION	1
CODIGO DE E	E-1

HORA	SENT 1	SENT 2	TOTAL
00:00-00:59	0	1	1
01:00-01:59	1	0	1
02:00-02:59	2	1	3
03:00-03:59	0	3	3
04:00-04:59	19	6	25
05:00-05:59	35	19	54
06:00-06:59	63	27	90
07:00-07:59	50	34	84
08:00-08:59	65	51	116
09:00-09:59	32	29	61
10:00-10:59	41	38	79
11:00-11:59	54	47	101
12:00-12:59	36	27	63
13:00-13:59	40	30	70
14:00-14:59	34	29	63
15:00-15:59	38	32	70
16:00-16:59	41	42	83
17:00-17:59	41	38	79
18:00-18:59	36	44	80
19:00-19:59	34	46	80
20:00-20:59	27	34	61
21:00-21:59	15	18	33
22:00-22:59	4	1	5
23:00-23:59	1	2	3
	709	599	1308



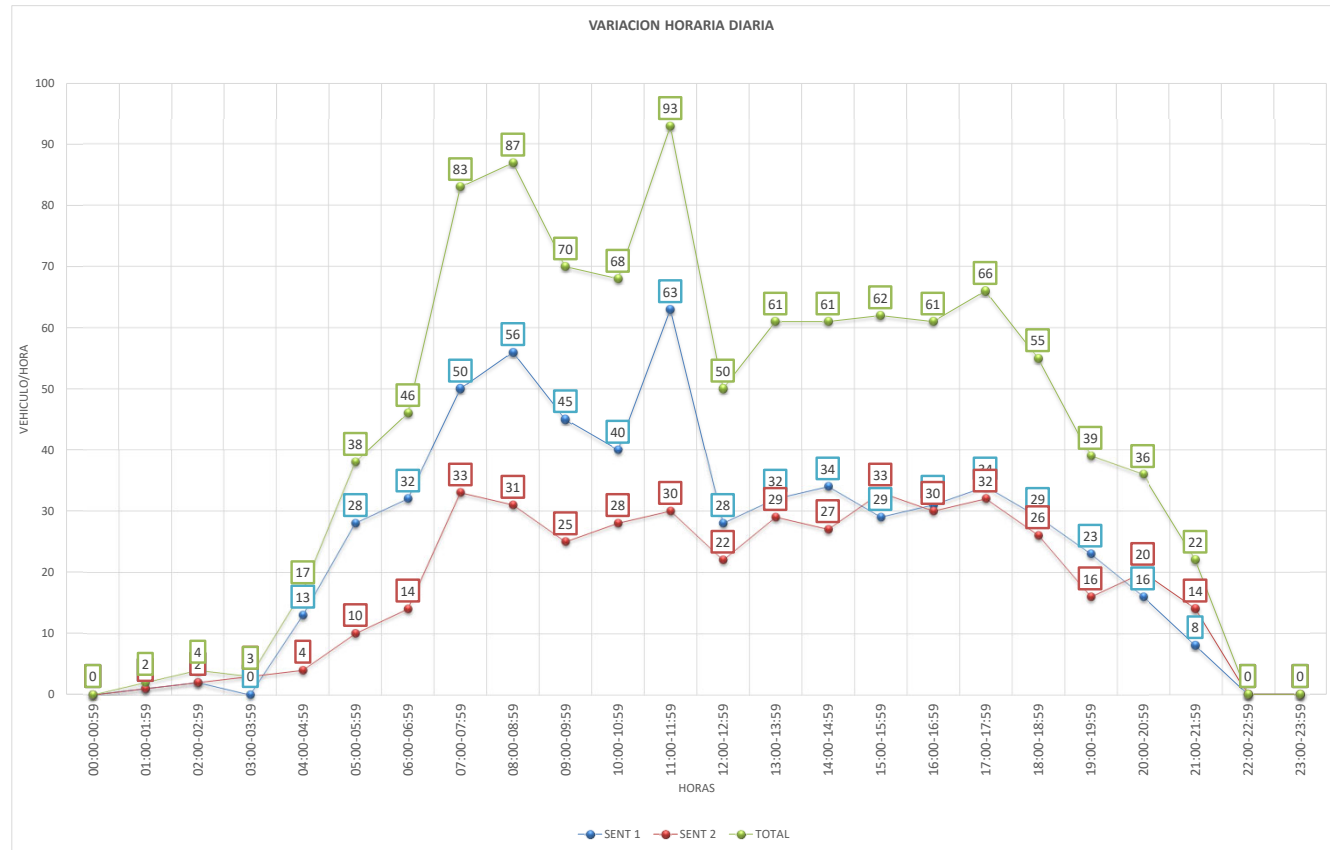
DIA	VIERNES
ESTACION	1
CODIGO DE E	E-1

HORA	SENT 1	SENT 2	TOTAL
00:00-00:59	0	1	1
01:00-01:59	0	1	1
02:00-02:59	0	0	0
03:00-03:59	0	0	0
04:00-04:59	18	3	21
05:00-05:59	25	16	41
06:00-06:59	43	15	58
07:00-07:59	53	36	89
08:00-08:59	76	64	140
09:00-09:59	74	48	122
10:00-10:59	47	36	83
11:00-11:59	48	35	83
12:00-12:59	41	34	75
13:00-13:59	59	67	126
14:00-14:59	51	43	94
15:00-15:59	38	33	71
16:00-16:59	42	31	73
17:00-17:59	38	34	72
18:00-18:59	48	40	88
19:00-19:59	30	29	59
20:00-20:59	19	26	45
21:00-21:59	7	13	20
22:00-22:59	1	0	1
23:00-23:59	0	1	1
	758	606	1364



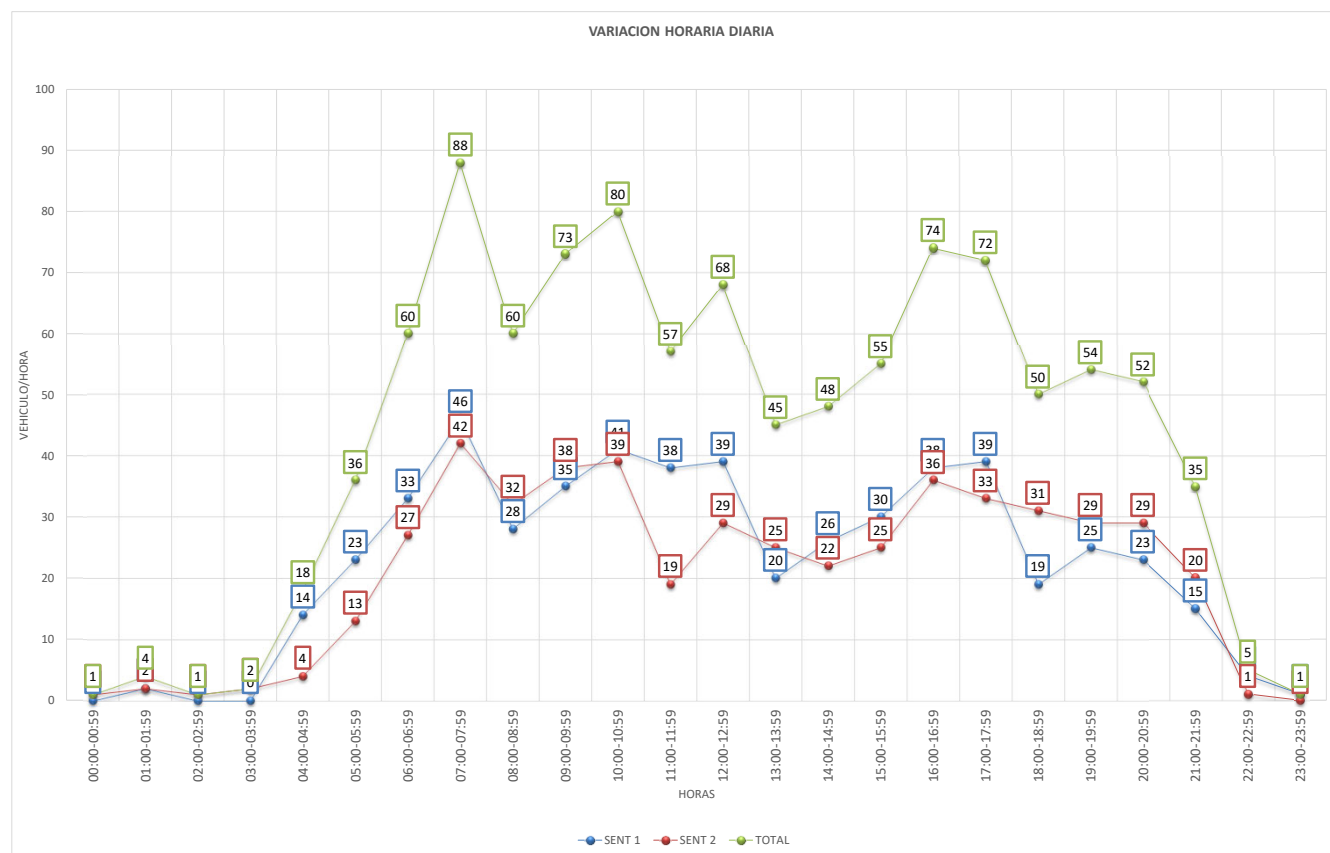
DIA	SABADO
ESTACION	1
CODIGO DE E	E-1

HORA	SENT 1	SENT 2	TOTAL
00:00-00:59	0	0	0
01:00-01:59	1	1	2
02:00-02:59	2	2	4
03:00-03:59	0	3	3
04:00-04:59	13	4	17
05:00-05:59	28	10	38
06:00-06:59	32	14	46
07:00-07:59	50	33	83
08:00-08:59	56	31	87
09:00-09:59	45	25	70
10:00-10:59	40	28	68
11:00-11:59	63	30	93
12:00-12:59	28	22	50
13:00-13:59	32	29	61
14:00-14:59	34	27	61
15:00-15:59	29	33	62
16:00-16:59	31	30	61
17:00-17:59	34	32	66
18:00-18:59	29	26	55
19:00-19:59	23	16	39
20:00-20:59	16	20	36
21:00-21:59	8	14	22
22:00-22:59	0	0	0
23:00-23:59	0	0	0
	594	430	1024



DIA	DOMINGO
ESTACION	1
CODIGO DE E	E-1

HORA	SENT 1	SENT 2	TOTAL
00:00-00:59	0	1	1
01:00-01:59	2	2	4
02:00-02:59	0	1	1
03:00-03:59	0	2	2
04:00-04:59	14	4	18
05:00-05:59	23	13	36
06:00-06:59	33	27	60
07:00-07:59	46	42	88
08:00-08:59	28	32	60
09:00-09:59	35	38	73
10:00-10:59	41	39	80
11:00-11:59	38	19	57
12:00-12:59	39	29	68
13:00-13:59	20	25	45
14:00-14:59	26	22	48
15:00-15:59	30	25	55
16:00-16:59	38	36	74
17:00-17:59	39	33	72
18:00-18:59	19	31	50
19:00-19:59	25	29	54
20:00-20:59	23	29	52
21:00-21:59	15	20	35
22:00-22:59	4	1	5
23:00-23:59	1	0	1
	539	500	1039



HOJAS DE CALCULO

ASPECTOS DE LA DEMANDA

1. GENERALIDADES

LEYENDA:

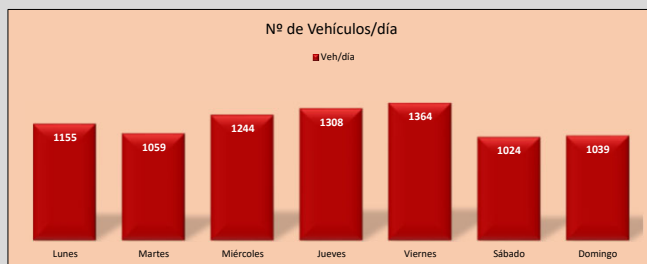
Datos a ingresar

Departamento:	1 - Origen
Provincia:	TACNA
Distrito:	CORONEL GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA
Horizonte del Proyecto (en años):	Años

1.1 Determinación del tráfico actual

i) Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Resultados de los conteos de tráfico:		Mes: 8		Año: 2025			
Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Motos	146	119	167	204	158	101	141
Automovil	98	87	134	149	152	110	96
Station Wagon	79	59	81	77	81	61	52
Camioneta (Pickup/Panel)	66	56	70	49	72	45	77
C.Rural (Combi)	3	3	6	4	21	18	2
Micro	752	727	769	813	847	676	660
Bus 2E	-	-	-	-	-	-	-
Bus 3E	-	-	-	-	-	-	-
Bus 4E	-	-	-	-	-	-	-
Camión 2E	3	4	6	4	11	2	7
Camión 3E	7	4	11	7	22	11	4
Camión 4E	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	-	-	-	1	-	-	-
Semitrayler (T2S3)	1	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	-	-	-	-	-	-	-
Semitrayler (T3S3)	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C2R2)	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C2R3)	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C3R2)	-	-	-	-	-	-	-
Trayler (C3R3)	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	1155	1059	1244	1308	1364	1024	1039



ii) Determinar los factores de corrección estacional de una estación de peaje cercano al camino

F.C.E. Vehículos ligeros:	0.989978	Ver hoja A3. FC (Llenar campo manualmente)
F.C.E. Vehículos pesados:	1.007543	Ver hoja A3. FC (Llenar campo manualmente)

iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_A = IMD_S * FC \quad \quad \quad IMD_S = \frac{\sum Vi}{7}$$

Donde:	IMD _S =	Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
	IMD _A =	Índice Medio Anual
	Vi =	Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
	FCE =	Factores de Corrección Estacional

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL SEMANAL	IMD	FC	IMD	Distribución (%)
Moto	146	119	167	204	158	101	141	1,036	148	0.9900	147	12.62
Automovil	98	87	134	149	152	110	96	826	118	0.9900	117	10.04
Station Wagon	79	59	81	77	81	61	52	490	70	0.9900	70	6.01
Camioneta (Pickup/Panel)	66	56	70	49	72	45	77	435	62	0.9900	62	5.32
C.Rural (Combi)	3	3	6	4	21	18	2	57	8	0.9900	9	0.77
Micro	752	727	769	813	847	676	660	5,244	749	0.9900	742	63.69
Bus 2E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Bus 3E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Bus 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Camión 2E	3	4	6	4	11	2	7	37	5	1.0075	6	0.52
Camión 3E	7	4	11	7	22	11	4	66	9	1.0075	10	0.86
Camión 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	-	-	-	1	-	-	-	1	0	1.0075	1	0.09
Semitrayler (T2S3)	1	-	-	-	-	-	-	1	0	1.0075	1	0.09
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Semitrayler (T3S3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Trayler (C2R2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Trayler (C2R3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Trayler (C3R2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
Trayler (C3R3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0075	-	-
TOTAL	1155	1059	1244	1308	1364	1024	1039	8193	1170		1165	100.0

2. ANALISIS DE LA DEMANDA

2.1 Demanda Proyectada

$$T_n = T_0 * (1 + r)^n$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

T_0 = Tránsito actual (año base) en veh/día

n = año futuro de proyección

r = tasa anual de crecimiento de tránsito

Tasa de Crecimiento x Región en %

r_{vp} = **2.13%**

(Ver A4.TC - Tasa de Crecimiento Anual de la Población)

(para vehículos de pasajeros)

r_{vc} = **2.36%**

(Ver A4.TC - Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional)

(para vehículos de carga)

Tipo de Vehículo	Año 0	Tasa de crecimiento	Año 1
Tráfico Normal	1165	Veh Ligero/pesado	1188
Moto	147	2.13%	150
Automovil	117	2.13%	119
Station Wagon	70	2.13%	71
Camioneta (Pickup/Panel)	62	2.13%	63
C.Rural (Combi)	9	2.13%	9
Micro	742	2.13%	758
Bus 2E	0	2.36%	0
Bus 3E	0	2.36%	0
Bus 4E	0	2.36%	0
Camión 2E	6	2.36%	6
Camión 3E	10	2.36%	10
Camión 4E	0	2.36%	0
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	1	2.36%	1
Semitrayler (T2S3)	1	2.36%	1
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	0	2.36%	0
Semitrayler (T3S3)	0	2.36%	0
Trayler (C2R2)	0	2.36%	0
Trayler (C2R3)	0	2.36%	0
Trayler (C3R2)	0	2.36%	0
Trayler (C3R3)	0	2.36%	0

2.2 EJES EQUIVALENTES

Tipo de Vehículo	IMDa	Factor Equivalencia	FD	FC	FCA	Ejes Equivalente
Automovil	119	0.0011	0.5	1.0	11.01641	0.690872
Station Wagon	71	0.0011	0.5	1.0	11.01641	0.412201
Camioneta (Pickup/Panel)	63	0.0011	0.5	1.0	11.01641	0.365756
C.Rural (Combi)	9	0.0011	0.5	1.0	11.01641	0.052251
Micro	758	0.0011	0.5	1.0	11.01641	4.400680
Bus 2E	-	4.5037	0.5	1.0	11.13168	-
Bus 3E	-	2.6313	0.5	1.0	11.13168	-
Bus 4E	-	9.8628	0.5	1.0	11.13168	-
Camión 2E	6	4.5037	0.5	1.0	11.13168	150.399641
Camión 3E	10	3.2846	0.5	1.0	11.13168	182.814389
Camión 4E	-	2.7736	0.5	1.0	11.13168	-
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	1	7.7419	0.5	1.0	11.13168	43.090386
Semitrayler (T2S3)	1	6.5229	0.5	1.0	11.13168	36.305218
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	-	6.2097	0.5	1.0	11.13168	-
Semitrayler (T3S3)	-	6.5229	0.5	1.0	11.13168	-
Trayler (C2R2)	-	10.9802	0.5	1.0	11.13168	-
Trayler (C2R3)	-	9.7612	0.5	1.0	11.13168	-
Trayler (C3R2)	-	9.7612	0.5	1.0	11.13168	-
Trayler (C3R3)	-	8.5421	0.5	1.0	11.13168	-
					EE / día	418.53139
					W18	152.763.959

o

TIPO DE VEHICULO		IMDA	TIPO EJE	NUMERO LLANTAS	CARGA EJE Tn	Tipo EE (8.2Tn)	EE (8.2Tn) P.FLEXIBLE	EE*IMDa FLEXIBLE
VEHICULO LIGEROS	Autos		119 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.062713
			119 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.062713
	S.Wagon		71 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.037417
			71 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.037417
	Camioneta		63 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.033201
			63 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.033201
	C. Rural		9 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.004743
			9 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.004743
	Micros		758 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.399466
			758 SIMPLE	2	1 EES1		0.000527	0.399466
OMNIBUS	2E	-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
	3E	-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	TANDEM	6	16 EETA1		1.365945	0
	4E	-	SIMPLE	4	14 EES2		8.496826	0
		-	TANDEM	6	16 EETA1		1.365945	0
CAMION	2E		6 SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	7.592202
			6 SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	19.429722
	3E		10 SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	12.65367
			10 TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	20.19213
	4E	-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	TRIDEM	10	23 EETR1		1.508184	0
SEMITRAYLERS	2S1		1 SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	1.265367
			1 SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	3.238287
			1 SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	3.238287
			1 SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	1.265367
	2S2		1 SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	3.238287
			1 TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	2.019213
		-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
	2S3	-	TRIDEM	12	25 EETR2		1.706026	0
		-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
		-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
	3S1	-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
		-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
		-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
	3S2	-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
		-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
	>=S3	-	TRIDEM	12	25 EETR2		1.706026	0
		-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
		-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
TRAYLERS	2T2	-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
		-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
		-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
	2T3	-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
		-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
	3T2	-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
		-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
		-	SIMPLE	2	7 EES1		1.265367	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
	>=3T3	-	SIMPLE	4	11 EES2		3.238287	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0
		-	TANDEM	8	18 EETA2		2.019213	0

ESAL
ENTONCES

		*365 dias	
Eei	*fd*fp	Fca	365 w18
1.07508		0.5 11.016407	365 2161.4422
74.132532		0.5 11.131675	365 150602.52
			152763.96 EE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - MÉTODO AASHTO

Tránsito Promedio Diario Anual	TPDA	1038	Veh/día
Tasa de Crecimiento	r	2.36	%
Período de Diseño	t	10	Años
CBR de Diseño	CBR	13.2	%
CBR Cantera A (Sub-Base)	CBR(A)	40	%
CBR Cantera B (Base)	CBR(B)	80	%
Módulo Elástico C° Asfáltico	M.E.C. Asf.	430000	PSI
Tipo de Material (Cálculo del Mr)		Granular	
Zona del Proyecto		Tacna	
TOTAL DE N° DE ESAL's		152763.959	

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD (R):

Tabla 2.38

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y Otras Vías Libres	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 85
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

R	70 %
----------	------

DEFINICIÓN DEL VALOR DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R):

Tabla 2.39

Confiabilidad	R (%)	Desviación Estándar Normal Z_R
50		0.000
60		-0.253
70		-0.524
75		-0.674
80		-0.841
85		-1.037
90		-1.282
91		-1.340
92		-1.405
93		-1.476
94		-1.555
95		-1.645
96		-1.751
97		-1.881
98		-2.054
99		-2.327
99.9		-3.090
99.99		-3.750

Z_R	-0.524
-------------------------	--------

DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (S_o):

Pavimentos Flexibles = 0.40 - 0.50

S_o	0.45
-------------------------	------

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL Y FINAL PARA EL PROYECTO - PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD, $\Delta(PSI)$

» Índice de Serviabilidad Inicial (P_o):

Pavimentos Flexibles = 4.00

» Índice de Serviabilidad Final (P_f):

Carreteras Principales	2.5 o 3.0
Carreteras Con Clasificación Menor	2
Carreteras Relativamente Menores	1.5

P_o	4.20
P_f	2.00
ΔPSI	2.20

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - MÉTODO AASHTO

CÁLCULO DE LOS MÓDULOS RESILIENTES Y/O ELÁSTICOS Y LOS COEFICIENTES DE CAPA (a_i):

Módulo Resiliente (Subrasante)	$Mr = 4326 \ln CBR + 241$ $Mr = 11,403.018 \text{ PSI}$		
Módulo Resiliente (Sub-base)	$Mr = 16,875.000 \text{ PSI}$	Coefficiente Capa (Sub-base)	$a_3 = 0.120$
Módulo Resiliente (Base)	$Mr = 28,333.333 \text{ PSI}$	Coefficiente Capa (Base)	$a_2 = 0.132$
Módulo Elástico C° Asfáltico	$Mr = 430,000.000 \text{ PSI}$	Coefficiente Capa (C° Asf.)	$a_1 = 0.431$

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DRENAJE (m_i):

Tabla 2.41

DRENAJE	AGUA ELIMINADA EN...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Malo	El agua no drena

Tabla 2.42

CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE	Porcentaje de tiempo en el año, que la estructura del pavimento está expuesta a un nivel de humedad próximo a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m_2	1.00
m_3	1.00

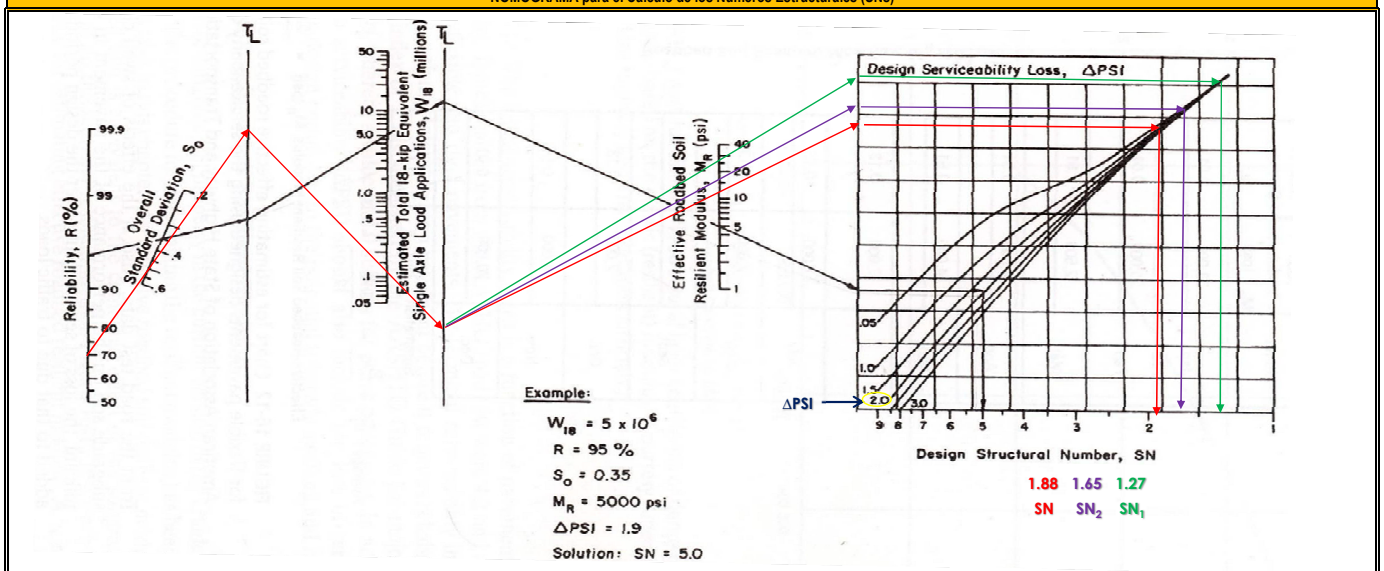
Nota: si no existe registro de la calidad de drenaje, considerar $m=1$

CÁLCULO DE LOS NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN):

DATOS OBTENIDOS						
R (%)	S_o	N° ESAL's	Mr Subrasante	Mr Sub-Base	Mr Base	ΔPSI
70 %	0.45	152,764	11,403.018	16,875.000	28,333.333	2.20

RESULTADOS		
SN	SN_2	SN_1
1.88	1.65	1.27

NOMOGRAMA para el Cálculo de los Números Estructurales (SNs)



DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - MÉTODO AASHTO

CÁLCULO DE ESPESORES:

Números Estructurales	
SN ₃	1.88
SN ₂	1.65
SN ₁	1.27
Coeficientes de Capa	
a ₃	0.120
a ₂	0.132
a ₁	0.431
Coeficientes de Drenaje	
m ₂	1.10
m ₃	1.10

9.1. Cálculo del D1 - Carpeta Asfáltica:

Considerar:		
D ₁	2.95 "	3.00 "
SN _{1c}	1.29	← SN _{1c} Ok

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_{1c} = a_1 * D_1$$

9.2. Cálculo del D2 - Base:

Considerar:		
D ₂	2.46 "	3.00 "
SN _{base}	0.44	
SN _{2c}	1.73	← SN _{2c}

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_{1c}}{a_2 * m_2}$$

$$SN_{base} = a_2 * D_2 * m_2$$

$$SN_{2c} = SN_{base} + SN_{1c}$$

9.3. Cálculo del D3 - Sub-Base:

Considerar:		
D ₃	1.12 "	2.00 "
SN _{sub-base}	0.26	
SN _{3c}	1.99	← SN _{3c}

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_{1c} + SN_{2c})}{a_3 * m_3}$$

$$SN_{sub-base} = a_3 * D_3 * m_3$$

$$SN_{3c} = SN_{sub-base} + SN_{base} + SN_{1c}$$

Verificación:

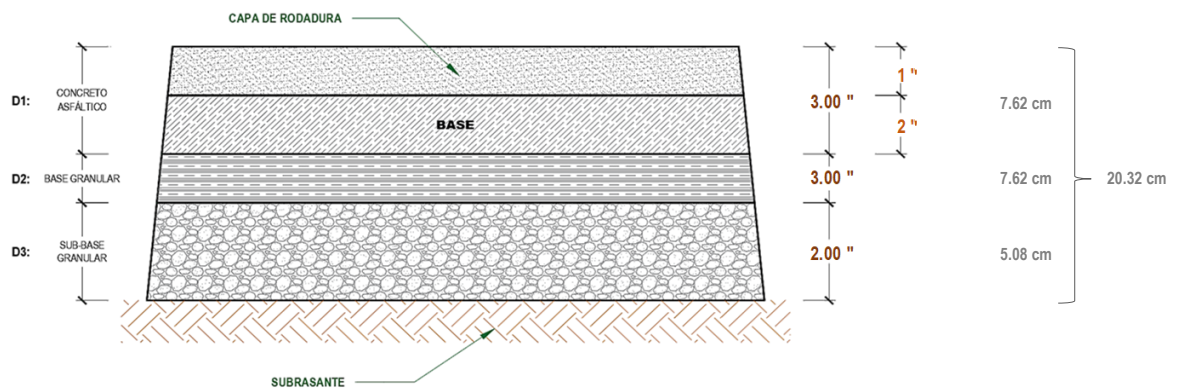
$$SN_3 \leq SN_{1c} + SN_{base} + SN_{sub-base}$$

$$1.88 \leq 1.2924 + 0.44 + 0.26$$

$$1.88 \leq 1.99$$

Conforme

DETALLE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE:




Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento

☒ Pavimento flexible
 ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)

70 % Zr=-0.524

So 0.45

Serviciabilidad inicial y final

PSI inicial 4.2

PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante

Mr 11403.018 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)

Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)

Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis

☒ Calcular SN

W18 = 152763.959

☐ Calcular W18

Número Estructural

SN = 1.88

Calcular

Salir

PANEL FOTOGRAFICO

PANEL FOTOGRÁFICO

Foto 1.



Nota. Excavación de calicata para la muestra N° 1.

Foto 2.



Nota. Excavación de calicata para la muestra N° 2.

Foto 3.



Nota. Extracción de la muestra para el estudio de mecánica de suelos.

Foto 4.



Nota. Cuarteo de la muestra para los ensayos de laboratorio.

Foto 5.



Nota. Peso del material de la muestra para el ensayo de granulometría.

Foto 6.



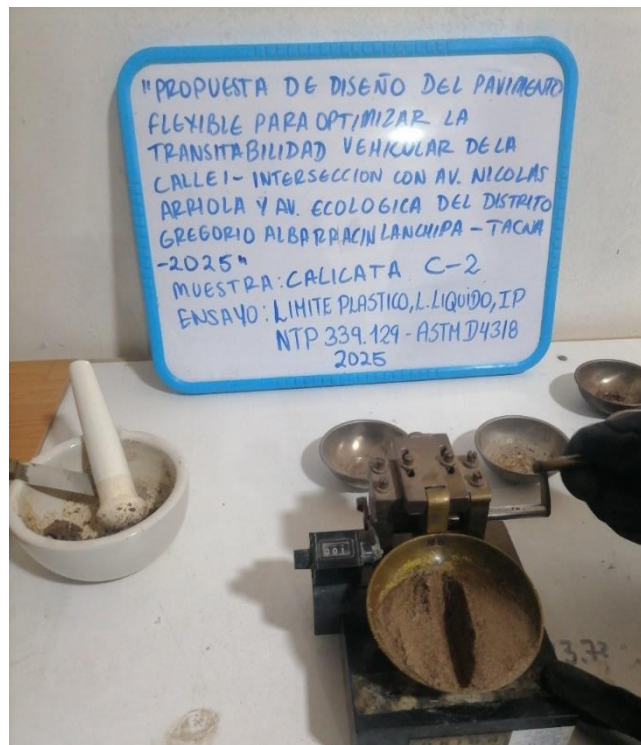
Nota. Realización del ensayo de granulometría por el técnico del laboratorio.

Foto 7.



Nota. Realización del ensayo de contenido de humedad de la muestra.

Foto 8.



Nota. Realización del ensayo de Límites de Atterberg.

Foto 9.



Nota. Realización del ensayo de Proctor modificado.

Foto 10.



Nota. Realización del CBR de la muestra 1.

Foto 11.



Nota. Realización del estudio de tráfico.

Foto 12.



Nota. Se realiza el estudio de tráfico.

ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU 01
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts
FECHA:	20 DE AGOSTO, 2025

DESCRIPCION	UND.	MUESTRA 01			PROMEDIO
RECIPIENTE	Nº	X			
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	gr.	1180.03			
RECIPIENTE + SUELO SECO	gr.	1165.04			
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	278.02			
PESO DEL AGUA	gr.	14.99			
PESO DEL SUELO SECO	gr.	887.02			
% DE HUMEDAD	%	1.690			1.69

Observaciones:

El material presenta un contenido de humedad de 1.69%.

Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.

TERZAGHI GROUP S.A.C.
RUC 20608200780
ING. DARIO VALENZUELA CANCIA
CIP 1-221

TERZAGHI GROUP S.A.C.
MANUEL JAVIER POZO CASTILLO
TEC. DE LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

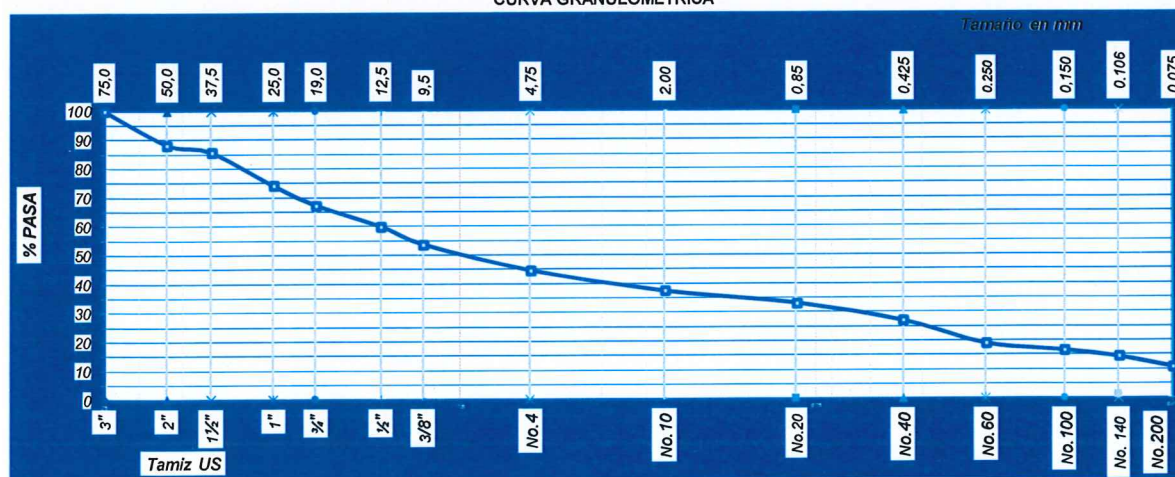
ASTM D 422/1140 - NTP 339.128

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU 01
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts
FECHA:	21 DE AGOSTO, 2025

ANALISIS GRANULOMETRICO						CLASIFICACION DEL SUELO	
MALLA (Abertura)		PESO	%	%	%	S.U.C.S. (ASTM D 2487)	GP GM
PLG.	mm.	RETENIDO (gr.)	RETENIDO	ACUMULADO	PASANTE	AASHTO (ASTM D3282)	A-1-a
3 in.	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00		4607.00
2 in.	50.00	543.00	11.79	11.79	88.21		
1-½ in.	37.50	116.00	2.52	14.30	85.70		
1 in.	25.00	535.00	11.61	25.9	74.1		
¾ in.	19.00	312.00	6.77	32.7	67.3		
½ in.	12.50	336.00	7.29	40.0	60.0		
3/8 in.	9.50	290.00	6.29	46.3	53.7		
No. 4	4.750	417.00	9.05	55.3	44.7		
No. 10	2.000	50.00	7.13	62.5	37.5		
No. 20	0.850	30.48	4.35	66.8	33.2		
No. 40	0.425	42.87	6.11	72.9	27.1		
No. 60	0.250	56.35	8.04	81.0	19.0		
No. 100	0.150	16.36	2.33	83.3	16.7		
No. 140	0.106	15.57	2.22	85.5	14.5		
No. 200	0.075	25.10	3.58	89.1	10.9		
< 200	Fondo	76.53	10.91	100.0	0.0		
						DATOS DE LA MUESTRA	
						Peso Total del Suelo	4607.00
						Peso de la Fraccion	313.26
						D ₆₀	18.98
						D ₃₀	1.40
						D ₁₀	
						Cu	
						Cc	
						Lim Liquido (ASTM D4318)	NP
						Lim Plastico (ASTM D4318)	NP
						Indice de Plasticidad	NP
						% Humedad (ASTM D2216)	1.69
						GRAVA (%)	62.46
						ARENA (%)	26.63
						FINOS (%)	10.91

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

La muestra fue proporcionada por el cliente.

TERZAGHI GROUP S.A.C.
RUC 20608200780

ING. DARIO VALENZUELA CANCIA
CIP 17221

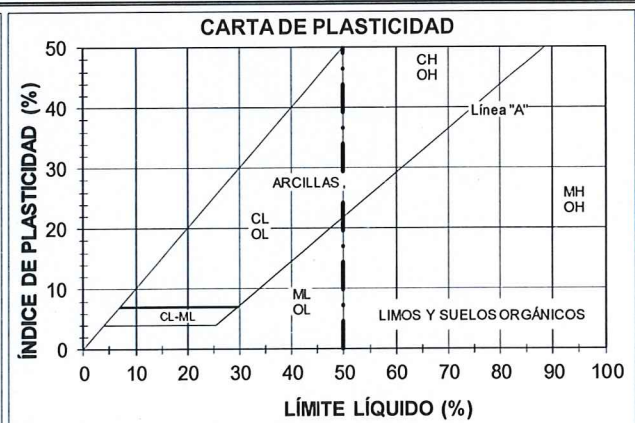
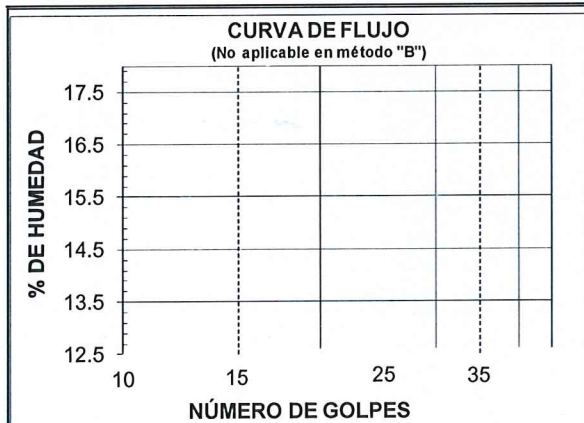
TERZAGHI GROUP S.A.C.

MANUEL JAVIER POZO CASTILLO
TEC. DE LABORATORIO

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU 01
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts
FECHA:	22 DE AGOSTO, 2025

LÍMITE LÍQUIDO		Método ("A" o "B"):	A
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO (g)			
TARRO + SUELO SECO (g)			
AGUA (g)			
PESO DEL TARRO (g)			
PESO DEL SUELO SECO (g)			
% DE HUMEDAD (g)			
Nº DE GOLPES			

LÍMITE PLÁSTICO			
CODIGO DE TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			



RESULTADOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP No plástico

IP = 0 → No plástico / 1 ≤ IP ≤ 5 → Ligeramente plástico
 6 ≤ IP ≤ 10 → Plasticidad baja / 11 ≤ IP ≤ 20 → Plasticidad media
 21 ≤ IP ≤ 40 → Plasticidad alta / IP > 40 → Muy plástico
 (según Burmister)

Observaciones: El material no presenta plasticidad.
 La muestra fue proporcionada por el cliente.

TERZAGHI GROUP S.A.C.
 RUC 20608200780
 ING. DARIO VALENZUELA CANDELA
 CIP 1221

TERZAGHI GROUP S.A.C.
 MANUEL JAVIER POZO CASTILLO
 TEC. DE LABORATORIO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (2700 kN-m/m³)

ASTM D 1557 - NTP 339.141

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU 01
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts
FECHA:	22 DE AGOSTO, 2025

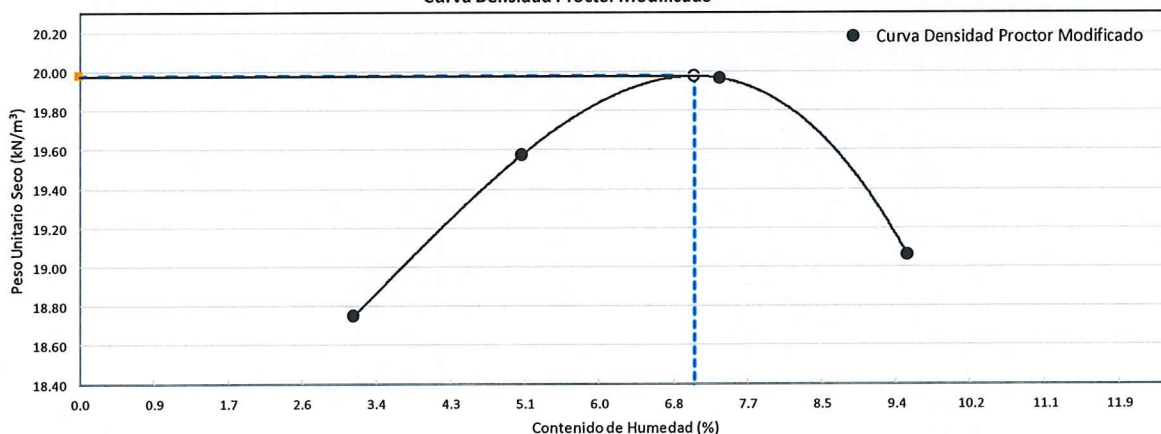
Equipo Empleado

Volumen del molde (cm ³)	Masa de Molde (g)	Tipo de martillo
2,113	6,292	Manual

Registros y Cálculos del Ensayo

Prueba No.	1	2	3	4
Agua añadida (%)	2.0	4.0	6.0	8.0
Masa de suelo + molde (g)	10,458	10,723	10,909	10,788
Masa de suelo (g)	4,166	4,431	4,617	4,496
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.972	2.097	2.185	2.128
Tara No.	D	X	L	H
Masa de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
Masa de suelo húmedo + tara (g)	558	539	571	589
Masa de suelo seco + tara (g)	541	513	532	538
HUMEDAD (%)	3.1	5.1	7.3	9.5
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.912	1.996	2.036	1.944
PESO UNITARIO SECO (kN/m ³)	18.75	19.57	19.96	19.06

Curva Densidad Proctor Modificado



Resultados del Ensayo

Fracción Ensayada:	Metodo	C	Preparacion Humeda
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.037		
PESO UNITARIO MÁXIMO (kN/m ³)	19.98	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.04 %

Observaciones:

La muestra fue proporcionada por el cliente.

TERZAGHI GROUP S.A.C.
RUC 20608200780

ING. DARIO VALENZUELA CANEIA
CIP 1221

TERZAGHI GROUP S.A.C.

MANUEL JAVIER POZO CASTILLO
TEC. DE LABORATORIO

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts
FECHA:	25 DE AGOSTO, 2025

ENSAYO	1	2	3
	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA	SATURADA	SATURADA
Masa molde + suelo humedo	11539	11703	11818
Masa del Molde	7429	7284	7053
Masa del Suelo humedo	4110	4419	4765
Volumen del Molde	2154	2113	2129
Densidad humeda	1.91	2.09	2.24
% de humedad	7.0	7.0	6.9
DENSIDAD SECA	1.783	1.955	2.094
Tara + suelo humedo	1500.0	1500.0	1500.0
Tara + suelo seco	1401.3	1402.3	1403.4
Masa del agua	98.7	97.7	96.6
Masa de tara	0.0	0.0	0.0
Masa del suelo seco	1401.3	1402.3	1403.4
% de humedad	7.04	6.97	6.88

EXPANSION

FECHA	FECHA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
INICIAL	FINAL	DIAS	A INICIAL	A FINAL	%	A INICIAL	A FINAL	%	A INICIAL	A FINAL	%
21 08 2025	25 08 2025	4	644	734	0.01	834	894	0.01	318	366	0.00

PENETRACION

		12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES		
UNIDADES		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION	
mm.	pulg.	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2
0.00	0.000	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
0.64	0.025	17	51	17	44	111	36	56	136	45
1.27	0.050	48	119	39	98	229	75	127	293	96
1.91	0.075	69	165	54	137	315	103	192	436	143
2.54	0.100	93	218	71	177	403	132	281	632	207
5.08	0.200	153	350	115	306	687	225	519	1156	379
7.62	0.300	222	502	165	399	893	293	727	1614	529
10.16	0.400	275	619	203	486	1083	355	918	2034	667
12.70	0.500	326	731	240	562	1250	410	1057	2340	767

* EL CBR DE LA MUESTRA ANALIZADA AL 100% ES 21%.

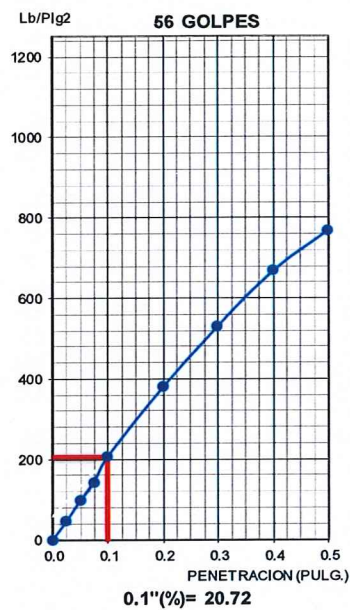
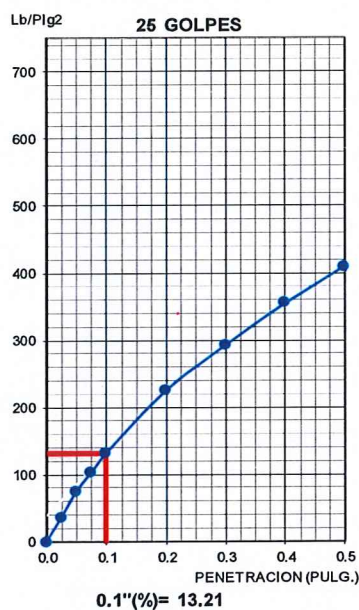
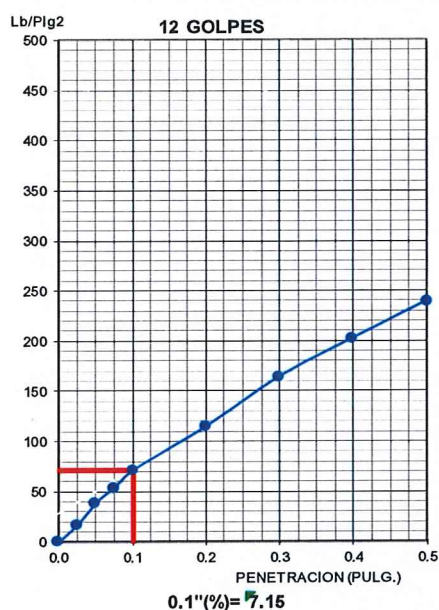
TERZAGHI GROUP S.A.C.
RUC 20608200780

ING. DARIO VALENZUELA CANCILA
CIP 17221

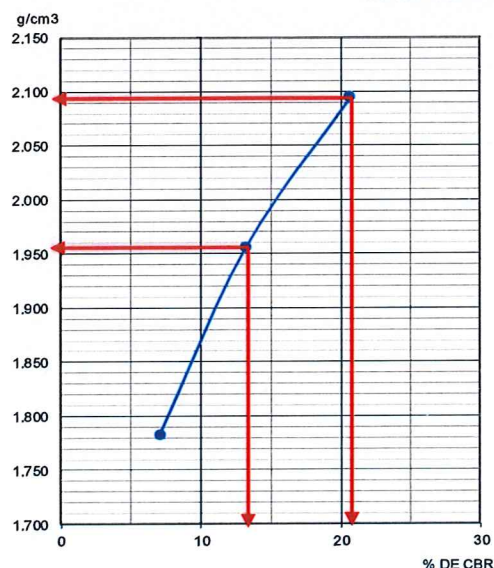
TERZAGHI GROUP S.A.C.

MANUEL JAVIER POZO CASTILLO
TEC. DE LABORATORIO

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts
FECHA:	25 DE AGOSTO, 2025



DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

DMS	2.094	gr/cc.
Humedad Optima	6.9	%

CBR (0.1") AL 100%:

21.0

CBR (0.1") AL 95%:

13.2

Observaciones

CBR (0.1") AL 100%: 21 %

CBR (0.1") AL 95%: 13.2 %

La muestra fue muestreada y proporcionada por el solicitante.

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"				
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA				
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU 02				
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts				
FECHA:	20 DE AGOSTO, 2025				
DESCRIPCION	UND.	MUESTRA 02			PROMEDIO
RECIPIENTE	Nº	X			
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	gr.	1134.06			
RECIPIENTE + SUELO SECO	gr.	1116.03			
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.13			
PESO DEL AGUA	gr.	18.03			
PESO DEL SUELO SECO	gr.	965.90			
% DE HUMEDAD	%	1.87			1.87
Observaciones: El material presenta un contenido de humedad de 1.69%. Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.					


TERZAGHI GROUP S.A.C.
 RUC 20608200780
 ING. DARIO VALENZUELA CANCIA
 CIP 1-221


TERZAGHI GROUP S.A.C.
 MANUEL JAVIER POZO CASTILLO
 TEC. DE LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

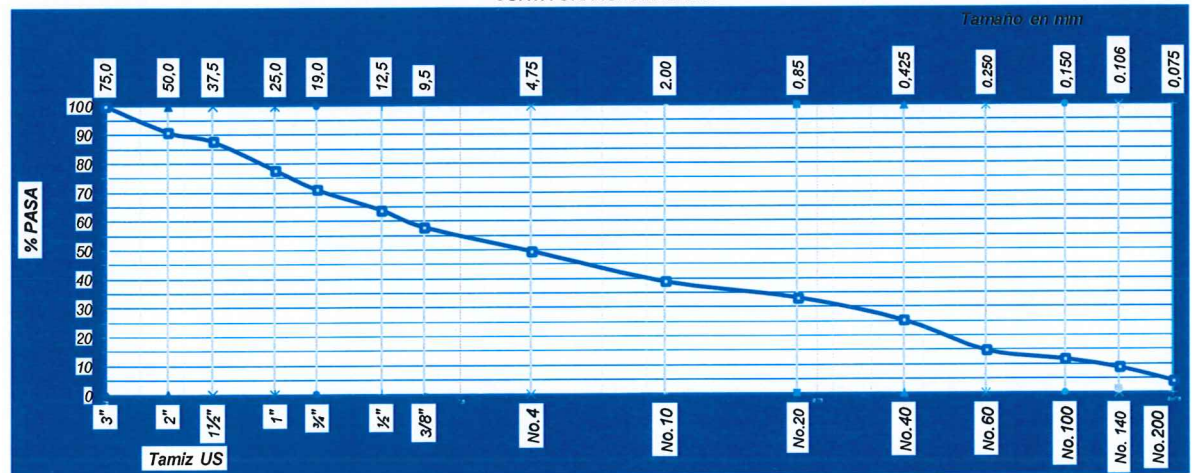
ASTM D 422/1140 - NTP 339.128

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU 02
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts
FECHA:	21 DE AGOSTO, 2025

ANALISIS GRANULOMETRICO						CLASIFICACION DEL SUELO	
MALLA (Abertura)	PESO	%	%	%		S.U.C.S. (ASTM D 2487)	GP
PLG.	mm.	RETENIDO (gr.)	RETENIDO	ACUMULADO	PASANTE	AASHTO (ASTM D3282)	A-1-a
3 in.	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
2 in.	50.00	467.00	9.22	9.22	90.78		
1-1/2 in.	37.50	156.00	3.08	12.30	87.70		
1 in.	25.00	503.00	9.93	22.2	77.8		
3/4 in.	19.00	346.00	6.83	29.1	70.9		
1/2 in.	12.50	357.00	7.05	36.1	63.9		
3/8 in.	9.50	306.00	6.04	42.2	57.8		
No. 4	4.750	419.00	8.28	50.4	49.6		
No. 10	2.000	69.12	10.70	61.1	38.9		
No. 20	0.850	36.58	5.66	66.8	33.2		
No. 40	0.425	51.44	7.96	74.8	25.2		
No. 60	0.250	67.62	10.46	85.2	14.8		
No. 100	0.150	19.63	3.04	88.3	11.7		
No. 140	0.106	18.68	2.89	91.2	8.8		
No. 200	0.075	30.12	4.66	95.8	4.2		
< 200	Fondo	27.02	4.18	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

La muestra fue proporcionada por el cliente.

TERZAGHI GROUP S.A.C.

RUC 20608200780

ING. DARIO VALENZUELA CANCIBA

CIP 17221

TERZAGHI GROUP S.A.C.

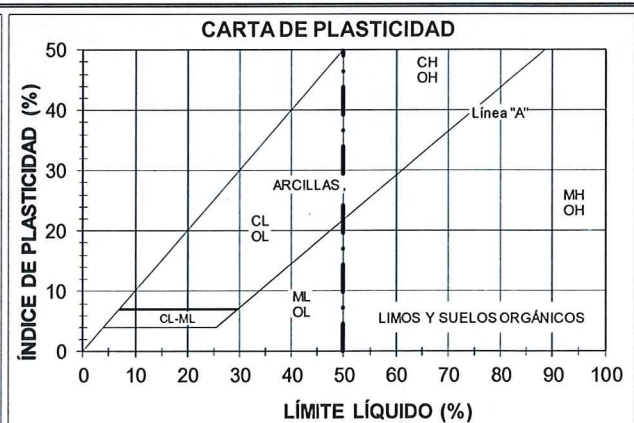
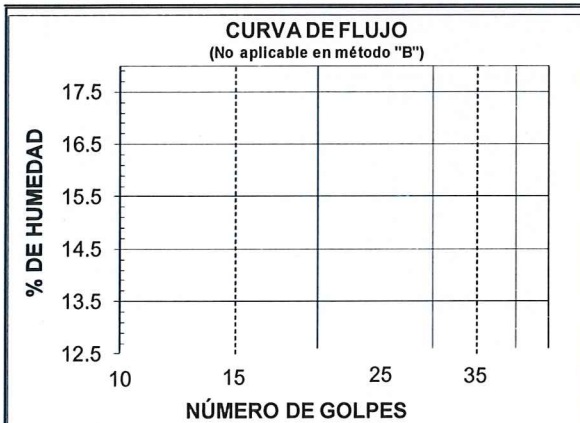
MANUEL JAVIER POZO CASTILLO

TEC. DE LABORATORIO

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU 02
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts
FECHA:	22 DE AGOSTO, 2025

LÍMITE LÍQUIDO			Método ("A" o "B"):	A
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
TARRO + SUELO SECO (g)				
AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
% DE HUMEDAD (g)				
Nº DE GOLPES				

LÍMITE PLÁSTICO				
CODIGO DE TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				



RESULTADOS		
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NP	
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP	No plástico

IP = 0 → No plástico / 1 ≤ IP ≤ 5 → Ligeramente plástico
 6 ≤ IP ≤ 10 → Plasticidad baja / 11 ≤ IP ≤ 20 → Plasticidad media
 21 ≤ IP ≤ 40 → Plasticidad alta / IP > 40 → Muy plástico
 (según Burmister)

Observaciones: El material no presenta plasticidad.
 La muestra fue proporcionada por el cliente.

TERZAGHI GROUP S.A.C.
 RUC 20608200780

ING. DARIO VALENZUELA CANEIA
 RUP 1-221

TERZAGHI GROUP S.A.C.

MANUEL JAVIER POZO CASTILLO
 TEC. DE LABORATORIO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (2700 kN-m/m³)

ASTM D 1557 - NTP 339.141

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS

PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CALLE I, INTERSECCIÓN CON AV. NICOLÁS ARRIOLA Y AV. ECOLÓGICA DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA-2025"
UBICACIÓN:	DIST. GREGORIO ALBARRACIN - TACNA
MUESTRA:	MAT. NATURAL IN SITU 02
PROF. DE CALICATA:	1.5 mts
FECHA:	22 DE AGOSTO, 2025

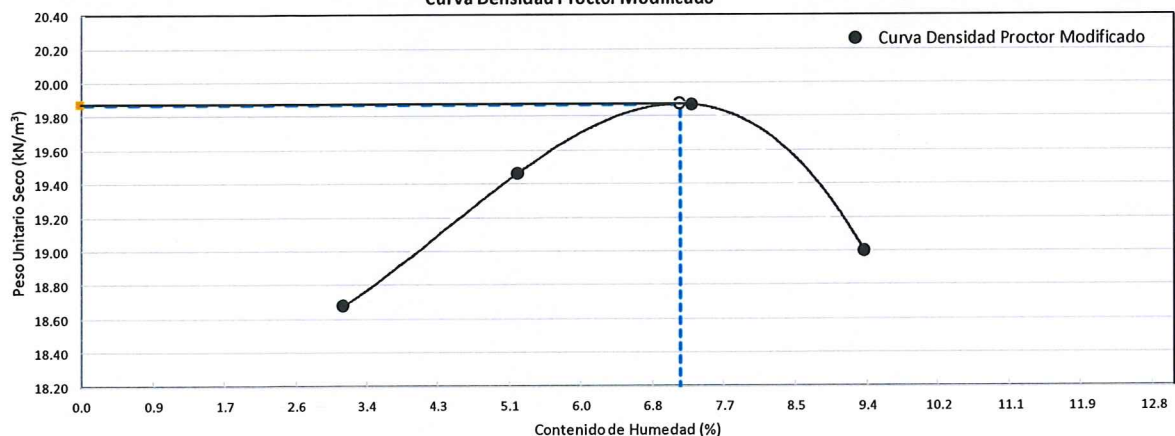
Equipo Empleado

Volumen del molde (cm ³)	Masa de Molde (g)	Tipo de martillo
2,113	6,292	Manual

Registros y Cálculos del Ensayo

Prueba No.	1	2	3	4
Agua añadida (%)	2.0	4.0	6.0	8.0
Masa de suelo + molde (g)	10,441	10,703	10,884	10,767
Masa de suelo (g)	4,149	4,411	4,592	4,475
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.964	2.088	2.173	2.118
Tara No.	D	X	L	H
Masa de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
Masa de suelo húmedo + tara (g)	561	506	531	516
Masa de suelo seco + tara (g)	544	481	495	472
HUMEDAD (%)	3.1	5.2	7.3	9.3
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.904	1.984	2.026	1.937
PESO UNITARIO SECO (kN/m ³)	18.67	19.46	19.87	19.00

Curva Densidad Proctor Modificado



Resultados del Ensayo

Fración Ensayada:	Metodo	C	Preparacion Humeda
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.026		
PESO UNITARIO MÁXIMO (kN/m ³)	19.87	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.13 %

Observaciones:

La muestra fue proporcionada por el cliente.

TERZAGHI GROUP S.A.C.
RUC 20608200780

ING. DARIO VALENCA CANCILA
RIP 1-221

TERZAGHI GROUP S.A.C.

MANUEL JAVIER POZO CASTILLO
TEC. DE LABORATORIO