

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en avenida César Vallejo
y avenida Los Incas, Trujillo, La Libertad**

Línea de investigación: Ingeniería de Transportes

Sub Línea de investigación: Transportes

Autor:

Huamán Bazán, Arquímedes Smith

Jurado Evaluador:

Presidente : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

Secretario : Farfán Córdova, Marlon Gastón

Vocal : Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Asesor:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

Trujillo – Perú

2024

Fecha de sustentación:2024/06/21

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en Avenida César Vallejo
y Avenida los Incas, Trujillo, La Libertad**

Línea de investigación: Ingeniería de Transportes

Sub Línea de investigación: Transportes

Autor:

Huamán Bazán, Arquímedes Smith

Jurado Evaluador:

Presidente : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

Secretario : Farfán Córdova, Marlon Gastón

Vocal : Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Asesor:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

Trujillo – Perú

2024

Fecha de sustentación:2024/06/21

Diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en avenida César Vallejo y avenida Los Incas, Trujillo, La Libertad

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	10%	0%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado


R. C. P. = RES 36

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Burgos Sarmiento Tito Alfredo, docente del programa de estudio de ingeniería civil de la universidad privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada: **Diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en Avenida César Vallejo y Avenida los Incas, Trujillo, La Libertad**, del autor Huamán Bazán Arquímedes Smith, dejo constancia de lo siguiente:

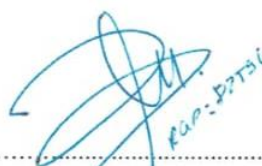
- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 9%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software turnitin el día 29 de mayo de 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis: Diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en Avenida César Vallejo y Avenida los Incas, Trujillo, La Libertad, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a autores y sus respectivas referencias cumplen con la norma establecidas por la universidad.

Trujillo, 30 mayo de 2024



.....
Huamán Bazán, Arquímedes Smith

DNI: 71598004



.....
ASESOR

Burgos Sarmiento Tito Alfredo

Registro CIP: 82596

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

DNI: 42141206

DEDICATORIA

A mis padres debido a la dedicación y motivación constante con la que me enseñaron, la responsabilidad que forjaron en mí, para poder alcanzar mis metas, superando cada dificultad junto a ellos y mostrando excelentes resultados en cada actividad realizada.

Br. Huamán Bazán Arquímedes Smith

AGRADECIMIENTO

A:

MIS PADRES:

Son los responsables de la calidad de persona que soy, la enseñanza que me dieron para poder cumplir mis objetivos y lograr alcanzar mis metas. Permanentemente me apoyaron en los días más difíciles, cuando creía que no había solución me trazaban el camino para poder resolver mis dudas, logrando superar mis obstáculos por mí mismo. Gracias por su compañía en cada paso que eh dado a lo largo de mi vida.

Ing. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo:

Su acompañamiento en todo el proceso de la elaboración de la tesis, sus consejos y correcciones para ser cada vez mejor e implementando nuevas cosas con iniciativa. Le agradezco el haber sido asesorado por usted, porque gracias a eso tengo el agrado de sentirme orgulloso del contenido de mi tesis, asimismo el honor de haber conocido a una gran persona.

Br. Huamán Bazán Arquímedes Smith

RESUMEN

Como objetivo general en el presente proyecto, se evalúa la vía de la avenida César Vallejo y la avenida Los Incas, La Libertad, presenta la metodología aplicada como orientación, su técnica de contrastación es de manera descriptiva. Este proyecto inicia con la ubicación de progresivas dentro tramo, para poder realizar la evaluación. Se realizó una observación preliminar, determinando un estado general del pavimento y el tipo de vía conforme a la norma CE 0.10 Pavimentos Urbanos. Posteriormente se realiza un estudio de tráfico para poder determinar el ESAL de diseño, en este caso se determinó un tráfico donde predominan los vehículos livianos y el pavimento no está en pésimas condiciones, resultando un tipo de vía arterial. Luego se realizó una evaluación mediante la metodología PCI para determinar el estado del pavimento de forma específica, mediante unidades de muestra, con una evaluación promedio clasificada como muy bueno por el manual, pero se determinó que la avenida Los Incas se encuentra en un estado malo a bueno por la presencia de comercio ambulante. Después se realizó la evaluación por deflectometría mediante la viga Benkelman, determinando en qué situación estructural se encuentra actualmente con respecto subrasante; resultando dentro del CASO 1 conforme a la clasificación presentada por el brinda el MTC, se obtuvo un D_c mayor al D_{adm} , pero al no haber fallas de origen estructural, además el $R_c > 80m$, lo que requiere es un reforzamiento estructural para soportar el ESAL de diseño. Por último, se determinó el espesor del reforzamiento estructural recomendado en el pavimento, resultando una carpeta asfáltica en caliente (CAC) de 5cm de espesor. Asimismo, se realizaron los planos de secciones conforme a cada punto tomado en campo, además del plano de ubicación y localización.

Palabras claves: ESAL, PCI, VIGA BENLEKMAN, REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL, PAVIMENTO FLEXIBLE.

ABSTRACT

As a general objective in this project, the road between César Vallejo Avenue and Los Incas Avenue, La Libertad, is evaluated, presenting the methodology applied as guidance, its contrast technique is descriptive. This project begins with the location of progressives within the section, in order to carry out the evaluation. A preliminary observation was made, determining a general condition of the pavement and the type of road in accordance with the CE 0.10 Urban Pavements standard. Subsequently, a traffic study is carried out to determine the design ESAL. In this case, traffic was determined where light vehicles predominate and the pavement is not in poor condition, resulting in a type of arterial road. Then an evaluation was carried out using the PCI methodology to determine the state of the pavement specifically, using sample units, with an average evaluation classified as very good by the manual, but it was determined that Los Incas Avenue is in a bad state. good for the presence of street commerce. Afterwards, the evaluation was carried out by deflectometry using the Benkelman beam, determining what structural situation it is currently in with respect to the subgrade; resulting within CASE 1 according to the classification presented by the MTC, a DC greater than the Dadm was obtained, but since there were no failures of structural origin, in addition the RC > 80m, what requires structural reinforcement to support the ESAL of design. Finally, the thickness of the recommended structural reinforcement in the pavement was determined, resulting in a 5cm thick hot asphalt layer (CAC). Likewise, section plans were made according to each point taken in the field, in addition to the location and location plan.

Keywords: ESAL, PCI, BENLEKMAN BEAM, STRUCTURAL REINFORCEMENT, FLEXIBLE PAVEMENT.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Conforme a las especificaciones técnicas y normativa establecida en el Reglamento de Grados y Títulos que brinda la Facultad de Ingeniería de la “Universidad Privada Antenor Orrego”, con el objetivo de obtener el Título profesional de Ingeniero Civil, presento mi tesis titulada: **Diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en avenida César Vallejo y avenida Los Incas, Trujillo, La Libertad.**

La información presentada será resultado, tanto de los conocimientos previos comprendidos a lo largo de mi carrera profesional, investigaciones profundas de la normativa, libros y fuentes de confianza, sumando la guía y orientación de mi asesor, el ing. Burgos Sarmiento Tito.

Atentamente,

Br. Huamán Bazán, Arquímedes Smith

Trujillo, 2024

INDICE

DEDICATORIA.....	.ii
AGRADECIMIENTO.....	.iii
RESUMEN.....	.iv
ABSTRACT.....	.v
PRESENTACIÓN.....	.vi
I.INTRODUCCIÓN	16
1.1. Problema de investigación.....	16
1.1.1. <i>Realidad problemática</i>	16
1.1.2. <i>Enunciado del problema</i>	18
1.2. Objetivos:.....	18
1.2.1. <i>Objetivo General:</i>	18
1.2.2. <i>Objetivos Específicos:</i>	18
1.3. Justificación	18
II.MARCO DE REFERENCIA	20
2.1. Antecedentes de estudio:	20
2.1.1. <i>Internacionales:</i>	20
2.1.2. <i>Nacionales:</i>	20
2.1.3. <i>Locales:</i>	21
2.2. Marco Teórico.....	22
2.2.1 <i>Estudio de tráfico:</i>	22
2.2.2 <i>Metodología del PCI:</i>	27
2.2.3 <i>Metodología de Evaluación estructural por deflectometría:</i>	30
2.3. Marco conceptual	37
2.4. Hipótesis	38
III.METODOLOGÍA EMPLEADA	40
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	40
3.1.1 <i>Tipo de investigación:</i>	40

3.1.2 Nivel de investigación:	40
3.2. Población y muestra de estudio.....	40
3.2.1 Población.....	40
3.2.2 Muestra.....	40
3.3. Diseño de Contrastación.....	40
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	40
3.5. Procesamiento y análisis de datos	41
IV.PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	42
4.1. Volumen vehicular	42
4.2. Clasificación de vía urbana de acuerdo al estudio de tráfico:	53
4.3. Evaluación del estado superficial con la metodología del PCI.....	54
4.4. Evaluación estructural mediante la Viga de Benkelman	73
4.4.1. Determinación de la deflexión característica (D_c) y radio de curvatura (R_c):	73
4.4.2. Cálculo del espesor del reforzamiento diseñado:	75
V.DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	81
5.1. Estudio de tráfico:	81
5.2. Tipo de vía urbana según el estudio de tráfico:	81
5.3. Estado superficial actual del pavimento flexible (PCI):	81
5.4. Evaluación estructural por deflectometría:.....	82
5.5. Diseño del reforzamiento en las avenidas evaluadas:.....	83
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	89
1. Instrumentos de recolección de datos.....	89
2. Evidencias de la ejecución de la propuesta.....	90

3.	R.D. que aprueba el proyecto de investigación	105
4.	Constancia de la Institución u organización donde se ha desarrollado la propuesta de investigación.....	106
5.	Constancia del asesor	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Formulas según los ejes del vehículo</i>	23
Tabla 2 <i>Peso por eje en cada vehículo</i>	24
Tabla 3 <i>Peso por eje en cada vehículo</i>	25
Tabla 4 <i>Factores de distribución de dirección y carril</i>	25
Tabla 5 <i>Tipo de vías urbanas</i>	26
Tabla 6 <i>Tipos de falla y nivel de severidad</i>	27
Tabla 7 <i>Clasificación del estado del pavimento</i>	29
Tabla 8 <i>Factor de corrección según la estación</i>	30
Tabla 9 <i>Confiabilidad empleada en el cálculo de Dc según tipo de carretera</i>	31
Tabla 10 <i>Desviación estándar normal (Zr) en función a la confiabilidad (%)</i>	32
Tabla 11 <i>Catálogo de espesor de refuerzo de carpeta asfáltica en caliente</i>	35
Tabla 12 <i>Catálogo de espesor de refuerzo de carpeta asfáltica en caliente</i>	36
Tabla 13 <i>Operacionalización de variables</i>	39
Tabla 14 <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos en el proyecto</i>	40
Tabla 15 <i>Conteo vehicular - lunes</i>	43
Tabla 16 <i>Conteo vehicular - martes</i>	44
Tabla 17 <i>Conteo vehicular - miércoles</i>	45
Tabla 18 <i>Conteo vehicular - jueves</i>	46
Tabla 19 <i>Conteo vehicular - viernes</i>	47
Tabla 20 <i>Conteo vehicular - sábado</i>	48
Tabla 21 <i>Conteo vehicular - domingo</i>	49
Tabla 22 <i>Aplicación del factor de corrección por peaje más cercano</i>	50
Tabla 23 <i>Proyección del conteo vehicular</i>	51
Tabla 24 <i>Peso de cada eje conforme al tipo de vehículos</i>	52
Tabla 25 <i>Factor de cada vehículo pesado (Fvp)</i>	52
Tabla 26 <i>Cálculo de Ejes Equivalentes</i>	53

Tabla 27 <i>Número de PCI según la Unidad de Muestra evaluada</i>	54
Tabla 28 <i>VD de forma individual en la UM</i>	56
Tabla 29 <i>Corrección del VD</i>	56
Tabla 30 <i>VD de forma individual en la UM</i>	57
Tabla 31 <i>Corrección del VD</i>	57
Tabla 32 <i>VD de forma individual en la UM</i>	58
Tabla 33 <i>Corrección del VD</i>	58
Tabla 34 <i>VD de forma individual en la UM</i>	59
Tabla 35 <i>Corrección del VD</i>	59
Tabla 36 <i>VD de forma individual en la UM</i>	60
Tabla 37 <i>Corrección del VD</i>	60
Tabla 38 <i>VD de forma individual en la UM</i>	61
Tabla 39 <i>Corrección del VD</i>	61
Tabla 40 <i>VD de forma individual en la UM</i>	62
Tabla 41 <i>Corrección del VD</i>	62
Tabla 42 <i>VD de forma individual en la UM</i>	63
Tabla 43 <i>Corrección del VD</i>	63
Tabla 44 <i>VD de forma individual en la UM</i>	64
Tabla 45 <i>Corrección del VD</i>	64
Tabla 46 <i>VD de forma individual en la UM</i>	65
Tabla 47 <i>Corrección del VD</i>	65
Tabla 48 <i>VD de forma individual en la UM</i>	66
Tabla 49 <i>Corrección del VD</i>	66
Tabla 50 <i>VD de forma individual en la UM</i>	67
Tabla 51 <i>Corrección del VD</i>	67
Tabla 52 <i>VD de forma individual en la UM</i>	68
Tabla 53 <i>Corrección del VD</i>	68

Tabla 54 <i>VD de forma individual en la UM</i>	69
Tabla 55 <i>Corrección del VD</i>	69
Tabla 56 <i>VD de forma individual en la UM</i>	70
Tabla 57 <i>Corrección del VD</i>	70
Tabla 58 <i>VD de forma individual en la UM</i>	71
Tabla 59 <i>Corrección del VD</i>	71
Tabla 60 <i>Resumen de los PCI por avenida</i>	72
Tabla 61 <i>Corrección de las deflexiones y los Rc</i>	73
Tabla 62 <i>Corrección de las deflexiones y los Rc</i>	74
Tabla 63 <i>Análisis comparativo de la Dc con respecto a la Dadm</i>	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plano de estado actual del pavimento en cada unidad de muestra en la avenida los incas y la avenida cesar vallejo	55
Figura 2 Plano de ubicación y localización de avenida los incas y avenida cesar vallejo	77
Figura 3 Plano en planta del reforzamiento del pavimento en la avenida Los Incas y la avenida Cesar Vallejo	78
Figura 4 Reforzamiento estructural del pavimento flexible en avenida César Vallejo	79
Figura 5 Reforzamiento estructural del pavimento flexible en avenida Los Incas.....	80
Figura 6 Instrumento de recolección de datos presentada por el MTC.....	89
Figura 7 Instrumento de recolección de datos presentada por el manual PCI.....	89
Figura 8 Instrumento de recolección de datos en deflectometría.....	90
Figura 9 Conteo vehicular en la av. Cesar vallejo (km 1+750).....	90
Figura 10 Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 0+100 al km 0+140) – UM 1 y UM 2.....	91
Figura 11 Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 0+460 al km 0+500) – UM 3 y UM 4.....	91
Figura 12 Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 0+820 al km 0+860) – UM 5 y UM 6.....	92
Figura 13 Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 1+180 al km 1+220) – UM 7 y UM 8.....	92
Figura 14 Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 1+540 al km 1+580) – UM 9 y UM 10.....	93

Figura 15 Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 1+900 al km 1+940) – UM 11 y UM 12.....	93
Figura 16 Evaluación PCI en Av. Los incas (km 2+260 al km 2+300) – UM 13 y UM 14	94
Figura 17 Evaluación PCI en Av. Los incas (km 2+620 al km 2+660) – UM 15 y UM 16.....	94
Figura 18 Abaco de la falla: piel de cocodrilo para la evaluacion superficial.....	95
Figura 19 Abaco de la falla: agrietamiento de bloque para la evaluacion superficial.....	95
Figura 20 Abaco de la falla: abultamiento y hundimiento para la evaluacion superficial	96
Figura 21 Abaco de la falla: corrugación para la evaluacion superficial	96
Figura 22 Abaco de la falla: depresión para la evaluacion superficial	97
Figura 23 Abaco de la falla: grieta de borde para la evaluacion superficial	97
Figura 24 Abaco de la falla: agrietamiento longitudinal y transversal para la evaluacion superficial	98
Figura 25 Abaco de la falla: parche para la evaluacion superficial	98
Figura 26 Abaco de la falla: baches para la evaluacion superficial	99
Figura 27 Abaco de la falla: ahuellamiento para la evaluacion superficial	99
Figura 28 Abaco de la falla: hinchamiento para la evaluacion superficial	100
Figura 29 Abaco de la falla de desprendimiento de agregados para la evaluacion superficial.....	100

Figura 30 Abaco del valor deducido corregido(VDC) vs el valor daducido total en ralacion al numero de VDC menores a 2 para la evaluacion superficial	101
Figura 31 Balanza electrónica	102
Figura 32 Ticket del peso del eje posterior	102
Figura 33 Viga benkelman utilizada.....	103
Figura 34 Ensayo de deflectometría en av. César vallejo.....	103
Figura 35 Casos presentados por el manual el MTC.....	104

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. *Realidad problemática*

La pavimentación de vías transitadas se vuelve algo necesario. Autos, metros, buses, tranvías y los más recientes (bicicletas y escúteres eléctricos) transitan por calles y avenidas de todo el mundo. De acuerdo a Orús (2022), mientras que el transporte predominante en Europa son las redes ferroviarias metropolitanas, en Latinoamérica; predomina el autobús, teniendo un registro aproximadamente de 21 millones de pasajeros a diario. Latinoamérica tiene una infraestructura vial mayor a los 3 millones de km, dentro de su extensión de 18.5 millones de km². A pesar de ello, “el nivel de densidad pavimentado es bajo, similar al de África, 42 veces inferior a Europa y 10 veces menor que Estados Unidos” (González, 2018). Esta le da poca importancia al mantenimiento de vías existentes, optando más por la construcción de nuevos proyectos viales.

En cuanto a Perú, podemos notar los avances en la calidad de pavimentación de carreteras de la Red Vial Nacional según cifras publicadas por el Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), aumentando de 59.9% a 83.6% desde 2012 al 2022. Sin embargo, en la Red vial Departamental y Vecinal, la tendencia es mucho más baja teniendo un aumento del 7.3% y 0.6% respectivamente. ComexPeru (2020) menciona en una publicación que Perú se encuentra en el puesto 102 con respecto a los indicadores de conectividad de vías y en el 110, en calidad de infraestructura en carreteras; según **el Reporte de Competitividad Global 2019 del Foro Económico Mundial**. Datos que nos deberían preocupar a todos, pues **reflejan la pésima situación actual de la infraestructura**. Asimismo, menciona ComexPeru (2020) “según cifras del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), el Gobierno nacional destinó el 94.5% del presupuesto institucional modificado (PIM) en vías nacionales, mientras que los Gobiernos regionales apenas llegaron al 48.1%”.

El Gobierno de la Libertad se encuentra en los departamentos con menor inversión a nivel departamental. Asimismo, gracias a cifras del Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) actualizadas a julio del 2022 se puede verificar que; de los 8,871.7 km de la infraestructura vial existente en La Libertad, únicamente el 13.72% se encuentra pavimentado, dando lugar a una brecha de 7,654.7 km por asfaltar (86.28%). Si analizamos las redes viales nacionales (71.21%), departamentales (5.45%) y vecinales (2.89%) de la libertad, las cifras obtenidas por el Ministerio de transportes y

comunicaciones (MTC), nos reafirma, que la inversión en infraestructura departamental y vecinal es realmente preocupante. **En muchas ocasiones** se debe a que **los proyectos finalizan únicamente con la capa de afirmado de la carretera y se hace caso omiso a proyectos de mantenimiento de las vías ya pavimentadas.** Según Bazán (2019) expresó en el diario el comercio que, al pavimentar una carretera, no solo se logra disminuir los costos y horas de viaje, sino también brinda una mejor calidad de vida a los pobladores, permite un mejor transporte de productos, por ende; una mayor calidad en la entrega, además de disminuir considerablemente los accidentes de tránsito.

Finalmente enfocándose en Trujillo, mencionando en esta ocasión a las **distintas empresas de transporte, en especial “La Libertad” y “El Cortijo”,** mismas que **tienen presente en su ruta, gran parte de la Av. César Vallejo y la Av. Los Incas en todas sus unidades.** En estas avenidas se logra percibir repetitivos daños en la vía, dos de las avenidas más conocida por la mayoría de usuarios que transitan por y desde la parte noreste de Trujillo, en particular la demanda de pobladores de distritos como La Esperanza, Florencia de Mora, Moche, Salaverry, La Rinconada, en particular El Porvenir y el C.P. Alto Trujillo. Actualmente, la Av. César Vallejo forma parte de la clasificación denominada "Vías arteriales" las cuales llevan importantes volúmenes de tránsito y a velocidades medias de circulación. **A lo largo de las avenidas se ubican diversas tiendas multiservicios para vehículos ligeros y pesados, mercado mayorista, la gerencia regional de transportes y comunicaciones, bancos, instituciones educativas, grifos, agencias de viaje y transporte de encomiendas.**

En un previo recorrido por las avenidas, se apreció un **notable deterioro del pavimento,** presentando fallas por desprendimiento de agregado, piel de cocodrilo, baches, desniveles, grietas de borde, grietas longitudinales y transversales, parches, entre otras fallas, reflejadas en un porcentaje regular a lo largo de la vía. En el presente proyecto de tesis se realizará una solución eficaz mediante el diseño de reforzamiento estructural del pavimento en servicio en la Avenida César Vallejo y Avenida los Incas, previa evaluación estructural mediante deflectometría.

1.1.2. Enunciado del problema

¿Cuál es el diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en Avenida César Vallejo y Avenida los Incas?

1.2. Objetivos:

1.2.1. Objetivo General:

Realizar el diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en Avenida César Vallejo y Avenida los Incas, Trujillo, La Libertad.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Hallar el ESAL de diseño en las Avenidas, César Vallejo y Los Incas.
- Identificar el tipo de vía urbana según el estudio de tráfico.
- Determinar la condición superficial de las avenidas según la metodología PCI
- Evaluar la situación estructural de las avenidas por deflectometría empleando la viga benkelman
- Elaborar el diseño de reforzamiento en las avenidas en servicio en base a los estudios CONREVIAl

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Académica: Como aporte de esta tesis se presentará el diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en estas avenidas principales con deterioro notable, mediante la aplicación de mis conocimientos profesionales aprendidos. El diseño se regirá a normas técnicas, manuales, reglamentos, artículos técnicos, revistas y publicaciones que realmente acrediten una fuente confiable logrando ser realmente contribuyente y verás la información presentada.

1.3.2. Justificación Técnica: Como todo proyecto en general, necesitará ser elaborado mediante una base técnica y confiable, brindando información de calidad, centrado en la comodidad, seguridad y durabilidad. Por lo cual la tesis tendrá como aporte el diseño del pavimento rígido y flexible en base a manuales (Manual de carreteras – sección suelos y pavimentos; 2014; manual de metrados), normas (APA 7ª edición), metodologías (AASHTO), artículos técnicos (publicaciones de profesionales en periódico como el comercio, la industria o páginas web confiables), datos estadísticos (MTC), revistas (costos), obras

culminadas recientemente y/o cercanos a la ubicación del proyecto, informes de universidades con temas similares.

1.3.3. Justificación Práctica: En este caso, el aporte será la alternativa de solución con toda la información; por ende, al ponerlo en práctica brindará mayor calidad, comodidad, seguridad y reducción del tiempo de traslado beneficiando a gran parte de la población, mismos que hace uso cotidiano de esta vía. Sobre la Avenida César Vallejo y la Avenida Los Incas, transitan empresas de transporte públicos, privados, buses urbanos e interprovincial, por motivo de pertenecer a su ruta, ir a los lubricentros, mecánicas automotrices, agencias, abastecer combustible, hoteles, hiperbodegas cercanas, centros recreacionales, entre otros.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes de estudio:

2.1.1. Internacionales:

Según Salinas (2019) en su tesis "Evaluación funcional y estructural del pavimento de la vía Manuelita Saenz desde la intersección con la av. Quiz Quiz hasta la intersección con la av. José peralta". El proyecto se enfoca en la evaluación funcional y estructural del pavimento, acorde a las necesidades presentadas en el sector y basado en normas establecidas, a la metodología PCI y viga de benkelman. En esta, se concluyó mediante la metodología PCI, en el 1er tramo evaluado un PCI = 47.83% (Regular) y en el 2do tramo un PCI = 61.50% (Regular). De igual manera se determinó que la deflexión es tipo I, obteniendo deflexiones menores a las admitidas, además de obtener un radio mayor al mínimo. El aporte del proyecto es presentar la evaluación funcional y estructural del pavimento. Se brinda los estudios previos y aspectos que se tienen que considerar en la infraestructura vial para lograr mejorar la calidad de vida de la sociedad y garantizar mayor seguridad.

Según Tixe (2019) en su tesis "Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Píllaro en el tramo km 7+600 al km 11+400 de la provincia de Tungurahua". Tuvo como objetivo principal el proponer un sistema de gestión de conservación vial en función de las características físicas de la vía evaluada. En este trabajo de investigación se concluyó mediante la evaluación PCI se clasificó al pavimento en muy buenas condiciones con un valor de 80.9, en la evaluación mediante la viga benkelman, se determinó la deflexión característica es menor a la admisible y el radio de curvatura es mayor al mínimo por lo cual el pavimento está en buenas condiciones. Como principal aporte del trabajo, fue la evaluación estructural del pavimento asfáltico, para el mantenimiento de este.

2.1.2. Nacionales:

Según Zapata (2020) en su tesis "Diagnóstico de pavimentos flexibles en las vías arteriales de la ciudad de Moquegua, 2019". Tuvo como objetivo, elaborar la evaluación estructural y superficial de los pavimentos flexibles en las vías arteriales de Moquegua. El método que se usó en la tesis, fue la metodología PCI, realizó un estudio de tráfico, con el cual se realizó la evaluación mediante deflectometría. Como conclusión, para el pavimento flexible en los tramos evaluados fueron menores a 70.35 lo cual determinó que el pavimento en las vías es adecuado, además se obtuvo un PCI menor a 50% teniendo fallas superficiales y proponiendo un sellado con asfalto líquido. Como aporte

del proyecto, se brinda la evaluación por deflectometría y metodología PCI, optando por una renovación superficial, la mejor opción para ser ejecutado en este tramo estudiado.

Según Chipana y Medina (2019) en su tesis “evaluación de un pavimento asfáltico de la Av. Prolongación Defensores del Morro para analizar su condición estructural y superficial”. El mencionado como objetivo del proyecto la evaluación de forma general, la condición superficial del pavimento existente usando el método PCI y mediante la viga benkelman establecer la capacidad actual y futura. Una de las conclusiones fue que el PCI de la avenida es del 23.9% siendo clasificado como un estado MUY POBRE, proponiendo como solución la restructuración del pavimento, además de eso mediante el método COREVIAL de determino una deflexión característica de 100.66(0.01mm), mayor a la deflexión admisible de 54.32 (0.01mm), determinando fallas de origen estructural en el tramo evaluado. El proyecto no solo aporta información acerca del estado de la vía existente mediante el método PCI, sino también nos brinda la información de fallas estructurales, requiriendo así un estudio de mayor enfoque en la rehabilitación del pavimento.

2.1.3. Locales:

Según Roncal y Tello (2022) en su tesis “diseño del reforzamiento del pavimento flexible empleando la viga benkelman en la Avenida Mansiche, tramo mall aventura plaza – colegio ramón castilla”. Tuvo como objetivo, realizar el diseño de reforzamiento del pavimento flexible de la Av. Mansiche y el tramo Mall Aventura Plaza. Como conclusión, se obtuvo un ESAL de diseño de 9×10^6 teniendo así un tráfico pesado, como base un periodo de 20 años, además de un PCI de 56.15% clasificado como REGULAR, por último, mediante la viga benkelman se obtuvo deflexiones de 85.06 (0.01mm) y 117.21(0.01mm), se clasificó como MAL PAVIMENTO TIPO IV. Por otro lado, como aporte se determinó el espesor de cada punto evaluado en la zona, tanto en el carril izquierdo como el derecho.

Según De la Cruz y Huamán (2023) en su tesis “determinación de la condición del pavimento flexible mediante la viga de Benkelman para el diseño de reforzamiento en las Avenidas Mansiche y Jesús Nazareth – Trujillo La Libertad”. Su objetivo fue determinar la condición del pavimento mediante la viga benkelman para el diseño de reforzamiento. Se realizó la evaluación mediante la metodología PCI, para posteriormente determinar el reforzamiento necesario conforme a los estudios COREVIAL. Como resultado, se determinó que, para un tráfico con un ESAL de diseño

de 2'300,000, con una deflexión característica entre 0.80mm y 0.100mm, superior a la admisible pero menor a la crítica, se necesitará un reforzamiento de 4cm, por último, se presentó los planos adecuados. El Aporte principal del trabajo de investigación, fue la selección de la mejor alternativa como reforzamiento para el pavimento en la vía. Presentando los estudios básicos realizados para su cálculo y su fundamento según las necesidades de la vía.

2.2. Marco Teórico

2.2.1 Estudio de tráfico:

2.2.1.1. Conteo en campo:

Depende de este estudio se podrá adquirir los datos necesarios para poder obtener el índice Medio Diario Anual (IMDA). Mediante la información obtenida en campo se calculará la cantidad de EE (Ejes equivalentes), para un determinado periodo se proyectará una demanda (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, p. 62).

2.2.1.2. Tasa de crecimiento (TC) y proyección:

Para obtener el tráfico proyectado necesitaremos una TC poblacional anual, para los vehículos de pasajeros y del PBI para los vehículos de carga

Mediante la ecuación siguiente hallaremos nuestro tráfico proyectado a un tiempo de diseño:

Ecuación 1.

$$T_f = T_0 * (1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_f= Tránsito proyectado

T₀= Tránsito inicial

n= Cantidad de años de diseño

r= Tasa anual en base al tipo de vehículo

2.2.1.3. Número de repeticiones de ejes equivalentes (EE):

AASHTO define al efecto provocado por el tránsito de diseño, se medirá mediante Ejes Equivalentes (EE), mediante la metodología de AASHTO. Esta define al daño provocado mediante un eje de ruedas equivalente a 8.2 ton, con una presión de 80lbs/plg². Teniendo así un factor de presión (F_p) igual a 1, si la presión es diferente será un valor distinto conforme al cuadro N°6.13 del manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014. Los demás factores influyentes serán calculados conforme al ítem 2.2.1.4. y 2.2.1.5.

Una vez obtenido dichos factores y el tráfico de diseño, se empleará la siguiente ecuación:

Ecuación 2.

$$* EE_{dia-carril} = IMD_f * Fd * Fc * Fvp * Fp$$

Con el resultado obtenido, aplicaremos un factor de crecimiento acumulado, y finalmente hallaremos el ESAL de diseño.

Ecuación 3.

$$* Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

F_{ca} = Factor de crecimiento acumulado

r = tasa de crecimiento (población o PBI)

n = Número de años proyectados

Ecuación 4.

$$* \text{Nrep de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{dia-carril} * Fca * 365)]$$

2.2.1.4. Factor de vehículo Pesado (Fvp):

Este se calculará en base a los siguientes cuadros:

Tabla 1







Formulas según los ejes del vehículo

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 ton})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{s1})	EE _{s1} = [P / 6.6] ⁴
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{s2})	EE _{s2} = [P / 8.2] ⁴
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P/14.8] ⁴
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P / 15.1] ⁴
Ejes Trídem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P / 20.7] ^{3.9}
Ejes Trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P / 21.8] ^{3.9}

P = peso por eje en toneladas



Nota: Esta tabla las fórmulas usadas para hallar el numero de ejes equivalentes de la cantidad de vehículos.

Tabla 2*Peso por eje en cada vehículo*

Configuración del vehículo	Eje delantero	Conjunto de ejes posteriores			Peso bruto máximo
		1ro	2do	3ro	
	7	11			18
Camión (2E)					
	7	18			25
Camión (3E)					
	7	23			30
Camión (4E)					
	7	11	25		43
Semi Tayler (2S3)					
	7	18	25		48 ⁽²⁾
Semi Tayler (>= 3S3)					
	7	18	11	18	48 ⁽²⁾
Trayler (3T3)					

Nota: Esta tabla muestra el peso de los ejes de cada vehículo pesado, conforme a su configuración, para el cálculo del $ESAL_{diseño}$.

Tabla 3*Peso por eje en cada vehículo*

Configuración vehicular	Eje delantero	Conjunto de ejes posteriores			Peso bruto máximo
		1ro	2do	3ro	
	7	11			18
Bus (2E)					
	7	16			23
Bus (3E)					

Nota: Esta tabla muestra el peso de los ejes de cada vehículo pesado, conforme a su configuración para el cálculo del $ESAL_{\text{diseño}}$.

2.2.1.5. Factor direccional y factor carril:

Este se determina mediante la clasificación en el siguiente cuadro:

Tabla 4*Factores de distribución de dirección y carril*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1	1	1
	1 sentido	2	1	0.8	0.8
	1 sentido	3	1	0.6	0.6
	1 sentido	4	1	0.5	0.5
	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 sentidos	4	0.5	0.5	0.25

Nota: Esta tabla muestra los factores de distribución de dirección y carril de acuerdo al número de calzadas y carril por sentido, influyente en el $ESAL_{\text{diseño}}$.

2.2.1.6. Tipo de vía en base al ESAL de diseño:

Conforme al estudio de tráfico encontrado, se clasificará en el siguiente cuadro; el tipo de vía, clasificación que nos brinda la norma CE. 0.10 pavimentos urbanos:

Tabla 5

Tipo de vías urbanas

Tipo de vías urbanas	Descripción
Expresas	Permite conexiones interurbanas, con un desplazamiento vehicular con alta velocidad, no se permite el estacionamiento en su recorrido, que se descargue mercancía o transiten los peatones.
Arteriales	Permite conexiones interurbanas, con un desplazamiento vehicular con velocidad media, con relativa integración con el uso de las áreas colindantes. Conecta las vías expresas con las colectoras y locales. Los vehículos tienen permitido el estacionamiento en las zonas adyacentes. El volumen del tráfico de las arteriales menores es de 4000 a 15000 vehículos por día (vpd), con un aproximado de 300 a 600 trafico diario promedio de camiones (ADTT); y de las arteriales mayores es de 4000 a 30000 vpd, con 700 a 1500 ADTT.
Colectoras	Lleva el tráfico desde las vías locales a las arteriales. El transito es interrumpido mediante intersecciones semaforizadas. Los vehículos tienen permitido el estacionamiento en las zonas adyacentes. El volumen del tráfico es de 1000 a 8000 vpd, con 50 a 500 ADTT
Locales	El objeto de estas será acceder a las áreas residenciales, de comercio, industria y circulación dentro de estas.

Nota: En esta tabla se muestra la clasificación de vías urbanas según la cantidad de vpd y ADTT, así como la descripción particular de cada una para identificar el tipo de vía presente.

2.2.2 Metodología del PCI:

Esta calificación nos permite visualizar y analizar el estado actual del pavimento. La metodología divide en tramos la carretera, clasificando los tipos de fallas por el nivel de severidad, brindando un porcentaje de daño caudado, hallando con ello un valor deducido representativo.

Tabla 6

Tipos de falla y nivel de severidad

Item	Tipo de falla	Und		High	Medium	Low
1	Piel de cocodrilo	m ²	PC	Red de grietas que están bien definidas y descascarados	Grietas descascaradas (interconectadas)	Grietas muy finas longitudinales y capilares
2	Agrietamiento en bloque	m ²	AB	Grietas de severidad alta	Grietas de severidad media	Grietas de severidad baja
3	Abultamiento y Hundimientos	ml	AH	Notoria deflexión en pavimento	Deflexión en pavimento perceptible	Casi imperceptible deflexión en pavimento
4	Corrugación	m ²	C	Cimas o depresiones notorias en pavimento	Cimas o depresiones en pavimento perceptible	Casi imperceptible de cimas o depresiones en pavimento
5	Grieta de borde	ml	GB	Grietas con fragmentos o desprendimientos considerables	Grietas con algo de fragmentos o desprendimientos	Agrietamiento sin fragmentos o desprendimientos
6	Depresión	m ²	D	H > 51 mm	H > 25 - 51 mm	H = 13 - 25 mm
7	Grietas longitudinales y transversales	ml	GLT	Grieta rellena, rodeada de grietas aleatorias con severidad media o alta. Grieta sin relleno a > 76 mm.	Grieta sin relleno a = 10 - 76 mm sin grietas o a < 76 mm con grietas aleatorias pequeñas	Grieta sin relleno a = 10 mm Grieta con relleno adecuado de cualquier ancho
8	Parcheo	m ²	P	Parche en malas condiciones	Parche en moderadas condiciones Dm = 102 a 203 mm; H > 50.8 mm	Parche en buenas condiciones Dm = 102 a 203 mm; H = 12.7 a 25.4 mm
9	Baches	und	B	Dm = 457 a 762 mm; H > 25.4 a 50.8 mm	Dm = 203 a 457 mm; H > 25.4 mm	Dm = 203 a 457 mm; H = 12.7 a 25.4 mm
10	Ahuellamiento	m ²	A	H > 25 mm	H > 13 - 25 mm	H = 6 - 13 mm
11	Desprendimiento de agregados	m ²	DA	Superficie muy rugosa y severamente ahuecada	Superficie rugosa e hundimientos	Reciente desprendimiento
12	Hinchamiento	m ²	H	Notoria deflexión en pavimento	Deflexión en pavimento perceptible	Casi imperceptible deflexión en pavimento

Nota: Esta tabla muestra las posibles fallas que podría presentar la vía, en la evaluación mediante la metodología PCI.

2.2.2.1 Proceso para evaluar el estado actual del Pavimento:

- Se iniciará la evaluación dividiendo la vía en $225 \pm 90m^2$, conforme al manual PCI, clasificando las fallas en formatos proporcionados por el mismo.
- Seleccionamos un número de muestras superior a la cantidad mínima, determinada con la siguiente ecuación (esta estimación nos brinda una confiabilidad del 95%):

Ecuación 5.

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

n= Cantidad mínima de unidades de muestras (UM)

N= Cantidad total de UM

e= Error admisible de la estimación del PCI (e=5%)

σ = Desviación estándar ($\sigma=10$ al ser pav. Asfáltico)

Nota: si $n < 5$ se evaluará todas las muestras

- La selección de cada muestra será mediante un intervalo, determinado con la siguiente ecuación, si el proyecto exige mayor exactitud, deberán evaluarse todas.

Ecuación 6.

$$i = \frac{N}{n}$$

n= Mínimo de unidades de muestreo (o cantidad seleccionada)

N= Número de unidades de muestreo existentes en el pavimento

i= Intervalo de muestreo a seleccionar, redondear al inferior

- Se visualiza cada falla de acuerdo al cuadro presentado, calculando el porcentaje de daño según la unidad de medida indicada, lo ubicamos en el ábaco correspondiente; brindando por el manual presentados en sus anexos, se descartará cada valor inferior a 2 ($DV \geq 2$).

- Con el valor deducido obtenido en cada muestra, pasaremos a reducir la cantidad de valores a un número máximo de VD.

Ecuación 7.

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

HDVi= El VD más alto para la UM "i"

mi= Número máximo de VD

Nota: El número total de VD en cada UM se disminuye a "m", si existen menos se evalúan todos.

- Mediante iteraciones se colocarán los VD's en columnas. En la primera, se presentarán todos de mayor a menor, en la siguiente se reduce el menor VD al valor mínimo (2), así sucesivamente; hasta quedar un solo VD. Se realiza la suma de cada columna, determinando el VDT en cada columna, estos serán interceptados con el número de valores deducidos (q), en el ábaco dado por el manual PCI.

- Por último, se elegirá el mayor VDC, calculando con este el PCI actual, y mediante la tabla presentada se realizará la clasificación:

Ecuación 8.

$$PCI = 100 - Max.VDC$$

Max.VCD= El máximo valor deducido corregido

PCI= Índice de condición del pavimento

Tabla 7

Clasificación del estado del pavimento

Rango	Clasificación
100 - 86	Excelente
85 - 71	Muy bueno
70 - 56	Bueno
55 - 41	Regular
40 - 26	Malo
25 - 11	Muy malo
10 - 0	Fallado

Nota: En esta tabla se visualiza la clasificación que presenta el manual PCI conforme al porcentaje que se obtendrá en cada muestra.

2.2.3 Metodología de Evaluación estructural por deflectometría:

Esta evaluación se realiza en campo, para poder conocer la deflexión característica que presenta el pavimento al estar bajo un esfuerzo provocado por un vehículo pesado con características conocidas, realizando un análisis comparativo con la deflexión admisible y crítica, visualizar si el radio de curvatura es mayor al admisible, determinando así una solución adecuada a la situación encontrada.

El ensayo será ejecutado conforme al MTC E 1002 presente en el manual de ensayo de materiales, 2016. Con este se determinará el radio de curvatura en los puntos ensayados y las deflexiones según la distancia requerida.

2.2.3.1 Factores que influyen en el diseño:

El manual de ensayos de materiales recomienda que para la corrección por temperatura y estación nos basemos en los estudios CONREVIAl o Instituto Del Asfalto.

A) Factor por temperatura:

La temperatura mínima de evaluación sea de 5°C y la máxima de 35°C, en caso no se cumpla se deberá evitar realizarlo. El cálculo de este factor será conforme a la siguiente fórmula dada por el manual:

Ecuación 9.

$$F_t = \frac{1}{((0.0008 * (T^\circ - 20^\circ) * H) + 1)}$$

Donde:

F_t = Factor de corrección por temperatura

T° = Temperatura

H = Espesor de la carpeta asfáltica

B) Factor de corrección por estación (F_e):

Tabla 8

Factor de corrección según la estación

Tipo de suelo de la subrasante	Estación	
	lluviosa	seca
Arenoso-Permeable	1	1.1-1.3
Arcilloso-Sensible al agua	1	1.2-1.4

Nota: Esta tabla muestra el factor de corrección conforme a la estación para el cálculo de las deflexiones.

2.2.3.2 Deflexión característica (Dc):

Esta deflexión involucra la selección y cálculo de distintas variables, conforme al manual de carreteras:

A) Deflexiones obtenidas en campo:

La deflexión se obtendrá con las lecturas del dial, tomadas en campo, aplicando la siguiente ecuación:

Ecuación 10.

$$D_n = 4 \times (L_f - L_n) \cdot F_e \cdot F_t \text{ (expresada en 0,01 mm)}$$

Donde:

D_n = Deflexión en un punto "n"

L_f = Lectura final registrada en el dial del primer brazo de prueba (Deflexión=0)

L_n = Lectura registrada en un punto "n"

F_e = Factor de corrección por estación

F_t = Factor de corrección por temperatura

B) Radio de curvatura:

De las deflexiones calculadas, la deflexión máxima (D_0) y la deflexión a 25cm de esta (D_{25}), serán usadas para el cálculo de esta variable, mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 11.

$$RC = \frac{3125}{(D_0 - D_{25})}; \text{ expresado en mm}$$

C) Confiabilidad (%):

AASHTO 93 acorde con la norma CE 0.10 pavimentos urbanos, nos presenta estos valores para poder seleccionar la confiabilidad según el tipo de vía.

Tabla 9

Confiabilidad empleada en el cálculo de Dc según tipo de carretera

Tipo de vías	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Expresas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arteriales	80 - -99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 - 80

Nota: En esta tabla de muestra la confiabilidad que tomaremos para identificar la desviación estándar normal.

Tabla 10

Desviación estándar normal (Zr) en función a la confiabilidad (%)

Confiabilidad	Zr
50	0.000
60	0.253
70	0.524
75	0.674
80	0.841
85	1.037
90	1.282
95	1.645
99	2.327
99.9	3.090
99.99	3.750

Nota: En esta tabla se muestra la desviación estándar normal en relación a la confiabilidad, necesaria para la deflexión característica.

D) Deflexión característica:

Este valor será mayor a la deflexión máxima:

Ecuación 12.

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n Di}{n}$$

Ecuación 13.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Di - \bar{D})^2}{(n - 1)}}$$

Ecuación 14.

$$CV = \frac{\sigma}{D} * 100$$

Ecuación 15.

$$Dc = Dm + Zr * \sigma$$

Donde:

- Di: Deflexión en el punto i (mm)
- Zr: Desviación estándar normal.
- Dc: Deflexión característica (mm)
- \bar{D}, Dm : Deflexión promedio
- σ : Desviación estándar
- CV: Coeficiente de variación

En la ecuación 13, "(n-1)" se reemplaza por "(n)" cuando n > 30

2.2.3.3 Diseño de reforzamiento en pavimento flexible:

El manual de carreteras nos brinda el diseño de reforzamiento de un pavimento flexible para poder realizar una extensión del periodo de vida de este en base a CONREVIAl (estudio de rehabilitación de carreteras en el país. MTC – Perú). Este diseño no se tendrá que realizarse necesariamente cuando el pavimento se encuentre en estado crítico, sino mucho antes.

Asimismo, para el diseño en manual nos brinda diferentes casos posibles, con lo cual reconoceremos la situación en la cual se encuentra el pavimento:

Caso 1: Si tenemos un DC mayor al Dadm, pero no hay fallas estructurales, necesitaremos colocar un refuerzo estructural para el tráfico previsto.

Caso 2: Si tenemos un DC mayor al Dadm, además de haber fallas estructurales pero el Rc es alto, necesitaremos colocar un refuerzo estructural con urgencia pues nos encontraremos en una situación más avanzada al caso 1.

Caso 3: Si tenemos un DC mayor, inferior o igual al Dadm, además de haber fallas estructurales pero el Rc es bajo (≤ 80 m), se interpretará como una capa débil inmediatamente bajo la carpeta de rodadura, necesitaremos rediseñar toda la carpeta asfáltica mediante calicatas y ensayos de laboratorio.

Caso 4: Si tenemos un DC inferior o igual al Dadm, además de haber fallas permanentes (depresiones, ahuellamientos marcados >12 mm, entre otras), necesitaremos realizar la misma solución del caso 3.

Caso 5: Si tenemos un DC inferior o igual al Dadm, además de no haber fallas de origen estructural, además el Rc es alto (>80 m), una limite a una renovación superficial.

A) La deflexión admisible (Dadm):

Este será el máximo valor de la deflexión en que se considera como un pavimento aún en condiciones.

Ecuación 16.

$$N = 1.15/(Dadm)^4$$

Donde:

Dadm: Deflexión Admisible (mm)

N: ESAL de diseño (millones)

B) La deflexión crítica (Dcr):

Sera el límite de la deflexión, cuando se supere este valor, se presentan recurrentes y notorias fallas en el pavimento un pavimento:

Ecuación 17.

$$N = 1.90/(Dcr)^{5.3}$$

Donde:

Dcr: Deflexión crítica (mm)






























N: ESAL de diseño (millones)

C) Selección de espesor de reforzamiento:

El manual de carreteras nos brinda diferentes espesores de carpeta asfáltica en caliente, para poder realizar un reforzamiento, en relación a la Dc obtenida y el tipo de tráfico existente.

Tabla 11

Catálogo de espesor de refuerzo de carpeta asfáltica en caliente

DC (1/100mm)	De 75,000 a 150,000	De 150,001 a 300,000	De 300,001 a 500,000	De 500,001 a 750,000	De 750,001 a 1'000,000	De 1'000,001 a 1'500,000	De 1'500,001 a 3'000,000	De 3'000,001 a 5'000,000
≤ 20	TRATAMIENTO SUPERFICIAL MEDIANTE MORTEROS ASFALTICOS O SELLOS ASFALTICOS							
20 - 40								
40 - 60								
60 - 80								
80 - 100					Micropavimento e=25 mm	4 cm 	7 cm 	
100 - 120			Micropavimento e=25 mm	Micropavimento e=25 mm	4 cm 	7 cm 	9 cm 	
120 - 140	Micropavimento e=25 mm	Micropavimento e=25 mm	4 cm 	5 cm 	6 cm 	9 cm 	12 cm 	
140 - 160	Micropavimento e=25 mm	4 cm 	5 cm 	6 cm 	8 cm 	11 cm 	14 cm 	
160 - 180	Micropavimento e=25 mm	4 cm 	5 cm 	7 cm 	8 cm 	10 cm 	13 cm 	15 cm 
180 - 200	Micropavimento e=25 mm	5 cm 	7 cm 	8 cm 	9 cm 	11 cm 	14 cm 	ESTUDIO ESPECIAL

Nota: Esta tabla muestra los espesores del reforzamiento que necesita la vía conforme al ESAL_{diseño} y la deflexión característica.

Tabla 12

Catálogo de espesor de refuerzo de carpeta asfáltica en caliente

DC (1/100 mm)	De 5'000,001 a 7'500,000	De 7'500,001 a 10'000,000	De 10'000,001 a 12'500,000	De 12'500,001 a 15'000,000	De 15'000,001 a 20'000,000	De 20'000,001 a 25'000,000	De 25'000,001 a 30'000,000
≤ 20	TRATAMIENTO SUPERFICIAL MEDIANTE MORTEROS ASFALTICOS O SELLOS ASFALTICOS						
20 - 40	TRATAMIENTO SUPERFICIAL MEDIANTE MORTEROS ASFALTICOS O SELLOS ASFALTICOS						
40 - 60	Micropavimento e=25 mm		Micropavimento e=25 mm	Micropavimento e=25 mm	4 cm	5 cm	6 cm
60 - 80	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	10 cm	11 cm	12 cm
80 - 100	8 cm	10 cm	11 cm	12 cm	14 cm	15 cm	
100 - 120	11 cm	13 cm	14 cm	15 cm	ESTUDIO ESPECIAL		
120 - 140	14 cm	15 cm	ESTUDIO ESPECIAL				
140 - 160	ESTUDIO ESPECIAL						
160 - 180	ESTUDIO ESPECIAL						
180 - 200	ESTUDIO ESPECIAL						

Nota: En esta tabla se muestra los espesores del reforzamiento que necesita la vía conforme al ESAL_{diseño} y la Dc obtenida

2.3. Marco conceptual

a) Aglomerantes bituminosos: Materiales que tienen una composición de asfaltos naturales, de carácter sólido o viscoso, dúctiles y con el calor se ablandan. “Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 3).

b) Asfalto: “Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.4).

c) Densidad máxima compactada seca: La densidad es la “relación entre la masa y el volumen de un cuerpo” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.4). Por ende, es la mayor densidad que adopta el suelo, al compactarlo a la humedad óptima.

d) Desviación estándar: “Es una medida de la dispersión de los datos” (Abraira, 2002, p.621).

e) Desviación estándar normal: “Representa el nivel de confiabilidad seleccionada para un conjunto de datos en una distribución normal” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.4).

f) Micro pavimento: “Colocación de una mezcla de emulsión asfáltica modificado con polímeros y agregados pétreos” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p.643).

g) Taludes: “Paramento o superficie inclinada que limita lateralmente un corte o un terraplén” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 22).

h) Piel de cocodrilo: “Fracturas de varios orígenes con un ancho mayor a 3 mm, formando bloques o mallas de características y tamaños variables” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.13).

i) Abultamientos y hundimientos: “Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.4).

j) Bache: “Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.5).

k) Ahuellamiento: “Surcos o huellas que se producen en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado

de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.4).

l) Viga de Benkelman: “Instrumento que se usa para determinar la deflexión de un pavimento flexible producido por una carga estática.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.23).

m) Índice de Condición del Pavimento (PCI): Es la metodología por la cual se podrá clasificar el estado del pavimento (González et'al., 2019).

n) AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

o) Vías Expresas: Tipo de vías de alto transito vehículos, a velocidades elevadas, por lo general tiene limitaciones en accesibilidad; prohibiendo el estacionamiento, descarga de mercancía ni tránsito de peatones. Permite conexión interurbana.

p) Vías Arteriales: Tipo de vías de mediano transito vehículos, a velocidades elevadas, esta también tiene limitaciones en accesibilidad, pero en menor incidencia; prohibiendo el estacionamiento, descarga de mercancía ni tránsito de peatones. Este tipo de vías se integra con vías expresas, permitiendo una mejor distribución con las vías colectoras y locales.

q) Vías Colectoras: Tipo de vías de tránsito vehículos con interrupciones mediante semaforización entre las vías arteriales y señales horizontales y verticales, con vías locales. Esta permitido el estacionamiento en zonas adyacentes y para todo tipo de vehículos.

r) Vías Locales: Tipo de vías con el objetivo de dar acceso directo a zonas residenciales, de comercio, industria e interconexión entre ellas.

2.4. Hipótesis

La presente investigación por ser de carácter no experimental, no sugiere el planteamiento de una hipótesis, en todo caso el producto de la investigación y sus resultados, dará solución al problema planteado.

VARIABLES e indicadores

Tabla 13

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS
Diseño de reforzamiento del pavimento en servicio	El pavimento es un “elemento estructural de varias capas, diseñado y construido para soportar cargas dinámicas durante de tiempo determinado” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). El pavimento requiere ser evaluado de manera superficial, complementado con una evaluación estructural. La evaluación estructural por deflectometría nos muestra la respuesta conjunta del “pavimento – sub rasante” en acción de una carga determinada, medida que nos indicará la adecuabilidad o necesidad de un reforzamiento en el pavimento. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).	Estudio de trafico	ESAL	EE	Guía de observación 01
			Tipo de vía	Nominal	Ficha de revisión documentaria 01
		Condición superficial de la vía	Método PCI	%	Guía de observación 2
		Evaluación estructural por deflectometría	Deflexiones medidas	mm	Ficha de revisión documentaria 02
		Diseño reforzamiento en pavimento	Espesores del paquete estructural	cm	Ficha de revisión documentaria 04
	Diseño de planos	-	Ficha de revisión documentaria 05		

Nota: En esta tabla se muestra los instrumentos que se usaran para la variable identificada, conforme a los objetivos planteados

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1 *Tipo de investigación:*

Según la finalidad, esta investigación es aplicada no experimental.

3.1.2 *Nivel de investigación:*

Según el nivel de investigación es descriptivo.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1 *Población*

Pavimentos de las Calles y Avenidas Principales del distrito de Trujillo, provincia La Libertad.

3.2.2 *Muestra*

Se consideró una extensión de 6.04 km de longitud, a lo largo de la Avenida César Vallejo y Avenida Los Incas, Trujillo.

3.3. Diseño de Contrastación

El diseño del proyecto es de tipo no experimental. Se tomaron datos del área estudiada y se evaluaron con el fin de diseñar un reforzamiento del pavimento flexible en servicio, sin cambiar el contexto natural.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Tabla 14

Técnicas e instrumentos de recolección de datos en el proyecto

Técnicas	Instrumentos
Observación directa	Guía de observación
Revisión documentaria	Ficha de revisión documentaria

Nota: En esta tabla se muestra los instrumentos que se usan en relación a la técnica empleada.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Se cuantificó la cantidad de vehículos que transitan sobre la avenida estudiada; tanto livianos como pesados, siguiendo una clasificación predeterminada brindada por el MTC, hallando el Índice Medio Diario (IMD), con el cual se determinó el número de Ejes Equivalentes (ESAL de diseño) con un periodo de diseño determinado.

Posteriormente, se identificó el tipo de vía presente conforme al estudio de tráfico realizado.

Se determinó la condición superficial de las avenidas, evaluando por unidades de muestra seleccionadas conforme lo indica el manual PCI, identificando el valor deducido corregido de cada una se halló el porcentaje del PCI.

Para la evaluación estructural, se realizó mediante el ensayo de deflectometría, se registró las lecturas dadas en campo por la viga benkelman, con las cuales se calculó las deflexiones en cada punto, mismas que fueron necesarias para hallar el radio de curvatura y la deflexión característica (D_c). Esta D_c se comparó con la deflexión admisible (D_{adm}) para esta cantidad de ejes equivalentes (EE).

Al determinar la situación estructural se diseñó el reforzamiento estructural de las avenidas en servicio, según la D_c obtenida y a la cantidad de EE.

Para finalizar se realizó los planos correspondientes a los espesores diseñados, presentando un plano de ubicación y localización, vista en planta y secciones de cada avenida.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Volumen vehicular

Se ubicó un punto de conteo vehicular estratégico conforme al nivel de tráfico.

A) Conteo en campo: En este punto predominan los vehículos ligeros. Se determinó el conteo de una semana, las 24 horas, en ambos puntos de conteo. En los cuadros posteriores observaremos las cantidades según la clasificación dada por el MTC:

Tabla 15

Conteo vehicular - lunes

Universidad Privada Antenor Orrego																					
Tramo evaluado: Av. Cesar vallejo (km 1+750)		Aforador carril izquierdo: Huamán Bazán Arquímedes Smith										Día: Lunes									
Estación: PC1		Carril derecho: Huamán Bazán Arquímedes Smith										Fecha de Conteo: 04 / 09 / 23									
	Auto	Station wagon	Camionetas				Micro	Bus		Camión			Semi Tayer				Trayler				PARCIAL
			Pick Up	Panel	Rural Combi	2E		3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
07:00 am - 08:00 am	1,198	281	108	20	150	132	-	-	12	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%	
08:00 am - 09:00 am	1,068	193	74	14	121	99	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	
09:00 am - 10:00 am	986	104	40	8	76	62	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%	
10:00 am - 11:00 am	756	170	65	12	92	103	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%	
11:00 am - 12:00 am	1,200	257	99	22	166	137	-	-	14	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	7%	
12:00 am - 01:00 pm	1,345	265	102	23	185	152	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%	
01:00 pm - 02:00 pm	880	140	88	10	96	104	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	
02:00 pm - 03:00 pm	453	124	40	9	72	59	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%	
03:00 pm - 04:00 pm	395	85	32	5	31	24	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%	
04:00 pm - 05:00 pm	749	92	35	3	45	37	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%	
05:00 pm - 06:00 pm	958	144	55	16	111	91	-	-	15	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	
06:00 pm - 07:00 pm	1,115	295	113	29	205	165	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%	
07:00 pm - 08:00 pm	1,286	315	121	21	165	136	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%	
08:00 pm - 09:00 pm	1,267	203	248	35	268	221	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8%	
09:00 pm - 10:00 pm	1,354	156	116	12	91	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%	
10:00 pm - 11:00 pm	1,093	102	85	1	24	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	
11:00 pm - 12:00 pm	835	79	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%	
12:00 pm - 01:00 am	235	27	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%	
01:00 am - 02:00 am	111	18	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%	
02:00 am - 03:00 am	71	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%	
03:00 am - 04:00 am	45	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%	
04:00 am - 05:00 am	79	21	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%	
05:00 am - 06:00 am	762	165	62	11	103	85	-	-	16	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%	
06:00 am - 07:00 am	982	214	123	21	134	110	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%	
TOTALES	19,223	3,471	1,713	272	2,135	1,811	-	-	151	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	28,785	

Nota: En esta tabla se muestra la recolección de datos del primer día de la semana para el cálculo del IMD y el ESAL de diseño

Tabla 16

Conteo vehicular - martes

Universidad Privada Antenor Orrego																				
Tramo evaluado: Av. Cesar vallejo (km 1+750)		Aforador carril izquierdo: Huamán Bazán Arquímedes Smith										Fecha de conteo: 05 / 09 / 23								
Estación: PC1		Carril derecho: Huamán Bazán Arquímedes Smith										Día: Martes								
	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión				Semi Tayler			Trayler				PARCIAL
			Pick Up	Panel	Rural Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
07:00 am - 08:00 am	1,078	268	107	16	154	115	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
08:00 am - 09:00 am	961	184	73	11	124	86	-	-	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
09:00 am - 10:00 am	888	100	40	7	78	54	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
10:00 am - 11:00 am	704	165	68	10	89	95	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
11:00 am - 12:00 am	1,116	248	103	17	159	126	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
12:00 am - 01:00 pm	1,251	256	107	18	178	140	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
01:00 pm - 02:00 pm	636	143	102	13	72	120	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
02:00 pm - 03:00 pm	327	126	46	11	54	68	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
03:00 pm - 04:00 pm	286	87	37	7	24	28	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
04:00 pm - 05:00 pm	739	86	32	3	45	29	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
05:00 pm - 06:00 pm	945	134	49	15	109	69	-	-	12	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
06:00 pm - 07:00 pm	1,100	275	101	28	202	126	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
07:00 pm - 08:00 pm	1,344	336	96	20	104	127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
08:00 pm - 09:00 pm	1,324	216	195	32	168	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
09:00 pm - 10:00 pm	1,415	166	92	11	58	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
10:00 pm - 11:00 pm	1,092	107	76	-	32	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
11:00 pm - 12:00 pm	835	83	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
12:00 pm - 01:00 am	235	29	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
01:00 am - 02:00 am	111	20	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
02:00 am - 03:00 am	71	17	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
03:00 am - 04:00 am	45	7	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
04:00 am - 05:00 am	79	25	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
05:00 am - 06:00 am	665	202	61	14	104	104	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
06:00 am - 07:00 am	856	261	120	25	135	134	-	-	9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
TOTALES	18,103	3,541	1,604	258	1,889	1,731	-	-	135	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,265

Nota: En esta tabla se muestra la recolección de datos del segundo día de la semana para el cálculo del IMD y el ESAL de diseño

Tabla 17

Conteo vehicular - miércoles

Universidad Privada Antenor Orrego																				
Tramo evaluado: Av. Cesar vallejo (km 1+750)		Aforador carril izquierdo: Huamán Bazán Arquímedes Smith		Fecha de conteo: 06 / 09 / 23																
Estación: PC1		Carril derecho: Huamán Bazán Arquímedes Smith		Día: Miércoles																
	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tayer		Trayler				PARCIAL		
			Pick Up	Panel	Rural Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3		3T2	3T3
07:00am - 08:00am	971	229	97	12	126	103	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
08:00am - 09:00am	865	157	66	8	101	77	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
09:00am - 10:00am	800	86	37	6	64	49	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
10:00am - 11:00am	604	130	54	10	74	80	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
11:00am - 12:00am	956	195	81	16	132	106	-	-	13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
12:00am - 01:00 pm	1,072	202	85	17	148	118	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
01:00pm - 02:00pm	522	106	45	5	27	92	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
02:00pm - 03:00pm	268	93	20	4	20	52	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
03:00pm - 04:00pm	235	65	17	3	9	22	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
04:00pm - 05:00pm	784	67	25	4	29	30	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
05:00pm - 06:00pm	1,002	103	38	16	68	70	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
06:00pm - 07:00pm	1,167	212	79	30	127	128	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
07:00pm - 08:00pm	1,022	399	53	15	59	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
08:00pm - 09:00pm	1,006	256	106	24	95	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
09:00pm - 10:00pm	1,076	197	51	9	33	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
10:00pm - 11:00pm	924	95	61	-	23	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
11:00pm - 12:00pm	707	74	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
12:00pm - 01:00am	199	26	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
01:00am - 02:00am	94	18	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
02:00am - 03:00am	61	16	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
03:00am - 04:00am	39	7	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
04:00am - 05:00am	69	25	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
05:00am - 06:00am	454	131	50	9	79	90	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
06:00am - 07:00am	584	169	98	16	102	115	-	-	14	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
TOTALES	15,481	3,058	1,149	204	1,316	1,357	-	-	128	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,699

Nota: En esta tabla se muestra la recolección de datos del tercer día de la semana para el cálculo del IMD y el ESAL de diseño

Tabla 18

Conteo vehicular - jueves

Universidad Privada Antenor Orrego																			
Tramo evaluado: Av. Cesar vallejo (km 1+750)		Aforador carril izquierdo:		Huamán Bazán Arquímedes Smith								Fecha de conteo: 07 / 09 / 23							
Estación: PC1		Carril derecho:		Huamán Bazán Arquímedes Smith								Día: Jueves							
	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Talyer			Trayler				PARCIAL
			Pick Up	Panel	Rural Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	
07:00am - 08:00am	1,075	301	83	18	145	116	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
08:00am - 09:00am	957	206	56	12	116	86	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
09:00am - 10:00am	886	113	32	9	74	55	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
10:00am - 11:00am	637	162	77	14	80	89	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
11:00am - 12:00am	1,008	243	115	21	142	117	-	-	17	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
12:00am - 01:00 pm	1,131	252	121	23	160	131	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
01:00pm - 02:00pm	694	132	108	12	48	119	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
02:00pm - 03:00pm	356	115	48	9	35	67	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
03:00pm - 04:00pm	313	81	41	7	16	29	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
04:00pm - 05:00pm	866	84	45	7	37	34	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
05:00pm - 06:00pm	1,106	128	67	26	85	79	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
06:00pm - 07:00pm	1,289	264	140	49	159	145	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
07:00pm - 08:00pm	1,274	314	59	22	65	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
08:00pm - 09:00pm	1,254	201	118	34	104	135	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
09:00pm - 10:00pm	1,342	155	57	13	37	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
10:00pm - 11:00pm	1,102	117	79	-	34	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
11:00pm - 12:00pm	844	92	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
12:00pm - 01:00am	238	33	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
01:00am - 02:00am	113	23	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
02:00am - 03:00am	74	21	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
03:00am - 04:00am	48	10	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
04:00am - 05:00am	85	36	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
05:00am - 06:00am	587	162	64	16	87	98	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
06:00am - 07:00am	754	208	125	28	112	124	-	-	14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
TOTALES	18,033	3,453	1,549	320	1,536	1,574	-	-	136	4	-	-	-	-	-	-	-	-	26,605

Nota: En esta tabla se muestra la recolección de datos del cuarto día de la semana para el cálculo del IMD y el ESAL de diseño

Tabla 19

Conteo vehicular - viernes

Universidad Privada Antenor Orrego																				
Tramo evaluado:		Aforador										Fecha de conteo:								
Av. Cesar vallejo (km 1+750)		carril izquierdo:										Huamán Bazán Arquímedes Smith								
Estación:		Carril derecho:										Día:								
Pc1		Huamán Bazán Arquímedes Smith										Viernes								
	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tayer		Trayler				PARCIAL		
			Pick Up	Panel	Rural Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3		3T2	3T3
07:00 am - 08:00 am	1,182	290	101	24	168	153	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
08:00 am - 09:00 am	1,052	198	68	16	134	113	-	-	9	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
09:00 am - 10:00 am	974	109	39	12	86	73	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
10:00 am - 11:00 am	687	202	64	13	90	111	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
11:00 am - 12:00 am	1,086	302	95	19	159	145	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
12:00 am - 01:00 pm	1,219	314	100	21	180	163	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
01:00 pm - 02:00 pm	829	138	88	8	77	111	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
02:00 pm - 03:00 pm	425	120	39	6	56	62	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
03:00 pm - 04:00 pm	374	85	34	5	26	27	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
04:00 pm - 05:00 pm	788	90	41	6	54	41	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
05:00 pm - 06:00 pm	1,006	136	61	21	124	95	-	-	19	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
06:00 pm - 07:00 pm	1,173	281	128	40	232	175	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
07:00 pm - 08:00 pm	1,323	308	103	19	124	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
08:00 pm - 09:00 pm	1,302	197	205	29	198	216	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
09:00 pm - 10:00 pm	1,394	152	100	12	71	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
10:00 pm - 11:00 pm	1,056	108	94	-	26	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
11:00 pm - 12:00 pm	809	85	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
12:00 pm - 01:00 am	229	31	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
01:00 am - 02:00 am	109	22	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
02:00 am - 03:00 am	72	21	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
03:00 am - 04:00 am	47	10	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
04:00 am - 05:00 am	84	36	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
05:00 am - 06:00 am	622	153	69	20	101	92	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
06:00 am - 07:00 am	798	196	134	34	129	116	-	-	17	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
TOTALES	18,640	3,584	1,703	305	2,035	1,930	-	-	186	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,388

Nota: En esta tabla se muestra la recolección de datos del quinto día de la semana para el cálculo del IMD y el ESAL de diseño

Tabla 20

Conteo vehicular - sábado

Universidad Privada Antenor Orrego																			
Tramo evaluado: av. Cesar vallejo (km 1+750)		Aforador												09					
Estación: PC1		carril izquierdo:		Huamán Bazán Arquímedes Smith										Fecha de conteo: 09 / / 23					
		Carril derecho:		Huamán Bazán Arquímedes Smith										Día: Sabado					
	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tayler			Trayler				PARCIAL
			Pick Up	Panel	Rural Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	
07:00 am - 08:00 am	1,244	301	107	15	156	147	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
08:00 am - 09:00 am	1,107	205	72	10	124	108	-	-	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
09:00 am - 10:00 am	1,025	113	42	8	80	70	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
10:00 am - 11:00 am	638	192	70	3	79	95	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
11:00 am - 12:00 am	1,007	286	103	4	138	124	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
12:00 am - 01:00 pm	1,131	298	109	5	157	140	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
01:00 pm - 02:00 pm	634	156	116	4	36	58	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
02:00 pm - 03:00 pm	325	135	51	3	26	32	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
03:00 pm - 04:00 pm	286	96	45	3	13	14	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
04:00 pm - 05:00 pm	1,061	84	50	2	42	25	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
05:00 pm - 06:00 pm	1,354	126	73	7	96	56	-	-	16	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
06:00 pm - 07:00 pm	1,579	261	154	14	180	104	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8%
07:00 pm - 08:00 pm	1,492	368	99	4	66	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
08:00 pm - 09:00 pm	1,468	235	196	6	104	132	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
09:00 pm - 10:00 pm	1,572	182	96	3	38	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
10:00 pm - 11:00 pm	956	134	105	-	18	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
11:00 pm - 12:00 pm	733	106	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
12:00 pm - 01:00 am	208	39	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
01:00 am - 02:00 am	100	28	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
02:00 am - 03:00 am	67	27	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
03:00 am - 04:00 am	44	13	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
04:00 am - 05:00 am	79	47	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
05:00 am - 06:00 am	844	186	58	20	84	89	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
06:00 am - 07:00 am	1,082	238	112	34	107	112	-	-	11	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
TOTALES	20,036	3,856	1,819	145	1,544	1,451	-	-	165	3	-	-	-	-	-	-	-	-	29,019

Nota: En esta tabla se muestra la recolección de datos del sexto día de la semana para el cálculo del IMD y el ESAL de diseño

Tabla 21

Conteo vehicular - domingo

Universidad Privada Antenor Orrego																				
Tramo evaluado: av. Cesar vallejo (km 1+750)		Aforador carril izquierdo:		Huamán Bazán Arquímedes Smith										Fecha de conteo: 10 / 09/ 23						
Estación: PC1		Carril derecho:		Huamán Bazán Arquímedes Smith										Día: Domingo						
	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tayer			Trayler				PARCIAL	
			Pick Up	Panel	Rural Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		3T3
07:00 am - 08:00 am	1,184	340	157	12	133	130	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
08:00 am - 09:00 am	1,053	231	105	8	105	95	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
09:00 am - 10:00 am	975	128	62	7	68	62	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
10:00 am - 11:00 am	733	171	65	2	65	89	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
11:00 am - 12:00 am	1,156	254	95	2	112	116	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
12:00 am - 01:00 pm	1,299	265	101	3	128	131	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%
01:00 pm - 02:00 pm	882	161	60	2	41	49	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
02:00 pm - 03:00 pm	452	139	26	1	29	27	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
03:00 pm - 04:00 pm	398	99	23	1	15	12	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%
04:00 pm - 05:00 pm	1,148	77	87	2	25	29	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
05:00 pm - 06:00 pm	1,465	115	126	6	56	64	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
06:00 pm - 07:00 pm	1,709	239	266	12	105	119	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9%
07:00 pm - 08:00 pm	1,713	367	109	4	60	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8%
08:00 pm - 09:00 pm	1,685	234	215	5	94	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8%
09:00 pm - 10:00 pm	1,805	182	106	3	35	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8%
10:00 pm - 11:00 pm	1,008	115	136	-	7	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4%
11:00 pm - 12:00 pm	773	91	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%
12:00 pm - 01:00 am	220	34	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
01:00 am - 02:00 am	106	25	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
02:00 am - 03:00 am	72	25	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
03:00 am - 04:00 am	48	13	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
04:00 am - 05:00 am	87	47	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%
05:00 am - 06:00 am	879	204	57	10	66	74	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%
06:00 am - 07:00 am	1,126	261	109	16	84	93	-	-	15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
TOTALES	21,976	3,817	2,124	96	1,228	1,319	-	-	102	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,664

Nota: En esta tabla se muestra la recolección de datos del séptimo día de la semana para el cálculo del IMD y el ESAL de diseño

Tabla 22*Aplicación del factor de corrección por peaje más cercano*

Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Factor de corrección (Peaje)	Total
Auto	19223	18103	15481	18033	18640	20036	21976	1.007	132413
Station wagon	3471	3541	3058	3453	3584	3856	3817	1.007	24954
Camionetas (Pick Up)	1713	1604	1149	1549	1703	1819	2124	1.007	11743
Camionetas (Panel)	272	258	204	320	305	145	96	1.007	1612
Camionetas (Rural Combi)	2135	1889	1316	1536	2035	1544	1228	1.007	11765
Micro	1811	1731	1357	1574	1930	1451	1319	1.007	11252
Bus (2E)	0	0	0	0	0	0	0	1.007	0
Bus (3E)	0	0	0	0	0	0	0	1.007	0
Camión (2E)	151	135	128	136	186	165	102	1.007	1011
Camión (3E)	8	4	6	4	5	3	2	1.007	33
Camión (4E)	1	0	0	0	0	0	0	1.007	2
Semi Tayler (2S3)	0	0	0	0	0	0	0	1.007	0
Semi Tayler (>= 3S3)	0	0	0	0	0	0	0	1.007	0
Trayler (3T3)	0	0	0	0	0	0	0	1.007	0
Total	28785	27265	22699	26605	28388	29019	30664		194785

Nota: En esta tabla se muestra la recolección de datos de toda la semana para el cálculo del IMD y el ESAL de diseño, incluyendo el factor del peaje más cercano; Chicama – la libertad.

B) Proyección del IMD:

Se aplicaron los cuadros y ecuaciones ubicados en el ítem 2.2.1.2. del marco teórico para obtener la siguiente tabla:

Tasa de crecimiento: Conforme a los datos presentados por el INEI obtendremos:

PBI = 3.5% (vehículos de carga)

TC poblacional = 1.09% (vehículos de pasajeros)

Periodo de Diseño: 20 años

Tabla 23

Proyección del conteo vehicular

TIPO DE VEHÍCULO	AÑO ACTUAL	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS	PORCENTAJE
Auto	18917	19755	20856	22017	23244	67.76%
Station wagon	3565	3723	3930	4149	4380	12.77%
Camionetas (Pick Up)	1678	1752	1850	1953	2062	6.01%
Camionetas (Panel)	231	241	255	269	284	0.83%
Camionetas (Rural Combi)	1681	1755	1853	1957	2065	6.02%
Micro	1608	1679	1773	1872	1976	5.76%
Bus (2E)	0	0	0	0	0	0.00%
Bus (3E)	0	0	0	0	0	0.00%
Camión (2E)	145	166	198	235	279	0.81%
Camión (3E)	5	6	7	8	10	0.03%
Camión (4E)	1	1	1	2	2	0.01%
Semi Tayler (2S3)	0	0	0	0	0	0.00%
Semi Tayler (>= 3S3)	0	0	0	0	0	0.00%
Trayler (3T3)	0	0	0	0	0	0.00%
IMD	27831	29080	30723	32461	34301	100%
PORCENTAJE	100.0%	104.5%	110.4%	116.6%	123.2%	

Nota: En esta tabla se muestra la proyección de la cantidad actual de vehículos por día.

C) Cálculo de factor vehículo pesado (Fvp):

Conforme a los cuadros y ecuaciones ubicados en el ítem 2.2.1.4. del marco teórico, se calculará el impacto causado a la carpeta, según el tipo de vehículo.

Tabla 24

Peso de cada eje conforme al tipo de vehículos

CONFIGURACIÓN DEL VEHICULO	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			PESO BRUTO MAXIMO
		1RO	2DO	3RO	
Bus (2E)	7	11			18
Bus (3E)	7	16			23
Camión (2E)	7	11			18
Camión (3E)	7	18			25
Camión (4E)	7	23			30
Semi Tayler (2S3)	7	11	25		43
Semi Tayler (>= 3S3)	7	18	25		50
Trayler (3T3)	7	18	11	11	47

Nota: En esta tabla se muestra el peso de los vehículos pesados encontrados en el conteo, para el cálculo del Fvp.

Tabla 25

Factor de cada vehículo pesado (Fvp)

CONFIGURACIÓN DEL VEHICULO	Fvp _{ED}	Fvp _{EP}			Fvp _{TOTAL}
		1 RO	2 DO	3 RO	
Bus (2E)	1.27	3.24			4.51
Bus (3E)	1.27	1.37			2.64
Camión (2E)	1.27	3.24			4.51
Camión (3E)	1.27	2.02			3.29
Camión (4E)	1.27	1.53			2.80
Semi Tayler (2S3)	1.27	3.24	1.73		6.24
Semi Tayler (>= 3S3)	1.27	2.02	1.73		5.02
Trayler (3T3)	1.27	2.02	3.24	3.24	9.77

Nota: En esta tabla se muestra el factor de vehículo pesado, para el cálculo del ESAL_{diseño}.

D) $EE_{\text{día-carril}}$ por cada tipo de vehículo

Conforme a las ecuaciones ubicadas en el Ítem 2.2.1.3. y cuadros mostrados en el ítem 2.2.1.5. del marco teórico, tendré como resultado los valores siguientes.

Tabla 26

Cálculo de Ejes Equivalentes

CLASIFICACION VEHÍCULAR	IMD ₂₀	F _d * F _c	F _{vp}	F _p	EE _{día-carril}	PORCENTAJE
Bus(2E)	0	0.4	4.51	1	0	0.00%
Bus(3E)	0	0.4	2.64	1	0	0.00%
Camión(2E)	279	0.4	4.51	1	503	96.92%
Camión(3E)	10	0.4	3.29	1	13	2.50%
Camión(4E)	2	0.4	2.80	1	3	0.58%
Semi Tayler (2S3)	0	0.4	6.24	1	0	0.00%
Semi Tayler (>= 3S3)	0	0.4	5.02	1	0	0.00%
Trayler (3T3)	0	0.4	9.77	1	0	0.00%
TOTAL	291				519	100%

Nota: En esta tabla se muestra el cálculo de EE aplicando los factores calculados anteriormente, mismos que servirán para el cálculo del ESAL_{diseño}.

E) Cálculo del Nrep. de EE:

Conforme a las ecuaciones ubicadas en el ítem 2.2.1.3. del marco teórico, calcularé el ESAL de diseño.

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} = 28.28 \text{ en vehiculos de carga}$$

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} = 22.21 \text{ en vehiculos de pasajeros}$$

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)] = 5'357,162.00 \text{ EE}$$

$$ESAL \text{ diseño} = 5'500,000.00 \text{ EE}$$

4.2. Clasificación de vía urbana de acuerdo al estudio de tráfico:

Conforme a los cuadros mencionados en el ítem 2.2.1.6. del marco teórico, tendremos:

- ✓ **Vehículos por día (vpd):** 27 831
- ✓ **Trafico diario promedio de camiones (ADTT):** 291
- ✓ **Tipo de vía:** Arterial

4.3. Evaluación del estado superficial con la metodología del PCI

a) **Cantidad mínima de muestras que serán evaluadas:** El tramo total evaluado, comprende la avenida cesar vallejo y avenida los incas, este será seccionado por unidades de muestreo (UM) con un área aproximada de 225±90m², por ende, se dividirá en muestras de 40 m de largo.

$$\text{Area de la UM promedio} = 40 * 7.2 = 288 \text{ m}^2$$

$$N = \frac{6\ 040}{40} = 152 \text{ UM en totales}$$

Conforme al marco teorico, tendremos:

$$e = 5 \%$$

$$\sigma = 10 \text{ en caso de pavimento de asfalto}$$

por lo tanto:

$$n = \frac{152 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (152 - 1) + 10^2} = 15 \text{ UM mínimo}$$

Nº de UM elegida para evaluar:16

Nota: La fórmula utilizada está ubicada en el ítem 2.2.2.1.del marco teórico.

b) **Intervalo de sección de las UM:** Será calculado conforme a la fórmula ubicada en el ítem 2.2.2.1.del marco teórico:

$$i = \frac{152}{16} = 9.50 = 16@9$$

Tabla 27

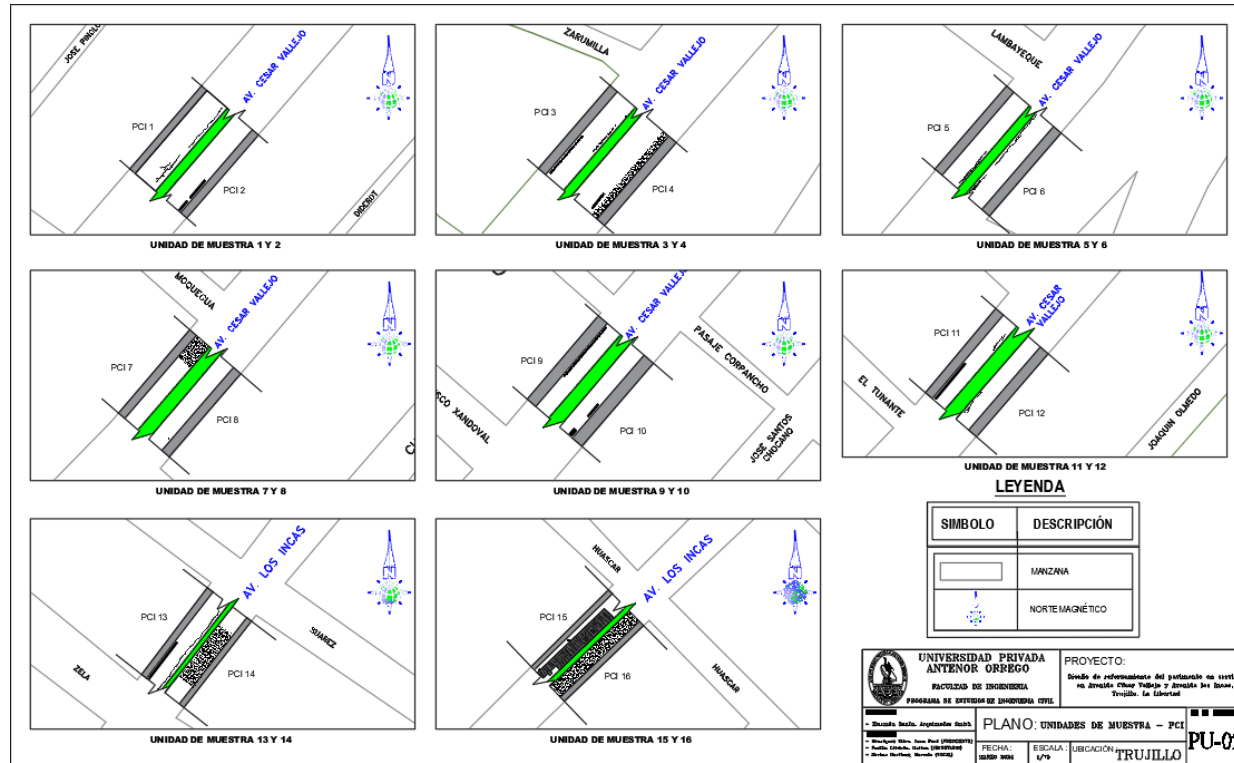
Número de PCI según la Unidad de Muestra evaluada

Avenida	Muestra	PI	PF
Cesar vallejo	PCI-1 / PCI-2	0+100	0+140
	PCI-3 / PCI-4	0+460	0+500
	PCI-5 / PCI-6	0+820	0+860
	PCI-7 / PCI-8	1+180	1+220
	PCI-9 / PCI-10	1+540	1+580
	PCI-11 / PCI-12	1+900	1+940
Los Incas	PCI-13 / PCI-14	2+260	2+300
	PCI-15 / PCI-16	2+620	2+660

Nota: En esta tabla se muestra la ubicación de los PCI's según las avenidas y en que progresiva se encuentra

Figura 1

Plano de estado actual del pavimento en cada unidad de muestra en la avenida los incas y la avenida cesar vallejo



Nota: El plano presentado muestra el estado actual de cada unidad de muestra para calcular el PCI en cada una.

c) Cálculo del PCI de cada UM:

✓ **Muestra N°01:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 28

VD de forma individual en la UM

Falla	GLT
Nivel de deterioro	L
Unidad	ml
Largo (m)	40
Ancho (m)	-
Cantidad (m)	-
Parciales	40
Total	40
Densidad	10.8%
Valor deducido	9

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

Cantidad de VD mayores a 2 (q) = 1

Mayor VD (HVDi) = 9

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HVDi) = 9.36$$

Nº máx. de VD mayores a 2 (m_i) = 9.36

Tabla 29

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	9
VDT	9
q	1
Valor Deducido Corregido (VDC)	9

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 1} = 100 - 9 = 91$$

✓ **Muestra N°02:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 30

VD de forma individual en la UM

Falla	P	P
Nivel de deterioro	M	M
Unidad	m2	m2
Largo (m)	8	4
Ancho (m)	0.5	0.5
Cantidad (m)	-	-
Parciales	4	2
Total	4	2
Densidad	1.88%	
Valor deducido	12	

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 1$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 12$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 9.08$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 9.08$$

Tabla 31

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	12
VDT	12
q	1
Valor Deducido Corregido (VDC)	12

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 2} = 100 - 12 = \mathbf{88}$$

✓ **Muestra N°03:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 32

VD de forma individual en la UM

Falla	DA	B	DA
Nivel de deterioro	L	M	M
Unidad	m2	m2	m2
Largo (m)	0.5	-	0.5
Ancho (m)	12	-	20
Cantidad (m)	-	1	1
Parciales	6	0.0884	10
Total	6	0.0884	10
Densidad	1.8%	0.0%	3.0%
Valor deducido	X	X	11

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 1$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 11$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 9.17$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 9.17$$

Tabla 33

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	11
VDT	11
q	1
Valor Deducido Corregido (VDC)	11

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 3} = 100 - 11 = 89$$

✓ **Muestra N°04:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 34

VD de forma individual en la UM

Falla	DA	DA	B
Nivel de deterioro	M	L	M
Unidad	m2	m2	m2
Largo (m)	0.7	40	-
Ancho (m)	6.8	2.5	-
Cantidad (m)	-	-	1
Parciales	4.76	100	0.24
Total	4.76	100	0.24
Densidad	1.0%	20.8%	0.0%
Valor deducido	9	9	X

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 2$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 9$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 9.36$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 9.36$$

Tabla 35

Corrección del VD

Iteración N°	1	2
VD	9	9
VDT	9	2
VDT	18	11
q	2	1
Valor Deducido Corregido (VDC)	12	11

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 4} = 100 - 12 = 88$$

✓ **Muestra N°05:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 36

VD de forma individual en la UM

Falla	GLT
Nivel de deterioro	L
Unidad	ml
Largo (m)	26
Ancho (m)	-
Cantidad (m)	-
Parciales	26
Total	26
Densidad	9.3%
Valor deducido	8

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 1$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 8$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 9.45$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 9.45$$

Tabla 37

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	8
VDT	8
q	1
Valor deducido corregido (VDC)	8

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 5} = 100 - 8 = 92$$

✓ **Muestra N°06:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 38

VD de forma individual en la UM

Falla	GLT
Nivel de deterioro	L
Unidad	ml
Largo (m)	40
Ancho (m)	-
Cantidad (m)	-
Parciales	40
Total	40
Densidad	12.5%
Valor deducido	11

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 1$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 11$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 9.17$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 9.17$$

Tabla 39

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	11
VDT	11
q	1
Valor deducido corregido (VDC)	11

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 6} = 100 - 11 = \mathbf{89}$$

✓ **Muestra N°07:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 40

VD de forma individual en la UM

Falla	DA
Nivel de deterioro	M
Unidad	m2
Largo (m)	10
Ancho (m)	5.87
Cantidad (m)	-
Parciales	58.7
Total	58.7
Densidad	24.5%
Valor deducido	27

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 1$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 27$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 7.70$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 7.70$$

Tabla 41

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	27
VDT	27
q	1
Valor deducido corregido (VDC)	27

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 7} = 100 - 27 = 73$$

✓ **Muestra N°08:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 42

VD de forma individual en la UM

Falla	B
Nivel de deterioro	M
Unidad	m2
Largo (m)	-
Ancho (m)	-
Cantidad (m)	1
Parciales	0.0398
Total	0.0398
Densidad	0.0%
Valor deducido	X

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 0$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 0$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 10.18$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 10.18$$

Tabla 43

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	0
VDT	0
q	1
Valor deducido corregido (VDC)	0

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 8} = 100 - 0 = 100$$

✓ **Muestra N°09:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 44

VD de forma individual en la UM

Falla	DA
Nivel de deterioro	M
Unidad	m2
Largo (m)	22.6
Ancho (m)	0.5
Cantidad (m)	-
Parciales	11.3
Total	11.3
Densidad	4.7%
Valor deducido	3

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 1$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 3$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 9.91$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 9.91$$

Tabla 45

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	3
VDT	3
q	1
Valor deducido corregido (VDC)	3

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI } 9 = 100 - 3 = 97$$

✓ **Muestra N°10:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 46

VD de forma individual en la UM

Falla	P	P
Nivel de deterioro	M	M
Unidad	m2	m2
Largo (m)	2.5	5.5
Ancho (m)	1.2	0.5
Cantidad (m)	-	-
Parciales	3	2.75
Total	3	2.75
Densidad	2.40%	
Valor deducido	15	

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 1$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 15$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 8.81$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 8.81$$

Tabla 47

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	15
VDT	15
q	1
Valor deducido corregido (VDC)	15

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 10} = 100 - 15 = 85$$

✓ **Muestra N°11:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 48

VD de forma individual en la UM

Falla	GLT	P
Nivel de deterioro	L	M
Unidad	ml	m2
Largo (m)	9.7	16
Ancho (m)	-	0.5
Cantidad (m)	-	-
Parciales	9.7	8
Total	9.7	8
Densidad	4.04%	3.33%
Valor deducido	3	19

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 2$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 19$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 8.44$$

$$\text{N}^\circ \text{ máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 8.44$$

Tabla 49

Corrección del VD

Iteración N°	1	2
VD	19	19
	3	2
VDT	22	21
q	2	1
Valor deducido corregido (VDC)	16	21

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 11} = 100 - 21 = 79$$

✓ **Muestra N°12:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 50

VD de forma individual en la UM

Falla	GLT
Nivel de deterioro	L
Unidad	ml
Largo (m)	9.7
Ancho (m)	-
Cantidad (m)	-
Parciales	9.7
Total	9.7
Densidad	4.3%
Valor deducido	3

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 1$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 3$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 9.91$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 9.91$$

Tabla 51

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	3
VDT	3
q	1
Valor deducido corregido (VDC)	3

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 12} = 100 - 3 = 97$$

✓ **Muestra N°13:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 52*VD de forma individual en la UM*

Falla	GLT	P
Nivel de deterioro	L	H
Unidad	ml	m2
Largo (m)	37	16
Ancho (m)	-	0.5
Cantidad (m)	-	-
Parciales	37	8
Total	37	8
Densidad	13.2%	3.1%
Valor deducido	10	30

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 2$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 30$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 7.43$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 7.43$$

Tabla 53*Corrección del VD*

Iteración N°	1	2
VD	30	30
	10	2
VDT	40	32
q	2	1
Valor deducido corregido (VDC)	30	32

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 13} = 100 - 32 = 68$$

✓ **Muestra N°14:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 54

VD de forma individual en la UM

Falla	DA
Nivel de deterioro	M
Unidad	m2
Largo (m)	20
Ancho (m)	7
Cantidad (m)	-
Parciales	140
Total	140
Densidad	51.5%
Valor deducido	36

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 1$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 36$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 6.88$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 6.88$$

Tabla 55

Corrección del VD

Iteración N°	1
VD	36
VDT	36
q	1
Valor deducido corregido (VDC)	36

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 14} = 100 - 36 = 64$$

✓ **Muestra N°15:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 56

VD de forma individual en la UM

Falla	P			B		
Nivel de deterioro	M	M	L	M	M	M
Unidad	m2	m2	m2	m2	m2	m2
Largo (m)	32	1.2	26	-	-	-
Ancho (m)	2.9	2	2.1	-	-	-
Cantidad (m)	-	-	-	1	1	1
Parciales	92.8	2.4	54.6	0.38	0.20	0.16
Total	95.20		54.6	0.74		
Densidad	38.4%		22.0%	0.30%		
Valor deducido	55		25	14		

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

$$\text{Cantidad de VD mayores a 2 (q)} = 3$$

$$\text{Mayor VD (HVDi)} = 55$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 5.13$$

$$\text{Nº máx. de VD mayores a 2 (m}_i\text{)} = 5.13$$

Tabla 57

Corrección del VD

Iteración N°	1	2	3
VD	55	55	55
	25	25	2
	14	2	2
VDT	94	82	59
q	3	2	1
Valor deducido corregido (VDC)	60	60	59

Nota: En esta *tabla* se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 15} = 100 - 60 = 40$$

✓ **Muestra N°16:**

Iniciaré calculando el VD mediante la severidad (L, M, H) de cada daño, con ayuda de los ábacos del manual de PCI, ubicado como anexo y titulado de acuerdo al tipo de falla.

Tabla 58*VD de forma individual en la UM*

Falla	B	B	B	DA
Nivel de deterioro	H	M	M	M
Unidad	m2	m2	m2	m2
Largo (m)	-	-	-	40
Ancho (m)	-	-	-	5
Cantidad (m)	1	2	1	-
Parciales	0.20	0.14	0.05	200
Total	0.20		0.19	199.61
Densidad	0.1%		0.1%	99.8%
Valor deducido	20	6		44

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido (VD) según la magnitud de la falla

Luego la máxima cantidad de valores deducidos > 2 y comenzamos con las iteraciones para hallar el Max. VDC y por último calcular el PCI.

Cantidad de VD mayores a 2 (q) = 3

Mayor VD (HVDi) = 44

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HVDi) = 6.14$$

Nº máx. de VD mayores a 2 (m_i) = 6.14

Tabla 59*Corrección del VD*

Iteración N°	1	2	3
	44	44	44
VD	20	20	2
	6	2	2
VDT	70	66	48
q	3	2	1
Valor deducido corregido (VDC)	46	48	48

Nota: En esta tabla se muestra el valor deducido corregido para el cálculo del PCI

$$\text{PCI 16} = 100 - 48 = 52$$

d) Cálculo del PCI_{PROMEDIO}:

Se calcula el PCI promedio mediante los PCI's encontrados, se clasifican mediante el cuadro presentado por el manual del PCI (ASTM D 6433), plasmado como tabla 7 en el marco teórico de esta tesis.

Tabla 60

Resumen de los PCI por avenida

AVENIDA	N° PCI	VALOR	CLASIFICACIÓN ASTM D 6433
Cesar Vallejo	PCI-1	91	EXCELENTE
	PCI-2	88	EXCELENTE
	PCI-3	89	EXCELENTE
	PCI-4	88	EXCELENTE
	PCI-5	92	EXCELENTE
	PCI-6	89	EXCELENTE
	PCI-7	73	MUY BUENO
	PCI-8	100	EXCELENTE
	PCI-9	97	EXCELENTE
	PCI-10	85	MUY BUENO
	PCI-11	79	MUY BUENO
	PCI-12	97	EXCELENTE
Los Incas	PCI-13	68	BUENO
	PCI-14	64	BUENO
	PCI-15	40	MALO
	PCI-16	52	REGULAR
PCI_{promedio}		80	MUY BUENO

Nota: Esta tabla muestra el índice de condición del pavimento (PCI) en porcentaje en cada unidad de muestra (UM) y su clasificación

4.4. Evaluación estructural mediante la Viga de Benkelman

De acuerdo a los resultados obtenidos con la evaluación del PCI, resultó un pavimento desde regular a excelente condición, lo que se interpreta como un pavimento donde se debe aplicar una evaluación mediante deflectometría, para determinar la necesidad de un refuerzo estructural, Micropavimento o renovación superficial.

4.4.1. Determinación de la deflexión característica (Dc) y radio de curvatura (Rc):

✓ **Ubicación:** Av. César Vallejo

Relación entre los brazos de la viga: 1:4

Carril: Izquierda
Fecha: 03/01/2024

Carga: 8.2Tn
Presión: 80 psi

Tabla 61

Corrección de las deflexiones y los Rc

ESTACION Km	LECTURA DEL DIAL (0.01mm)					TEMP. °C	ESPESOR e(cm)	Ft	Fe.	DEFLEXIONES CORREGIDAS (0.01mm)					Rc m
	L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₂₅₀					D ₀	D ₂₅	D ₅₀	D ₁₀₀	D ₂₅₀	
PUNTO 01 - KM 1+000	200	195	189.5	186.5	186	24	5	0.99	1.2	66.5	42.8	16.60	2.4	0.0	131.9
PUNTO 02 - KM 1+050	200	194.5	189	185.5	185.5	24	5	0.99	1.2	68.9	42.8	16.60	0.0	0.0	119.7
PUNTO 03 - KM 1+100	200	194	188.5	186	185.5	24	5	0.99	1.2	68.9	40.4	14.30	2.4	0.0	109.6
PUNTO 04 - KM 1+150	200	194	188	184.5	184	24	5	0.99	1.2	76.0	47.5	19.00	2.4	0.0	109.6

Nota: Esta tabla muestra las deflexiones obtenidas en la avenida Cesar Vallejo, así como el radio de curvatura

Datos estadísticos:

Deflexión Media:	70.08 (0.01mm)
Desviación Standard (σ):	4.11 (0.01mm)
Coefficiente de Variación (CV):	5.86
Deflexión Característica (Dc):	75.34 (0.01mm)

Nota: los datos obtenidos se determinaron mediante las fórmulas ubicadas en el Item 2.2.3 del marco teórico.

✓ **Ubicación:** Av. Los Incas

Relación entre los brazos de la viga: 1:4

Carril: Derecha

Fecha: 03/01/2023

Carga: 8.2Tn

Presión: 80 psi

Tabla 62

Corrección de las deflexiones y los Rc

ESTACIÓN	LECTURA DEL DIAL (0.01mm)					TEMP.	ESPEJOR	Ft	Fe.	DEFLEXIONES CORREGIDAS (0.01mm)					Rc
	Km	L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀					L ₂₅₀	°C	e(cm)	D ₀	D ₂₅	
PUNTO 01 - KM 2+400	200	195	188.5	186	186	23	5	0.99	1.2	66.5	42.8	11.90	0.0	0.0	131.9
PUNTO 02 - KM 2+450	200	195	187.5	186	185.5	23	5	0.99	1.2	68.9	45.1	9.50	2.4	0.0	131.3
PUNTO 03 - KM 2+500	200	194.5	187.5	185	184.5	23	5	0.99	1.2	73.7	47.5	14.30	2.4	0.0	119.3
PUNTO 04 - KM 2+550	200	194.5	187	185.5	185.5	23	5	0.99	1.2	68.9	42.8	7.10	0.0	0.0	119.7

Nota: Esta tabla muestra las deflexiones obtenidas en la avenida Los Incas, así como el radio de curvatura

Datos estadísticos:

Deflexión Media: 69.50 (0.01mm)

Desviación Standard (σ): 3.02 (0.01mm)

Coefficiente de Variación (CV): 4.35

Deflexión Característica (Dc): 73.37 (0.01mm)

Nota: los datos obtenidos se determinaron mediante las fórmulas ubicadas en el ítem 2.2.3 del marco teórico

4.4.2. Cálculo del espesor del reforzamiento diseñado:

a) Determinar la situación estructural actual del pavimento

Iniciamos calculando la **Dadm (deflexión admisible)**:

- ✓ N° rep. De EE de diseño :5.5 millones

$$D_{adm} = (1.15/5.5)^{0.25} = 0.6762 \text{ mm}$$

Después se procede con la **Dcr (deflexión crítica)**:

- ✓ N° rep. De EE de diseño :5.5 millones

$$D_{cr} = (1.90/5.5)^{1/5.3} = 0.8182 \text{ mm}$$

Tabla 63

Análisis comparativo de la Dc con respecto a la Dadm

Ubicación	D _c (mm)	D _{adm} (mm)	R _c (m)
Tramo: Av. César Vallejo			
Carril Izquierda	0.7534	> 0.6762	109.6 > 80
Tramo: Av. Los Incas			
Carril Derecho	0.7337	> 0.6762	119.3 > 80

Nota: En este cuadro se presenta el análisis comparativo de la deflexión admisible (Dadm) con cada deflexión característica (Dc) determinada.

De acuerdo con el Item 2.2.3.3 del marco teórico, podremos interpretar estos resultados como:

Caso 1: Tenemos un D_c mayor al D_{adm}, pero no hay fallas estructurales, además el R_c > 80m, por lo tanto, lo que requiere con urgencia es un reforzamiento estructural, para el tráfico previsto.

b) Alternativa de carpeta asfáltica en caliente, presentada por el MTC:

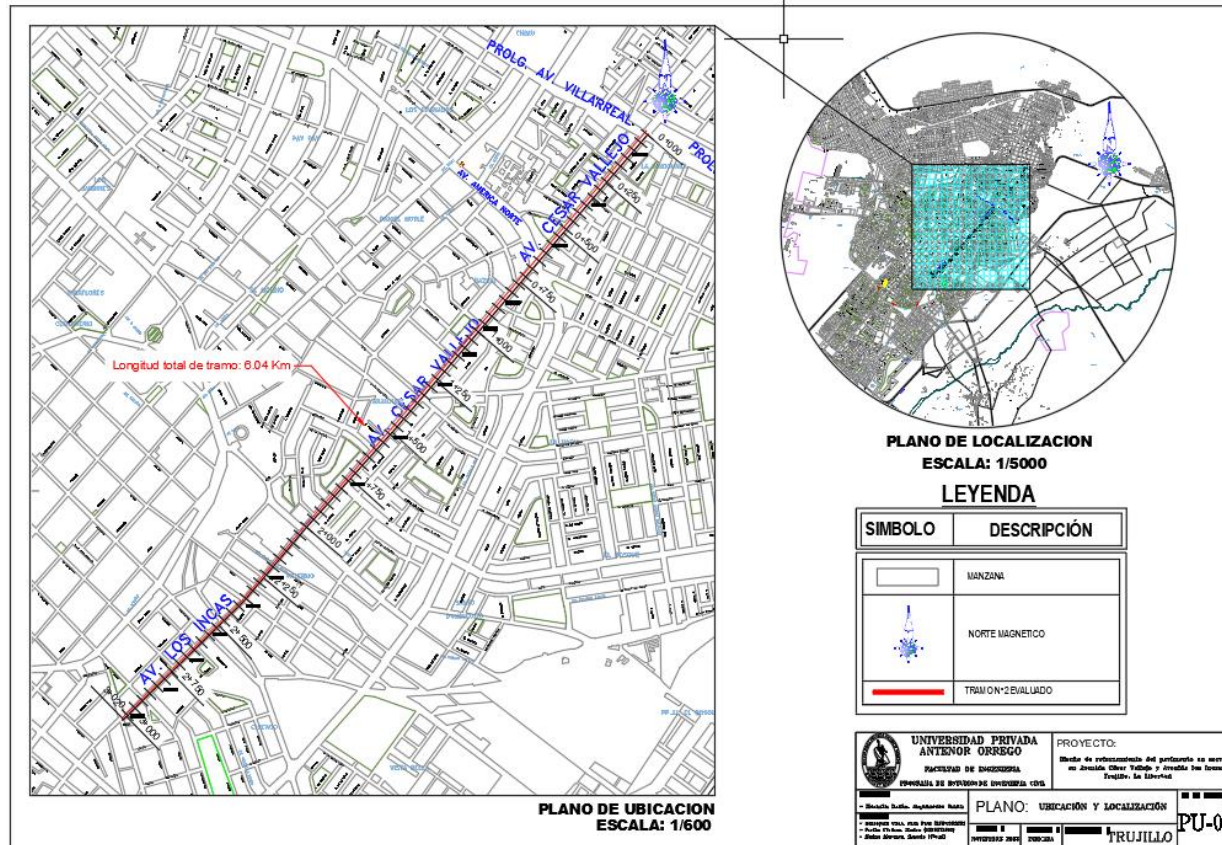
Conforme a la Tabla 11 y 12, estamos ubicados en:

- ✓ N° rep. De EE:5.5 millones
- ✓ Dc: 60(0.01mm) a 80(0.01mm)
- ✓ Reforzamiento estructural con Carpeta Asfáltica en Caliente: 5 cm

c) Planos de la vía evaluada con el diseño de pavimento rígido y flexible:

Figura 2

Plano de ubicación y localización de avenida los incas y avenida cesar vallejo

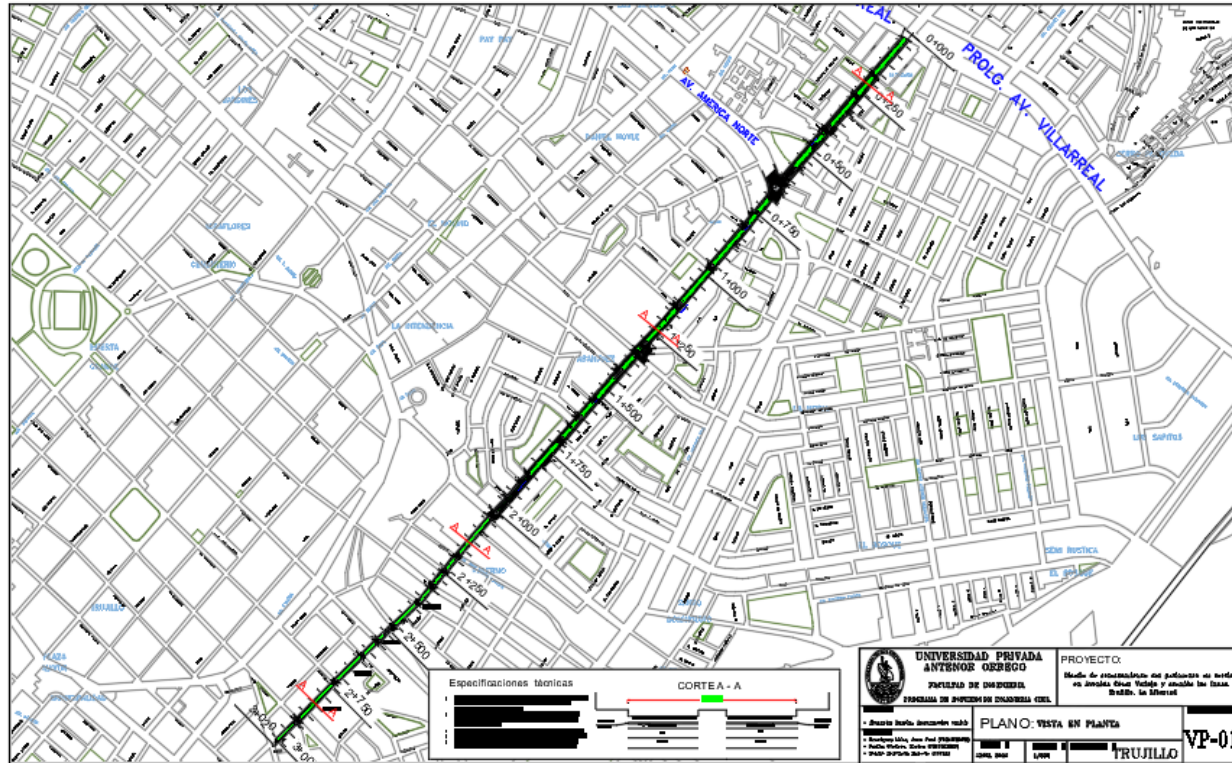


Fuente: Elaboración Propia

Nota: En este plano se muestra la ubicación y localización de la zona de estudio

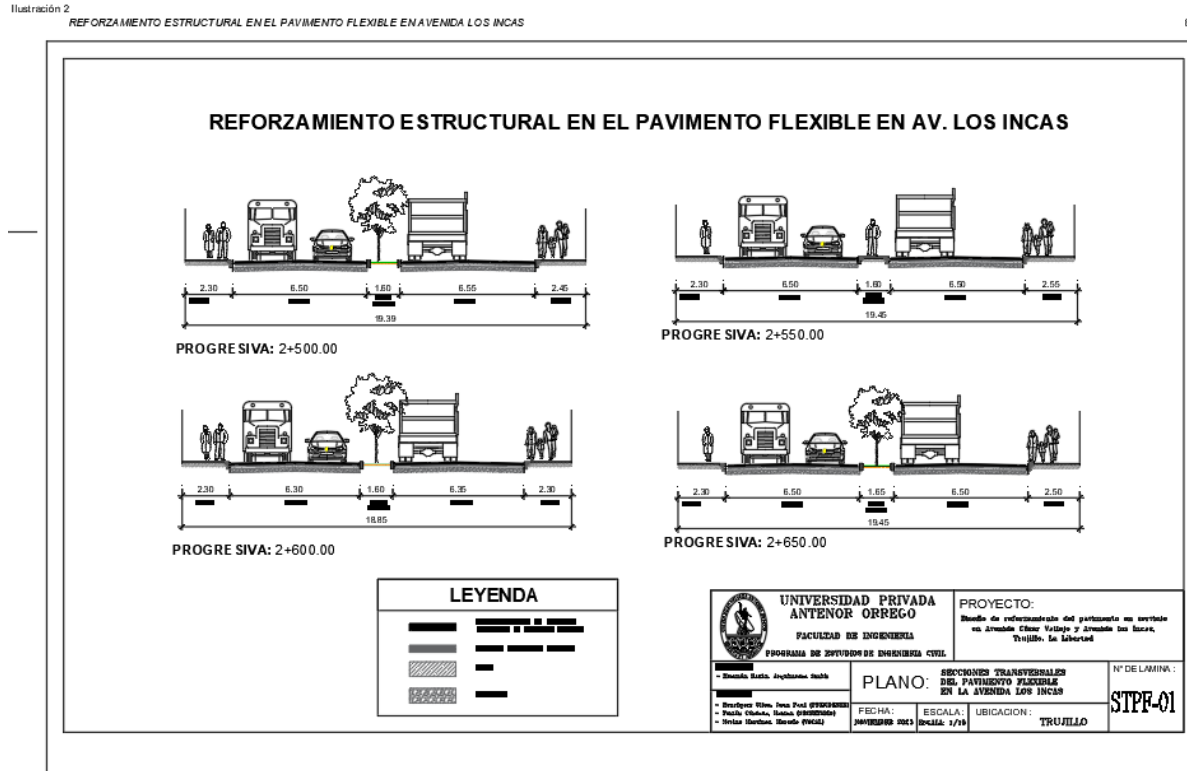
Figura 3

Plano en planta del reforzamiento del pavimento en la avenida Los Incas y la avenida Cesar Vallejo



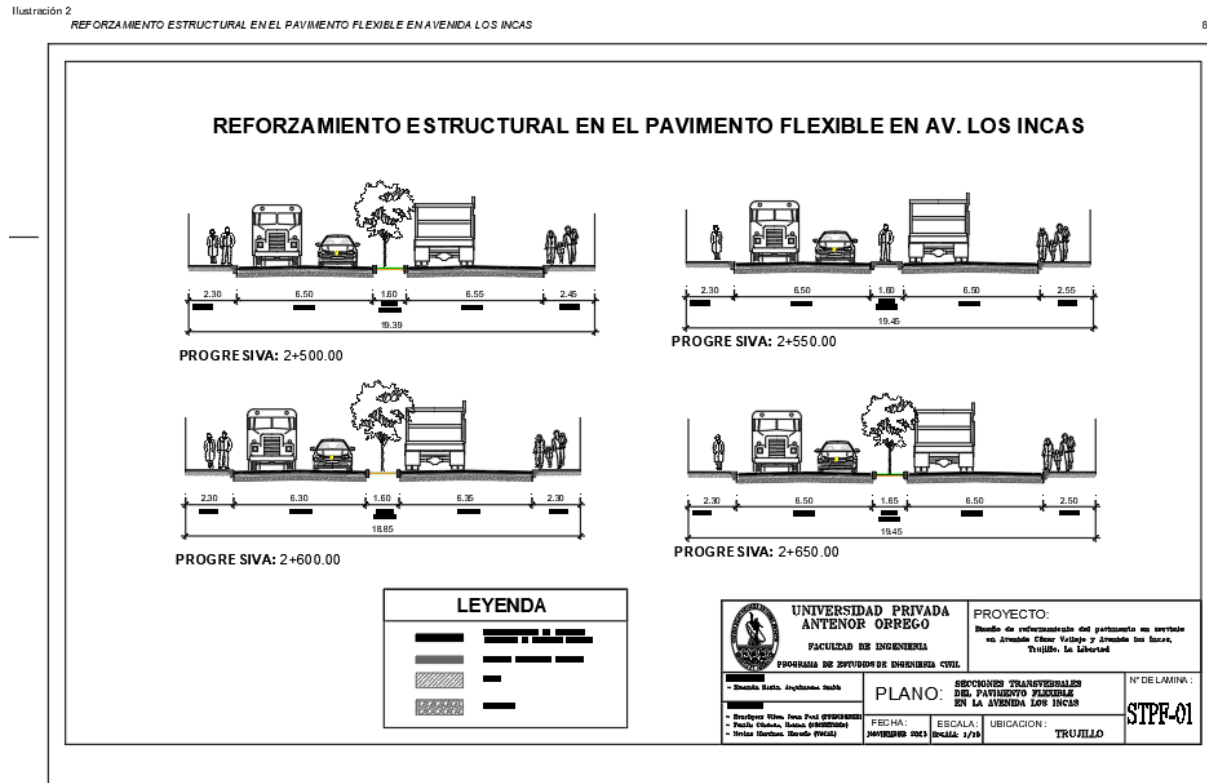
Nota: En este plano se muestra una vista en planta del refuerzo de asfalto diseñado para las avenidas.

Figura 4
Reforzamiento estructural del pavimento flexible en avenida César Vallejo



Nota: En este plano se muestra secciones del refuerzo de asfalto diseñado para la avenida César Vallejo

Figura 5
Reforzamiento estructural del pavimento flexible en avenida Los Incas



Nota: En este plano se muestra secciones del refuerzo de asfalto diseñado para la avenida Los Inca

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Estudio de tráfico:

En el estudio de tráfico influye distintos factores que aumentan y castigan al número de vehículos contados, iniciando por el factor del peaje antes de la proyección de diseño. Seguido del factor propio del vehículo pesado conforme a la clasificación por ejes, al factor por dirección y carril. Se obtuvo 34,301 vehículos promedio diarios (vpd) a un periodo de 20 años, teniendo un crecimiento de 23.2% a comparación con el año actual. La zona estudiada es una zona comercial por lo tanto es razonable que más del 95% de vehículos sean livianos, teniendo 291 vpd en tráfico diario promedio de camiones (ADTT por sus siglas en inglés) y el 96% de estos sean abastecedores de mercancía, produciendo un total de 519 EE por día por carril, que influenciado por el factor camión resultó un ESAL de diseño de 5'500,00.00 EE por año.

5.2. Tipo de vía urbana según el estudio de tráfico:

Las avenidas presentan locales de empresas multiservicio, lubricentros, talleres de reparación de maquinarias manuales y destinados al mantenimiento automotriz, tiendas comerciales de ropa, entre otros servicios, incluyendo el comercio ambulante, debido a estos comercios como se mencionó líneas arriba, los vehículos livianos predominan y los vehículos pesados van a abastecer mercancía, resultando así en la clasificación de vía arterial, además de estar dentro del parámetro de clasificación al tener aproximadamente 30 mil vpd con aproximadamente 300 ADTT.

5.3. Estado superficial actual del pavimento flexible (PCI):

En el análisis de PCI, el manual nos precisa que se debe evaluar la avenida seleccionando Unidades de Muestra (UM) a intervalos determinado evitando seleccionar únicamente las de mal estado, para poder obtener un resultado más acertado del estado superficial del pavimento. Cada unidad de muestra seccionada tubo una cantidad particular de distintas fallas que fueron agrupadas según su nivel de severidad, para poder ser interpretadas mediante un valor deducido por el determinado ábaco perteneciente a cada tipo de falla. Con este se determinó el valor deducido corregido, lo que conllevó al valor del PCI en cada unidad de muestra por separado. Estas UM se deberán evaluar de forma individual, debido a que el promedio, no siempre muestra el estado real de la vía, si nos centramos en cada UM se aprecia que en la avenida Cesar Vallejo, tenemos un estado desde

MUY BUENO a EXCELENTE, particularmente porque a lo largo de esta avenida no encontramos comercio informal en las calles, ni tránsito aglomerado de personas que causan acumulación de líquidos y basura; a diferencia de la avenida Los Incas en la cual encontramos un estado desde MALO a BUENO, debido a la magnitud de comercio ambulante presente, existe una mayor transitabilidad de personas, mayor contaminación que causa el deterioro superficial de la vía más notable.

5.4. Evaluación estructural por deflectometría:

Esta evaluación se realizó para definir el estado estructural, uno de los requisitos para realizar este tipo de evaluación es que la carpeta asfáltica lo permita, en algunos casos la deflexión afecta a las patas de la viga, en cuyos casos no se deberá realizar o cuando la carpeta asfáltica se encuentre realmente deteriorada. Se tuvo consideración de no estar dentro de estos casos mencionados, por lo cual se realizó la evaluación con normalidad, en campo se obtuvieron los datos dados por el dial de la viga benkelman y en gabinete se realizaron los cálculos de las deflexiones a 0cm, 25cm, 50cm, 100cm, 250cm tomando en cuenta los factores por estación y temperatura. Los datos más importantes fueron las deflexiones a los 0cm y 25cm, estas me permitieron calcular la deflexión característica y el radio de curvatura, necesarios para poder determinar la situación estructural en que se encuentra el pavimento. En ambos casos se obtuvo deflexiones mayores a la admisible, pero radios mayores a 80, esto puede ser producto de un crecimiento excesivo de tráfico, o el tráfico de diseño que se tomó, fue calculado con una tasa de crecimiento baja. Conforme a lo que nos indica el manual al resultar una D_c mayor a la D_{adm} , indica la necesidad de un reforzamiento estructural, esto permitirá una reducción en la deflexión y aumentará el radio. Siendo el radio mayor al mínimo, la base colocada, fue la adecuada. El existir fallas superficiales, no siempre es un índice de fallas estructurales, en muchos casos, solo son superficiales, provocadas por el deficiente mantenimiento que se le da a la vía, o como en este caso, a la gran cantidad de personas por el comercio formal e informal, mismas que influyen con el estado superficial de la vía.

5.5. Diseño del reforzamiento en las avenidas evaluadas:

El refuerzo necesario para la avenida evaluada, fue conforme al estudio COREVIAL, tomando en cuenta la deflexión característica determinada se relacionó con el número de EE de diseño obteniendo un valor de 5 cm, al tener la deflexión característica un parámetro desde 0.60mm a 0.80mm, de acuerdo al manual con este espesor de carpeta asfáltica en caliente, se logrará una Dc inferior a la Dadm de las avenidas evaluadas.

Conforme al espesor de diseño calculado, se realizaron las secciones correspondientes a la vía, en cada punto que se tomó el ensayo por deflectometría.

CONCLUSIONES

Habiendo desarrollado la tesis titulada “diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en Avenida César Vallejo y Avenida los Incas, Trujillo, La Libertad” puedo concluir que el reforzamiento necesario para el tráfico de diseño con un ESAL de 5'500,000.00 EE, será de 5cm de espesor, el cual logrará una deflexión característica inferior a la deflexión admisible de las avenidas evaluadas, además de aumentar el radio de curvatura que causa esta deflexión, así mismo será necesario un tratamiento superficial para las fallas superficiales presentes en la carpeta asfáltica.

Se llegó a determinar un ESAL de diseño de 5'500,000.00 EE conforme a los datos obtenidos en el conteo vehicular, y los factores que influyen en el cálculo, en el pavimento flexible en servicio en la avenida cesar vallejo y avenida los incas.

Asimismo, se concluye que la avenida en servicio es un tipo de avenida arterial, debido a la presencia de comercio formal e informal, además de estar dentro del parámetro de clasificación al tener aproximadamente 30 mil vpd con aproximadamente 300 ADTT.

De acuerdo a lo obtenido en la evaluación superficial, la vía presenta un PCI promedio de 80% clasificado por el manual como un pavimento en estado muy bueno, pero como se menciona en la discusión de resultados, la evaluación se realizó mediante secciones llamadas unidades de muestra, las cuales en la avenida Cesar Vallejo, resultaron con un estado desde MUY BUENO a EXCELENTE debido a la poca presencia de comercio informal y en la avenida Los Incas un estado desde MALO a BUENO, debido al comercio informal presente y la magnitud notable de consumidores.

Se realizó el ensayo por deflectometría para determinar la evaluación estructural, obteniendo una deflexión característica (D_c) de 0.7337mm en avenida Los Incas y de 0.7534mm en la avenida César Vallejo, las cuales se compararon con la deflexión admisible ($D_{adm}=0.6762mm$) para este tráfico de diseño ($ESAL_{diseño}=5.5$ millones), obteniendo un D_c mayor al D_{adm} . Así mismo resultó un radio de curvatura de 119.3m y 109.6m respectivamente. Concluyendo que al no haber fallas estructurales y el R_c ser mayor a 80m, lo que se requiere con urgencia es un reforzamiento estructural para soportar el tráfico previsto, caso contrario las fallas serán más recurrentes.

Conforme a los datos obtenidos en el análisis estructural por deflectometría se halló el reforzamiento estructural recomendado por el manual, este recomienda una carpeta asfáltica en caliente (CAC) con un espesor de 5cm para una deflexión característica desde 0.60mm a 0.80mm. Se presenta los planos de secciones conforme a cada punto tomado en campo, además de realizar el plano de ubicación y localización.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar siempre un recorrido preliminar para poder ubicar las zonas de conteo vehículos necesarios, según el tipo de vehículos predominantes.
- Tener presente en el conteo vehicular, incluir como camiones, a vehículos pesados de 6 ruedas a más.
- Se recomienda el análisis de PCI de forma específica, de todo el largo de la vía, para tener una visión real de todo el tramo, mediante un PCI promedio se obtendrá una menor veracidad.
- Se recomienda cumplir con los mantenimientos necesarios para cada vía, el reforzamiento estructural diseñado se debe hacer con urgencia, caso contrario las fallas serán más recurrentes, requiriendo una rehabilitación además de un estudio más especializado, lo que demandaría una mayor inversión. La norma CE 0.10 pavimentos urbanos, nos recomienda una evaluación por deflectometría cada 4 años.
- Siguiendo la recomendación del MTC, antes de colocar el reforzamiento se deberá reparar la capa de rodadura del pavimento existente mediante un tratamiento superficial.
- Se recomienda tener en cuenta las pautas del ensayo por deflectometría, el uso de la viga benkelman no tiene que llevarse a cabo en diferentes situaciones indicadas en el manual de ensayos del MTC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bazán Cabellos, A. (2019). La Libertad: solo el 11,8% de las carreteras de la región están pavimentadas. *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/peru/la-libertad/la-libertad-solo-el-118-de-las-carreteras-de-la-region-estan-pavimentadas-noticia/?ref=ecr>
- Bazán Tuesta, C. & Vargas Guevara, O (2020). *Diseño estructural de pavimentos para mejorar la Transitabilidad de las calles las margaritas, 7 de julio y Ricardo palma del barrio 1 en el centro poblado Alto Trujillo* [Tesis de titulado, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7092>
- Chipana Salaar, W. (2019). *Evaluación De Un Pavimento Asfáltico De La Av. Prolongación Defensores Del Morro Para Analizar Su Condición Estructural Y Superficial* [Tesis de titulado, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3104>
- ComexPerú (28 de febrero de 2020). *Infraestructura vial: gobiernos subnacionales estancados*. [https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernos-subnacionales-estancados#:~:text=En%20nuestro%20pa%C3%ADs%20el%20sistema,km\)%20competencia%20de%20los%20Gobiernos](https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernos-subnacionales-estancados#:~:text=En%20nuestro%20pa%C3%ADs%20el%20sistema,km)%20competencia%20de%20los%20Gobiernos)
- De la Cruz Gómez, Y. M. & Huamán Bazán, J. J. (2021). *Determinación De La Condición Del Pavimento Flexible Mediante La Viga De Benkelman Para El Diseño De Reforzamiento En Las Avenidas Mansiche Y Jesús Nazareth – Trujillo La Libertad* [Tesis de titulado, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/15171>
- Ganamas (2018). *América Latina tiene déficit de infraestructura y mantenimiento vial*. <https://revistaganamas.com.pe/america-latina-tiene-deficit-de-infraestructura-y-mantenimiento-vial/>
- La Industria (2020). *Trasladan a 300 vendedores de La Hermelinda a complejo recreacional La Rinconada*. <http://laindustria.pe/nota/15506-trasladan-a-300-vendedores-de-la-hermelinda-a-complejo-recreacional-la-rinconada>
- Menéndez Acurio, R. (2009). *Ingeniería de pavimentos*. Instituto de la construcción y gerencia.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). "Glosario de términos" de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima, Perú.
- Abraira, V. (2002). *Desviación estándar y error estándar*. SEMERGEN.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú.
- Orús Gallego, A. (25 de agosto de 2022). *Logística y transporte» Tráfico rodado el transporte público en el mundo - Datos estadísticos*. Statista. <https://es.statista.com/temas/8558/el-transporte-publico-a-nivel-mundial/#topicOverview>
- Roncal Cubas, K. I. & Tello Neciosup, D. A. (2022). *Diseño Del Reforzamiento Del Pavimento Flexible Empleando La Viga Benkelman En La Avenida Mansiche, Tramo Mall Aventura Plaza – Colegio Ramón Castilla* [Tesis de titulación, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/9690>
- Salinas Villegas E. (2019). *Evaluación Funcional Y Estructural Del Pavimento De La Vía Manuelita Saenz Desde La Intersección Con La Av. Quiz Quiz Hasta La Intersección Con La Av. José Peralta*. [Tesis de titulado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30410?locale=en>
- Tixe Granja, E. (2019). *Implementación Del Proceso De Conservación De La Estructura De La Capa De Rodadura De La Vía Patate - Píllaro En El Tramo Km 7+600 Al Km 11+400 De La Provincia De Tungurahua* [Tesis de titulado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29780>
- Valero Fajardo, C. (2022). *Análisis comparativo de costos entre el pavimento Flexible convencional y pavimento flexible con base Estabilizada con cemento de la vía paso lateral Jaramijó de la provincia de Manabí* [Tesis de titulación, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5261/1/T-ULVR-4254.pdf>
- Zapata Aguilar, G. (2020). *Diagnóstico De Pavimentos Flexibles En Las Vías Arteriales De La Ciudad De Moquegua, 2019*. [Tesis de titulación, Universidad Jose Carlos Mariategui] <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1021>

ANEXOS

1. Instrumentos de recolección de datos

Figura 6

Instrumento de recolección de datos presentada por el MTC

FORMATO RESUMEN DE CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO																									
TRAMO DE LA CARRETERA										ESTACION															
SENTIDO										CODIGO DE LA ESTACION															
UBICACION										DIA Y FECHA															
HORA	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL					
				PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
00-01																									
01-02																									
02-03																									
03-04																									
04-05																									
05-06																									
06-07																									
07-08																									
08-09																									
09-10																									
10-11																									
11-12																									
12-13																									
13-14																									
14-15																									
15-16																									
16-17																									
17-18																									
18-19																									
19-20																									
20-21																									
21-22																									
22-23																									
23-24																									
TOTAL																									

20- Via Bo COORDINADOR _____ 30- SUPERV/MTC: _____

Nota: La imagen muestra el formato que presenta el MTC, para clasificar los vehículos durante el estudio de tráfico

Figura 7

Instrumento de recolección de datos presentada por el manual PCI

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PCI-81. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA						
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
-	3+360	15 - 16				
CODIGO VIA	ABSCISA FINAL	AREA MUESTREO (m²)				
-	3+400	280				
INSPECCIONADA POR	FECHA					
Hugemán B Smith	03/09/23					
No.	Daño	No.	Daño			
1	Pel de cocodrilo.	11	Parches.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrupamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía litrea.			
5	Corugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Orilla de borde.	17	Orilla parabólica (slippage)			
8	Orilla de reflexión de junta.	18	Minchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Orillas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido
PCI-15						
P	A	0,5 x 16				
PCI-16						
DA	(C6)	20 x 7				

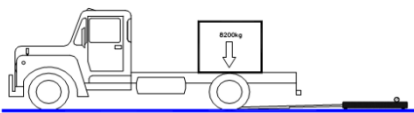
Nota: La imagen muestra el formato que presenta el manual PCI, para clasificar de fallas durante la evaluación superficial.

Figura 8

Instrumento de recolección de datos en deflectometría

ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO CON LA VIGA BENKELMAN

Ubicación:
RELACION DE BRAZOS 1: 4
CARRIL:
FECHA:
CARGA:
PRESION:



ESTACION Km	LECTURAS DIAL (0.01mm)					ESPESOR FC e (cm)	FC. TEMP	FC. ESTAC.	DEFLEXIONES CORREGIDAS (0.01mm)					R. CURV. m
	L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₂₅₀				D ₀	D ₂₅	D ₅₀	D ₁₀₀	D ₂₅₀	
PUNTO 01 - KM 1+000														
PUNTO 02 - KM 1+050														
PUNTO 03 - KM 1+100														
PUNTO 04 - KM 1+150														

FORMULARIO:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (1)$$

$$s = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n - 1} \right]^{0.5} \quad (2)$$

$$C.V. = \frac{s}{\bar{D}} * 100 \quad (3)$$

$$Rc = \frac{6250}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

$$Dc = \bar{D} + a * s \quad (4)$$

Valores frecuentes de "a":

Valor c	a	%>Dc
90	1.282	10

ESTADISTICA FINAL

Deflexión Máxima	(0.01mm)
Deflexión Mínima	(0.01mm)
Deflexión Media (D)	(0.01mm)
Desviación Standard (σ)	(0.01mm)
Coefficiente de Variación (CV)	
Deflexión Característica (Dc)	(0.01mm)
Radio de curvatura (Rc)	m

Nota: La imagen muestra el formato que se utilizó para recolectar los datos que brindó la viga benkelman para calcular la deflexión característica y radio de curvatura.

2. Evidencias de la ejecución de la propuesta

Figura 9

Conteo vehicular en la av. Cesar vallejo (km 1+750)



Nota: La imagen muestra el km 1+750, punto en el cual se realizó el conteo vehicular

Figura 10

Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 0+100 al km 0+140) – UM 1 y UM 2



Nota: En la imagen se visualiza la ubicación de la unidad de muestra (UM) N°1 y N°2 de la evaluación superficial mediante el PCI

Figura 11

Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 0+460 al km 0+500) – UM 3 y UM 4



Nota: En la imagen se visualiza la ubicación de la unidad de muestra (UM) N°3 y N°4 de la evaluación superficial mediante el PCI

Figura 12

Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 0+820 al km 0+860) – UM 5 y UM 6



Nota: En la imagen se visualiza la ubicación de la unidad de muestra (UM) N°5 y N°6 de la evaluación superficial mediante el PCI

Figura 13

Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 1+180 al km 1+220) – UM 7 y UM 8



Nota: En la imagen se visualiza la ubicación de la unidad de muestra (UM) N°7 y N°8 de la evaluación superficial mediante el PCI

Figura 14

Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 1+540 al km 1+580) – UM 9 y UM 10



Nota: En la imagen se visualiza la ubicación de la unidad de muestra (UM) N°9 y N°10 de la evaluación superficial mediante el PCI

Figura 15

Evaluación PCI en Av. Cesar vallejo (km 1+900 al km 1+940) – UM 11 y UM 12



Nota: En la imagen se visualiza la ubicación de la unidad de muestra (UM) N°11 y N°12 de la evaluación superficial mediante el PCI

Figura 16

Evaluación PCI en Av. Los incas (km 2+260 al km 2+300) – UM 13 y UM 14



Nota: En la imagen se visualiza la ubicación de la unidad de muestra (UM) N°13 y N°14 de la evaluación superficial mediante el PCI

Figura 17

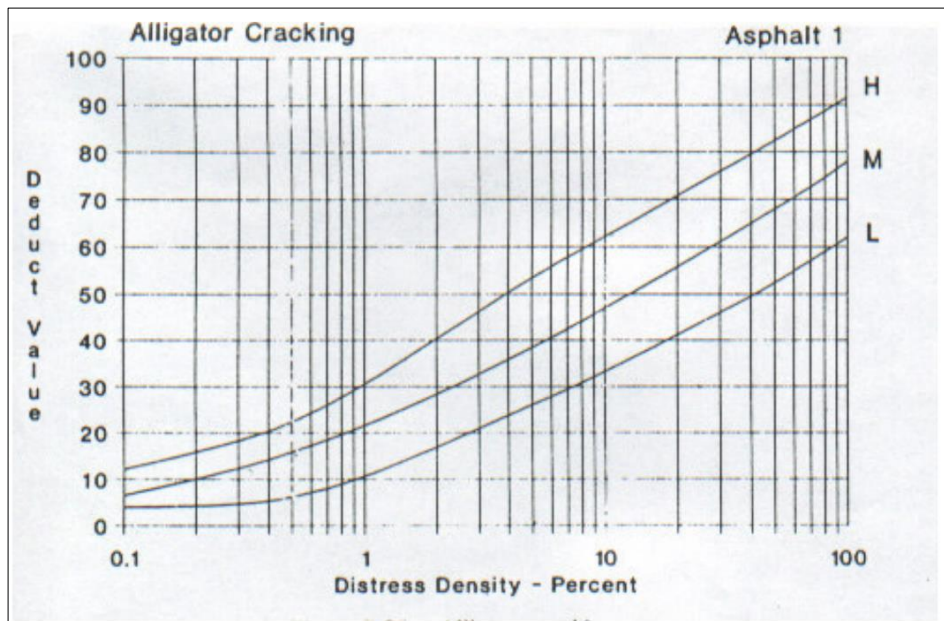
Evaluación PCI en Av. Los incas (km 2+620 al km 2+660) – UM 15 y UM 16



Nota: En la imagen se visualiza la ubicación de la unidad de muestra (UM) N°15 y N°16 de la evaluación superficial mediante el PCI

Figura 18

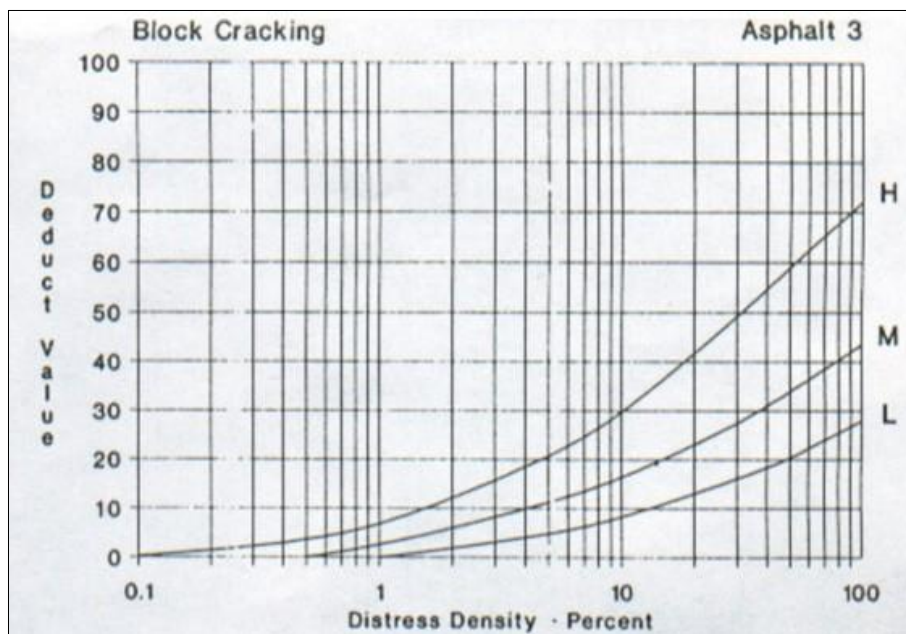
Falla: piel de cocodrilo – ábaco



Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 19

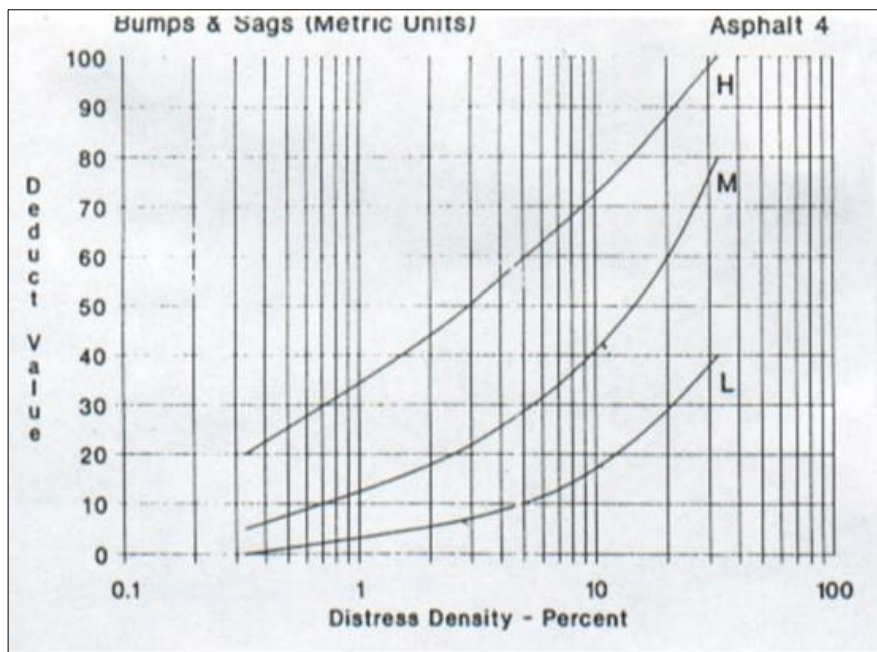
Falla: agrietamiento de bloque - ábaco



Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 20

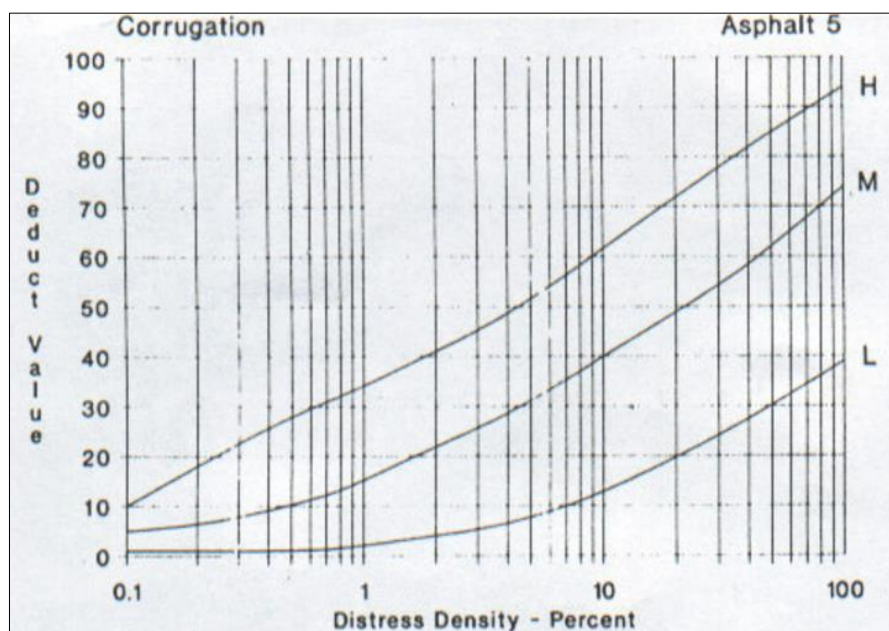
Falla: abultamiento y hundimiento - ábaco



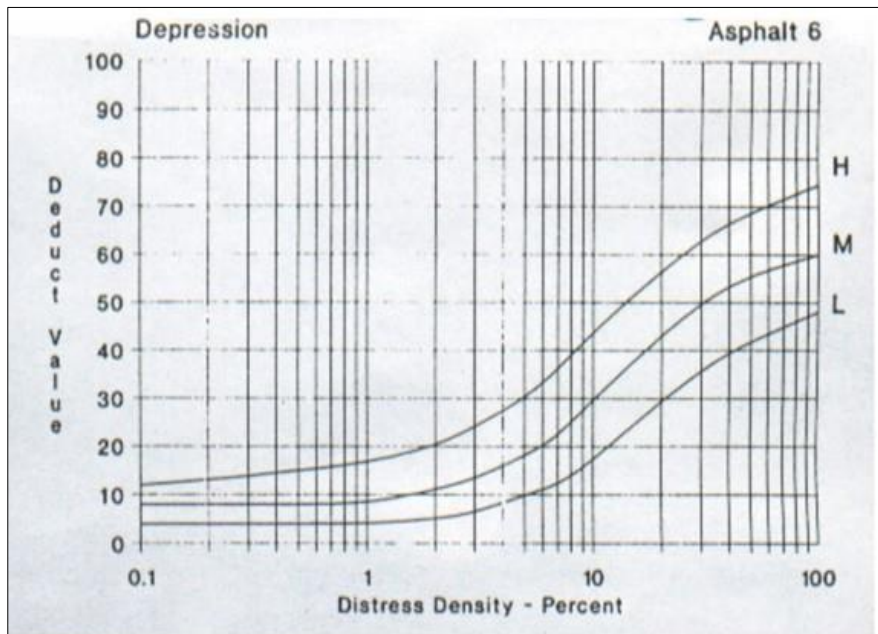
Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 21

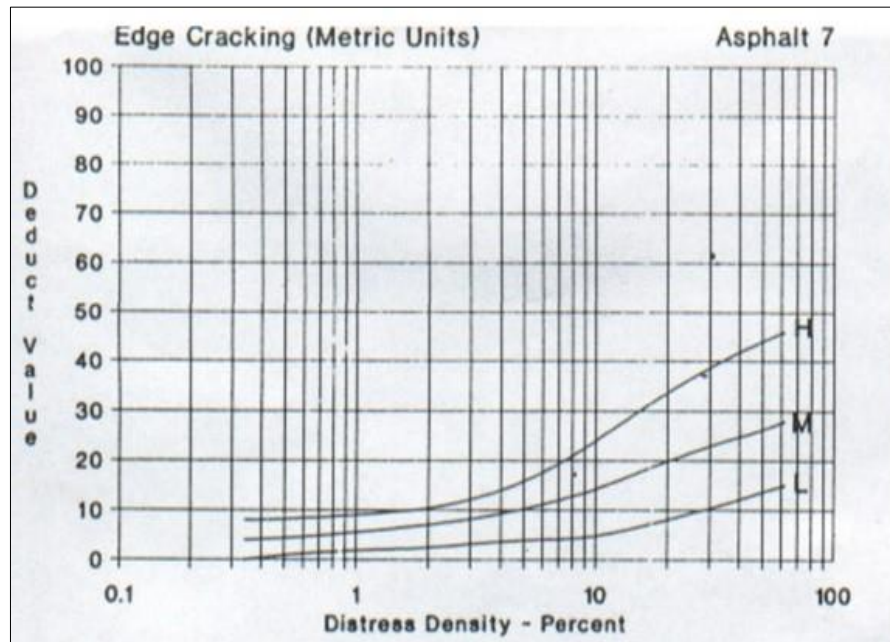
Falla: corrugación - ábaco



Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 22*Falla: depresión - ábaco*

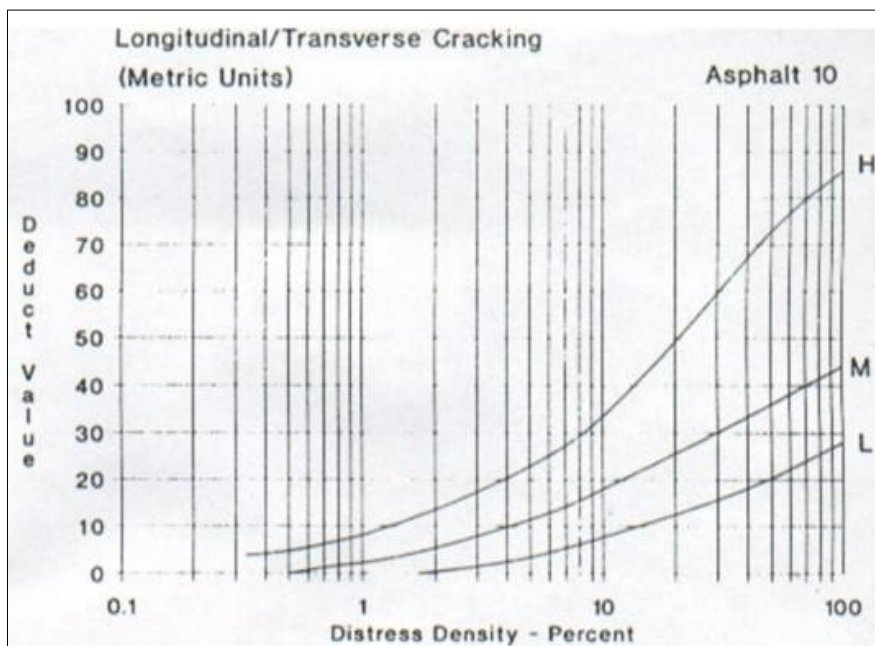
Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 23*Falla: grieta de borde - ábaco*

Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 24

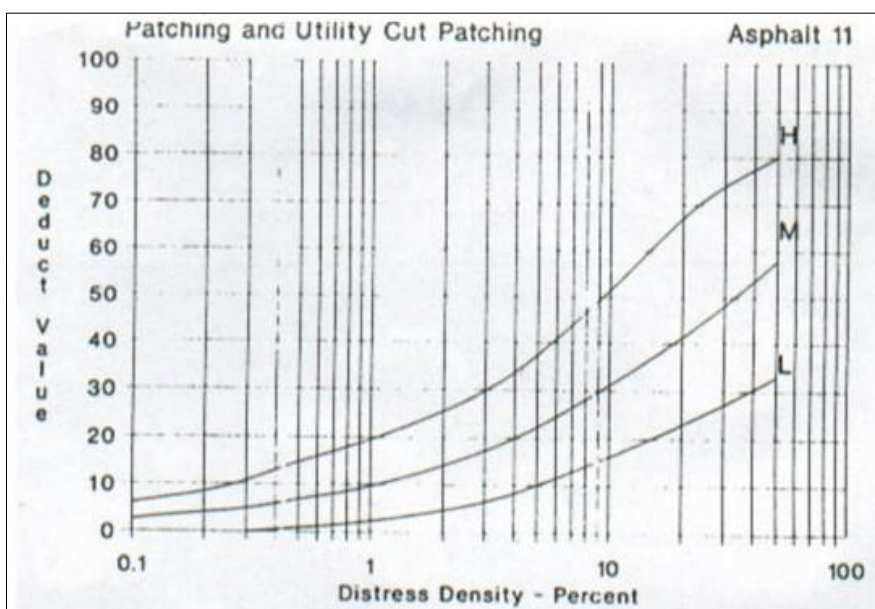
Falla: agrietamiento longitudinal y transversal - ábaco



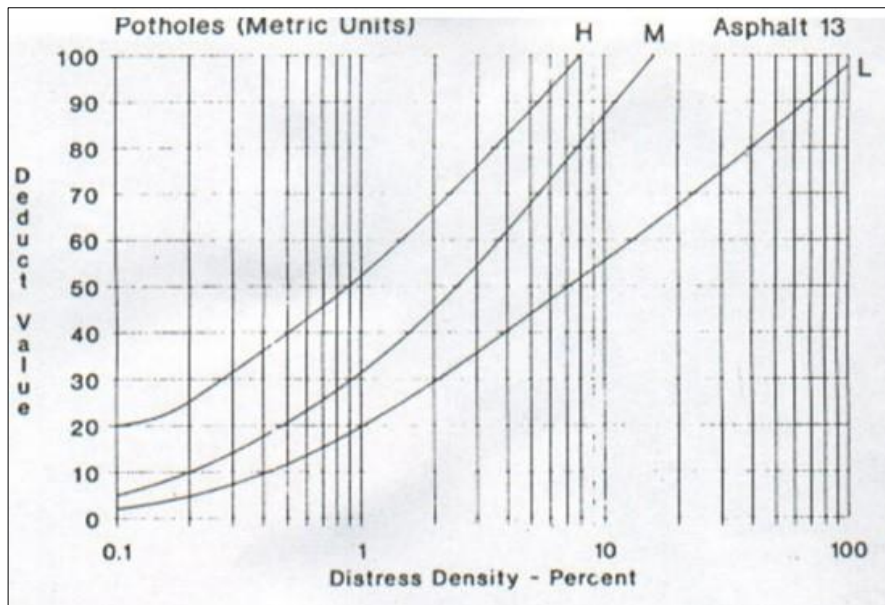
Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 25

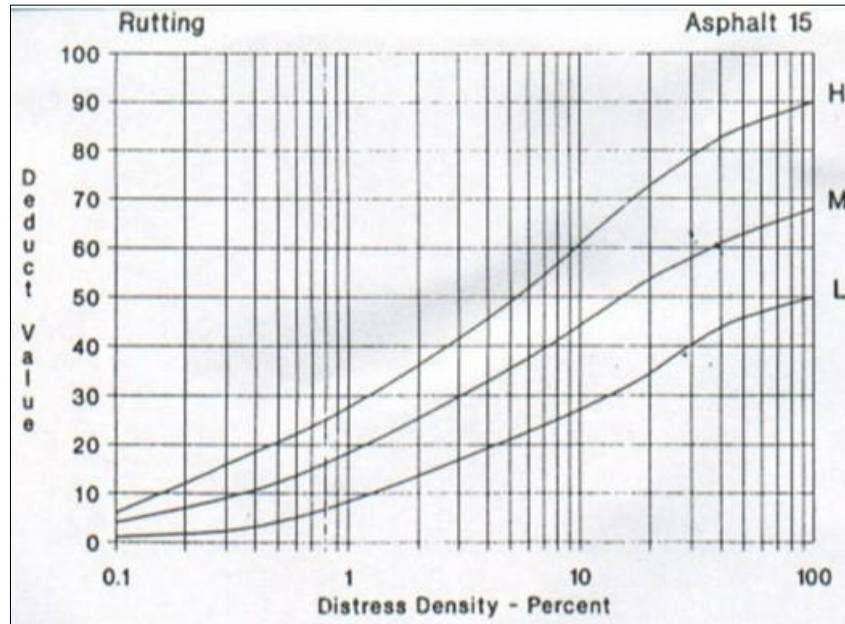
Falla: parche - ábaco



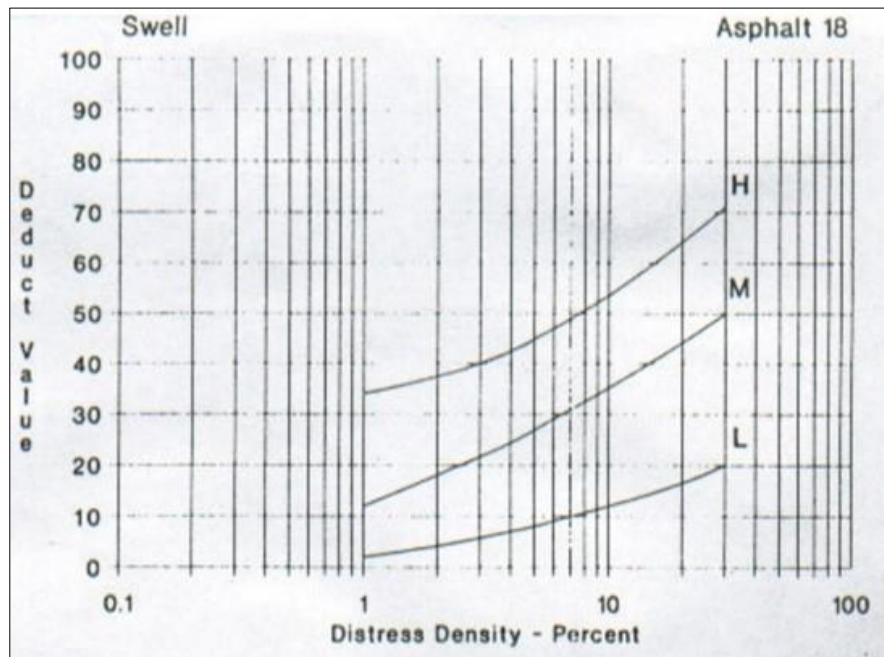
Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 26*Falla: baches - ábaco*

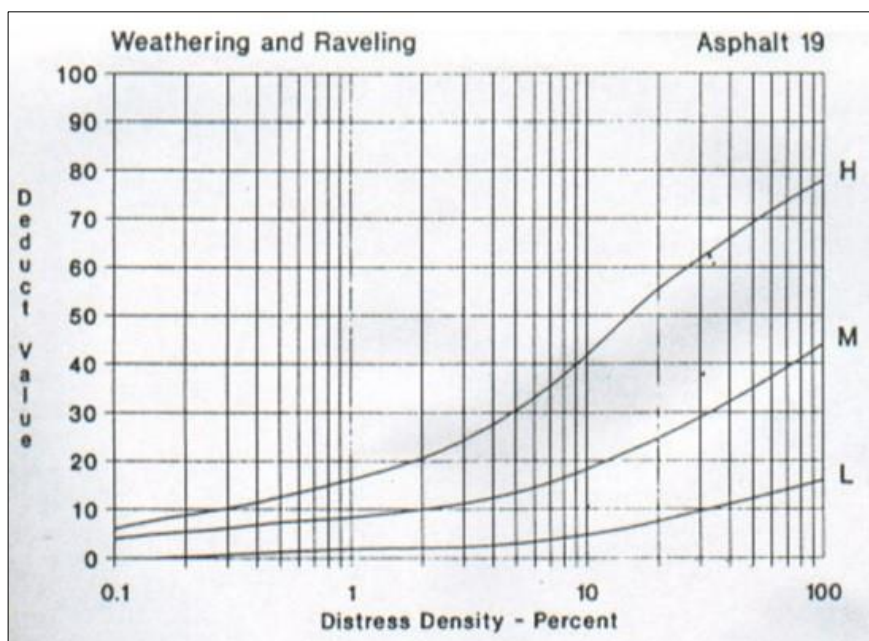
Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 27*Falla: ahuellamiento - ábaco*

Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 28*Falla: hinchamiento - ábaco*

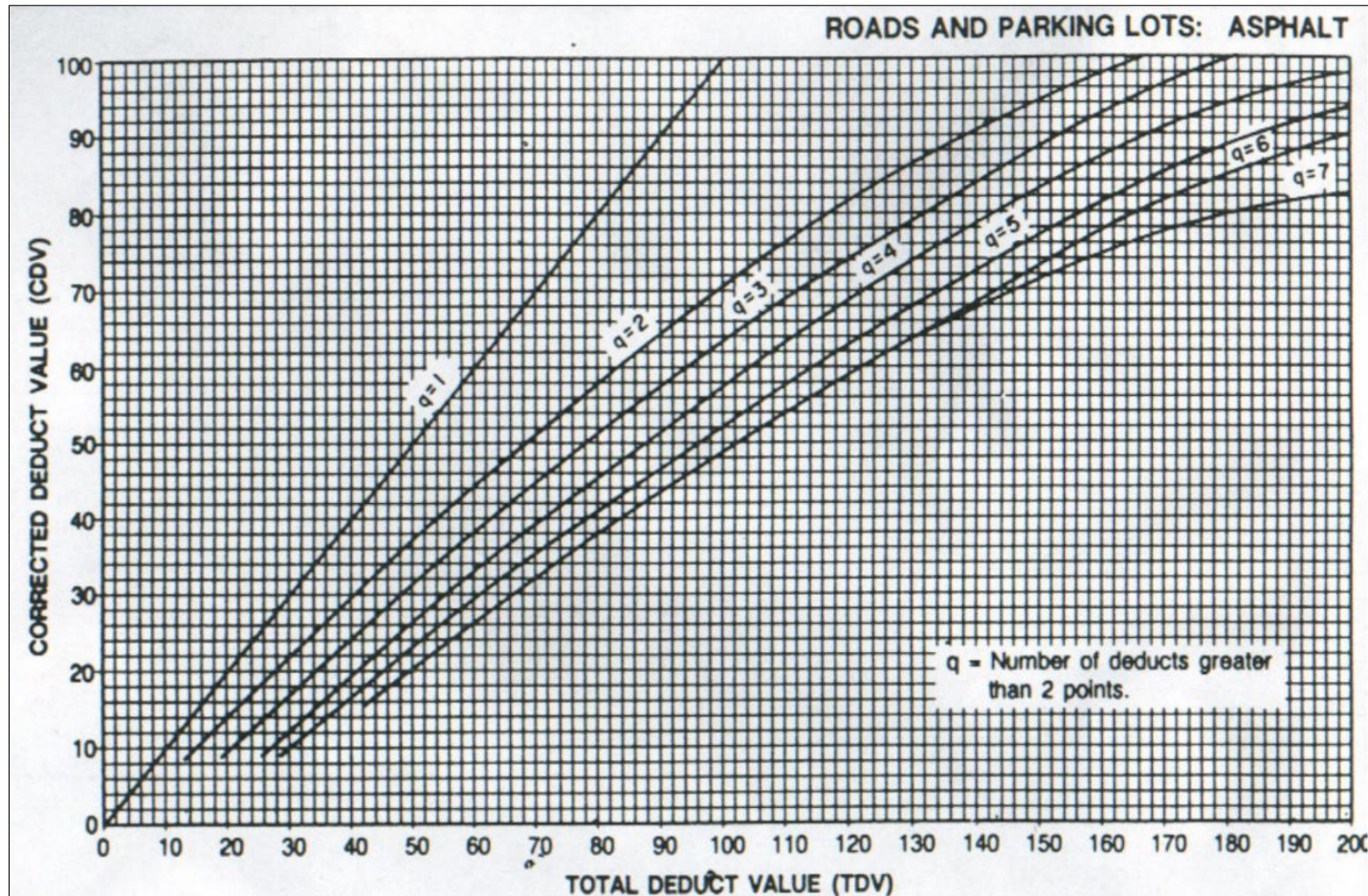
Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 29*Falla: desprendimiento de agregados - ábaco*

Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido, clasificando la severidad de falla como baja (L) media (M) y alta (H)

Figura 30

Valor deducido corregido - ábaco



Nota: En la imagen se muestra el ábaco usado para determinar el valor deducido corregido (CDV) en relación al número de valores deducidos mayores o iguales a 2 (q) y al valor deducido total (TDV).

Figura 31*Balanza electrónica*

Nota: La imagen muestra la balanza electrónica usada para el pesaje del camión

Figura 32*Ticket del peso del eje posterior*

operador: JUDITH AVILA	
PESAJE DE ENTRADA	
TICKET Nro. 018180	
PLACA	: C7N-918
PRODUCTO	: [AGE] AGREGADOS
CONDUCTOR	:
RUC	:
RAZON SOCIAL	: SMITH HUAMAN
CONSIGNATARIO:	
ORIGEN	:
DESTINO	:
Tarifa	: S/. 15.00
ENTRADA:	8,200 Kg.
02-feb-24 16:24	
Operador : J. HOYOS	
¡QUE DIOS TE BENDIGA!	
RECUERDA DIOS TE AMA (JUAN 3:16-17)	

Nota: La imagen muestra el peso del eje trasero del camión, obtenido por la balanza electrónica

Figura 33

Viga benkelman utilizada



Nota: La imagen muestra la viga benkelman usada para la evaluación por deflectometría

Figura 34

Ensayo de deflectometría en av. César vallejo



Nota: La imagen muestra el ensayo de deflectometría realizado en campo

Figura 35

Casos presentados por el manual el MTC

PRIMER PASO	SEGUNDO PASO	TERCER PASO	CUARTO PASO	CASOS
1° La deflexión característica resulta:	SUPERIOR 2° Hay fallas de origen estructural?	NO: Estructura infradiseñada para el tráfico previsto		PRIMER CASO Pavimento necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto
		SI: 3° Existe una capa débil inmediata debajo de las capas asfálticas?	NO: Las fallas se deben a otra causas	SEGUNDO CASO Este es el paso avanzado del primer caso, cuando no se han tomado a tiempo las medidas necesarias
			SI: Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80m)	TERCER CASO Está caracterizado por la presencia de una capa débil subyacente a la asfáltica, que determina que la deformación de esta última bajo cargas no encuentra apoyo suficiente y sea mayor a la que le correspondería en ausencia del espesor débil.
	IGUAL O INFERIOR 2° Hay fallas de origen estructural?	NO: Corregir fallas de origen superficial		
		SI: 3° De qué tipo?	Fallas por fatiga (piel de cocodrilo) Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80 m) Capa débil inmediatamente debajo de las asfálticas	TERCER CASO En este caso los radios de curvatura de la línea de deflexión son reducidos y el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo es posible aún con deflexiones admisibles
			Fallas por deformación permanente de la fundación que se traducen en depresiones, ahuellamiento marcado (mayor a 12 mm), ondulaciones, etc	CUARTO CASO Se caracteriza por el desarrollo de deformaciones permanentes, en particular ahuellamiento en la zona de canalización del tráfico, no atribuibles a desplazamientos plásticos de las capas asfálticas por deficiente estabilidad o compactación, es decir que afectan a toda la estructura. Se trata por lo general de pavimentos antiguos que han sido reforzados con capas asfálticas de espesor suficiente para evitar las fallas por fatiga pero insuficientes para compensar la debilidad de la fundación original. En estos casos las medidas de deflexión pueden no ser significativas, aquí lo más importantes es apreciar el valor portante de la fundación y el aporte estructural que aún puede prestar el pavimento original y las capas asfálticas de refuerzo existentes.

Nota: La imagen muestra los casos que podría presentar la avenida, como resultado de la evaluación.

3. R.D. que aprueba el proyecto de investigación

Trujillo, 25 de julio del 2023

RESOLUCIÓN N° 1427-2023-FI-UPAO

VISTO, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado "DISEÑO DE REFORZAMIENTO DEL PAVIMENTO EN SERVICIO EN AVENIDA CESAR VALLEJO Y AVENIDA LOS INCAS, TRUJILLO, LA LIBERTAD", del Bachiller: HUAMÁN BAZÁN, ARQUÍMEDES SMITH, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Ing. JUAN PAUL HENRIQUEZ ULLOA**, Presidente; **Ing. MARLON FARFAN CORDOVA**, Secretario; **Ing. MARCELO MERINO MARTINEZ**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR la modalidad de titulación solicitada por el Bachiller: **HUAMÁN BAZÁN, ARQUÍMEDES SMITH**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: APROBAR y DISPONER la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: "DISEÑO DE REFORZAMIENTO DEL PAVIMENTO EN SERVICIO EN AVENIDA CESAR VALLEJO Y AVENIDA LOS INCAS, TRUJILLO, LA LIBERTAD".

TERCERO: COMUNICAR al Bachiller que tiene un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar y sustentar su Tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



Dr. Ángel Alanoca Quenta
DECANO

4. Constancia de la Institución u organización donde se ha desarrollado la propuesta de investigación

LABORATORIO DE INGENIERIA **WBG**

Ing. Wilser Briones Gallardo C.I.P. N° 22269

Estudios de Suelos con Fines de Cimentación, para Edificaciones, Carreteras, Puentes y Obras de Arte, Dosificaciones de Concreto, Mezclas Asfálticas y Logística de Control de Calidad

TESIS:

"DISEÑO DE REFORZAMIENTO DEL PAVIMENTO EN SERVICIO EN AVENIDA CÉSAR VALLEJO Y AVENIDA LOS INCAS, TRUJILLO, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE:

HUAMAN BAZAN, ARQUIMEDES SMITH



WBG
Wilser Briones Gallardo
 INGENIERO CIVIL
 R. C.I.P. N° 22269

ENSAYO:

**MEDIDA DE LA DEFLEXION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN**

MTC E 1002

TRUJILLO, FEBRERO DEL 2024

RESOLUCION DE INDECOPI N° 024971-2016/DSD-INDECOPI

Urb. Santa María – Calle Cahuide N° 411 Trujillo - Telf.: 949823808 - 949823878
Ing_briones_gallardo@hotmail.com

w.bingenieros@hotmail.com

5. Constancia del asesor

Informe Final de Asesoramiento

Señor : Ms. Ing. Jorge A. Vega Benites
Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil

Asunto : Informe Final de Asesoramiento de Tesis

Fecha : Trujillo, 18 de abril del 2024

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la Resolución de Facultad N° 1427-2023-F1-UPAO, el suscrito, docente asesor del Informe de Tesis titulada:

“Diseño de reforzamiento del pavimento en servicio en Avenida César Vallejo y Avenida los Incas, Trujillo, La Libertad” del Bachiller Huamán Bazán Arquímedes Smith;
cumpro con informar lo siguiente:

El Informe de Tesis cumple con el cronograma y proceso de investigación de acuerdo al proyecto de tesis, asimismo informo que la tesis reúne la calidad académica exigida por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil.

Asimismo, adjunto al presente el reporte de coincidencias generado con el software Antiplagio Turnitin firmado por el suscrito, precisando que no supera el 20%.

Atentamente,



Ing. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo
Docente asesor
Registro CIP: 82596