

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO
HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA
REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR
VIDAL, CAYHUAYNA-2023”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA VIAL
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA:
CESPEDES MARTINEZ JHORDY

ASESOR:
ING. RIVERA VIDAL JIM ARTURO

HUÁNUCO - PERÚ
2023

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios, él es mi guía espiritual quien me ayuda a ser mejor persona cada día.

También se la dedico a mi madre y hermana, ellas son mi motivo de superación constante.

Además, se la dedico a aquellos familiares, amigos y docentes quienes me acompañaron en mi formación personal.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios todopoderoso por darme fortaleza espiritual, salud y su amor infinito los cuales fueron determinantes para culminar la presente tesis.

También, agradezco a mi madre y hermana por darme su apoyo permanente en cada proceso de mi formación y crecimiento personal.

Además, agradezco a aquellos familiares, amigos y docentes por compartir sus conocimientos, sus experiencias en el ámbito profesional y personal.

RESUMEN

La presente investigación denominada “PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023”, se realizó con la finalidad para determinar las características del diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico para fines de rehabilitación del pavimento flexible en la vía de tránsito del Jirón Javier Pulgar Vidal, ubicado en Cayhuayna, distrito de Pillco Marca. El área de estudio comprende una longitud total de 174 metros con un ancho de calzada de 5.2 metros, conformado por un pavimento flexible, que posee una gran cantidad de deterioros. Para determinar los parámetros de diseño de la capa de refuerzo se realizó la evaluación de la condición del pavimento flexible, utilizando la metodología PCI, asimismo, se realizó el estudio de tráfico en el tramo de estudio, aplicando los lineamientos establecidos por el MTC. Además, se usaron las tablas de diseño del método PCA para determinar el factor de distribución de carriles de diseño, el nivel de fiabilidad y el porcentaje de losas agrietadas. Posteriormente, se utilizó valores correlacionales para determinar el módulo resiliente de la capa asfáltica y el módulo de rotura de la capa de refuerzo. Del resultado del diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico se obtiene el espesor y el espaciamiento de las juntas. Finalmente, se obtiene una propuesta de diseño de capa de refuerzo, para fines de rehabilitación del pavimento existente, consiguiendo una vida útil de diseño del pavimento rehabilitado igual a 20 años y restaurando la condición buena del pavimento.

Palabras clave: Propuesta de diseño, Capa de refuerzo, Parámetros de diseño, Evaluación de pavimento, Metodología PCI, Método PCA.

ABSTRACT

The present investigation called "PROPOSAL FOR THE DESIGN OF A HYDRAULIC CONCRETE REINFORCEMENT LAYER USING THE PAVEMENTDESIGNER SOFTWARE FOR THE REHABILITATION OF THE FLEXIBLE PAVEMENT IN THE JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023", was carried out with the purpose of determining the characteristics of the design of the reinforcement layer of hydraulic concrete for the purpose of rehabilitation of the flexible pavement on the Jirón Javier Pulgar Vidal transit road, located in Cayhuayna, district of Pillco Marca. The study area comprises a total length of 174 meters with a road width of 5.2 meters, made up of a flexible pavement, which has a large number of deteriorations. To determine the design parameters of the reinforcement layer, the evaluation of the condition of the flexible pavement was carried out, using the PCI methodology, similarly, the traffic study was carried out in the study section, applying the guidelines established by the MTC. In addition, the PCA method design tables were used to determine the design lane distribution factor, confidence level, and percentage of cracked slabs. Subsequently, correlational values were obtained to determine the resilient modulus of the asphalt layer and the rupture modulus of the reinforcement layer. From the result of the design of the hydraulic concrete reinforcement layer, the thickness and spacing of the joints is obtained. Finally, a reinforcement layer design proposal is obtained, for the purpose of rehabilitation of the existing pavement, achieving a design useful life of the rehabilitated pavement equal to 20 years and restoring the good condition of the pavement.

Keywords: Design proposal, Reinforcement layer, Design parameters, Pavement evaluation, PCI Methodology, PCA Method.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.1 Fundamentación o situación del problema de investigación.....	19
1.2 Formulación del problema de investigación general y específicos.....	20
1.2.1 Problema general.....	20
1.2.2 Problema específico.....	20
1.3 Formulación del objetivo general y específicos.....	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2 Objetivo específico.....	20
1.4 Justificación.....	21
1.4.1 Justificación técnica.....	21
1.4.2 Justificación socioeconómica.....	21
1.5 Limitaciones.....	22

1.6	Formulación de hipótesis general y específicas.....	23
1.6.1	Hipótesis general.....	23
1.6.2	Hipótesis específicas.....	23
1.7	Variables	23
1.7.1	Variable independiente	23
1.7.2	Variable dependiente.....	23
1.8	Definición teórica y operacionalización de variables	24
1.8.1	Definición teórica	24
1.8.2	Operacionalización de variables	25
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO		27
2.1	Antecedentes de la investigación	27
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	27
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	28
2.1.3	Antecedentes locales.....	30
2.2	Bases teóricas.....	30
2.2.1	Opciones de capas de refuerzo de concreto.....	30
2.2.2	Parámetros de diseño para la elección del tipo de capa de refuerzo .	32
2.2.3	Capas de refuerzo de concreto hidráulico no adherido.....	35

2.2.4	Metodologías de diseño de la capa de refuerzo por el método Mecanicista Empírico de PavementDesigner.....	43
2.2.5	Diseño estructural de la capa de refuerzo de concreto por el método Mecanicista Empírico de PavementDesigner.....	46
2.3	Bases conceptuales o Definición de términos básicos.....	54
2.3.1	Índice de condición del pavimento.....	54
2.3.2	Pavimento de concreto de cemento portland.....	54
2.3.3	Tráfico	54
2.3.4	Factor de crecimiento del tráfico	55
2.3.5	Vida útil del diseño	55
2.3.6	Fiabilidad	56
2.3.7	Porcentaje de losas agrietadas al final de la vida útil.....	56
2.3.8	Resistencia del concreto.....	57
2.4	Bases epistemológicas, bases filosóficas y/o bases antropológicas	57
2.4.1	Pavimento Flexible	57
2.4.2	Pavimento Rígido	57
CAPÍTULO III METODOLOGÍA		58
3.1	Ámbito	58
3.1.1	Ubicación geográfica	58

3.2	Población.....	60
3.3	Muestra	60
3.4	Nivel y tipo de estudio.....	60
3.4.1	Nivel	60
3.4.2	Tipo	60
3.5	Diseño de investigación.....	61
3.6	Métodos, Técnicas e instrumentos	61
3.6.1	Métodos	61
3.6.2	Técnicas	64
3.6.3	Instrumentos.....	65
3.7	Validación y confiabilidad del instrumento	69
3.8	Procedimiento.....	69
3.9	Tabulación y análisis de datos estadísticos	70
3.9.1	Datos estadísticos	70
3.10	Consideraciones éticas.....	73
CAPÍTULO IV RESULTADOS		74
4.1	Evaluación del pavimento por el método PCI	74
4.2	Estudio de tráfico.....	89

4.3	Condiciones de diseño	107
4.4	Propuesta de diseño de capa de refuerzo de concreto	113
CAPÍTULO V DISCUSIÓN.....		121
CONCLUSIONES.....		124
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS		126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		127
ANEXOS		131
• Anexo N°01:	Matriz de consistencia.....	132
• Anexo N°02:	Consentimiento informado	134
• Anexo N°03:	Instrumentos	136
• Anexo N°04:	Constancia de similitud de la tesis.....	139
• Anexo N°05:	Acta de defensa de tesis	142
• Anexo N°06:	Nota biográfica.....	144
• Anexo N°07:	Autorización para publicación de tesis electrónica y D.J. del Trabajo de Investigación	146
• Anexo N°08:	Validación del (de los) instrumento (s) por jueces	150
• Anexo N°09:	Panel fotográfico	154

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de operacionalización de variables	25
Tabla 2 Resumen de los actuales programas computacionales de diseño (desarrollado por Dr. Jeffery R. Roesler, Universidad de Illinois en Urbana- Champaign)	33
Tabla 3 Resumen de los principales parámetros de diseño.....	34
Tabla 4 Rangos de clasificación del PCI	39
Tabla 5 Deterioros o Fallas de los pavimentos asfaltados	40
Tabla 6 Nuevas entradas y salidas intermedias dentro de los parámetros de la estructura del pavimento para los diseños de superposición en relación con el JPCP de profundidad completa.	45
Tabla 7 Datos de tráfico típicos en PavementDesigner (StreetPave).....	48
Tabla 8 Distribuciones de carga por eje para las clasificaciones de calles y carreteras.	48
Tabla 9 Factores de distribución de carriles de diseño recomendados (PavementDesigner).....	50
Tabla 10 Niveles de fiabilidad recomendados (PavementDesigner).....	52
Tabla 11 Porcentaje recomendado de losas agrietadas (PavementDesigner).....	53
Tabla 12 Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.	67

Tabla 13 <i>Plan de tabulación</i>	72
Tabla 14 <i>Muestreo para la vía de estudio</i>	74
Tabla 15 <i>Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-1</i>	75
Tabla 16 <i>Cálculo del PCI de la UM-1</i>	76
Tabla 17 <i>Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-2</i>	77
Tabla 18 <i>Cálculo del PCI de la UM-2</i>	78
Tabla 19 <i>Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-3</i>	79
Tabla 20 <i>Cálculo del PCI de la UM-3</i>	80
Tabla 21 <i>Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-4</i>	81
Tabla 22 <i>Cálculo del PCI de la UM-4</i>	82
Tabla 23 <i>Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-5</i>	83
Tabla 24 <i>Cálculo del PCI de la UM-5</i>	84
Tabla 25 <i>Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-6</i>	85
Tabla 26 <i>Cálculo del PCI de la UM-6</i>	86
Tabla 27 <i>Resumen de unidades de muestra a inspeccionar</i>	87
Tabla 28 <i>Resumen de unidades de muestra adicionales</i>	87
Tabla 29 <i>PCI de la sección del pavimento</i>	88
Tabla 30 <i>Tráfico vehicular del primer día en la estación E-1</i>	90

Tabla 31 <i>Tráfico vehicular del segundo día en la estación E-1</i>	91
Tabla 32 <i>Tráfico vehicular del tercer día en la estación E-1</i>	92
Tabla 33 <i>Tráfico vehicular del cuarto día en la estación E-1</i>	93
Tabla 34 <i>Tráfico vehicular del quinto día en la estación E-1</i>	94
Tabla 35 <i>Tráfico vehicular del sexto día en la estación E-1</i>	95
Tabla 36 <i>Tráfico vehicular del séptimo día en la estación E-1</i>	96
Tabla 37 <i>Resumen del tráfico semanal</i>	97
Tabla 38 <i>Factores de corrección estacional de vehículos ligeros</i>	98
Tabla 39 <i>Factores de corrección estacional de vehículos pesados</i>	98
Tabla 40 <i>Determinación del IMDA en la vía de estudio</i>	99
Tabla 41 <i>Tráfico por tipo de vehículo</i>	99
Tabla 42 <i>Determinación de categoría de tráfico</i>	101
Tabla 43 <i>Determinación del factor de distribución de carriles de diseño</i>	106
Tabla 44 <i>Determinación del nivel de fiabilidad</i>	107
Tabla 45 <i>Determinación del porcentaje recomendado de losas agrietadas</i>	108
Tabla 46 <i>Coeficientes estructurales de las capas de pavimento a_i</i>	110
Tabla 47 <i>Parámetros de diseño en el software de PavementDesigner</i>	113
Tabla 48 <i>Análisis por fatiga</i>	119

Tabla 49 <i>Análisis por erosión</i>	119
Tabla 50 <i>Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.</i>	137
Tabla 51 <i>Formato de conteo y clasificación vehicular</i>	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Típicas soluciones con hormigón adherido y no adherido en diferentes etapas de la vida de servicio de un pavimento.....</i>	31
Figura 2 <i>Soluciones de preservación adecuadas para diferentes etapas de la vida de servicio del pavimento</i>	32
Figura 3 <i>Capa de refuerzo con hormigón no adherida (antes llamado whitetopping convencional) de un pavimento asfáltico en condiciones malas a deterioradas</i>	36
Figura 4 <i>Capa de refuerzo hormigón no adherida de pavimento asfáltico.....</i>	37
Figura 5 <i>Índice de estado del pavimento (PCI), escala de calificación y colores sugeridos.....</i>	39
Figura 6 <i>Capa de refuerzo no adherido sobre un pavimento de asfalto existente ..</i>	43
Figura 7 <i>Mapa y metodología de PavementDesigner.....</i>	44
Figura 8 <i>Esquema de localización</i>	58
Figura 9 <i>Plano de ubicación y localización de la vía en estudio</i>	59
Figura 10 <i>Formato de conteo y clasificación vehicular</i>	68
Figura 11 <i>Esquema de ubicación de la estación E-1.....</i>	89
Figura 12 <i>Total de vehículos por cada día de la semana</i>	97
Figura 13 <i>Diagrama circular de distribución vehicular</i>	100
Figura 14 <i>Proyección de variación porcentual interanual del PBI.....</i>	102

Figura 15 <i>Proyección de tasa de crecimiento de PBI Nacional y PBI Huánuco</i>	103
Figura 16 <i>Variación de tasa de crecimiento del PBI Nacional</i>	105
Figura 17 <i>Variación de tasa de crecimiento del PBI Huánuco</i>	105
Figura 18 <i>Correlación potencial $RAC=0.60$ (ZR)</i>	109
Figura 19 <i>Coefficientes estructurales para capas asfálticas relacionados con varios ensayos</i>	112
Figura 20 <i>Interfaz del software de PavementDesigner a nivel de proyecto</i>	114
Figura 21 <i>Interfaz del software de PavementDesigner a nivel de proyecto</i>	115
Figura 22 <i>Efecto del valor k en el espesor</i>	116
Figura 23 <i>Efecto de la resistencia a la flexión sobre el espesor</i>	116
Figura 24 <i>Efecto de la vida útil del diseño en el espesor</i>	117
Figura 25 <i>Efecto de la confiabilidad en el espesor</i>	117
Figura 26 <i>Efecto de losas agrietadas sobre el espesor</i>	118
Figura 27 <i>Reporte de resultados del diseño de la capa de refuerzo</i>	120

INTRODUCCIÓN

La presente investigación, propone las características de diseño de capa de refuerzo de concreto hidráulico para fines de rehabilitación del pavimento flexible, con el beneficio de extender la vida útil del pavimento, y restaurar la condición buena de la superficie de rodadura. En consecuencia, la investigación se denomina “PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023”.

Por consiguiente, la presente investigación se desarrolló considerando la subsecuente estructura:

En el CAPÍTULO I: Se desarrolla el planteamiento del problema de investigación, fundamentando y formulando, los alcances y efectos que abarca el estudio. De esta manera, se define el problema de investigación y se establecen los objetivos que se pretende conseguir.

En el CAPITULO II: Se describe los fundamentos teóricos del estudio, a partir de las investigaciones históricas relacionadas, asimismo, considerando conceptos, normas y métodos actualizados que involucran el desarrollo de la investigación.

En el CAPITULO III: Se delimita el área de estudio, y se describe la metodología del procesamiento de datos, para el análisis de los resultados, a partir de métodos, técnicas e instrumentos obtenidas en el capítulo II, se propone un modelo de análisis de datos.

En el CAPITULO IV: Se presentan los resultados de la investigación, alcanzados en consecuencia de aplicar los métodos, técnicas e instrumentos obtenidas en el capítulo III.

En el CAPITULO V: Se describe la discusión, producto de la interpretación de los resultados alcanzados, obtenidos en el capítulo IV.

Finalmente, se presenta las conclusiones de la investigación, los cuales se derivan del análisis de la discusión de resultados, asimismo, se presenta las recomendaciones o sugerencias en relación a las conclusiones obtenidas. Además, se presentan los anexos, considerando la matriz de consistencia, el consentimiento informado, los instrumentos, el acta de defensa de la tesis y la validación de los instrumentos por los jueces.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Fundamentación o situación del problema de investigación

En casi todas las ciudades de nuestro país se tienen importantes problemas respecto al estado situacional de las vías pavimentadas, puesto que, presentan deterioros significativos, a causa de factores de influencia tales como; el crecimiento acelerado del volumen de tráfico vehicular y el tiempo de vida en servicio del pavimento. Es así, que se tiene la necesidad de rehabilitar la infraestructura vial.

En la ciudad de Cayhuayna, precisamente en la vía de tránsito del Jirón Javier Pulgar Vidal, se identificó deterioros importantes en la superficie de rodadura de tipo; piel cocodrilo, agrietamiento en bloque, corrugación, parcheo, baches, meteorización, peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados en el pavimento flexible, los cuales ocasionan; daños constantes a los vehículos que transitan, incomodidad al conductor, así como a los pasajeros y el incremento del tiempo de viaje, esto a causa del incremento del volumen del tránsito proyectado y el tiempo de vida en servicio del pavimento. Por otro lado, debido a la crisis económica actual, se ha generado presupuestos cada vez más bajos, mediante el cual nos orienta a buscar una infraestructura vial más sostenible, es decir, que sea compatible con la necesidad de los recursos que se dispone. Por consiguiente, la presente investigación propone un diseño de capa de refuerzo de concreto hidráulico como una alternativa de solución sostenible para la rehabilitación, lo cual permitiría extender la vida útil del pavimento original por 20 años y restaurar la condición buena del pavimento.

1.2 Formulación del problema de investigación general y específicos

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son las características del diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner, que permitirán plantear la rehabilitación del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal, Cayhuayna-2023?

1.2.2 Problema específico

¿Cuál es la condición actual del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal?

¿Cuáles son las variables que determinan el diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner?

¿Cuál es el espesor de la capa de refuerzo de concreto hidráulico y el espaciamiento de las juntas utilizando el software de PavementDesigner?

1.3 Formulación del objetivo general y específicos

1.3.1 Objetivo general

Determinar las características del diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner, para proponer la rehabilitación del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal, Cayhuayna-2023.

1.3.2 Objetivo específico

Determinar el estado situacional actual del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal, haciendo uso del método PCI.

Determinar las variables del diseño de la capa de refuerzo definiendo los parámetros de diseño en el software de PavementDesigner.

Determinar el espesor de la capa de refuerzo de concreto hidráulico y el espaciamiento de las juntas, utilizando el software de PavementDesigner.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación técnica

La presente investigación se realiza en el Jirón Javier Pulgar Vidal, debido a que se identificó deterioros importantes en la superficie de rodadura del pavimento flexible, asimismo, se identificó la presencia de un crecimiento acelerado en el tránsito proyectado, En consecuencia, se propone la capa de refuerzo de concreto hidráulico, orientado en el enfoque de una infraestructura vial sostenible, puesto que, si se plantearía soluciones convencionales, se optaría por una reconstrucción, lo cual generaría residuos sólidos, con materiales de desecho altamente contaminantes. Por otro lado, la metodología de diseño que utilizaremos considera dos criterios importantes, estos son el criterio de fatiga; el cual reconoce que el pavimento puede agrietarse cuando es sometido a excesivas repeticiones de carga, y el criterio de erosión; el cual reconoce que el pavimento puede fallar a causa de bombeo, erosión del soporte de fundación y fallas en las juntas, los cuales permiten diseñar la capa de refuerzo con un enfoque conservador.

1.4.2 Justificación socioeconómica

Con el propósito de evitar daños constantes a los vehículos, el incremento del tiempo de viaje, la incomodidad al conductor y pasajeros que transitan por el Jirón Javier Pulgar Vidal, se propone una capa de refuerzo de concreto hidráulico, puesto

que, el diseño de la capa de refuerzo para fines de rehabilitación, permitiría restaurar la condición buena del pavimento, asimismo, en términos económicos permitiría eliminar los costos de mantenimientos del pavimento flexible y los costos de extracción de residuos sólidos en el caso de una reconstrucción de la infraestructura vial, siendo el beneficio garantizar la seguridad en el tránsito y brindar el confort necesario a la población usuaria de esta vía.

1.5 Limitaciones

Para la realización de esta investigación, establecemos las subsecuentes limitaciones:

En el espacio o territorio: Se plantea el área de estudio como la superficie del pavimento flexible del Jirón Javier Pulgar Vidal, el cual se encuentra limitada por el noreste con la Avenida Universitaria y por el suroeste con la Avenida Juan Velasco Alvarado, asimismo, los parámetros de diseño están condicionadas al tráfico y las condiciones que presenta la estructura existente, razón por la cual, esta investigación solo sirve de referencia para el procedimiento de diseño, puesto que, los parámetros de diseño son diferente para cada zona de estudio.

Las limitaciones de los recursos: Los recursos económicos, tienen como fuente de financiamiento al tesista, quien asume los gastos en general, tales como; recursos materiales, recursos bibliográficos y recursos humanos.

1.6 Formulación de hipótesis general y específicas

1.6.1 Hipótesis general

La determinación de las características del diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner, permitirá plantear la rehabilitación del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal, Cayhuayna-2023.

1.6.2 Hipótesis específicas

El estado situacional actual del pavimento flexible del Jirón Javier Pulgar Vidal es evaluable utilizando el método PCI.

Las variables del diseño de la capa de refuerzo son determinables identificando los parámetros de diseño en el software de PavementDesigner.

El espesor de la capa de refuerzo de concreto hidráulico y el espaciamiento de las juntas son determinables utilizando el software de PavementDesigner.

1.7 Variables

1.7.1 Variable independiente

- Parámetros de diseño en el software de PavementDesigner.
- Capa de refuerzo de concreto hidráulico.

1.7.2 Variable dependiente

- Rehabilitación del pavimento flexible.

1.8 Definición teórica y operacionalización de variables

1.8.1 Definición teórica

1.8.1.1 Parámetros de diseño en el software de PavementDesigner

Determinación de las variables de diseño, tales como la clasificación del PCI del pavimento, tiempo de vida útil a extender, el tráfico promedio diario, el tráfico promedio diario de camiones, la categoría de tráfico, la tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones, la distribución direccional, el factor de distribución de carriles de diseño, el nivel de fiabilidad, el porcentaje de losas agrietadas al final de la vida útil de diseño, el CBR de la subrasante, la resistencia a la compresión del concreto hidráulico, la resistencia a la flexión del concreto hidráulico (Módulo de rotura), el módulo de elasticidad del concreto hidráulico, el módulo resiliente de la capa asfáltica y el espesor de la capa asfáltica.

1.8.1.2 Capa de refuerzo de concreto hidráulico

Determinación de las características del diseño de la capa de refuerzo de concreto utilizando PavementDesigner; consiste en el diseñar el recapado de concreto sobre un pavimento flexible existente, los cuales permitan determinar el espesor de la capa de refuerzo de concreto hidráulico y el espaciamiento de las juntas.

1.8.1.3 Rehabilitación del pavimento flexible

La propuesta de rehabilitación del pavimento flexible son los beneficios que plantea la propuesta de diseño de capa de refuerzo, siendo estas: restaurar la condición buena del pavimento y extender la vida útil por 20 años, los cuales garantizan la seguridad y comodidad al usuario, preservando el pavimento original.

1.8.2 Operacionalización de variables

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTOS
Variable independiente: Parámetros de diseño en el software de PavementDesigner.	Es la determinación de las variables de diseño.	Clasificación del índice de condición del pavimento original	Bueno	-Norma ASTM D6433-18 -Guide to Concrete Overlays (Fourth Edition) -Formatos de evaluación de fallas Software PavementDesigner
			Satisfactorio	
			Regular	
			Malo	
			Muy Malo	
			Grave	
			Fallado	
		Tiempo de vida útil a extender	Vida útil de diseño de la capa de refuerzo	
		Categoría de tráfico	Residencial	
			Colector	
			Arteria menor	
			Arteria mayor	
		Factores de tráfico	Tráfico Promedio Diario (TPD)	
			Tráfico Promedio Diario de Camiones (TPDC)	
			Tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones	
			Distribución direccional	
			Factor de distribución de carriles de diseño	

			Nivel de fiabilidad	
		Factores de seguridad para el diseño del pavimento	Porcentaje de losas agrietadas al final de la vida útil de diseño	
		Módulo resiliente de la subrasante	CBR de la subrasante	
		Espesor del pavimento flexible	Espesor de la capa asfáltica	
		Características mecánicas del concreto hidráulico	Resistencia a la compresión del concreto hidráulico	
			Resistencia a la flexión del concreto hidráulico (Módulo de rotura)	
			Módulo de elasticidad del concreto hidráulico	
Variable independiente: Capa de refuerzo de concreto hidráulico.	Consiste en diseñar el recapado de concreto sobre un pavimento flexible existente.	Características de la capa de refuerzo	Espesor de la capa de refuerzo	-Software PawementDesigner -Manual de ensayo de materiales
			Espaciado de las juntas	
Variable dependiente: Rehabilitación del pavimento flexible.	Son los beneficios que plantea la propuesta de diseño de capa de refuerzo.	Condición del pavimento rehabilitado	Bueno	-Norma ASTM D6433-18 -Guide to Concrete Overlays (Fourth Edition)
		Tiempo de vida útil a extender	Vida útil de diseño del pavimento rehabilitado	

Fuente. Elaboración Propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Acero (2020) desarrolló su tesis de grado en Colombia, denominado: “Utilización del proceso Whitetopping para la protección de las capas inferiores en la construcción del peaje Pipiral en la vía Bogotá – Villavicencio”, en el cual se diagnosticó el proceso Whitetopping, que permita la conservación de las capas que comprende la estructura del pavimento, mediante el cual se extiende la durabilidad en la etapa de su construcción del peaje Pipiral. Finalmente se concluyó que el proceso de conformación de la capa inferior tenga condiciones de calidad y compactación, para lo cual se realizó el control del material según los requerimientos de calidad requerida en el diseño, de esta manera se procede a solicitar el concreto para la construcción de los recubrimientos de concreto de esta vía garantizando el proceso de la construcción y verificando que tenga el diseño requerido.

Garófalo (2019) desarrolló su tesis de grado en Ecuador, denominado: “Propuesta de aplicación de la tecnología Whitetopping para la rehabilitación del pavimento asfáltico de la calle Fco. Aguirre Abad desde Tulcán hasta Asisclo Garay, ubicada en la Parroquia Urdaneta. Ciudad de Guayaquil”, cuyo objetivo principal fue diseñar un reforzamiento para el pavimento en base a la tecnología Whitetopping que permita alargar la vida útil del pavimento existente, usando el software Streetpave, así también, se logre garantizar la durabilidad en la estructura de este pavimento. Finalmente concluyó, que el espesor necesario para conseguir rehabilitar la Calle Aguirre debe tener 15 centímetros, mediante el cual se garantiza la durabilidad del tramo, además, presentará diversos beneficios, principalmente, el alargamiento en la

vida útil de la capa de rodadura y la minimización de costos involucrados al mantenimiento a mayor tiempo.

López (2018) desarrolló su tesis doctoral en España, denominado: “Aportaciones al proyecto, construcción y reparación de pavimentos de hormigón”, en el cual desarrolló un programa que diseñe pavimentos multicapa que considere en el desarrollo del cálculo los materiales que contienen las capas, asimismo, incluya la falta de adherencia que se desarrolla en las interfases debido a factores ambientales. Finalmente se concluyó en el desarrollo de un esquema universal de cálculo con la capacidad de unir varios problemas tales como; la distribución de la temperatura, la humedad en la estructura de las capas, esfuerzos rasantes en la división entre capas, despegue de las capas, esfuerzos y deformaciones debido al volumen de tráfico y verificación de fatiga, de esta manera el presente esquema permite la interrelación de los mismos, y también permite determinar los datos necesarios de entrada al programa.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Arias y Leguía (2021) desarrollaron su tesis de grado en Lima, denominado: “Aplicación de la técnica Whitetopping como alternativa de rehabilitación para extender la vida útil del pavimento asfáltico”, en el cual se aplicó la técnica de Whitetopping como alternativa de rehabilitación del pavimento flexible instalado en la vía del aeropuerto en estudio, en el cual determinó el espesor para la aplicación del Whitetopping y se desarrolló el proceso constructivo para la aplicación del Whitetopping. Finalmente se concluyó que mediante la propuesta de la técnica de Whitetopping en pavimentos de aeropuertos se logra estimar que la vida útil de la infraestructura vial, se extiende mayor a los 20 años, debido a que el recubrimiento de concreto tiene mejor capacidad para resistir las cargas de diseño. De esta manera, se

tiene un espesor de 8.5 centímetros de la capa UTW, cumpliendo los parámetros del diseño de este tipo de Whitetopping que varía de 5 a 10 centímetros de espesor.

Ureta (2018) desarrolló su tesis de grado en Tacna, denominado: “Utilización de Ultra - Thin Whitetopping como Método de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos en la Ciudad de Tacna”, en el cual realizó una propuesta de rehabilitación con el Ultra - Thin Whitetopping demostrando su eficiencia con la finalidad de restaurar los pavimentos flexibles en la ciudad de Tacna, para ello elaboró una relación objetiva en los datos alcanzados utilizando tres metodologías. Finalmente se concluyó que la utilización del UTW es una propuesta de solución viable y además compatible con los recursos que se tiene, cuya finalidad consiste en restaurar las vías que se encuentran instaladas en la ciudad de Tacna, entre los beneficios del UTW resalta principalmente la importancia de mejorar la calidad de las vías que comprende la ciudad de Tacna.

Pirca y Chinchay (2021) desarrollaron su tesis de grado en Lima, denominado: “Propiedades mecánicas del concreto con fibras sintéticas para rehabilitar pavimento flexible mediante la técnica Whitetopping, en Avenida Central San Juan de Lurigancho, Lima, 2020”, en el cual determinó la variación de las características mecánicas del concreto con la finalidad de conseguir la rehabilitación de la infraestructura vial aplicando el Whitetopping, de tal manera se logre incrementar la vida útil de la infraestructura vial en esta vía de tránsito. Finalmente, se concluyó que mediante la añadidura de fibras sintéticas incrementan significativamente las características mecánicas, los cuales cumplen los requerimientos mínimos de las normas técnicas peruanas, permitiendo tener mayor durabilidad del pavimento.

2.1.3 Antecedentes locales

Fabián (2021) desarrolló su tesis de grado en Huánuco, denominado: “Evaluación del estado del pavimento flexible mediante la metodología del PCI de la Avenida Perú, Distrito de Amarilis- Huánuco-2020”, en el cual determinó la situación del pavimento asfáltico en esta vía de tránsito, mediante la aplicación de la metodología de Índice de Condición del Pavimento, con la finalidad de conseguir posibles soluciones que permitan preservar la infraestructura vial de la superficie de rodadura, para ello, se determinó los diferentes tipos de falla existentes. Finalmente se concluyó que en las áreas en las que se tiene la condición de muy bueno y bueno se debe realizar actividades de sellado superficial en la vía, por consiguiente, en las áreas en las que se tiene la condición de regular o pobre se debe realizar actividades de fresado y tratamiento superficial, continuando en las áreas en las que se tiene la condición de muy pobre se debe realizar actividades de nueva construcción.

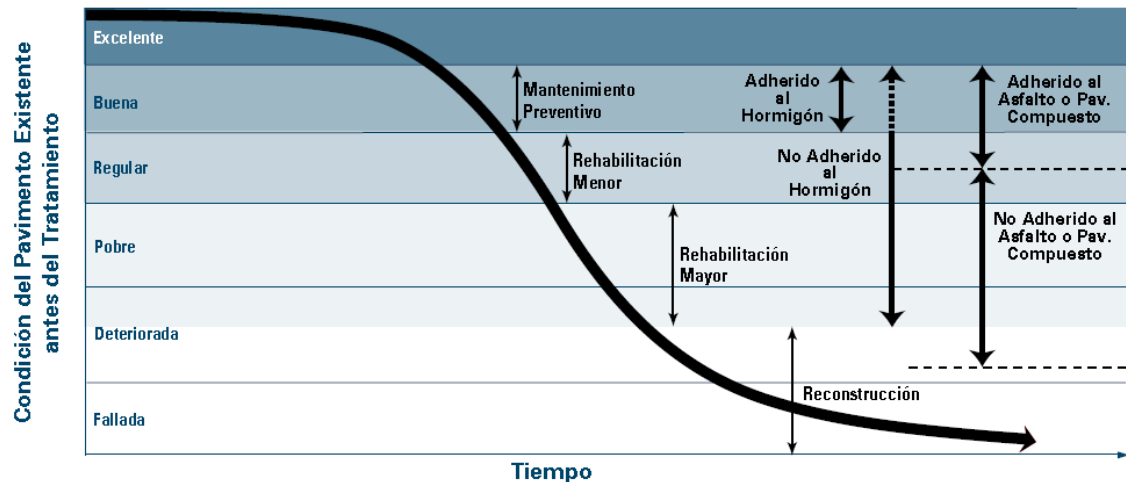
2.2 Bases teóricas

2.2.1 Opciones de capas de refuerzo de concreto

En la actualidad, los recapados de concreto son denominados “capas de refuerzo” y se clasifican en dos grandes grupos; adheridos y no adheridos.

Figura 1

Típicas soluciones con hormigón adherido y no adherido en diferentes etapas de la vida de servicio de un pavimento



Nota. Adaptado de “Guía para Capas de Refuerzo con Hormigón: Soluciones Sustentables para Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes (3era edición)” (p. 6), por D. Harrington y G. Fick, 2014. National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA.

2.2.1.1 Capas de refuerzo de concreto hidráulico adherido

La capa de refuerzo de concreto hidráulico y la infraestructura vial existente desarrollan esfuerzos como una estructura única, para ello es importante conseguir una óptima adherencia. Es aplicable para pavimentos que tengan su estructura en condiciones buenas o regulares, está dirigido para brindar soluciones de tipo mantenimiento preventivo y rehabilitación a menor escala.

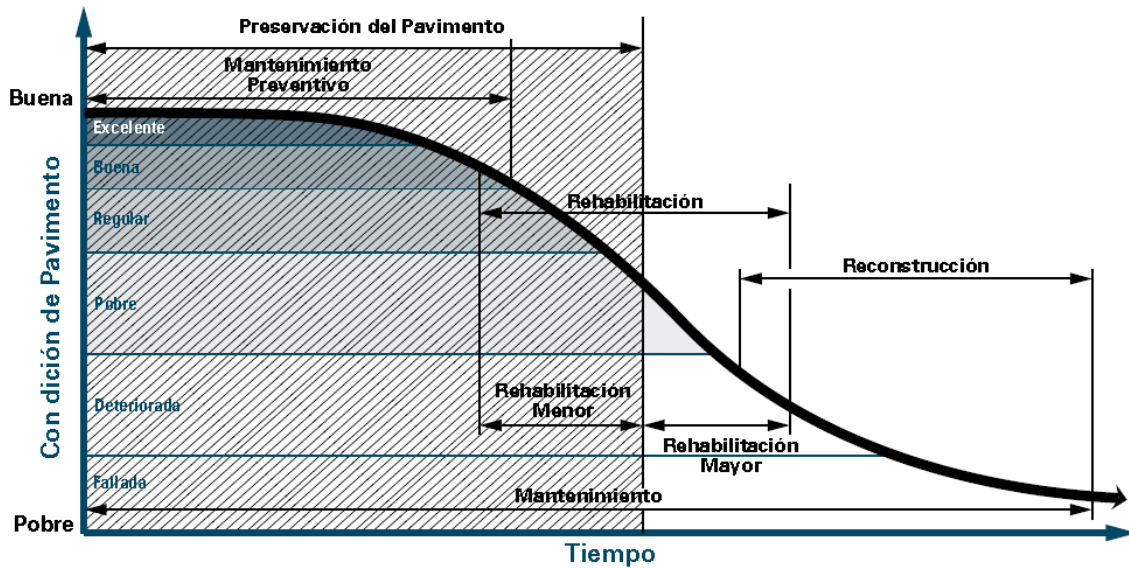
2.2.1.2 Capas de refuerzo de concreto hidráulico no adherido

La capa de refuerzo de concreto hidráulico desarrolla esfuerzos como una estructura nueva, sin considerar el pavimento actual, ya que este solo sirve como una base estable. Es aplicable para pavimentos que tengan su estructura en condiciones

de regulares a deterioradas, está dirigido para brindar soluciones de tipo rehabilitación a gran escala y reconstrucción moderada.

Figura 2

Soluciones de preservación adecuadas para diferentes etapas de la vida de servicio del pavimento



Nota. Adaptado de “Guía para Capas de Refuerzo con Hormigón: Soluciones Sustentables para Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes (3era edición)” (p. 5), por D. Harrington y G. Fick, 2014. National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA.

2.2.2 Parámetros de diseño para la elección del tipo de capa de refuerzo

Para la elección de la capa de refuerzo de concreto hidráulico, es importante conocer la condición del pavimento existente, así como también, el procedimiento de diseño recomendado, el cual tenga soluciones modernas y mejoradas.

Tabla 2

Resumen de los actuales programas computacionales de diseño (desarrollado por Dr.

Jeffery R. Roesler, Universidad de Illinois en Urbana-Champaign)

Tipo de refuerzo	Parámetros Típicos para Diseño						
	Tránsito (Millones de EE)	Espesor Típico de la Losa de Hormigón	Espaciamiento Máximo de las Juntas (m)	Rango de la Condición del Pavimento Existente	Opción de Micro Fibras (en el software)	Barras Traspaso Cargas; Juntas Transversales	Barras de Amarre en Junta Longitudinal más Importante
Capa de refuerzo con hormigón no adherido al pavimento asfáltico	Hasta 100	100-280 mm (4-11 in.)	Losas < 150 mm (6 in.)-use 18 veces el espesor (m) Losas ≥ 150 mm (6 in.)-use 24 veces el espesor (m) Losas > 170 mm (7 in.)-use 4,5 m (15 ft)	Deteriorado a regular	Si	Para losas > 170 mm (7 in.)	H ≥ 150 mm (6 in.) use normas estándar

Nota. Adaptado de “Guía para Capas de Refuerzo con Hormigón: Soluciones Sustentables para Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes (3era edición)” (p. 54), por D. Harrington y G. Fick, 2014. National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA.

Asimismo, la guía de refuerzos de concreto publicada en el año 2021 presenta nuevas actualizaciones, en cuanto a las nuevas tendencias de diseño los cuales se han mejorado en los últimos años.

Tabla 3

Resumen de los principales parámetros de diseño

Tipo de capa de refuerzo	Vida útil típica prevista	Condición típica del pavimento existente	Dimensión máxima típica del panel	¿Dowels en las juntas transversales?	*¿Juntas longitudinales atadas?	Procedimientos de diseño recomendados	¿Las macrofibras se tienen en cuenta directamente en el procedimiento de diseño?
Capa de refuerzo adherido sobre asfalto (COA-B)	Hasta 30 años	De regular a bueno	½ carril de ancho, 6 pies de longitud	Sí (para D≥7 pulgadas)	Sí cuando D>4 pulgadas. La alternativa para las juntas de contracción longitudinal son las macrofibras (todos los grosores)	AASHTOWare Pavement ME Design SJPCP, BCOA-ME	Sí para BCOA-ME. Modificar las entradas de resistencia del concreto para otros procedimientos.
Capa de refuerzo adherido sobre concreto (COC-B)	Hasta 30 años	De regular a bueno	Igualar las juntas y grietas existentes	No en la capa de refuerzo	No en la capa de refuerzo	AASHTOWare Pavement ME Design, PavementDesigner.org	Sí para PavementDesigner.org.
Capa de refuerzo no adherido sobre asfalto (COA-U)	Igual que el diseño de pavimentos nuevos	Deteriorado a bueno	1,5 a 2 veces el espesor de la losa en pulgadas, 15 pies como máx.	Sí (para D≥7 pulgadas)	Sí	AASHTOWare Pavement ME Design, PavementDesigner.org	Sí para PavementDesigner.org.
Capa de refuerzo no adherido sobre concreto (COC-U)	Igual que el diseño de pavimentos nuevos	Deteriorado a bueno	1,5 a 2 veces el espesor de la losa en pulgadas, 15 pies como máx.	Sí (para D≥7 pulgadas)	Sí	AASHTOWare Pavement ME Design, UNOL Design	Sí para el diseño UNOL.
Capa de refuerzo con juntas cortas no adheridas (Recapado COA-U y COC-U)	Igual que el diseño de pavimentos nuevos	Deteriorado a bueno	½ carril de ancho, 6 pies de longitud	No	Sí. La alternativa para las juntas de contracción longitudinal son las macrofibras	UNOL Design (solo para COC-U) o AASHTOWare Pavement ME Design	Sí

Nota. Adaptado de “Guide to Concrete Overlays (Fourth Edition)” (p. 84), 2021. National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA.

2.2.3 Capas de refuerzo de concreto hidráulico no adherido

Las capas de refuerzo de concreto hidráulico no adherido al pavimento flexible, se diseñan considerando un pavimento nuevo, el cual se coloca sobre una base fija de carpeta asfáltica existente, además, se supone la no adherencia entre estas dos capas.

2.2.3.1 Aplicaciones en pavimentos flexibles

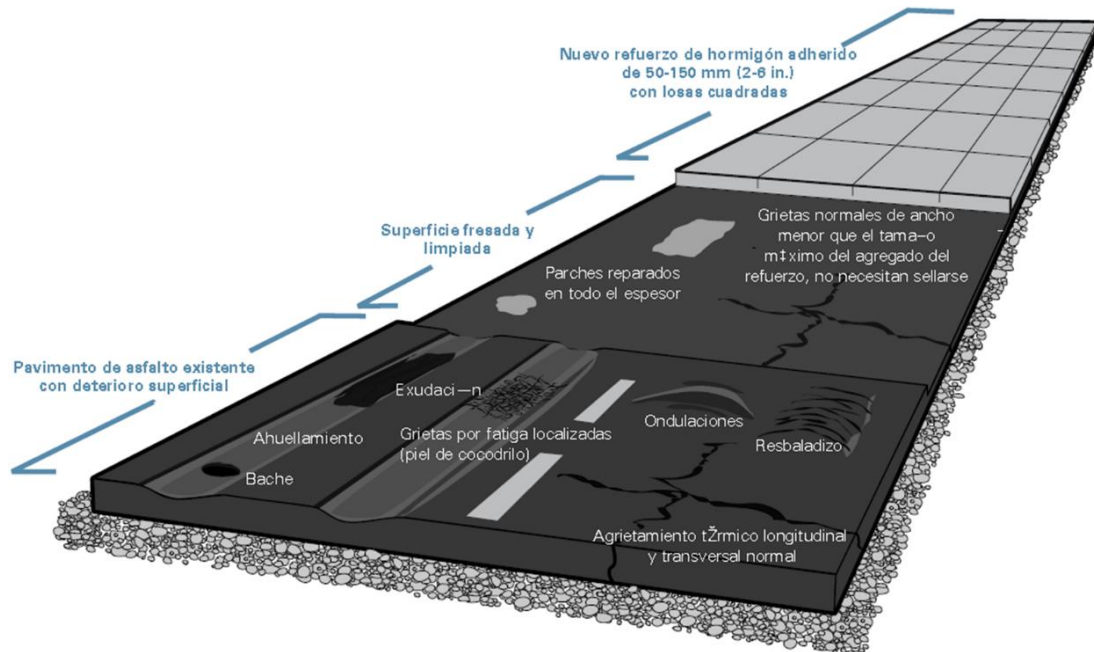
Son adecuados para pavimentos flexibles que tengan su estructura en condiciones deterioradas a regulares, estos pueden presentar deterioros de tipo ahuellamiento, baches, piel de cocodrilo, grietas en bloque, agrietamiento térmico longitudinal y transversal y surgencia de finos.

Por lo general el espesor varía entre 10 y 28 centímetros. Además, las capas de refuerzo de concreto hidráulico aumentan la capacidad para soportar cargas a la estructura de pavimento en situaciones en que se ha incrementado el volumen de tránsito, de esta manera esta solución de capa de refuerzo permite restaurar las condiciones estructurales.

La efectividad de las capas de refuerzo de concreto hidráulico no adherido a pavimentos flexibles se basan en la creación de una capa de superficie, eliminando los deterioros existentes, en consecuencia, mejora el estado de la superficie de rodadura, logrando demostrar una alternativa sostenible y sustentable.

Figura 3

Capa de refuerzo con hormigón no adherida (antes llamado whitetopping convencional) de un pavimento asfáltico en condiciones malas a deterioradas



Nota. Adaptado de “Guía para Capas de Refuerzo con Hormigón: Soluciones Sustentables para Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes (3era edición)” (p. 38), por D. Harrington y G. Fick, 2014. National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA.

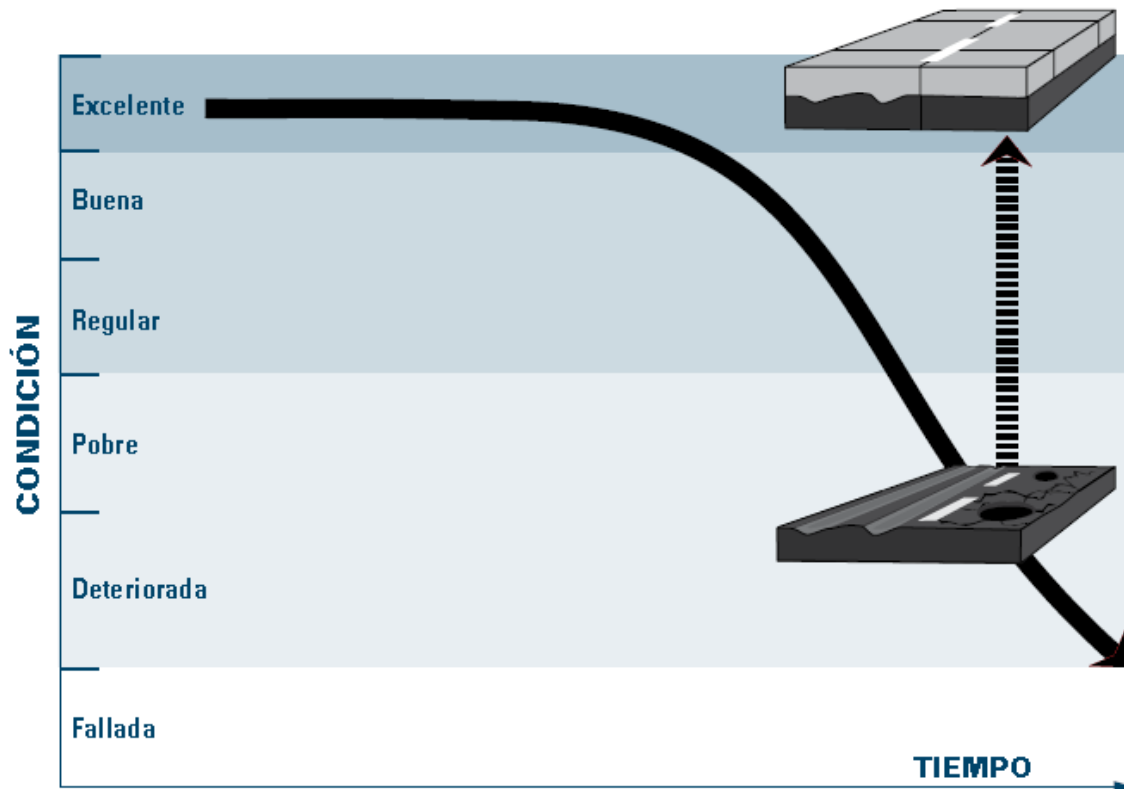
2.2.3.2 Condición aplicable para el pavimento flexible

Si las condiciones estructurales del pavimento asfáltico son de deterioradas a regulares en la que se tiene un incremento acelerado en la proyección del volumen de tránsito es recomendable la aplicación de capas de refuerzo no adherido, ya que existe la necesidad de rehabilitar la estructura del pavimento, por ello, se propone el diseño de capa de refuerzo de concreto hidráulico, ya que implica menores costos en comparación a una propuesta de reconstrucción.

Para el desarrollo de la evaluación de la condición de la infraestructura del pavimento utilizaremos el método del PCI (índice de Condición del Pavimento).

Figura 4

Capa de refuerzo hormigón no adherida de pavimento asfáltico



Nota. Adaptado de “Guía para Capas de Refuerzo con Hormigón: Soluciones Sustentables para Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes (3era edición)” (p. 38), por D. Harrington y G. Fick, 2014. National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA.

2.2.3.3 Método PCI (índice de Condición del Pavimento) para la evaluación de pavimentos flexibles

Es un método de evaluación del estado actual de un pavimento según el tipo de falla y nivel de severidad, así como también, la densidad que tiene dicha falla en el pavimento.

Según ASTM (2018) el PCI es un indicador numérico cuantitativo que califica el estado de la superficie del pavimento, este método proporciona una medida porcentual de la condición actual del pavimento en relación a las fallas observadas en el área del pavimento, asimismo, indica la integridad estructural y la condición operativa de la superficie (rugosidad localizada y seguridad). Este método no puede medir la capacidad estructural, tampoco proporciona una medición directa de la resistencia al deslizamiento o la rugosidad. Proporciona un estudio objetivo para determinar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación. Se debe realizar el monitoreo del índice de condición de pavimento para tener un control del porcentaje de deterioro, lo cual permitiría identificar oportunamente las necesidades de mantenimiento o rehabilitación. El control de la tasa de deterioro permite obtener información del rendimiento del pavimento para verificar o mejorar los parámetros de diseño actual de la infraestructura del pavimento.

Figura 5

Índice de estado del pavimento (PCI), escala de calificación y colores sugeridos.

	Standard PCI™ Rating Scale	Suggested Colors
100	Good (Bueno)	Dark Green
85	Satisfactory (Satisfactorio)	Light Green
70	Fair (Regular)	Yellow
55	Poor (Malo)	Light Red
40	Very Poor (Muy malo)	Medium Red
25	Serious (Grave)	Dark Red
10	Failed (Fallado)	Dark Grey
0		

Nota. Adaptado de “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys” (p. 2), por American Society for Testing and Materials (ASTM), 2018.

ASTM International, United States.

Tabla 4

Rangos de clasificación del PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Bueno
85 – 70	Satisfactorio
70 – 55	Regular
55 – 40	Malo
40 – 25	Muy malo
25 – 10	Grave
10 – 0	Fallado

Nota. Adaptado de “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”, por American Society for Testing and Materials (ASTM), 2018.

ASTM International, United States.

- **Instrumentos**

-Hojas de registro de datos en campo, que incluya el siguiente contenido: fecha, ubicación, código de vía, sección, tamaño de la unidad de muestreo, tipos de deterioro, nivel de severidad, cantidades parciales y nombre del encargado de la inspección.

-Odómetro manual, que lee con una precisión de 30 mm (0,1 pies).

-Regla o cordel, (sólo para concreto asfáltico), de 3 m (10 pies).

-Escalímetro de 30 cm para medir las fallas en el pavimento.

-Plano de trazado de la vía a inspeccionar.

Tabla 5

Deterioros o Fallas de los pavimentos asfálticos

Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/falla	Deterioro / Falla	Gravedad
Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto. 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto. 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto.
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario ≤ 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm 3: Profundidad > 12 mm

	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.
Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.
	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho \leq 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y \leq 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	9	Exudación	1: Puntual 2: Continua 3: Continua con superficie viscosa

Nota. Adaptado de “Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial” (p. 87), por MTC (2018). MTC, Perú.

2.2.3.4 Recomendaciones para aplicar la capa de refuerzo no adherido

Fresar deterioros superficiales del pavimento existente cuando se considere necesario. Realizar las reparaciones del espesor íntegramente. Se deben aserrar las juntas de refuerzo en un tercio del espesor de la losa. Considerar cuando lo permita el diseño de las juntas longitudinales se encuentren alejadas a la huella por la que se transita comúnmente.

2.2.3.5 Consideraciones para el diseño de la capa de refuerzo no adherido

El diseño de la capa de refuerzo de concreto comprende determinar el espesor de la capa de refuerzo, la dosificación de la mezcla de concreto y la disposición de las juntas.

2.2.3.6 Planificación para el diseño de la capa de refuerzo no adherido

Se inicia trasladándose al sitio de la vía de tránsito para evaluar el estado actual del pavimento existente, así también, se avalúa el borde adyacente para determinar si hay problemas de drenaje, posteriormente realizar el estudio del tráfico actual y determinar el tráfico proyectado, de los resultados previos realizados se elige un sistema de recapado, ya sea adherido o no adherido, si se elige un sistema no adherido se tendrá que ver el incremento de elevación de la vía de tránsito, que tendrán influencia en las intersecciones, por otra parte, el sistema adherido trata de mantener la elevación de la vía existente.

2.2.3.7 Capa de refuerzo sin adherencia de pavimentos asfálticos, Guía AASHTO 1993

Según Torres, Roesler, Ramussen y Harrington (2012) la Guía AASHTO de 1993 aborda el diseño de la capa de refuerzo sin adherencia de pavimentos asfálticos existentes. Esta alternativa es la más rentable cuando el pavimento flexible existente cuando está deteriorado. Para el diseño de espesores, el pavimento asfáltico existente se trata como la base y la capa de refuerzo se diseña como un nuevo pavimento de concreto basado en el tráfico proyectado a soportar. Este proceso de diseño se basa en la siguiente ecuación:

$$D_{ol} = D_f \quad (1)$$

Donde:

D_{ol} : espesor requerido de la capa de refuerzo, en pulgadas.

D_f : espesor de la losa requerido para soportar el tráfico futuro, en pulgadas.

Figura 6

Capa de refuerzo no adherido sobre un pavimento de asfalto existente



Nota. Adaptado de “Guide to the Design of Concrete Overlays Using Existing Methodologies” (p. 18), por Torres, Roesler, Ramussen y Harrington (2012). National Concrete Pavement Technology Center Institute for Transportation, Iowa State University.

2.2.4 Metodologías de diseño de la capa de refuerzo por el método

Mecanicista Empírico de PavementDesigner

2.2.4.1 Software de PavementDesigner

La industria de pavimentos de hormigón junto a la Asociación Americana de Pavimentos de Hormigón (ACPA), la Asociación Nacional de Hormigón Premezclado (NRMCA) y la Asociación de Cemento Portland (PCA) unieron esfuerzos para desarrollar un software unificado para el diseño de pavimentos denominado PavementDesigner.

Este software es una herramienta unificada que comprende las metodologías más avanzadas y mejoradas del método Mecanicista Empírico, orientado al diseño de pavimentos de concreto dirigido a: calles, carreteras locales, capas de refuerzo de concreto y aparcamientos.

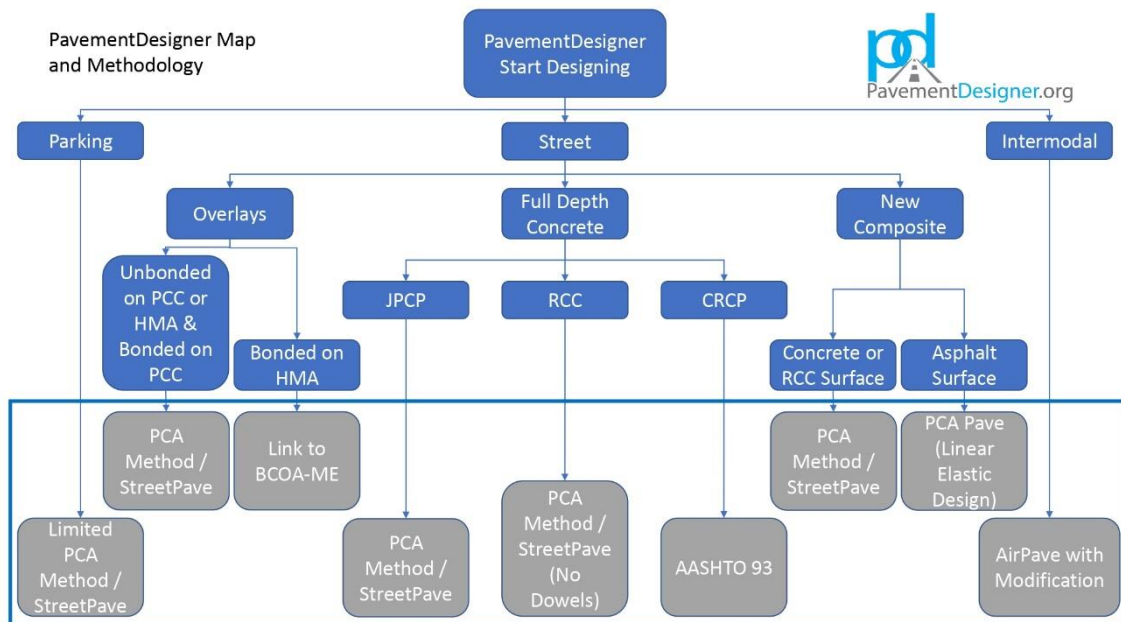
El método Mecanicista Empírico (ME) utiliza la mecánica de materiales para modelar y predecir el rendimiento, y utiliza lo empírico mediante la construcción de secciones de prueba para supervisar el rendimiento del pavimento.

Sus características son las siguientes:

- Uso libre y accesible a través del navegador web.
- Interfaz moderna y simplificada.
- Almacena y comparte proyectos de diseño de pavimentos.
- Utiliza el software StreetPave de la ACPA.
- Utiliza métodos subyacentes como el método de pavimentos del PCA y los métodos AASHTO.

Figura 7

Mapa y metodología de PavementDesigner



Nota. Adaptado de “Mapa y metodología de PavementDesigner” de la pagina web PavementDesigner.org.

2.2.4.2 Metodología de diseño de PavementDesigner

La metodología de diseño de PavementDesigner comprende dos modos de fallo: fatiga y erosión. La fatiga permite predecir el número de grietas al final de la vida útil del pavimento. El modelo de fatiga consiste en calcular la tensión y relacionarla con la resistencia de la capa de concreto. Este control de esta relación de tensiones se obtiene realizando la variación del espesor del pavimento para llegar a un número admisible de camiones mayor que el proyectado durante la vida útil del diseño. El análisis de fatiga controla el diseño de un tráfico de camiones más ligero, es decir, con cargas de eje simple. La erosión caracteriza las fallas que pueden desarrollarse a lo largo de la vida del pavimento. El análisis de la erosión controla el diseño de un tráfico de camiones más pesado, es decir, con cargas de eje tándem.

El diseño de capas de refuerzo de PavementDesigner permite diseñar capas de refuerzo de concreto adherido y no adherido, según la condición del pavimento existente se tiene de tres tipos: capa de refuerzo adherido sobre pavimento de concreto (BCOC), capa de refuerzo no adherido sobre pavimento de concreto (UCOC) y capa de refuerzo no adherido sobre pavimento asfáltico (UCOA).

Tabla 6

Nuevas entradas y salidas intermedias dentro de los parámetros de la estructura del pavimento para los diseños de superposición en relación con el JPCP de profundidad completa.

Tipo de recubrimiento	Nuevas entradas	Nuevos resultados
------------------------------	------------------------	--------------------------

BCOC	-Espesor del concreto existente. -Juntas deterioradas no reparadas, grietas y otros. -Factor de ajuste por fatiga. -Factor de ajuste por durabilidad.	-Factor de ajuste de Juntas/fisuras. -Espesor efectivo del concreto existente.
UCOC	-Espesor del concreto existente. -Juntas, grietas y otros deteriorados no reparados.	-Factor de ajuste de juntas/fisuras. -Espesor efectivo del concreto existente.
UCOA	-Módulo resiliente del asfalto existente. -Espesor del asfalto existente.	-Estos se utilizan en el cálculo del valor K compuesto de la subestructura.

Nota. Adaptado de: "Design of Concrete Pavement for Streets and Roads" (p. 7), por Ferrebee, E, Gieraltowski, A, & Voigt, G., 2018. American Concrete Pavement Association.

2.2.5 Diseño estructural de la capa de refuerzo de concreto por el método Mecanicista Empírico de PavementDesigner

Una capa de refuerzo de pavimento rígido de una estructura de pavimento flexible existente se diseña básicamente igual que un nuevo pavimento rígido, tratando la estructura de pavimento flexible como una capa base de asfalto sobre una base granular.

2.2.5.1 Procedimiento de diseño de la capa de refuerzo no adherido sobre asfalto utilizando PavementDesigner

Según Tutu y Lund (2019) la vida de diseño, la información sobre el tráfico, la fiabilidad y el porcentaje de losas agrietadas al final de la vida de diseño son las entradas de diseño a nivel de proyecto en PavementDesigner, que se discuten brevemente a continuación.

- **Vida útil del diseño**

Según Tutu y Lund (2019) la vida útil del diseño afecta al diseño del espesor, ya que determina el número de años y, por tanto, el tráfico total de camiones, que el pavimento debe soportar, la vida útil de los pavimentos de hormigón nuevos se suele recomendar entre 20 y 40 años.

- **Tráfico**

Según Tutu y Lund (2019) existen dos conjuntos de categorías de tráfico por defecto (espectros de tráfico). El primer conjunto comprende residencial, colector, arterial menor y arterial mayor. El segundo conjunto abarca desde el espectro de tráfico A de la norma ACI 330 hasta el espectro de tráfico E de la norma ACI 330, y caracterizan el tráfico de los aparcamientos (Guía ACI 330-18 para el diseño y la construcción de aparcamientos de hormigón). Cada categoría de tráfico tiene una distribución de carga por eje predeterminada, que contiene el número de ejes simples y en tándem de diversos pesos por cada 1.000 camiones. Cada tipo de eje tiene 10 niveles de carga, que se incrementan a intervalos de 2 kip para los ejes simples, pero a intervalos de 4 kip para los ejes tándem y tridem. Actualmente, el programa no tiene una distribución de carga por defecto para los ejes tridem, pero los usuarios pueden definir su distribución de carga por eje para incluir los ejes tridem. Además de la distribución de la carga por eje, debe introducirse el tráfico diario de camiones en ambos sentidos en el momento de la construcción. Esto puede representar el tráfico medio anual de camiones (AADTT) o el tráfico medio diario de camiones (ADTT). Recordemos que el AADTT se mide a lo largo de 365 días, pero el ADTT a lo largo de un periodo más corto, lo que lo hace propenso a las variaciones estacionales del tráfico.

Tabla 7

Datos de tráfico típicos en PavementDesigner (StreetPave)

Categoría de tráfico	ADTT o AADTT*		ADT o AADT		Porcentaje de camiones		Cargas máximas por eje (kips)	
	Valor típico	Rango típico	Valor típico	Rango típico	Valor típico	Rango típico	Ejes Simple	Ejes Tandem
Residencial	3	1–20	200	50–800	1	1–3	22	36
Colector.	100	40–1,000	2,000	700–5,000	5	3–15	26	44
Arteria menor	500	300–5,000+	7,500	3,000–15,000+	10	5–25	30	52
Arteria mayor	1000	700–10,000+	10,000	4,000–50,000+	15	10–30	34	60

Nota. Adaptado de: “PavementDesigner.org Evaluation and Comparison to MnPAVE-Rigid” (p. 6), por Tutu, K. A. & Lund, N. G., 2019. Minnesota Department of Transportation.

**Excluye los camiones de dos ejes y cuatro ruedas.*

A continuación, se muestran las distribuciones de carga por eje están dadas en función del tipo de calle y carretera.

Tabla 8

Distribuciones de carga por eje para las clasificaciones de calles y carreteras.

Eje de carga		Ejes por 1,000 camiones**				
kips*	kN	Residencial ligero	Residencial	Colector	Arterial menor	Arterial mayor
Ejes simples						
2	9	5000				
4	18	846.15	1693.31			
6	27	369.97	732.28			
8	36	283.13	483.10	233.60		
10	44	257.60	204.96	142.70		
12	53	103.40	124.00	116.76	182.02	

14	62	39.07	56.11	47.76	47.73	
16	71	20.87	38.02	23.88	31.82	57.07
18	80	11.57	15.81	16.61	25.15	68.27
20	89		4.23	6.63	16.33	41.82
22	98		0.96	2.60	7.85	9.69
24	107			1.60	5.21	4.16
26	116			0.07	1.78	3.52
28	125				0.85	1.78
30	133				0.45	0.63
32	142					0.54
34	151					0.19
Ejes Tandem						
4	18	15.12	31.90			
8	36	39.21	85.89	47.01		
12	53	48.34	139.30	91.15		
16	71	72.69	75.02	59.25	99.34	
20	89	64.33	57.10	45.00	85.94	
24	107	42.24	39.18	30.74	72.54	71.16
28	125	38.55	68.48	44.43	121.22	95.79
32	142	27.82	69.59	54.76	103.63	109.54
36	160	14.22	4.19	38.79	56.25	78.19
40	178			7.76	21.31	20.31
44	196			1.16	8.01	3.52
48	214				2.91	3.03
52	231				1.19	1.79
56	249					1.07
60	267					0.57

Nota. Adaptado de: "Design of Concrete Pavement for Streets and Roads" (p. 7), por American Concrete Pavement Association, 2006. American Concrete Pavement Association.

* 1 kip = 1,000 lb.

** *Excluye todos los camiones de dos ejes y cuatro ruedas.*

- **Factor de crecimiento del tráfico**

Según Tutu y Lund (2019) la tasa de crecimiento anual esperada del tráfico de camiones, con un rango típico del 1 al 3 por ciento, se requiere para componer el tráfico de camiones a lo largo de la vida de diseño, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de crecimiento del tráfico} = (1 + r)^{0.5Y} \quad (2)$$

Donde:

r : tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones, en porcentaje (decimal)

Y : vida de diseño, años.

- **Factor de distribución direccional y factores de distribución de carriles**

Según Tutu y Lund (2019) el factor de distribución direccional (reparto direccional del tráfico, normalmente el 50%) y el factor de distribución de carriles de diseño, que representa el porcentaje de camiones en una dirección que utilizan más un carril de la carretera. La siguiente tabla muestra los factores de distribución de carriles recomendados por PavementDesigner (StreetPave).

Tabla 9

Factores de distribución de carriles de diseño recomendados (PavementDesigner)

Número de carriles (ambos sentidos)	Factor de distribución de carriles típico (%)	Rango de factores de Factores de distribución de carriles (%)
2	100	100
4	90	80-100
6	70	60-80
8	50	40-75
10	40	30-60

Nota. Adaptado de: "PavementDesigner.org Evaluation and Comparison to MnPAVE-Rigid" (p. 6), por Tutu, K. A. & Lund, N. G., 2019. Minnesota Department of Transportation.

- **Número de camiones en el carril durante la vida de diseño**

Según Tutu y Lund (2019) una vez introducidos la vida útil, el volumen medio diario de camiones, la tasa de crecimiento del tráfico, el factor de distribución direccional y el factor de distribución de carriles, el programa calcula el total de camiones en el carril de diseño durante la vida de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$V = 365 \times AADTT \times DDF \times LDF \times G \times Y \quad (3)$$

Donde:

V: número total de camiones en el carril de diseño durante la vida de diseño

AADTT: tráfico diario medio anual de camiones

DDF: factor de distribución direccional

LDF: factor de distribución en el carril

G: factor de crecimiento.

Y: vida útil de diseño, en años.

- **Fiabilidad**

Según Tutu y Lund (2019) refiere que PavementDesigner incorpora la fiabilidad introducida por el usuario a través de modelos probabilísticos, basados en el daño por fatiga acumulado en los ensayos de vigas, para estimar la probabilidad de obtener un determinado porcentaje de losas fisuradas con un nivel de fiabilidad determinado, las recomendaciones de fiabilidad están relacionadas con la clase funcional de la calzada.

Tabla 10

Niveles de fiabilidad recomendados (PavementDesigner)

Clase funcional	Nivel de fiabilidad (%)	
	Urbano	Rural
Interestatales, autopistas y peajes	85–99	80–99
Arterias principales	80–99	75–95
Colectoras	80–99	75–95
Carreteras locales	50–80	50–80

Nota. Adaptado de: “PavementDesigner.org Evaluation and Comparison to MnPAVE-Rigid” (p. 7), por Tutu, K. A. & Lund, N. G., 2019. Minnesota Department of Transportation.

- **Porcentaje de losas agrietadas**

Según Tutu y Lund (2019) el porcentaje de losas agrietadas es el porcentaje permitido de losas agrietadas al final de la vida de diseño. La siguiente tabla muestra las recomendaciones proporcionadas en los archivos de ayuda de PavementDesigner.

Tabla 11

Porcentaje recomendado de losas agrietadas (PavementDesigner)

Clase funcional	Porcentaje de losas agrietadas	Capacidad de servicio
Interestatales, autopistas y peajes	5	2.50
Carreteras estatales, arterias, colectoras	15	2.00–2.25
Calles residenciales	25	2.00

Nota. Adaptado de: "PavementDesigner.org Evaluation and Comparison to MnPAVE-Rigid" (p. 7), por Tutu, K. A. & Lund, N. G., 2019. Minnesota Department of Transportation.

- **Soporte de la subrasante**

Según Tutu y Lund (2019) el suelo de la subrasante se caracteriza por el módulo de reacción de la subrasante (valor k), que puede introducirse directamente o estimarse a partir del módulo resiliente utilizando correlaciones incorporadas. El módulo resiliente se introduce directamente o se estima a partir de la relación de soporte de California (CBR) introducido por el usuario. PavementDesigner proporciona el CBR típico y los módulos resilientes para los suelos comunes de la subrasante.

- **Módulo de reacción de la subrasante**

Según Tutu y Lund (2019) el método de diseño PCA no considera la variación estacional de los valores k . Se razona que el soporte reducido de la subrasante durante el deshielo primaveral tiene un efecto escaso o nulo en los resultados del diseño del espesor del concreto, tal y como se muestra en el ensayo de carreteras de la AASHTO. Por lo tanto, se recomienda utilizar los valores k normales de verano u otoño como valores medios razonables para el diseño.

Finalmente, es necesario obtener los valores de la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del concreto de la capa de refuerzo, además es necesario tener los valores del módulo resiliente de la capa de la estructura del pavimento flexible.

2.3 Bases conceptuales o Definición de términos básicos

2.3.1 *Índice de condición del pavimento*

Según ASTM (2018) el índice de condición del pavimento (PCI) es una clasificación numérica del estado del pavimento que va de 0 a 100, siendo 0 el peor estado posible y 100 el mejor.

2.3.2 *Pavimento de concreto de cemento portland*

Según ASTM (2018) el pavimento de concreto de cemento portland (PCC) es una mezcla de áridos con ligante de cemento portland que incluye pavimento articulado no reforzado y reforzado.

2.3.3 *Tráfico*

Según FC&PA (2021) la caracterización del tráfico es un factor crítico para el diseño de los pavimentos. Para todos los proyectos es necesario un recuento preciso del tráfico, en términos de número de vehículos (especialmente camiones), peso de los vehículos, número de ejes, etc. Este valor de referencia se incrementa incorporando un factor de crecimiento del tráfico para el periodo de diseño especificado. Hay que tener en cuenta que el diseño se basa en el número y los pesos de los vehículos pesados y no se ve afectado por el tráfico de coches y camiones ligeros. El tráfico de vehículos pesados suele incluir autobuses, camiones de reparto de 2 o 3 ejes, vehículos de construcción como camiones volquetes o de hormigón,

camiones de recogida de basura y semirremolques. Por lo general, estos vehículos entrarán en las clasificaciones 4 y superior en las definiciones de clasificación de vehículos de la FHWA.

2.3.4 Factor de crecimiento del tráfico

Según FC&PA (2021) el factor de crecimiento del tráfico se incluye para anticipar el crecimiento anual del tráfico durante la vida de diseño del pavimento. Este valor puede variar mucho según la categoría de tráfico y las condiciones económicas de la zona. El diseño debe basarse en el número total acumulado de camiones durante el período de diseño.

2.3.5 Vida útil del diseño

Según FC&PA (2021) la vida de diseño representa el tiempo estimado, en años, para alcanzar el nivel especificado de deterioro del pavimento (losas agrietadas o erosión de las capas de soporte). La vida de diseño no equivale a la vida del pavimento. La vida de diseño es un parámetro importante ya que el daño acumulado en el pavimento es una función del volumen de tráfico inicial y la tasa de crecimiento especificada por año. Esta guía de diseño utilizará una vida de diseño de 20 años para proporcionar un mínimo de 20 años antes de la probabilidad de esfuerzos de rehabilitación importantes. El mantenimiento rutinario debe llevarse a cabo según sea necesario. La vida de diseño puede alargarse mucho con pequeños aumentos de espesor. En el ejemplo de la sección de análisis y orientación, el espesor calculado para una vida útil de 20 años era de 5.76 pulgadas. Al redondear a la media pulgada más cercana a un espesor recomendado de 6 pulgadas, se aumenta la vida de diseño equivalente a una vida de diseño de 35 años. La vida del pavimento también se

prolongará sustancialmente mediante actividades de mantenimiento y conservación bien planificadas.

2.3.6 *Fiabilidad*

Según FC&PA (2021) la fiabilidad de diseño es una medida del factor de seguridad frente a los fallos. La fiabilidad tiene un efecto significativo en el espesor de diseño, especialmente en niveles muy altos (superiores al 95%). La fiabilidad especificada debe tener en cuenta la clasificación funcional de la carretera, el volumen de tráfico y la velocidad, la disponibilidad de rutas alternativas, los costes del usuario relacionados con el mantenimiento y la rehabilitación de la carretera, etc. Se utilizan niveles de fiabilidad relativamente más altos para las vías urbanas, pero dependen de la clasificación de la vía.

2.3.7 *Porcentaje de losas agrietadas al final de la vida útil*

Según FC&PA (2021) el porcentaje de losas agrietadas (al final de la vida de diseño) es una medida de la angustia del pavimento debido al daño por fatiga en las losas. Se debe notar que una losa agrietada puede o no impactar la capacidad de servicio del pavimento al final de la vida de diseño. Dependiendo de la susceptibilidad de la base a la erosión y el nivel de tráfico, una grieta apretada con buena transferencia de carga puede no impactar la capacidad de servicio del pavimento durante muchos años después de su primera aparición. El aserrado y sellado de las grietas apretadas en la mitad de la losa en pavimentos con poco tráfico puede retardar el desprendimiento y la erosión y extender el tiempo hasta que se requiera el parcheo.

2.3.8 Resistencia del concreto

Según FC&PA (2021) las propiedades del material de concreto especificadas por el diseñador del pavimento incluyen la resistencia a la flexión a los 28 días o el módulo de rotura (MRSG) y el correspondiente valor del módulo elástico. La resistencia a la flexión puede estimarse a partir de la resistencia a la compresión introducida en PavementDesigner.org. La resistencia del hormigón tiene un impacto significativo en el espesor de la losa requerida, ya que las resistencias más altas resultan en una disminución del espesor de la losa.

2.4 Bases epistemológicas, bases filosóficas y/o bases antropológicas

2.4.1 Pavimento Flexible

Según Menéndez (2016) el pavimento flexible está conformado de una a más capas de mezcla asfáltica en caliente (HMA), los cuales dependen de la profundidad del recubrimiento de cada capa. Son denominados flexibles porque la rigidez de las capas del pavimento no posee una variación considerable, en consecuencia, la estructura de pavimento desarrolla deformaciones en el momento en que es sometida a cargas.

2.4.2 Pavimento Rígido

Según Menéndez (2016) el pavimento rígido está conformado por una losa de concreto hidráulico con o sin refuerzo en la parte superior de la estructura. Este recubrimiento de concreto se coloca sobre una capa de material de base que en algunos casos puede tener estabilización y en otros casos se colocan sobre la subrasante. Son denominados rígidos porque el recubrimiento de concreto tiene una gran rigidez en comparación con el material de soporte.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Ámbito

El ámbito de aplicación de esta investigación comprende el pavimento flexible del Jirón Javier Pulgar Vidal en condición de regular a grave ubicada en Cayhuayna, capital del distrito de Pillco Marca.

3.1.1 Ubicación geográfica

La zona de estudio está ubicada en Cayhuayna, la cual es capital del distrito de Pillco Marca, perteneciente a la provincia de Huánuco.

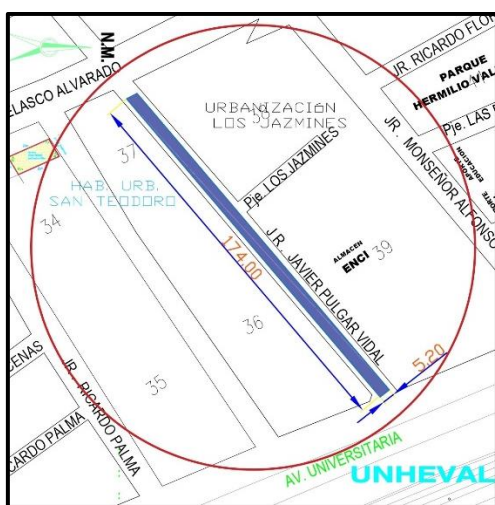
Departamento: Huánuco

Provincia : Huánuco

Distrito : Pillco Marca

Figura 8

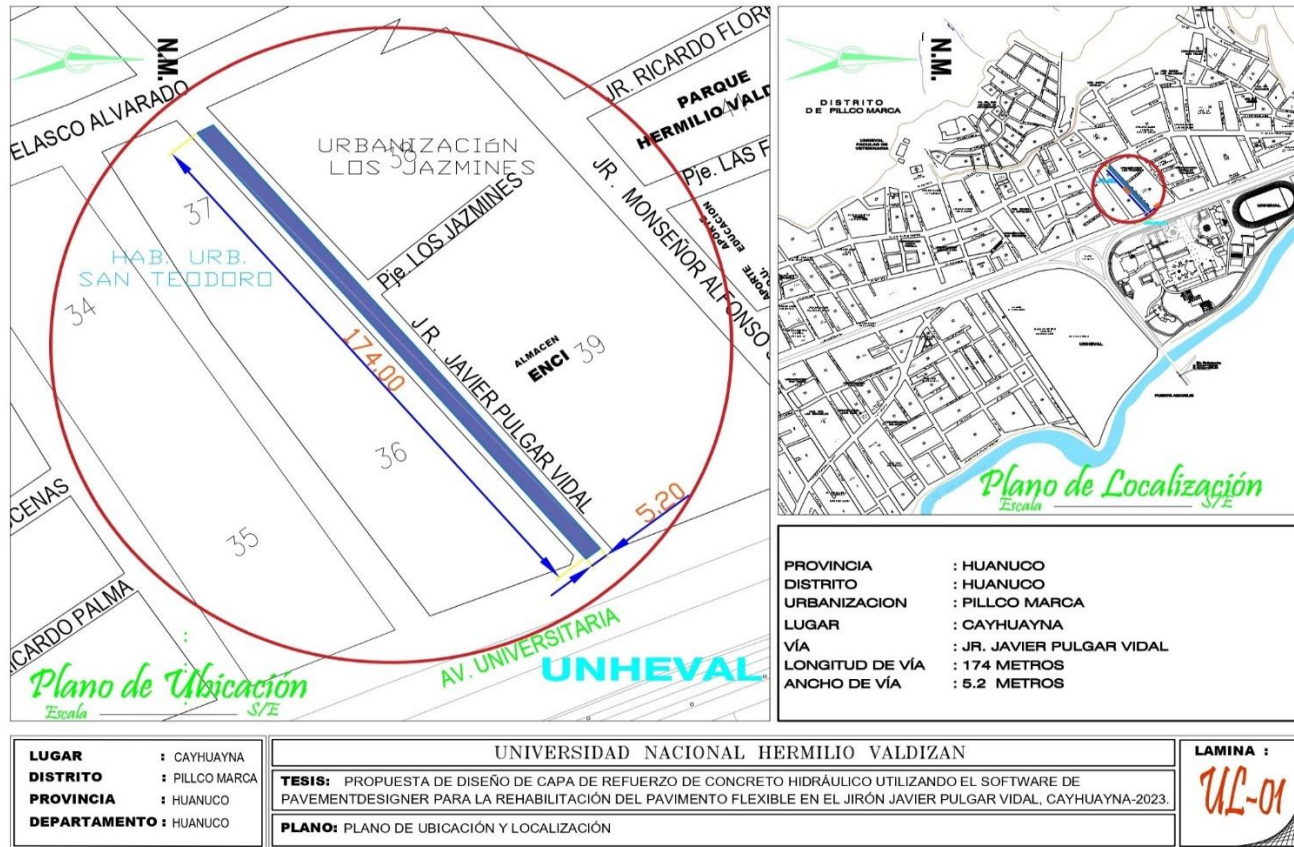
Esquema de localización



Fuente. Elaboración Propia.

Figura 9

Plano de ubicación y localización de la vía en estudio



Fuente. Elaboración Propia.

3.2 Población

La población de la presente investigación está representada por el pavimento flexible instalado en la región de Huánuco.

3.3 Muestra

La muestra de la presente investigación comprende la cuadra uno del Jirón Javier Pulgar Vidal, el cual comprende una longitud total de 174 metros, y una calzada igual a 5.2 metros, teniendo una superficie total es 904.8 metros cuadrados.

3.4 Nivel y tipo de estudio

3.4.1 Nivel

Según Valderrama (2013) el nivel del estudio corresponde a la investigación descriptiva, puesto que, se pretende determinar las características del diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico para las condiciones que presenta la muestra, en este sentido, se estudia la condición del pavimento con el método PCI, además, se estudia el tráfico existente en la vía utilizando la ficha técnica estándar, de la OPMI-MTC. El cálculo desarrollado comprende tablas, diagramas y gráficas, que permiten la interpretación objetiva de los resultados.

3.4.2 Tipo

Según Valderrama (2013) el tipo de estudio corresponde a la investigación aplicada, puesto que, la finalidad es aplicar las teorías existentes de capas de refuerzo de concreto hidráulico, normas vigentes tales como; la Norma ASTM D6433-18, procedimientos recomendados y actualizados en los libros de recubrimientos de concreto, que permitan proponer soluciones precisas.

3.5 Diseño de investigación

Según Hernández y Mendoza (2018) el diseño de la investigación es no experimental-transversal, es decir, planteamos que el diseño de la investigación es no experimental, puesto que, esta investigación no realiza el tratamiento intencional de las variables independientes, sino realiza la observación y la medición de las variables para las condiciones actuales, asimismo, planteamos que el diseño del estudio es transversal, puesto que, la recolección de datos como el conteo de tráfico se hace en un periodo definido.

3.6 Métodos, Técnicas e instrumentos

3.6.1 Métodos

3.6.1.1 Método PCI

El método de Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un método que sirve para evaluar la condición actual del pavimento, el cual se cuantifica numéricamente según el tipo de falla, el nivel de severidad y la densidad de influencia de los daños identificados.

3.6.1.2 Método Mecanicista Empírico de PavementDesigner

Según Tutu y Lund (2019) el método Mecanicista Empírico de PavementDesigner para el diseño de capas de refuerzo considera el aspecto mecánico del procedimiento de diseño de la PCA el cual se desarrolló sobre la base de un análisis exhaustivo de las respuestas de los pavimentos de concreto calculado mediante un programa de elementos finitos llamado JSLAB. El programa JSLAB se utilizó para modelar varias combinaciones de variables de diseño, propiedades del concreto, soporte de la subestructura, cargas de tráfico, dispositivos de transferencia de carga, colocación de cargas por eje para determinar las tensiones y deformaciones

críticas de la losa. El aspecto empírico implicó el uso de los principios de diseño de pavimentos, los datos de desempeño de los pavimentos y la experiencia de la investigación, incluyendo la prueba de carretera AASHO, para relacionar las respuestas teóricas de los pavimentos para la fatiga y la erosión con el desempeño en el campo. El criterio de fatiga reconocía que los pavimentos pueden agrietarse debido a las excesivas repeticiones de carga, mientras que el criterio de erosión reconocía que los pavimentos pueden fallar por el bombeo excesivo, la erosión de los cimientos y la falla de las juntas.

- **Análisis de fatiga**

Según Tutu y Lund (2019) el software PavementDesigner realiza el análisis de fatiga utilizando la relación de tensiones (SR) entre la tensión crítica de borde y la resistencia a la flexión del concreto como determinante del daño por fatiga. Las tensiones de alabeo y curvatura se excluyen porque su efecto combinado resta a las tensiones de carga. Esto sugiere que las vidas de fatiga más largas deberían corresponder con relaciones de tensiones más pequeños, lo que puede lograrse reduciendo la tensión de tracción en la losa o aumentando la resistencia a la flexión del concreto. Además, del análisis del tráfico en PavementDesigner se tiene la utilización de espectros de carga (es decir, diferentes tipos de ejes y pesos) en lugar de un equivalente de carga por eje (es decir, ESAL). Para combinar los efectos del daño por fatiga de los diferentes tipos de eje (simple, tándem y trídem) y cargas, se calcula la relación de tensión para cada magnitud de carga en cada grupo de ejes. Para cada relación de tensión calculado, se utiliza el modelo de fatiga mejorado, para determinar el número admisible de repeticiones hasta el fallo por fatiga. El daño por fatiga se determina entonces como una relación entre el número esperado de repeticiones de una determinada carga por eje y el número admisible de repeticiones de la misma

carga por eje. El concepto de daño acumulativo, se aplica para sumar las relaciones de daño para todas las cargas por eje durante el período de diseño, que debe ser inferior a 1,0 para la adecuación estructural de la sección del pavimento. El modelo de fatiga en la siguiente ecuación se desarrolló para calcular las repeticiones de carga admisibles hasta el fallo por fatiga.

$$\log N = \left(\frac{-SR^{-10.24} \log(1-P)}{0.0112} \right)^{0.217} \quad (4)$$

Donde:

N : número admisible de repeticiones de carga.

SR : relación entre el esfuerzo de tracción inducido por la carga en la losa y el módulo de rotura del hormigón.

P : probabilidad de fallo; $(1-P)$ es la probabilidad de supervivencia.

- **Análisis de la erosión**

Según Tutu y Lund (2019) la porción de análisis de erosión de StreetPave/PavementDesigner evalúa el potencial de un pavimento de concreto para fallar por bombeo, erosión del soporte de la fundación, y/o fallas en las juntas. La potencia, o tasa de trabajo, con la que una carga de eje provoca la deflexión de la esquina se utiliza como criterio de daño por erosión. La tasa de trabajo definida como el producto de la deflexión de la esquina y la presión en la división de capas, dividida por el radio de la rigidez relativa (una medida de la longitud de la cuenca de deflexión), se encontró que se correlacionaba bien con los datos de la prueba de carretera AASHO y los estudios de fallas en las juntas. El criterio de erosión sugiere que una losa más delgada tiene una cuenca de deflexión más corta y recibe un golpe de carga

más rápido que una losa más gruesa. El modelo de erosión en la siguiente ecuación se desarrolló para calcular las repeticiones de carga admisibles hasta el fallo por erosión.

$$\log N = 14.524 - 6.777(C_1P - 9.0)^{0.103} \quad (4)$$

Donde:

N : número admisible de repeticiones de carga (basado en un PSI de 3,0).

C_1 : factor de ajuste (1,0 para la subbase no tratada; 0,9 para la subbase estabilizada).

P : potencia (ratio de trabajo).

$$P = 268.7 \left(\frac{p^2}{h \times k^{0.73}} \right) \quad (5)$$

Donde:

p : presión en la cimentación bajo la esquina de la losa en psi (igual al producto del módulo de reacción de la subbase y la deflexión de la esquina para una cimentación líquida).

h : espesor de la losa, en pulgadas.

k : módulo de reacción de la subrasante, en psi.

3.6.2 Técnicas

3.6.2.1 Evaluación funcional de la condición del pavimento existente

Según Vásquez (2002) la etapa inicial son las actividades de inspección visual en el área de estudio, en el cual, se identifican los daños existentes, considerando el

tipo de daño, la severidad y el tamaño del mismo. La información recopilada se registra en los formatos establecidos, teniendo en consideración la información necesaria para la correcta evaluación.

Según Vásquez (2002) Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

- a) Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$.

Para el cálculo del PCI en pavimentos asfálticos en calles y carreteras se puede determinar considerando la norma ASTM D6433-18.

3.6.2.2 Estudio del tráfico existente en la vía de estudio

Se desarrolló el estudio de tráfico para el cálculo del Tráfico Promedio Diario (TPD) y el Tráfico Promedio Diario de Camiones (TPDC), para ello se utilizó el Manual de inventarios viales (2016), además, para la determinación de la tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones se consideró el uso de los indicadores económicos, con datos del PBI regional de Huánuco publicados por el INEI, a partir de los cuales se realizó una interpolación de datos para obtener la tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones para el departamento de Huánuco para el año 2023.

3.6.3 Instrumentos

De acuerdo a la necesidad de recolección de datos para el desarrollo de esta investigación, se requieren de diversas herramientas para evaluar la condición del pavimento, así como, para el estudio del tráfico y los parámetros de diseño de la capa

de refuerzo de concreto hidráulico. En consecuencia, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.
- Formato de conteo vehicular.
- Cámara fotográfica.
- Laptop.
- Reloj de mano.
- Odómetro manual.
- Regla.
- Flexómetro de 50 metros.
- Escalímetro.

Tabla 12

Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
	MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)							
	NORMA D6433-18							
PROYECTO:								
Nombre de la vía:								
Unidad de muestra:								
Progresiva inicial (km):								
Progresiva final (km):								
Ancho de la vía (m):								
Área de la unidad (m²):								

TIPO DE FALLAS			
N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exudación	EX	m ²
3	Agrietamiento en Bloque	AB	m ²
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m
5	Corrugación	COR	m ²
6	Depresión	DEP	m ²
7	Grietas de Borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m
10	Grietas longitudinales/transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m ²
12	Pulimento de Agregados	PU	m ²

Evaluador:			
Fecha:			

N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
13	Baches	BAC	Und
14	Ahuellamiento	AHU	m ²
15	Desplazamiento	DES	m ²
16	Grieta Parabólica	GP	m ²
17	Hinchamiento	HN	m ²
18	Meteorización	MET	m ²
19	Peladura y desprendimiento	DAG	m ²

CLASIFICACIÓN DE SERVICIALIDAD		
Baja	Low	L
Media	Medium	M
Alta	High	H

FALLA	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		ÁREA/LONGITUD/UNIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	
			X (m)	Y (m)	Longitud	Ancho	Unidad			

Nota. Adaptado de: "Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys".

Figura 10

Formato de conteo y clasificación vehicular

**FORMATO RESUMEN DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA												ESTACION											
SENTIDO		E ←					S →					CODIGO DE LA ESTACION											
UBICACIÓN												DIA Y FECHA											
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	
	PICK UP	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																							

Nota. Fuente: “Manual de inventarios viales” (p. 166), por MTC (2016). MTC, Perú.

3.7 Validación y confiabilidad del instrumento

Los instrumentos utilizados en esta investigación están determinados por los documentos normativos y libros especializados, representan las herramientas de recopilación de datos, tales como; el formato de exploración de condición del pavimento flexible, establecido en la norma D6433-18 del ASTM, y el formato de conteo y clasificación vehicular que establece el MTC.

3.8 Procedimiento

Primeramente, se realiza la evaluación de la condición del pavimento, realizando un inventario de todos los daños existentes en el pavimento flexible, posteriormente se aplica el método PCI para determinar la clasificación del índice de condición del pavimento, mediante el cual se elige el tipo de sistema o capa de refuerzo adecuado en relación a los resultados obtenidos, si el pavimento presenta condiciones de regulares a deterioradas, es recomendable el procedimiento de diseño que utiliza el software de PavementDesigner, el cual corresponde al método Mecanicista Empírico de PavementDesigner, para la aplicación de esta metodología es necesario identificar las variables de diseño de la capa de refuerzo, en la primera fase de diseño se determina el tiempo de vida útil que se desea extender, para ello, se plantea extender en 20 años la vida útil del pavimento existente. Por consiguiente, se procede a desarrollar el estudio del tráfico en el tramo de influencia de la presente investigación, en el cual se utiliza el formato de conteo y clasificación vehicular, así como las consideraciones establecidas en los manuales del MTC, obteniendo como resultado el resumen del tráfico vehicular anual, mediante el cual se determina el tráfico promedio diario (TPD), el tráfico promedio diario de camiones (TPDC), en consecuencia, se determina la categoría de tráfico. Posteriormente, se determina la tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones tomando en consideración los

indicadores económicos del Perú publicados por el BBVA Research, el cual, interpolando con los datos del PBI según departamentos publicados por el INEI, se obtiene este valor. Luego, para determinar los parámetros de diseño tales como; el factor de distribución de carriles de diseño, el nivel de fiabilidad, el porcentaje de losas agrietadas se usaron las tablas de diseño del método PCA.

En la segunda fase de diseño se determina el valor del CBR de la subrasante, el cual se tiene como dato, posteriormente, se determina la resistencia a la compresión del concreto hidráulico igual a 280 kg/cm^2 , a partir del cual utilizando una correlación se calcula la resistencia a la flexión del concreto hidráulico (Módulo de rotura), el módulo de elasticidad del concreto hidráulico se calcula aplicando la fórmula que relaciona el módulo de rotura con una constante, el módulo resiliente de la capa asfáltica se determina en dos etapas; la primera corresponde al uso de una tabla para identificar el correspondiente coeficiente estructural de la capa asfáltica en frío, y la segunda corresponde a una correlación entre el coeficiente estructural y el módulo resiliente de la capa asfáltica.

En la tercera fase de diseño se obtienen los resultados, tales como el espesor de la capa de refuerzo y el espaciamiento de juntas para las condiciones particulares que presenta el estudio de diseño de capas de refuerzo para fines de rehabilitación del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal.

3.9 Tabulación y análisis de datos estadísticos

3.9.1 Datos estadísticos

3.9.1.1 Cálculo del PCI

En este proceso se cuantifica los daños según el tipo de daño y el nivel de severidad que este posee, así como la densidad de influencia que tiene el daño, de

esta manera se determina el índice de condición del pavimento, tomando en consideración un rango de valores, mediante el cual se tiene una selección de muestras para las cuales se determina el valor del PCI, de esta manera, analizamos la viabilidad y su interpretación.

3.9.1.2 Estudio de tráfico

En este proceso se cuantifica los vehículos según el formato de conteo vehicular, cuya clasificación de vehículos se encuentra establecido por el MTP.

Del aforo vehicular en el tramo de la investigación, se obtiene un resumen del conteo de tráfico, en el cual analizamos la distribución por tipo de vehículos su variabilidad y su interpretación.

3.9.1.3 Tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones

En este proceso se analiza los datos del PBI por departamentos de los últimos años y su crecimiento publicados por el INEI, los cuales analizamos su variabilidad para interpolar la tasa de crecimiento del PBI regional de Huánuco.

Tabla 13

Plan de tabulación

Diseño de la capa de refuerzo de concreto por el método Mecanicista Empírico de PavementDesigner												
Propuesta de diseño de capa de refuerzo de concreto												
Clasificación del índice de condición del pavimento original	Tiempo de vida útil a extender	Categoría de tráfico	Tráfico Promedio Diario de Camiones (TPDC)	Tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones	Distribución direccional	Factor de distribución de carriles de diseño	Nivel de fiabilidad	Porcentaje de losas agrietadas al final de la vida útil de diseño	CBR de la subrasante	Resistencia a la flexión del concreto hidráulico	Módulo de elasticidad del concreto hidráulico	Espesor de la capa asfáltica
Diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico												
<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de la capa de refuerzo. • Espaciado de las juntas 												

Fuente. Elaboración Propia.

3.10 Consideraciones éticas

Se presenta la tesis, con una idea original que se encuentra dentro de nuestro contexto geográfico, en el cual se contribuye a brindar una propuesta de solución según las necesidades de nuestro medio urbano, para ello se da a conocer un método moderno y sofisticado en cuanto a la metodología, asimismo, se brinda ideas citadas con la información necesaria, consecuentemente, se ha referenciado estas citas, con el fin de dar el mérito a los autores intelectuales que han contribuido con la información requerida, además esta investigación previamente ha tenido una revisión del porcentaje de similitudes, con el objetivo de evitar la duplicidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Evaluación del pavimento por el método PCI

Tabla 14

Muestreo para la vía de estudio

MUESTREO		
A. MUESTREO Y UNIDADES DE MUESTREO		
Según la norma ASTM D6433, en el inciso 2.1.7 establece que el área de muestreo para superficie asfáltica es $225 \pm 90 \text{ m}^2$.		
MÁXIMO	315	m^2
MÍNIMO	135	m^2
TRAMO DE ESTUDIO	0+000	0+174
LONGITUD DE VÍA	174	m
ANCHO DE CALZADA	5.2	m
LONGITUD DE MUESTRA	29	m
ÁREA DE MUESTRA	150.8	m^2

$N = 6$ Número total de la muestra.
 $s = 10$ Desviación estándar, según ASTM D6433, para pavimentos asfálticos.
 $e = 5$ Error aceptable, según ASTM D6434.

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

$n = 4.571428571$ Unidades a ser evaluadas
 $n = 5$

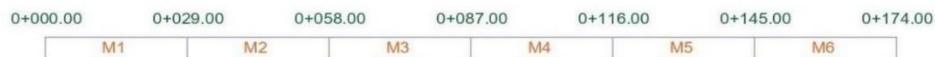
B. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Según la norma ASTM D6433, en el inciso 7.5.3 establece el intervalo del espaciamiento de las unidades de muestra se redondea al próximo número menor anterior.

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

$i = 1$


C. ESQUEMA DEL PAVIMENTO PARA MUESTRA
--



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 15

Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-1

		EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
		MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)			
		NORMA D6433-18			
PROYECTO:		"PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUA YNA-2023"			
Nombre de la vía:		Jr. Javier Pulgar Vidal			
Unidad de muestra:		UM-1			
Progresiva inicial (km):		0+000.00			
Progresiva final (km):		0+029.00			
Ancho de la vía (m):		5.20			
Área de la unidad (m²):		150.80			
		Evaluador:		Jhordy Cespedes Martinez	
		Fecha:		4/02/2023	

TIPO DE FALLAS			
N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
1	Piel de Cocodrilo	PC	m²
2	Exudación	EX	m²
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m²
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m
5	Corrugación	COR	m²
6	Depresión	DEP	m²
7	Grieta de Borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m
10	Grietas longitudinales y transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m²
12	Pulimento de Agregados	PU	m²

N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
13	Baches	BAC	Und
14	Cruce de vía Ferrea	CVF	m²
15	Ahuellamiento	AHU	m²
16	Desplazamiento	DES	m²
17	Grieta Parabólica	GP	m²
18	Hinchamiento	HN	m²
19	Desprendimiento de Agregados	DAG	m²

CLASIFICACIÓN DE SERVICIALIDAD		
Baja	Low	L
Media	Medium	M
Alta	High	H

FALLA	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		ÁREA/LONGITUD/UNIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
			X (m)	Y (m)	Longitud	Ancho	Unidad		
PA	M	m²	-1.58	0.30	0.70	0.20	0.14	2.45	
PA	M	m²	2.00	15.10	1.30	0.68	0.88		
PA	M	m²	-1.30	15.20	2.60	0.55	1.43		
MET	M	m²	0.00	4.50	9.00	5.20	46.80	111.28	
MET	M	m²	0.00	6.20	12.40	5.20	64.48		
BAC	M	Und	-1.55	0.90	2.10	1.80	7.56	7.56	
DAG	M	m²	-2.12	23.65	1.98	0.92	1.82	1.82	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 16

Cálculo del PCI de la UM-1

FALLA	SEVERIDAD	UND	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
			1	2	3	4	5	6			
PA	M	m ²	0.14	0.88	1.43				2.45	1.63%	12.00
MET	M	m ²	46.80	64.48	0.00				111.28	73.79%	13.00
BAC	M	Und	7.56	0.00	0.00				7.56	5.01%	37.00
DAG	M	m ²	1.82	0.00	0.00				1.82	1.21%	9.00
TOTAL VD=										71.00	

Número de valores deducidos > 2 (q): **4** $m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - MaxVD) \leq 10$
 Valor deducido más alto MáxVD): **37**
 Número máximo de valores deducidos (mi): **6.79** **VDC:** Valor Deducido Corregido

Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	37.00	13.00	12.00	9.00			71.00	4	40.50
2	37.00	13.00	12.00	2.00			64.00	3	41.50
3	37.00	13.00	2.00	2.00			54.00	2	41.00
4	37.00	2.00	2.00	2.00			43.00	1	44.00
5									
6									
MÁX VDC=									44.00

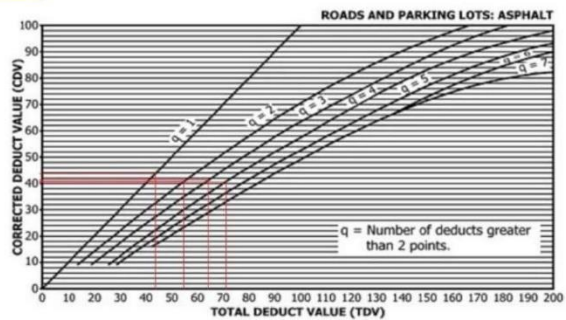
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

100-Máx VDC
56.00

 CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:

Regular


CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO		
PCI		CLASIFICACIÓN
85	100	Bueno
70	85	Satisfactorio
55	70	Regular
40	55	Malo
25	40	Muy malo
10	25	Grave
0	10	Fallado



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 17

Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-2

	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE
	MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)
	NORMA D6433-18
PROYECTO:	"PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023"
Nombre de la vía:	Jr. Javier Pulgar Vidal
Unidad de muestra:	UM-2
Progresiva inicial (km):	0+029.00
Progresiva final (km):	0+058.00
Ancho de la vía (m):	5.20
Área de la unidad (m²):	150.80
Evaluador:	Jhordy Cespedes Martinez
Fecha:	4/02/2023

TIPO DE FALLAS			
N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
1	Piel de Cocodrilo	PC	m²
2	Exudación	EX	m²
3	Agrietamiento en Bloque	AB	m²
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m
5	Corrugación	COR	m²
6	Depresión	DEP	m²
7	Grieta de Borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m
10	Grietas longitudinales y transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m²
12	Pulimento de Agregados	PU	m²

N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
13	Baches	BAC	Und
14	Ahuellamiento	AHU	m²
15	Desplazamiento	DES	m²
16	Grieta Parabólica	GP	m²
17	Hinchamiento	HN	m²
18	Meteorización	MET	m²
19	Peladura y desprendimiento	DAG	m²

CLASIFICACIÓN DE SERVICIALIDAD		
Baja	Low	L
Media	Medium	M
Alta	High	H

FALLA	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		ÁREA/LONGITUD/UNIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
			X (m)	Y (m)	Longitud	Ancho	Unidad		
COR	M	m²	-1.82	8.08	4.24	1.22		5.17	5.17
PA	M	m²	2.15	16.70	1.25	0.82		1.03	1.99
PA	M	m²	2.10	25.20	1.20	0.80		0.96	
BAC	M	Und	2.00	17.80	1.10	0.85	1.87	1.87	1.87
DAG	M	m²	-2.10	18.30	1.70	1.07		1.82	2.52
DAG	M	m²	-2.30	27.78	1.00	0.70		0.70	
DAG	H	m²	-2.22	24.98	4.42	0.58		2.56	2.56
MET	M	m²	0.00	9.00	14.00	5.20		72.80	72.80

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 18

Cálculo del PCI de la UM-2

FALLA	SEVERIDAD	UND	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
			1	2	3	4	5	6			
COR	M	m ²	5.17	0.00					5.17	3.43%	27.50
PA	M	m ²	1.03	0.96					1.99	1.32%	10.10
BAC	M	Und	1.87	0.00					1.87	1.24%	34.00
DAG	M	m ²	1.82	0.70					2.52	1.67%	9.50
DAG	H	m ²	2.56	0.00					2.56	1.70%	19.50
MET	M	m ²	72.80	0.00					72.80	48.28%	11.50
										TOTAL VD=	112.10

Número de valores deducidos > 2 (q): **6** $m = 1 + \left(\frac{q}{98}\right)(100 - MaxVD) \leq 10$
 Valor deducido más alto MáxVD): **34**
 Número máximo de valores deducidos (mi): **7.06** **VDC:** Valor Deducido Corregido

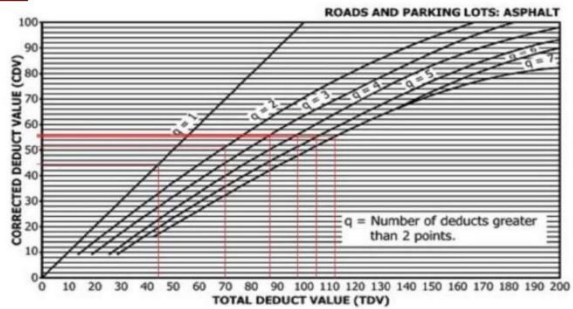
N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	34.00	27.50	19.50	11.50	10.10	9.50		112.10	6	55.50
2	34.00	27.50	19.50	11.50	10.10	2.00		104.60	5	55.00
3	34.00	27.50	19.50	11.50	2.00	2.00		96.50	4	56.00
4	34.00	27.50	19.50	2.00	2.00	2.00		87.00	3	55.90
5	34.00	27.50	2.00	2.00	2.00	2.00		69.50	2	51.50
6	34.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		44.00	1	44.50
									MÁX VDC=	56.00

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

100-Máx VDC
44.00
Malo

CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:


CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO		
PCI	CLASIFICACIÓN	
85	100	Bueno
70	85	Satisfactorio
55	70	Regular
40	55	Malo
25	40	Muy malo
10	25	Grave
0	10	Fallado



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 19

Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-3

		EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
		MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)			
		NORMA D6433-18			
PROYECTO:		"PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023"			
Nombre de la vía:	Jr. Javier Pulgar Vidal				
Unidad de muestra:	UM-3				
Progresiva inicial (km):	0+058.00				
Progresiva final (km):	0+087.00				
Ancho de la vía (m):	5.20				
Área de la unidad (m²):	150.80				
		Evaluador:	Jhordy Cespedes Martinez		
		Fecha:	4/02/2023		

TIPO DE FALLAS			
N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
1	Piel de Cocodrilo	PC	m²
2	Exudación	EX	m²
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m²
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m
5	Corrugación	COR	m²
6	Depresión	DEP	m²
7	Grieta de Borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m
10	Grietas longitudinales y transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m²
12	Pulimento de Agregados	PU	m²

N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
13	Baches	BAC	Und
14	Cruce de vía Ferrea	CVF	m²
15	Ahuellamiento	AHU	m²
16	Desplazamiento	DES	m²
17	Grieta Parabólica	GP	m²
18	Hinchamiento	HN	m²
19	Desprendimiento de Agregados	DAG	m²

CLASIFICACIÓN DE SERVICIALIDAD		
Baja	Low	L
Media	Medium	M
Alta	High	H

FALLA	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		ÁREA/LONGITUD/UNIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
			X (m)	Y (m)	Longitud	Ancho	Unidad		
COR	M	m²	1.50	6.00	10.80	2.10	22.68	24.88	
COR	M	m²	-1.90	25.70	2.00	1.10	2.20		
PC	M	m²	0.80	20.40	2.45	1.00	2.45	7.02	
PC	M	m²	-1.00	18.60	2.20	1.15	2.53		
PC	M	m²	1.70	18.00	1.70	1.20	2.04		
BAC	M	Und	1.30	19.60	0.70	0.70	1.00	2.44	
BAC	M	Und	-1.20	27.15	0.80	0.90	1.44		
DAG	M	m²	-1.90	21.30	3.50	1.15	4.03	6.49	
DAG	M	m²	-1.90	24.20	1.70	1.45	2.47		
MET	M	m²	-1.30	8.00	5.90	2.40	14.16	14.16	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 20

Cálculo del PCI de la UM-3

FALLA	SEVERIDAD	UND	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
			1	2	3	4	5	6			
COR	M	m ²	22.68	2.20	0.00				24.88	16.50%	45.50
PC	M	m ²	2.45	2.53	2.04				7.02	4.66%	37.00
BAC	M	Und	1.00	1.44	0.00				2.44	1.62%	38.00
DAG	M	m ²	4.03	2.47	0.00				6.49	4.30%	12.00
MET	M	m ²	14.16	0.00	0.00				14.16	9.39%	4.50
										TOTAL VD=	137.00

Número de valores deducidos > 2 (q): 5 $m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - MaxVD) \leq 10$

Valor deducido más alto MáxVD): 45.5

Número máximo de valores deducidos (mi): 6.01

VDC: Valor Deducido Corregido

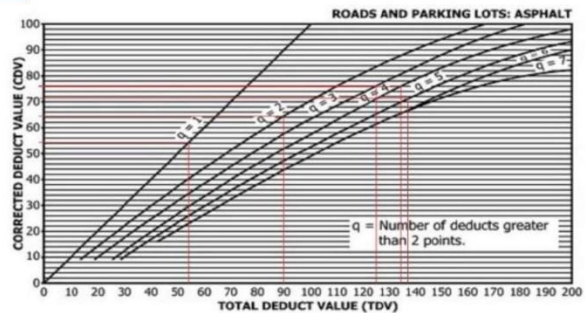
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	45.50	38.00	37.00	12.00	4.50		137.00	5	71.50	
2	45.50	38.00	37.00	12.00	2.00		134.50	4	76.00	
3	45.50	38.00	37.00	2.00	2.00		124.50	3	76.50	
4	45.50	38.00	2.00	2.00	2.00		89.50	2	64.50	
5	45.50	2.00	2.00	2.00	2.00		53.50	1	54.00	
6										
									MÁX VDC=	76.50

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

100-Máx VDC
23.50
Grave

CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:


CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO		
PCI		CLASIFICACIÓN
85	100	Bueno
70	85	Satisfactorio
55	70	Regular
40	55	Malo
25	40	Muy malo
10	25	Grave
0	10	Fallado



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 21

Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-4

		EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE					
		MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)					
		NORMA D6433-18					
PROYECTO:		"PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023"					
Nombre de la vía:	Jr. Javier Pulgar Vidal	<table border="1"> <tr> <td>Evaluador:</td> <td>Jhordy Cespedes Martinez</td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>4/02/2023</td> </tr> </table>		Evaluador:	Jhordy Cespedes Martinez	Fecha:	4/02/2023
Evaluador:	Jhordy Cespedes Martinez						
Fecha:	4/02/2023						
Unidad de muestra:	UM-4						
Progresiva inicial (km):	0+087.00						
Progresiva final (km):	0+116.00						
Ancho de la vía (m):	5.20						
Área de la unidad (m²):	150.80						

TIPO DE FALLAS			
N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
1	Piel de Cocodrilo	PC	m²
2	Exudación	EX	m²
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m²
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m
5	Corrugación	COR	m²
6	Depresión	DEP	m²
7	Grieta de Borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m
10	Grietas longitudinales y transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m²
12	Pulimento de Agregados	PU	m²

N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
13	Baches	BAC	Und
14	Cruce de vía Ferrea	CVF	m²
15	Ahuellamiento	AHU	m²
16	Desplazamiento	DES	m²
17	Grieta Parabólica	GP	m²
18	Hinchamiento	HN	m²
19	Desprendimiento de Agregados	DAG	m²

CLASIFICACIÓN DE SERVICIALIDAD		
Baja	Low	L
Media	Medium	M
Alta	High	H

FALLA	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		ÁREA/LONGITUD/UNIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
			X (m)	Y (m)	Longitud	Ancho	Unidad		
PC	M	m²	-0.90	10.50	4.70	1.75		8.23	9.11
PC	M	m²	-0.55	26.90	1.10	0.80		0.88	
COR	M	m²	-1.60	5.70	6.00	2.00		12.00	12.00
MET	M	m²	0.00	11.00	7.80	5.20		40.56	48.66
MET	M	m²	-1.30	17.50	3.68	2.20		8.10	
BAC	M	Und	0.75	2.40	0.80	0.80	1.28	1.28	7.22
BAC	M	Und	-1.80	9.50	1.70	1.10	3.74	3.74	
BAC	M	Und	-1.25	24.50	1.10	1.00	2.20	2.20	
DAG	M	m²	1.40	5.30	1.00	0.95		0.95	5.99
DAG	M	m²	-2.40	15.70	3.60	0.75		2.70	
DAG	M	m²	2.45	23.35	0.60	0.30		0.18	
DAG	M	m²	-1.20	14.90	1.80	1.20		2.16	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 22

Cálculo del PCI de la UM-4

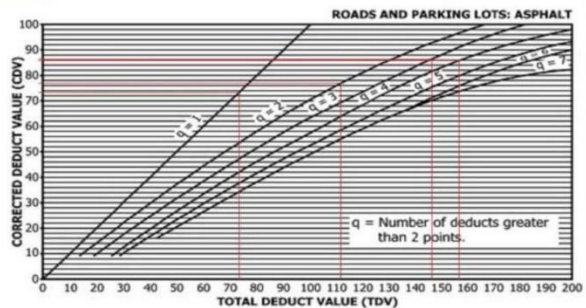
FALLA	SEVERIDAD	UND	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
			1	2	3	4	5	6			
PC	M	m ²	8.23	0.88	0.00	0.00			9.11	6.04%	40.00
COR	M	m ²	12.00	0.00	0.00	0.00			12.00	7.96%	37.00
MET	M	m ²	40.56	8.10	0.00	0.00			48.66	32.27%	9.60
BAC	M	Und	1.28	3.74	2.20	0.00			7.22	4.79%	66.00
DAG	M	m ²	0.95	2.70	0.18	2.16			5.99	3.97%	11.50
										TOTAL VD=	164.10

Número de valores deducidos > 2 (q): **5** $m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - MaxVD) \leq 10$
 Valor deducido más alto MáxVD): **66**
 Número máximo de valores deducidos (mi): **4.12** **VDC:** Valor Deducido Corregido

N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	66.00	40.00	37.00	11.50	1.15		155.65	4	86.00	
2	66.00	40.00	37.00	2.00	1.15		146.15	3	86.50	
3	66.00	40.00	2.00	2.00	1.15		111.15	2	77.00	
4	66.00	2.00	2.00	2.00	1.15		73.15	1	73.50	
5										
6										
									MÁX VDC=	86.50

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): $100 - \text{Máx VDC}$
 13.50
 CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO: **Grave**


CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO		
PCI	CLASIFICACIÓN	
85	100	Buena
70	85	Satisfactorio
55	70	Regular
40	55	Malo
25	40	Muy malo
10	25	Grave
0	10	Fallado



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 23

Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-5

		EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
		MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)							
		NORMA D6433-18							
PROYECTO:		"PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023"							
Nombre de la vía:	Jr. Javier Pulgar Vidal			<table border="1"> <tr> <td>Evaluador:</td> <td>Jhordy Cespedes Martinez</td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>4/02/2023</td> </tr> </table>	Evaluador:	Jhordy Cespedes Martinez	Fecha:	4/02/2023	
Evaluador:	Jhordy Cespedes Martinez								
Fecha:	4/02/2023								
Unidad de muestra:	UM-5								
Progresiva inicial (km):	0+116.00								
Progresiva final (km):	0+145.00								
Ancho de la vía (m):	5.20								
Área de la unidad (m²):	150.80								
TIPO DE FALLAS									
N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD	N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD		
1	Piel de Cocodrilo	PC	m²	13	Baches	BAC	Und		
2	Exudación	EX	m²	14	Cruce de vía Ferrea	CVF	m²		
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m²	15	Ahuellamiento	AHU	m²		
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m	16	Desplazamiento	DES	m²		
5	Corrugación	COR	m²	17	Grieta Parabólica	GP	m²		
6	Depresión	DEP	m²	18	Hinchamiento	HN	m²		
7	Grieta de Borde	GB	m	19	Desprendimiento de Agregados	DAG	m²		
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m						
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m	CLASIFICACIÓN DE SERVICIALIDAD					
10	Grietas longitudinales y transversales	GLT	m	Baja	Low	L			
11	Parqueo	PA	m²	Media	Medium	M			
12	Pulimento de Agregados	PU	m²	Alta	High	H			
FALLA	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		ÁREA/LONGITUD/UNIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
			X (m)	Y (m)	Longitud	Ancho	Unidad		
PC	M	m²	-1.70	18.70	1.10	0.80		0.88	10.89
PC	M	m²	-0.95	19.30	0.95	0.65		0.62	
PC	M	m²	1.80	23.80	4.10	1.50		6.15	
PC	M	m²	-0.80	26.50	1.80	1.80		3.24	
MET	M	m²	0.00	12.50	7.80	5.20		40.56	49.14
MET	M	m²	1.30	18.80	3.90	2.20		8.58	
BAC	M	Und	-2.10	24.20	0.70	0.55	1.00	1.00	2.00
BAC	M	Und	-1.00	24.55	0.50	0.40	1.00	1.00	
DAG	M	m²	1.70	2.80	2.00	1.30		2.60	6.92
DAG	M	m²	-1.50	21.30	2.40	1.80		4.32	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 24

Cálculo del PCI de la UM-5

FALLA	SEVERIDAD	UND	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
			1	2	3	4	5	6			
PC	M	m ²	0.88	0.62	6.15	3.24			10.89	7.22%	42.50
MET	M	m ²	40.56	8.58	0.00	0.00			49.14	32.59%	9.70
BAC	M	Und	1.00	1.00	0.00	0.00			2.00	1.33%	35.50
DAG	M	m ²	2.60	4.32	0.00	0.00			6.92	4.59%	13.00
									TOTAL VD=		100.70

Número de valores deducidos > 2 (q): 4 $m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - MaxVD) \leq 10$

Valor deducido más alto MáxVD): 42.50

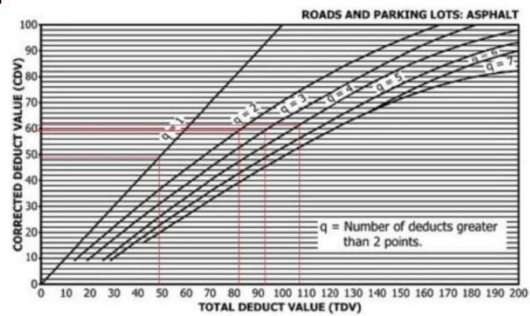
Número máximo de valores deducidos (mi): 6.28

VDC: Valor Deducido Corregido

N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	42.50	35.50	13.00	9.70			100.70	4	61.50	
2	42.50	35.50	13.00	2.00			93.00	3	59.50	
3	42.50	35.50	2.00	2.00			82.00	2	59.00	
4	42.50	2.00	2.00	2.00			48.50	1	49.00	
5										
6										
									MÁX VDC=	61.50

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):	100-Máx VDC
	38.50
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:	Muy malo


CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO		
PCI	CLASIFICACIÓN	
85	100	Bueno
70	85	Satisfactorio
55	70	Regular
40	55	Malo
25	40	Muy malo
10	25	Grave
0	10	Fallado



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 25

Formato de evaluación superficial del pavimento flexible de la UM-6

		EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
		MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)			
		NORMA D6433-18			
PROYECTO:		"PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023"			
Nombre de la vía:	Jr. Javier Pulgar Vidal				
Unidad de muestra:	UM-6				
Progresiva inicial (km):	0+145.00				
Progresiva final (km):	0+174.00				
Ancho de la vía (m):	5.20				
Área de la unidad (m²):	150.80				
		Evaluador:	Jhordy Cespedes Martinez		
		Fecha:	4/02/2023		

TIPO DE FALLAS			
N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
1	Piel de Cocodrilo	PC	m²
2	Exudación	EX	m²
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m²
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m
5	Corrugación	COR	m²
6	Depresión	DEP	m²
7	Grieta de Borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m
10	Grietas longitudinales y transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m²
12	Pulimento de Agregados	PU	m²

N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD
13	Baches	BAC	Und
14	Cruce de vía Ferrea	CVF	m²
15	Ahuellamiento	AHU	m²
16	Desplazamiento	DES	m²
17	Grieta Parabólica	GP	m²
18	Hinchamiento	HN	m²
19	Desprendimiento de Agregados	DAG	m²

CLASIFICACIÓN DE SERVICIALIDAD		
Baja	Low	L
Media	Medium	M
Alta	High	H

FALLA	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		ÁREA/LONGITUD/UNIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
			X (m)	Y (m)	Longitud	Ancho	Unidad		
PC	L	m²	1.90	4.15	1.40	0.80	1.12	1.12	
PC	M	m²	-0.95	1.00	1.67	1.20	2.00	12.85	
PC	M	m²	-1.75	0.90	2.20	1.35	2.97		
PC	M	m²	-0.85	3.30	3.40	2.00	6.80		
PC	M	m²	0.65	11.35	1.05	1.02	1.07		
PC	H	m²	1.20	15.20	1.60	1.40	2.24		
PC	H	m²	1.65	1.00	1.80	1.00	1.80	6.84	
PC	H	m²	1.40	7.60	2.00	1.40	2.80		
AB	L	m²	0.00	7.20	3.80	0.50	1.90		2.78
AB	L	m²	2.00	16.35	1.30	0.68	0.88		
AB	H	m²	-2.03	15.05	2.95	1.00	2.95		
MET	M	m²	0.00	14.00	12.50	5.20	65.00	65.00	
BAC	M	Und	1.65	21.70	0.97	0.79	1.53	1.53	
DAG	M	m²	-0.90	9.40	6.50	1.30	8.45	8.45	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 26

Cálculo del PCI de la UM-6

FALLA	SEVERIDAD	UND	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
			1	2	3	4	5	6			
PC	L	m ²	1.12	0.00	0.00	0.00			1.12	0.74%	9.00
PC	M	m ²	2.00	2.97	6.80	1.07			12.85	8.52%	44.00
PC	H	Und	2.24	1.80	2.80	0.00			6.84	4.54%	51.00
AB	L	m ²	1.90	0.88	0.00	0.00			2.78	1.85%	1.60
AB	H	Und	2.95	0.00	0.00	0.00			2.95	1.96%	12.00
MET	M	m ²	65.00	0.00	0.00	0.00			65.00	43.10%	11.00
BAC	M	m ²	1.53	0.00	0.00	0.00			1.53	1.02%	10.00
DAG	M	m ²	8.45	0.00	0.00	0.00			8.45	5.60%	14.50
TOTAL VD=										153.10	

Número de valores deducidos > 2 (q): **7** $m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - MaxVD) \leq 10$

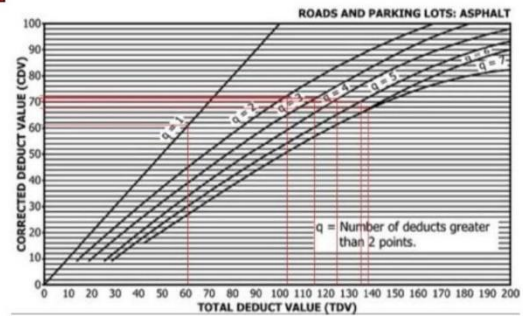
Valor deducido más alto MáxVD: 51.00

Número máximo de valores deducidos (mi): 5.50 **VDC:** Valor Deducido Corregido

N°	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VDC
1	51.00	44.00	14.50	12.00	11.00	5.00			137.50	6	67.70
2	51.00	44.00	14.50	12.00	11.00	2.00			134.50	5	70.00
3	51.00	44.00	14.50	12.00	2.00	2.00			125.50	4	71.50
4	51.00	44.00	14.50	2.00	2.00	2.00			115.50	3	71.70
5	51.00	44.00	2.00	2.00	2.00	2.00			103.00	2	72.50
6	51.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			61.00	1	61.00
MÁX VDC=										72.50	

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):	100-Máx VDC
	27.50
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:	Muy malo

CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO		
PCI	CLASIFICACIÓN	
85	100	Bueno
70	85	Satisfactorio
55	70	Regular
40	55	Malo
25	40	Muy malo
10	25	Grave
0	10	Fallado



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 27*Resumen de unidades de muestra a inspeccionar*

UNIDADES DE MUESTRA A INSPECCIONAR	PROGRESIVAS		PCI _i	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
UM-1	0+000.00	0+029.00	56.00	Regular
UM-2	0+029.00	0+058.00	44.00	Malo
UM-3	0+058.00	0+087.00	23.50	Grave
UM-4	0+087.00	0+116.00	13.50	Grave
UM-5	0+116.00	0+145.00	38.50	Muy malo

Fuente. Elaboración Propia.

$$PCI_R = \frac{56.00+44.00+23.50+13.50+38.50}{5}$$

$$PCI_R = 35.10$$

Tabla 28*Resumen de unidades de muestra adicionales*

UNIDADES DE MUESTRA ADICIONALES	PROGRESIVAS		PCI _A	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
UM-6	0+145.00	0+174.00	27.50	Muy malo

Fuente. Elaboración Propia.

$$PCI_A = 27.50$$

Tabla 29

PCI de la sección del pavimento

PROGRESIVAS		N	A	PCI _R	PCI _A	PCI _S	CLASIFICACIÓN
INICIAL	FINAL						
0+000.00	0+174.00	5	1	35.10	27.50	33.58	Muy malo

Fuente. Elaboración Propia.

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

$$PCI_S = 33.58$$

Donde:

PCI_S : PCI del área del pavimento.

PCI_R : PCI promedio de UM a inspeccionar.

PCI_A : PCI promedio de UM adicionales.

N : Total UM a inspeccionar.

A : Total UM adicionales.

4.2 Estudio de tráfico

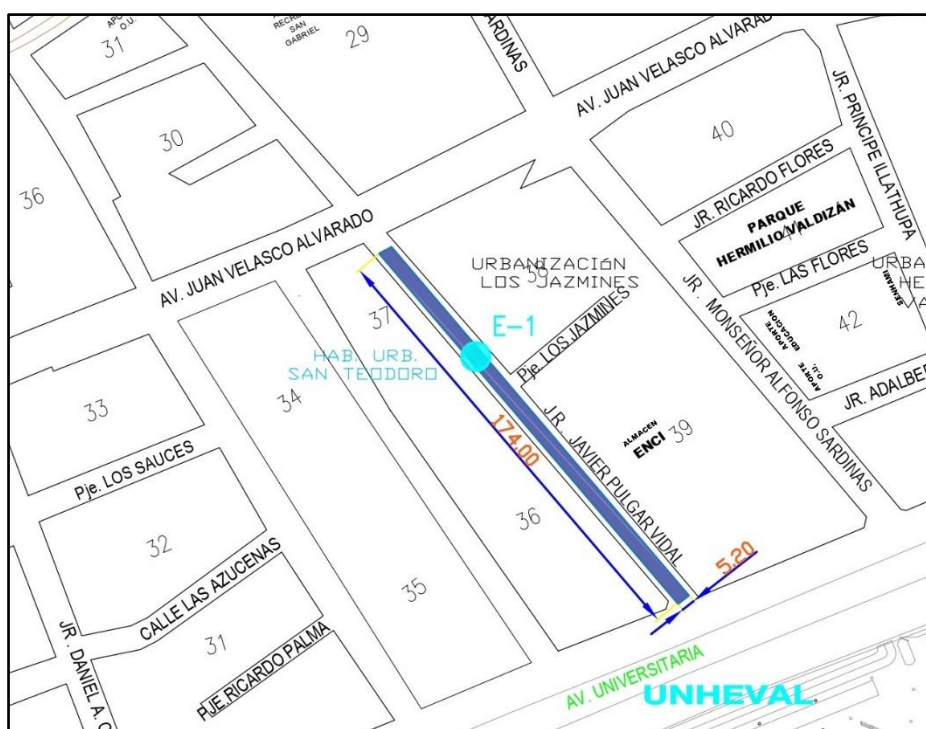
El estudio de tráfico se realizó en un periodo de una semana, desde el lunes 6 de febrero hasta el domingo 12 de febrero del año 2023.

Se instaló una estación en la vía de estudio, denominada E-1, para la recopilación de información del aforo vehicular.

Se utilizaron los formatos de clasificación vehicular emitidos por el MTC, para el desarrollo del conteo de tráfico, con el propósito de calcular el IMDA, correspondiente a la vía de estudio.

Figura 11

Esquema de ubicación de la estación E-1






















Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 30

Tráfico vehicular del primer día en la estación E-1

CALZADA	DOS CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES
UBICACIÓN	CAYHUAYNA

DÍA	LUNES
FECHA	6/02/2023

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1	2S2	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	≥3T3	
DIAGRA. VEH.																				
0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	5	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	7	7	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	7	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	9	10	1	4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	19	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	13	1	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	12	14	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	13	16	2	2	0	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	14	21	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	15	15	1	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	16	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	17	8	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	18	15	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	19	16	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	20	14	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	11	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	22	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	23	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	24	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	226	35	34	0	14	2	0	0	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0




















Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 31

Tráfico vehicular del segundo día en la estación E-1

TRAMO DE VÍA	CUADRA 1 DEL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL
GALZADA	DOS CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES
UBICACIÓN	CAYHUAYNA

ESTACIÓN	E-1
DÍA	MARTES
FECHA	7/02/2023

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1	2S2	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	≥3T3
DIAGRA. VEH.																			
0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	7	5	5	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	7	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	9	11	2	2	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	15	4	3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	14	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	12	9	1	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	13	17	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	14	19	2	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	15	14	2	2	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15	16	8	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	17	7	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	18	12	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	19	15	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	20	12	1	2	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	10	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	22	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	23	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	24	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	200	49	29	0	11	3	0	0	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0




















Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 32

Tráfico vehicular del tercer día en la estación E-1

TRAMO DE VÍA	CUADRA 1 DEL JIRÓN JAMER PULGAR VIDAL
CALZADA	DOS CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES
UBICACIÓN	CAYHUAYNA

ESTACIÓN	E-1
DÍA	MIÉRCOLES
FECHA	8/02/2023

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2E	3E	2E	3E	4E	2S1	2S2	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	≥3T3
DIAGRA. VEH.																				
0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	7	1	3	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	4	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	9	8	3	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	15	4	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	17	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	12	13	4	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	13	15	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	14	19	3	4	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	15	16	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	16	9	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	17	7	4	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	18	11	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	19	22	4	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	20	16	5	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	11	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	22	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	23	5	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	24	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	208	66	36	0	8	5	0	0	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0





















Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 33

Tráfico vehicular del cuarto día en la estación E-1

TRAMO DE VÍA	CUADRA 1 DEL JIRÓN JAMER PULGAR VIDAL
CALZADA	DOS CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES
UBICACIÓN	CAYHUAYNA

ESTACIÓN	E-1
DÍA	JUEVES
FECHA	9/02/2023

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2E	3E	2E	3E	4E	2S1	2S2	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	≥3T3
DIAGRA. VEH.																				
0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	7	2	4	2	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	6	3	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	9	9	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	14	3	2	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	10	3	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	12	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	13	14	3	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	14	16	5	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	15	13	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	16	6	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	17	5	3	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	18	9	2	4	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	19	17	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	20	14	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	7	2	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	22	5	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	23	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	24	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	172	56	39	0	10	3	0	0	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0




















Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 34

Tráfico vehicular del quinto día en la estación E-1

TRAMO DE VÍA	CUADRA 1 DEL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL
CALZADA	DOS CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES
UBICACIÓN	CAYHUAYNA

ESTACIÓN	E-1
DÍA	VIERNES
FECHA	10/02/2023

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2E	3E	2E	3E	4E	2S1	2S2	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	≥3T3
DIAGRA. VEH.																				
0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	5	1	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	6	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	7	3	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	8	2	4	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	9	9	6	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	10	18	5	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	11	14	3	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	12	11	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	13	12	4	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	14	21	5	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	15	17	3	3	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	16	10	2	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	17	7	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	18	9	5	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	19	19	3	3	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	20	13	2	4	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	21	9	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	22	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	23	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	24	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	196	68	52	0	13	4	0	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	




















Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 35

Tráfico vehicular del sexto día en la estación E-1

TRAMO DE VÍA	CUADRA 1 DEL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL
CALZADA	DOS CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES
UBICACIÓN	CAYHUAYNA

ESTACIÓN	E-1
DÍA	SÁBADO
FECHA	11/02/2023

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1	2S2	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	≥3T3
DIAGRA. VEH.																			
0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	7	2	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	9	5	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	14	4	3	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	11	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	12	8	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	13	10	2	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	14	16	3	3	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14	15	12	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	16	9	3	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	17	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	18	10	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	19	15	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	20	12	3	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	8	4	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	22	4	3	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
22	23	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	24	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	156	63	50	0	7	3	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0




















Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 36

Tráfico vehicular del séptimo día en la estación E-1

TRAMO DE VÍA	CUADRA 1 DEL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL
CALZADA	DOS CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES
UBICACIÓN	CAYHUAYNA

ESTACIÓN	E-1
DÍA	DOMINGO
FECHA	12/02/2023

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1	2S2	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	≥3T3
DIAGRA. VEH.																			
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	9	4	2	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	12	3	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	9	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	12	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	13	11	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	14	14	5	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	15	10	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	16	7	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16	17	5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	18	9	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	19	14	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	20	13	5	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	9	6	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	22	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	23	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	24	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	142	47	30	0	6	2	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente. Elaboración Propia.

De los resultados alcanzados del aforo vehicular se determina los valores del tráfico promedio diario en ambas direcciones (IMDA), para ello se realiza un resumen de los conteos de tráfico de cada día según el tipo de vehículo, tal como se muestra en la subsecuente tabla:

Tabla 37

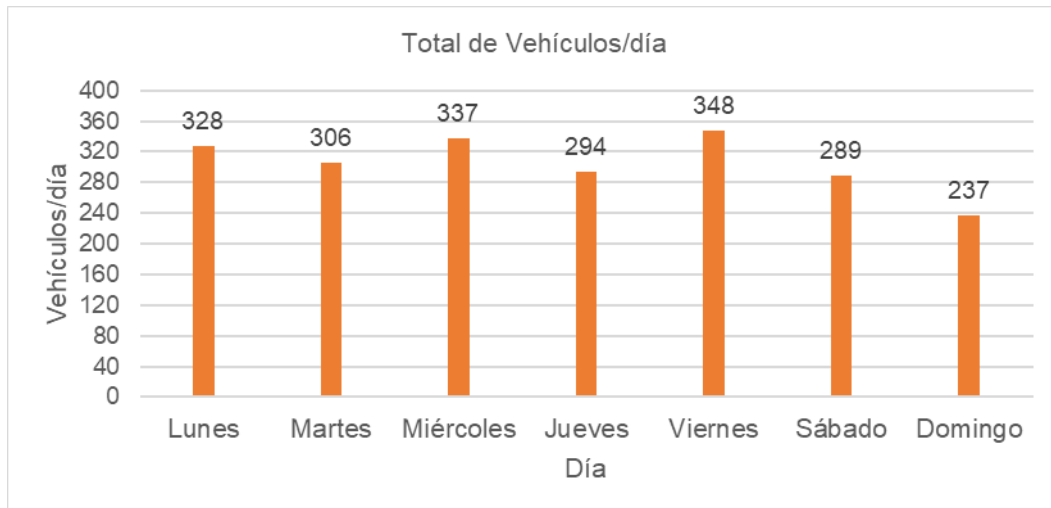
Resumen del tráfico semanal

Día/ Tipo de vehículo	Auto	SW	Camionetas			Micro	Bus		Camión		Total (Veh)	Distribución (%)
			P.up	Panel	R. Combi		2E	3E	2E	3E		
Lunes	226	35	34	0	14	2	0	0	15	2	328	15%
Martes	200	49	29	0	11	3	0	0	11	3	306	14%
Miércoles	208	66	36	0	8	5	0	0	8	6	337	16%
Jueves	172	56	39	0	10	3	0	0	10	4	294	14%
Viernes	196	68	52	0	13	4	0	0	8	7	348	16%
Sábado	156	63	50	0	7	3	0	0	7	3	289	14%
Domingo	142	47	30	0	6	2	0	0	6	4	237	11%

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 12

Total de vehículos por cada día de la semana



Fuente. Elaboración Propia.

Posteriormente se determina los factores de corrección estacional de una estación de peaje cercano a la vía de estudio, esto corresponde a la estación de peaje de Ambo, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 38

Factores de corrección estacional de vehículos ligeros

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)													FORMATO N° 1.1 A	
N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773	0.9386	1.0294	1.0292	0.9845	
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9863	0.8917	0.9168	1.0069	1.0155	1.0712	0.8127	
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479	0.9820	1.0329	0.9842	0.9966	0.8835	
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9893	1.0821	1.0845	1.1559	0.9021	
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076	1.2658	1.2303	0.8494	
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0259	0.8914	
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9953	0.9895	1.0077	0.7648	
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508	0.9739	1.1465	0.8656	
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9133	0.8930	0.9959	0.9734	0.7789	
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0968	0.9676	
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368	0.9915	1.0553	1.0166	1.0421	0.7493	
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032	1.4238	1.5046	1.2451	1.1887	0.6261	

Fuente. Ficha Técnica Estándar, actualizada por la OPMI-MTC.

Tabla 39

Factores de corrección estacional de vehículos pesados

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)													FORMATO N° 1.1 B	
N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9574	0.9655	0.9434	0.9429	0.9922	
2	AGUAS CLARAS	1.0497	1.0164	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.9940	0.9597	0.9819	1.0086	1.0042	0.8920	
3	AMBO	0.7967	0.7869	0.8193	0.7762	0.7945	0.7905	0.7890	1.0495	1.0086	0.9572	0.9482	0.9447	
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.0326	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862	0.9828	0.9573	0.9313	0.9458	
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505	0.9335	0.9456	0.9485	0.9933	
6	CAMANA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0753	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099	1.0099	0.9947	0.9786	0.8325	
7	CANCAS	1.0490	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019	0.9551	0.9433	0.9563	
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9575	0.9453	0.9765	0.8133	
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9865	0.9782	0.9872	0.9697	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	
10	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684	
11	CCASACANCHA	1.0985	1.0820	1.0974	1.0774	1.0216	0.9848	0.9688	0.9568	0.9552	0.9509	0.9198	0.7875	
12	CHACAPAMPA	1.1253	0.9872	0.9856	1.0061	1.0477	1.0441	1.0496	0.9939	0.9340	0.9269	0.9523	1.0257	
13	CHALHUAPUQUIO	1.0741	1.0868	1.0814	1.0640	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321	0.9569	0.9455	0.9498	0.9948	
14	CHICAMA	0.9742	0.9585	1.0327	1.0799	1.0586	1.0428	1.0427	0.9889	0.9895	0.9814	0.9459	0.7964	
15	CHILCA	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429	1.0652	1.0551	1.0341	0.9979	0.9991	0.9830	0.9674	0.8073	

Fuente. Ficha Técnica Estándar, actualizada por la OPMI-MTC.

- Factor de corrección estacional de vehículos ligeros = 0.8431.
- Factor de corrección estacional de vehículos pesados = 0.7869.

$$FC(\text{Factor de Corrección Estacional}) = \frac{IMDA (\text{Índice Medio Diario Anual})}{IMDS (\text{Índice Medio Diario Semanal})}$$

Tabla 40

Determinación del IMDA en la vía de estudio

Tipo de Vehículo	Tráfico vehicular en ambas direcciones por día							Total	IMDS	FC	IMDA	Distribución
	Lun	Mar	Miér	Jue	Vier	Sáb	Dom					
A + SW	261	249	274	228	264	219	189	1684	241	0.843	203	78%
P.up/Panel	34	29	36	39	52	50	30	270	39	0.843	33	13%
C.Rural	14	11	8	10	13	7	6	69	10	0.843	9	3%
Micro	2	3	5	3	4	3	2	22	3	0.843	3	1%
Bus 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.843	0	0%
Bus 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.843	0	0%
Camión 2E	15	11	8	10	8	7	6	65	9	0.787	8	3%
Camión 3E	2	3	6	4	7	3	4	29	4	0.787	4	2%
TOTAL	328	306	337	294	348	289	237	2139	306		260	100%

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 41

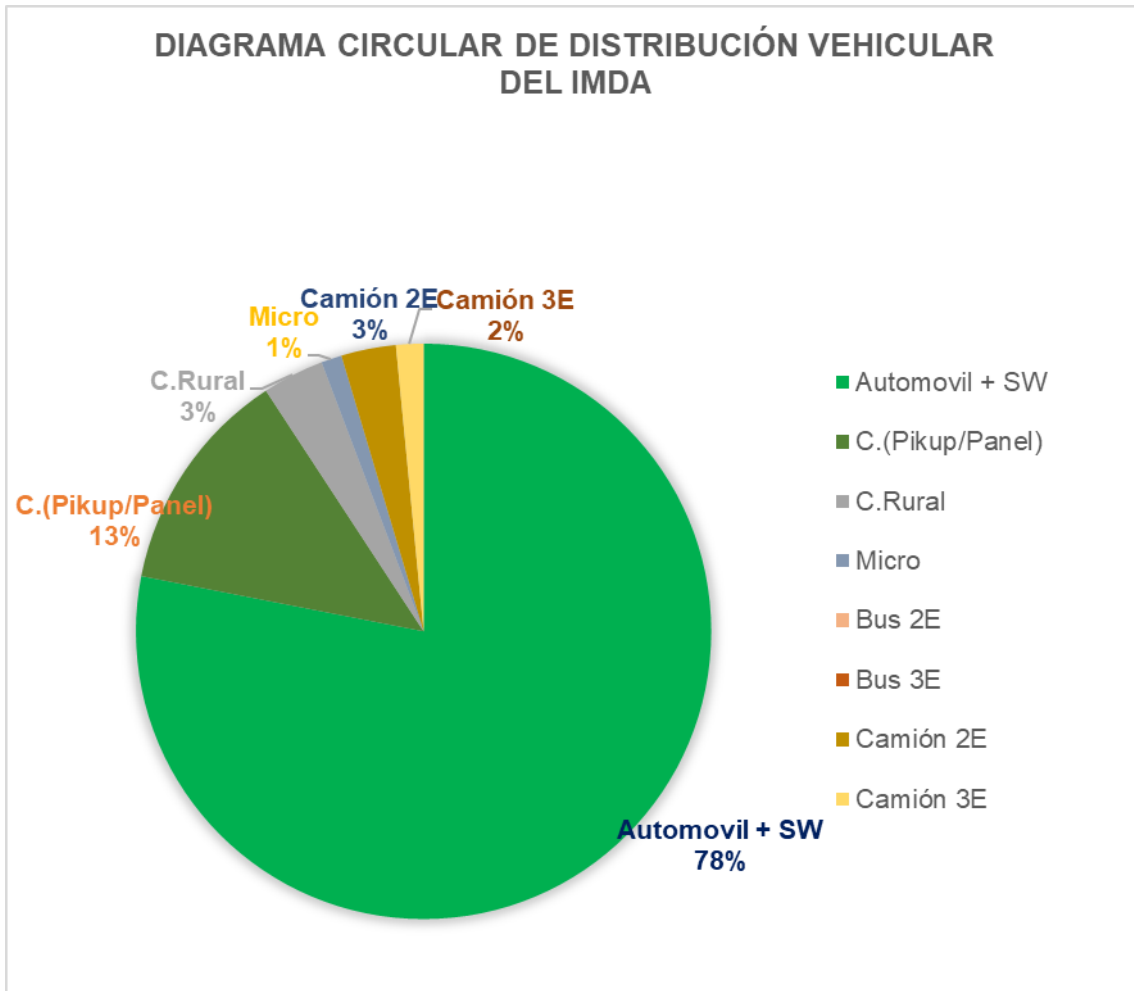
Tráfico por tipo de vehículo

Tráfico por Tipo de Vehículo		
Tipo de Vehículo	IMDA	Distribución (%)
Automóvil + SW	203	78%
C. (P.up/Panel)	33	13%
C. Rural	9	3%
Micro	3	1%
Camión 2E	8	3%
Camión 3E	4	2%
IMDA	260	100%

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 13

Diagrama circular de distribución vehicular



Fuente. Elaboración Propia.

$TPD = IMDA = 260$

$TPDC = 12$

Tabla 42*Determinación de categoría de tráfico*

Categoría de tráfico	Descripción	Tráfico Promedio Diario (TPD)	Tráfico Promedio Diario de Camiones (TPDC)	Cargas máximas por eje (kips)	
				Ejes Simple	Ejes Tandem
Residencial	Calles residenciales.	50-800	1-20	22	36
Coleccionista	Calles colectoras.	700-5,000	40-1,000	26	44
Arteria menor	Calles arteriales, autopista de baja carga.	3,000-15,000+	300-5,000+	30	52
Arteria mayor	Calles arteriales, autopista de alta carga.	4,000-50,000+	700-10,000+	34	60

Nota. Adaptado de: "PavementDesigner.org Evaluation and Comparison to MnPAVE-Rigid" (p. 6), por Tutu, K. A. & Lund, N. G., 2019. Minnesota Department of Transportation.

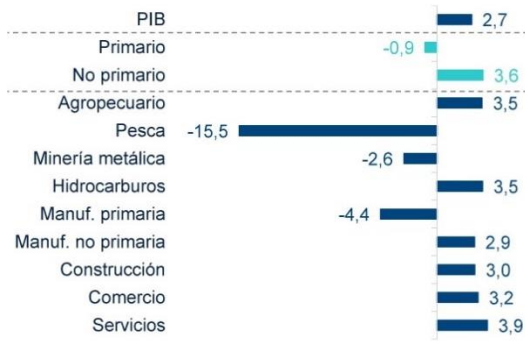
- **Cálculo de la tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones**

Se denomina con la letra "r", el cual está relacionado a la tasa de crecimiento anual del PBI regional y lo obtendremos proyectando la variación porcentual del PBI regional y nacional, de los últimos años. Según los últimos indicadores económicos publicados el 6 de diciembre del 2022, el BBVA Research para el 2022 prevé una tasa de crecimiento del PBI nacional en 2.7% y para el año 2023 proyectándose una tasa de crecimiento del PBI en 2.5%.

Figura 14

Proyección de variación porcentual interanual del PBI

2022: PROYECCIÓN DEL PIB SECTORIAL
(VAR. % INTERANUAL)



1: No incluye inventarios
Fuente: BBVA Research.

2023: PROYECCIÓN DEL PIB SECTORIAL
(VAR. % INTERANUAL)



Fuente: BBVA Research.

Fuente: BBVA Research.

Figura 15

Proyección de tasa de crecimiento de PBI Nacional y PBI Huánuco

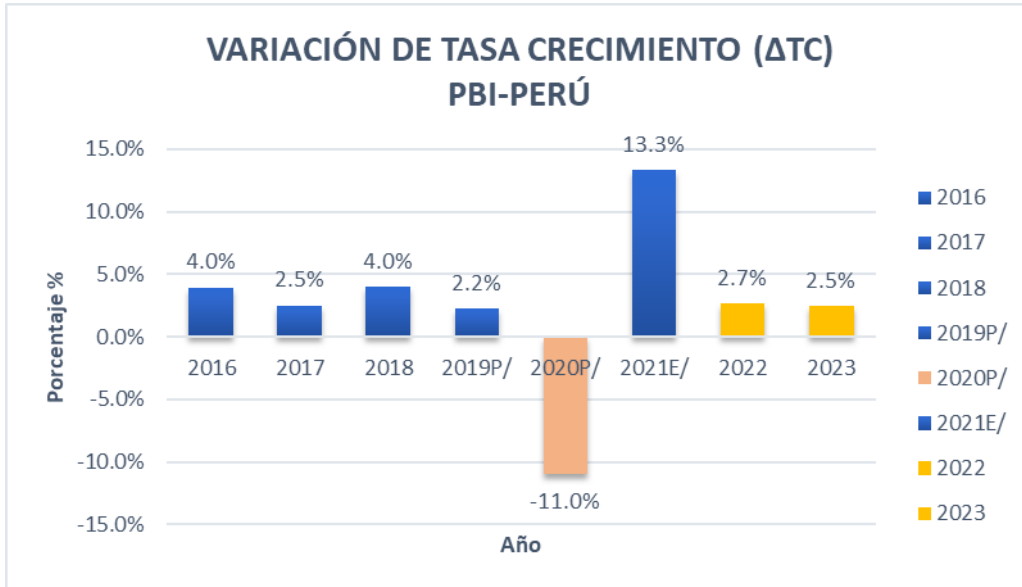
PRODUCTO BRUTO INTERNO POR AÑOS, SEGÚN DEPARTAMENTOS (Valor a precios corrientes "miles de soles")																	
Departamentos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019P/	2020P/	2021E/	2022	2023
Amazonas	1778775	1930947	2058318	2210682	2287107	2551601	2682266	2824603	2782128	2784366	2940822	3118373	3168990	3033975	3135501		
Áncash	15672771	16854588	16400826	16013215	16155687	17666947	18478843	16028265	17584621	18365696	19317454	20712339	20059093	18774516	21297400		
Apurímac	1824181	1688564	1623801	1765744	1869417	2110908	2342674	2437434	2630345	6343065	7718535	7131314	7170478	6443685	6580442		
Arequipa	16991831	18885807	19032479	20158733	21038813	22033542	22629103	22773308	23524592	29623112	30724797	31506818	31404343	26482174	29897324		
Ayacucho	2975676	3401175	3750401	3922514	4111349	4482971	4906299	4879476	5162331	5177917	5451854	5760202	5931518	5161383	5717700		
Cajamarca	8159499	9319769	10050467	10140905	10595497	11270583	11086928	10855588	10798612	10581305	10901682	11209419	11479756	10323609	11468693		
Cusco	10913725	11663686	13631820	15405459	17384466	17711332	20708699	20723581	21071852	21898270	21576717	21700735	22006880	19273644	20508967		
Huancavelica	2475279	2613850	2696095	2817536	2909215	3143661	3174927	3281748	3265820	3212948	3354985	3525421	3527812	3284747	3486567		
Huánuco	3200861	3464132	3499798	3739082	3955589	4380310	4642728	4799787	5114983	5345445	5832171	6010056	6081484	5413863	5918883		
Ica	8793956	10415637	10841974	11607992	12883432	13067505	14394675	14809397	15295581	15325191	16206741	16994391	17656354	15615683	19434835		
Junín	9240435	10023855	9039077	9518659	10009485	10718558	11095514	12391582	14412891	14285221	14954057	15459518	15330366	13877218	15948120		
La Libertad	14615612	15653801	15716171	16624855	17378414	18712792	19532083	19821258	20274733	20448345	20797558	21840178	22637274	21228380	23403009		
Lambayeque	6880023	7512522	7910362	8449884	8937792	9782672	10138533	10354938	10809529	11080412	11371483	11837862	12113549	11355783	13072161		
Lima	136238703	148415981	148910138	164623842	178742876	189597321	200400691	208022491	214469326	220241329	224691974	234445543	240498497	211793982	242143160		
PC-Callao	13386423	14627416	14288888	15689336	17563803	18070083	19196199	19828477	20209052	20690862	21400320	22229310	22458010	18868542	22199686		
Región Lima	11404858	12488983	11612252	12300019	13562753	13897097	14893394	15468191	15992567	16146749	16285655	17183773	17316831	16336935	17687691		
Provincia de Lima	111447422	121299582	123008998	136634487	147616320	157630141	166311098	172725823	178267707	183403718	187005999	195032460	200723656	176588505	202255783		

Loreto	6910964	7324982	7374935	7906943	7608889	8212422	8505693	8779305	8584514	7602217	8087444	8932782	9336037	8040734	8886191		
Madre de Dios	1864543	1902177	2033411	2229180	2454999	1950139	2240082	1923155	2346810	2663699	2409050	2255653	2124983	1610287	1738171		
Moquegua	7525100	8663619	8436303	8457008	7785269	7756800	8598669	8371348	8693747	8635514	8696704	8785457	8416846	8581157	9010514		
Pasco	5486459	5416732	5040946	4702403	4641887	4880072	4885819	5046668	5211406	5329324	5333755	5337612	5443881	4435254	5258978		
Piura	12651720	13580502	13998851	15106528	16366999	17066135	17746782	18750443	18866671	18924869	18473111	19758433	20626256	18695031	20870378		
Puno	5888474	6328455	6587873	6980479	7384505	7734458	8294320	8487313	8519702	9075999	9434737	9666999	9803780	8703309	9696575		
San Martín	3266254	3598432	3740600	4034361	4245537	4752177	4828116	5173301	5466266	5588107	5944145	6063316	6081464	5862804	6307479		
Tacna	5143137	5016741	4823192	5338879	5466509	5526840	5781849	6094038	6598403	6506248	6584715	7110940	8737472	8505041	8852701		
Tumbes	1637185	1902059	2082047	2307874	2168906	2440755	2491026	2607186	2540855	2507255	2649033	2752958	2919599	2518429	2744790		
Ucayali	3054659	3212843	3243767	3351315	3548168	3882453	3947464	3957775	4163474	4176645	4305190	4440780	4625127	4021825	4567097		
VAB	293189822	318790856	322523652	347414072	369930807	391432954	413533783	423193988	438189192	455722499	467758714	486357099	497181839	443036513	499945636		
IP	23672020	26618399	27397396	31092161	32442212	35162701	38194925	39716922	40458121	42246926	42666329	44420343	46142106	40960444	48348374		
DI	2831473	3460639	2772041	3575225	3883297	4603062	4706063	4397059	3859052	3612049	3790051	3849052	3281044	2740037	3420046		
PBI	319693315	348869894	352693089	382081458	406256316	431198717	456434771	467307969	482506365	501581474	514215094	534626494	546604989	486736994	551714056		
ΔTC PBI-PERÚ	--	9.1%	1.1%	8.3%	6.3%	6.1%	5.9%	2.4%	3.3%	4.0%	2.5%	4.0%	2.2%	-11.0%	13.3%	2.7%	2.5%
ΔTC PBI-HCO	--	8.2%	1.0%	6.8%	5.8%	10.7%	6.0%	3.4%	6.6%	4.5%	9.1%	3.1%	1.2%	-11.0%	9.3%	2.9%	2.6%

Fuente: INEI.

Figura 16

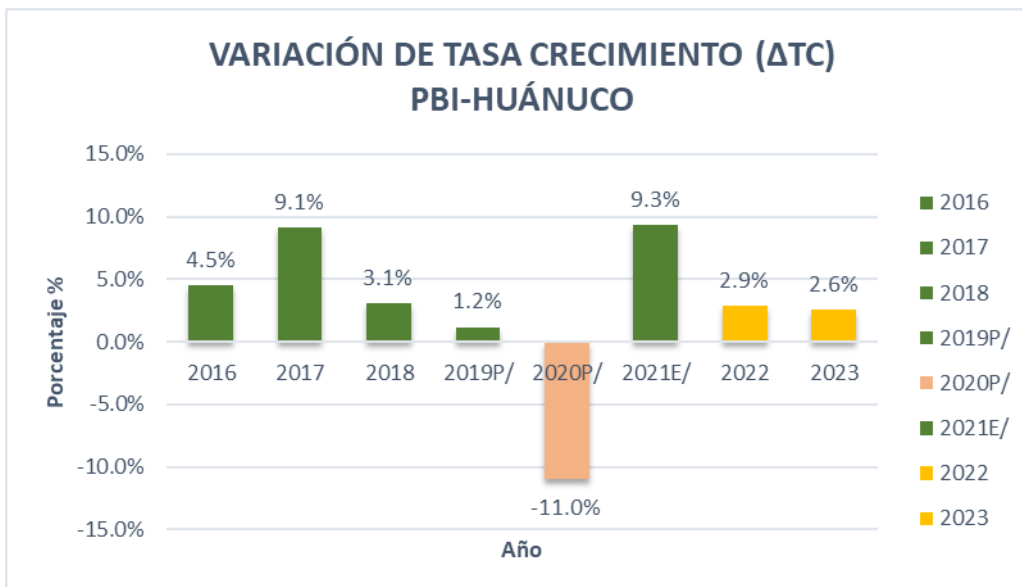
Variación de tasa de crecimiento del PBI Nacional



Fuente. Elaboración Propia.

Figura 17

Variación de tasa de crecimiento del PBI Huánuco



Fuente. Elaboración Propia.

$$r = 2.6\%$$

La distribución direccional, para el diseño del pavimento se estima en 50% en cada dirección, es decir, se considera que las cargas de los camiones en las dos direcciones son equivalentes, solo en casos excepcionales en las que se identifique la existencia de zonas de alta explotación mineral, donde los camiones van cargados en una dirección y retornan sin carga en la otra, sería necesario un realizar un ajuste apropiado.

Seguidamente, se determina el factor de distribución de carriles de diseño, que representa el porcentaje de camiones en una dirección que utilizan más un carril de la carretera:

Tabla 43

Determinación del factor de distribución de carriles de diseño

Número de carriles (ambos sentidos)	Factor de distribución de carriles típico (%)	Rango de factores de Factores de distribución de carriles (%)
2	100	100
4	90	80-100
6	70	60-80
8	50	40-75
10	40	30-60

Nota. Adaptado de: "PavementDesigner.org Evaluation and Comparison to MnPAVE-Rigid" (p. 6), por Tutu, K. A. & Lund, N. G., 2019. Minnesota Department of Transportation.

4.3 Condiciones de diseño

- **Determinación de la vida útil del diseño**

La vida útil del diseño que se planteó para el diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico es de 20 años.

- **Determinación de la fiabilidad**

El nivel de fiabilidad porcentual se determina según la clase funcional de la vía, en este caso corresponde a una carretera local en zona urbana, para lo cual tomaremos el promedio de los límites de valores recomendados.

Tabla 44

Determinación del nivel de fiabilidad

Clase funcional	Nivel de fiabilidad (%)	
	Urbano	Rural
Interestatales, autopistas y peajes	85-99	80-99
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-99	75-95
Carreteras locales	50-80	50-80

Nota. Adaptado de: “PavementDesigner.org Evaluation and Comparison to MnPAVE-Rigid” (p. 7), por Tutu, K. A. & Lund, N. G., 2019. Minnesota Department of Transportation.

- **Porcentaje de losas agrietadas**

El porcentaje de losas agrietadas se determina según la clase funcional, en este caso corresponde a calles residenciales, para lo cual tomaremos el valor de 25%.

Tabla 45

Determinación del porcentaje recomendado de losas agrietadas

Clase funcional	Porcentaje de losas agrietadas	Capacidad de servicio
Interestatales, autopistas y peajes	5	2.50
Carreteras estatales, arterias, colectoras	15	2.00–2.25
Calles residenciales	25	2.00

Nota. Adaptado de: “PavementDesigner.org Evaluation and Comparison to MnPAVE-Rigid” (p. 7), por Tutu, K. A. & Lund, N. G., 2019. Minnesota Department of Transportation.

- **Módulo de resiliencia de la subrasante**

El módulo resiliente de la subrasante se determina a partir de correlaciones con la Relación de Carga de California (CBR), esto se toma al 95% de la máxima densidad seca (MDS).

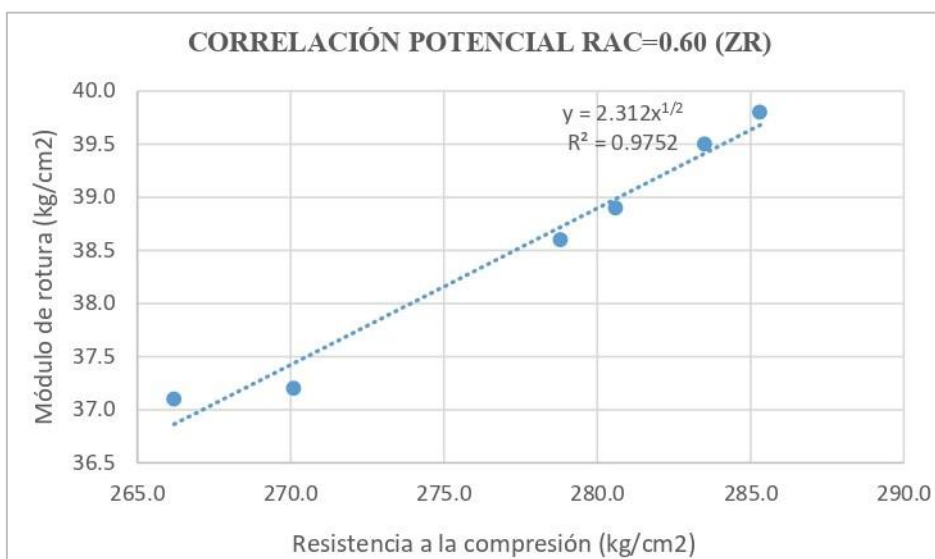
$$CBR = 32.1\%$$

- **Resistencia a la flexión del concreto hidráulico**

La resistencia a la flexión del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos se determinó para una resistencia a la compresión de 280 kg/cm², el cual se obtuvo a partir de correlaciones entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, está definida por la siguiente ecuación $y = 2.312x^{1/2}$.

Figura 18

Correlación potencial RAC=0.60 (ZR)



Nota. Adaptado de: “Correlación del módulo de rotura y resistencia a la compresión de un concreto para pavimento rígido usando diferentes tipos de agregado grueso y relaciones agua/cemento, Trujillo, 2021” (p. 59), por Aguirre, A. T., & Vargas, R. J. 2021. Repositorio de la Universidad Privada del Norte.

De la correlación del módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto hidráulico se tiene la ecuación potencial siguiente: $y = 2.312x^{1/2}$, en la cual la variable “x” corresponde a la resistencia a la compresión y la variable “y” corresponde al módulo de rotura, esto se resuelve para obtener el módulo de rotura para una resistencia a la compresión de 280 kg/cm².

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_R = 2.312 \times 280^{\frac{1}{2}} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 38.687 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 550 \text{ psi}$$

- **Módulo de elasticidad del concreto hidráulico**

El módulo de elasticidad del concreto hidráulico, E, está expresado en unidades psi. Es aproximadamente igual a 6750 x MR, pero a menudo se supone que es 4.000.000 psi.

$$E = 6750 \times M_R = 6750 \times 550 = 3712500 \text{ psi}$$

- **Módulo de resiliencia del pavimento asfáltico**

Se calcula a partir de correlaciones teniendo como dato el valor del coeficiente estructural:

Tabla 46

Coefficientes estructurales de las capas de pavimento a_i

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a _i	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20°C (68 °F).	a ₁	0.170/cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico.
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a ₁	0.125/cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤1'000,000 EE.
Micro pavimento 25 mm.	a ₁	0.130/cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤1'000,000 EE.
Tratamiento Superficial Bicapa.	a ₁	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y, en vías con curvas

			pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.
(*) no se considera por no tener aporte estructural.			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS.	a_2	0.052/cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE.
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS.	a_2	0.054/cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 10'000,000$ EE.
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall= 1500 lb).	a_{2a}	0.115/cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico.
Base Granular Tratada con Cementa (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²).	a_{2b}	0.070/cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico.
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²).	a_{2c}	0.080/cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico.
SUBBASE			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS.	a_3	0.047/cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico.

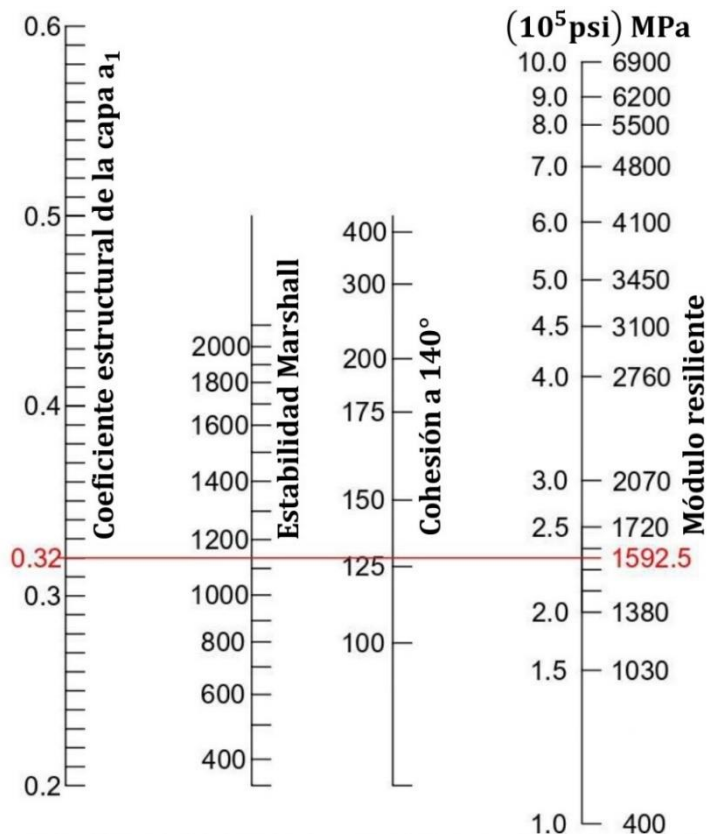
Nota. Adaptado de: "Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" (p. 141), en base a los datos de la Guía AASHTO93, por MTC (2014). MTC, Perú.

En la tabla de coeficientes estructurales de las capas de pavimento de carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión, el valor está expresada sobre centímetro, sin embargo, en las tablas de guía de la AASHTO93, el valor se tiene expresado sobre pulgadas. En consecuencia, hacemos la conversión.

$$a_1 = 0.125/cm = \frac{0.125}{cm} \times \frac{2.54cm}{1 pulg} = 0.32 /pulg$$

Figura 19

Coefficientes estructurales para capas asfálticas relacionados con varios ensayos



Nota. Adaptado de: “Curso de Actualización de Diseño Estructural de Caminos, Método ASSHTO 1993, Tomo 1” (p. 95), por Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña (1998). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

$$M_{Resiliente} = 1592.5 \text{ MPa} = 230972.597 \text{ psi}$$

4.4 Propuesta de diseño de capa de refuerzo de concreto

Tabla 47

Parámetros de diseño en el software de PavementDesigner

Parámetros de diseño en el software de PavementDesigner	
Dimensión	Indicador
Clasificación del índice de condición del pavimento existente	PCIs =33.58
Tiempo de vida útil a extender	20 años
Tráfico Promedio Diario (TPD)	260 vehículos
Tráfico Promedio Diario de Camiones (TPDC)	12 camiones
Categoría de tráfico	Residencial
Tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones	2.60%
Distribución direccional	50%
Factor de distribución de carriles de diseño	100%
Nivel de fiabilidad	65%
Porcentaje de losas agrietadas al final de la vida útil de diseño	25%
CBR de la subrasante	32.10%
Resistencia a la compresión del concreto hidráulico	280 kg/cm ²
Resistencia a la flexión del concreto hidráulico	550 psi
Módulo de elasticidad del concreto hidráulico	3712500 psi
Módulo resiliente del pavimento asfáltico	230972.597 psi
Espesor de la capa asfáltica	2 in

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 20

Interfaz del software de PavementDesigner a nivel de proyecto

1 PROJECT LEVEL **2 PAVEMENT STRUCTURE** **3 SUMMARY**

Units **US** METRIC Help ?

Project Type: Street **Overlay**

TRAFFIC

Residential

Design Life: 20 (Years)

User Defined Traffic Info

Trucks/Day: 12

Traffic Growth Rate: 2.6 (% per year)

Directional Distribution: 50 (%)

Design Lane Distribution: 100 (%)

GLOBAL

Reliability: 65 (%)

% of Slabs Cracked at End of Design Life: 25 (%)

CALCULATED TRAFFIC RESULTS

Avg Trucks/Day In Design Lane over the Design Life: 8

Total Trucks in Design Lane over the Design Life: 56,548

TRAFFIC SUMMARY DETAILS

Single		Tandem		Tridem	
AXLE LOAD (kips)	AXLES/ 1000 TRUCKS	AXLE LOAD (kips)	AXLES/ 1000 TRUCKS	AXLE LOAD (kips)	AXLES/ 1000 TRUCKS
22	0.96	36	4.19	62	0
20	4.23	32	69.59	46	0
18	15.81	28	68.48	40	0
16	38.02	24	39.18	34	0
14	58.11	20	57.1	28	0
12	124	16	75.02	22	0
10	204.96	12	139.3	16	0
8	483.1	8	85.59	10	0
6	732.8	4	31.9	4	0
4	1693.31	0	0	0	0

Fuente. PavementDesigner.

Figura 21

Interfaz del software de PavementDesigner a nivel de proyecto



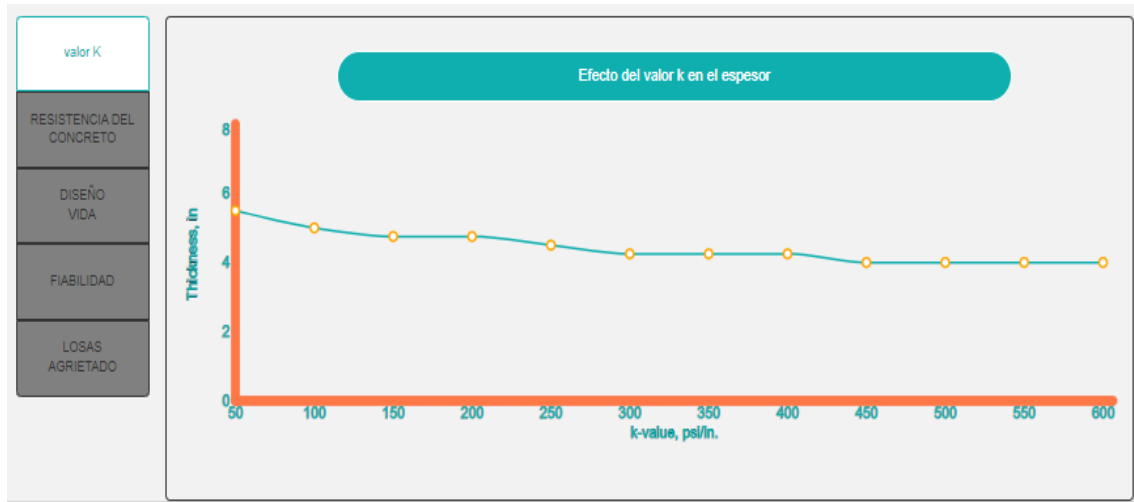
Fuente. PavementDesigner.

Resultados del análisis y orientación

Sensibilidad

Figura 22

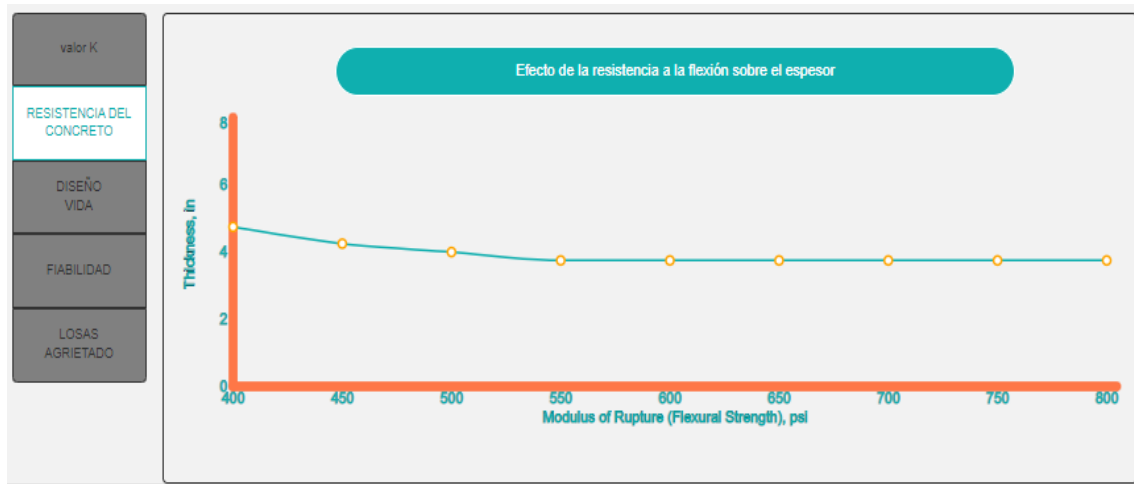
Efecto del valor k en el espesor



Fuente. PavementDesigner.

Figura 23

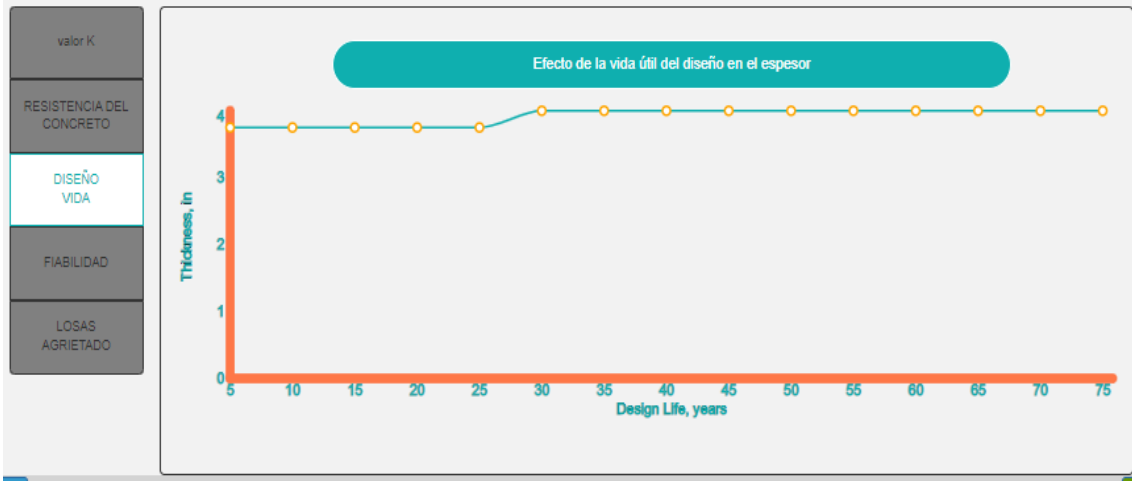
Efecto de la resistencia a la flexión sobre el espesor



Fuente. PavementDesigner.

Figura 24

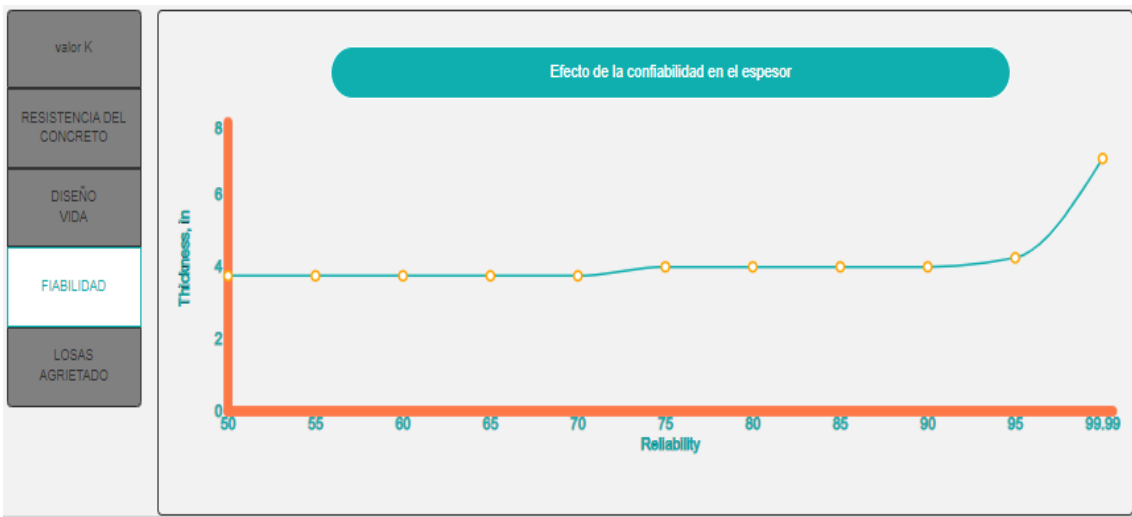
Efecto de la vida útil del diseño en el espesor



Fuente. PavementDesigner.

Figura 25

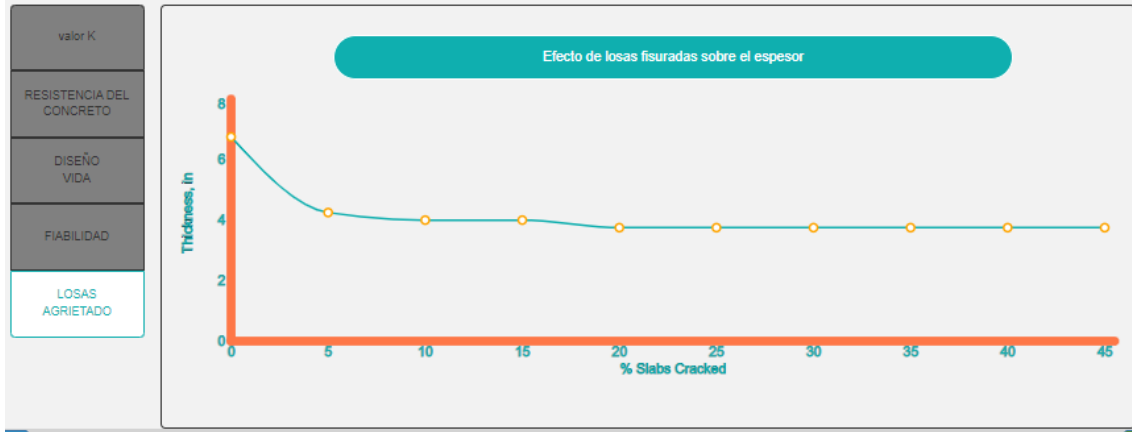
Efecto de la confiabilidad en el espesor



Fuente. PavementDesigner.

Figura 26

Efecto de losas agrietadas sobre el espesor



Fuente. PavementDesigner.

Tabla 48

Análisis por fatiga

DETALLE DEL RESUMEN DE TRÁFICO: Residencial					FATIGA TOTAL UTILIZADA %: 99,24
EJE DE CARGA (kips)	EJES/ 1000 CAMIONES	ESPERADO REPETICIONES	ESTRÉS RELACIÓN	ADMISIBLE REPETICIONES	FATIGA CON SUMADO
EJES SIMPLES					
22	0,96	54	0.818	792	6.85
20	4.23	239	0.748	3,447	6.94
18	15.81	894	0.677	25,598	3.49
dieciséis	38.02	2,150	0.606	434,277	0.5
14	56.11	3,173	0.535	28,275,058	0.01
12	124	7,012	0.463	ilimitado	0
10	204.96	11,590	0.39	ilimitado	0
8	483.1	27,318	0.316	ilimitado	0
6	732.8	41,438	0.241	ilimitado	0
4	1693.31	95,753	0.165	ilimitado	0
EJES TÁNDEM					
36	4.19	237	0.804	1,029	23.03
32	69.59	3,935	0.719	7,121	55.26
28	68.48	3,872	0.635	123,562	3.13
24	39.18	2,216	0.549	10,619,247	0.02
20	57.1	3,229	0.463	ilimitado	0
dieciséis	75.02	4,242	0.375	ilimitado	0
12	139.3	7,877	0.286	ilimitado	0
8	85.59	4,840	0.195	ilimitado	0
4	31.9	1,804	0.102	ilimitado	0
0	0	0	0	0	0

Fuente. PavementDesigner.

Tabla 49

Análisis por erosión

DETALLE DEL RESUMEN DE TRÁFICO: Residencial					EROSIÓN TOTAL UTILIZADA %: 10,92
EJE DE CARGA (kips)	EJES/ 1000 CAMIONES	ESPERADO REPETICIONES	FUERZA	ADMISIBLE REPETICIONES	EROSIÓN CON SUMADO
EJES SIMPLES					
22	0,96	54	0.818	25,168	0.22
20	4.23	239	0.748	43,373	0.55
18	15.81	894	0.677	60,140	1.12
dieciséis	38.02	2,150	0.606	163,325	1.32
14	56.11	3,173	0.535	387,245	0.82
12	124	7,012	0.463	1,208,653	0.58
10	204.96	11,590	0.39	7,743,711	0.15
8	483.1	27,318	0.316	ilimitado	0
6	732.8	41,438	0.241	ilimitado	0
4	1693.31	95,753	0.165	ilimitado	0
EJES TÁNDEM					
36	4.19	237	0.804	52,966	0.45
32	69.59	3,935	0.719	108,054	3.71
28	68.48	3,872	0.635	242,736	1.6
24	39.18	2,216	0.549	698,138	0.32
20	57.1	3,229	0.463	3,355,841	0.1
dieciséis	75.02	4,242	0.375	ilimitado	0
12	139.3	7,877	0.286	ilimitado	0
8	85.59	4,840	0.195	ilimitado	0
4	31.9	1,804	0.102	ilimitado	0
0	0	0	0	0	0

Fuente. PavementDesigner.

Figura 27

Reporte de resultados del diseño de la capa de refuerzo



DESIGN SUMMARY REPORT FOR UNBONDED CONCRETE ON ASPHALT OVERLAY

DATE CREATED:

Sun Mar 05 2023 21:54:21 GMT-0500 (hora estándar de Perú)

Project Description

Project Name: REHABILITACIÓN Owner: MDPM Zip Code: CAYHUAYNA
 Designer's Name: JHORDY CESPEDES Route: JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL
 Project Description: PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO SOBRE ASFALTO

Design Summary

	Doweled	Undoweled		Doweled	Undoweled
Recommended Design Thickness:	3.75 in	3.75 in	Maximum Joint Spacing:	6 ft	6 ft
Calculated Minimum Thickness:	3.69 in	3.69 in			

Pavement Structure

SUBBASE

Calculated Composite K-Value of Substructure: 1097 psi/in

Layer Type	Resilient Modulus	Layer Thickness
CONCRETE OVERLAY (UNBONDED)		
Existing Asphalt	230,972.597 psi	2 in
SUBGRADE		

CONCRETE

28-Day Flex Strength: 550 psi Edge Support: Yes
 Modulus of Elasticity: 3712500 psi Macrobbers in Concrete: No

SUBGRADE

CBR: 32,1 %
 Calculated MRSB Value 20.859 psi

Project Level

TRAFFIC

Spectrum Type: Residential
 Design Life: 20 years

USER DEFINED TRAFFIC

Trucks Per Day: 12
 Traffic Growth Rate %: 2.6 % per year
 Directional Distribution: 50 %
 Design Lane Distribution: 100 %

GLOBAL

Reliability: 65 %
 % Slabs Cracked at End of Design Life: 25 %

Avg Trucks/Day in Design Lane Over the Design Life: 8
 Total Trucks in Design Lane Over the Design Life: 56.548

Fuente. PavementDesigner.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

La evaluación del pavimento existente comprende una longitud de vía igual a 174 metros con un ancho de 5.2 metros, se desarrolló por el método PCI, determinándose 6 muestras totales, de las cuales se seleccionaron 5 unidades de muestra a ser evaluadas, y se planteó una unidad de muestra adicional, con el propósito de tener mayor confiabilidad en el resultado del PCI del pavimento evaluado.

En la UM 1, se identificaron fallas de tipo parcheo, meteorización, baches y desprendimiento de agregado, dando lugar a un PCI igual a 56 en condición de regular.

En la UM 2, se identificaron fallas de tipo corrugación, parcheo, baches, desprendimiento de agregados y meteorización, dando lugar a un PCI igual a 44 en condición de malo.

En la UM 3, se identificaron fallas de tipo corrugación, piel de cocodrilo, baches, desprendimiento de agregados y meteorización, dando lugar a un PCI igual a 23.50 en condición de grave.

En la UM 4, se identificaron fallas de tipo corrugación, piel de cocodrilo, baches, desprendimiento de agregados, y meteorización, dando lugar a un PCI igual a 13.50 en condición de grave.

En la UM 5, se identificaron fallas de tipo piel de cocodrilo, baches, desprendimiento de agregados, y meteorización, dando lugar a un PCI igual a 38.50 en condición de muy malo.

La UM 6 es la muestra adicional, en esta se identificaron fallas de tipo piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, meteorización, baches y desprendimiento de agregados, dando lugar a un PCI igual a 27.50 en condición de muy malo.

Con los valores obtenidos del PCI de cada unidad de muestra se determinó el PCI de toda la sección del pavimento igual a 33.58 en condición de muy malo.

De esta manera, con el resultado obtenido del PCI del pavimento en estudio, nos refiere que corresponde a una condición de muy malo, lo cual indica que el pavimento evaluado se encuentra deteriorado con daños importantes en la superficie, y siguiendo la guía para capa de refuerzo de concreto, nos recomienda intervenir con una rehabilitación mayor en la estructura del pavimento, lo cual corresponde al tipo de capa de refuerzo de concreto no adherido al asfalto, siendo el diseño más eficiente para esta condición de pavimento, ya que permite la colocación de mayores espesores de concreto en la puntos de la superficie más requeridos.

En el diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico se desarrolló el método mecanicista empírico de PavementDesigner, en el aspecto mecánico considera el método de la PCA sobre una base de análisis exhaustivo de las respuestas de los pavimentos calculado utilizando el programa JSLAB, modelando combinaciones de los parámetros de diseño en el software de PavementDesigner, en el aspecto empírico considera los datos de desempeño del pavimento incluyendo la prueba de carretera AASHO para relacionar las respuestas teóricas de los pavimentos para la fatiga y la erosión.

Para determinar los parámetros de diseño de la capa de refuerzo en el software de PavementDesigner, se realizó el estudio de tráfico, del cual se obtuvo el Tráfico Promedio Diario (TPD) equivalente a 260 vehículos y el Tráfico Promedio Diario de

Camiones (TPDC) equivalente a 12 camiones, con el cual se identificó la categoría de tráfico, asimismo, se determinó la tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones tomando en consideración los indicadores económicos del país publicados por el BBVA Research, es así que, interpolando con los datos del PBI según departamentos publicados por el INEI, se obtuvieron los datos de la tasa de crecimiento anual del tráfico de camiones de la región Huánuco equivalente a 2.6%. Además, para los parámetros de diseño tales como; el factor de distribución de carriles de diseño, el nivel de fiabilidad, el porcentaje de losas agrietadas se usaron las tablas de diseño del método PCA. Para la obtención del CBR de la subrasante, se tuvo como dato equivalente a 32.1%, a partir del cual, el software de PavementDesigner calcula el módulo resiliente de la subrasante. Para la obtención de la resistencia a la flexión del concreto hidráulico, se diseñó para una resistencia a la compresión del concreto hidráulico igual a 280 kg/cm², mediante el cual utilizando una correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión se obtuvo la resistencia a la flexión equivalente a 550 psi. Para la obtención del módulo de elasticidad del concreto hidráulico se aplicó la fórmula, dando lugar a un valor de 3,712,500 psi. Para la obtención del módulo de resiliencia del pavimento asfáltico, primero se usaron tablas para determinar el valor del coeficiente estructural, posteriormente, se usó un ábaco, donde el coeficiente estructural de la capa asfáltica está en función del módulo resiliente, obteniendo un valor del módulo resiliente de la capa asfáltica igual a 230,972.597 psi.

De los resultados del diseño de la capa de refuerzo de la capa de concreto hidráulico para las condiciones dadas se obtuvo un espesor de la capa de refuerzo equivalente a 3.75 pulgadas sin dowels y un espaciado de las juntas equivalente a 6 pies.

CONCLUSIONES

En la evaluación del índice de condición del pavimento existente se seleccionaron 5 unidades de muestras a inspeccionar, además de una unidad de muestra adicional, con el propósito de tener mayor confiabilidad en el resultado del PCI, de esta manera, en el la UM 1 se obtuvo un PCI igual a 56 en condición de regular, en el la UM 2 se obtuvo un PCI igual a 44 en condición de malo, en el la UM 3 se obtuvo un PCI igual a 23.50 en condición de grave, en el la UM 4 se obtuvo un PCI igual a 13.50 en condición de grave, en el la UM 5 se obtuvo un PCI igual a 38.50 en condición de muy malo, en la UM 6 (muestra adicional) se obtuvo un PCI igual a 27.50 en condición de muy malo, con estos datos se obtuvo un PCI de toda la sección del pavimento igual a 33.58 en condición de muy malo, lo cual indica la necesidad de una rehabilitación mayor, correspondiendo a un diseño de capa de refuerzo de concreto hidráulico no adherido al asfalto.

El diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner es un diseño mejorado, ya que incluye mejoras sofisticadas en el análisis, por cuanto incluye al procedimiento de diseño de la PCA un análisis riguroso de las respuestas del pavimento, mediante el programa de elementos finitos de JSLAB, modelando combinaciones de los parámetros de diseño en el software de PavementDesigner.

La propuesta de diseño de capa de refuerzo de la capa de concreto hidráulico, según la condición del pavimento, consiste en una capa de refuerzo no adherida al asfalto, con una resistencia a la compresión del concreto hidráulico de 280 kg/cm², con un espesor de la capa de refuerzo equivalente a 3.75 pulgadas sin dowels y un espaciado de las juntas igual a 6 pies.

La propuesta de diseño de capa de refuerzo para rehabilitación del pavimento flexible se presenta a nivel de estudios técnicos para mejorar las condiciones del pavimento, cuyo resultado de diseño consiste en restaurar la condición buena del pavimento, es decir, se lograría eliminar la totalidad de los daños, con una vida útil de diseño del pavimento rehabilitado igual a 20 años.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

En la presente investigación se recomienda realizar una evaluación del índice de condición del pavimento existente, de esta manera, determinar el tipo de sistema de capa de refuerzo, ya que según la condición de superficie de rodadura, se determina si corresponde a una capa de refuerzo adherido al asfalto o a una capa de refuerzo no adherido al asfalto, asimismo, se sugiere revisar la guía para capas de refuerzo de concreto, en las cuales se encontrarán recomendaciones de los procedimientos actualizados para elegir el diseño adecuado.

En la presente investigación se recomienda el diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico para el sistema de capa de refuerzo no adherido utilizando el software de PavementDesigner, ya que consiste en un procedimiento de diseño mejorado y sofisticado.

En la presente investigación se recomienda el desarrollo de la propuesta de diseño de capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner con un sistema de capa de refuerzo no adherido, ya que corresponde para la condición del pavimento evaluado, es decir, una condición de muy malo o deteriorado, asimismo, se sugiere evaluar la utilización de dowels para las juntas transversales en el caso que el espesor sea mayor o igual a 7 pulgadas.

Se recomienda considerar la propuesta de diseño de capa de refuerzo con fines de rehabilitación, ya que es una alternativa de solución sostenible, además, que representa los procedimientos de diseño recomendados, modernos y sofisticados que brindan un alto grado de confiabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2018). *D6433-18 "Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys"*. ASTM International, United States.
- Arias Plasencia, D. I., & Leguia Ortiz, G. A. (2021). *Aplicación de la técnica whitetopping como alternativa de rehabilitación para extender la vida útil del pavimento asfáltico* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional - Universidad Ricardo Palma.
- Acero Moreno, A. (2020). *Utilización del proceso Whitetopping para la protección de las capas inferiores en la construcción del peaje Pipiral en la vía Bogotá – Villavicencio* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Aguirre, A. T., & Vargas, R. J. (2021). *Correlación del módulo de rotura y resistencia a la compresión de un concreto para pavimento rígido usando diferentes tipos de agregado grueso y relaciones agua/cemento, Trujillo, 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/29981>
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, D.C.
- American Concrete Pavement Association (ACPA). (2006). *Design of Concrete Pavement for Streets and Roads*. ACPA Publication IS184.03P.
- American Concrete Pavement Association (ACPA). (2002). *Design of Concrete Pavement for City Streets*. ACPA Publication IS184.02P.
- American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>

- ASTM International. (2018). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (D6433)*. <https://www.astm.org/d6433-18.html>
- Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña. (1998). *Curso de Actualización de Diseño Estructural de Caminos, Método ASSHTO 1993, Tomo 1*. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.
- Fabián Guerra, J. K. (2021). *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante la metodología del PCI de la Avenida Perú, Distrito de Amarilis- Huánuco-2020* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Ferrebee, E., Gieraltowski, A., & Voigt, G. (2018) *Creation and development of PavementDesigner.org – a unified industry-wide pavement design tool for concrete and cement-based solutions*. American Concrete Pavement Association, Rosemont, Illinois, United States of America.
https://pavewise.com/wp-content/uploads/Creation-and-Development-of-Pavementdesigner.org-Eric-Ferrebee_4.pdf
- Fick, G., Gross, J., Synder, M. B., Harrington, D., Roesler, J. y Cackler, T. (2021). *Guide to Concrete Overlays (Fourth Edition)*. National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA.
https://intrans.iastate.edu/app/uploads/2021/11/guide_to_concrete_overlays_4th_Ed_web.pdf
- Florida Department of Transportation (FDOT). (2021). *Rigid Pavement Design Manual (RPDM)*. Florida Department of Transportation (FDOT).
<https://fdotwww.blob.core.windows.net/sitefinity/docs/default-source/roadway/pm/publications/2021-rpdm-final.pdf?>
- Garófalo Guevara, K. S. (2019). *Propuesta de aplicación de la tecnología Whitetopping para la rehabilitación del pavimento asfáltico de la calle Fco. Aguirre Abad*

- desde Tulcán hasta Asisclo Garay, ubicada en la Parroquia Urdaneta. Ciudad de Guayaquil* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional - Universidad de Guayaquil.
- Harrington, D. y Fick, G. (2014). *Guía para Capas de Refuerzo con Hormigón: Soluciones Sustentables para Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes (3era edición)*. National Concrete Pavement Technology Center, Ames, IA.
https://intrans.iastate.edu/app/uploads/2018/08/Overlays_3rd_edition_Spanish.pdf
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education.
<http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- Li, Z., Dufalla, N., Mu, F., & Vandenbossche, J. M. (2013). *Bonded concrete overlay of asphalt pavements Mechanistic-Empirical design guide (BCOA-ME)*. University of Pittsburgh, FHWA Pooled Fund Study TPF 5-165.
- López Carreño, R. D. (2018). *Aportaciones al proyecto, construcción y reparación de pavimentos de hormigón* [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña]. <http://hdl.handle.net/2117/122285>
- Luna Castro, M. A., Orta Amaro, P. A. & García Depestre, R. A. (2019). Aplicación de la tecnología whitetopping en un tramo de la carretera: circuito sur - topes de collantes. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13(3),1-7.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193961007003>
- Menéndez, J. R. (2016). *Ingeniería de pavimentos-Materiales. 5ta. edición*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2016). *Manual de inventarios viales*. MTC, Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2018). *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*. MTC, Perú.
- PavementDesigner.org. *Mapa y metodología de PavementDesigner*. ACPA, NRMCA, PCA y RCC Pavement Council. <https://www.pavementdesigner.org/>
- Pirca Ramos, W., & Chinchay Liviapoma, L. N. (2021). *Propiedades mecánicas del concreto con fibras sintéticas para rehabilitar pavimento flexible mediante la técnica Whitetopping, en Avenida Central San Juan de Lurigancho, Lima, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- The Florida Concrete & Products Association (FC&PA). (2021). *Florida Streets and Local Roads Design Guide*. The Florida Concrete & Products Association.
- Torres, H. N., Roesler, J. Ramussen, R. O., Harrington, D. (2012). *Guide to the Design of Concrete Overlays Using Existing Methodologies*. National Concrete Pavement Technology Center Institute for Transportation, Iowa State University.
- Tutu, K. A. & Lund, N. G. (2019). *PavementDesigner.org Evaluation and Comparison to MnPAVE-Rigid*. Minnesota Department of Transportation.
- Ureta Espinoza, Y. C. (2018). *Utilización de Ultra-Thin Whitetopping como Método de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos en la Ciudad de Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional - Universidad Privada de Tacna.
- Valderrama Mendoza, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica cualitativa, cuantitativa y mixta*. Lima, Perú: San Marcos.
- Vásquez Varela, L. R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Ingepav, Manizales.

ANEXOS

- **Anexo N°01: Matriz de consistencia**

Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño de la investigación
<p>Problema general: ¿Cuáles son las características del diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner, que permitirán plantear la rehabilitación del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal, Cayhuayna-2023?</p> <p>Problema específico: ¿Cuál es la condición actual del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal? ¿Cuáles son las variables que determinan el diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner? ¿Cuál es el espesor de la capa de refuerzo de concreto hidráulico y el espaciamiento de las juntas utilizando el software de PavementDesigner?</p>	<p>Objetivo general: Determinar las características del diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner, para proponer la rehabilitación del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal, Cayhuayna-2023.</p> <p>Objetivo específico: Determinar el estado situacional actual del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal, haciendo uso del método PCI. Determinar las variables del diseño de la capa de refuerzo definiendo los parámetros de diseño en el software de PavementDesigner. Determinar el espesor de la capa de refuerzo de concreto hidráulico y el espaciamiento de las juntas, utilizando el software de PavementDesigner.</p>	<p>Hipótesis general: La determinación de las características del diseño de la capa de refuerzo de concreto hidráulico utilizando el software de PavementDesigner, permitirá plantear la rehabilitación del pavimento flexible en el Jirón Javier Pulgar Vidal, Cayhuayna-2023.</p> <p>Hipótesis específicas: El estado situacional actual del pavimento flexible del Jirón Javier Pulgar Vidal es evaluable utilizando el método PCI. Las variables del diseño de la capa de refuerzo son determinables identificando los parámetros de diseño en el software de PavementDesigner. El espesor de la capa de refuerzo de concreto hidráulico y el espaciamiento de las juntas son determinables utilizando el software de PavementDesigner.</p>	<p>Variable independiente: •Parámetros de diseño en el software PavementDesigner. •Capa de refuerzo de concreto hidráulico.</p> <p>Variable dependiente: Rehabilitación del pavimento flexible.</p>	<p>Nivel Descriptivo.</p> <p>Tipo Aplicada.</p> <p>Diseño No experimental transversal.</p>

- **Anexo N°02: Consentimiento informado**

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Jhordy Cespedes Martinez, bachiller de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, me encuentro realizando una investigación denominada **“PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023”**, con el objetivo de demostrar que el diseño de capas de refuerzo son un método de rehabilitación de pavimentos según la condición del mismo.

Declaro que me encuentro en mi plena capacidad de forma libre y voluntaria, habiendo sido informado de la investigación. Por lo expuesto, consiento y autorizo la revisión de la elaboración de mi tesis para las observaciones pertinentes, las cuales servirán de ayuda en mi investigación.

Es cuanto le informo para su conocimiento y fines pertinentes, reiterándole mis cordiales saludos.

Atentamente,



Jhordy Cespedes Martinez
Bachiller en Ingeniería Civil
D.N.I N° 72198431




Jim Arturo Rivera Vidal
Docente contratado (Asesor)
D.N.I N° 22510037

• **Anexo N°03: Instrumentos**

Tabla 50

Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
	MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)									
	NORMA D6433-18									
PROYECTO:										
Nombre de la vía:										
Unidad de muestra:										
Progresiva inicial (km):										
Progresiva final (km):										
Ancho de la vía (m):										
Área de la unidad (m²):										
			Evaluador:							
			Fecha:							
TIPO DE FALLAS										
N°	TIPO DE FALLA	CÓDIGO	UNIDAD							
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²							
2	Exudación	EX	m ²							
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m ²							
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m							
5	Corrugación	COR	m ²							
6	Depresión	DEP	m ²							
7	Grietas de Borde	GB	m							
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m							
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m							
10	Grietas longitudinales/transversales	GLT	m							
11	Parcheo	PA	m ²							
12	Pulimento de Agregados	PU	m ²							
CLASIFICACIÓN DE SERVICIALIDAD										
Baja	Low	L								
Media	Medium	M								
Alta	High	H								
LISTA DE FALLAS										
FALLA	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		ÁREA/LONGITUD/UNIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	
			X (m)	Y (m)	Longitud	Ancho	Unidad			

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

Tabla 51

Formato de conteo y clasificación vehicular

**FORMATO RESUMEN DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA												ESTACION											
SENTIDO		E ←		S →								CODIGO DE LA ESTACION											
UBICACIÓN																							
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	
	PICK UP	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																							

Nota. Fuente: "Manual de inventarios viales" (p. 166), por MTC (2016). MTC, Perú.

- **Anexo N°04: Constancia de similitud de la tesis**

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

N°011-2023- DI/FICA

La directora de investigación de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco;

HACE CONSTAR que:

La Tesis titulada **“PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023”**

del Bachiller (s) **JHORDY CESPEDES MARTINEZ**, en Ingeniería Civil, cuenta con un índice de similitud del 9% verificable en el Reporte de Originalidad del software antiplagio Turnitin. Luego del análisis se concluye que, cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio, por lo expuesto la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 35% establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Huánuco, 19 de mayo del 2023



.....
Dra. Ana María Matos Ramírez
Directora de Investigación FICA



NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS JHORDY CESPEDES MARTINEZ_p
df**

AUTOR

JHORDY CESPEDES MARTINEZ

RECuento DE PALABRAS

19664 Words

RECuento DE CARACTERES

111404 Characters

RECuento DE PÁGINAS

175 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.3MB

FECHA DE ENTREGA

May 15, 2023 8:39 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 15, 2023 8:41 AM GMT-5

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado

- **Anexo N°05: Acta de defensa de tesis**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los 04 días del mes de mayo de 2023, siendo las 17:00 pm, se dará cumplimiento a la Resolución de Decano N°166-2023-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y sustentación de tesis) y la Resolución Virtual N°260-2023-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 2.MAY.2023 (Fijando fecha y hora de sustentación de tesis), en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N° 3412-2022-UNHEVAL (Aprobando el procedimiento de la Sustentación de Tesis), los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de tesis en acto público **presencial** de la tesis titulada: **PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023**, para optar el Título de Ingeniero Civil del Bachiller **JHORDY CESPEDES MARTINEZ**, reuniéndose en el aula N°201, de la Fica, el jurado examinador integrado por los Docentes: Mg. Ing. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza, PRESIDENTE – Dra. Ing. Ana María Matos Ramírez, SECRETARIO – Mg. Ing. Elisa Raquel Quintanilla Herrera, VOCAL y el bachiller mencionado, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación de tesis y obtener el **TÍTULO de INGENIERO CIVIL** de la carrera profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Concluido el acto de defensa los miembros de jurado, procedió a la evaluación del aspirante al título profesional de Ingeniero Civil, obteniendo luego el resultado siguiente:

APELLIDOS Y NOMBRES	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
CESPEDES MARTINEZ JHORDY	<i>APROBADO</i>	<i>16</i>	<i>Bueno</i>

Calificación que se realizó de acuerdo con la Resolución Consejo Universitario N° 3412-2022-UNHEVAL -Título VII – Capítulo VI Art.78 Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Dándose por finalizado dicho acto a las: *7:00 pm* del mismo día 04/05/2023 con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.


REYDER A. LAMBRUSCHINI ESPINOZA
PRESIDENTE


ANA MARÍA MATOS RAMÍREZ
SECRETARIO


ELISA RAQUEL QUINTANILLA HERRERA
VOCAL

- **Anexo N°06: Nota biográfica**

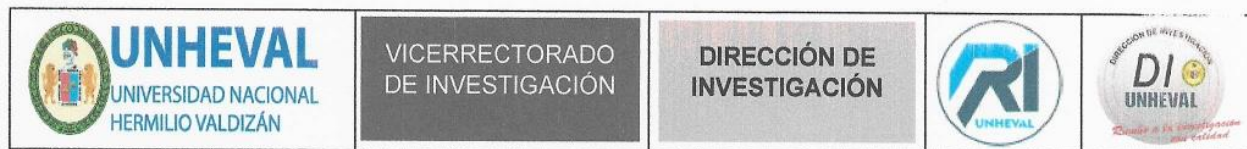
NOTA BIOGRÁFICA



- Autor** : Jhordy Cespedes Martinez
- Lugar de Nacimiento** : Distrito de Huánuco, Provincia de Huánuco,
Departamento de Huánuco.
- Fecha de Nacimiento** : 10/08/1997
- Educación Secundaria** : Julio Benavides Sanguinetti
- Educación Universitaria** : Universidad Nacional Hermilio Valdizan
- Grado Académico** : Bachiller en Ingeniería Civil por la Universidad Nacional
Hermilio Valdizan
- Título de la Tesis** : “Propuesta de diseño de capa de refuerzo de concreto
hidráulico utilizando el software de Pavementdesigner
para la rehabilitación del pavimento flexible en el Jirón
Javier Pulgar Vidal, Cayhuayna-2023”

La presente Tesis fue sustentada para optar el Título de Ingeniero Civil, en la ciudad universitaria de Cayhuayna el día,04 de mayo del 2023.

- **Anexo N°07: Autorización para publicación de tesis electrónica y D.J. del Trabajo de Investigación**



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	X	Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	
Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)								
Facultad	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA							
Escuela Profesional	INGENIERIA CIVIL							
Carrera Profesional	INGENIERIA CIVIL							
Grado que otorga	-----							
Título que otorga	INGENIERO CIVIL							
Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)								
Facultad	-----							
Nombre del programa	-----							
Título que Otorga	-----							
Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)								
Nombre del Programa de estudio	-----							
Grado que otorga	-----							

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	Céspedes Martínez Jhordy								
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	920612208	
Nro. de Documento:	72198431				Correo Electrónico:				jhordycespedesmartinez@gmail.com
Apellidos y Nombres:									
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:		
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:				
Apellidos y Nombres:									
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:		
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:				

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	X	NO		
Apellidos y Nombres:	Rivera Vidal Jim Arturo			ORCID ID:	https://orcid.org/0000-0002-5656-8952	
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	Nro. de documento:	22510037

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	Lambruschini Espinoza Reyder Alexander
Secretario:	Matos Ramirez Ana María
Vocal:	Quintanilla Herrera Elisa Raquel
Vocal:	
Vocal:	
Accesitario	Dominguez Magino Mauro Antonio

5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPA DE REFUERZO DE CONCRETO HIDRÁULICO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE PAVEMENTDESIGNER PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL JIRÓN JAVIER PULGAR VIDAL, CAYHUAYNA-2023
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.



6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)		2023			
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	X	Tesis Formato Artículo		
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional		
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)		
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	Propuesta de diseño	Capa de refuerzo	Parámetros de diseño		
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)		
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:		
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):			SI	NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:					

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente, Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	Céspedes Martínez Jhordy	Huella Digital
DNI:	72198431	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 22/05/2023		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.

- **Anexo N°08: Validación del (de los) instrumento (s) por jueces**



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres (experto): OCHOA SIMÓN, Luis Ivanson
 1.2. Grado académico: Maestro en Ingeniería Vial
 1.3. Centro de labores: Provincias Nacionales
 1.4. Cargo: Ing. Presidente
 1.5. Instrumentos:
 A. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.
 B. Formato de conteo y clasificación vehicular.
 1.6. Tesista responsable: **CESPEDES MARTINEZ Jhordy**

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN	CRITERIOS (Descripción de los ítems)	VALORACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.					X
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.					X
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.					X
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.					X
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y su valores son apropiados.					X
SUFICIENCIA	Son suficiente la cantidad y claridad de Ítems presentados en el instrumento.					X
PUNTUACIÓN PARCIAL						30
PUNTUACIÓN TOTAL						30

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:

3.1. Puntuación

Rango	Descripción	Puntuación
0 - 6	No aplicable	0.2
7 - 12	No válido, reformular	0.4
13 - 18	No válido, modificar	0.6
19 - 24	Válido, mejorar	0.8
25 - 30	Válido, aplicar	1.0

3.2. Valoración total cuantitativa: 30 = 1,0

3.3. Observación: El instrumento presentado cuenta con los datos necesarios para la toma de información.

Huánuco, 12 de Dic del 2022.

Firma

Apellidos y Nombres: OCHOA SIMÓN, Luis Ivanson



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres (experto): *Vigo Rojas Robin Alfredo*
 1.2. Grado académico: *Ingeniero Civil*
 1.3. Centro de labores: *UNHEVAL*
 1.4. Cargo: *Sec. Resp. de Ob. Geotécnica*
 1.5. Instrumentos:
 A. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.
 B. Formato de conteo y clasificación vehicular.
 1.6. Tesista responsable: **CESPEDES MARTINEZ Jhordy**

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN	CRITERIOS (Descripción de los ítems)	VALORACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				X	
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.				X	
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.				X	
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.				X	
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y su valores son apropiados.				X	
SUFICIENCIA	Son suficiente la cantidad y claridad de ítems presentados en el instrumento.					X
PUNTUACIÓN PARCIAL						
PUNTUACIÓN TOTAL						

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:

3.1. Puntuación

Rango	Descripción	Puntuación
0 - 6	No aplicable	0.2
7 - 12	No válido, reformular	0.4
13 - 18	No válido, modificar	0.6
19 - 24	Válido, mejorar	0.8
25 - 30	Válido, aplicar	1.0

3.2. Valoración total cuantitativa: *1.0*

3.3. Observación: *Se tiene indicadores de evaluación bueno y muy bueno, los cuales son válidos para aplicarse en esta investigación.*



Huánuco, *12* de *12* del 202*2*

[Signature]

Apellidos y Nombres: **ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**
 Ingeniero Civil
 Reg CIP N° 264235



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y nombres (experto): Leónidas Villanueva Abal

1.2. Grado académico: Ing. Civil

1.3. Centro de labores: Inversiones EHEC SRL

1.4. Cargo: Jefe de laboratorio

1.5. Instrumentos:

A. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

B. Formato de conteo y clasificación vehicular.

1.6. Tesista responsable: **CESPEDES MARTINEZ Jhordy**

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN	CRITERIOS (Descripción de los ítems)	VALORACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.					X
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.					X
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.					X
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.					X
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y su valores son apropiados.					X
SUFICIENCIA	Son suficiente la cantidad y claridad de ítems presentados en el instrumento.					X
PUNTUACIÓN PARCIAL						30
PUNTUACIÓN TOTAL		30				

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:

3.1. Puntuación

Rango	Descripción	Puntuación
0 - 6	No aplicable	0.2
7 - 12	No válido, reformular	0.4
13 - 18	No válido, modificar	0.6
19 - 24	Válido, mejorar	0.8
25 - 30	Válido, aplicar	1.0

3.2. Valoración total cuantitativa: 1.0

3.3. Observación: Los instrumentos de esta investigación son los adecuados y coherentes, además tienen un indicador de evaluación muy bueno.

Huánuco, 14 de 12 del 2021

Ing. Leónidas Villanueva Abal
CIP. 72850

Firma

Apellidos y Nombres: Leónidas Villanueva Abal

- **Anexo N°09: Panel fotográfico**

Fotografía N°1. En la siguiente fotografía se aprecia la coordinación del grupo de inspección para el trabajo de campo.



Fotografía N°2. En la siguiente fotografía se aprecia el recorrido de la unidad de muestra UM-1, la cual inicia en la progresiva 0+000 y termina en la progresiva 0+174.



Fotografía N°3. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente al parcheo en la unidad de muestra UM-1.



Fotografía N°4. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente al parcheo en la unidad de muestra UM-2.



Fotografía N°5. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a baches en la unidad de muestra UM-2.



Fotografía N°6. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a baches en la unidad de muestra UM-3.



Fotografía N°7. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a la corrugación en la unidad de muestra UM-3.



Fotografía N°8. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente piel de cocodrilo en la unidad de muestra UM-4.



Fotografía N°9. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a peladura y desprendimiento en la unidad de muestra UM-4.



Fotografía N°10. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a corrugación en la unidad de muestra UM-4.



Fotografía N°11. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a meteorización en la unidad de muestra UM-4.



Fotografía N°12. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a baches en la unidad de muestra UM-4.



Fotografía N°13. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a baches y a peladura y desprendimiento en la unidad de muestra UM-5.



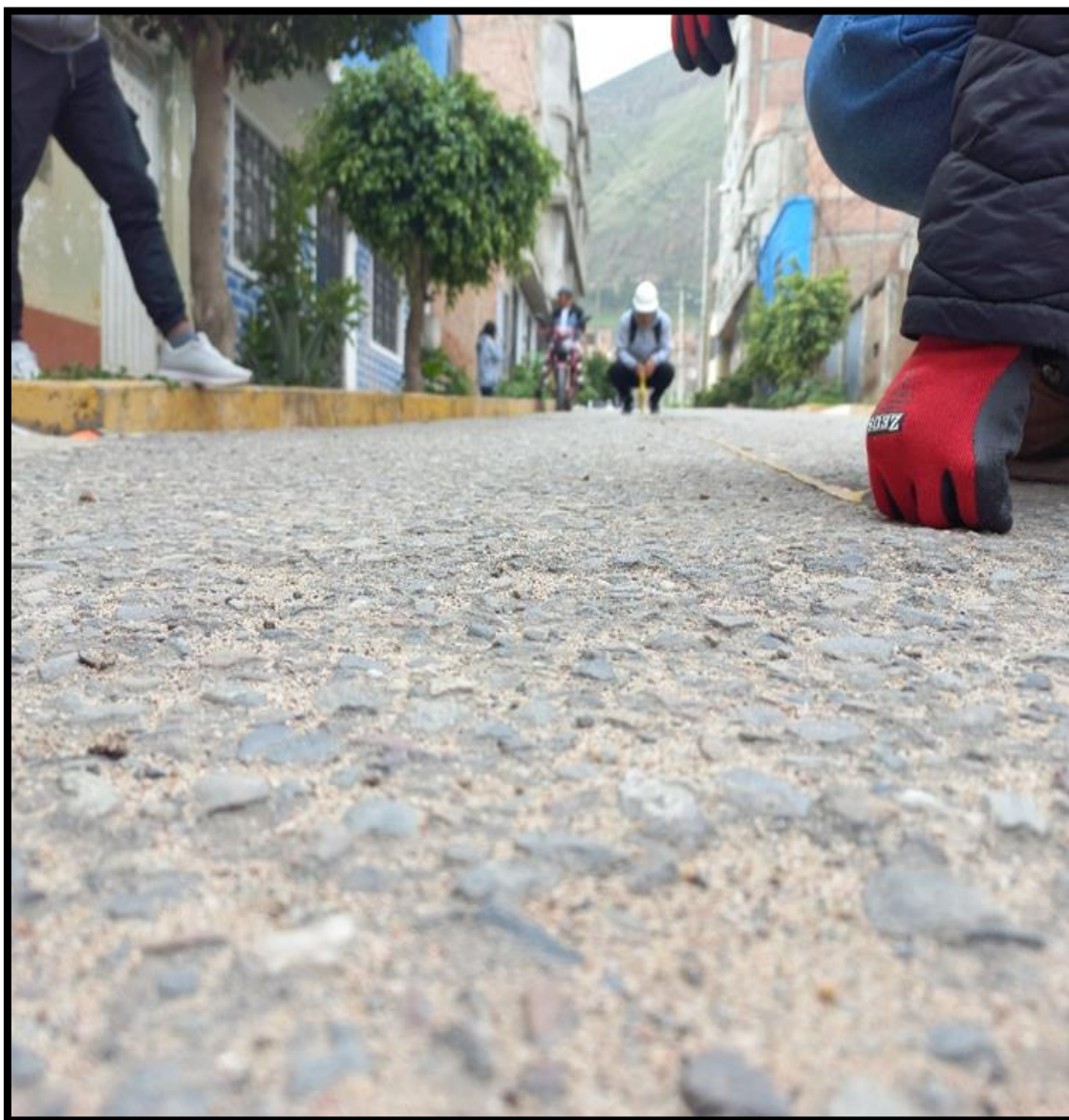
Fotografía N°14. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a piel de cocodrilo y a peladura y desprendimiento en la unidad de muestra UM-5.



Fotografía N°15. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a baches y a peladura y desprendimiento en la unidad de muestra UM-5.



Fotografía N°16. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a meteorización en la unidad de muestra UM-5.



Fotografía N°17. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a meteorización en la unidad de muestra UM-5.



Fotografía N°18. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a baches en la unidad de muestra UM-6.



Fotografía N°19. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a piel de cocodrilo en la unidad de muestra UM-6.



Fotografía N°20. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a piel de cocodrilo en la unidad de muestra UM-6.



Fotografía N°21. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a piel de cocodrilo en la unidad de muestra UM-6.



Fotografía N°22. En la siguiente fotografía se aprecia el tipo de falla correspondiente a piel de cocodrilo en la unidad de muestra UM-6.

