



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Identificación y evaluación de fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Herrera Silva, Anthony Marcelo (ORCID: 0000-0002-1317-9682)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

*Dedicada a Marcelo, María y mis Hnos., por su apoyo constante para superar los retos que se me presenten y cumplir mis metas. A Fiorella mi novia por su apoyo incondicional, amor y paciencia.*

**Atte. Anthony Marcelo Herrera Silva**

## **Agradecimiento**

*A mi familia por ser mi motivación y por su apoyo incondicional siempre.*

*Al Doctor Gerardo Enrique Cancho Zúñiga por asesorarme en la correcta formulación de mi investigación, por su tiempo y paciencia.*

*A los docentes de la Universidad César Vallejo por ser mis guías para formar un camino íntegro y de amor a mi carrera profesional.*

*A Fiorella mi compañera en maravillosos momentos, por ser mi apoyo y mi guía en el camino de mi carrera profesional y por nuestra pequeña Almendrita.*

**Atte. Anthony Marcelo Herrera Silva**

## Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	iv
Índice de gráficos y figuras.....	iv
Resumen .....	v
Abstract .....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA .....	18
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y Operacionalización.....	19
3.3. Población, muestra y muestro.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	20
3.5. Procedimientos .....	21
3.6. Metodo de análisis de datos.....	20
3.7. Aspectos éticos .....	20
IV. RESULTADOS .....	21
4.1. Evaluación del grado de severidad de fallas superficiales .....	21
4.2. Evaluación superficial del pavimento flexible por diseño.....	25
4.3. Evaluación superficial del pavimento flexible del suelo .....	29
V. DISCUSIÓN.....	33
VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. RECOMENDACIONES .....	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS.....	44

## Índice de tablas

Tabla N° 01. Rangos de calificación del PCI... ..	10
Tabla N° 02. Abaco de la falla Piel de Cocodrilo.....	23
Tabla N° 03. Abaco de la falla Abultamientos y Hundimientos.....	23
Tabla N° 04. Abaco de la falla Depresión o Erosión.....	24
Tabla N° 05. Abaco de la tabla de corrección del valor deducido total.....	24
Tabla N° 06. Conteo vehicular (Día no laborable).....	27
Tabla N° 07. Conteo vehicular (Día laborable).....	27
Tabla N° 08. Resumen del conteo vehicular .....	28

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1.1 Capas que conforman un pavimento flexible.....	15
Figura 2. Tramo en evaluación.....	22
Figura 3. Incidencia de fallas en el tramo evaluado.....	23
Figura 4. Relación de construcción del Puente San Martín en el año 2016 con el crecimiento del tráfico vehicular.....	26

## Resumen

El crecimiento poblacional del distrito de Carabayllo se ha venido incrementando de manera rápida por lo que las vías, que en primera instancia fueron diseñadas para vehículos ligeros, hoy en día circulan buses y transporte pesado, y la llegada del transporte público trajo consigo daños en el pavimento flexible, por lo que el objetivo de la presente investigación es analizar las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica, dentro del cual se analizará la severidad de las fallas las cuales son Piel de cocodrilo, Hundimiento y Erosión, y se realizará una evaluación del diseño del pavimento flexible y del tipo de suelo (CBR) para conocer el motivo de las fallas y con los datos investigados realizar la mejora del diseño de la carpeta asfáltica. Como resultado se obtuvo que el método del PCI nos muestra que el pavimento flexible evaluado está en la condición de MUY MALO, él estudió del tráfico, se promedió estudios realizados de suelo en la zona, y se realizó 4 prediseños del pavimento flexible, por lo que se concluye el tramo evaluado está totalmente deteriorado y se recomienda reconstruirlo en su totalidad en la brevedad posible para evitar el incremento acelerado del deterioro. El método de PCI reflejó el estado actual del pavimento por lo que se recomienda realizar ensayos destructivos para complementar la evaluación por diseño. El estudio de suelos realizado en la zona (CBR) influye en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica por lo que se recomienda realizar estudios de suelo en todo el tramo para tener un mejor panorama de la estructura del suelo. El prediseño 1 queda como propuesta para la reconstrucción del pavimento flexible, ya que cada resultado influyó en la mejora del mismo y se recomienda proponer un plan de monitorio del estado del pavimento para conocer el ritmo de deterioro del mismo y anticiparse a las necesidades de rehabilitación.

**Palabras clave:** Analizar, evaluación, tráfico, suelo, pavimento flexible.

## ABSTRACT

The population growth of the Carabayllo district has been increasing rapidly, so the roads, which in the first instance were designed for light vehicles, nowadays circulate buses and heavy transport, and the arrival of public transport brought damage to the city. Flexible pavement, so the objective of this research is to analyze surface faults, to improve the design of the asphalt layer, within which the severity of the faults will be analyzed, which are Crocodile Skin, Sinking and Erosion, and will carry out an evaluation of the design of the flexible pavement and the type of soil (CBR) to know the reason for the failures and, with the data investigated, carry out the improvement of the design of the asphalt binder. As a result, it was obtained that the PCI method shows us that the flexible pavement evaluated is in VERY BAD condition, it studied traffic, averaged soil studies in the area, and 4 predesignings of the flexible pavement were carried out, therefore that the evaluated section is concluded is totally deteriorated and it is recommended to rebuild it in its entirety as soon as possible to avoid the accelerated increase in deterioration. The PCI method reflected the current state of the pavement, therefore it is recommended to carry out destructive tests to complement the evaluation by design. The soil study carried out in the area (CBR) influences the improvement of the design of the asphalt layer, so it is recommended to carry out soil studies throughout the section to have a better overview of the soil structure. Predesign 1 remains as a proposal for the reconstruction of the flexible pavement, since each result influenced its improvement and it is recommended to propose a monitoring plan for the state of the pavement to know the rate of deterioration of the pavement and anticipate rehabilitation needs.

**Keywords:** Analyze, evaluation, traffic, soil, flexible pavement.

## I. INTRODUCCIÓN

En cuanto a la realidad problemática, el tránsito vehicular en el distrito de Carabaylo se ha incrementado, por lo que la demanda de vías de acceso se ha ido construyendo abarcando esa necesidad, no obstante, las vías existentes muestran avería, y esto provoca inseguridad e incomodidad a los que transitan diariamente en su medio de transporte, que da una mala impresión del distrito, ya que la configuración interna de un distrito es fundamental para el crecimiento del mismo.

El pavimento flexible, no falla o colapsa inesperadamente, lo hace de modo progresivo. El continuo ejercicio de las exigencias de la circulación y ambiente siempre repercute en la carpeta de rodadura. Se comprende por deterioro de un pavimento todo desempeño inadecuado para lo cual no fue diseñado.

A través de la observación de estos daños que se han producido es posible determinar las causas y aplicar medidas correctivas más oportunas y adecuadas, que tiendan a contrarrestar o al menos retrasar este asunto de avería, preservando mediante su cuidado la estructura del pavimento y prolongando su vida útil.

Esta investigación contiene la identificación y evaluación de fallas superficiales actuales en el adoquín, y se toma como muestra la av. Sto. Domingo en el distrito de Carabaylo, ya que al transitar en ella se observa piel de cocodrilo en un nivel alto, corrugaciones también en un nivel alto, baches, asentamientos. Presenta defectos en la construcción y deficiencia en el mantenimiento, y con este estudio poder evidenciar los tipos de deterioro que se presenta en el pavimento, evaluar las causas y analizar las variables que afectan el deterioro del mismo, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica.

Según Minaya, G. S., y Ordóñez, H. A. (Ed. 2). (2006). *Diseño moderno de pavimentos asfálticos*, Lima, Perú, Instituto de la Construcción y Gerencia: El asfalto es importante porque cumple un papel importante durante el comportamiento de la carretera. Son resistentes para aguantar deformaciones permanentes. Estas cualidades son básicas para que el pavimento flexible soporte la acumulación de cargas con cambios climáticos.



**Problema General:** ¿Cómo la identificación y evaluación de fallas superficiales, influyen en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020?

**Problemas específicos:** ¿De qué manera la identificación de severidad de fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020? ¿De qué manera la evaluación del diseño, influye en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020? ¿De qué manera la evaluación del suelo, influye en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020?

**Objetivo general:** Analizar las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020.

**Objetivos específicos:** Evaluar las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020. Evaluar la influencia del diseño en las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020. Evaluar la influencia del suelo en las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020.

**Hipótesis general:** El análisis de las fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto Domingo Carabayllo, 2020.

**Hipótesis específicas:** Evaluar el grado de severidad de las fallas superficiales, mejora del diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020. Evaluar el diseño en las fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020. Evaluar el suelo en las fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020.

El presente informe de investigación se realiza con el fin de identificar y evaluar las fallas superficiales del pavimento flexible, en ese sentido se busca establecer claramente cuáles son los factores que llevaron al deterioro del mismo y plantear un mejor diseño que pueda soportar las cargas actuales y pueda ser de ejemplo para que las demás vías en la zona sean mejoradas, ya que el distrito presenta deficiencia en la mayoría de vías principales y alternas que complica el tráfico normal. Se identifican las fallas superficiales como Piel de cocodrilo, Hundimiento y Erosión, evaluar las fallas por diseño y tipo de suelo (CBR), para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, con la finalidad de mejorar las vías del distrito teniendo en consideración el reglamento vigente. En la actualidad, las vías con un buen mantenimiento se conservan y cumplen su vida útil para la cual fueron diseñadas, sin embargo la realidad en el distrito de Carabayllo es que no se realizan planes de mantenimiento por lo que las vías de acceso al distrito se encuentran en deterioro y mal estado, por lo que esta investigación propone identificar y evaluar esas fallas superficiales para poder generar un mejor diseño de la carpeta asfáltica; lo que conllevaría a que no exista pérdidas económicas para realizar nuevos proyectos viales sino un buen diseño con un buen mantenimiento generando así mayor fluidez en la zona. La identificación y evaluación de fallas superficiales permite que la sociedad conozca las fallas y el motivo por el cual falló, de este modo poder tomar en cuenta nuevos criterios de diseño para que la vía mantenga el tiempo de vida para la cual fue diseñada, Carabayllo se está desarrollando constantemente y sus vías deben de estar preparados para esa demanda, ya que la infraestructura vial de un distrito es importante para el desarrollo del mismo.

## II. MARCO TEÓRICO

Luego de realizar la investigación respectiva ya sea de forma escrita o virtual, se consideró los siguientes trabajos con el fin de relacionarlos con las variables que tenemos en nuestra investigación, para formar la línea base teniendo en cuenta la problemática en el Perú, así mismo se tomó en cuenta estudios internacionales para complementar los enfoques de esta investigación.

### Internacionales

Para Daniel (2018, p. 10) en la tesis titulada *Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito*, Chile. Fijo como objetivo optimizar la reparación de los pavimentos de asfalto, utilizando para tal efecto las tecnologías conocidas más apropiadas de reparación. Considera también que los pavimentos son influenciados repetidas veces por cargas, vale decir que en algunos casos soporta cargas no establecidas en el diseño. Como también a variaciones climáticas. Factores que disminuyen considerablemente la vida útil del mismo. Por lo que depende del mantenimiento constante para un buen funcionamiento y evitar fallas. Dependiendo del grado de severidad se puede requerir la reconstrucción total del pavimento.

Para Nicolás (2008, p. 2) en la tesis titulada *Comparación de varias estructuras de pavimentos flexibles y rígidos, sector polpaico – La Trampilla*, Chile. Plantean varias soluciones que contiene la evaluación: duplo procedimiento con emulsión y elastomérica: pavimentos flexibles con varios prototipos que son elaborados con mezclas normales y modificadas con elastómero. Los resultados comprueban que el método AASHTO simboliza de manera servicial un buen comportamiento del pavimento flexible y rígido. Los trechos del pavimento rígido proyectados por la norma, y tramos de losas, se observa una conducta sobre el resto de lo aplicado en el trecho de estudio.

Asimismo, Poveda, Bernal y Marín (2014, p. 12) en la tesis titulada *Diseño de un pavimento para la estructura vial, de la vía conocida como “El Kilómetro 19”, desde el K2+000 al K2+500, que comunica a los municipios de Chipaque- UNE, en el Departamento de Cundinamarca*, Colombia. Consideran que un buen diseño del pavimento flexible se tiene que incluir en cada capa diversas peculiaridades de

materiales que emplean en cada capa detallando espesores adecuados para mantener un alto índice en la vida útil. A lo largo del trabajo de investigación se realizaron evaluaciones de tres diferentes métodos que se utiliza para diseñar estructuras de un pavimento, rigiéndonos de parámetros empíricos y racionales que nos establecen alternativas estructurales que se aplican al objeto de estudio.

Para Farinango (2014, p. 22) en la tesis titulada *Análisis comparativo de costos entre el pavimento rígido y pavimento flexible*, Ecuador. Realiza una comparación económica, por ello los primeros capítulos se definen conceptos, factores y funciones de diseño del pavimento. Posteriormente se diseñaron los pavimentos teniendo en cuenta la norma AASHTO aplicado al Ecuador 1993, del prototipo N° 2, ubicado en la provincia de Pichincha, parte sur del distrito de Quito, parroquia de Turubamba, iniciando el Corredor Sur Oriental, Av. Simón Bolívar y finalizando el Periférico Sur Occidental. Asimismo, se describió el método de construcción.

Asimismo, Wilson (2014, p. 22) en la tesis titulada *Manual Práctico de Optimización Para la Revisión de Estudio de Diseño de Pavimentos*, Ecuador. Presenta un manual, que comprende en el primer capítulo teoría donde se agrupa factores que inciden para diseñar un pavimento como: Resistencia de sub-rasante, estudios de drenajes, tráfico, carpeta de rodadura, materiales de sub-base y base, transferencia de carga, periodo de diseño, aparejo y serviciabilidad; cada caso es importante, desde cómo se obtiene, las recomendaciones de diseño y citas respetando las normas correspondientes, para dar facilidad en su requerimiento. Luego incluimos flujo-gramas del diseño de pavimentos que son de fácil comprensión y son de apoyo para diseños de pavimentos. También nos ayudan en inspecciones de estudios que componen lo necesario para la evaluación del desempeño.

## **Nacionales**

Gonzales (2015, p. 09) en la tesis titulada *Fallas en el pavimento flexible de la avenida de evitamiento sur, Cajamarca, 2015*, Perú. +. Tomando datos de la vía, procedimos a organizarlos conforme cada tipo de falla, área afectada en relación al total del área de la vía en cuestión. Se realizaron estos análisis para conocer la situación actual del pavimento y poder catalogar el tipo de falla funcional y poder establecer un plan de mantenimiento para evitar esas fallas.

Asimismo, Leguía y Pacheco (2016, p. 14) en la tesis titulada *EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) EN LAS VÍAS ARTERIALES: CINCUENTENARIO, COLÓN Y MIGUEL GRAU (HUACHO-HUAURA-LIMA)*. Aplicó el método PCI, Un método completo para evaluar y calificar objetivamente como una forma estandarizada. Se creó para obtener un estado actual del pavimento y conocer la condición de operación de la superficie, valores que define el estado actual del pavimento para posteriormente tratarlo y mantenerlo. Se declaró que las vías no son evaluadas; por lo que la aplicación del PCI, identifica los parámetros de evaluación, determina el índice de condición. Se realizó la evaluación superficial del pavimento para saber el estado actual en el que se encuentra el pavimento en estudio.

Humpiri (2015, p. 20) en la tesis titulada *ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS EN LA REGIÓN DE PUNO*, Perú. Realiza un estudio que da un veredicto del deterioro en proyectos viales donde se enfoca su estudio. En otros casos medio a alto. En su mayoría las vías que contaron con mantenimiento y fueron rehabilitadas, sin embargo, sufrieron daños antes de lo previsto demandando acciones correctivas antes de lo programado.

Pereda (2014, p. 07) en la tesis titulada *ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA • LA COLPA*, Perú. Realiza la aplicación del índice de condición del pavimento (PCI) a un tramo de la carretera Cajamarca - La Colpa, Dicha metodología determina la condición actual del pavimento mediante

inspección ocular, lo clasifica de acuerdo al tipo de falla, severidad y cantidad. Con toda la información recopilada se calcula el estado del pavimento. Lo cual concluye que la sección analizada en general es Regular, por lo que con un mantenimiento rutinario se podría conservar la vida útil del pavimento.

Asimismo, Ccasani y Ferro (2017, p. 11) en la tesis titulada *Evaluación y Análisis de Pavimentos en la Ciudad de Abancay, para Proponer una Mejor Alternativa Estructural en el Diseño de Pavimentos*, Perú. Este trabajo contiene una evaluación superficial que describe los tipos de falla del pavimento durante su vida útil, se observan imperfecciones en la construcción, incremento en la fluidez vehicular, desperfectos del drenaje y un mal mantenimiento. Evaluamos los materiales pétreos incluidos que se usaron para la elaboración del adoquín para conocer las propiedades físicas de los agregados. Asimismo, se realizó un informe del tráfico con el propósito de cuantificar el tráfico vehicular diario que transita en la Av. Prado alto, posteriormente los resultados del estudio cuentan con lo necesario para determinar el pre dimensionamiento del pavimento. Se propuso un mejor diseño pre dimensionando un pavimento flexible y rígido.

## **Teorías relacionadas al tema**

### **Pavimento flexible**

Se encuentra estructurado por una fina capa de rodamiento asfáltica, que se apoya sobre un sub-base y base granular, quienes descansan encima de la sub-rasante. Con el pasar del tiempo la estructuración básica del pavimento sufrió una modificación que añadía bases estabilizadas. Es conveniente dejar en claro que la carpeta de rodadura necesita características especiales siendo ellas oposición al rozamiento y al medio ambiente. No es necesario para la capa base subyacente. Este hecho necesita emplear agregados o mezclas especiales no indispensables en otras capas. En varios países se usa normalmente una capa de sello en la carpeta de rodadura, invariablemente lo que resta de las capas aseguren la resistencia necesaria.

## **Fundamentos para diseñar un pavimento**

La operación para establecer el espesor de un pavimento, por lo que al ponderar cualquier estructura, se necesita realizar un análisis de toda la carga que actuará en la estructura, comprender la resistencia de los materiales que tenemos a disposición, y realizar un estudio de la creación donde se apoya el conjunto.

El diseño de pavimentos cuenta con dos aspectos:

- La relación de materiales y mezclas que serán utilizados en el pavimento.
- La estructura que compone el pavimento.

Para el diseño de un pavimento la cuantía de cada capa depende de la resistencia de las mismas, lo que se vincula con cualidades de materiales y mezclas que se emplea en la elaboración de pavimentos, algunas cualidades involucran procesos constructivos, como la compresión.

## **Ciclo de vida del pavimento**

Las etapas de vida del pavimento flexible se basan en función a su comportamiento, por lo que Rodríguez, M.C. & Rodríguez, M. J. (2004):

- Fase de Consolidación: Fase Elástica: Comienza luego de la fase anterior y se basa en el periodo de vida del pavimento. Si sucede (Fase de consolidación) cada una de las cargas genera una deformación permanente, que posteriormente se convierte en una deformación transitoria, es decir que recupera su forma natural. Sin embargo, si ocurre (Fase Elástica) las fallas son locales por exceso de humedad o defecto del mismo material.
- Fase de Fatiga: Es la última fase de un pavimento. La acumulación de cargas desde la fase elástica logrando romper la capa por fatiga, lo cual genera un colapso gradual en la vía requiriendo una intervención del tipo reconstrucción.

## **Mecanismos de deterioro**

La degradación es el progresivo deterioro del pavimento debido a factores que terminan con el total colapso de la estructura del pavimento, por lo que dependiendo de la degradación se clasifica en:

- Deformaciones: Es cualquier variación respecto a su forma natural.
- Agrietamientos o Fisuras: Proviene del fenómeno de fatiga, es decir una debilidad estructural que básicamente se desarrolla en estructuras una acumulación de cargas respecto al diseño propuesto.
- Disgregaciones: Proceso en el cual la capa asfáltica presenta desintegración gradual y peladuras, que conllevan a la reducción del aporte estructural, hasta descomponerse.

## **Causas de origen**

El origen a los tipos de degradación son diversos y variados, estos pueden ser cuantitativos, cualitativos o aleatorios, siendo las más representativas:

- Tránsito: Considerado un factor importante ya que la evolución de las fallas se encuentra ligadas a la acumulación de cargas.
- Deficiencia del Proyecto: Métodos empíricos que no se adecuan a la actualidad, tomando datos genéricos y no dando un enfoque puntual al diseño.
- Calidad de los Materiales: Ausencia de estudio de canteras, mal preparado de materiales granulométricos y mal control de calidad en el proceso de ejecución.
- Deficiencias Durante el Proceso Constructivo: Dimensiones no acordes al diseño, proceso de mezcla mal elaborado, en general mal proceso en la ejecución del proyecto.
- Factores Climáticos: No tomar en cuenta las variaciones climáticas, que general contracciones de la mezcla, altas precipitaciones, que conllevan fisuras empeorando la situación del pavimento.
- Factores Aleatorios: Malos sistemas de drenaje, aspectos sociales.
- Deficiente Mantenimiento: Mal proceso del mantenimiento de los pavimentos provocando el incremento de fallas.



## **Consecuencias**

Los deterioros que presentan los pavimentos tienen consecuencias directas sobre los vehículos de transporte que circulan por la vía afectada y consecuencias indirectas sobre los usuarios, algunas de las cuales se listan a continuación (Valeriano, 2000):

- Los pavimentos deteriorados generan mayores costos de operación en los vehículos debido a factores como el aumento del consumo de combustible, mayores gastos en mantenimiento, entre otros.
- Las fallas o deterioros obligan a reducir la velocidad y generan demoras en el tiempo de viaje a los usuarios.
- Los deterioros generan Inseguridad debido a que existen mayores probabilidades de producirse accidentes de tránsito.
- Los deterioros generan incomodidad en los usuarios debido a que el vehículo tiende a dar sobresaltos. 30 / 116
- Los pavimentos deteriorados tienen un efecto psicológico en la reacción del conductor para esquivar las fallas.

## **Método Índice de Condición del pavimento (PCI)**

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), nos muestra el estado actual del pavimento ya sea flexible o rígido, con ello podremos conocer los distintos tipos de fallas y clasificar su grado de severidad, para proponer alternativas de solución y lograr mantener la vida útil del pavimento, se establece según la Tabla N°01.

Tabla N° 01: Rangos de calificación del PCI

<b>RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI</b>	
<b>RANGO</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
100 - 85	EXCELENTE
85 - 70	MUY BUENO
70 - 55	BUENO
55 - 40	REGULAR
40 - 25	MALO
25 - 10	MUY MALO
10 - 0	FALLADO

Fuente: *Vásquez, (2002).*

## **Materiales e instrumentos**

Se emplean para la inspección:

- Flexómetro de 5 metros, para medir las dimensiones de las fallas menores a 5 metros.
- Cinta métrica de 50 metros, para medir la longitud de las Unidades de Muestra y medir las dimensiones de las fallas extensas.
- Regla de aluminio de 1 metro, para medir los desniveles del pavimento flexible.
- Libreta de campo, para realizar anotaciones de lo observado durante la inspección.
- Cámara fotográfica, para lograr un registro visual de las fallas del tramo en estudio.
- Formato de Registro de datos, consolida información principal de la vía y permite el relevamiento correcto de las fallas en la zona de estudio. Ver Gráfico N°06

## **Fallas superficiales comunes en el pavimento flexible**

### **Piel de Cocodrilo**

Es una acumulación de grietas interconectadas que se origina en la falla por fatiga en la carpeta de rodadura por la acumulación constante de cargas. Inicia en la base de la capa asfáltica. Se propagan a la superficie como una serie longitudinal paralela. Dada la constante acumulación de carga, esta falla se conecta formando polígonos con ángulos agudos se asemeja a la piel de cocodrilo.

Este tipo de falla se origina por la acumulación de cargas, considerado como un importante daño estructural y viene acompañado por otra falla el cual es ahuellamiento.

Nivel del grado de severidad

L: Leves fisuras longitudinales de forma paralela. No presenta desprendimiento de material a lo largo de todas las fisuras.

M: Fisuras pronunciadas de forma paralela. Presenta un ligero desprendimiento del material en todo el tramo.

H: Grietas bien definidas presentando un desprendimiento severo. Ciertos trozos pueden moverse bajo el tránsito.

La unidad de medida del área afectada ( $m^2$ ).

Proceso a realizar según estado:

L: Ningún tipo de intervención, sello superficial.

M: Resane parcial o en todo el hundimiento, Reconstrucción.

H: Resane parcial o Full Depth, Reconstrucción



Fuente: Vásquez, (2002).

### **Abultamientos y Hundimientos**

Ligeros desplazamientos hacia la superficie. Se diferencian de los desplazamientos que son causados por pavimentos inestables. Estas fallas pueden ser causadas por:

1. Desprendimiento de losas de concreto con una sobre carpeta asfáltica.
2. Desplazamiento por climas fríos (crecimiento de lentes de hielo).
3. Sobresale una grieta por la acumulación de cargas.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo de la superficie del pavimento.

Nivel de grado de severidad

L: Tránsito de baja severidad.

M: Tránsito de severidad media.

H: Tránsito de severidad alta.

Se miden en metro lineal. Si surge un patrón perpendicular al tránsito y están separadas a menos de 3.0 m, se conoce como corrugación.

Proceso a realizar según estado:

L: Ningún tipo de intervención.

M: Resane parcial o profundo.

H: Resane parcial o profundo.



Fuente: Vásquez, (2002).

### **Depresión o Erosión**

Son superficies localizadas en el pavimento con depresiones anormales al pavimento a su alrededor. En el adoquín seco las erosiones pueden identificarse por protuberancias causadas por el agua empozada.

Nivel del grado de severidad.

Máxima profundidad de la depresión:

L: (1.30 a 2.50 cm.)

M: (2.50 a 5.10 cm.)

H: (> de 5.10 cm.)

La unidad de medida del área afectada (*ft<sup>2</sup> o m<sup>2</sup>*).

Proceso a realizar según estado:

L: Ningún tipo de intervención.

M: Resane superficial, parcial o profundo.



H: Resane superficial, parcial o profundo.

Fuente: Vásquez, (2002).

### **Opciones a tomar en cuenta en el cálculo del espesor de cada capa**

Las vías son elaboradas para lograr en forma viable un buen desempeño manteniendo una larga vida de servicio. Varios factores influyen para lograr la elaboración de un pavimento. Los elementos son los siguientes:

- Tráfico.
- Resistencia de los materiales.
- Sub-rasante.
- Drenaje.
- Vida útil para el diseño.

### **Tráfico**

Para analizar el tráfico debemos tener en cuenta la cantidad de vehículos que transitarán durante la vida útil del pavimento. No es posible obtener un dato exacto ya que varía con el pasar del tiempo, lo que nos lleva a realizar cálculos tomando en cuenta hipótesis que se ajusten a la realidad.

Inicialmente se consideraba la máxima carga, sin embargo, en la actualidad se verificó que es importante la acumulación de cargas y la influencia de fatiga en la falla de pavimentos.

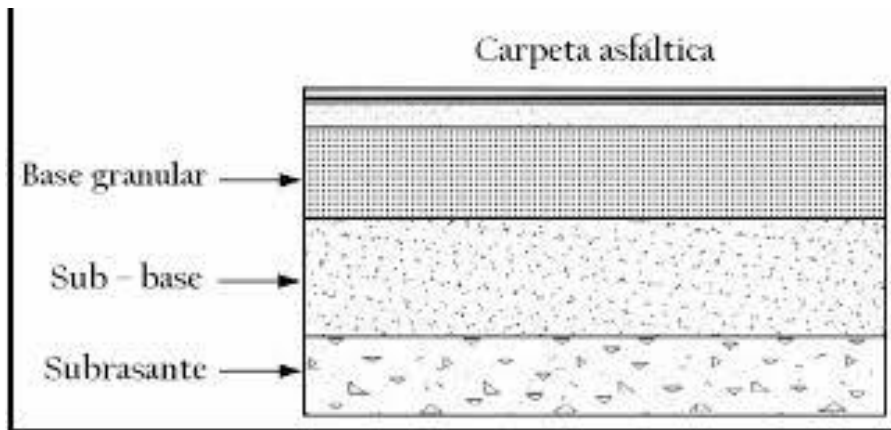
### **Resistencia de los materiales**

Para determinar la resistencia de los materiales se debe considerar la forma más crítica de trabajo, es decir si algún material en las capas es de tipo granular y son propensos por presencia de agua, los ensayos deben realizarse en esas condiciones de humedad.

Las cuantificaciones de resistencia son complementadas con pruebas de durabilidad para que se garantice la seguridad de la permanencia de sus cualidades en el tiempo.

Para las mezclas en la carpeta de rodadura se debe contar con la condición de temperatura de servicio, esto se debe a que los materiales usados en ella su resistencia varía considerablemente con la misma.

En la figura 1.1, se presenta capas que componen el sistema estructural del pavimento flexible, los cuales se muestran a continuación:



**Figura 1.1** Capas que conforman un pavimento flexible

**Fuente:** Bonett, Gabriel (2014)

### **Sub-rasante**

Cuando no se cuenta con cimentación se realiza el mismo estudio que en las demás capas.

Lo básico a tomar en cuenta es el nivel de compactado y porcentaje de humedad que se aplicaran en campo y realizar el análisis en esta condición.

Realizando una buena cuantificación se logrará un buen rendimiento de la estructura, que evitaría un futuro asentamiento por consolidación.

### **Sub-Base**

Básicamente se busca obtener una dimensión utilizando un material economico. Sirve como tamiz para que el material de la capa superior llegue a la sub-rasante. Ayuda absorbiendo deformaciones que vienen de la sub-rasante y que podría ser perjudicial para el pavimento.

### **Base**

Su propósito principal es la de servir como capa resistente que pueda transmitir esfuerzos producidos por el tráfico hacia las demás capas, en una intensidad adecuada. Disminuye el grosor de la capa más cara. El material que compone a la base deber tener fricción y provista de vacíos. Es necesario también garantizar una buena compactación. Los materiales usados en esta capa son sometidos a varios procesos rigurosos para que puedan ser aprobados como los son la de trituración, que produce efectos que favorecen la resistencia y la deformación del pavimento.

### **Carpeta de Rodadura**

Es la última capa que se elabora donde transitarán los vehículos durante el periodo para el cual fue diseñado. Por ello el pavimento debe resistir el desgaste producido por los vehículos. Protege las capas, impidiendo el paso del agua a los niveles inferiores. Esta capa debe contener dos condiciones que cumpla con la demanda para la cual fue diseñada, la cuales son la moderación para brinda esa comodidad requerida y la de rugosidad para brindar seguridad.

### **Drenaje**

El agua de la parte superior debe ser guiada a través de cunetas o drenajes pluviales. Y si son subterráneas se debe tomar medidas que alejen el agua del pavimento, o en el caso contrario debeos usar capas drenantes que sean susceptibles al agua. Para algunos diseños se debe tomar en cuenta la inserción de capas de buen espesor de arena u otras capas drenantes de arena para cortar la capilaridad y dar facilidad en la compactación.

### **Vida útil para el diseño**

Si se conoce la naturaleza del tráfico, la vía se puede diseñar para el tiempo que uno desee. Para pavimentos flexibles se estima que la vida útil comprende entre 15 y 20 años.

### **Estudio de canteras y fuentes de agua**

Esta evaluación nos muestra las propiedades del material que proviene de la cantera, mostrando también la calidad de agua que proviene para utilizarlo en la ejecución de la carretera.

### **Estudio de tráfico**

Se realiza este análisis para cuantificar el flujo vehicular que circulará durante el periodo de vida de la carretera. Esto se debe a que se ejecuta un estudio constante en estaciones fijas durante un tiempo dado. Con ese estudio obtenemos la cantidad y tipo de unidades que transitan a diario.

### **Clasificación de los vehículos**

Esta clasificación nos hace diferenciar a los vehículos a través de los ejes. En cuanto al peso bruto máximo y su clasificación por unidad conforme al reglamento vigente los cuales pueden ser. Eje simple: 07 toneladas de neumático simple y 11

toneladas de neumático doble, eje tándem: de 12 a 18 ton., eje tridem: de 16 a 25 toneladas.

### **Cálculo del crecimiento vehicular**

Se necesita de un récord histórico del tráfico vehicular que circula por la vía. Dependerá del desarrollo progresivo de la localidad.

### **Factores de equivalencia**

Para definir el factor de equivalencia primero se debe unificar el tipo de vehículo que transitara bajo un mismo patrón.

Dicho patrón se representa por el factor de equivalencia de carga por eje, contando como sustento los ejes de 18 kip o 80 Kn.

Cada eje que forma un vehículo maneja un peso que puede tener similitud o variar a la carga estándar. Teniendo en cuenta nuestra Norma, varían por lo que es necesario usar factores. Considerando un pavimento flexible se aplican valores que los proporciona el Instituto del Asfalto.

### **Proyección de tráfico**

Se trata de predecir la cantidad acumulada de ejes que circularan en el carril de diseño, teniendo en cuenta el récord histórico que se presentaron cada año que compone dicha serie, que nos aumentara el nivel de precisión.



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de investigación

**Método de investigación:** Según Severo Iglesias (1981) señala que “El método es una vía que nos lleva al objetivo de lo que se va a estudiar”. La presente investigación utiliza el método científico, pues se basa en manifestaciones que se pueden examinar físicamente como es la identificación de fallas superficiales en el pavimento y luego poder evaluar las causas para posteriormente proponer un nuevo diseño de la carpeta asfáltica.

**Tipo de investigación:** Según Hernández (1995), define que la investigación aplicada es un resultado que fundamenta el problema identificado. Este trabajo de investigación es del tipo aplicada, porque se hará uso de los conocimientos identificaremos las fallas superficiales en el pavimento, evaluaremos el motivo de las fallas y finalmente propondremos un nuevo diseño tomando en cuenta el estudio de esta investigación.

**Nivel de investigación:** Según Hernández (2006), nos comenta que la investigación explicativa tiene como interés centrarse en explicarnos por qué ocurren los fenómenos y en qué condiciones se manifiestan, o porque se relacionan dos o más variables (p. 108). Este proyecto de investigación estará basado en una investigación explicativa ya que identificaremos las fallas superficiales en un pavimento y evaluaremos las causas que provocaron las fallas.

**Diseño de investigación:** Según Manterola, C., (2014), En su libro “Estudios Observacionales. Los Diseños Utilizados con Mayor Frecuencia en Investigación Clínica. Nos comenta que su objetivo es “observar y registrar” los acontecimientos sin la intervención del curso natural del mismo. El presente trabajo de investigación contiene un diseño Observacional y experimental ya que identificaremos las fallas superficiales y evaluaremos el grado de severidad del mismo, tomando en cuenta estudios realizados por tesis complementarias a mi informe de investigación.

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **Variables dependientes:**

Identificación de las fallas superficiales

Evaluación de las fallas superficiales

(Ver tabla de Operacionalización anexos)

#### **Variable Independiente:**

Diseño de la carpeta asfáltica

(Ver tabla de Operacionalización anexos)

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los análisis de datos serán de acuerdo a la variable manipulable, se analizará los ensayos y resultados de laboratorio con los detalles bien específicos que ayuden a cumplir con los propósitos específicos.

Este proyecto de investigación se llevará mediante diversos ensayos y por etapas, la primera parte es recolectar el material fresado, hacerle una granulometría y lavados asfálticos para poder tener los porcentajes de asfalto y la cantidad de agregados con dichos porcentajes

Luego se realizará un nuevo diseño con la adición de agregados vírgenes y podremos tener una nueva fórmula de mezcla en frío con Rap.

Instrumento: Según Hernández un instrumento es de mucha importancia y necesario para medir las variables y así poder tener datos observables Hernández (2016, p 199).

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Según Latorre, Rincón y Arnal, (2003), la población es “la agrupación de individuos en los que se requiere investigar dicha manifestación” (P. 1).

Por ello, el presente proyecto de investigación se desarrollará en el distrito de Carabayllo.

#### **Muestreo**

Según Cuesta, (2009), “El muestreo no probabilístico iguala oportunidades a los individuos de ser seleccionados. El sujeto básicamente se selecciona a criterio del investigador.

En este caso se aplicó un muestreo no probabilístico ya que escogimos el tramo del pavimento flexible ubicado en la Av. Santo domingo, de igual forma consideramos esta investigación del tipo aplicada ya que el investigador está seleccionando los sujetos para formar parte de la muestra con un objetivo específico.

#### **Muestra**

Según Jiménez Fernández, (1983), la muestra es “se caracteriza por ser representativa, es decir, lo más resaltante para la investigación que puede ser de la población o las características” (P. 237).

Se seleccionó como muestra la Av. Santo Domingo cuadra 2 a la 5 (300m.) ubicado en el distrito de Carabayllo.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **Técnica de recolección de datos**

Según Arias (2006 p.146) Son diversas las maneras de conseguir la información, añada también que se aplican para recolectar y guardar lo investigado.

La técnica a usarse en el informe de investigación es:

- Identificar las fallas superficiales en el pavimento flexible como piel de cocodrilo, hundimiento y erosión.
- Evaluar el grado de severidad mediante fichas.
- Evaluar las causas de las fallas superficiales en el pavimento flexible que pueden ser por diseño o capacidad portante del suelo.
- Con los datos obtenidos mejorar el diseño de la carpeta asfáltica.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Según Arias (1999), nos indica que “Los instrumentos son ítems que se plantean para acoger y guardar la información” (p. 53).

El mecanismo para la cosecha de datos será la cédula de recolección de datos como también referencia adicional que a continuación describiremos y que es valioso para el progreso de este proyecto de investigación.

- Grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible mediante fichas.
- Evaluación de las posibles causas de las fallas en el pavimento flexible que pueden ser por mal diseño o un suelo con baja capacidad portante.

### **Validez y confiabilidad**

Al respecto, Balestrini (1997) plantea: “Que es oportuno someter a prueba el instrumento y el procedimiento de recolección de datos, con el objetivo de validarlos y buscar la relación al problema en cuestión” (pág. 140).

Por lo que se preparó fichas técnicas oficiales para precisar la validez y la confiabilidad del proyecto de investigación.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento consiste en identificar y evaluar fallas superficiales, con el objetivo de mejorar la vía materia de evaluación. Usando las herramientas disponibles siguiendo los reglamentos vigentes.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

El método de análisis de datos se logrará con referencia indicada en las fichas de exploración, seguidamente, presentaremos un alcance explicativo del proceso de la obtención de datos.

La identificación de fallas superficiales del pavimento flexible como piel de cocodrilo, hundimiento y erosiones, lo analizaremos mediante grados de severidad, luego realizar tres ensayos por diseño, materiales y suelo, para evaluar las causas que llevo al fallo del mismo.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente informe de investigación se ejecutará respetando la ética moral, respetando los derechos de autor de cada referencia bibliográfica que contribuye en este proyecto por medio de citas bibliográficas.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Evaluación del grado de severidad de las fallas superficiales

El tramo se dividió en 3 partes de 100m. Observado en la figura 2.



En las tablas 6, 7 y 8 de los anexos, se presentan los resultados obtenidos luego de la aplicación del método del PCI en el tramo de la Av. Santo Domingo – Carabayllo, en el cual se presenta las fallas Piel de cocodrilo, Hundimiento y Erosión, considerando el Grado de severidad como se muestra en las tablas ya mencionadas.

El cálculo del PCI, se realiza conforme a lo descrito en el Marco teórico.

Agrupando los valores asignados en los 3 tramos y calculando la densidad del mismo, datos que se encuentran en los anexos

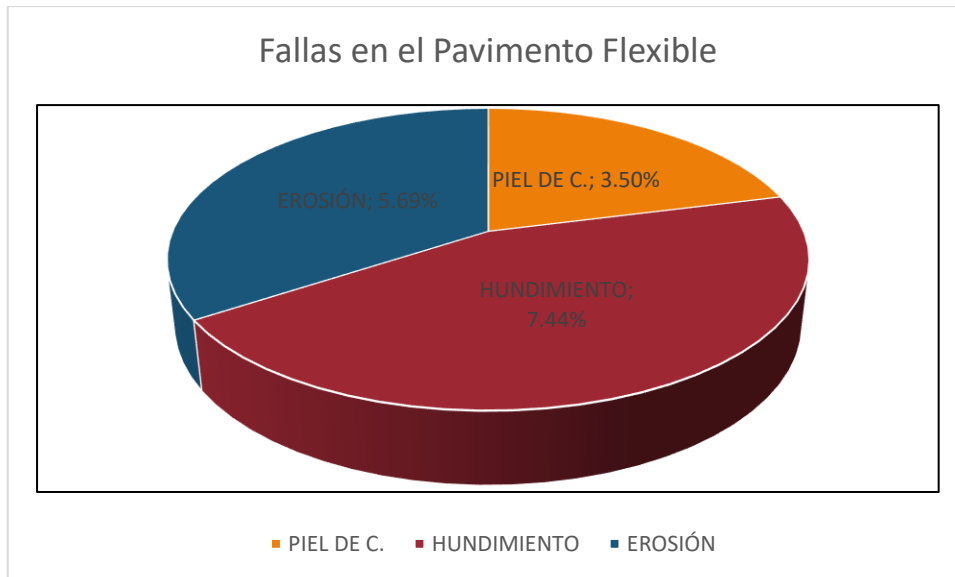
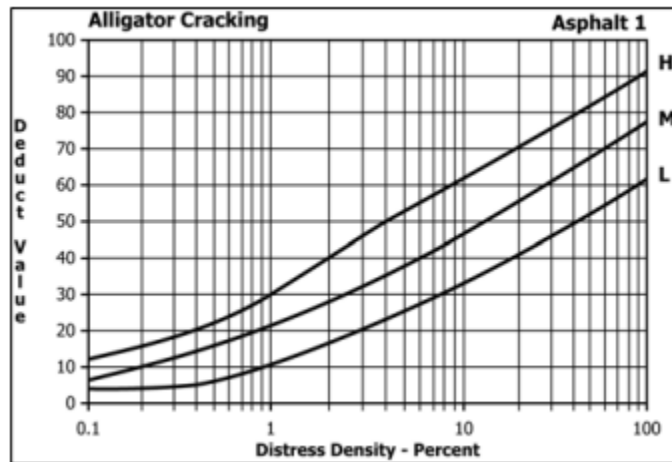


Figura 3. *Incidencia de fallas en el tramo evaluado.*

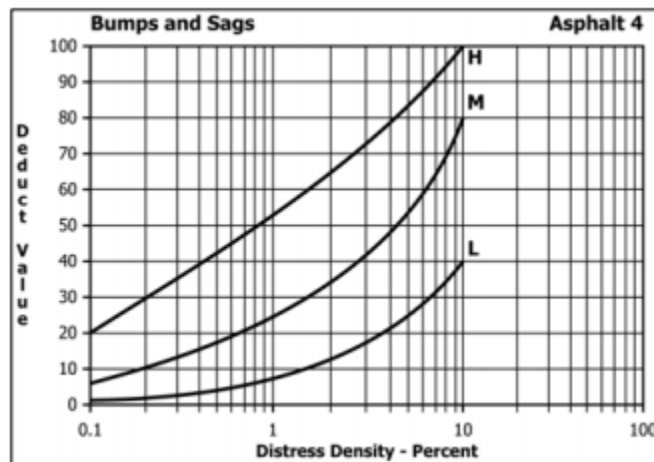
FALLAS	DENSIDAD TOTAL (%)
PIEL DE C.	3.50%
HUNDIMIENTO	7.44%
EROSIÓN	5.69%

Calculamos el valor deducido por tipo de falla encontrada en campo, realizando la corrección del mismo, mediante los ábacos correspondientes respecto a cada tipo de falla encontrada.

**Tabla N° 02**  
**Piel de Cocodrilo**

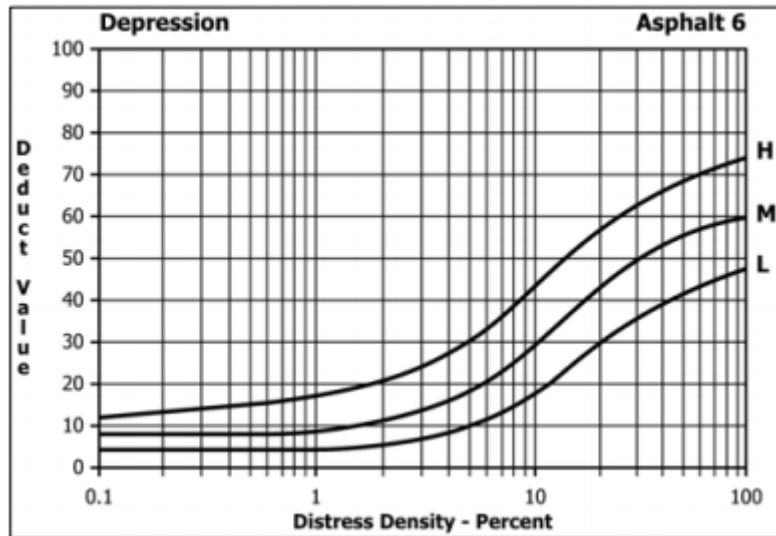


**Tabla N° 03**  
**Abultamientos y Hundimientos**



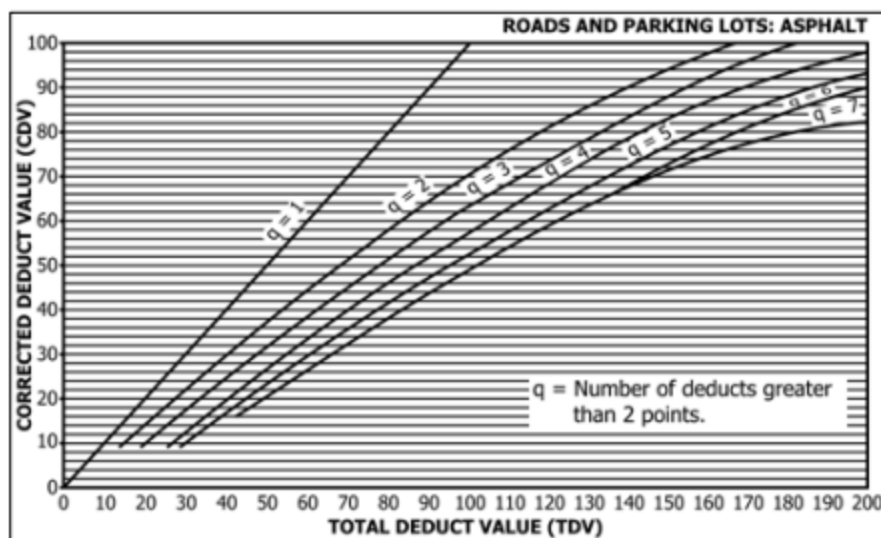


**Tabla N° 04**  
**Depresión o Erosión**



Luego de iterar el valor deducido total, Utilizamos la tabla de “Valores Deducidos Corregidos” CDV con el objetivo de corregir el valor mediante el abaco presentado (TDV)”.

**Tabla N° 05**  
**TABLA DE CORRECCION DEL VALOR DEDUCIDO TOTAL**



#	VALOR DEDUCIDO			TOTAL	q	CDV
1	49	32	20	101	3	64
2	49	32	19	100	2	71
3	49	19	19	87	1	87

Una vez iterado los valores deducidos individuales, los siguiente es encontrar el máximo valor deducido corregido (Máx. CDV). En el resumen de valores anterior el **Máx. CDV=87**.

El cálculo PCI, es mediante la fórmula  $(100 - \text{Máx. CDV})$ . Por lo que para esta evaluación el **PCI = 13**. De acuerdo a la escala del PCI le corresponde una condición del pavimento en estado MUY MALO.

MÁXIMO CDV =	87
PCI= 100 - CDV	13
RATING =	MUY MALO

#### 4.2 Evaluación superficial del pavimento flexible por Diseño

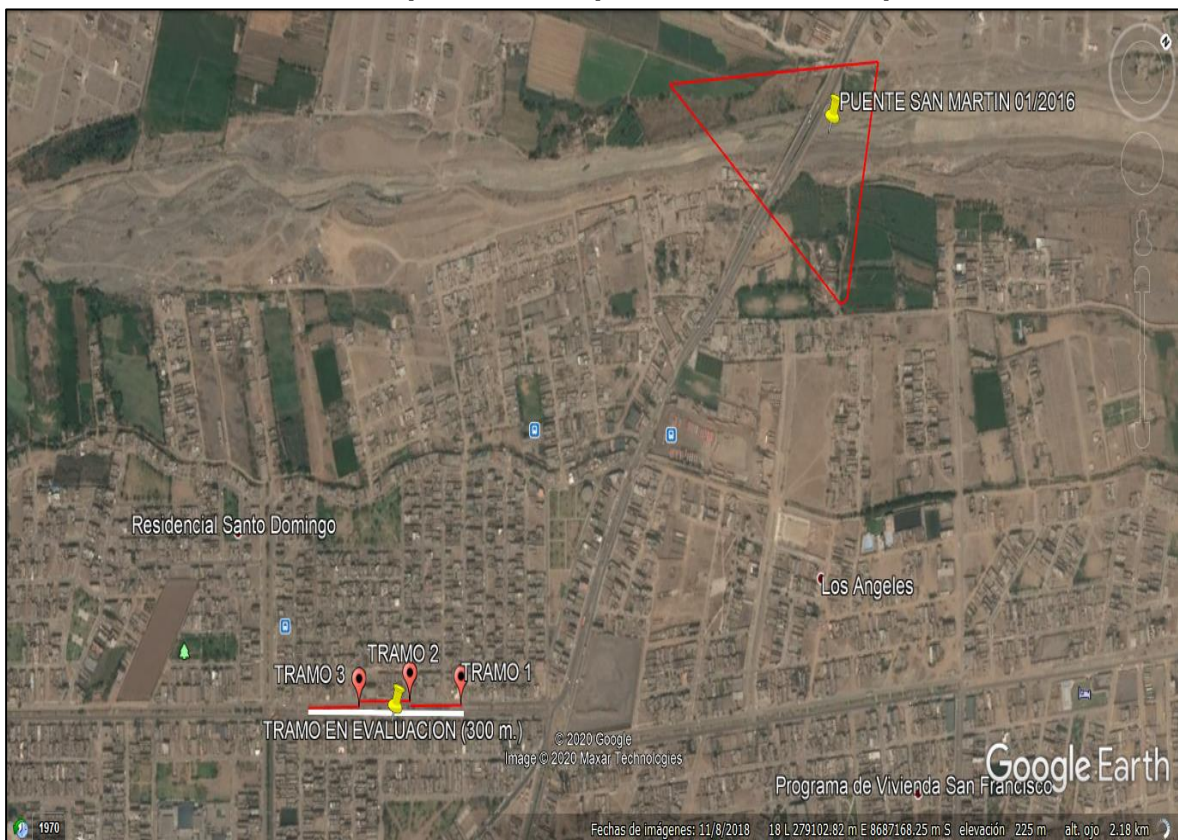


Figura 04. Relación de construcción del Puente San Martín en el año 2016 con el

crecimiento del tráfico vehicular.

La construcción del Puente San Martín en el año 2016 que conectaba los distritos de Carabayllo con el de Puente Piedra, trajo consigo la llegada de nuevas empresas de Transporte y que en la actualidad transitan por el tramo en evaluación.

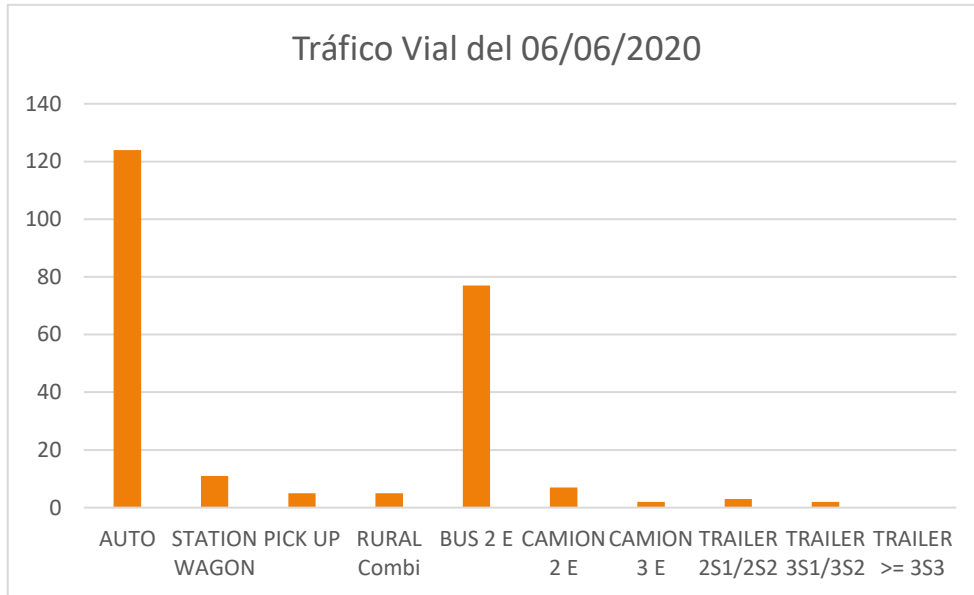


Fuente: Elaboración propia

Se ha considerado realizar el estudio de tráfico para evaluar la situación actual, siendo el conteo y clasificación del aforo vehicular definidas el Sábado 06 y Martes 09 de Junio del 2020.

Teniendo en cuenta la situación actual del país (Covid-19), la reactivación total del transporte público y conociendo la actividad en el Distrito y la ciudad, se estableció el turno desde las 7 am. hasta las 8 am., ya que los flujos vehiculares deben evaluarse durante las horas de mayor afluencia vehicular en el formato mostrado en el anexo 10

**Tabla N° 06**  
**CONTEO VEHICULAR (DÍA NO LABORABLE)**



**Tabla N° 07**  
**CONTEO VEHICULAR (DÍA LABORABLE)**

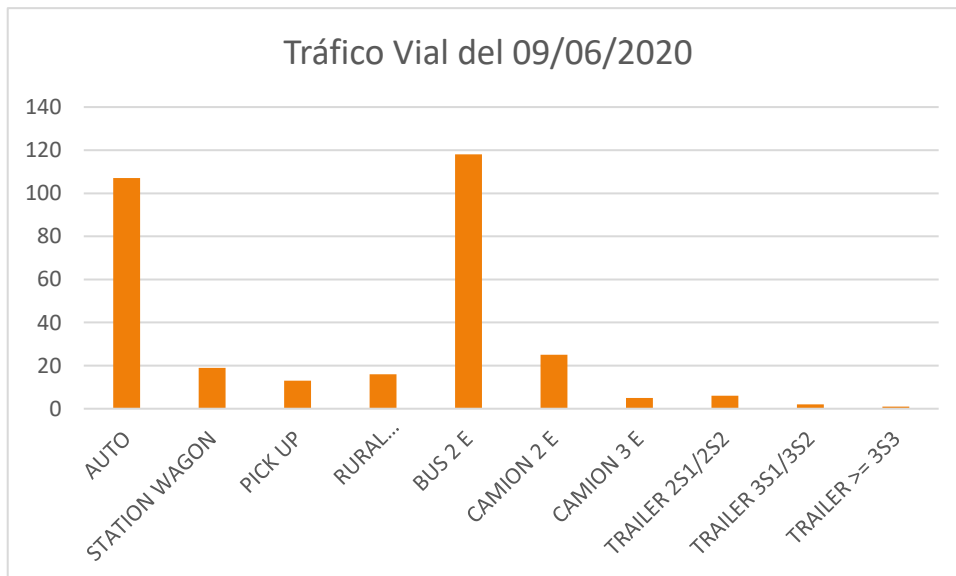


Tabla N° 08

**RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR**

Día	Hora punta	Total Vehículos/hora
<b>Sábado 06 de Junio</b>	07:00:00 - 08:00:00	236
<b>Martes 09 de Junio</b>	07:00:00 - 08:00:00	312

Considerando las fórmulas respectivas explicadas en el Marco teórico, consideramos realizar un resumen de las mismas para determinar el ESAL total:

TIPO DE VEHÍCULO	IMD	VEH/AÑO	VEH/CARRIL	FACTOR CAMIÓN	ESAL CARRIL	FACTOR CRECIMIENTO	ESAL
AUTO	115	41975	41975	0.0001	4.1975	27.99087419	117.491694
STATION WAGON	15	5475	5475	0.0001	0.5475	27.99087419	15.3250036
PICK UP	9	3285	3285	2.774	9112.59	27.99087419	255069.36
RURALCombi	10	3650	3650	3.285	11990.25	27.99087419	335617.579
BUS 2 E	97	35405	35405	6.523	230946.815	27.99087419	6464403.24
CAMION 2 E	16	5840	5840	6.523	38094.32	27.99087419	1066293.32
CAMION 3 E	3	1095	1095	7.742	8477.49	27.99087419	237292.356
TRAILER 2S1/2S2	4	1460	1460	6.591	9622.86	27.99087419	269352.264
TRAILER 3S1/3S2	2	730	730	9.761	7125.53	27.99087419	199449.814
TRAILER >= 3S3	4	1460	1460	10.98	16030.8	27.99087419	448716.106
<b>TOTAL</b>	<b>275</b>	<b>100375</b>	<b>100375</b>			<b>ESAL TOTAL</b>	<b>9276326.86</b>

Tipos de tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
Tp0	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
Tp1	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
Tp2	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
Tp3	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
Tp4	> 750,000 EE ≤ 1,000,000 EE
Tp5	> 1,000,000 EE ≤ 1,500,000 EE
Tp6	> 1,500,000 EE ≤ 3,000,000 EE
Tp7	> 3,000,000 EE ≤ 5,000,000 EE
Tp8	> 5,000,000 EE ≤ 7,500,000 EE
<b>TP9</b>	<b>&gt; 7,500,000 EE ≤ 10,000,000 EE</b>
Tp10	> 10,000,000 EE ≤ 12,500,000 EE
Tp11	> 12,500,000 EE ≤ 15,000,000 EE
Tp12	> 15,000,000 EE ≤ 20,000,000 EE
Tp13	> 20,000,000 EE ≤ 25,000,000 EE
Tp14	> 25,000,000 EE ≤ 30,000,000 EE
Tp15	> 30,000,000 EE

TIPO DE TRÁFICO **TP9**

### 4.3 Evaluación superficial del pavimento flexible por el suelo (CBR)

Según Novoa, Lloni (2017) en su tesis “Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo”. Clasificó los suelos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). De los cuales mostró los siguientes cuadros:

**Tabla 3. 11.** Ensayos de CBR según ASTM D-1883, Av. Señor de Caudivilla - Av. Parque Zonal (km 0 + 000 - km 0 + 665).

Calicatas	Muestra	Clasificación S.U.C.S.	Profundidad(m.)	CBR al 100% M.D.S.	CBR al 95%M.D.S. (%)	Expansión(%)
C-01	m1	CL	0.20 - 1.30	9.5	4.2	2.5
C-02	m2	CL	0.40 - 1.20	19.2	7.3	2.8

**Tabla 3. 12.** Ensayos de CBR según ASTM D-1883, Av. Parque Zonal - Av. Camino Real (km 0 + 000 - km 0 + 1184).

Calicatas	Muestra	Clasificación S.U.C.S.	Profundidad(m.)	CBR al 100% M.D.S.	CBR al 95%M.D.S. (%)	Expansión(%)
C-01	m1	ML	0.40 - 1.20	14.9	9.8	1.5

### 4.4 Mejora del diseño de la carpeta asfáltica

Utilizamos la ecuación de diseño de la guía AASHTO 1993.

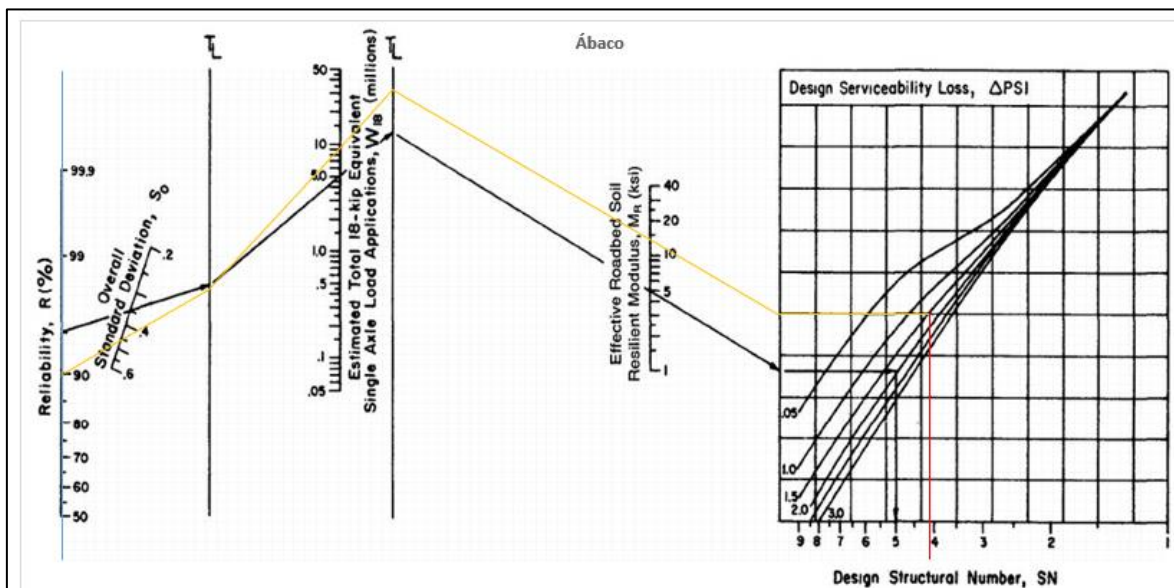
MÉTODO AASHTO	
<b>CBR</b>	14.53 %
<b>MR</b>	14167.87 PSI

S3 : Subrasante Buena

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

ESAL	<b>9.28E+06</b>
CBR	14.53 %
MR Subrasante (Psi)	14167.87298
TIPO DE TRÁFICO TP	TP9
NIVEL DE CONFIABILIDAD R (%)	90%
Coficiente Estadístico De Desviación Estándar Normal (ZR)	-
Desviación Estándar Combinada (So)	<b>0.45</b>
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4
Serviciabilidad Final o Terminal (PT)	2.5
Variación de Serviciosabilidad ( $\Delta$ PSI)	1.5

Con los valores obtenidos procedemos a calcular el Número estructural (NS). Por ello realizaremos la estimación con la ayuda de nomograma.



Fuente: AASHTO-93, Nomograma 7.2

Por lo que se obtiene finalmente:

SN requerido =	4.05
----------------	------

Para el pavimento flexible se propone una vida útil de 20 años. Por lo que en la siguiente tabla se muestra lo que necesitamos para estructurar el pavimento.

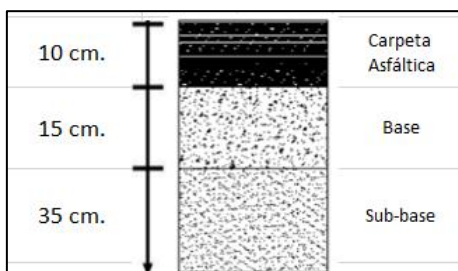
<b>Número estructural requerido</b>			<b>SN</b>	<b>4.05</b>
Carpeta asfáltica	-	$a_1 = 0.17$	D1 (cm.)	10
Base	$m_1 = 1.0$	$a_2 = 0.054$	D1 (cm.)	15
Sub-base	$m_2 = 1.0$	$a_3 = 0.05$	D1 (cm.)	35
Espesor total del pavimento			(cm.)	60
<b>Número estructural requerido</b>			<b>SN</b>	<b>4.16</b>

El método AASHTO 1993 nos menciona dos métodos para obtener los espesores de capas que compondrá la estructura del pavimento. El primer método se basa en espesores mínimos referenciales y el segundo que es por dimensiones mínimas (Verificación para establecer una resistencia mínima).

Los valores asumidos y el análisis que forma la estructura del pavimento se encuentran descritos en los anexos respectivos. Por lo que presentaremos 4 alternativas que cumplen el número estructural requerido.



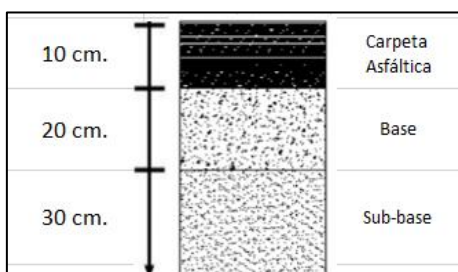
### Resumen de la alternativa 1:



Capas	1ra Capa	2da Capa	3ra Capa
ai	0.17	0.054	0.047
Costos	470.00	120.00	90.00
Espesores	10	15	35
Precio x m2	96.50	Nuevos Soles	

Fuente: Elaboración propia

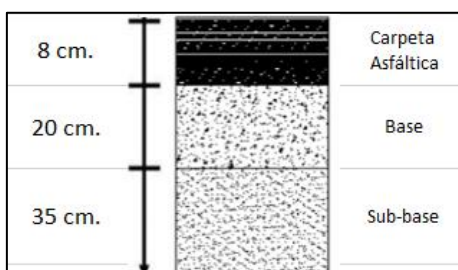
### Resumen de la alternativa 2:



Capas	1ra Capa	2da Capa	3ra Capa
ai	0.17	0.054	0.047
Costos	470.00	120.00	90.00
Espesores	10	20	30
Precio x m2	98.00	Nuevos Soles	

Fuente: Elaboración propia

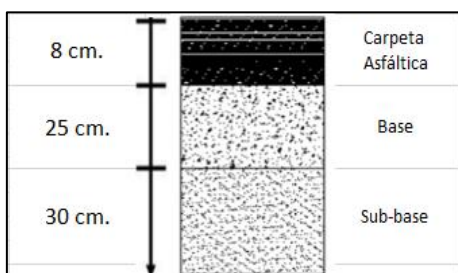
### Resumen de la alternativa 3:



Capas	1ra Capa	2da Capa	3ra Capa
ai	0.17	0.054	0.047
Costos	470.00	120.00	90.00
Espesores	8	20	35
Precio x m2	93.10	Nuevos Soles	

Fuente: Elaboración propia

### Resumen de la alternativa 4:



Capas	1ra Capa	2da Capa	3ra Capa
ai	0.17	0.054	0.047
Costos	470.00	120.00	90.00
Espesores	8	25	30
Precio x m2	94.60	Nuevos Soles	

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

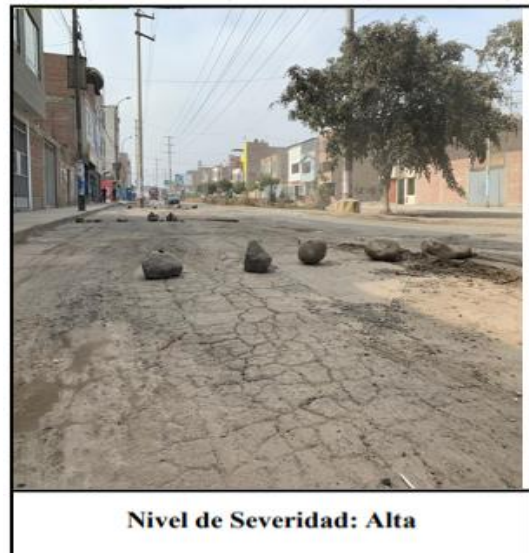
**Hipótesis específica 1 (Evaluar el grado de severidad de las fallas superficiales, mejora del diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020).**

De los resultados obtenidos en el capítulo 04, se realizó una comparación con los estudios de Tacza, Erica y Rodriguez, Braulio (2018) quienes en su tesis titulada *“Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado”*, nos muestran lo siguiente:

### 1.-Piel de Cocodrilo



Fuente: Tacza, Erica y Rodriguez, Braulio (2018)



Fuente: Elaboración propia

### 2.- Hundimiento



Fuente: Tacza, Erica y Rodriguez, Braulio (2018)



Fuente: Elaboración propia

### 3.- Erosión



Fuente: Tacza, Erica y Rodriguez, Braulio (2018) Fuente: Elaboración propia

Conforme los procedimientos correspondientes del método PCI concluyó calculando el MAX CDV el cual es 74.

N°	VALORES DEDUCIDOS VD				TOTAL	q	CDV
1	58.0	31.8	31.0	11.5	132.3	4	74
2	58.0	31.8	31.0	2.0	122.8	3	74
3	58.0	31.8	2.0	2.0	93.8	2	67
4	58.0	2.0	2.0	2.0	64.0	1	64
<b>MAX CDV =</b>							<b>74</b>

Fuente: Cálculo del MAX CDV, Tacza, Erica y Rodriguez, Braulio (2018).

Por lo que finalmente el índice de condición del pavimento PCI para la zona evaluada por **Tacza, Erica y Rodriguez, Braulio (2018)** es de **26** el cual equivale **a un pavimento en MALA condición**. Resultado que fue semejante a la evaluación realizada en esta investigación el cual es **13**, que equivale **a un pavimento en MUY MALA condición**.

Lo cual demuestra que el método PCI cumple el estado de condición actual del pavimento flexible.

**Hipótesis específica 2 (Evaluar el diseño en las fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020).**

De los resultados obtenidos en el capítulo 04, fueron semejantes a los resultados de los estudios de Novoa, Lloni (2017) quien en su tesis titulada “*Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo – 2017*”, nos muestran lo siguiente:

CONDICIONES DE TRÁFICO	VALOR
Carga por eje (lbs)	18,000
Presión del neumático (psi)	80
No de ejes equivalentes (ESAL)	9,884,000

Fuente: Tabla 3. 19. Estimación del ESAL, Novoa, Lloni (2017)

El resultado presentado es semejante al estudio realizado en nuestra investigación el cual nos muestra que el ESAL calculado es **9,276,326.86**. El estudio de tráfico me permitió conocer los vehículos que circulan actualmente en la vía en estudio, también las cargas acumuladas a las que es sometido constantemente el tramo. Por lo tanto, ambos resultados (ESAL) se encuentran dentro del (TP 9) y será tomado en cuenta para la mejora del diseño de la carpeta asfáltica.

### **Hipótesis específica 3 (Evaluar el suelo en las fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020).**

De los resultados obtenidos en el capítulo 04, los resultados de los estudios de Novoa, Lloni (2017) quien en su tesis titulada “*Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo – 2017*”, nos muestra lo siguiente:

**Tabla 3. 11.** Ensayos de CBR según ASTM D-1883, Av. Señor de Caudivilla - Av. Parque Zonal (km 0 + 000 - km 0 + 665).

Calicatas	Muestra	Clasificación S.U.C.S.	Profundidad(m.)	CBR al 100% M.D.S.	CBR al 95%M.D.S. (%)	Expansión(%)
C-01	m1	CL	0.20 - 1.30	9.5	4.2	2.5
C-02	m2	CL	0.40 - 1.20	19.2	7.3	2.8

**Tabla 3. 12.** Ensayos de CBR según ASTM D-1883, Av. Parque Zonal - Av. Camino Real (km 0 + 000 - km 0 + 1184).

Calicatas	Muestra	Clasificación S.U.C.S.	Profundidad(m.)	CBR al 100% M.D.S.	CBR al 95%M.D.S. (%)	Expansión(%)
C-01	m1	ML	0.40 - 1.20	14.9	9.8	1.5

Fuente: Tabla 3. 11 y 12. Ensayos CBR, Novoa, Lloni (2017).

El estudio de suelos realizados por el autor es colindante a la zona que estoy investigando por lo que usaré el promedio de los dos tramos evaluados por el autor para la mejora del diseño de la carpeta asfáltica.

<b>MÉTODO AASHTO</b>	
<b>CBR</b>	14.53 %
<b>MR</b>	14167.87 PSI

S3 : Subrasante Buena

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

**Hipótesis general (El análisis de las fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto Domingo Carabayllo, 2020).**

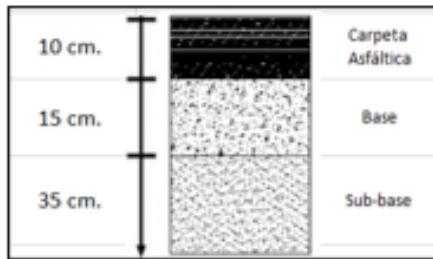
Nuestras alternativas del predimensionamiento del pavimento flexible aún se deben comparar con los parámetros propuestos por el manual AASHTO-93, el cual nos menciona que:

<b>ESAL</b>	<b>CONCRETO ASFÁLTICO</b>	<b>BASE GRANULAR</b>
> 50,000	1.0 (o tratamiento superficial)	4
50,001 - 150,000	2.0	4
150,001 - 500,000	2.5	4
500,001 - 2,000,000	3.0	4
2,000,001 - 7,000,000	3.5	6
<b>&gt; 7,000,000</b>	<b>4.0</b>	<b>6</b>

Fuente: Manual AASHTO-93

Por lo que de las 4 alternativas propuestas que cumplían el numero estructural (NS) descartaríamos la 3 y 4, quedando las dos primeras propuestas.

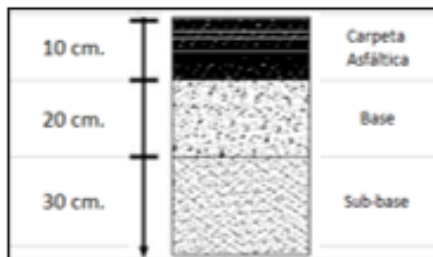
**Resumen de la alternativa 1:**



Capas	1ra Capa	2da Capa	3ra Capa
ai	0.17	0.054	0.047
Costos	470.00	120.00	90.00
Espesores	10	15	35
Precio x m2	96.50	Nuevos Soles	

Fuente: Elaboración propia

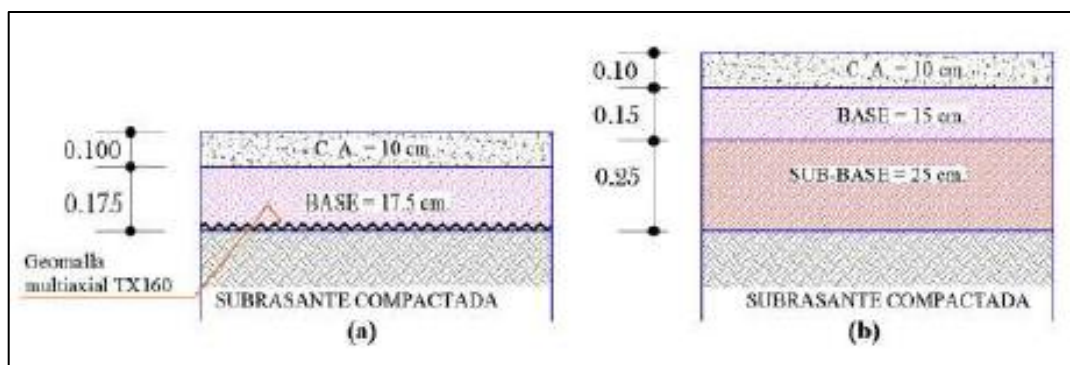
**Resumen de la alternativa 2:**



Capas	1ra Capa	2da Capa	3ra Capa
ai	0.17	0.054	0.047
Costos	470.00	120.00	90.00
Espesores	10	20	30
Precio x m2	98.00	Nuevos Soles	

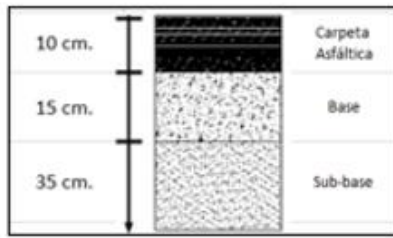
Fuente: Elaboración propia

Siendo la alternativa 1 la más económica respecto al 2. Resultado semejante al estudio de Novoa, Llioni (2017) quien en su tesis titulada “Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo – 2017”, nos propone las siguientes dimensiones:



Fuente: Fig. 4. 1. Novoa, Llioni (2017).

### Resumen de la alternativa 1:



Fuente: Elaboración propia

Capas	1ra Capa	2da Capa	3ra Capa
ai	0.17	0.054	0.047
Costos	470.00	120.00	90.00
Espesores	10	15	35
Precio x m2	96.50	Nuevos Soles	

Por lo que se toma la alternativa 1 como mejora del diseño de la carpeta asfáltica.

## VI. CONCLUSIONES

1.- En cuanto a mi **objetivo específico N° 1 que es Evaluar las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabaylo, 2020**, se pudo concluir que la aplicación del Método PCI, se determinó la condición actual del pavimento flexible en la Av. Santo Domingo, la cual equivale a 13. Conforme a la escala del PCI le correspondería una condición del pavimento en estado MUY MALO, zona que debe ser reconstruida, por lo que es necesario aplicar las intervenciones de manera inmediata para evitar el incremento acelerado del deterioro.

2.- Con respecto al **objetivo específico N° 2 que es Evaluar la influencia del diseño en las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabaylo, 2020**, se concluyó el tráfico en la zona no es acorde al diseño actual del pavimento flexible, el cual se ve reflejado en el estado del pavimento con fallas como Piel de cocodrilo, Hundimiento y Erosión, siendo su grado de severidad Alto.

3.- En relación al **objetivo específico N° 3 el cual es Evaluar la influencia del suelo en las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabaylo, 2020**, se concluyó que el estudio de suelos (CBR) propuesto, influye de manera positiva en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica.

4.- Como resultado del **objetivo general el cual es Analizar las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabaylo, 2020**, se concluyó que en general cada evaluación específica influye en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica, el cual nos permitió culminar el diseño propuesto tomando las nuevas condiciones actuales que pasa nuestra vía evaluada.



## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1.-** Se recomienda realizar la reconstrucción del pavimento flexible de todo el tramo evaluado utilizando la propuesta planteada en el menor tiempo posible dado el estado actual del pavimento.
  
- 2.-** Se recomienda realizar ensayos destructivos (calicatas en pavimento), con el fin de complementar la evaluación por diseño.
  
- 3.-** Se recomienda realizar ensayos de suelo (CBR) en todo el tramo, con el objetivo de tener un mejor panorama de la estructura del suelo.
  
- 4.-** Se recomienda proponer un plan de monitoreo del estado del pavimento, para conocer el ritmo de deterioro del mismo, para poder anticipar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación.

## REFERENCIAS

1. **Minaya, G. S., y Ordóñez, H. A.** (Ed. 2). (2006). *Diseño moderno de pavimentos asfálticos*, Lima, Perú, Instituto de la Construcción y Gerencia.
2. **Zelada, Luis.** 2019, “*Diseño de 1km. De pavimento, carretera Juliaca – Puno (Km 44+000 – Km 45+000)*”, Lima, Perú.
3. **Docplayer.es.** (2017). *MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG PDF*. [online] Recuperado de: <http://docplayer.es/45840583-Manual-de-carreteras-diseno-geométrico-dg-2014.html>
4. **Reyna, K.** (2016). *Adecuación óptima de vías vehiculares y peatonales para mejorar la transitabilidad en zonas de caos en la Av. Naciones Unidas – Cercado de Lima* (Trabajo de suficiencia profesional), Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
5. **Bonnet, Gabriel.** 2014, “*Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible*”, Bogotá, Colombia.
6. **Gonzáles, Daniel.** 2018, “*METODOLOGÍAS DE REPARACIÓN PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES DE MEDIANO Y BAJO TRÁNSITO*”, Santiago de Chile, Chile.
7. **Burgos, Nicolás.** 2008, “*Comparación de varias estructuras de pavimentos flexibles y rígidos, sector polpaico – La Trampilla*”, Chile.
8. **Poveda, Bernal y Marín.** 2014, “*Diseño de un pavimento para la estructura vial, de la vía conocida como “El Kilómetro 19”, desde el K2+000 al K2+500, que comunica a los municipios de Chipaque- UNE*”, Cundinamarca, Colombia.
9. **Farinango, Daniela.** 2014, “*Análisis comparativo de costos entre el pavimento rígido y pavimento flexible*”, Ecuador.
10. **Villacis, Wilson.** 2014, “*Manual Práctico de Optimización Para la Revisión de Estudio de Diseño de Pavimentos*”, Ecuador.
11. **Gonzales, Carlos.** 2015, “*Fallas en el pavimento flexible de la avenida de evitamiento sur, Cajamarca, 2015*”, Perú.
12. **Leguia y Pacheco.** 2016, “*EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) EN LAS VÍAS ARTERIALES: CINCUENTENARIO, COLÓN Y MIGUEL GRAU (HUACHO-HUAURA-LIMA)*”, Perú.
13. **Cantuarias, L. & Watanabe, J.** 2017, “*Aplicación del Método PCI para la Evaluación Superficial del Pavimento Flexible de la Avenida Camino Real de la Urbanización la Rinconada del Distrito de Trujillo*” (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

14. **Conza, D. 2016**, “*Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
15. **Llosa, J. 2006**, “*Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos (aplicación: Municipio de La Molina)*” (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
16. **Medina, A. & De La Cruz, M. 2015**, “*Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI*” (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
17. Reglamento Nacional de Edificaciones, (2010). Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=182>
18. **Rodríguez, M. C. & Rodríguez, M. J. 2004**, “*Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje*” (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
19. **Melchor A. (2005)**. Diseño y evaluación de pavimentos flexibles. Curso de titulación profesional por actualización de conocimientos. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Lima, Perú. 154 pp.
20. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Diseño Geométrico para Carreteras DG-2014. Segunda Edición. Lima; 2014
21. **Olivera, Mijael. (1994)**. Técnicas de conservación de pavimentos Asfálticos. Lima. 125 pp.
22. **Rodríguez, Víctor. (2004)**. Diagnóstico y Recuperación Vial.
23. **Suárez, Wilder. (2005)**. Técnicas de reparación, conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos. Tesis (Ingeniero Civil). Piura; Universidad de Piura. 153 pp.
24. Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles. Volumen N° 11. 29 pp.
25. **García, Sergio. (1990)**. Mecánica de suelos. Universidad Nacional de Cajamarca.
26. **Gutiérrez, Daniel. (1994)**. Técnicas de reparación, conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos. Tesis (Ingeniero Civil). Piura; Universidad de Piura. 153 pp.
27. **Crespo, Juan. (1994)**. Análisis del índice de conservación del pavimento.
28. **Vivar, G. (1995)**. Diseño y construcción de pavimentos. 2da Edición. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
29. **Cal, R (2007)** Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones 8va. Edición.

30. ASTM. (2003). *ASTM D-6433-03, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. Pensilvania - USA: ASTM.
31. **Bolaños Tauma, J. J. (2015)**. *Identificación, diagnóstico y remediación de las patologías del Pavimento Flexible del Jr. Amalia Puga y la Av. De los héroes - Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
32. **Gamboa Chicchón, K. P. (2009)**. *Cálculo del Índice de Condicion Aplicado en el Pavimento Flexible en la Av. Las Palmeras de Piura*. Piura: Universidad de Piura.
33. MTC. (2007). *Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras*. Lima: MTC.
34. MTC. (2013). *Manual de Carreteras: Conservación Vial*. Lima: MTC.
35. MTC. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013)*. Lima: MTC PERÚ.
36. **Rodríguez Velásquez, E. D. (2009)**. *Cálculo del Índice de Condicion del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla*. Piura: Universidad de Piura.
37. **Rabanal Pajares, J. E. (2014)**. *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del Pavimento*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
38. **Robles Bustios, R. (2015)**. *Cálculo del Índice de Condicion del Pavimento (PCI) Barranco - Surco - Lima*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
39. **Jaime Ernesto Carvajal Alvarez. (1997)**. *Estudio y Comparación de los métodos utilizados por AASHTO-93 y El Instituto Americano del Asfalto -91 (MS-1) para el Diseño de Pavimento Flexibles*. Tesis de UES.
40. **Vásquez, L (2002)**. *Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras*.  
<https://sinavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### RECURSOS Y PRESUPUESTO

Los recursos y presupuestos se presentarán en la investigación para garantizar transparencia y veracidad. Se establece la cantidad de los recursos y el costo en soles.

Etapa	Rubro	Cantidad	Und. Medida	Precio Unitario(Nuevos soles)	Total (Nuevos Soles)
PI	Laptop DELL Intel Core i7	4	Meses	S/.50.00	S/.200.00
	Utiles de oficina	1	Global	S/.60.00	S/.60.00
	Acceso a internet	4	Meses	S/.25.00	S/.100.00
	Transporte y refrigerio	4	Meses	S/.150.00	S/.600.00
	Impresión	1	Global	S/.200.00	S/.200.00
	Anillados	8	Unidad	S/.6.00	S/.48.00
	Sub Total				S/.1,208.00
DPI	PCI	1	Global	S/.1,200.00	S/.1,200.00
	Análisis del tráfico	1	Global	S/.800.00	S/.800.00
	Transporte y refrigerio	1	día	S/.250.00	S/.250.00
	Impresión	1	Global	S/.200.00	S/.200.00
	Anillados	8	Unidad	S/.6.00	S/.48.00
	Sub Total				S/.2,498.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/.3,706.00</b>

La presente investigación será financiada por el propio tesista con la finalidad de contribuir con el crecimiento y desarrollo del país, al investigar y establecer nuevos criterios de mejora continua en el rubro de la construcción.

"Identificación y Evaluación de fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020"					
MATRIZ DE CONSISTENCIA					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores		Metodología
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variable 1: Diseño de la carpeta asfáltica</b>		Diseño de Investigación: <b>MIXTA (EXPERIMENTAL Y OBSERVACIONAL)</b> Tipo de Investigación: <b>APLICADA.</b> Nivel de Investigación: <b>EXPLICATIVA</b> Enfoque de Investigación: <b>CUANTITATIVO</b> Población: <b>CARABAYLLO</b> Muestra: <b>AV. STO. DOMINGO CUADRA 2 AL 5 (300m)</b> Técnica: <b>OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA</b>
¿Cómo la identificación y evaluación de fallas superficiales, influyen en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020?	Analizar las fallas superficiales en el pavimento flexible, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, Lima 2020.	El análisis de las fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto Domingo Carabayllo, 2020.	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	
			<b>Tipo de tráfico</b>	<b>ESAL Total</b>	
				<b>Factor crecimiento</b>	
<b>Índice medio diario</b>	<b>Conteo vehicular</b>				
<b>Problemas Específico</b>	<b>Objetivo Específico</b>	<b>Hipótesis Específico</b>	<b>Variable 2: Identificación de las fallas superficiales en el pavimento flexible</b>		
¿De qué manera la identificación de severidad de fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020? ¿De qué manera la evaluación del diseño, influye en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020? ¿De qué manera la evaluación del suelo, influye en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020?	Evaluar la severidad de las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020. Evaluar la influencia del diseño en las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020. Evaluar la influencia del suelo en las fallas superficiales, para mejorar el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020.	Evaluar el grado de severidad de las fallas superficiales, influye en la mejora del diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020. Evaluar la influencia del diseño en las fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020. Evaluar la influencia del suelo en las fallas superficiales, mejora el diseño de la carpeta asfáltica en Av. Sto. Domingo Carabayllo, 2020.	<b>Piel de Cocodrilo</b>	<b>Grado de severidad</b>	
			<b>Hundimiento</b>	<b>Grado de severidad</b>	
			<b>Erosión</b>	<b>Grado de severidad</b>	
			<b>Variable 3: Evaluación de las fallas superficiales en el pavimento flexible</b>		
			<b>Diseño</b>	<b>Estudio de tráfico</b>	
<b>Suelo</b>	<b>Capacidad portante CBR</b>				

Valores del coeficiente estructural recomendados por el Manual del MTC, incluyen costos por m2.

# ESPESORES DE CAPAS

## -El Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm <sup>-1</sup> )	OBSERVACIÓN	PRECIO
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>				
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	a1	0.170	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 470.00
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a1	0.125	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE	S/. 314.00
Micropavimento 25mm	a1	0.130	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE	S/. 300.00
Tratamiento Superficial Bicapa	a1	0.25 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. 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	S/. 300.00
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a1	0.15 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos	S/. 350.00
(*) Valor Global (no se considera el espesor)				
<b>BASE</b>				
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.052	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE	S/. 120.00
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.054	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	S/. 120.00
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 500 lb)	a2a	0.115	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 180.00
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	a2b	0.070	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 155.00
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	a2c	0.080	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 165.00
<b>SUBBASE</b>				
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.047	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE	S/. 90.00
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.050	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE	S/. 90.00

Este cuadro muestra los análisis posibles que forman la estructura del pavimento, junto a ellos los costos respectivos.

	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>
<b>Componente</b>	Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
<b>Observación</b>	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
<b>Precio</b>	S/. 470.00	S/. 120.00	S/. 90.00
<b>ai (Recomendado)</b>	0.17	0.054	0.047

<b>m1</b>	<b>m2</b>
<i>1</i>	<i>1</i>

<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>
8.0 cm	25.0 cm	30.0 cm

<b>SNR (Requerido)</b>	<i>4.042</i>	<i>Debe cumplir SNR (Resultado) &gt; SNR (Requerido)</i>
<b>SNR (Resultado)</b>	4.12	<b>Si Cumple</b>

	<b>Capa Superficial</b>	<b>Base</b>	<b>Subbase</b>
<b>Precio</b>	S/.37.60	S/.30.00	S/.27.00

Fuente: Elaboración propia.





Mediante la ecuación de diseño propuesta en la guía AASHTO 1993.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$


Dónde:

- $W_{18}$  : número de repeticiones de eje equivalente (ESAL)
- $Z_R$  : confiabilidad
- $S_o$  : desviación estándar
- $SN$  : número estructura
- $\Delta PSI$  : Pérdida de serviciabilidad
- $M_R$  : módulo resiliente de la subrasante


Fuente: AASHTO-93

PCI-01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																					
ZONA		WGS84		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				TRAMO													
18 L		COORDENADA INICIAL		COORDENADA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO													
		278874.25 m E		m2				100 m.													
CÓDIGO VÍA		COORDENADA FINAL		ÁREA DE MUESTREO (m2)																	
PCI-01		8686607.25 m S		360.00																	
RESPONSABLE		FECHA																			
		22/05/2020																			
No.		Daño		No.		Daño															
1		Piel de cocodrilo. (m2)		11		Parcheo.															
2		Exudación.		12		Pulimento de agregados.															
3		Agrietamiento en bloque.		13		Huecos.															
4		Abultamiento y hundimientos. (m2)		14		Cruce de vía férrea.															
5		Corrugación.		15		Ahuellamiento.															
6		Depresión / Erosión. (m2)		16		Desplazamiento.															
7		Grieta de borde.		17		Grieta parabólica (slippage)															
8		Grieta de reflexión de junta		18		Hincharamiento.															
9		Desnivel carril / berma.		19		Desprendimiento de agregados															
10		Grietas long y transversal.																			
DAÑO		SEVERIDAD		CANTIDAD							TOTAL		DENSIDAD								
1		H		3.00		1.20		0.50		0.90		0.35		0.40		1.00		7.35		2.04%	
4		M				0.60		0.40		0.75		4.00		2.50		3.80		12.05		3.35%	
6		H								2.40				1.40		0.65		4.45		1.24%	




\_\_\_\_\_  
HERRERA SILVA ANTHONY MARCELO  
RESPONSABLE




\_\_\_\_\_  
ING. WILSON RICARDO CABRERA LONGA  
CPI N° 50606  
SUPERVISOR

PCI-02 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA												
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						TRAMO						
ZONA	WGS84	COORDENADA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO									
18 L		278806.00 m E	m2									
CÓDIGO VÍA		COORDENADA FINAL	ÁREA DE MUESTREO (m2)									
PCI-02		8686535.00 m S	360.00									
RESPONSABLE			FECHA									
			22/05/2020									
No.	Daño	No.	Daño									
1	Piel de cocodrilo. (m2)	11	Parcheo.									
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.									
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.									
4	Abultamiento y hundimientos. (m2)	14	Cruce de vía férrea.									
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.									
6	Depresión / Erosión. (m2)	16	Desplazamiento.									
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)									
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento.									
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados									
10	Grietas long y transversal.											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD			
1	H						1.60	0.65	2.25	0.63%		
4	M						2.00	2.00	7.00	1.94%		
6	H	1.60	1.80	1.75	3.20				8.35	2.32%		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>_____ HERRERA SILVA ANTHONY MARCELO RESPONSABLE</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>_____ ING. WILSON RICARDO CABRERA LONGA CPI N° 50606 SUPERVISOR</p> </div> </div>												

PCI-03 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA												
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						TRAMO						
ZONA	WGS84	COORDENADA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		<div style="text-align: center;">100 m.</div>						
18 L		278748.00 m E		m2								
CÓDIGO VÍA		COORDENADA FINAL		ÁREA DE MUESTREO (m2)								
PCI-03		8686455.00 m S		360.00								
RESPONSABLE						FECHA						
						22/05/2020						
No.	Daño					No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo. (m2)					11	Parcheo.					
2	Exudación.					12	Pulimento de agregados.					
3	Agrietamiento en bloque.					13	Huecos.					
4	Abultamiento y hundimientos. (m2)					14	Cruce de vía férrea.					
5	Corrugación.					15	Ahuellamiento.					
6	Depresión / Erosión. (m2)					16	Desplazamiento.					
7	Grieta de borde.					17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta					18	Hinchamiento.					
9	Desnivel carril / berma.					19	Desprendimiento de agregados					
10	Grietas long y transversal.											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	
1	H								3.00		3.00	0.83%
4	M		2.40	3.10	1.65	0.60					7.75	2.15%
6	H							1.20	4.00	2.50	7.70	2.14%



HERRERA SILVA ANTHONY MARCELO  
RESPONSABLE






















ING. WILSON RICARDO CABRERA LONGA  
CPI N° 50606  
SUPERVISOR

FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Cuadra 3
SENTIDO	Carabaylo - Lima
UBICACIÓN	Av. Santo Domingo

ESTACION	
HORA	7:00 a. m. a 8:00 a. m.
FECHA	9/08/2020

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAILER				TRAILER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		BUS 2 E	3 E	CAMION 2	CAMION 3	4 E	AILER 2S1	2S3	AILER 3S1	TRAILER >= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
15 min.																						
15 min.		22	5	2		3		30		3	2		2		1	0						70
15 min.		25	7	1		4		28		5	1		1		0	1						73
15 min.		28	3	4		4		30		7	1		2		0	0						79
15 min.		32	4	6		5		30		10	1		1		1	0						90
TOTALES		107	19	13	0	16	0	118	0	25	5	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	312



ENCUESTADOR : HERRERA SILVA ANTHONY MARCELO



ING.RESPONS: WILSON RICARDO CABRERA LONGA

FORMULARIO N° 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA	Cuadra 3
SENTIDO	Carabaylo - Lima
UBICACIÓN	Av. Santo Domingo

ESTACION	
HORA	7:00 a. m. a 8:00 a. m.
FECHA	8/08/2020

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAILER				TRAILER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
15 min.		32	3	1		1	18		2	1			0		0	0					58
15 min.		35	4	1		2	20		1	0			2		1	0					66
15 min.		30	2	2		1	20		2	0			0		0	0					57
15 min.		27	2	1		1	19		2	1			1		1	0					55
TOTALES		124	11	5	0	5	77	0	7	2	0		3	0	2	0	0	0	0	0	236



ENCUESTADOR : HERRERA SILVA ANTHONY MARCELO



ING.RESPONS: WILSON RICARDO CABRERA LONGA