



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Aplicación de capas de concreto Whitetopping para mejorar
la durabilidad del pavimento flexible de la Av. Alameda,
Callao-2020**

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

AUTORA:

Uribe Cabezas, Jazmin Alexandra (ORCID: 0000-0003-2777-9299)

ASESORA:

Mg. Ramos Gallegos Susy Giovana (ORCID: 0000-0003-2450-9883)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL**

CALLAO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi mamá, la cual me ha enseñado el significado de la palabra perseverancia y sacrificio, y que, si te propones algo con esfuerzo y dedicación, lo podrás lograr.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a Jehová por darme salud y guiarme en todo momento, a mi familia por su apoyo incondicional tanto moral como psicológico, a mi asesor metodológico por su paciencia a la hora de brindarme información requerida y a mis amigos que siempre estuvieron ahí para mí

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	23
III.1. Tipo y diseño de investigación	23
III.2. Variables y operacionalización	25
III.3. Población, muestra y muestreo	27
III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
III.5. Procedimientos	29
III.6. Método de análisis de datos	30
III.7. Aspectos éticos	31
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	55
VI. CONCLUSIONES	58
VII. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS	60
ANEXOS	70
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	70
ANEXO N° 02: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN	71
ANEXO N° 03: TURNITIN	72
ANEXO N° 04: DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	73
ANEXO N° 05: FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	73
ANEXO N° 06: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estudio de Trafico.....	31
Tabla 2 Factor de Corrección de vehículos	32
Tabla 3 Índice medio anual del tráfico de vehículos actual	33
Tabla 4 Distribución del Tráfico Vehicular Actual.....	34
Tabla 5 Porcentaje del tráfico vehicular al año por tipo de vehículo.....	35
Tabla 6 Ejes equivalentes por tipo de vehículo pesado.	35
Tabla 7 Relación de carga por eje (v. pesados).....	36
Tabla 8 Demanda Proyectada-IMD	37
Tabla 9 Factor de crecimiento acumulado	37
Tabla 10 ESAL	38
Tabla 11 Resumen de variables de la ecuación principal.	40
Tabla 12 Espesores del paquete estructural del pavimento rígido	44
Tabla 13 Diámetro y longitudes recomendadas en pasadores.	45
Tabla 14 Aplicación de la fórmula para hallar la densidad	46
Tabla 15 Aplicación de la fórmula para hallar el valor reducido	47
Tabla 16 clasificación del PCI.....	49
Tabla 17 Hoja de cálculo de PCI agrupado	50
Tabla 18 Presupuesto del concreto hidráulico	54
Tabla 19 Presupuesto del pavimento asfáltico.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Ilustración 1. Load Distribution of Flexible Pavement.....	15
Ilustración 2. Cross section of Rigid Pavement.....	16
Ilustración 3. Unified soil classification system classes.....	16
Ilustración 4 .Results of Field Density, Compaction and California	17
Ilustración 5 ESAL Factors for Different Highway Functional Classes	17
Ilustración 6 Diagram for pre-selection of standard cross section based on AADT	18
Ilustración 7 Saw cutting for Whitetopping with ruts	18
Ilustración 8 Thin Whitetopping	19
Ilustración 9 Standard and custom PCI Rating Scale.....	21
Ilustración 10 PCI.....	21
Ilustración 11 Rating road conditions based on PCI methode.....	21
Ilustración 12 Asphalt Surfaced Pavement sample unit condition survey sheet	22
Ilustración 13 Odómetro Manual.....	22
Ilustración 14 Número de Vehículos por día (V/d)	32
Ilustración 15 Porcentaje del Tráfico actual por tipo de vehículo	34
Ilustración 16 Módulo de reacción de la subrasante k	42
Ilustración 17 Tablero de diseño para pavimentos rígidos.	43
Ilustración 18 Detalle del paquete estructural del pavimento rígido	44
Ilustración 19 Valor de deducción de piel de cocodrilo.	47
Ilustración 20 Curva de corrección de valores deducidos	49
Ilustración 21 Análisis de precios unitarios de la aplicación del concreto.....	51
Ilustración 22 Imprimación Asfáltica	51
Ilustración 23 Pavimento de concreto en caliente.....	52
Ilustración 24 Corte a nivel de subrasante.....	52
Ilustración 25 Base Granular	53
Ilustración 26 Preparación de la sub rasante.....	53

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials o en español conocido como Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes

APU: Análisis de Precios Unitarios

ESAL: Equivalent Single Axle Load o Carga Equivalente De Un Solo Eje

IMD: Índice Medio Diario

ISO: International Organization for Standardization

MR: Módulo de Rotura

MTC: Ministerio de Transporte y Comunicaciones

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences o Paquete estadístico para ciencias sociales

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación fue “determinar cómo mejorará la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la durabilidad del pavimento flexible en la Av. Alameda, Callao, 2020”, fue una investigación aplicada, con un enfoque cuantitativo. El nivel de la investigación es descriptivo con un diseño cuasiexperimental. Como muestra se tomó el tramo ubicado entre el cruce de la Av. Alameda con la Av. Santa Rosa hasta el pasaje 26 de octubre, ubicado en la Provincia Constitucional del Callao, la cual consta con 127,48 m (418,24 pies) de longitud.

El progreso del trabajo está distribuido en dos variables, la primera consiste en la técnica de capas de concreto Whitetopping, el estudio de tráfico con respecto al índice medio diario y el ESAL, con respecto a la segunda variable contempla el comportamiento mecánico, las propiedades físicas y el costo.

PALABRAS CLAVES:

Whitetopping, ESAL de diseño, Espesor de Recubrimiento, IMD

ABSTRACT

The general objective of the present research was "to determine how the application of the Whitetopping concrete layers will improve the durability of the flexible pavement in Av. Alameda, Callao, 2020", it was an applied research, with a quantitative approach. The research level is descriptive with a quasi-experimental design. As a sample, the section located between the intersection of Av. Alameda with Av. Santa Rosa until the passage October 26, located in the Constitutional Province of Callao, which consists of 127.48 m (418.24 feet) was taken. of length.

The progress of the work is distributed in two variables, the first consists of the technique of layers of concrete Whitetopping, the study of traffic with respect to the daily average index and the ESAL, with respect to the second variable it contemplates the mechanical behavior, the physical properties and the cost.

KEYWORDS:

Whitetopping, Design ESAL, Coating Thickness, IMD

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

Como se sabe, desde periodos antiguos las redes viales han sido fundamentales para el desarrollo y evolución de un país, ya que estos originan la oportunidad de trasladar de un lugar a otro tanto bienes como personas. Se debe de agregar que el incremento de tareas económicas en el comercio regional como en la condición de vida del pueblo contribuye a que la división de transporte carretero obtenga una gran trascendencia no solo económica sino también representativa en los países latinoamericanos, requiriendo índole, amplitud y confianza (Ministerio de economía y finanzas, 2018 párr.4). También en el Perú, ha aumentado notablemente la infraestructura en el mencionado sector (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, párr. 5)

A pesar de dicho aumento previamente mencionado, el sector de transporte sigue teniendo una carencia en lo que a transportar debidamente la manufactura mercantil se refiere, ya que este aporta al crecimiento socioeconómico del país considerando que los caminos no están en su 100% de serviciabilidad, es por ello que al cimentar estas infraestructuras viales, estas se convierten muy frecuentadas, aumentando con ello las cargas de circulación, creando el deterioro en la carpeta asfáltica al cual si le agregamos el poco cuidado frecuente en su tiempo de evaluación, se obtendría la manifestación de los afamadas fallas o desperfectos que demasiadas ocasiones no se les toma la debida importancia y es solo cuando las vías están muy dañadas, los gobiernos ponen en marcha algún plan para reparar o mejorar la carretera, aunque no siempre proponen la mejor solución debido a que no siguen las distinciones técnicas requeridas por el documento técnico.

Esta investigación tiene como problemática propuesta como influenciará la utilización del método de Whitetopping a la Av. Alameda la cual pertenece a

la provincia constitucional del Callao, la cual muestra deterioros en la vía con la finalidad de mejorar la durabilidad del pavimento con técnicas que se adapten mejor a las necesidades de la carretera siempre teniendo en cuenta los aspectos económicos y ecológicos.

Es por ello que de ahí nace el **problema general de esta investigación**: ¿De qué manera mejorará la aplicación de capas de concreto Whitetopping la durabilidad del pavimento flexible en la Av. Alameda, Callao-2020?, siendo **el primer problema específico** el siguiente: ¿Cuáles son las cargas de tránsito vehicular para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020?, como **segundo problema específico** se tiene : ¿Cuál es el espesor del recubrimiento para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020? Y como **tercer problema específico** se tiene: ¿Cuál es el costo de la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en comparación de pavimento flexible existente en la Av. Alameda, Callao-2020?

A raíz del pasar de los años, la cimentación vial reforma nuevas tecnologías al procedimiento de mejora las cuales ayudan a disminuir el desgaste del pavimento y estas ofrecen aptas condiciones del tránsito, una de estas innovaciones son las capas de concreto (Whitetopping), una técnica que ayuda a incrementar la calidad y la fase de existencia eficaz de la carretera así como también reduce el tiempo del mantenimiento rutinario de intervención, y es por ello que lo aplicaremos en la Av. Alameda. Teniendo, así como **justificación del estudio**: El presente trabajo de investigación se justificará en los siguientes puntos: **Relevancia Social**: Según Hernández (2014), “Relevancia Social. ¿Cuál es la importancia para la sociedad?; ¿Quiénes se favorecen con los descubrimientos de la investigación?” (p.73). Por lógica los beneficiarios a futuro del empleo de esta técnica serían las empresas que gobiernan las carreteras y también aeropuertos, ya que disminuyen notablemente las demoras causados por las rehabilitaciones del espacio asfaltado. Otro de los adjudicatarios serían los diferentes medios de transporte ya que con el método de Whitetopping luce una buena resistencia

al deslizamiento lo cual elude notablemente los incidentes y/o accidentes en los días y noches lluviosas.

Conveniencia: Hernández (2014) nos dice que: “Conveniencia. ¿Qué tan beneficiosa es la investigación?; ¿para qué sirve?” (p.43). El texto de estudio está apoyado en permitir la restauración del diseño del pavimento, haciendo que aminore el tiempo de rehabilitaciones durante el periodo de obras y en la fase de servicio, minimice el deterioro dando como resultado la prolongación de vida útil del asfalto, también disminuirían los gastos de cuidado periódicamente.

Aporte Teórico: Según Hernández (2014), “Valor teórico. Con el trabajo ¿se completará alguna concavidad de conocimiento?; ¿Cuál sería la expectación de los resultados obtenidos con los que se tenía previamente?” (p.43). El tema del empleo de capas de concreto para la restauración de los pavimentos asfálticos no es flamante en los países del primer mundo, pero en el Perú, esta técnica es una primicia ya que aún no se adapta, es por ello que este trabajo de investigación ayudará como punto de arranque para estudios en el futuro y como consecuencia de esto, aplicar esta técnica, ya que una de sus ventajas es la prolongación de vida útil de asfalto.

Aporte Metodológico: Hernández (2014), nos dice que: “Utilidad Metodológica. ¿Colabora con la interpretación de un criterio, variante o correlación entre variable?; ¿Propone como analizar de una mejor manera una población?” (p.43). Para asegurar la realización de los objetivos, esta exploración exhibe una utilidad técnica porque este estudio se usará como conductor para los futuros indicadores en el rótulo de ingeniería, ocupando una parte del vacío en el conocimiento acerca de esta técnica novedad la cual tiene demasiadas ventajas en la restauración de pavimentos flexibles.

Como objetivo **general** de este trabajo de investigación se tiene: Determinar cómo mejorará la aplicación de capas de concreto Whitetopping en la durabilidad del pavimento flexible en la Av. Alameda, Callao-2020. Y

acompañando a ello, tenemos los **objetivos específicos**; **Primero**: Determinar las cargas del tránsito vehicular para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la en la Av. Alameda, Callao-2020; **Segundo**: Determinar el espesor del recubrimiento para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020 y **tercero**: Determinar el costo de la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en comparación del pavimento flexible existente en la Av. Alameda, Callao-2020.

La **hipótesis general** de la investigación se verificará únicamente cuando se aplique la técnica de Whitetopping en el pavimento flexible de la Av. Alameda la cual es: La aplicación de capas de concreto Whitetopping influye de modo significativo en la mejoría de la durabilidad del pavimento flexible en la Av. Alameda, Callao-2020.

Teniendo como hipótesis **específicas**: **Primera**: Es posible precisar las cargas del tránsito vehicular para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020, **segunda**: Es posible precisar el espesor del recubrimiento para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020. Y **tercera**: La aplicación de las capas de concreto Whitetopping es más conveniente que el pavimento flexible existente en la Av. Alameda, Callao-2020.

A nivel internacional uno de los casos de la aplicación de esta técnica, la tiene la ciudad más grande Brasil, Sao Paulo, la cual recuperó el exclusivo corredor de buses en la Avenida Rebouças. Se sabe que previamente el núcleo urbano de Curitiba, precursora de la ejecución de la técnica BTR en Latinoamérica. Dejando el lado urbano, Brasil cuenta con la rehabilitación utilizando esta técnica, ciertos modelos de ello, son las autopistas BR-290 (este intervalo fusiona las poblaciones de Porto Alegre y Osorio), la Sp-130/79 (Esta se encuentra en lo más recóndito de Sao Paulo) y también se tiene la cuesta de la serranía Sao Vicente (esta parte conlleva la pista federalista BR 163/364) muy cerca a la ciudad de Cuiabá, la cual se encuentra en el estado de Mato Grosso.

A nivel nacional Como se tiene entendido, en el Perú, los accidentes y/o incidentes en lo que respecta a temas de circulación vehicular suelen pasar con más constancia en los posteriores lapsos de tiempo, por lo cual es de importantísima trascendencia poseer en consideración la certeza de las carreteras, es muy normal que estos accidentes pasen a mayor escala por la defectuosa condición del pavimento y a esto se le incluye también los factores climáticos los cuales ocasionan el desgaste de la carpeta asfáltica. La durabilidad es la suficiencia de un elemento de cimentación, componente o armadura física de concreto capaz de soportar las acciones físicas, químicas, biológicas y ambientales vinculadas a la trascendencia del cambio atmosférico con su escenario durante un lapso a partir del proyecto, sustentando su servicio y conservando su representación única, rasgos mecánicos y estado de serviciabilidad (Mendoza y Castro, 2009, p.3).

Hay que mencionar, además que se ha reafirmado que los pavimentos de concreto tienen la capacidad de detención mayor que los pavimentos de asfalto y gracias a ello minimizan el corrimiento de los automóviles, con lo cual la infalibilidad aumenta mientras el paso de los autos, otro rasgo añadido es que el mantenimiento del enlosado es el duplicado del costo comparándolo con el del hormigón hidromecánico aplicando la técnica de Whitetopping, de tal forma que se economizara el valor de cuidado y la mejora de calidad de la carretera. Según la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transporte del Estado manifiesta que: El pavimento rígido, debido a la inflexibilidad de la losa de cemento se crea una proporción útil del corazón de las ruedas vehiculares, dando como efecto tirantez muy baja en la subrasante. En un suelo dúctil, [...], al tener una mínima cantidad de durex, se desproporciona y delega una mayor presión al sub-declive (2006, p.10)

A nivel local Si hablamos del nivel local, se tiene varios lugares los cuales cuentan con varias fallas, uno de ellos es Omate, el cual constituye como uno de los once demarcaciones de la comarca de Gral. Sánchez Cerro en Moquegua, de donde la primordial labor es la cultivo exportador (ya sea la

aguacate, el vino o incluso la lima) y por obvias razones el turismo, uno de los medios con mayor influencia es la Calle Moquegua, este cuenta con diversos tipos de fallas a lo largo de su vía como por ejemplo fisuras tanto transversales como longitudinales, piel de cocodrilo, peladuras, entre otras, es por ello que es primordial que se efectúen actividades de conservación con el objetivo de extender la duración favorable del asfalto, en mencionado suceso se percibe que no estaría aplicando el procedimiento convencional (pavimento), desde otro punto de vista, se estaría aplicando capas de concreto para un debido mejoramiento de la carretera.

Otro punto en el cual se implementaría las intervenciones de rehabilitaciones las cuales ayudan a calmar el desgaste apresurado del pavimento y ofrecen las condiciones necesarias de tránsito, es en Sullana-Piura, con este método se alargará más el tiempo de vida servicial del pavimento y así a su vez se eludirá el constante mantenimiento de las fallas que podría presentar si es que no se realizar este procedimiento.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional Abad, Luis y Sangurima, Álvaro (2018) en la Universidad de Cuenca, para adquirir el nombramiento competente de Ingeniero Civil se desarrolló el tema “ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA VÍA CUENCA-MOLLETURO- NARANJAL, EN EL TRAMO PUENTE TAMARINDO- JESÚS MARÍA”. El cual tiene como objetivo general, estimar la condición pragmática y esquelética del pavimento de la Vía Cuenca – Molleturo- Naranjal en el intervalo del Río Tamarindo- Jesús María y examinar alguna factible correlación entre ambos hitos. Deduciendo así que para la apreciación estructural utilizando el método AASHTO, se dictaminó el siguiente factor, el patrón de resistencia efectiva de la subrasante y el de elasticidad de la placa de hormigón hidráulico. Finalmente, se recomendó evitar cualquier patrón de oscilación o carga superficial el cual perjudique la variación de deflexiones obtenidas en el deflectómetro. De esta investigación se seleccionó la teoría

relacionada a la aplicación previa de la técnica de rehabilitación Whitetopping en la vía Cuenca.

De la Cruz Romero, Janill M. (2016), en Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Camins-España, para adquirir el calificativo de máster en Ingeniería Estructural y de la Construcción desarrollo el tema “Caracterización de la adherencia en refuerzos de Ultra-Thin Whitetopping”. Cuyo objetivo general, es diagnosticar las características resistentes de la variedad de métodos de adherencia que existen entre la mezcla de hormigón y la bituminosa. Como resultado general se obtuvo que la resistencia aplicando la diversidad de procedimientos de adhesión de por medio del asfalto y el hormigón. Al emplearse las pruebas adecuadas se obtuvo que el Slant Shear, fue el que marcó la mayor potencia equilibrada (6.23 MPa.) de los recipientes abujardadas. Pull-Out, inventario resistencia superior a la atracción (0.56 MPa.) en tubos sin proceso alguno, el estudio LCB, anotó una gran cantidad de resistencia al corte (1.12 MPa.) en los recipientes de Pavimento-Sin tratamiento. Al ejecutar estos ensayos se realizó una analogía entre los tres prototipos de muestras, esto se hizo con la finalidad de saber si dependían entre sí, lo cual se deduce como que son independientes entre ellos. Hay que mencionar, además, que la prueba más adecuada sería la de LCB porque tiene más aguante al corte de recipientes asfálticos los cuales no requieren tratamiento. Por último, da a conocer que se usaron los siguientes criterios para confrontar las diferentes técnicas de adhesión, el criterio de Mohr-Coulumb, el de rodadura, y el de Griffithpor. De esta investigación se seleccionó las teorías relacionadas de los diversos métodos de adherencia a través de las mezclas bituminosas y el hormigón.

Cabezuelo Moreno, Juan José (2015), cuyo proyecto fue titulado: “Proyecto de mejora de la durabilidad de los pavimentos usados en aeropuertos empleando materiales y geosintéticos”, el cual opta para el grado en ingeniería vehículos aeroespaciales que fue desarrollo en la Universidad Politécnica de Catalunya – España. Cuyo objetivo principal es aportar a la mejoría de la resistencia de los suelos empleados en los caminos de base aérea, para ser

más específicos, pavimentos flexibles utilizando mezclas de distintas capas de elementos y geosintéticos. Concluyendo así que el mejor elemento novedoso seleccionado serían las geomembranas de polipropileno.

De esta investigación se seleccionó las teorías relacionadas a aplicación de material geosintético en pavimentos aeroportuarios.

Pinzón Enciso, Alejandro (2017) en la Universidad Militar de Granada de Colombia, para obtener la especialización en Ingeniería de Pavimentos expone el tema “ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN VIAL PARA LA CL 114 ENTRE CR 51 Y CR 53, LOCALIDAD SUBA, BOGOTÁ D.C.” El cual tuvo como objetivo general, dar a conocer distintas opciones de restauración vial para el estado estructural que se encontraba el pavimento de la CI 114 entre Cr51 y Cr 53. Se sostuvo que existían tres alternativas de rehabilitación las cuales eran, el refuerzo asfáltico, un cambio total de carpeta de rodadura y por último el refuerzo de concreto conocido también como técnica Whitetopping. Concluyendo de esta manera, que todas las disyuntivas presentadas serán viables y cada una tenía potencial como debilidades las cuales deberán ser consideradas para propalar la que mejor se acondicione al proyecto. De esta investigación se seleccionó las teorías relacionadas a los parámetros de diseño a partir de condiciones ya existentes en la vía.

López Valencia, Juan Santiago en el año 2016 en la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, para obtener el título de maestría en Vías Terrestres desarrolló el contenido “EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL, E INCIDENCIA EN EL DETERIORO TEMPRANO DE LA RED VIAL EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”. Cuyo objetivo general, fue realizar un prototipo de diseño de asfalto para mejorar la conducta de la armadura y obstaculizar el desgaste prematuro del tramo vial en la provincia de Tungurahua. La cual tuvo por muestra 20 tramos viales aledaños al lugar de estudio, con los cuales se obtiene un total de 206.60 km de longitud, donde el método empleado fue el de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transporte del Estado, exégesis 1993, para el proyecto del sector estructural de los pavimentos flexibles de carreteras. Concluyendo de esta manera que las calles que cuenten con una armadura

de asfalto que constituya con la cubierta de la sub-zócalo o zócalo y alfombra asfáltica serán capaces de exponerse a procedimientos de rehabilitación siempre y cuando estos sean mediante un apoyo de su estructura o inclusive una sobre capa. De esta investigación se seleccionó las teorías relacionadas a los diseños estructurales con permisibles correcciones en el deterioro de los suelos.

A nivel nacional Javier Abel, Esteban (2017) en la Universidad César Vallejo, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil desarrolló el tema “Rehabilitación de pavimentos asfálticos con la aplicación de capas de concreto “WHITETOPPING” –Calle Moquegua, Omate–Moquegua, 2017”. Cuyo objetivo absoluto, fue diagnosticar el cómo contribuye el uso de las cubiertas de hormigón hidromecánico Whitetopping en la restauración de los pisos hormigonados en el pasaje Moquegua, demarcación de Omate. La cual tuvo por muestra la vía con las numerosas deficiencias en la carpeta de rodamiento del tramo que comprende 100 metros de largura de la Calle Moquegua, donde por ser cuantitativa se elaboró un análisis de datos que desarrollaron evaluaciones referentes de los frutos obtenidos en laboratorio. Concluyendo de esta manera se alcanzó a definir que el preexistente pavimento tiene las condiciones necesarias para la colocación de las capas de concreto, esto precisado gracias a la estimación realizada con la viga Benkelman. De esta investigación se tomó la influencia del empleo de capas de concreto hidromecánico para la mejora del pavimento asfáltico.

Almeida, Angélica y Santur, Geyli (2018) en la Universidad César Vallejo, para adquirir el calificativo profesional de Ingeniero Civil realizó el tema “APLICACIÓN DE LA TÉCNICA WHITETOPPING EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL C.P MALLARES- C.P SAMAN-SULLANA-PIURA, 2018”. De dónde objetivo general, fue emplear el uso del método de WHITETOPPING en la estimación del pavimento elástico en el C.P Mallares- C.P Saman – Sullana - Piura, donde el problema general abarcó la mejora de las estipulaciones de tránsito de vehículos del suelo flexible al aplicar la técnica Whitetopping. De esta manera, se tomó por muestra la vía ubicada entre la

progresiva 0+000 Km-1+000 Km del lugar populoso de Mallares. Concluyendo que de acuerdo a la evaluación realizada al pavimento existente con el método de medida de deflexión utilizando la viga Benkelman, se tuvo que los valores de deflexión son bajos al normal porque se encontraron fallas en las superficies tales como hundimientos, grietas, baches según el MANUAL DE CARRETERAS “SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS – R.D. N° 10-2014-MTC/14. De esta investigación se seleccionó las conjeturas vinculadas a la estimación del pavimento flexible.

Ureta Espinoza, Young Carlos (2018), en su tesis titulada “UTILIZACIÓN DE ULTRA-THIN WHITETOPPING COMO MÉTODO DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN LA CIUDAD DE TACNA”, para seleccionar el calificativo profesional de ingeniero civil, investigación desarrollada en la Universidad Privada de Tacna, Perú. Cuyo objetivo fue la propuesta eficaz y concluyente del uso del método Ultra-Thin Whitetopping para rehabilitar pavimentos asfálticos en el distrito de Tacna, donde el problema general fue definir la resolución determinante para las deficiencias mostradas en el pavimento asfáltico, tomando como población las calles Modesto Molina y Arias y Aragüez con una muestra tipo longitudinal. Concluyendo de esta manera que la alternativa más viable y sostenibles es la técnica Ultra-Thin Whitetopping con el fin de mejorar la red vial. De esta investigación se seleccionó las teorías relacionadas a la aplicación del método Ultra-Thin Whitetopping en la mejora de pavimentos asfálticos.

Coari Pelinco, Edgar Froilán (2017), en su tesis titulada “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. AVIACIÓN DE LA CIUDAD DE JULIACA EN EL 2017”, para seleccionar el título profesional de ingeniero civil, investigación desarrollada en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú, que tuvo como objetivo general, fue la valoración de la condición de subsistencia del asfalto dúctil a categoría externa de la Av. Aviación, utilizando el procedimiento PCI donde se dispondrá el camino más factible para que tenga las circunstancias apropiadas para los beneficiarios,

donde el problema general fue saber la fase de preservación del pavimento asfáltico a nivel insustancial. Concluyendo de esta manera que la Av. Aviación tiene un PCI de 33.24, dando a entender que el estado de conservación es malo, aplicando el MICP, esta muestra fallas superficiales en todo el trecho lo cual hace que el nivel de serviciabilidad sea escaso. De esta investigación se seleccionó las teorías relacionadas al estado de preservación del pavimento flexible aplicando la técnica PCI.

Sosa Espinoza, Angie Melany (2018), en su tesis titulada “PROPUESTA DE RENOVACIÓN DEL PAVIMENTO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN LA AVENIDA CUZCO, DISTRITO MI PERÚ - CALLAO”, para destinar la etiqueta profesional de ingeniero civil, investigación desarrollada en la Universidad de San Martín de Porres, Perú. De donde el objetivo general, fue la realización de la proposición de reforma de la pavimentación para el mejoramiento del tránsito vial, utilizando el método PCI y el ensayo de lavado asfáltico para la obtención del porcentaje de asfalto para una mejora solución complementaria, donde el problema general fue saber qué medida alcanza la moción de remodelación del pavimento para el perfeccionamiento del tránsito vial. Concluyendo de esta manera que, en el primer tramo tomado como estudio, la solución más factible para corregir la conducta vial es elaborar un fresado al suelo y rehabilitar la cubierta asfáltica incrementando su grosor a 2”. De esta investigación se seleccionó las teorías relacionadas al progreso de transitabilidad vial y analizando la conservación vial de los tramos estudiados.

Teorías relacionadas al tema: Para aplicar la técnica Whitetopping en la mejora de la durabilidad del asfalto se solicita el entendimiento de las definiciones que se darán en el siguiente párrafo:

Definición operacional de la variable de capas de concreto Whitetopping

Con el objetivo de precisar las cualidades del diseño de concreto tanto de las arenas naturales o manufacturadas como del grueso y el estudio de tráfico se utilizarán acorde al cotejo de los indicadores granulometría, el diseño

estructural del pavimento humedad natural, IMD y ESAL con las fichas del formato del laboratorio.

Definición operacional de la variable de durabilidad del pavimento flexible Con el propósito de delimitar el comportamiento mecánico, las características físicas y el costo, es indispensable ejecutar diversas pruebas de acuerdo a los indicadores de intransigencia a la compresión, el módulo de rotura, la clasificación SUCS, el contenido de humedad y el A.P.U. del asfalto y concreto. Para la medición de estos indicadores se emplearán instrumentos como el horno de secado, balanzas, probetas, hojas de cálculo (EXCEL), S10.

Indicadores de la variable de capas de concreto Whitetopping:
Dimensión Propiedades de la morfología del hormigón; **Indicador Granulometría:** Según el MTC; Manual de ensayo de materiales indica que: Este procedimiento es utilizado para establecer la sucesión de los extraídos de la composición asfáltica. Los productos finales son empleados para decretar el acatamiento de la colocación del volumen de átomos con relación a los mandatos de las limitaciones y suministrar los datos indispensables para la inspección de elaboración de los desemejantes adheridos usados en emulsión asfáltica (2016, p. 581)

Indicador Humedad Natural: Según Cáscales, María, Yagüe, Estrella y Crespo, Gonzalo nos señalan que: La humedad afecta a la parte sólida del terreno, siendo un agente determinante en aquellos que presentan una gran proporción de finos. Un suelo con humedad por arriba del Límite Plástico máximo se vuelve extremadamente fluido y pierde solidez; y un suelo con humedad por debajo del Límite de Plasticidad mínimo se vuelve frágil (2017, p. 1).

Dimensión Espesor del recubrimiento : **Indicador Diseño estructural del pavimento ;** Según Zambrano, Wilmer define el diseño estructural del pavimento como: “El planteamiento esquelético del pavimento se encarga de que el pavimento se ejecute con unas destacadas e insuperables condiciones

con respecto al tránsito vehicular, para los cuales se deben aprobar algunos criterios de resistencia, similitud y certeza.” (2015, p. 67).

Dimensión Estudio de Tráfico : *Indicador IMD*: Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones lo define como: Es el importe numerario considerado de la circulación vehicular en un establecido espacio de distribución vial en un año. El IMDA resulta de los conteos volumétricos y categorización vehicular en campo en un septenario, y un número de consideración que estime la conducta anualizada de circulación de pasajeros y mercancías (2020. p. 1)

Indicador ESAL: Según Xiao, Danny y Wu, Zhong nos definen que: “Es el número acumulado de aplicaciones de la carga de eje único estándar elegida que tendrá un efecto equivalente en la capacidad de servicio del pavimento como todas las aplicaciones de varias cargas de eje y tipos de vehículos en una corriente de tráfico mixto. ESAL se determina sumando los factores de equivalencia de carga calculados para cada eje individual de acuerdo con la carga del eje y el tipo en todos los vehículos en el flujo de tráfico para la estructura de pavimento definida” (2016, p. 304)

Indicadores de la variable de durabilidad del pavimento flexible
Dimensión Comportamiento Mecánico; Indicador Resistencia a la Comprensión: Según el MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (2016, p. 789) nos indica que establecer la firmeza al aplastamiento de especímenes de rollo de concreto, tanto columnas moldeadas como núcleos separados, y se acota a concretos con un peso seccional óptimo a 800 kg/m³ (50 lb/pie³).

Indicador Módulo de Rotura: Esteban, Abel (2017), indica que consiste en emplear cargas al espécimen del concreto y los resultados se alcanzar a través el tanteo de curvatura asimismo denominado como prueba de fractura (p. 38-39).

$$MR = \frac{3W\left(\frac{L}{2} - X\right)}{bd^2}$$

Dónde:

MR: Módulo de Rotura

W: Fuerza máxima aplicada por la máquina de prueba

L: Distancia entre los soportes (media centro a centro)

b: Ancho neto (distancia de cara a cara) de la muestra en el plano de falla

d: Profundidad (distancia desde la cara superior hasta el plano de apoyo) de la muestra en el plano de falla

x: Distancia promedio del plano de falla al centro de la pieza, medida en dirección de la línea central a la superficie sometida a tensión.

Dimensión Propiedades Físicas: Indicador Límites de Atterberg

Según el Deng, Yusong, et al. indican que: Son límites de consistencia con propósito agrario el cual ayuda a conseguir una definición precisa del contenido de agua de un piso en forma plástica, estos límites pueden ser plásticos y líquidos. El límite plástico está entre el estado semisólido y plástico mientras que el líquido se separa de la condición plástica (2017, p. 1).

Indicador Contenido de Humedad: Según Quichimbo, Pablo, et al. (2016) indica que “es un factor considerablemente utilizado en las ciencias ambientales y principalmente dentro de la facultad de la superficie, uno de sus tantos empleos está situado hacia el asentamiento de oscilaciones de agua para requisitos de riego” (p. 1).

Dimensión Costo: Indicador Análisis de precios unitarios del asfalto y concreto; Según León, Nelly nos dice que: “El análisis de precios unitarios nace por la necesidad de estimar costos de producción y a su vez la elaboración de un presupuesto aproximado que nos permita destinar fondos para el proyecto que se desea iniciar, ya que consiste en la investigación de materiales que se necesitan para elaborar una cantidad determinada” (2017, p. 3).

PAVIMENTO: definición y distribución: Según Das, Animesh (2015), “El pavimento es un sistema multilaminar que contiene varias capas una sobre otra. Este recubrimiento está hecho de material asfáltico, cemento, hormigón, agregados, etc.” (p.24). Asimismo, el pavimento se clasifica en:

Pavimento Flexible: Según Mohod, Milind y Kadam, K.N. (2016), “El pavimento flexible es la combinación de láminas de materiales generalmente diversos en un sistema estructural el cual está esquematizado para resistir los efectos acumulativos del tráfico y el clima durante un periodo de tiempo predeterminado, la base o subrasante esté protegido” (p.1).

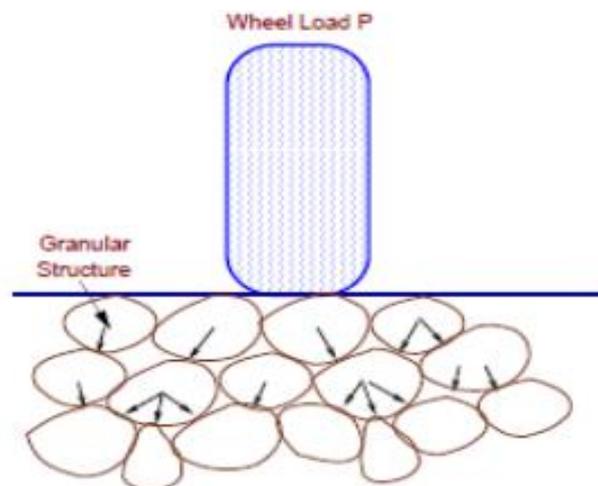


Ilustración 1. Load Distribution of Flexible Pavement

Pavimento Rígido: Según Mohod, Milind y Kadam, K.N. (2016), “Los pavimentos rígidos se sitúan derechamente en el subgrado preparado o en un estrato tangible granular o consolidado. Ya que solo cuenta con una capa de material entre el concreto y la sub-calificación, esta lámina se puede llamar como curso base o subbase” (p. 2).

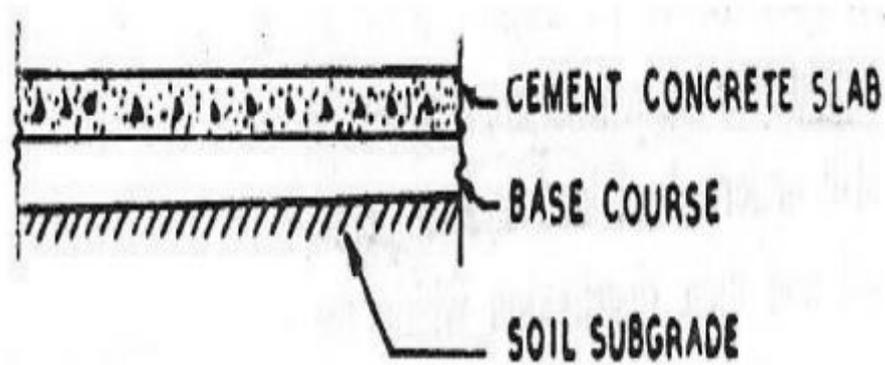


Ilustración 2. Cross section of Rigid Pavement

Estudio de Mecánica de Suelos: Clasificación SUCS: Según Gambill, Daniel, et al. (2016), “Los sistemas de clasificación de suelos se utilizan ampliamente para resumir rápida y fácilmente las propiedades del suelo y proporcionan un método abreviado de comunicación entre científicos, ingenieros y usuarios finales” (p.85).

Major divisions	Group symbols (classes)	Typical names
Gravels	GW	Well-graded gravels; gravel-sand mixtures (few or no fines)
	GP	Poorly graded gravels; gravel-sand mixtures (few or no fines)
	GM	Silty gravels; gravel-sand-silt mixtures
	GC	Clayey gravels; gravel-a sand-clay mixture
Sands	SW	Well-graded sands; gravelly sands (few or no fines)
	SP	Poorly graded sands; gravelly sands (few or no fines)
	SM	Silty sands; sand-silt mixtures
	SC	Clayey sands; sand-clay mixtures
Fines	ML	Inorganic silts; very fine sands; rock flour; silty or clayey fine sands
	CL	Inorganic clays (low to medium plasticity); gravelly clays; sandy clays; silty clays; lean clays
	OL	Organic silts; organic silty clays (low plasticity)
Fines Silts and clay (liquid limit greater than 50)	MH	Inorganic silts; micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils; elastic silt
	CH	Inorganic clays (high plasticity); fat clays
	OH	Organic clays (medium to high plasticity); organic silts
Highly organic silts	Pt	Peat; mulch; and other highly organic soils

Ilustración 3. Unified soil classification system classes

From: Horizontal and Vertical Geotechnical Variations of Soils According to USCS Classification for the City of An-Najaf, Iraq Using GIS

CBR: Según Sun, Lijun (2016). “La relación de rodamiento California es un indicador que describe las características de materiales para pavimentos desarrollados en la década de 1920 por la División de Autopistas de California en EE. UU. CBR expresa la relación de la resistencia a la penetración entre el material de prueba y el estándar granular” (p. 10).

Sample No.	Field Dry Density (kN/m ³)	MDD (kN/m ³)	OMC (%)	CBR _u (%)	CBR _s (%)
1	15.1	18.0	17.6	5.0	3.0
2	15.6	20.7	12.5	3.0	1.0
3	19.7	21.9	10.5	25.0	9.0
4	18.1	20.5	14.5	11.0	4.0
5	17.4	18.7	12.5	20.0	5.0
6	17.8	17.9	18.7	15.0	5.0
7	17.2	19.7	15.7	13.0	5.0
8	17.4	19.9	17.2	17.0	5.0
9	16.1	19.3	17.8	7.0	2.0
10	15.7	17.4	18.9	15.0	4.0
11	16.7	20.3	14.2	16.0	5.0
12	15.3	20.9	12.1	17.0	5.0
13	16.5	20.0	16.0	15.0	4.0
14	16.6	20.3	13.0	5.0	3.0
15	15.9	21.3	10.1	6.0	2.0
16	NA	14.8	25.8	NA	NA
17	NA	14.3	24.5	NA	NA
18	NA	14.2	27.0	NA	NA
19	NA	15.8	20.0	NA	NA
20	NA	15.0	29.0	42.0*	2.0*
		(17.2*)	(19.0*)		
21	NA	16.2	16.0	18.0	4.0
22	NA	17.3	11.6	NA	NA
23	NA	15.4	21.6	NA	NA
24	19.9	16.5	15.6	12.0	3.0
		(18.7*)	(13.3*)	(16.0*)	(4.0*)
25	NA	16.2	20.0	18.0	4.0

Ilustración 4. Results of Field Density, Compaction and California

Results of Field Density, Compaction and California Bearing Ratio (CBR) Tests on Lithomargic Clay Samples

Estudio de Tráfico: ESAL: Según Kumar, Anil (2018), “Durante el diseño de los pavimentos de carreteras, cada tipo de vehículo se convierte en una carga por eje de estándar equivalente para considerar su impacto en la estructura de la carretera” (p. 1).

TRUCK CLASS	HIGHWAY FUNCTIONAL CLASS					
	INTERSTATE		NHS(NIS)		NNHS	
	FLEXIBLE	RIGID	FLEXIBLE	RIGID	FLEXIBLE	RIGID
5	0.0646	0.1014	0.0638	0.1002	0.0837	0.1314
6	0.5245	0.8235	0.5765	0.9051	0.8053	1.2643
7	2.5597	4.0187	2.0927	3.2855	2.8600	4.4902
8	0.5758	0.9040	0.2741	0.4303	0.7942	1.2469
9	1.3676	2.1471	1.1658	1.8303	1.2020	1.8871
10	1.5687	2.4629	1.6285	2.5567	1.9547	3.0689
11	1.1356	1.7829	0.8341	1.3095	1.0558	1.6576
12	0.8923	1.4009	1.3460	2.1132	3.9537	6.2073
13	3.0816	4.8381	3.7477	5.8839	3.0727	4.8241

Ilustración 5 ESAL Factors for Different Highway Functional Classes

IMD: Según Romana, Manuel y Hernando David (2016), “El IMD o conocido por sus siglas Índice Medio Diario Anual, que se encarga de medir cada intervalo vial de una carretera a estudiar” (p. 1).

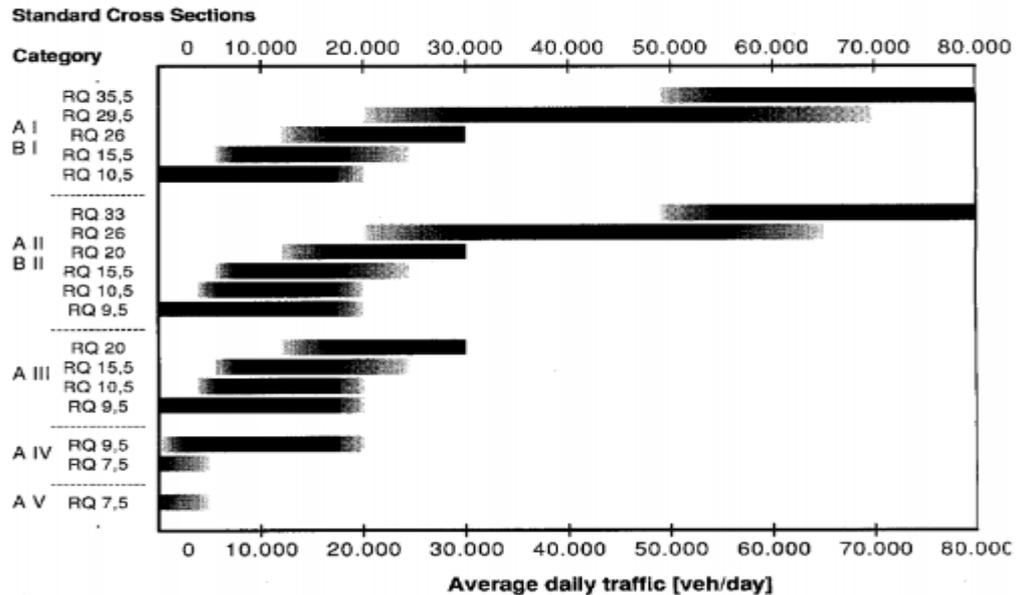


Ilustración 6 Diagram for pre-selection of standard cross section based on AADT

TÉCNICA DEL WHITETOPPING: Según Kvitko, Alexander, *et all.* (2016), “Es una técnica de rehabilitación, estas superposiciones se colocan directamente en el pavimento de asfalto existente, y no se toman medidas especiales para la unión del concreto nuevo y el asfalto viejo” (p.1).

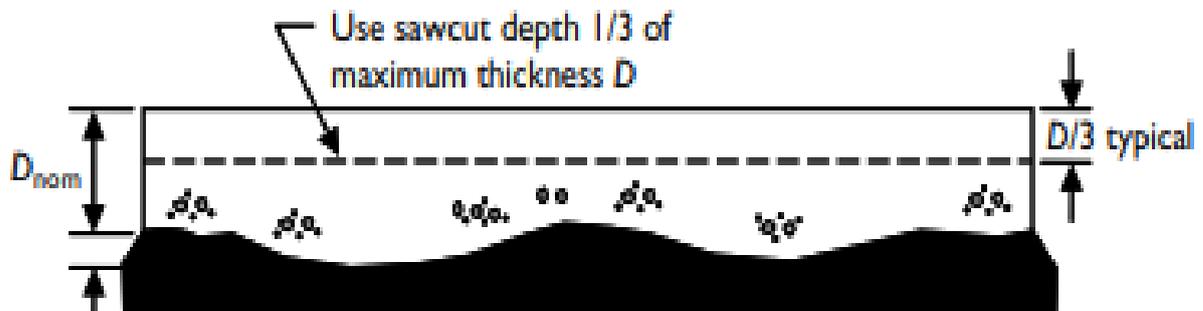


Ilustración 7 Saw cutting for Whitetopping with ruts

El concreto Whitetopping se divide en tres categorías: **primera:** Ultra Thin Whitetopping (UTW)- espesor de superficie de concreto que varía entre 50 a 100 mm con espacios de juntas que varía entre 0.6 a 1.2 m; **segunda** Thin Whitetopping (TWT)- espesor de superficie de concreto que varía entre 100 a 150 mm con espacios de juntas de 1.8 m y el **tercera;** Whitetopping (WT) – espesor de superficie de concreto mayor de 150 mm.

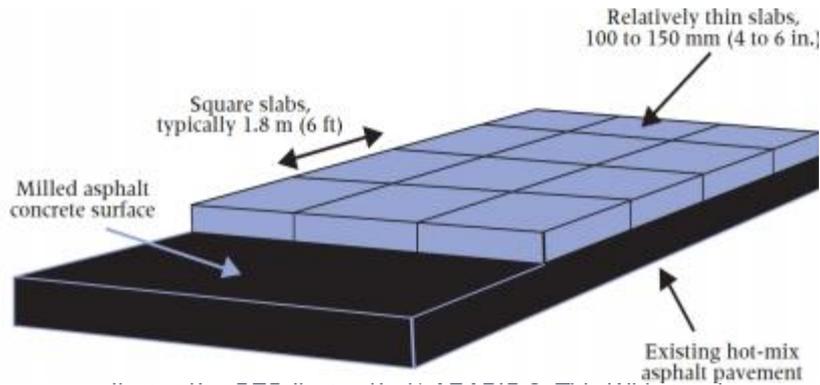


Ilustración 8 Thin Whitetopping

Características del diseño

Basado en la experiencia en campo y hallazgos de investigación, CDOT adoptó las siguientes prácticas para el Whitetopping: Grosor del concreto: 100 a 150 mm, dependiendo del tráfico de camiones; Tamaño del panel de concreto: 1.8 por 1.8 m; Dureza del concreto: similar al concreto del pavimento convencional; Sin barras de fijación a través de las juntas transversales y Barras de unión deformadas a través de las juntas longitudinales, con un espacio de 900 mm

Métodos de diseño del concreto Whitetopping; Según Kumar, Ankush (2018), "Con el pasar de los años, diversos procedimientos de diseños de superposición de concreto han sido desarrollados por varias agencias, incluida AASHTO, el Programa Cooperativo Nacional de Investigación de Carreteras (NCHRP), la Asociación de Cemento de Portland (PCA), la Asociación Americana de Concreto y Pavimento (ACPA) y varios departamentos estatales de transporte (DOT). Cada método aborda diferentes tipos de superposiciones concretas e involucra diversas entradas, softwares y deficiencias: El método descrito en la Guía AASHTO de 1993 para el diseño de estructuras de pavimento 4ta Edición (Guía AASHTO 1993); El método descrito en la Guía de diseño de pavimento mecánico-empírico de AASHTO, Edición provisional: Manual de práctica (Guía de diseño de pavimento ME de AASHTO); El método modificado por ACPA para recubrimientos de concreto adherido de pavimentos de asfalto (ACPA BCOA); El método del Departamento de Transporte de Colorado (CDOT) para hormigón adherido

Superposiciones de pavimentos de asfalto y por último; IRC: SP: 76-2008 "Directrices provisionales para el recubrimiento blanco convencional, fino y ultrafino" utilizando IRC: 58-2002 "Directrices para el diseño de rígido articulado liso Pavimentos para carreteras" (p. 35).

METODO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO: Según Karim, Fareed, Rubasi, Khaled, y Saleh, Ali (2016) nos dicen que la clasificación PCI no es una medición directa de cabida estructural, intransigencia al deslizamiento o severidad del pavimento; sin embargo, es un instrumento objetivo que sirve para estimar las necesidades de una parte de la carretera con relación a un método de pavimento completo. (p. 2). Al-Neami, Mohammed, Al-Rubae, Rasha y Kareem, Zainab (2017) nos señalaron que este método se logra usar para reconocer cuando se requiere los procedimientos, para determinar la condición actual, para la catalogar o priorizar y como la cantidad empleado para predecir el estado del suelo (p. 1). Bakri, Muhammad. (2019) nos indica que el método del PCI se utiliza comúnmente para evaluar las condiciones de la carretera, porque en su uso en el campo no requiere equipo. Específicamente, sólo con base en la observación visual y la medición del daño en el campo se obtendrá el tipo de daño y la gravedad del daño (p. 3) Según Hasibuan, Rijal y Surbakti, Medis (2019) en el grado del daño del pavimento del método del PCI existe una función de 3 factores principales (p. 2) los cuales son: el tipo de deterioro; el cual cuenta con 19 tipos de daño al pavimento entre los cuales está la piel de cocodrilo, agrietado, sangrado, agrietamiento, combaduras, depresión entre otros. La severidad del deterioro; está dividida en 3 niveles que son: Bajo (L), Medio (M) y Alto (H). La cantidad de deterioro; esta tiene relación con la medición de unidades y cantidades totales en el formulario de encuesta

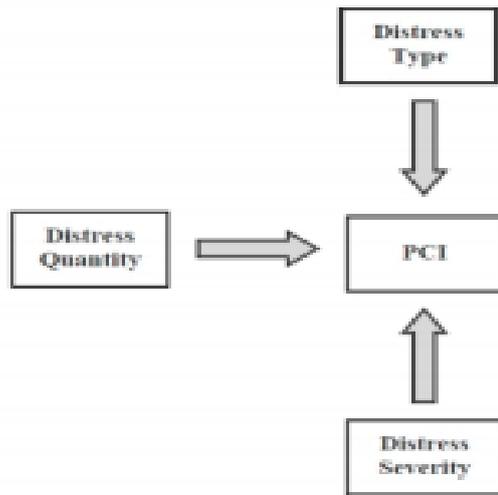


Ilustración 9 Standard and custom PCI Rating Scale

La condición de la carretera pavimentada se divide en varios niveles, los cuales se muestran a continuación.

PCI Value	Pavement Condition
0-10	Failed
10-25	Very Poor
24-40	Poor
40-55	Fair
55-70	Good
70-85	Very Good
85-100	Excellent

Ilustración 10 PCI

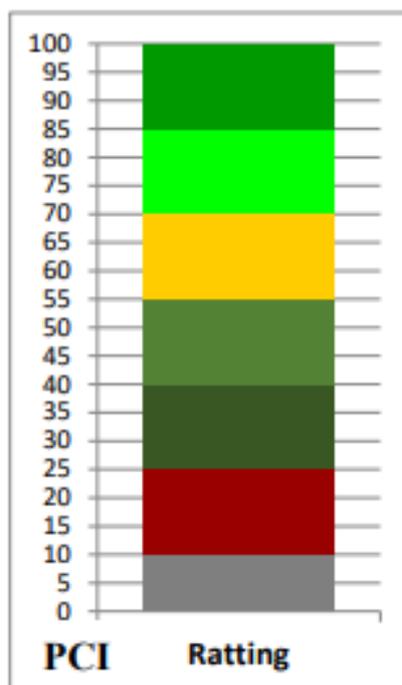


Ilustración 11 Rattng road conditions based on PCI methode

Materiales e instrumentos

Hojas de datos de campo: Según Zafar, Muhammad et al. (2019) es el documento en el cual se pondrá las evidencias registradas durante la inspección visual ya sea la fecha, el tramo y/o sección, la ubicación y el seudónimo de la persona gestora de la revisión.

Serial No.		01							
Conditional Survey Data Sheet For Sample Unit Of Lakhi Larkana National Highway (N-105)									
BRANCH: <u>LLNH</u>		SECTION: <u>KM: 7 to 15</u>			SAMPLE UNIT: <u>26</u>				
SURVEYED BY: <u>MSZ</u>		DATE: <u>26 Dec 18</u>			SAMPLE AREA: <u>2400 SFt</u>				
1 Alligator Cracking	6 Depressions	11 Patching & Util. Cut			16 Shoving				
2 Bleeding	7 Edge Cracking	12 Polished Aggregate			17 Slippage Cracking				
3 Block Cracking	8 Joint Reflection Cracking	13 Potholes			18 Swell				
4 Bump and Sags	9 Lane Shoulder Drop Off	14 Railroad Crossing			19 Weathering/Ravelling				
5 Corrugations	10 Long. & Trans. Cracking	15 Rutting							
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY						TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1 L	72	100					171.5	7.15	30
1 M	664						664	27.67	60
15 L	45.5	664					709.5	29.56	40
15 M	48						48	2.00	25

L = Low M = Medium H = High LLNH = Lakhi Larkana National Highway MSZ = Mohammad Saleem Zafar

Ilustración 12 Asphalt Surfaced Pavement sample unit condition survey sheet

Odómetro Manual: instrumento empleado para medir longitudes grandes en vías, calzadas, etc. (Dong, Cuijun, et al, 2019, p. 3)



Ilustración 13 Odómetro Manual

PCI Procedimiento de cálculo: Después de completar la encuesta, los datos obtenidos se calculan en términos generales y el porcentaje de daño según el nivel y el daño. El siguiente paso es calcular el PCI, los valores para cada muestra unitaria de los tramos de carretera.

Luego se aplica: **Cálculo de Valor Deducido:** Para hallar el valor deducido se tiene que generalizar las fallas con su respectiva severidad y luego registrarlo en la columna “total” del formulario.; Posteriormente se fracciona la

cifra de cada fila y su severidad entre la superficie total de las unidades de muestreo, en el cual el resultado debe ser escrito en porcentaje. Dicho resultado vendría a ser la densidad del daño con su respectivo nivel de severidad. Y Por último, se halla el valor deducido para todos los tipos de desperfecto y sus severidades a través de curvas conocidas como “valor deducido del daño”.

Cálculo del máximo valor deducido corregido: Para hallar este valor, se tiene que limitar los valores deducidos q que sean mayor que 20. Luego se determina el valor deducido total a través de la suma general de los valores deducidos particulares. Para hallar el CVD se utiliza el número de valores deducidos y el total a través de la curva con respecto al tipo de pavimento. Por consiguiente, se disminuye a 2.0 el valor menor de los deducidos individuales hasta que este último sea superior a 2.0, este método se produce en la etapa 2 y 3 hasta obtener que q sea igual a 1. El culminante valor deducido es superior que los valores corregidos hallados a través del proceso.

Cálculo del PCI de la sección; Esta cifra se halla restando de 100, el máximo valor deducido corregido hallado en la etapa anterior.

III. METODOLOGÍA

III.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación

Gómez Sergio (2012), indica que el tipo de investigación “es sino la interpretación precisa de la naturaleza o la sociedad actual, a su vez funciona en base a las realidades del fenómeno u objeto de estudio” (p. 88).

La presente investigación tiene por modelo de indagación, el tipo Aplicada, ya que se busca conocer la realidad social para poder modificar, construir y plantear soluciones concretas.

Diseño de Investigación

Gómez Sergio (2012), indica que “el diseño de la investigación es la idea en

la cual se forman diversas actividades estructuradas, sucesivas y organizadas, para así de esta manera, llegar al problema de la investigación de forma adecuada” (p. 40).

La presente investigación pertenece a un proyecto cuasi experimental, ya que consiste en emplear diseños que proponen un dominio experimental absoluto.

Valderrama Santiago (2016), indica que “Se denomina diseño cuasi experimental, cuando no es realizable utilizar el diseño práctico efectivo [...] manipulan intencionalmente al menos una inconstante autonomía para su efecto y analogía con una o más variables dependientes” (p. 65).

Este proyecto de investigación se da en un único momento, y esto se debe a que se otorgará conocimientos de investigaciones ya elaboradas, para diseñar esta investigación.

Nivel de Investigación

Valderrama Santiago (2016), dice que “Según la esencia o tajo, el nivel de una investigación alude la jerarquía del conocimiento el cual tiene el investigador con relación al problema” (p. 41).

La presente tesis tiene como nivel de investigación, el descriptivo ya que se procura determinar las propiedades, peculiaridades y formas de personas, objetos o cualquier cosa que se imponga a un análisis.

Enfoque de la Investigación

Valderrama Santiago (2016), nos indica que “El enfoque cuantitativo es la manera de realizar la investigación de un modo filosófico el cual lo elige el investigador”

La presente tesis tiene como enfoque, el cuantitativo ya con dichos datos recolectados se procura ratificar o constatar las hipótesis de este estudio.

III.2. Variables y operacionalización

La matriz de operacionalización de variables se simplifica por medio de un análisis, las variables de la investigación se definen de la siguiente manera:

Variable Independiente Cuantitativa:

Aplicación de las Capas de Concreto Whitetopping

Variable Dependiente Cuantitativa:

Durabilidad del Pavimento Flexible de la Av. Alameda, Provincia Constitucional del Callao

En la presente investigación, se extraen y analizan conceptos relacionados a las Capas de concreto Whitetopping y la durabilidad del pavimento flexible, citando los panoramas de diversos autores especializados en el tema.

Definición teórica de la variable capas de concreto Whitetopping

En el trabajo elaborado por De la Cruz, Janill se refiere a Whitetopping como:

El revestimiento de hormigón realizado con caliza portland, construido en el fragmento óptimo de un régimen de suelo asfáltico actual. Considerándose de una emulsión bicapa con materiales cuyas propiedades son disímiles y en que su conducta estructural depende del vínculo de soldadura que tengan entre uno y otro material (2016, p.9)

En el estudio comparativo realizado por Sandeep, Verma y Patel, Arvind definen el Whitetopping como:

“La cobertura blanca es un tratamiento de rehabilitación en el asfalto hormigón. Se define como revestimiento de hormigón de cemento liso en hormigón asfáltico. Proporciona un nuevo método innovador de rehabilitación a muy bajo costo con muy buenos resultados y bajo costo de mantenimiento” (2017, p. 1)

Se entiende que el Whitetopping es una técnica que tapiza el asfalto dañado con una capa de concreto, el cual tiene más durabilidad, el cual aporta el

término de otros periodos de cuidado.

Definición teórica de la variable durabilidad del pavimento flexible

Según el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile describe la durabilidad como:

Una composición asfáltica puesta en oficio, es su extensión para soportar en la época, daños tales como: descomposición de la mezcla, derrumbamiento de lo adherido, mutación en las cualidades del asfalto (polimerización y oxidación) y la ausencia de la membrana de asfalto (2018, p. 383)

En la investigación de efectuada por Esteve, Vicente delimita la durabilidad como:

“La capacidad de sostener durante la existencia útil para la cual ha sido planificada, las categorías físicas y químicas a las cuales estas comprometida y que podrían conseguir la degeneración como resultado a las diversas cargas y sollicitaciones estudiadas en el análisis estructural” (2015, p. 21).

Se deduce por la durabilidad en pavimentos flexibles que es la amplitud de un elemento de construcción el cual resiste a las acciones químicas, físicas y más, las cuales están asociadas a la consecuencia del calentamiento global conforme a su dominio durante un periodo establecido.

Escala de Medición

Según Reguant, Mercedes, Vilà, Ruth y Torrado, Mercè (2018) interpretan como escala nominal a “Las variables medidas en escala nominal son de tipo cualitativo. Los cálculos que se pueden hacer con ellas se reducen a la frecuencia con la que aparece cada una de sus categorías o posibilidades” (p. 48)

Según Villasis-Kevver, Miguel, Miranda-Novales, María definen:

Las variantes de cognición igualmente poseen semejanzas: cuantitativas continuas o infinitas. Las particularidades de aquellas variables son las

posteriores: el nulo concierne a la inexistencia de lo que se calcula; tanto los interines como la dimensión son similares entre cada módulo y otorgan la contingencia de fraccionarlas, manteniéndose perennemente equidistantes los espacios [...] se logra especular que no cuentan con limitaciones, es por ello que se les llama infinitas; y, para intenciones efectivas, se estiman que solo competen a peso, distancia, magnitud y periodo (2016, p. 309).

III.3. Población, muestra y muestreo

Población

Valderrama, Santiago (2016), nos dice que la población “trata de los componentes o sujetos de los cuales se ha tenido en cuenta algunas valoraciones para que después, se adquiera una muestra” (p.183).

Para este trabajo de investigación, se delimitó como población de estudio el pavimento flexible de la Av. Alameda, en la Provincia Constitucional del Callao.

Muestra

Según Valderrama, Santiago (2016), “es un subgrupo característico de una población o generalidad, el cual plasma las propiedades de la población cuando se le emplea la técnica adecuada” (p. 184).

Por consiguiente, el tramo de evaluación está ubicado entre el cruce de la Av. Alameda con la Av. Santa Rosa hasta el pasaje 26 de octubre, ubicado en la Provincia Constitucional del Callao, la cual consta con 127,48 m (418,24 pies) de longitud.

Muestreo

Valderrama, Santiago (2016), nos indica que “es el procedimiento de preferencia de una fracción de la población, la cual consentirá la valoración de los parámetros de la población” (p. 188).

El tipo de muestreo que se emplea en este trabajo de investigación es el muestreo no probabilístico intencional en el tramo de cuadras ubicadas entre el cruce de la Av. Alameda con la Av. Santa Rosa hasta el pasaje 26 de octubre, ubicado en la Provincia Constitucional del Callao

III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Valderrama, Santiago (2016), indica que “esta fase se basa en recopilar aspectos pertinentes acerca de los conceptos de las unidades de estudios o sucesos”. (p. 194).

Como técnicas aplicadas para la presente investigación tenemos:

- Observación: que se basa en el registro sistemático, legítimo y verídico de comportamiento y condiciones visibles.
- Registro de Documentos: Este método ayuda para chequear normas, manuales, tesis y libros relacionadas a carreteras.

Instrumentos

Valderrama, Santiago (2016), indica que “los instrumentos son los recursos tangibles que usan los investigadores para recopilar y acumular la indagación” (p. 195).

En este trabajo de investigación se usará como herramientas y/o instrumentos, los siguientes:

- Regla y cinta métrica, según Karim et al. (2016) los cuales nos ayudarán a medir las distancias, las áreas de los deterioros encontrados y las profundidades de los ahuellamientos. (p. 3-4)
- Hoja de cálculo (Excel), de acuerdo con Salcedo (2015), Microsoft Office es un programa que sirve para operar hojas de cálculo, el cual es aplicado para tareas contables y financieras” (p. 30-31).

Validez

Corral, Yadira (2014) nos indica que “la validez es el nivel de evaluación de las variables el cual se emplea para la verificación y realización de estas últimas” (p.20).

De igual forma, abarca el juicio de expertos, los cuales proveerán sus veredictos en el momento de dar sus observaciones acerca de la presente investigación, considerando la congruencia, relevancia y precisión, si es necesario. (ANEXO 5)

Confiabilidad

Según Valderrama, Santiago (2016). “un instrumento es verídico si elabora resultados congruentes cuando se utilizan en diversas ocasiones” (p. 215).

Por lo que se deduce que en esta tesis se emplea cintas métrica envolventes de 5 y 10 metros de longitud; la cual se basa en una cinta cimbreante graduable, está compuesta por acero, aluminio o plomo básicamente, que impiden posibles distorsiones por la tracción a la hora de emplearlas, estas tiras métricas certifican mediciones íntegras, debido al índole en el procedimiento de manufactura como también de los insumos empleados contribuyen claramente en el margen de error que pueden brindar. También se emplea el uso de las hojas de datos los cuales están diseñados de acuerdo al factor señalado en la norma American Society for Testing Materials y el manual de deterioros del PCI.

III.5. Procedimientos

Para definir la realización de esta investigación se utilizó lo siguiente:

- En primer lugar, se dispuso la búsqueda de información vinculada al tema de estudio.
- Sé preciso las variables dependiente e independiente, así

mismo, se eligió las dimensiones e indicadores de cada variable.

- Se efectuó y se delimitó no solo el tipo, diseño, nivel y enfoque de la investigación sino también la población, muestra y las técnicas e instrumentos de recopilación de datos.
- Se estimó la validez del instrumento aplicando el juicio de experto, así como también la cinta métrica y las hojas de datos
- Se desarrollaron las recopilaciones descriptivas de cada indicador con su respectiva variable.
- Se realizó la ficha de recolección de datos en formato Word.
- Se ejecutó la recolección de datos de campo de las distintas fallas superficiales del pavimento.
- Se emplearon los datos obtenidos en campo en las fórmulas para hallar los objetivos de la investigación.
- Finalmente se interpretaron los datos mediante tablas y gráficos los datos obtenidos de las fórmulas.

III.6. Método de análisis de datos

Ya que la investigación es cuantitativa, se elaborará un análisis de recolección de información, la cual será analizada y plasmada posteriormente, utilizando herramientas como Excel. Teniendo como proceso de desarrollo, lo siguiente:

- Evaluación visual de las fallas realizadas en el pavimento flexible de la Av. Alameda-Callao.
- Compilación de datos mediante encuestas, aplicando el instrumento de Ficha de recolección de datos, de acuerdo al método del PCI y las hojas de cálculo de Excel para los costos.
- Finalizando, se responde al objetivo general, específicos y por ende a la problemática de la investigación planteada, lo cual originará las conclusiones, discusiones y recomendaciones.

III.7. Aspectos éticos

La presente tesis ha sido escrita y desarrollada honrando la originalidad de los investigadores de las tesis consideradas para su realización, frente a ello esta tesis se rige bajo la norma ISO 690 Y 690-2 para redactar apropiadamente las citas y referencias bibliográficas.

IV. RESULTADOS

En concordancia al primer objetivo específico: “DETERMINAR LAS CARGAS DEL TRÁNSITO VEHICULAR PARA LA APLICACIÓN DE LAS CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING EN LA EN LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020”, se determinó que al desarrollar un conteo del transporte por 24 hrs., los 7 días de la semana, en la semana del día lunes 21 de septiembre hasta el domingo 27 de septiembre del 2020 entre el cruce de la avenida Alameda con la avenida Santa Rosa hasta el pasaje 26 de octubre, ubicado en la Provincia Constitucional del Callao, se sabría cuales serias las cargas del tránsito vehicular empleadas en la Av. Alameda.

Tabla 1 Estudio de Trafico

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Mototaxis	465	250	356	420	359	403	310
Automóvil	253	312	264	225	315	410	90
Pick Up	30	25	12	40	16	28	14
Rural (Combi)	35	29	27	39	28	30	10
Camión 2E	6	8	10	5	8	7	4
Semi Tráiler 2S1/ 2S2	8	4	7	9	5	6	2
TOTAL	797	628	676	738	731	884	430

Fuente: Elaboración propia, 2020

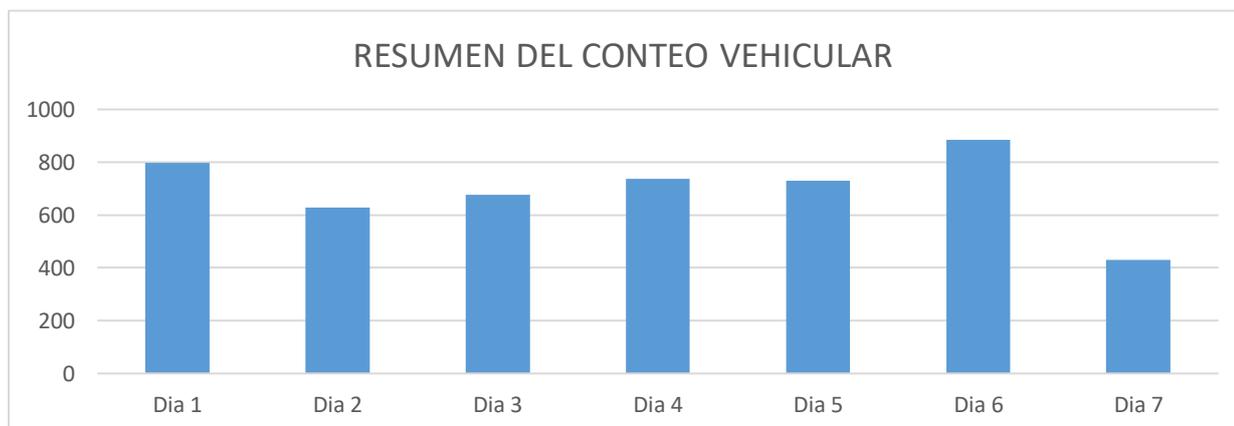


Ilustración 14 Número de Vehículos por día (V/d)

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Como se puede observar en la “Tabla 1” y “Ilustración 9” revela el producto de tráfico elaborado en la semana donde se tuvo 1 estación en el punto del medio de la vía de estudio el cual se ubica en el Jr. Las Honduras, tanto la tabla como el gráfico nos muestra que el día de mayor concurrencia vehicular se dio el día sábado 26 de septiembre del 2020, del cual los datos iniciales nos favorecerá para realizar el cálculo del Índice Medio Diario (IMD).

Factor de Corrección Estacional

Se tiene entendido que los volúmenes de tráfico cambian mensualmente esto ocurre por las estaciones del año, festividades, vacaciones, etc., lo cual perjudica la estimación obtenida en el lapso de tiempo, y es necesario optar por un factor de corrección que tenga estos valores y nos dé por resultado el promedio diario anual. Para este trabajo de investigación se tiene en consideración:

Tabla 2 Factor de Corrección de vehículos

F.C.E Vehículos Ligeros	1.034053
F.C.E Vehículos Pesados	1.029725

Fuente: Elaboración propia, 2020

Para determinar el Índice Medio Anual (IDMa) en primer lugar se tiene que saber el Índice Medio Semanal (IMDs) el cual consta con la ecuación que se muestra a continuación para un conteo de 7 días.

Ecuación 1

$$IMD(s) = \sum Vi / 7$$

Ecuación 2

$$IMD(a) = IMDs * FC$$

Dónde:

$IMD(s)$ = Índice Medio Diario Semanal

$IMD(a)$ = Índice Medio Anual

$\sum Vi$ = Volumen Vehicular de cada día de conteo (Semana en total)

FC = Factores de Corrección Estacional

Tabla 3 Índice medio anual del tráfico de vehículos actual

Tipo de Vehículo	Total/Semana	IMDS	FC	IMDA
Mototaxis	2563	366.14	1.034053	378.60
Automóvil	1869	267	1.034053	276.09
Pick Up	165	23.57	1.034053	24.37
Rural (combi)	198	28.28	1.034053	29.24
Camión 2E	48	6.85	1.029725	6.77
Semi Tráiler 2S1/2S2	41	5.85	1.029725	6.02
TOTAL	4884	697.39	-	721.09

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: Como se analiza en la “**Tabla 3**” se evidencia los datos evaluados mediante la ecuación 01 y 02 el cual nos ayuda a definir el Índice Medio Semanal (IMDs) y Anual (IMDa) correspondientemente por cada tipo de vehículo tanto pesado como liviano, dando como producto 721.09 EE actual.

Análisis de la demanda Vehicular

En este ítem se examina el número de vehículos que transitan por la vía de estudio haciendo así una división entre los porcentajes de vehículos pesados y livianos.

-Demanda Actual: Se visualiza la cantidad de vehículos asignados en porcentajes en la “Tabla 4”.

Tabla 4 Distribución del Tráfico Vehicular Actual

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo		
Tipo de Vehículo	IMDa	Distribución (%)
Mototaxis	378.60	52.50
Automóvil	276.09	38.29
Pick Up	24.37	3.38
Rural (combi)	29.24	4.05
Camión 2E	6.77	0.94
Semi Tráiler 2S1/2S2	6.02	0.83
IMD	721.09	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2020



Ilustración 15 Porcentaje del Tráfico actual por tipo de vehículo

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 5 Porcentaje del tráfico vehicular al año por tipo de vehículo

LIVIANOS	98.23
PESADOS	1.77%
TOTAL	100.00%

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la “Tabla 4” se percibe los porcentajes de cada modelo de vehículo que transita por la zona de estudio, en la cual el porcentaje menor le pertenece al Semi Tráiler 2S1/2S2 con un 0.83% y el porcentaje superior es de las Mototaxis con un 52.50%, de igual forma podemos deducir por la “Ilustración 10” y la “Tabla 5” que el 98.23% le pertenece a los vehículos livianos, dejándole solo un 1.77% a los vehículos pesados.

ESAL

-Ejes Equivalentes: Para este cálculo de los EE(proyectados), se emplearán las relaciones sintetizadas por tipo de eje en la “Tabla 6”, para definir las toneladas empleadas en cada eje de vehículo pesado, empleados en el diseño estructural del pavimento rígido.

-Demanda Proyectada: Es la proyección del número de vehículos en un futuro de 20 años aproximadamente para pavimentos rígidos según el Manual de Carreteras.

Tabla 6 Ejes equivalentes por tipo de vehículo pesado.

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE/(EE8.2TN)
Eje Simple de ruedas simples (EES1)	$EES1 = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EES2)	$EES2 = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETA1)	$EETA1 = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)	$EETA2 = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1)	$EETR1 = [P / 20.7]^{3.9}$

Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EETR2)	EETR2 = $[P / 21.8] ^{3.9}$
--	-----------------------------

Fuente: Elaboración propia, 2020, en base a los datos de la Guía AASHTO 93

Empleando las formulas de la “**Tabla 6**”, se logrará el peso unitario de cada vehiculo pesado desde el CAMION 2E hasta el Semi Trailer 2S3, los cuales se llevan a cabo en la “**Tabla 7**”.

Tabla 7 Relación de carga por eje (v. pesados)

TIPOS DE VEHICULOS	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		TOTAL UNITARIO
		1	2	
Camión 2E	1.27	3.24		4.51
Semi Tráiler 2S1/2S2	1.27	3.24	2.02	6.53

Fuente: Elaboración propia, 2020, en base a los datos de la Guía AASHTO 93

Tránsito Proyectado. Es evaluado por un lapso de tiempo de 20 años mediante cifras estadísticas como el PBI y la tasa de crecimiento anual de la población.

Ecuación 3

$$Tn = To(1 + r)^{(n-1)}$$

Dónde:

Tn= Tránsito proyectado al año en vehículo por día

To= Tránsito anual en vehículo por día

N= Año futuro de proyección

r= Tasa anual de crecimiento de tránsito

-Tasa de crecimiento por Región en % (CALLAO)

La tasa de crecimiento anual se expresa con la letra “r”, cuyo valor en el año 2015 fue de 1.4%. Así como también la tasa de crecimiento anual del PBI es de 6.4% en el 2014. Como último se sabe que el periodo de diseño es de 20 años fijado por la Norma EG-2013.

Tabla 8 Demanda Proyectada-IMD

TIPOS DE VEHÍCULOS	IMDa	Tn(Proyectado)	Distribución (%)
Mototaxis	378.60	493.06	51.15
Automóviles	276.09	359.56	37.30
Pick Up	24.37	31.73	3.29
Rural (combi)	29.24	38.08	3.95
Camión 2E	6.77	22.00	2.28
Semi Tráiler 2S1/2S2	6.02	19.56	2.03
TOTAL	721.09	963.99	100.00
VEHÍCULOS LIGEROS			95.69
VEHÍCULOS PESADOS			4.31

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la “Tabla 8” se puede contemplar la demanda proyectada en 20 años el cual el conjunto de vehículos creció 242.9, habiendo como IMD proyectado de 963.99 v/d, lo cual en vehículos ligeros el porcentaje es de 95.69% y en pesados es 4.31%.

Factor de crecimiento acumulado

Este es el porcentaje de aumento de vehículos ligeros o pesados según el Manual de Carreteras.

Ecuación 4

$$F_{ca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Tabla 9 Factor de crecimiento acumulado

CLASIFICACIÓN DE VEHICULOS	FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO
Fca. Livianos	22.89
Fca. Pesados	38.40

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la “**Tabla 9**” se observan los factores apilados según la clasificación de vehículos en la cual se está colocando en la ecuación número 4. De esta forma se obtiene el Fca. para vehículos pesados 38.40 y para ligeros 22.89, Con el fin de calcular el ESAD se emplea el factor de crecimiento de vehículos pesados ya que estos ocasionan una carga considerable en la estructura del pavimento.

ESAL o Número de Ejes Equivalentes

Ecuación 5

$$EE_{\text{día} - \text{carril}} = IMDPI * FD * FC * FVPI * FPI$$

Dónde:

IMDpi = Índice Medio Diario Proyectado Según el Tipo de Vehículo.

Fd = 0.50 Factor Direccional para dos sentidos con un carril por sentido

Fc = 1.00 Factor Carril de Diseño para dos sentidos con un carril por sentido

Fvpi = Factor de Vehículo según sus Ejes Equivalentes

Fpi = 1 Factor de Presión de Neumáticos

Tabla 10 ESAL

TIPO DE VEHÍCULO	EE _{día-carril}	Distribución (%)
Camión 2E	49.61	52.93
Semi Trailer 2S1/2S2	44.11	47.07
TOTAL	93.72	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación: En la “**Tabla 10**” se observa el número de ejes equivalentes por cada vehículo pesado colocando la ecuación 5 acotando un total de 93.72 Ejes Equivalentes por día. Los vehículos ligeros no se están tomando en cuenta ya que no generan ninguna carga destructiva al pavimento.

Valor de repeticiones de ejes equivalentes (8.2tn)

Ecuación 6

$$N_{\text{rep de EE8.2tn}} = \sum[(EE_{\text{día} - \text{carril}} * Fca * 365)]$$

Dónde:

Nrep de EE8.2tn: Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes o ESAL.

EE (día-carril): Ejes equivalentes día Carril.

Fca.: Factor de crecimiento acumulado de vehículos pesados.

$$N_{rep\ de\ EE8.2tn} = 1312037.76\ EE \quad \bullet \quad \mathbf{1.3E+06}$$

Con relación al indicador de la estructura del tráfico que transita la vía de estudio se descubrió que por allí pasan vehículos ligeros mayormente. De igual manera el IMD proyectado para un lapso de 20 años en pavimentos rígidos, posee 963.99 vehículos por día, lo cual nos informa que el 95.69% son vehículos ligeros y el 4.31% de vehículos pesados. De igual manera, del indicar ESAL se tiene el número de reproducciones de ejes equivalentes en un periodo diseñado de 20 años es 1312037.76 EE. Por consiguiente, según las especificaciones generales para construcción EG-2013, cataloga según las repeticiones apiladas de ejes equivalentes como una vía de tráfico pesado tipo Tp5 ($> 1'000,000\ EE \leq 1'500,000\ EE$)

En concordancia al segundo objetivo: “DETERMINAR EL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LAS CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING EN LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020”, a favor de ello en primer lugar se debe diagnosticar el paquete estructural, en el cual se emplea la metodología AASHTO 93, sobre la cual se utilizó la ecuación primordial del diseño de estructuras de pavimentos, que es la siguiente:

$$\begin{aligned} \log W_{18} = & Z_R S_O + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - \\ & 0.32Pt) \log \left[\frac{S_c c_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}} \right]} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

Dónde:

W_{18} = número de cargas de 18 kips (80 KN) previstas –Del IMD y ESAL que dio como resultado = **1'312,037.76 EE o 1.3E+06**

Z_R = abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada. Para un tráfico T_{p5} , se posee de nivel de confiabilidad R de **85%** y una desviación estándar normal de Z_R de **-1.036**.

S0 = desvío estándar de todas las variables = **0.35** (rango de 0.30 a 0.40)

D = espesor de la losa del pavimento, en pulg.

Δ PSI = pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño = **1.50**

pt = serviciabilidad final = **2.50**

SC' = módulo de rotura del hormigón, en psi. Rango $\leq 5'000,000$, se establece que tiene un $F'c=280 \text{ kg/cm}^2$

El Módulo de Rotura se relaciona con el módulo de compresión interviniendo la regresión a continuación:

$$Mr = a\sqrt{f'c} \text{ valores en kg/cm}^2 \text{ según el ACI 363} \quad (02)$$

En la cual “a” va entre 1.99 y 3.18, es por ello que se sacó un promedio de ambos números y salió:

$$Mr = 2.58\sqrt{280} = 43.17 \text{ kg/cm}^2 \approx 614 \text{ PSI} \quad (03)$$

En lo que respecta al Módulo de elasticidad del concreto, en psi, se determina de la siguiente manera:

$$F'c=280 \text{ kg/cm}^2= 3983 \text{ PSI} \quad (04)$$

$$E= 57000 * F'c^{0.5} \quad (05)$$

$$E=3597327.758 \text{ o } \mathbf{3.60E +06 \text{ PSI}} \quad (06)$$

J = coeficiente de transferencia de cargas, para concreto hidráulico con pasadores es igual a **2.8**

Cd = coeficiente de drenaje, para pavimentos rígidos es **1**, según el Manual de Carreteras

K = módulo de reacción de la subrasante, el cual se denominó a **k** un **PSI** de **58**.

Tiempo de Diseño= 20 años

Como resumen se presenta la siguiente “**Tabla 11**” la cual tiene los valores de la ecuación principal de diseño de pavimento.

Tabla 11 Resumen de variables de la ecuación principal.

PARÁMETRO	VALOR	UND
Número de ejes equivalentes W_{18}	1.3E+06	EE

Periodo de diseño	20	Años
Confiabilidad (R)	85	%
Desviación estándar normal (Zr)	-1.036	
Índice de serviciabilidad combinada o total (So)	0.35	
Índice de serviciabilidad inicial (Pi)	4.00	
Índice de serviciabilidad final (Pt)	2.50	
Diferencial de serviciabilidad (Δ PSI)	1.50	
Resistencia a la compresión del concreto (F'c)	280	Kg/cm ²
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	3.60E+06	PSI
Módulo de ruptura del concreto (Sc)(Mr)	614	PSI
Módulo de reacción de la subrasante (k)	12466.4	Pci
Espesor de la subbase	6	Pulg
Coefficiente de transferencia de carga (J)	2.8	
Coefficiente de drenaje (Cd)	1.00	

Fuente: Elaboración propia. 2020

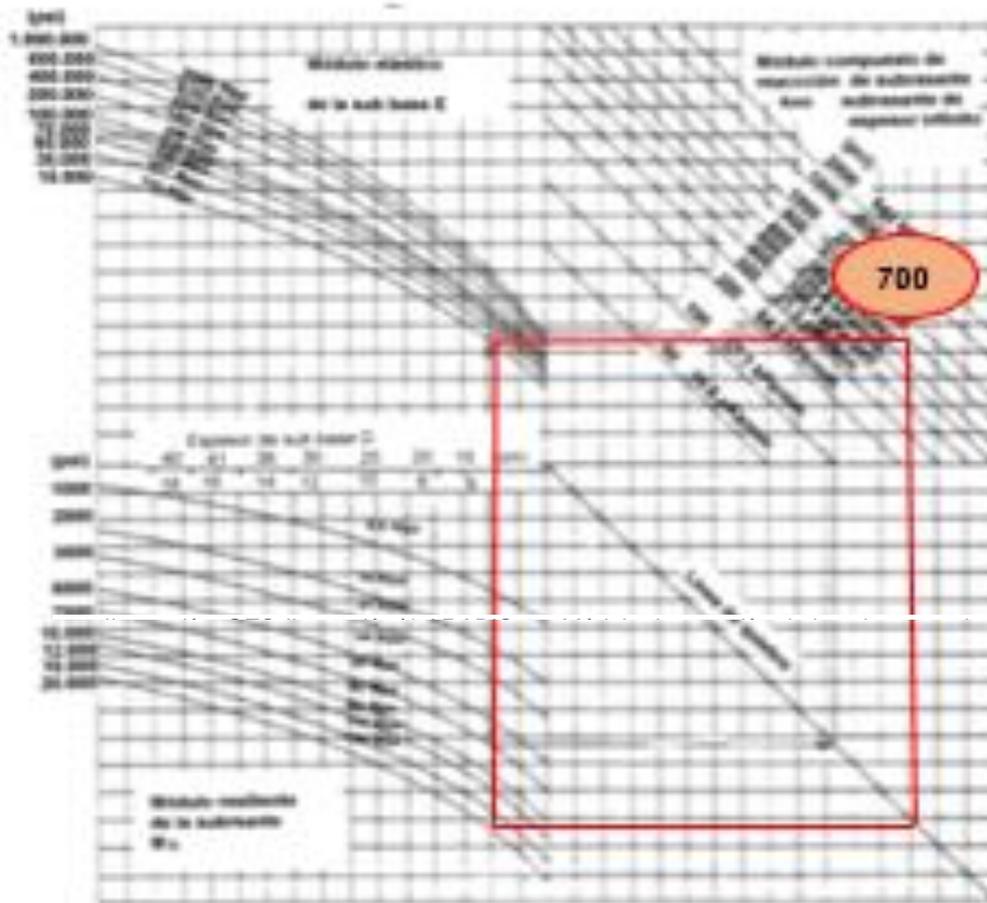


Ilustración 16 Módulo de reacción de la subrasante k

Fuente: Elaboración propia. 2020

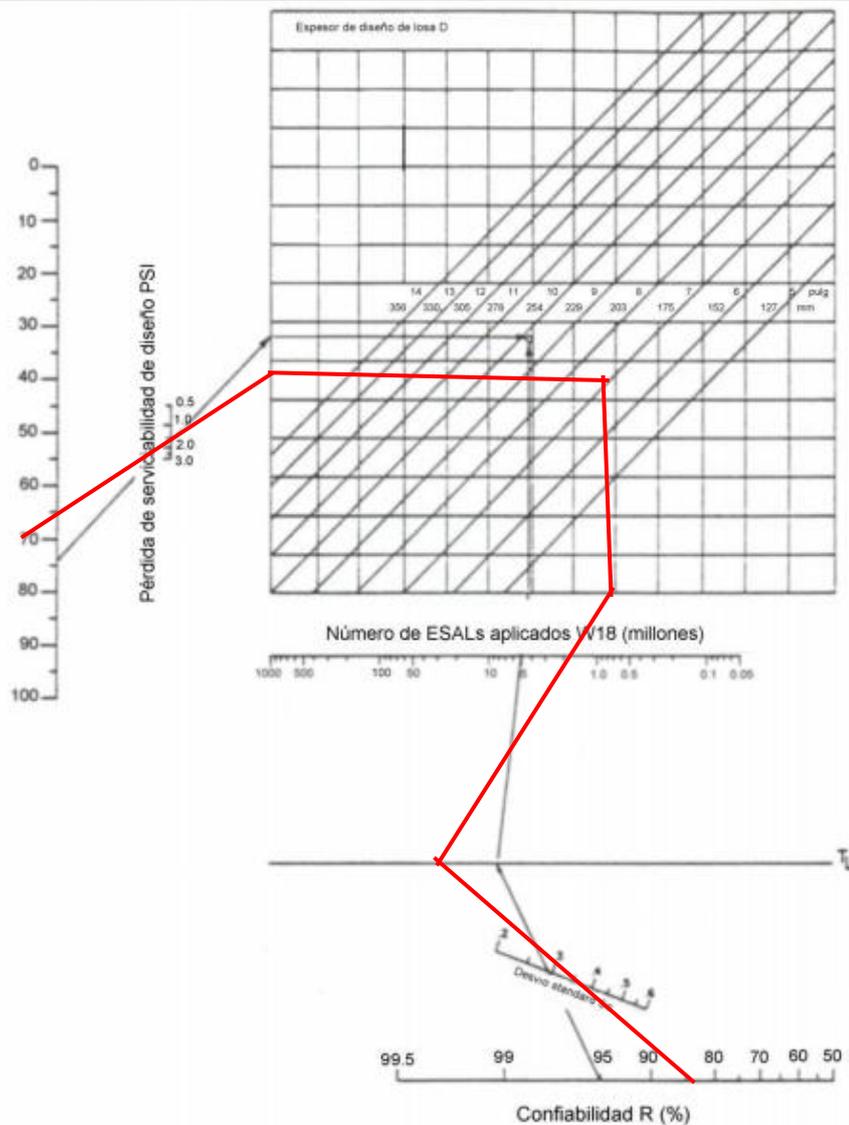


Ilustración 17 Tablero de diseño para pavimentos rígidos.

Fuente: Elaboración propia. 2020

Luego se hace el cálculo correspondiente para hallar el espesor de la losa, guiándose de la ecuación referencial por la metodología AASHTO 93.

Como datos tenemos:

$$W_{18} = 1.3 \cdot 10^6 \quad ZR = -1.036 \quad S_o = 0.35 \quad \Delta PSI = 1.50 \quad P_t = 2.50$$

$$SC = 614 \quad PSI \quad J = 2.8 \quad CD = 1.00 \quad EC = 3.6 \times 10^6 \quad PSI \quad K = 58 \quad PSI$$

Después se reemplaza los valores obtenidos con la ecuación primordial del diseño

de pavimentos con el espesor hallado en la “Figura 11” (D=7 pulg), se pasa a constatar el método y da como resultado:

$$6.68 \Rightarrow 6.44 \text{ (si cumple)}$$

Interpretación: El exponente del W_{18} de la ecuación principal es 6.68 el cual debe ser igual o similar al número hallado en la igualdad de la ecuación al reemplazar los valores de la variable de la ecuación del módulo de rotura, consiguiendo así 6.44, que varía en 0.24 lo que señala que el espesor localizado es correcto.

Tabla 12 Espesores del paquete estructural del pavimento rígido

CAPA	H final (pulg)	H final (cm)
Losa de concreto	7	17.78
Base	6	15.24

Fuente: Elaboración propia. 2020

Interpretación: En la “Tabla 12”, se observan los espesores hallados del paquete estructural del pavimento rígido el cual está compuesto por la base que mide 6 pulg y la losa de concreto que mide 7 pulg, los cual satisfacen los parámetros requeridos por el Manual de Carreteras, para una vía con clasificación Tp6.

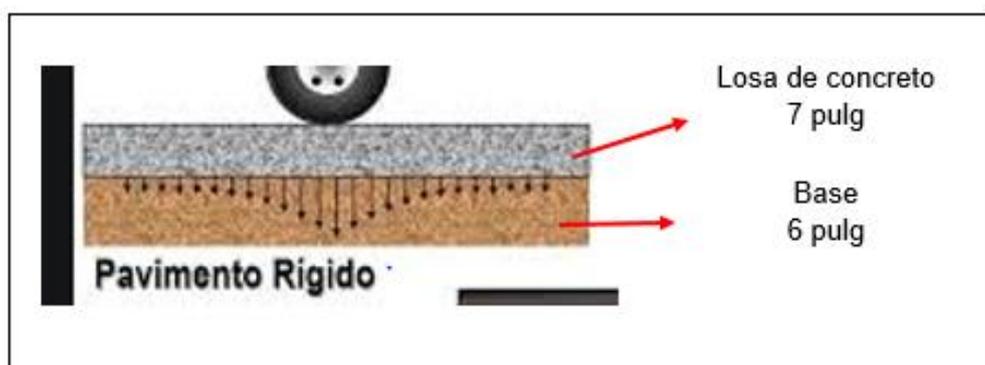


Ilustración 18 Detalle del paquete estructural del pavimento rígido

Fuente: Elaboración propia. 2020

Diseño de juntas transversales de dilatación

Ecuación 7

$$D = \frac{1}{8} E_{losa}$$

Dónde:

E_{losa} = Espesor de losa = **7 pulg**

D= Diámetro de la barra

$$D = \frac{1}{8} * 7 = 0.875 \text{ pulg}$$

En este diseño se emplea barra de fierro liso de 1" de diámetro.

$$b = 2x \left(\frac{\pi x d^2}{4 x p x \mu} x \sigma_t \right) \quad (9)$$

Dónde:

b= longitud de la barra

p= perímetro de la barra

μ = unión entre el acero y el concreto, según AASHTO 93, es recomendable usar 29.0 kg/cm²

σ_t = esfuerzo de trabajo a tensión del acero, según AASHTO se toma 0.67Fy(0.67*4200=2814)

$$b = 2x \left(\frac{\pi x 2.86^2}{4 x 8 x 29} x 2814 \right) \quad (10)$$

La amplitud de los pasadores sucederá de acuerdo a lo requerido en la “**Tabla 13**”, esta señala que unas losas de 15 a 20 cm deben tener 30 cm de amplitud de pasadores.

Tabla 13 Diámetro y longitudes recomendadas en pasadores.

RANGO DE ESPESOR DE LOSA (MM)	DIÁMETRO		LONG. DEL PASADOR (MM)	SEPARACION ENTRE PASADORES (MM)
	MM	PULG		
150-200	25	1"	410	300
200-300	32	1 ¼"	460	300
300-430	38	1 ½"	510	380

Fuente: Elaboración propia. 2020

Interpretación: Con relación al valor de la base se halló siguiendo las ecuaciones otorgadas por la metodología AASHTO, la cual también dispuso de la ecuación primordial para calcular el diseño estructural del pavimento rígido, dicha base tuvo

como resultado 6 pulg de longitud. Así como también la losa de concreto obtuvo un espesor de 7 pulg de longitud. Posteriormente se determinó el indicador de pasadores el cual tiene integrado barras de acero liso de 1", tiene una longitud de 0.5m apartadas cada 0.30m y cuenta con un esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm².

Para tener en cuenta las fallas superficiales del pavimento existente empleamos el Índice de Condición del Pavimento.

Procedimiento de estimación de la condición del pavimento

La vía se parte en unidades de muestreo, la cual su dimensión se modifica dependiendo del tipo de vía y la capa de rodadura.

En la Evaluación de un proyecto o trabajo, se tienen que analizar las unidades en general, aunque de no ser aceptable, el número mínimo de números de muestras deben de estudiarse mediante una ecuación. Esta realiza un estimado del PCI ± 5 con una confiabilidad de 95% del promedio verídico.

$$n = \frac{Nx\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1)\sigma^2} \quad (01)$$

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a calcular.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades. =10

En total salen 2.6 =3 pero se harán 6 pruebas ya que es recomendable hacer más de 5 para la efectividad del resultado.

Cálculo de la Densidad

Para hallar la densidad, se debe de dividir la cuantía total de cada modelo de falla en cada nivel de severidad (L-M-H) entre el área total del tramo escogido y para hallarlo en porcentaje, el resultado multiplicarlo por 100.

Tabla 14 Aplicación de la fórmula para hallar la densidad

TIPO DE FALLA	TOTAL	SEVERIDAD	DENSIDAD
1	2.40	M	1.88
3	4.30	M	3.37
4	1.80	M	1.41

7	1.45	L	1.13
7	10.0	L	7.84
13	1.00	M	0.78

Fuente: Elaboración propia. 2020

Cálculo del Valor Deducido

Para hallar el valor deducido para cada tipo de falla como también su nivel de severidad se tiene que analizar mediante las curvas llamadas “valor de deducción”.

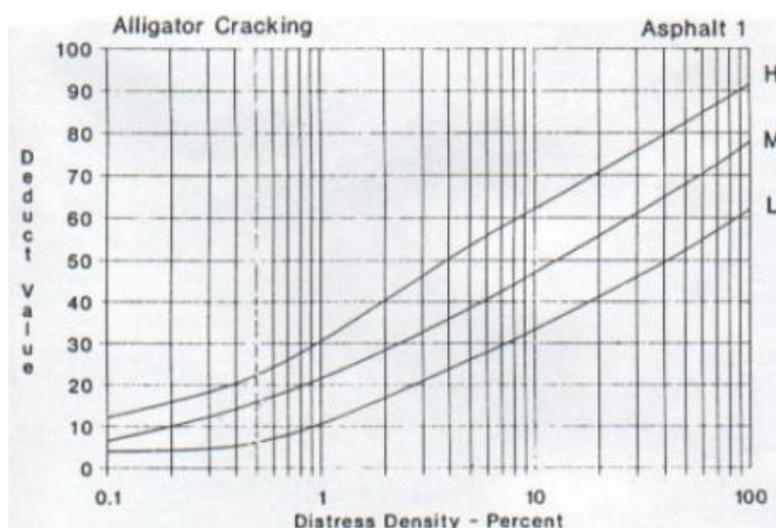


Ilustración 19 Valor de deducción de piel de cocodrilo.

Fuente: Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots, M.Y.

Shahin, 1994

Tabla 15 Aplicación de la fórmula para hallar el valor reducido

TIPO DE FALLA	TOTAL	SEVERIDAD	DENSIDAD	VALOR REDUCIDO
1	2.40	M	1.88	15.00
3	4.30	M	3.37	10.00
4	1.80	M	1.41	28.00
7	1.45	L	1.13	7.00
7	10.0	L	7.84	0.00
13	1.00	M	0.78	2.00
TOTAL, VD				62

Fuente: Elaboración propia. 2020

Después de ello se ordena de forma descendentemente los valores deducidos individuales, prosiguiendo con el método, es de suma importancia hallar el número máximo admisible de valores deducidos, m .

$$m = 1 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1 + \frac{9}{98}(100 - 28) = 7.61$$

De este modo, las cifras de valores deducidos individuales se disminuyen al máximo admisible m , así que se toman los 4 mayores números deducidos individuales más el 86 % del quinto ($0.86 \cdot 2$), **aunque este último por ser menor 2 no se estima en el análisis.**

28,15,10,7

La jerárquica de los valores presentados de izquierda a derecha representan las fallas más y menos perjudiciales respectivamente, siendo la falla de baches con severidad media la más significativa en la descomposición de la unidad de muestra estudiada, así como también la falla menos perjudicial es la fisura de borde de la cual se halló una cantidad mínima. Por consecuencia, se dispuso el máximo valor deducido corregido "CDV" de forma reiterada.

Se mostrará a continuación como hallarlo: $\sum 28+15+10+7+2+0=62$

* Se define que q como el intervalo de valores deducidos mayores a 2; en este caso q sería =4

* Se disminuye a 2 el valor mínimo deducido individual mayor que 2 y este proceso reitera hasta que q sea 1.

* Se demuestra el "CDV" con la ayuda del valor deducido total y el valor q , empleando la curva de corrección.

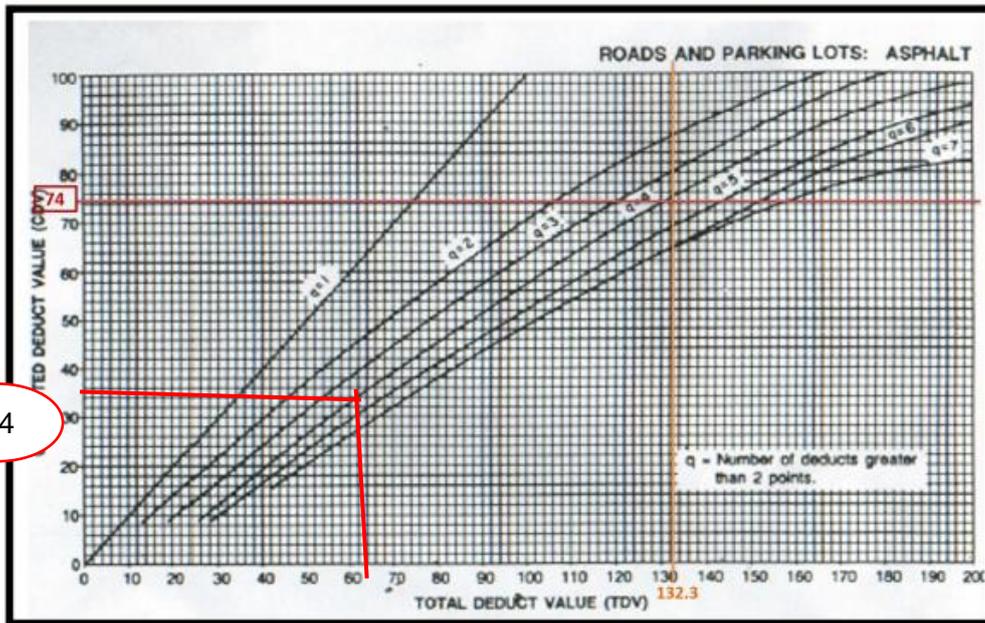


Ilustración 20 Curva de corrección de valores deducidos

Fuente: Vázquez (2002)

Cálculo del PCI

Para hallar el PCI se debe de restar 100 al valor máximo de CDV.

$$PCI=100-34=66$$

Según la tabla de rangos de clasificación del PCI, el valor hallado de 66 da como resultado un pavimento de buen estado.

Tabla 16 clasificación del PCI

RANGO	CLASIFICACIÓN
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

En concordancia al tercer objetivo: “DETERMINAR EL COSTO DE LA APLICACIÓN DE LAS CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING EN

COMPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EXISTENTE EN LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020”, se tuvo que elaborar el análisis de precios unitarios en hojas de cálculo del programa de Microsoft. EXCEL.

-Elaboramos el análisis de precio unitario del concreto F’C=280 Kg/cm2

Tabla 17 Hoja de cálculo de PCI agrupado

MÉTODO PCI			ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
Nombre de la vía: Av. Alameda Sección: S1 Ejecutor: Jazmin Uribe C.						
Unidad de muestra: U1 Fecha:15/10/2020 Área:22.25 m^2						
1. Piel de Cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Fisura de borde 8. Fisura de reflexión de junta 9. Desnivel carril-berma 10. Fisuras longitudinales y transversales 11. Parches y parches de cortes utilitarios 12. Agregado pulido 13. Baches 14. Ahuellamiento 15. Desplazamiento 16. Fisura parabólica o por deslizamiento 17. Hinchamiento 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados						
FALLA	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	PCI
4M	1.10	0.70	1.80m	8.47	36.90	63.1
3M	4.30		4.30m	20.23	25.50	74.5
13M	0.6	0.4	1.00m	4.70	65.30	34.7
1M	2.40		2.40m	11.29	45.60	54.4
7L	1.45		1.45m	6.82	4.30	95.7
7L	10.0		10.0m	47.05	13.70	86.3

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Presupuesto	APLICACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020					
Subpresupuesto	001	PAVIMENTOS		Fecha	10/10/2020	
Partida	01	CONCRETO CLASE C (F'C=280 Kg/cm ²)		jornada	8	
Rendimiento	m ³ /día	18.0000	EQ.	18.0000	CU	312.30
Descripción/Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.2222	23.22	5.16	
OPERARIO	hh	3.0000	1.3333	19.35	25.80	
OFICIAL	hh	3.0000	1.3333	15.71	20.95	
PEON	hh	5.0000	2.2222	14.13	31.40	
					83.31	
Materiales						
ARENA	m ³		4.5000	6.91	31.095	
CEMENTO PORTLAND TIPO 1 (42.5KG)	bol		12.0000	10	120	
AGUA	m ³		1.8900	13.74	25.97	
PIEDRA CHANCADA	m ³		5.1000	8.01	40.85	
					217.91	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	83.31	4.17	
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP	hm	1.0000	0.4444	5.52	2.45	
MEZCLADORA DE CONCRETO 18HP	hm	1.0000	0.4444	10.04	4.46	
					11.08	

Ilustración 21 Análisis de precios unitarios de la aplicación del concreto

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Presupuesto	APLICACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020					
Subpresupuesto	001	PAVIMENTOS		Fecha	10/10/2020	
Partida	02	IMPRIMACION ASFALTICA		jornada	8	
Rendimiento	m ² /día	4500.0000	EQ.	4500.0000	CU	0.27
Descripción/Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0018	23.22	0.04	
PEON	hh	6.0000	0.0107	14.13	0.15	
					0.19	
Materiales						
ARENA ZARANDEADA	m ³		0.0050	6.91	0.03	
					0.03	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.19	0.01	
COMPRESORA NEUMATICA 97HP 250	hm	1.0000	0.0018	5.52	0.01	
MINI CARGADOR 70HP 05yd ³	hm	1.0000	0.0018	5.52	0.01	
CAMIION IMPRIMADOR 210HP	hm	1.0000	0.0018	10.04	0.02	
					0.05	

Ilustración 22 Imprimación Asfáltica

Fuente: Elaboración propia

Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 23. Pavimento de concreto en caliente

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Presupuesto	APLICACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020					
Subpresupuesto	001	PAVIMENTOS			Fecha	10/10/2020
Partida	03	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO			jornada	8
Rendimiento	m3/dia	289.0000	EQ.	289.0000	CU	170.51
Descripcion/Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0277	23.22	0.64	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0277	19.35	0.54	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0277	15.71	0.43	
PEON	hh	3.0000	0.0830	14.13	1.17	
					2.79	
Materiales						
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m3		1.3000	118.11	153.543	
					153.54	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.79	0.14	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 105	hm	1.0000	0.0277	188.63	5.23	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULS	hm	1.0000	0.0277	129.5	3.59	
RODILLO TANDEM VIB. 130HP	hm	1.0000	0.0277	188.63	5.23	
					14.18	
Partida	04	CORTE A NIVEL DE SUB RASANTE			jornada	8

Ilustración 23 Pavimento de concreto en caliente

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Presupuesto	APLICACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020					
Subpresupuesto	001	PAVIMENTOS			Fecha	10/10/2020
Partida	04	CORTE A NIVEL DE SUB RASANTE			jornada	8
Rendimiento	m3/dia	200.0000	EQ.	200.0000	CU	6.64
Descripcion/Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0040	23.22	0.09	
PEON	hh	3.0000	0.1200	14.13	1.70	
					1.79	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.79	0.05	
TRACTOR DE ORUGAS DE 105-135HP	hm	1.0000	0.0400	120	4.80	
					4.85	

Ilustración 24 Corte a nivel de subrasante

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Presupuesto	APLICACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020					
Subpresupuesto	001	PAVIMENTOS			Fecha	10/10/2020
Partida	05	BASE GRANULAR			jornada	8
Rendimiento	m3/dia	400.0000	EQ.	400.0000	CU	17.72
Descripción/Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0020	23.22	0.05	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0200	19.35	0.39	
OFICIAL	hh	6.0000	0.1200	15.71	1.89	
					2.32	
Materiales						
MATERIAL GRANULAR PARA BASE	m3		0.2100	17	3.57	
AGUA	m3		0.2790	13.74	3.83	
					7.40	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.32	0.07	
CAMION CISTERNA4X2(AGUA)	hm	1.0000	0.0200	91.1	1.82	
RODILLO LISO VIB. AUTOPROPULSAD	hm	1.0000	0.0200	70.2	1.40	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULS	hm	1.0000	0.0200	119.95	2.40	
MOTONIVELADORA DE 125HP	hm	1.0000	0.0200	115.2	2.30	
					8.00	

Ilustración 25 Base Granular

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Presupuesto	APLICACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020					
Subpresupuesto	001	PAVIMENTOS			Fecha	10/10/2020
Partida	06	PREPARACION DE LA SUBRASANTE C/			jornada	8
Rendimiento	m3/dia	1000.0000	EQ.	1000.0000	CU	17.25
Descripción/Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0008	23.22	0.02	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0080	19.35	0.15	
PEON	hh	4.0000	0.0320	14.13	0.45	
					0.63	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.63	0.03	
CAMION CISTERNA4X2(AGUA)	hm	1.0000	0.0600	91.1	5.47	
RODILLO LISO VIB. AUTOPROPULSAD	hm	1.0000	0.0600	70.2	4.21	
MOTONIVELADORA DE 125HP	hm	1.0000	0.0600	115.2	6.91	
					16.62	

Ilustración 26 Preparación de la sub rasante

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Presupuesto del concreto hidráulico

PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO				
ÍTEM	UND	METRADO	PRECIO	P. PARCIAL
Concreto F'c=kg/cm2	M3	127.48	312.3	199,060.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Presupuesto del pavimento asfáltico

PAVIMENTO FLEXIBLE				
ÍTEM	UND	METRADO	PRECIO	P. PARCIAL
Preparación de la sub rasante	M2	54.18	17.25	934.61
Corte hasta el nivel de la sub rasante	M3	54.18	6.64	359.76
Base granular	M3	127.48	17.72	2258.95
Barrido para imprimación asfáltica	M2	54.18	0.56	30.34
Imprimación Asfáltica	M2	128.48	0.27	34.69
Riego de lija	M2	128.48	2.98	382.87
MAC	M3	8.5	170.51	1449.34
				5450.54

Fuente: Elaboración propia

Longitud de la via= 127.48m

Espesor de capas de concreto=0.20m

Espesor de la carpeta asfáltica=0.17m

Ancho de la via=5m

Se puede observar en las tablas, las cuales nos muestra el análisis de precios unitarios, el precio como tal de la aplicación de las capas de concreto es costoso al principio, pero como se tiene entendido el pavimento rígido tiene mayor vida útil que el flexible.

V. DISCUSIÓN

Mostrado el análisis acerca de los resultados adquiridos en esta investigación, se sigue con la discusión en conexión a las teorías relacionadas que han sido fomentadas precedentemente, así como también los trabajos anteriores que han sido realizados procediendo de las variables investigadas, la discusión será determinada en relación y disposición de cada objetivo de este trabajo de investigación.

En correlación a la hipótesis general “La aplicación de capas de concreto Whitetopping influye de modo significativo en la mejoría de la durabilidad del pavimento flexible en la Av. Alameda, Callao-2020” , se realizó una evaluación superficial del pavimento flexible existente mediante el método del PCI para saber la condición de dicho pavimento, estudios de tráfico para determinar el IMD y ESAL, se realizó el diseño de la nueva carpeta asfáltica y el análisis de costo para determinar si la aplicación de esta técnica es conveniente a largo plazo, por lo que se dedujo que la aplicación de las capas de concreto Whitetopping influye de modo significativo en la mejoría de la durabilidad del pavimento flexible en la Av. Alameda.

En relación a los resultados alcanzados en la primera hipótesis específica “Es posible precisar las cargas del tránsito vehicular para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020”. Se definió que al desarrollar un estudio de tráfico se contrastará las cargas de tránsito vehicular.

Los datos obtenidos son similares a los de Almeida, Angélica y Santur, Geyli (2018), con la tesis titulada “APLICACIÓN DE LA TÉCNICA WHITETOPPING EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL C.P MALLARES- C.P SAMAN-SULLANA-PIURA, 2018”, lograron precisar en su trabajo de investigación que la vía es transitada mayormente por vehículos livianos más que pesados, del

mismo modo se obtuvo que el IMD está proyectado a 20 años en pavimentos rígidos, como lo indica el manual de carreteras, se posee la cantidad de vehículos que recorren dicha vía es de 1672 por día, esto nos señala que el 96.24% es de ligeros y el 3.76% está conformado por vehículos pesados. De igual forma se logró un ESAL de **2.5E+06** para un tiempo de diseño de 20 años, en el cual la Norma de EG-2013 categoriza según las repeticiones aglomeradas de ejes equivalentes como una vía de tráfico pesado tipo T_{P6} ($>1'500,000$ EE $\leq 3'000,000$ EE) .

En esta tesis se obtuvo de manera similar que es una vía transitada mayormente por vehículos livianos, de igual manera se dedujo el IMD con un periodo de diseño de 20 años, pero a diferencia de Almeida y Santur, en esta vía transitan 963.99 vehículos por día, lo que nos dice que el 95.69% son vehículos ligeros y el 4.31% son vehículos pesados. Se indica también que tiene un ESAL de **1.3E+06**, por ende, según las especificaciones generales para la construcción EG-2013, lo organiza según las repeticiones apiladas de ejes equivalentes como una vía de tráfico pesado tipo T_{P5} ($>1'000,000$ EE $\leq 1'500,000$ EE).

En relación a los resultados alcanzados en la segunda hipótesis específica: “Es posible precisar el espesor del recubrimiento para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020. Se tuvo que emplear una serie de formular para poder hallar el espesor del recubrimiento.

Estos resultados son confrontados por Almeida, Angélica y Santur, Geyli (2018), con la tesis titulada “APLICACIÓN DE LA TÉCNICA WHITETOPPING EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL C.P MALLARES- C.P SAMAN-SULLANA-PIURA, 2018”, dieron a conocer que para obtener el espesor del recubrimiento, en primer lugar se tenía que determinar los volúmenes del paquete estructural, lo cual lo pudieron hallar por medio del método AASHTO 93, por cuál utilizaron la ecuación principal de diseño estructural de los pavimentos dando como resultado una capa de de refuerzo de 17.78 cm que es equivalente a 7 pulg el cual al catalogarlo dentro de los modelos de Whitetopping le resultó como propuesta usar una capa delgada y para ello el pavimento existente deberá tener como intromisión una restauración menor, también se logró deducir que los pasadores

tendrá una composición de barras de acero liso de 1 pulg con un esfuerzo de $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, esta tendrá una longitud de 0.50 m con espacios cada 0.30m.

Similar a ello, en esta tesis se siguió la metodología AASHTO 93 utilizada el cual nos ayuda a diagnosticar el espesor de la capa de refuerzo, en la que contrasta con la tesis de Almeida y Santur, ya que se obtuvo como resultado 15.24cm lo cual se asemeja a 6 pulgadas, por consiguiente, se logró deducir el espesor de la losa de concreto el cual es de 7 pulgadas o 17.78 en centímetros. Asimismo, se alcanzó el indicador del pasador que estará compuesto por barras de acero liso de una pulgada, este tendrá un esfuerzo de fluencia de $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ con juntas de 0.50m espaciadas cada 0.30m.

En relación a los resultados alcanzados en la tercera hipótesis específica: “La aplicación de las capas de concreto Whitetopping es más conveniente que el pavimento flexible existente en la Av. Alameda, Callao-2020. Se determinó que se tenía que realizar una serie de análisis de precios unitarios para hallar la diferencia del valor de la aplicación de la técnica Whitetopping en ambos tipos de pavimentos.

Los datos obtenidos son comparados con los de Javier Abel, Esteban (2017) con la tesis “Rehabilitación de pavimentos asfálticos con la aplicación de capas de concreto “WHITETOPPING” –Calle Moquegua, Omate–Moquegua, 2017”, el cual llegó a la deducción de que al ejecutar el constante mantenimiento en reducidos intervalos de tiempo a los pavimentos flexibles produce un considerable gasto en comparación con el pavimento rígido, esto por motivo de que los mantenimientos de los pavimentos de hormigón son en periodos de tiempo más extensos, es por ello que se señala que el empleo de las capas de concreto Whitetopping posee un costo preliminar cuantioso en comparación al pavimento asfáltico, ya que se emplea el concreto, sin embargo en un prolongado tiempo obtienes consecuencias positivas ya que a desigualdad del asfalto convencional, su rehabilitación es de tiempo pertinaz a diferencia del asfalto el cual es constante.

Al mismo tiempo en la presente tesis se obtuvo en las tablas que nos exhiben los análisis de precios unitarios, el valor de la aplicación de las capas de concreto a

primera instancia es costoso, pero a largo plazo es beneficioso ya que el pavimento rígido tiene mayor vida útil que el pavimento flexible.

VI. CONCLUSIONES

La conclusión obtenida en la presente tesis se encuentra acorde con los objetivos propuestos, el marco teórico y al empleo de los instrumentos, las cuales están descritas a continuación:

- En relación al primer objetivo específico “Determinar las cargas del tránsito vehicular para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la en la Av. Alameda, Callao-2020”. Acorde al estudio de tráfico se determinó empleando la estación de conteo vehicular, la cual se ubicó en el Jr. Las Hondas alcanzaron un ESAL o también conocido como la cantidad de reproducción de ejes equivalentes de **1.3E+06 o 1 '312,037.76 EE**, para un intervalo de diseño de 20 años.
- En relación al segundo objetivo específico “Determinar el espesor del recubrimiento para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020”. Según la ecuación fundamental y las abreviaciones del diseño de pavimentos rígidos constituido por la metodología AASHTO 93 se precisó el espesor de la losa de concreto de 7 pulgadas con una resistencia a la opresión $F'c$ de 280 kg/cm² y los pasadores están compuestos por acero liso de una pulgada con un largo de 0.50m con espacios cada 0.30 m. Asimismo, el paquete estructural cuenta con una base de 15.24 cm lo cual equivale a 6 pulgadas.
- En relación al tercer objetivo específico “Determinar el costo de la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en comparación del pavimento flexible existente en la Av. Alameda, Callao-2020”. Se determinó que la aplicación de las capas de concreto Whitetopping estima un costo preliminar alto ya que se utiliza el concreto, sin embargo, a largo plazo es conveniente ya que la rehabilitación del pavimento rígido es prolongada en comparación al del asfáltico que es constante.

VII. RECOMENDACIONES

Para cumplir con los objetivos planteados es de suma consideración secundar con lo indicado en la presente tesis a continuación:

- Antes de aplicar las capas de concreto Whitetopping se tendrá que elaborar un análisis adecuado que abarque el tema de suelos y el medio ambiente en el cual será empleada esta técnica, para excluir la aparición de las sales, álcalis y los ácidos los cuales son perjudiciales para el concreto.
- Uno de los factores importantes del diseño del espesor del pavimento es el estudio de tráfico, ya que, al haber una nueva existencia de capa de rodadura, crecerá la transitabilidad vehicular, lo cual ejercerá cargas en el suelo; esto a su vez hará que el índice medio anual aumentará, es por ello que se recomienda desarrollar un estudio minucioso acerca del modelo de cargas a circular y el volumen simbolizado para una nueva etapa de diseño en la Av Alameda.
- Se tiene que tener en cuenta que para realizar la correcta aplicación de las capas de concreto Whitetopping esta se debe de superponer en capas de rodadura existentes las cuales deberán tener un espesor mínimo de 5 centímetros, también se debe tener en cuenta que para que esta técnica sea factible su aplicación, los deterioros que presenta la carretera existente deberán ser superficiales.
- Se recomienda un seguimiento luego de la aplicación de la técnica ya que es novedosa en el país, por lo tanto, se tendrá que constatar in situ el progreso del concreto hidráulico Whitetopping.

REFERENCIAS

1. ABAD, Luis y SANGURIMA, Álvaro. Análisis de Correlación del Desempeño Estructural y Funcional de la Vía Cuenca-Molleturo-Naranjal, en el Tramo Puente Tamarindo-Jesús María (Doctoral dissertation, Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2018
Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30301>
2. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. (2006). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Customary US Units: 2006 Interim Revisions. American Association of State Highway and Transportation Officials.
3. ANSARI, M., y KAMBEKAR, A. (2018). Development of Probabilistic Methodology for Evaluating Pavement Condition Index for Flexible Pavement. In Urbanization Challenges in Emerging Economies: Energy and Water Infrastructure; Transportation Infrastructure; and Planning and Financing (pp. 417-427). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
4. AL-MAMOORI, S.K., JASEM AL-MALIKI, L.A., AL-SULTTANI, A.H. et al. Horizontal and Vertical Geotechnical Variations of Soils According to USCS Classification for the City of An-Najaf, Iraq Using GIS. Geotech Geol Eng 38, 1919–1938 (2020).
Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10706-019-01139-x>
5. ALMEIDA, Angélica y SANTUR, Geyli. Aplicación de la técnica Whitetopping en la evaluación del pavimento flexible en el C. P Mallares-C. P Saman-Sullana-Piura. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/32036>
6. AL-NEAMI, M., AL-RUBAEE, R. y KAREEM, Z. (2017). J. Evaluation of Pavement Condition Index for Roads of Al-Kut City. International Journal of Current Engineering and Technology, 7(4), 1461-1467.
Disponible en : https://www.researchgate.net/profile/Rasha_Al-

[Rubae2/publication/328611822_Evaluation_of_Pavement_Condition_Index_for_Roads_of_Al-Kut_City/links/5bd87e89a6fdcc3a8db14e2f/Evaluation-of-Pavement-Condition-Index-for-Roads-of-Al-Kut-City.pdf](https://pubs.ces-iaa.org/doi/full/10.1016/j.procedia.2015.08.001)

7. ARHIN, S. A., WILLIAMS, L. N., RIBBISO, A., & ANDERSON, M. F. (2015). Predicting pavement condition index using international roughness index in a dense urban area. *Journal of Civil Engineering Research*, 5(1), 10-17.
8. BAKRI, M. (2019). Evaluasi Kondisi dan Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI)(Studi Kasus: Jalan Gunung Selatan Kota Tarakan Provinsi Kalimantan Utara). *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 81-96. Disponible en: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering/article/view/1170/PDF>
9. BORSELLI, Lorenzo. *Geotecnia I [Material gráfico proyectable]*. Versión 1.7. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2016
10. CABEZUELO, Juan. Proyecto de mejora de la durabilidad de los pavimentos usados en aeropuertos empleando materiales alternativos y geo-sintéticos. Tesis de Bachiller (Título en Ingeniería de Vehículos Aeroespaciales). España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2015 Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/81579244.pdf>
11. CASCALES, María Dolores López; YAGÜE, Estrella Sanz; CRESPO, Gonzalo García. Metodología para la clasificación y reutilización de materiales procedentes de excavación en el entorno anglosajón. *Revista Digital del Cedex*, 2017, no 185, p. 28-28.
12. COARI, Edgar. Aplicación de la metodología PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la av. Aviación de la ciudad de Juliaca en el 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil), Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2017 Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1464>
13. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, INDECOPI. Norma Técnica Peruana NTP 400.037. 2014. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados

en concreto. Lima, 2014. 26pp.

Disponible en: https://kupdf.net/download/ntp-4000372014-agregados-especificaciones-para-agregados-en-concretopdf_5a4233e7e2b6f52b4b9a7232_pdf#

14. CRUZ, Janill. Caracterización de la adherencia en refuerzos de Ultra-Thin Whitetopping (UTW) Master Tesis (título de master en Ingeniería Estructural y de la Construcción). España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2016
Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/83867>
15. DAS, Animesh. ANALYSIS OF PAVIMENT STRUCTURES, India: CRC Press Taylor & Francis Group, 2015. 222pp.
16. DELATTE, Norbert. CONCRETE PAVEMENT DESIGN, CONSTRUCTION AND PERFORMANCE. CRC Press Taylor & Francis Group. 2008. 389pp.
17. DENG, Yusong, et al. (2017). Soil Atterberg limits of different weathering profiles of the collapsing gullies in the hilly granitic region of southern China. Solid earth, 8(2), 499
Disponible en: <https://d-nb.info/1142828328/34>
18. DONG, C., MAO, Q., REN, X., KOU, D., QIN, J., y HU, W. (2019). Algorithms and instrument for rapid detection of rail surface defects and vertical short-wave irregularities based on fog and odometer. IEEE Access, 7, 31558-31572. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8664105>
19. ELHADIDY, A. A., EL-BADAWY, S. M., y ELBELTAGI, E. E. (2019). A simplified pavement condition index regression model for pavement evaluation. International Journal of Pavement Engineering, 1-10.
20. ESTEBAN, Abel. Rehabilitación de pavimentos asfálticos con la aplicación de capas de concreto “WHITETOPPING” –calle Moquegua, Omate–Moquegua, Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú, 2017
Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Rehabilitaci%C3%B3n+de+pavimentos+asfálticos+con+la+aplicaci%C3%B3n+d

e+capas+de+concreto+Whitetopping+%E2%80%93+Calle+Moquegua
%2C+Omate+%E2%80%93+Moquegua%2C+2017&24btnG=

21. ESTEVE, Vicente. Estado del arte de los factores que afectan a la durabilidad de las edificaciones. Tesis (Master en planificación y gestión en ingeniería civil). España: Universidad Politécnica De Valencia, 2015
22. GAMBILL, D. R., WALL, W. A., FULTON, A. J., & HOWARD, H. R. Predicting USCS soil classification from soil property variables using Random Forest. *Journal of Terramechanics*. [en línea]. Junio 2016[fecha de consulta: 16 de julio de 2020]
Disponibile en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022489816300040>
23. GÓMEZ, Sergio. Metodología de la Investigación. México: RED TERCER MILENIO S.C., 2012. 92 pp.
24. HASIBUAN, R. P., y SURBAKTI, M. S. (2019). Study of Pavement Condition Index (PCI) relationship with International Roughness Index (IRI) on Flexible Pavement. In MATEC web of conferences (Vol. 258, p. 03019). EDP Sciences. Disponible en: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2019/07/mateconf_scscsm2019_03019.pdf
25. Hernandez Sampieri, R. (2015). Metodología de la Investigación (6ta edición ed.). Mexico DF: McGRAWHILLI INTERAMERICMA.
Disponibile en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
26. Índice Medio Diario Anual. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 17 de mayo de 2020.
Disponibile en: <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/>
27. ISRADI, M., DWIATMOKO, H., SUBHANA, A., PRASETIJO, J., y HARTATIK, N. Evaluation Of The Road Pavement Damage With Bina Marga Method And Pavement Condition Index Method.
28. KARIM, Fareed & RUBASI, Khaled y SALEH, Ali. (2016). The Road Pavement Condition Index (PCI) Evaluation and Maintenance: A Case

Study of Yemen. Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal. 8. 10.1515/otmcj-2016-0008. Disponible en : https://www.researchgate.net/publication/310815822_The_Road_Pavement_Condition_Index_PCI_Evaluation_and_Maintenance_A_Case_Study_of_Yemen

29. KARIM, F. M., RUBASI, K. A. H., y SALEH, A. A. (2016). The road pavement condition index (PCI) evaluation and maintenance: a case study of Yemen. Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal, 8(1), 1446-1455. Disponible en: [https://content.sciendo.com/configurable/contentpage/journals\\$002fotmcj\\$002f8\\$002f1\\$002farticle-p1446.xml](https://content.sciendo.com/configurable/contentpage/journals$002fotmcj$002f8$002f1$002farticle-p1446.xml)
30. KELLY, G., DELANEY, D., CHAI, G., & MOHAMED, S. (2016). Optimising local council's return on investment from annual pavement rehabilitation budgets through targeting of the average pavement condition index. Journal of traffic and transportation engineering (English edition), 3(5), 465-474.
31. KUMAR, Anil. Impact of axle overload, asphalt pavement thickness and subgrade modulus on load equivalency factor using modified ESALs equation. Cogent Engineering. [en línea]. Septiembre- octubre 2018. [fecha de consulta:16 de julio de 2020]
Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2018.1528044>
32. KVITKO, Alexander; KARPOV, Boris; PETUKHOV, Pavel & USHAKOV, Aleksey. Criteria for Substantiation of Rational Pavement Design as Bases of Traffic Safety throughout Life Cycle of Transport Structures. Transportation Research Procedia. [en línea]. Septiembre 2016 [fecha de consulta: 15 de julio de 2020]
Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2352146517300637?token=CB499603CCD011A214F30E3B73B2FEC648937CCD89A461E831A663BD2B671689ABA1CB66E169E06BD228C73CE9E2D71B>
33. LEON, Nelly. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MATERIALES

PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN GALPÓN CUNÍCOLA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL SANTA INÉS. Ecuador: Universidad Técnica de Machala, 2016

34. LÓPEZ-CARREÑO, Ruben, PUJADAS, Pablo, CAVALARO, Sergio y AGUADO, Antonio. Bond strength of whitetoppings and bonded overlays constructed with self-compacting high-performance concrete, *Construction and Building Materials*, Volume 153, 2017, Pages 835-845, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.136>.
35. LÓPEZ, Juan. El diseño de pavimentos flexibles, su comportamiento estructural, e incidencia en el deterioro temprano de la red vial en la provincia de Tungurahua Master Tesis (Titulo de maestría en Vías Terrestres). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016
Disponibile en:
<http://192.188.46.193/bitstream/123456789/22518/1/Maestr%C3%ADa%20V.T.%2077%20-%20L%C3%B3pez%20Valencia%20Juan%20Santiago.pdf>
36. MAJIDIFARD, H., ADU-GYAMFI, Y., y BUTTLAR, W. G. (2020). Deep machine learning approach to develop a new asphalt pavement condition index. *Construction and Building Materials*, 247, 118513.
37. MATEOS, A., HARVEY, J. T., PANIAGUA, J. C., PANIAGUA, F., & University of California (System). Pavement Research Center. (2015). Development of improved guidelines and designs for thin whitetopping: Literature review. University of California, Pavement Research Center. Disponible en: <http://www.ucprc.ucdavis.edu/PDF/UCPRC-TM-2015-01.pdf>
38. Ministerio de Economía y Finanzas. Oficina de Comunicaciones. 1 de Junio de 2018.
39. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de materiales. Peru: Lima, 2016 1268pp.
40. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Oficina de Comunicaciones. 9 de Abril de 2018.
41. MOHOD. Milind y KADAM, K.N. A Comparative Study on Rigid and

- Flexible Pavement: A Review. Africa:IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. 2016. 599.
42. O'FLAHERTY, Colm A. HIGHWAYS: The Location, Design, Construction & Maintenance of Pavements. China: Butterworth-Heinemann (Fourth edition). 2007. 571pp.
43. OLIVEIRA, Fausto. KHL Magazines. Revista americana de Construcción [en línea]. Marzo 2019, n°1526. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020].
 Disponible en:
<https://www.construccionlatinoamericana.com/whitetopping/137253.article>
44. PANTUSO, A., LOPRENCIPE, G., BONIN, G., y TELTAYEV, B. B. (2019). Analysis of pavement condition survey data for effective implementation of a network level pavement management program for Kazakhstan. Sustainability, 11(3), 901.
45. PATEL, Arvind. EXPERIMENTAL ANALYSIS OF WHITETOPPING & BITUMEN ROAS IN SAGAR. Thesis (Doctoral dissertation, RAJIV GANDHI PROUDYOGIKI VISHWAVIDYALAYA). 2018
46. PATEL, Arvind y VERMA, Sandeep. COMPARATIVE STUDY OF WHITE TOPPING IN BITUMEN & RCC ROADS. Concepts Journal of Applied Research (CJAR). Vol. 02 (11):1, 2017
 Disponible en: http://cjar.in/uploads/CJAR-171101_36q5vz7sexwkg.pdf
47. PINATT, J. M., CHICATI, M. L., ILDEFONSO, J. S., y FILETTI, C. R. G. D. A. (2020). Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 100100.
48. PINZÓN, Alejandro. Alternativas de rehabilitación vial para la CI 114 entre Cr 51 y Cr 53, localidad de Suba, Bogotá DC. Tesis (especialización en Ingeniería de Pavimentos). Colombia: Universidad Militar de Granada, 2017
 Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16533>
49. PEREZ, Johan. INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DEL

AGREGADO GRUESO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, TRUJILLO 2017. Tesis (grado de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Privada del Norte, 2017

Disponible

en:<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12351/Perez%20Gordillo%20Johan%20Joe.pdf?sequence=1>

50. QUICHIMBO, Pablo, et al. Evaluación del contenido de humedad del suelo por gravimetría y reflectometría. ECUADOR ES CALIDAD: Revista Científica Ecuatoriana, 2016, vol. 4, no 1.
51. REGUANT ALVAREZ, Mercedes; VILÀ BAÑOS, Ruth; TORRADO FONSECA, Mercedes. La relación entre dos variables según la escala de medición con SPSS. REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 2018, vol. 11, num. 2, p. 45-60, 2018.
52. Romana, Manuel & Hernando, David. (2016). Obtaining a Maximum AADT Sustained by Two-lane Roads: An Application to the Madrid Region in Spain. Transportation Research Procedia. 14. 3209-3217. 10.1016/j.trpro.2016.05.263.
53. SALCEDO Media, Raida. USO DE LAS HERRAMIENTAS OFIMÁTICAS POR LOS DOCENTES DE UN CENTRO DE EDUCACIÓN BÁSICA ALTERNATIVA DE LIMA METROPOLITANA. Tesis (Magister en Integración e Innovación Educativa de las Tecnologías de la Información y la Comunicación). Perú: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2015. 131pp.
54. SARI, Devita; SUKMAWATI, Sri; HASANUDDIN, Akhmad. THE COMPARISON OF ROAD DAMAGE VALUES BASED ON PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) METHOD OBSERVATION AND IRI (INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX) METHOD ON ROAD CLASS II IN LUMAJANG DISTRICT. Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 113-122, dec. 2019. ISSN 2548-9518. Disponible en: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JRSL/article/view/10904>
55. SEHGAL, Ankush Kumar. DESIGN AND ECONOMIC ANALYSIS OF

- THIN WHITETOPPING. (Master of technology in civil engineering).
India: NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY KURUKSHETRA.
2018. 149pp.
56. SHIVASHANKAR, R. & RAVI SHANKAR, A. Some Studies on Engineering Properties, Problems, Stabilization and Ground Improvement of Lithomargic Clays. Geotechnical Engineering. [en línea] diciembre 2015. [fecha de consulta: 16 de julio de 2020]
Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286443248_Some_Studies_on_Engineering_Properties_Problems_Stabilization_and_Ground_Improvement_of_Lithomargic_Clays
57. SOSA, Angie. Propuesta de renovación del pavimento para la mejora de la transitabilidad vial en la avenida Cuzco, distrito Mi Perú-Callao. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad San Martín de Porres, 2018
Disponible en: <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/4751>
58. SUMARWAN, Sunarjono, RIYANTO, A., & HIDAYATI, N. (2019, June). Development of road condition database based on geographical information system and pavement condition index method. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2114, No. 1, p. 020004). AIP Publishing LLC. Disponible en ; <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5112388>
59. SUN. Lijun. Structural Behavior of Asphalt Pavements. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann. 2016. 1016pp.
60. URETA, Young. Utilización de Ultra-Thin Whitetopping como Método de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos en la Ciudad de Tacna. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Privada de Tacna, 2018
Disponible en: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/605>
61. VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica, cualitativa, cuantitativa y mixta. Perú: Editorial San Marcos. 2016. 65pp.
62. VEMURI, V., REN, Y., GAO, L., LU, P., & SONG, L. (2020, November). Pavement Condition Index Estimation Using Smartphone Based

Accelerometers for City of Houston. In Construction Research Congress 2020: Infrastructure Systems and Sustainability (pp. 522-531). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

63. VIDAL, Daniel. (2015). Mejoramiento de la subrasante en la carretera Juanjuí-Tocache, tramo Campanilla- Juanjuí del KM. 10+000 al Km. 30+000 [en línea]. Perú. [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2020]
64. VILLASÍS-KEEVER, Miguel Ángel; MIRANDA-NOVALES, María Guadalupe. El protocolo de investigación IV: las variables de estudio. Revista Alergia México, 2016, vol. 63, no 3, p. 303-310.
65. WESOŁOWSKI, M., & IWANOWSKI, P. (2020). Evaluation of Asphalt Concrete Airport Pavement Conditions Based on the Airfield Pavement Condition Index (APCI) in Scope of Flight Safety. Aerospace, 7(6), 78.
66. XIAO, Danny X.; WU, Zhong. Using systematic indices to relate traffic load spectra to pavement performance. International Journal of Pavement Research and Technology, 2016, vol. 9, no 4, p. 302-312.
67. ZAFAR, M. S., SHAH, S. N. R., MEMON, M. J., RIND, T. A., & SOOMRO, M. A. (2019). Condition Survey for Evaluation of Pavement Condition Index of a Highway. Civil Engineering Journal, 5(6), 1367-1383. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/S_N_R_Shah/publication/334032695_Condition_Survey_for_Evaluation_of_Pavement_Condition_Index_of_a_Highway/links/5d4d1950a6fdcc370a873727/Condition-Survey-for-Evaluation-of-Pavement-Condition-Index-of-a-Highway.pdf
68. ZAMBRANO, Wilmer. Diseño estructural de pavimentos. Ediciones UTMACH. 2015.152pp.
ISBN: 978-9978-316-31-3

ANEXOS
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Aplicación De Capas De Concreto Whitetopping Para Mejorar La Durabilidad Del Pavimento Flexible De La Av. Alameda, Callao-2020”.				
Línea de investigación: Diseño De Infraestructura Vial Autor: Uribe Cabezas, Jazmin Alexandra				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	METODOLOGIA	VARIABLES
PG: ¿De qué manera mejorara la aplicación de capas de concreto Whitetopping la durabilidad del pavimento flexible en la Av. Alameda, Callao-2020?	OG: Determinar cómo mejorara la aplicación de capas de concreto Whitetopping en la durabilidad del pavimento flexible en la Av. Alameda, Callao-2020	HG: La aplicación de capas de concreto Whitetopping influye de modo significativo en la mejoría de la durabilidad del pavimento flexible en la Av. Alameda, Callao-2020	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	VI. Capas de Concreto Whitetopping
			Esta investigación tiene un diseño cuasiexperimental.	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	VD. Durabilidad del Pavimento Flexible
PE1: ¿Cuáles son las cargas de tránsito vehicular para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020?	OE1: Determinar las cargas del tránsito vehicular para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020	HE1: Es posible precisar las cargas del tránsito vehicular para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020	Esta investigación es de tipo aplicada.	
PE2: ¿Cuál es el espesor del recubrimiento para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020?	OE2: Determinar el espesor del recubrimiento para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020	HE2: Es posible precisar el espesor del recubrimiento para la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en la Av. Alameda, Callao-2020	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	
			Esta investigación es de nivel descriptivo.	
PE3: ¿Cuál es el costo de la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en comparación de pavimento flexible existente en la Av. Alameda, Callao-2020?	OE3: Determinar el costo de la aplicación de las capas de concreto Whitetopping en comparación del pavimento flexible existente en la Av. Alameda, Callao-2020	HE3: La aplicación de las capas de concreto Whitetopping es más conveniente que del pavimento flexible existente en la Av. Alameda, Callao-2020	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	
			Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo.	

ANEXO N° 02: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Título: "Aplicación De Capas De Concreto Whitetopping Para Mejorar La Durabilidad Del Pavimento Flexible De La Av. Alameda, Callao-2020". Línea de investigación: Diseño De Infraestructura Vial Autor: Uribe Cabezas, Jazmin Alexandra						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICION
VI: Capas de Concreto Whitetopping	Whitetopping, también conocido como recubrimiento de hormigón adherido sobre asfalto (BCOA), es una alternativa de rehabilitación que consiste en una capa de hormigón de cemento Portland (PCC) de más o menos 20 cm de espesor de un pavimento compuesto. <i>(Angel Mateos, et al. Development of improved guidelines and designs for thin Whitetopping: Literature review.2015)</i>	Esta técnica repara las insuficiencias funcionales y estructurales a la vez. Establece una forma de rehabilitación que se plantea para expandir la vida útil en servicio de un suelo asfáltico desgastado. Para comprender la variable independiente de una mejor manera, se evalúa a través de sus dimensiones como comportamiento mecánico y propiedades físicas.	D1: Estudio de Trafico	15: Índice Medio Diario	Ficha de recoleccion de datos	Razón
				16: Equivalent Single Axle Load	Ficha de recoleccion de datos	
			D2: Características del diseño de concreto (agregado grueso)	13: Granulometría	Pruebas de granulometria	Nominal
				14: Humedad Natural	Prueba de humedad natural	Razón
			D3: Espesor del recubrimiento	Diseño estructural del pavimento	Hoja de calculo	Razón
VD: Durabilidad del Pavimento Flexible	Durabilidad significa mayor vida útil; es decir, la estructura del pavimento debe tener suficiente fuerza y resistencia a la deformación. <i>(Lijun Sun Structural Behavior of Asphalt Pavements 2016)</i>	La durabilidad es la capacidad para soportar la acción del tiempo, agresión química, o algún otro asunto de deterioro. Para interpretar mejor la variable dependiente, se desglosa los siguientes elementos como dimensiones de la capa de concreto a usar.	D1: Comportamiento Mecánico	11: Resistencia a la Compresión	Ensayo de Rotura	Razón
				12: Modulo de Rotura	Ficha de recolección de datos.	
			D2: Propiedades Físicas	11: Límites de Atterberg	Ficha Técnica	Razón
				12: Contenido de Humedad	Ficha Técnica	Razón
D3: Costo	13: Análisis de precios unitarios del asfalto y concreto	Hoja de calculo				

ANEXO N° 05: FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

Apellidos y Nombres del Investigador	Institución Educativa	Instrumento de Evaluación	Validador			
Uribe Cabezas, Jaemin Alexandra	Universidad Cesar Vallejo	Ficha de Evaluación de PCI				
TITULO: "APLICACION DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2008"						
VALIDACION DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION		VALIDEZ NULA (0.53 a menos)	VALIDEZ BAJA (0.54 a 0.58)	VALIDA (0.59-0.63)	EXCELENTE VALIDEZ (0.72-0.89)	VALIDEZ PERFECTA (1)
CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING						
VI	D1	• Estudio de Trafico				
		I1: Índice Medio Diario				
		I2: BSAL				
	D2	Características del diseño de concreto				
		I1: Granulometría				
		I2: Humedad Natural				
D3	Espesor del Recubrimiento					
	I1: Diseño estructural del pavimento					
DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE						
VII	D1	Comportamiento Mecánico				
		I1: Resistencia a la Compresión				
		I2: Módulo de Rotura				
	D2	Propiedades Físicas				
		I1: Límites de Atterberg				
		I2: Contenido de Humedad				
D3	Costo					
	I1: Análisis de precios unitarios del asfalto y concreto					

OBSERVACIONES:

ONI DEL VALIDADOR:

CIP DEL VALIDADOR:

FIRMA

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

Apellidos y Nombres del investigador		Institución Educativa	Instrumento de Evaluación	Validador				
Uribe Cabezas, Jazmin Alexandra		Universidad Cesar Vallejo	Ficha de Evaluación de PCI	Ing.				
TITULO: "APLICACION DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020"								
VALIDACION DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION				VALIDEZ NULA (0.53 a menos)	VALIDEZ BAJA (0.54 a 0.59)	VALIDA (0.60-0.65)	EXCELENTE VALIDEZ (0.72-0.99)	VALIDEZ PERFECTA (1)
CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING								
VI	D1	: Estudio de Trafico						1
		I1: Índice Medio Diario						
		I2: ESAL						
	D2	Características del diseño de concreto						1
		I1: Granulometría						
		I2: Humedad Natural						
D3	Espesor del Recubrimiento							1
	I1: Diseño estructural del pavimento							
DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
VD	D1	Comportamiento Mecánico						1
		I1: Resistencia a la Compresión						
		I2: Módulo de Rotura						
	D2	Propiedades Físicas						1
		I1: Límites de Atterberg						
		I2: Contenido de Humedad						
D3	Costo							1
	I1: Análisis de precios unitarios del asfalto y concreto							

OBSERVACIONES:

DNI DEL VALIDADOR: 76827332

CIP DEL VALIDADOR: 204090



 Ing. CIP N° 204090

FIRMA

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

Apellidos y Nombres del investigador		Institución Educativa	Instrumento de Evaluación	Validador				
Uribe Cabezas, Jazmin Alexandra		Universidad Cesar Vallejo	Ficha de Evaluación de PCI	Mag. Ericka Bonilla Vera				
TÍTULO: "APLICACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020"								
VALIDACION DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION				VALIDEZ NULA (0.53 a menos)	VALIDEZ BAJA (0.54 a 0.59)	VALIDA (0.60-0.65)	EXCELENTE VALIDEZ (0.72-0.99)	VALIDEZ PERFECTA (1)
CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING								
VI	D1	: Estudio de Tráfico						1
		II: Índice Medio Diario						
		II: ESAL						
	D2	Características del diseño de concreto						1
		II: Granulometría						
		II: Humedad Natural						
D3	Espesor del Recubrimiento						1	
	II: Diseño estructural del pavimento							
DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
VD	D1	Comportamiento Mecánico						1
		II: Resistencia a la Compresión						
		II: Modulo de Rotura						
	D2	Propiedades Físicas						1
		II: Límites de Atterberg						
		II: Contenido de Humedad						
D3	Costo						1	
	II: Análisis de precios unitarios del asfalto y concreto							

OBSERVACIONES:

DNI DEL VALIDADOR: 09945649

CIP DEL VALIDADOR: 62692



FIRMA

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

Apellidos y Nombres del investigador		Institución Educativa	Instrumento de Evaluación	Validador				
Uribe Cabezas, Jazmin Alexandra		Universidad Cesar Vallejo	Ficha de Evaluación de PCI					
TÍTULO: "APLICACION DE CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALAMEDA, CALLAO-2020"								
VALIDACION DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION				VALIDEZ NULA (0.53 a menos)	VALIDEZ BAJA (0.54 a 0.59)	VALIDA (0.60-0.65)	EXCELENTE VALIDEZ (0.72-0.99)	VALIDEZ PERFECTA (1)
CAPAS DE CONCRETO WHITETOPPING								
VI	D1	: Estudio de Trafico					1	
		I1: Índice Medio Diario						
		I2: ESAL						
	D2	Características del diseño de concreto					1	
		I1: Granulometría						
		I2: Humedad Natural						
D3	Espesor del Recubrimiento					1		
	I1: Diseño estructural del pavimento							
DURABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
VD	D1	Comportamiento Mecánico					1	
		I1: Resistencia a la Compresión						
		I2: Modulo de Rotura						
	D2	Propiedades Físicas					1	
		I1: Límites de Atterberg						
		I2: Contenido de Humedad						
D3	Costo					1		
	I1: Análisis de precios unitarios del asfalto y concreto							

OBSERVACIONES:

DNI DEL VALIDADOR: 08185308

CIP DEL VALIDADOR: 47898



GUSTAVO ADOLFO
MORA ANICOLA
INGENIERO CIVIL
REG. COPIA 6328

FIRMA

ANEXO N° 06: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

METODO PCI				ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
Nombre de la vía: Av. Alameda						
Sección: S1			Unidad de muestra: U1			
Ejecutor: Jazmín Uribe C.			Fecha: 15/10/2020		Área: 22.25 m ²	
1. Fiel de Cocoedro				10. Fisuras longitudinales y transversales		
2. Exudación				11. Parches y parches de cortes utilitarios		
3. Fisuras en bloque				12. Agregado pulido		
4. Abultamientos y hundimientos				13. Baches		
5. Corugación				14. Ahueamiento		
6. Depresión				15. Desplazamiento		
7. Fisura de borde				16. Fisura parabólica o por deslizamiento		
8. Fisura de reflexión de junta				17. Hinchamiento		
9. Desnivel camil-berma				18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		
FALLA	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
4M	1.10	0.70		1.80m	8.47	36.90
					VDC	36.90

Fuente: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03

METODO PCI				ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
Nombre de la vía: Av. Alameda						
Sección: S2			Unidad de muestra: U2			
Ejecutor: Jazmín Uribe C.			Fecha: 15/10/2020		Área: 22.25 m ²	
10. Fiel de Cocoedro				10. Fisuras longitudinales y transversales		
11. Exudación				11. Parches y parches de cortes utilitarios		
12. Fisuras en bloque				12. Agregado pulido		
13. Abultamientos y hundimientos				13. Baches		
14. Corugación				14. Ahueamiento		
15. Depresión				15. Desplazamiento		
16. Fisura de borde				16. Fisura parabólica o por deslizamiento		
17. Fisura de reflexión de junta				17. Hinchamiento		
18. Desnivel camil-berma				18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		
FALLA	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
3M	4.30			4.30	20.23	25.5
					VDC	25.5

METODO PCI				ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
Nombre de la vía: Av. Alameda						
Sección: 53			Unidad de muestra: U3			
Ejecutor: Jazmín Uribe C.			Fecha: 15/10/2020		Área: 22.25 m ²	
19. Piel de Cocodrilo			10. Fisuras longitudinales y transversales			
20. Exudación			11. Parches y parches de cortes utilitarios			
21. Fisuras en bloque			12. Agregado pulido			
22. Abultamientos y hundimientos			13. Baches			
23. Corrugación			14. Ahuellamiento			
24. Depresión			15. Desplazamiento			
25. Fisura de borde			16. Fisura parabólica o por deslizamiento			
26. Fisura de reflexión de junta			17. Hinchamiento			
27. Desnivel caril-berma			18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			
FALLA	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
13M	1.0		1.00	4.70	65.3	
				YDC	65.3	

METODO PCI				ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
Nombre de la vía: Av. Alameda						
Sección: 5 4			Unidad de muestra: U4			
Ejecutor: Jazmín Uribe C.			Fecha: 15/10/2020		Área: 22.25 m ²	
28. Piel de Cocodrilo			10. Fisuras longitudinales y transversales			
29. Exudación			11. Parches y parches de cortes utilitarios			
30. Fisuras en bloque			12. Agregado pulido			
31. Abultamientos y hundimientos			13. Baches			
32. Corrugación			14. Ahuellamiento			
33. Depresión			15. Desplazamiento			
34. Fisura de borde			16. Fisura parabólica o por deslizamiento			
35. Fisura de reflexión de junta			17. Hinchamiento			
36. Desnivel caril-berma			18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			
FALLA	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1M	2.40		2.40	20.23	25.5	
				YDC	25.5	

METODO PCI			ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE					
HOJA DE REGISTRO					
Nombre de la vía: Av. Alameda					
Sección: 55		Unidad de muestra: U5			
Ejecutor: Jazmin Uribe C.		Fecha: 15/10/2020		Área: 22.25 m ²	
37. Piel de Cocodrilo		10. Fisuras longitudinales y transversales			
38. Exudación		11. Parches y parches de cortes utilitarios			
39. Fisuras en bloque		12. Agregado pulido			
40. Abultamientos y hundimientos		13. Baches			
41. Corrugación		14. Ahuellamiento			
42. Depresión		15. Desplazamiento			
43. Fisura de borde		16. Fisura parabólica o por deslizamiento			
44. Fisura de reflexión de junta		17. Hinchamiento			
45. Desnivel carril-berma		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7L	10.00	10.00	47.05	13.70	
			VDC	13.70	

METODO PCI			ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE					
HOJA DE REGISTRO					
Nombre de la vía: Av. Alameda					
Sección: 56		Unidad de muestra: U6			
Ejecutor: Jazmin Uribe C.		Fecha: 15/10/2020		Área: 22.25 m ²	
46. Piel de Cocodrilo		10. Fisuras longitudinales y transversales			
47. Exudación		11. Parches y parches de cortes utilitarios			
48. Fisuras en bloque		12. Agregado pulido			
49. Abultamientos y hundimientos		13. Baches			
50. Corrugación		14. Ahuellamiento			
51. Depresión		15. Desplazamiento			
52. Fisura de borde		16. Fisura parabólica o por deslizamiento			
53. Fisura de reflexión de junta		17. Hinchamiento			
54. Desnivel carril-berma		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7L	1.45	1.45	6.82	4.30	
			VDC	4.30	